Zayed International Foundation for the Environment

تغير المناخ
والتنمية المستدامة

تأليـــف

الدكتور المهندس / عبد الحكيم بنود

أستاذ في قسم الهندسة البيئية في كلية الهندسة المدنية

عميد كلية الهندسة التقنية في جامعة حلب (سابقاً)



العنـوان :«تغير المناخ والتنمية المستدامة»
المؤلف الدكتور المهندس / عبدالحكيم بنود

الموضـــــــوع : بيئي
عـــــدد الصفحات : 592 صفحة
قيـــــاس الصفحة : 17 - 24 سم
عـــــدد النســـخ : 1000 نسخة

التصنيف العمـــري : E
إذن طباعة رقم : 0152761 - 01 - 03 - MC
الرقم الدولي للسلسلة : 978-9948-8793-1-2 : (ISBN)

الطبعة الأولى
1443 هـ - 2022م

® جميع الحقوق محفوظة
يمنع نسخ هذا الإصدار أو أجزائه بكل الطرق، كالطبع، والتصوير، والنقل، والترجمة، والتسجيل المرئي، والمسموع والإلكتروني، إلا بإذن خطي من «مؤسسة زايد الدولية للبيئة»

تم تصنيف وتحديد الفئة العمرية التي تلائم محتوى الكتب وفقاً لنظام التصنيف العمري الصادر عن المجلس الوطني للإعلام»

ص. ب: 28399 دبي - الإمارات العربية المتحدة
برج العلي - شارع الشيخ زايد - رقم (504)
هاتف : 3326666 4 971+ - فاكس : 3326777 4 971+
البريد الإلكتروني : cta@zayedprize.org.ae
الموقع الإلكتروني : www.zayedprize.org.ae

الآراء الواردة في هذا الكتاب
لا تعبر بالضرورة عن رأي «مؤسسة زايد الدولية للبيئة»، ولا تتحمل أي مسؤولية مهما كانت طبيعتها ناشئة أو متصلة بمحتويات هذا الكتاب


بسم الله الرحمن الرحيم

مُقَدِّمَة
المـؤسـسـة

هذا هو الكتاب التاسع والعشرون الذي تصدره مؤسسة زايد الدولية للبيئة ضمن سلسلة كتاب عالم البيئة التي تهدف إلى تبسيط ما لدى العلماء والخبراء المختصين من معرفة ومعلومات علمية هامة وجعلها متاحة لفئات المجتمع االتي تستخدمها في تعليم النشئ أو في نشر الوعي والثقافة البيئية أو في اتخاذ القرار المستنير في التخطيط والتنمية.

في هذا الكتاب، «تغير المناخ والتنمية المستدامة»، يتناول الدكتور المهندس عبد الحكيم بنود قضية البيئة الأولى على الساحة الدولية حالياً، فقد عقدت الأمم المتحدة مؤتمرها السادس والعشرون لتغير المناخ في نوفمبر 2021 بمدينة جلاسكو البريطانية وما زالت هناك الكثير من الجوانب المظلمة التي تحتاج للكثير من التفاوض والتعاون والتنازلات لإضاءتها.

ولكن هناك ما يدعو للتفاؤل لأن أغلب دول العالم أبدت استعدادها لخفض استخدام الفحم كمصدر للوقود تدريجياً حتى يتم ايقافه تماماً. كما أن أكثر من 100 دولة وقعت على اتفاق لخفض قطع الغابات وإعادة تأهيل الموائل التي تم تدميرها سابقاً حفاظاً على التنوع البيولوجي وحرصاً على امتصاص ثاني أوكسيد الكربون من الغلاف الجوي.

وبهذه المناسبة نتقدم بالتهنئة لشعب وقيادة دولة الامارات على الفوز باستضافة مؤتمر المناخ الثامن والعشرين في 2023، آملين أن يكون فتحاً مبيناً لإيجاد الحلول المستدامة لقضية تغير المناخ والتكيف مع آثارها الضارة واعادة تأهيل البيئات والموائل المتدهورة، خاصةً وأن الامارات تعتبر نموذجاً في تبنّي نهج استخدام الطاقة النظيفة وتحقيق أهداف التنمية المستدامة.

نتقدم بالشكر الجزيل للدكتور عبد الحكيم بنود الذي شارك في السلسلة من قبل بتحكيم كتاب «تصميم محطات معالجة مياه الصرف الصناعي» وهذا كتابه الأول في السلسلة والذي نعتبره إضافة هامة للمكتبة العربية المرجعية.

إننا ندعو الخبراء والباحثين العرب للمساهمة معنا في نشر العلم والثقافة البيئية على أوسع نطاق في الوطن العربي وبين المهاجرين العرب أينما كانوا. الرجاء الاطلاع على شروط النشر في نهاية الكتاب وتعبئة استمارة مقترح كتاب.

أيضاً نتقدم بالشكر والتقدير الى هيئة التحكيم الأستاذ اسماعيل الجزولي، نائب سابق لرئيس اللجنة الدولية للتغير المناخي، والدكتورة بلقيس العشا، مستشار بنك التنمية الأفريقي في مجالات التنمية المستدامة والحاصلة على جائزة أبطال الأرض من برنامج الأمم المتحدة للبيئة. والشكر للمدقق اللغوي وهيئة تحرير السلسلة الذين بذلوا جهوداً مقدّرة لإخراج هذا الكتاب.

تمنياتنا لكم بقراءة ممتعة ، آملين أن يُستفاد من هذا الكتاب في فهم أهمية وتعقيدات قضية التغير المناخي ودور كل حكومة وكل مواطن بوطننا العربي الكبير.

أ. د / محمد أحمد بن فهد

رئيس تحرير سلسلة كتاب عالم البيئة

رئيس اللجنة العليا لمؤسسة زايد الدولية للبيئة

تغير المناخ
والتنمية المستدامة

تمهيـــد

يعد المناخ مكوناً أساسياً للحياة على سطح الكرة الأرضية. ومنذ بداية الثورة الصناعية بدأ يتزايد استخدام الوقود الأحفوري كمصدر للطاقة وترافق ذلك مع زيادة إصدارات غازات الدفيئة مما سأهم بحدوث تغير المناخ.

لقد أصبح تغير المناخ قضية بيئية هامة وحقيقة علمية ومشكلة عالمية طويلة الأجل، تنطوي على تفاعلات معقدة لها تداعيات اقتصاديه واجتماعية، وبيئية وسياسية. ويعزى السبب لظاهرة تغير المناخ المستمرة إلى النشاط البشري وسوء استغلاله للموارد الطبيعية المتاحة إضافة إلى الأسباب الطبيعية. كما سأهم تسابق دول الشمال والدول الصناعية للسيطرة على الأسواق والموارد الطبيعية المحدودة في زيادة انبعاثات غازات الدفيئة والتسبب في تغير المناخ. بينت الدراسات المناخية الحديثة أن متوسط درجات الحرارة العالمي للهواء السطحي زادت وكذلك عدد موجات الحرارة، وشدة الأحداث المتطرفة في مناطق مختلفة من العالم ومنها المنطقة العربية، ونتج عن التغير المناخي تهديد للتنمية المستدامة في دول الجنوب الفقيرة أكثر منه في دول الشمال الغنية بالرغم من كونها لا تسأهم بنسبة كبيرة من إجمالي انبعاثات غازات الدفيئة، ويعود ذلك إلى هشاشة اقتصاديات هذه البلدان في مواجهة آثار تغيرات المناخ وضعف إمكانيات التكيف لديها من جهة أخرى.

إن تغير المناخ هو تهديد من التهديدات التي شاء القدر أن نواجهها لا إحدى حقائق الحياة التي حتَّمها القدر علينا. وفي وسعنا أن نختار بين مواجهة هذا التهديد ومحوه من الوجود، أو تركه على حاله ليتحول إلى أزمة كاملة تأتي على جهود الحد من الفقر وتطال أجيال المستقبل.

لا يمكن معالجة قضية تغير المناخ في منأى عن مبادئ التنمية المستدامة، لذلك يجب إعطاء الأولوية عند صنع السياسات التنموية في البلدان النامية إلى التقليل من مستوى الفقر وتشجيع النمو الاقتصادي، وعليه فإن، خيار التخفيف أو التكيف مع ظاهرة تغير المناخ يمكن أن يقدم لهذه البلدان فرصة جوهرية من أجل مراجعة الاستراتجيات التنموية بوجهة نظر مختلفة، فالتحدي الذي تواجهه هذه البلدان هو ضمان أن الجهود المبذولة ستعمل على مواجهة المشاكل البيئية بما فيها تغير المناخ وتسأهم في تحقيق تنمية مستدامة. ويتطلب تحقيق التنمية المستدامة تغييرا تكنولوجيا مستمرا في البلدان الصناعية للحد من انبعاث الغازات المسببة لتغير مناخ الأرض، والتحسين التكنولوجي أمر هام في التوفيق بين أهداف التنمية وقيود البيئة.

جدول المحتويات

تغيــر المنــاخ	7
جدول المحتويات	9
الرموز والمختصرات	30
ملخص تنفيذي	39
تغير المناخ والتنمية المستدامة	67
مدخـــل	67
1. الفصل الأول بنية الغلاف الجوي ومكوناته	**71**
1 – 1 مقدمة	71
1 – 2 طبقات الغلاف الجوي	71
1 – 3 المكونات الغازية للغلاف الجوي	74
2 الفصل الثاني الخصائص الفيزيائية للهواء والتداور العالمي	**81**
2 – 1 مقدمة	81
2 – 2 درجة حرارة الهواء	81
2 – 3 ضغط الهواء	82
2 – 4 الرياح	85
2 – 5 الرطوبة	85

2 – 6 تدفق الطاقة و التداور العالمي ونشوء الرياح 86
2 – 7 السحب (الغيوم) 88
2 – 8 الهطول 93
3. الفصل الثالث نظام المناخ والتغيرات الملحوظة في الطقس والمناخ 99
3 – 1 مقدمة 99
3 – 2 نظام المناخ 99
3 – 3 ما يعنيه الطقس وما يعنيه المناخ 101
3 – 4 الأسباب الموجبة لدراسة المناخ 102
3 – 5 أوجه التشابه بين الطقس والمناخ 104
3 – 6 العوامل المؤثرة في التغيرات في الطقس والمناخ 104
3 – 7 أهمية الطقس والمناخ للإنسان: 106
4 الفصل الرابع الظواهر واسعة النطاق واجراءات تعديل الطقس 111
4 – 1 مقدمة 111
4 – 2 ظاهرة واسعة النطاق (سينوبتيكية) 112
4 – 3 الكتل الهوائية 113
4 – 4 الجبهات الهوائية 121
أ- الجبهة الباردة Cold Front 121
ب- الجبهة الدافئة Warm Front 122
4 – 5 الأعاصير 123
4 – 6 التنبؤ بالطقس 127
4 – 7 التدخلات لتعديل الطقس 128

5 الفصل الخامس الاشعاع الشمسي مكوناته وموجاته ودرجة حرارة الغلاف الجوي	**133**
5 – 1 مقدمة	**133**
5 – 2 مفهوم الإشعاع الشمسي وأنواعه	**133**
5 – 3 مكونات الإشعاع الشمسي وموجاته	**136**
5 – 4 تأثير الغلاف الجوي على الاشعاع الشمسي:	**137**
5 – 5 العوامل المؤثرة في توزيع الاشعاع الشمسي	**140**
5 – 6 معامل انعكاس الأشعة الشمسية (الوضاءة أو البياض أو الالبيدو)	**143**
5 – 7 الطرائق التي يتم بها تسخين الهواء	**151**
5 – 8 توزيع درجات حرارة الهواء الأفقية والعمودية	**152**
6 الفصل السادس العوامل المسؤولة عن تغير المناخ	**155**
6 – 1 المقدمة	**155**
6 – 2 الأسباب الطبيعية للتغيرات المناخية	**155**
6 – 3 الأسباب البشرية للتغيرات المناخية	**157**
6 – 4 غازات الدفيئة المسببة للاحتباس الحراري	**158**
6 – 4 – 1 ثاني أكسيد الكربون	**160**
6 – 4 – 2 الميثان	**160**
6 – 4 – 3 أكسيد النتروز	**161**
6 – 4 – 4 المواد الكيميائية الاصطناعية	**161**
6 – 5 التغيرات المناخية كنتيجة للاحتباس الحراري	**163**
6 – 5 – 1 الاحتباس الحراري الطبيعي	**163**
6 – 5 – 2 الإحترار العالمي المرافق	**163**

7 الفصل السابع مسأهمة دول العالم في تزايد ظاهرة تغير المناخ وتأثيراته 167

7 – 1 المقدمة 167

7 – 2 مسأهمة دول العالم في تزايد ظاهرة تغير المناخ 167

7 – 3 – 1 الانبعاثات المتأتية من الدول المتقدمة 172

7 – 3 – 2 الانبعاثات المتأتية من الدول النامية 173

7 – 4 تحديات التغيرات المناخية 174

7 – 5 المجتمعات والبلدان والفئات والشرائح المختلفة الأكثر تأثراً بتغير المناخ 176

7 – 6 تأثير تغير المناخ على الزراعة والحراجة واستخدامات الأراضي 176

7 – 7 تأثير تغير المناخ على المستوطنات البشرية 182

8. الفصل الثامن مناخ المدينة والجزيرة الحرارية الحضرية 187

8 – 1 مقدمة 187

8 – 2 صفات الطاقة في المناطق الحضرية 187

8 – 3 تعريف الجزيرة الحضرية 188

8 – 4 أسباب الجزيرة الحضرية 189

8 – 5 تأثيرات الجزيرة الحضرية 193

8 – 6 استراتيجيات وإجراءات للتخفيف من الجزر الحرارية الحضرية 195

9 الفصل التاسع التنمية المستدامة 207

9 – 1 مقدمة 207

9 – 2 تعريف التنمية المستدامة 207

9 – 3 نشأة وتطور مفهوم التنمية المستدامة 209
9 – 3 – 1 اتفاق باريس حول تغير المناخ 209
9 – 4 – 1 الجانب الاقتصادي 244
9 – 4 – 2 الجانب البيئي 245
9 – 4 – 3 الجانب الاجتماعي 246
9 – 5 الاركان الأساسية للتنمية المستدامة 246
9 – 6 مؤشرات التنمية المستدامة 247

10 الفصل العاشر التخفيف من تغير المناخ 257
10 – 1 المقدمة 257
10 – 2 ماهية التخفيف من تغير المناخ 258
10 – 3 دور قياس الآثار المناخية في التخفيف من حدة تغير المناخ 258
10 – 4 أساليب تخفيف انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن النشاطات البشرية 259
10 – 5 تمويل تخفيف تغير المناخ 261
10 – 6 أساليب حجز وتخزين غاز ثاني أكسيد الكربون 262

11. الفصل الحادي عشر التكيف مع آثار تغير المناخ 269
11 – 1 المقدمة 269
11 – 2 تعريف التكيف مع تغير المناخ 270
11 – 3 التخطيط للتكيف مع تغير المناخ 272
11 – 3 – 1 الهدف من التخطيط للتكيف مع تغير المناخ 272
11 – 3 – 2 شروط التخطيط الفعال للتكيف مع تغير المناخ 272

11 - 3 - 3 تقييم التكيف مع تغير المناخ 274
11 - 3 - 4 مبادئ تخطيط التكيف 274
11 - 4 المراحل الأساسية للتكيف مع تغير المناخ 278
11 - 5 تمويل التكيف مع آثار تغير المناخ 279
11 - 6 خيارات الاستجابة الخاصة بالتكيف مع تغير المناخ 282
11 - 7 برامج التكيف القطاعية 282
11 - 7 - 1 التكيف مع تغير المناخ في قطاع الصحة 283
11 - 7 - 2 التكيف مع تغير المناخ في قطاع النقل 284
11 - 7 - 3 التكيف مع تغير المناخ في مجال المياه وإدارة الموارد المائية 287
11 - 7 - 4 التكيف مع تغير المناخ في قطاع الزراعة والحراجة واستعمالات الأراضي 290
11 - 7 - 5 التكيف مع تغير المناخ في المستوطنات البشرية 307
11 - 7 - 6 التكيف مع تغير المناخ في قطاع البحار والمناطق الساحلية 309
11 - 7 - 7 التكيف مع تغير المناخ في قطاع السياحة 314
11 - 7 - 8 التكيف مع تغير المناخ في قطاع الطاقة 315
11 - 8 مستويات آليات التكيف مع آثار تغير المناخ 320
11 - 8 - 1 آليات مواجهة تغير المناخ على مستوى الدول 321
11 - 8 - 2 آليات مواجهة تغير المناخ على مستوى المؤسسات 322
11 - 8 - 3 آليات مواجهة تغير المناخ على مستوى الأفراد 323

12. الفصل الثاني عشر تخفيف تغير المناخ في قطاع الطاقة 329
12 - 1 المقدمة 329
12 - 2 التوزع حسب المناطق للموارد العالمية للطاقة 329

12 – 3 واقع الطاقات التقليدية على الصعيد الدولي 331
12 – 4 استهلاك الطاقة الابتدائية والنهائية 332
12 – 5 استهلاك الطاقة العالمي بين أعوام 1965 و 2017 333
12 – 6 المحطات الحرارية لتوليد الكهرباء 334
12 – 6 – 1 التأثير البيئي لصناعة الفحم 335
12 – 6 – 2 التوليد المشترك (الحرارة والطاقة المشتركة) 338
12 – 6 – 3 بدائل محطات الطاقة بالوقود الأحفوري 339
12 – 7 استهلاك الطاقة في الدول العربية 339
12 – 7 – 1 ارتفاع الطلب المحلي على الطاقة في الدول العربية 341
12 – 8 أسعار الطاقة في الدول العربية 342
12 – 9 الطاقات المتجددة 342
12 – 9 – 1 الطاقة الشمسية 345
12 – 9 – 2 طاقة الرياح 348
12 – 9 – 3 الطاقة الكهرومائية 353
12 – 9 – 4 الطاقة النووية 354
12 – 10 إمكانية كبيرة لتجنب انبعاثات غازات الدفيئة في المستقبل 357
12 – 11 مشاريع الطاقات المتجددة في الدول العربية 357

13 الفصل الثالث عشر تخفيف تغير المناخ الناتج عن قطاع المباني (المباني المستدامة) 361

13 – 1 المقدمة 361
13 – 2 التوازن الحراري في المبنى: 363
13 – 3 غلاف المبنى وحفظ الطاقة 364

13 – 4 نسب انتشار نُظم تكييف الهواء 365
13 – 5 الاستراتيجيات التصميمية لحفظ الطاقة في المباني 366
13 – 6 العزل الحراري وحفظ الطاقة في المباني 371
13 – 7 أولويات العزل الحراري 378
13 – 8 مزايا استخدام العزل الحراري في المباني 378

14. الفصل الرابع عشر تخفيف انبعاثات الغازات المسببة لتغير المناخ في قطاع النقل (النقل المستدام) 381
14 – 1 المقدمة 381
14 – 2 فئات التلوث الناتج عن قطاع النقل 382
14 – 3 وسائل النقل في قطاع النقل البرّي 383
14 – 4 مفهوم النقل المستدام ومبادئه ومتطلباته وتصنيفه حسب القوة المحركة 385
14 – 4 – 1 المبادئ الأساسية للنقل المستدام 386
14 – 4 – 2 متطلبات النقل المستدام 387
14 – 4 – 3 فوائد النقل المستدام 388
14 – 4 – 4 تصنيف النقل المستدام حسب القوة المحركة له 389
14 – 5 السبل التكنولوجية والخاصة بالسياسات للنهوض بأجندة النقل المستدام 391
14 – 6 إدارة العرض والطلب لتحقيق النقل المستدام 392
14 – 7 جهود الدول العربية في النقل المستدام 399

15 الفصل الخامس عشر التخفيف من الانبعاثات المسببة لتغير المناخ في قطاع الصناعة 405

15 -1 المقدمة 405

15 -2 تصنيف الصناعات حسب استهلاكها للطاقة 406

15 -3 صناعة الألمنيوم 407

15 -4 الصناعات النسيجية 408

15 -5 صناعة الإسمنت 409

15-5 -1 التوفير في طاقة الوقود في صناعة الإسمنت 410

15-5 -2 أهمية التوفير في الطاقة الحرارية للوقود في مصانع الاسمنت على انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون 410

15-5 -3 التوفير في استهلاك الطاقة الكهربائية 411

15 -6 صناعة الحديد والصلب 411

15 -7 صناعة الزجاج 412

15-8 صناعات النفط والمواد الهيدروكربونية 414

15-9 الصناعات البتروكيماوية 415

15-10 صناعة الاسمدة 415

15-11 كثافة استهلاك الطاقة في القطاع الصناعي في الدول العربية 415

15-12 الاستهلاك النوعي للطاقة في عدد من الصناعات في عدد من الدول العربية والعالمية 416

15-13 إدارة الطاقة في المنشآت الصناعية 416

15-14 الفرص المتاحة لترشيد الطاقة في قطاع الصناعة في الدول العربية 420

16. الفصل السادس عشر تقليل الانبعاثات المسببة لتغير المناخ في قطاع الزراعة والحراجة واستخداماالأراضي 425

16 - 1 مقدمة 425

16 - 2 انبعاثات غازات الدفيئة المتأتية من الزراعة، والغابات، والاستخدامات الأخرى للأراضي 425

16 - 3 الزراعة المستدامة 429

16-3-1 مبادئ وخطوات تحقيق الزراعة المستدامة 430

16-3-2 الممارسات الممكنة للزراعة المستدامة 434

16-3-3 معالجة التربة 435

16-3-4 الآثار خارج الحقول 436

16-3-5 استراتيجيات التخفيف الواعدة في قطاع الزراعة 436

16-4 الإدارة المُستدامة للغابات 440

16-4-1 المعايير والمؤشرات الوطنية للإدارة المستدامة للغابات 441

16-4-2 المعايير والمؤشرات على مستوى وحدة إدارة الغابات 442

16-5 الإدارة المستدامة للأراضي 443

16-5 - 1 التخفيف من تغير المناخ الناتج عن استخدام الأراضي 444

17. الفصل السابع عشر تقليل الانبعاثات المسببة لتغير المناخ في قطاع النفايات (النفايات الصلبة والسائلة) 461

17-1 المقدمة 461

17 - 2 تصنيف النفايات الصلبة وتأثيرها في إنتاج غازات الدفيئة 461

17 - 3 الإدارة البيئية للنفايات الصلبة وتقليل إنتاج غازات الدفيئة 462

17 - 4 توفير الطاقة نتيجة إعادة تدوير النفايات الصلبة 465

17 - 5 تأثير المعالجة الميكانيكية الحيوية للنفايات الصلبة في تخفيف انبعاثات غازات الدفيئة 467
17-5-1 تدوير النفايات الصلبة العضوية (تحويل النفايات إلى كمبوست) 469
17 - 5 - 2 تحويل النفايات الصلبة إلى الغاز الحيوي بالهضم الميكروبي اللاهوائي 484
17-6 تصميم نظام تصريف الغاز من مطامر النفايات (Gas Venting System Design) 491
17-6-1 مراحل تولد غازات مواقع طمر النفايات المنزلية 493
17-6-2 التقاط غاز المطامر 497
17 - 7 إعادة تأهيل المكبات العشوائية للنفايات وتقليل انبعاثات غازات الدفيئة 505
17-7-1 خطوات اغلاق المكبات العشوائية للنفايات 509
17-7-2 استرجاع الغاز الحيوي من مطمر نفايات انتهى ملؤه 511
17-8 إدارة النفايات السائلة (مياه الصرف الصحي) و تخفيف انبعاثات غازات الدفيئة 513
17-8-1 استهلاك الطاقة وإنتاج غازات الدفيئة في محطات معالجة مياه الصرف 514
17-8-2 معالجة غازات الدفيئة الناتجة عن محطات معالجة مياه الصرف 517

18. الفصل الثامن عشر التوقعات المستقبلية لتغير المناخ 527
18 - 1 المقدمة 527
18 - 2 سيناريوهات تغير المناخ 529

18 - 2 - 1 التقرير التقييمي الرابع للجنة الحكومية الدولية حول تغير المناخ 530
18 - 2 - 2 تقرير المجلس العالمي للطاقة 2013 WEC 533
18 - 2 - 3 تقرير الوكالة الدولية للطاقة الذرية 2013 IAEA 534
18 - 2 - 4 تقرير اللجنة الحكومية الدولية حول تغير المناخ التقرير التقويمي الخامس 535
18 - 2 - 5 تقرير الوكالة الدولية للطاقة 2014 IEA 537
18 - 2 - 6 تقرير شركة شل الملكية الهولندية 2014 Shell 539
18-3 توقعات تغير المناخ في الفترة (2020 - 2024) 541
18-4 التوقعات المستقبلية لتغير درجات الحرارة 542
18-5 التوقعات المستقبلية لتغير هطول الأمطار وظواهره المتطرفة 544
18 - 6 التوقعات المستقبلية لارتفاع مستوى سطح البحر 545
18-7 التوقعات المستقبلية في مجال الزراعة والحراجة واستعمالات الأراضي 547
18-7 التوقعات المستقبلية لتغير المناخ في المنطقة العربية 554
18-7-1 التوقعات المستقبلية لتغير درجة الحرارة في المنطقة العربية 557
18-7-2 توقعات هطول الأمطار في المنطقة العربية 566
18-7-3 توقعات ارتفاع مستوى سطح البحر في المنطقة العربية 572
18-7-4 التوقعات بخصوص الموارد المائية في المنطقة العربية 573
18-7-5 التوقعات في الزراعة البعلية (المطرية) في المنطقة العربية 574

19. الفصل التاسع عشر التوصيات من أجل تنمية مستدامة خالية من الكربون تقلل من مخاطر تغير المناخ **579**

19-1 المقدمة **579**

19-2 مبادئ لمستقبل خال من الكربون **579**

19-3 توصيات لتخفيض صافي الانبعاثات الغازية إلى مستوى الصفر قبل عام 2100 **580**

19-4 التوصيات المتعلقة بالمنطقة العربية **583**

المراجـــع: **589**

الملحق A وحدات القياس في النظام الدولي **611**

الملحق B مسرد المصطلحات **618**

فهرس الجداول

الجدول 1-1 : التكوين الوسطي لطبقة التربوسفير للغلاف الجوي	57
الجدول 1 - 2 : تغير نسبة بخار الماء في الهواء مع الارتفاع عن سطح البحر	67
الجدول (3-1) : مقارنة بين الطقس والمناخ	103
الجدول 4-1 : أنواع الكتل الهوائية الرئيسة وخصائصها	118
الجدول 5-1 : العلاقة بين أنواع السحب وانعكاس الاشعاع الشمسي	139
الجدول 5-2 : معدل انعكاسية الأشعة الشمسية (الالبيدو) من سطوح مختلفة	144
الجدول 6-1 : قيم المقدرة على الإحترار العالميGWP لأهم الغازات الدفيئة	162
الجدول (7 - 1) : تأثير عدد من الظواهر المناخية على المستوطنات البشرية	182
الجدول 8-1 : تصنيف الأشجار حسب إمكانات التسبب بالحساسية	197
الجدول 8-2 : مقارنة السقف الأخضر الكثيف مع الممتد	203
الجدول 11-1 : تقنيات التكيف مع تغير المناخ التي تم تطبيقها على الإنتاج الزراعي الصغير والكبير في عدد من البلدان النامية.	298
الجدول 11-2 : خيارات التكيف مع تغير المناخ في قطاع البحار والمناطق الساحلية	310
الجدول 12 - 1: توزع استهلاك الطاقة العالمي في عام 2006	332

الجدول 12-2 : انبعاثات الغازات الملوثة الناتجة عن حرق أنواع الوقود الأحفوري 336

الجدول 14 - 1 : مُقارنة للانبعاثات الناتجة عن مختلف وسائل نقل الرُكّاب براً في أوروبا 385

الجدول 17 - 1 : القيم المخصصة للبارامترات المستخدمة لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن محطات معالجة مياه الصرف الصحي 520

الجدول 18 - 1 : عائلات سيناريوهات تغير المناخ حسب التقرير التقييمي الرابع 530

الجدول 18 - 2 : بعض مؤشرات المسارين المذكورين في تقرير المجلس العالمي للطاقة WEC 2013 حتى عام 2050 534

الجدول 18 - 3 : بعض النتائج المتوقعة التي توصل إليها تقرير الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA 2013 حتى 2050 535

الجدول 18-4 : بعض مؤشرات المناخ العالمي حسب المسارات الأربعة المذكورة في تقرير اللجنة الحكومية الدولية حول تغير المناخ، التقرير التقويمي الخامس 2041 537

الجدول 18 - 5 : المسارين المحتملين لاستهلاك الطاقة حتى عام 2100 حسب تقرير شركة شل 540

فهرس الأشكال

الشكل 1-1: نمط تغير درجات الحرارة في طبقات الغلاف الجوي 71

الشكل 1-2: المكونات الغازية لطبقة التربوسفير في الغلاف الجوي 74

الشكل 2-1: الحر والبرودة في مناطق دوائر العرض الرئيسة 82

الشكل 2-2: تغير ضغط الهواء مع الارتفاع عن سطح الأرض 84

الشكل 2-3: مقياس الحرارة القاذف. 86

الشكل 2-4 :تكون السحب الركامية بفعل (أ) الحمل الحراري أو (ب) التضاريس أو (ج).الجبهة الباردة 91

الشكل 2-5: السحب الطبقية المتشكلة فوق جبهة باردة قليلة الانحدار يعلوها سحب سمحاقية 92

الشكل 2-6: أشكال الهطول. 95

الشكل 3-1: العوامل المؤثرة في تطور النظام المناخي 100

الشكل 4-1: الأعاصير المدارية 124

الشكل 5-1: التعديل العالمي للإشعاع الشمسي القادم بواسطة العمليات الجوية والسطحية 147

الشكل 5-2: تقدير لميزان طاقة الأرض النسبية العالمية السنوية 148

الشكل 6-1: نسبة مسأهمة الغازات التي تنتج عن النشاط البشري في التأثير في ظاهرة الإحترار العالمي 158

الشكل7-1: تزايد تركيز المتوسط الشهري لثاني أكسيد الكربون في مرصد ماونا لوا 168

الشكل 7-2: تطور انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون حسب الدول (مليار طن مكافىء ثاني أكسيد الكربون) 170
الشكل 7-3: انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون العالمية في عام (2006 مليار طن مكافىء ثاني أكسيد الكربون) 171
الشكل 7-4: أهم تأثيرات تغير المناخ 184
الشكل 8-1: الجزيرة الحرارية الحضرية 190
الشكل 8-2: الغطاء النباتي حول المباني. الشكل 199
الشكل 8-3: نماذج الأسقف الخضراء المتسلقة . 201
الشكل 8-4: نماذج الأسقف الخضراء الممتدة . 203
الشكل 10-1: عملية استخراج النفط المعزز بحقن غاز ثاني أكسيد الكربون 263
الشكل 10-2: أفكار تخزين غاز ثاني أكسيد الكربون 264
الشكل 12-1: أنواع موارد الطاقة 330
الشكل 12-2: تطور استهلاك الطاقة من المصادر المختلفة خلال الفترة 1965 - 2017 333
الشكل 12-3: الرياح تحرك السفن الشراعية. 349
الشكل 12-4: استخدام طاقة الرياح في تشغيل طواحين الهواء 351
الشكل 12-5 : توربينات الرياح لتوليد الطاقة الكهربائية 352
الشكل 12-6: توليد الكهرباء من الطاقة المائية 354
الشكل 12-7:الانشطار النووي. 355
الشكل 13-1: حماية الفتحات من الإشعاع الشمسي في فصل الصيف التظليل، والسماح له بالدخول في فصل الشتاء 370
الشكل 13-2 : نموذج لعزل جدار خارجي 373
الشكل 13-3 :العنصران الأساسيان للعزل الحراري للنوافذ 375

الشكل 13-4: الناقلية الحرارية لعدد من المواد المستخدمة في المباني 375
الشكل 13-5: استخدام عدة طبقات من ألواح الزجاج لتقليل الانتقالات الحرارية 376
الشكل 13-6 :رسم توضيحي مجسم لنافذة معزولة 377
الشكل 14-1: متطلبات النقل المستدام 388
الشكل 14-2: رسما تخطيطياً لسلسلة تحويل الطاقة من أجل استخدام الهيدروجين في المركبة 394
الشكل 14-3: تحويل الطاقة في مركبة كهربائية بسيطة تعمل على البطارية 395
الشكل 14-4: عمل السيارة الكهربائية الهجينة (التسلسلي-المتوازي) 397
الشكل 17-1: مقارنة استهلاك الطاقة في حالة الاعتماد على النفايات مقابل استخدام مواد خام 465
الشكل 17-2: مقارنة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بين المنتجات المصنعة من النفايات المعاد تدويرها والمنتجات المصنعة من المواد خام (kg eqCO2/kg) 466
الشكل 17-3: مخطط لمراحل معالجة النفايات الصلبة داخل معمل وادي الهدة(مدينة طرطوس في سورية) 468
الشكل 17-4: أنظمة التخمير المتبعة في محطات تحويل النفايات العضوية إلى كمبوست 472
الشكل 17-5: المكدسات المنعزلة المهواة قسرياً بسحب الهواء أو بضخه أو كليهما 473
الشكل 17-6: نظام المكدسات المهواة قسرياً والموضوعة في صالة مغلقة مع أنظمة تقليب 474

الشكل 17-7: نموذج تقنية الصناديق والحاويات لمحطات التحويل إلى كمبوست 475
الشكل 17-8: نموذج لنظام الاسطوانة الدوارة لتحويل النفايات إلى كمبوست 476
الشكل 17-9:المكونات الأساسية لمحطة تحويل النفايات إلى كمبوست بنظام الأسطوانة الدوارة 477
الشكل 17-10 مراحل تكوين الميثان في الهضم الميكروبي اللاهوائي للنفايات 486
الشكل 17-11: مراحل معالجة النفايات الصلبة ذات الرطوبة غير العالية في منشأة الهضم اللاهوائي 491
الشكل 17-12: منحنى تولد الغازات في مطمر نفايات تبعا للزمن. 495
الشكل 17-13 : تفصيل نموذجي لمصرف غاز معزول 498
الشكل 17-14: تفصيل نموذجي لنظام تصريف الغاز مع أنبوب رئيسي 499
الشكل 17-15: تخطيط نموذجي لعناصر نظام التصريف الفعال للغاز الحيوي 500
الشكل 17-16: توضع آبار استخراج الغاز من أجل تداخل كامل 500
الشكل 17-17: ترتيب بئر استخراج الغاز مع مجموعة المسابر من أجل تحديد منطقة التأثير 501
الشكل 17-18: نموذج تفصيلي لبئر استخراج الغاز 503
الشكل 17-19: نموذج تفصيلي للأنبوب الرئيسي لاستخراج الغاز وخندق 503
الشكل 17-20: نموذج تفصيلي لشعبة تقطير لإزالة التكثفات 504

الشكل 17-21: نموذج من الأنابيب ذات الثقوب لجمع الغاز الحيوي 512
الشكل 17-22: رأس أنبوب جمع الغاز الحيوي المزود بفتحة مع طوق حماية 512
الشكل 17-23: المسارات المختلفة لإنتاج أكسيد النتروز N_2O في عمليتي النترجة ونزع النتروجين 515
الشكل 17-24: انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التقديرية لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي بالحمأة المنشطة التقليدية التي تعمل بقيم مختلفة لعمر الحمأة SRT 521
الشكل 18-1: التوقعات المناخية خلال السنوات (2020 - 2022). 541
الشكل 18-2: توقعات ارتفاع مستوى سطح البحر حتى عام 2100 546
الشكل 18-3: ارتفاع منسوب مستوى سطح البحر في حالة المسار المنخفض وحالة المسار الأسوء 547
الشكل 18-4: نطاق الشرق الأوسط وشمال أفريقيا/النطاق العربي من نطاقات تجربة تقليص النطاقات الأقليمية اسنملقة كورديكس 556
الشكل 18-5 :التغيرات في درجة الحرارة في الفترة الزمنية الممتدة من عام 2045-2065 مقارنة مع الفترة الزمنية الأساسية CTL الممتدة من عام 1986 إلى عام 2005 لمسار التركيز التمثيلي 4.5 (سيناريو الحالات المتوسطة) ومسار التركيز التمثيلي 8.5 (سيناريو الحالات الأسوأ) 558
الشكل 18-6: التغيرات في درجة الحرارة في الفترة الزمنية الممتدة من عام 2081-2100 مقارنة مع الفترة الزمنية الأساسية CTL الممتدة من عام 1986 إلى عام 2005 لمسار التركيز التمثيلي 4.5 (سيناريو الحالات المتوسطة) ومسار التركيز التمثيلي 8.5 (سيناريو الحالات الأسوأ) 559

الشكل 18-7: التغيُّرات في مؤشر مدة نوبات البرد في الفترة الزمنية الممتدة من 2081 إلى 2100 مقارنةً مع الفترة الزمنية الأساسية الممتدة من 1986 إلى 2005 لمسار التركيز التمثيلي 4.5 ومسار التركيز التمثيلي 8.5 561

الشكل 18-8: التغيُّرات في أيام الصيف حيث تكون درجة الحرارة القصوى اليومية أعلى من 35 درجة مئوية في الفترة الزمنية الممتدة من 2081 إلى 2100 مقارنةً مع الفترة الزمنية الأساسية الممتدة من 1986 إلى 2005 لمسار التركيز التمثيلي 4.5 ومسار التركيز التمثيلي 8.5 563

الشكل 18-9: التغيُّرات في أيام الصيف حيث تكون درجة الحرارة القصوى اليومية أعلى من 40 درجة مئوية SU40 في الفترة الزمنية الممتدة من 2081 إلى 2100 مقارنةً مع الفترة الزمنية الأساسية الممتدة من 1986 إلى 2005 لمسار التركيز التمثيلي 4.5 ومسار التركيز التمثيلي 8.5 565

الشكل 18-10: التغيرات في المتوسط الشهري للهطولات في الفترة الزمنية الممتدة من عام 2045-2065 مقارنة مع الفترة الزمنية الأساسية CTL الممتدة من 1986 إلى 2005 لمسار التركيز التمثيلي 4.5 ومسار التركيز التمثيلي 8.5 567

الشكل 18-11:التغيرات في المتوسط الشهري للهطولات في الفترة الزمنية الممتدة من عام 2081-2100 مقارنة مع الفترة الزمنية الأساسية CTL من 1986 إلى 2005 لمسار التركيز التمثيلي 4.5 (ومسار التركيز التمثيلي 8.5) 568

الشكل 18-12: التغيُّرات في المدة الأقصى لنوبات الجفاف في 569

الفترة الزمنية الممتدة من 2081 إلى 2100 مقارنةً مع الفترة الزمنية الأساسية الممتدة من 1986 إلى 2005 لمسار التركيز التمثيلي 4.5 ومسار التركيز التمثيلي 8.5

الشكل 18-13: التغيُّرات في الأيام ذات الهطول المطري الغزير في الفترة الزمنية الممتدة من 2081إلى 2100 مقارنةً مع الفترة الزمنية الأساسية الممتدة من 1986 إلى 2005 لمسار التركيز التمثيلي 4.5 ومسار التركيز التمثيلي 8.5 **570**

الشكل 18-14: التغيُّرات في الأيام ذات الهطول المطري البالغ الغزارة في الفترة الزمنية الممتدة من 2081 إلى 2100 مقارنةً مع الفترة الزمنية الأساسية الممتدة من 1986 إلى 2005 لمسار التركيز التمثيلي 4.5 ومسار التركيز التمثيلي 8.5 **571**

الرموز والمختصرات

الرمز المختصر	المعنـــى
ACCWAM	مشروع التكيّف مع تغير المناخ في قطاع المياه في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (اكوام)
ACSAD	المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة أكساد)
AI	الذكاء الصناعي
AOGCM	نموذج الدوران العام للمحيطات والغلاف الجوي
AR4	تقرير التقييم الرابع(للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ)
ARABCOF	المنتدى العربي لتوقعات المناخ
ARCGIS	آرك نظام المعلومات الجغرافية
AOGCM	نموذج الدوران العام للمحيطات والغلاف الجوي
ARD	التشجير وإعادة التشجير وإزالة الاحراج
BECCS	الطاقة الاحيائية مع احتجاز الكربون وتخزينه
BOD	الأكسجين المستهلك للأكسدة الحيوية
CBA	تحليل الكلفة والفوائد
CCD	التنمية المتوافقة مع المناخ
CCS	اصطياد الكربون وتخزينه
CCU	اصطياد الكربون واستخدامه
CDD	الطول الأقصى لفترات الجفاف
CDM	آلية التنمية النظيفة
CDR	إزالة ثاني أكسيد الكربون
CEA	تحليل فعالية التكاليف

COD	الأكسجين المستهلك للأكسدة الكيميائية
COP	مؤتمر الاطراف
CORDEX	التجربة الإقليمية المنسقة لتقليص قياس النموذج المناخي الإقليمي
CSP	الطاقة الحرارية الشمسية المركزة
CWD	الطول الأقصى لفترات المطر
DARE	إنقاذ البيانات المناخية
DBS	الطريقة القائمة على التوزيع لتصحيح الإنحياز
DRM	إدارة مخاطر الكوارث
DRR	الحد من مخاطر الكوارث
EOR	استخراج النفط المعزز
ESCWA	لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)
ETCCDI	فرقة الخبراء المعنية بكشف تغير المناخ ومؤشراته
EV	السيارة الكهربائية
EU	الاتحاد الأوربي
FAO	منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (فاو)
FAR	تقرير التقييم الأول (الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ)
GCF	الصندوق الأخضر للمناخ
GCM	نموذج المناخي العالمي أو نموذج دوران عالمي
GDP	الناتج المحلي الإجمالي
GGR	إزالة غازات الاحتباس الحراري
GHG	غازات الاحتباس الحراري
GIS	نظم المعلومات الجغرافية
GIZ	الوكالة الألمانية للتعاون الدولي في مجال التنمية
GNP	الناتج القومي الاجمالي

GPCC	المركز العالمي لمناخيات الهطول
GPS	نظام تحديد المواقع العالمي
GSAT	درجة حرارة الهواء السطحي
GMST	درجة حرارة سطح الأرض
GWP	مقدرة على الإحترار العالمي
IAM	نموذج التقييم المتكامل
ICT	تكنولوجيا المعلومات والاتصالات
ILUC	تغير استخدام الأراضي غير المباشر
IPCC	الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ
IRENA	الوكالة الدولية للطاقة المتجددة
IVR	الآثار وقابلية التأثر والمخاطر
LDCS	أقل البلدان نموا
LFG	غاز مطامر النفايات
LUC	تغيير استخدام الأراضي
LULUCF	استخدام الأراضي وتغير استخدام الأراضي والحراجة
MCA	التحليل متعدد المعايير
MDG	الأهداف الإنمائية للألفية
MEA	الاتفاقيات البيئية المتعددة الأطراف
NAP	خطة التكيف الوطنية
NAPA	برنامج العمل الوطني للتكيف
NASA	الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء
NDCS	المساهمات الوطنية المحددة
NGO	منظمة غير حكومية
OA	تحمض المحيط

OECD	منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية
PCBS	ثنائي البنزين ذو الروابط الكلورية المتعددة
RCA4	ظاهرة التذبذب في شمال المحيط الأطلسي
RCM	النمذجة المناخية الإقليمية
RCP	مسار التركيز النموذجي
RHM	النماذج الهيدرولوجية الإقليمية
RICCAR	المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغير المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الإجتماعية والإقتصادية في المنطقة العربية(ريكار)
R10	العدد السنوي للأيام التي يتجاوز فيها معدّل التساقطات 10 ملم (أيام التساقطات الغزيرة)
R20	العدد السنوي للأيام التي يتجاوز فيها معدّل التساقطات 20 ملم (أيام التساقطات الغزيرة جداً)
SAR	تقرير التقييم الثاني(الهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ)
SCC	التكلفة الاجتماعية للكربون
SCCF	الصندوق الخاص بتغير المناخ
SD	الانحراف المعياري
SDGS	أهداف التنمية المستدامة
SI	مؤشر الموائمة
SIDS	الدول الجزرية الصغيرة النامية
SIDA	الوكالة السويدية للتعاون الدولي من اجل التنمية(سيدا)
SLE	مكافىء مستوى سطح البحر
SMHI	المعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجية
SPI	الرقم القياسي المعياري للهطول
SPM	ملخص لصانعي السياسة

SRES	التقرير الخاص بشأن سيناريوهات الانبعاثات
SRM	إدارة الإشعاع الشمسي
SR15	التقرير الخاص عن الاحترار العالمي عند 1.5 درجة مئوية
SSPS	المسارات الاجتماعية والاقتصادية المشتركة
SST	درجة حرارة سطح البحر
SU	عدد أيام الصيف
SU35	عدد الأيام الحارة
SU40	عدد الأيام الحارة جداً
SVMA	القيمة الاجتماعية لفعاليات التخفيف
SWE	المكافىء المائي للثلج
SYR	التقرير التجميعي (تقرير التقييم الرابع للهيئة الحكومية الدولية المنية بتغير المناخ)
TAR	تقرير التقييم الثالث (للهيئة الحكومية الدولية المنية بتغير المناخ)
TR	عدد الليالي الإستوائية
UITP	الرابطة الدولية للنقل العام
UNDP	برنامج الأمم المتحدة الانمائي
UNEP	برنامج الأمم المتحدة للبيئة
UNESCO	منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة(اليونسكو)
UNFCCC	اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ
UNICIF	منطمة الأمم المتحدة للطفولة(يونيسيف)
UNISDR	مكتب الأمم المتحدة للحد من مخاطر الكوارث
VA	تقييم قابلية التأثّر
WCP	برنامج المناخ العالمي
WCRP	البرنامج العالمي للبحوث المناخية

WGI	الفريق العامل الأول (التابع للهيئة الحكومية الدولية المنية بتغير المناخ)
WGH	الفريق العامل الثاني (التابع للهيئة الحكومية الدولية المنية بتغير المناخ)
WHO	منظمة الصحة العالمية
WMO	المنظمة العالمية للأرصاد الجوية
WRI	معهد الموارد العالمي

ملخص تنفيذي



ملخص تنفيذي

يقدم هذا الكتاب معلومات ضرورية لواضعي السياسات والإعلاميين ولجميع المهتمين بالشأن البيئي في منطقتنا العربية بفضل كتابته باللغة العربية، كما يفيد كمرجع لطلاب الدراسات الدنيا في الجامعات وكذلك طلاب الدراسات العليا.

وكخلفية لهذا التقرير، يلاحظ أن تغير المناخ في العالم منذ عام 1870 هو حقيقة ثابتة ومعترف بها الآن من قبل أغلب دول العالم الموقعة على اتفاقية باريس بشأن تغير المناخ . وهناك توافق متزايد في الآراء على أن انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الناجمة عن النشاط البشري تسهم إلى حد كبير في تغير المناخ.

تم جمع البيانات بالاستفادة من الوثائق العالمية والإقليمية المنشورة باللغة الإنكليزية واللغة الفرنسية وأيضا بالعربية، وخصوصاً منشورات الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ.

النطاق الذي يغطيه الكتاب هو النطاق العالمي مع الاهتمام بالنطاق العربي، لأنه على الرغم من أن تغير المناخ ظاهرة عالمية، لكن عواقبه لن تكون موزعة بالتساوي، وستتحمل الدول العربية جزءً مهماً من الضرر الناتج عن ارتفاع مستوى سطح البحر وشح المياه وبالتالي تقليل الإنتاج الزراعي والأضرار بالأمن الغذائي في الدول العربية.

تتمثل رسالة الكتاب في ضرورة أخذ موضوع تغير المناخ في الاعتبار في جميع الأنشطة المؤسسية والفردية، وتحريك النقاش خطوة للأمام بتقديم توجيهات للتخفيف والتكيف مع تغير المناخ لواضعي السياسات في الدول العربية.

ويعرض الكتاب لمفهوم التنمية المستدامة ولعناصرها إضافة لواقع تغير المناخ وللتوقعات المستقبلية على مستوى العالم وعلى مستوى منطقتنا العربية.

لفهم موضوع تغير المناخ بشكل جيد لابد من امتلاك معلومات أساسية علمية عن الغلاف الجوي وعن المناخ والطقس. وتم تأمين هذه المعلومات الأساسية في الفصول الخمسة الأولى من الكتاب.

عرض الفصل الأول والثاني من الكتاب المعلومات الأساسية عن بنية الغلاف الجوي ومكوناته وعن الخصائص الفيزيائية للهواء وعن تدفق الطاقة والتداور العالمي ونشوء الرياح وتشكل السحب والهطولات. وتناول الفصل الثالث موضوع المناخ والطقس والعوامل المؤثرة في الطقس والمناخ وكذلك أهمية الطقس والمناخ للإنسان. أما الفصل الرابع فتطرق إلى الظواهر واسعة النطاق ولشروط تكوين الكتل الهوائية وخصائصها وتأثيرها على خصائص الطقس والمناخ، ولتشكل الجبهات الهوائية والاعاصير والتنبؤ بالطقس وللتدخلات الممكنة لتعديل الطقس. وتناول الفصل الخامس موضوع الاشعاع الشمسي وأنواعه ومكوناته وموجاته وتأثير الغلاف الجوي على الاشعاع الشمسي، والعوامل المؤثرة في توزيع الاشعاع الشمسي، والتوزيع الأفقي والعمودي لدرجات حرارة الهواء.

وعرض في الفصل السادس من الكتاب الأسباب الطبيعية لتغير المناخ وكذلك الأسباب ذات العلاقة بفعاليات البشر، كما بينت الغازات المسؤولة عن الاحتباس الحراري من ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النتروز والمواد الكيميائية الاصطناعية، وبينت التغيرات المناخية الناتجة عن الاحتباس الحراري الطبيعي وتلك المتعلقة بالاحترار العالمي المرافق.

وتم في الفصل السابع التداول في مسأهمة دول العالم النامية والدول المتقدمة في تزايد ظاهرة تغير المناخ نتيجة الانبعاثات المتأتية من هذه الدول، حيث تبين أن الدول المتقدمة وناشئة النمو كالصين والهند تعد المصدر الأكبر للانبعاثات، كما عرض لأهمية تأثر المجتمعات والبلدان حيث وضح أن البلدان قليلة النمو ستتأثر أكثر من الدول الأخرى نتيجة لضعف إمكانياتها المادية والتكنولوجية للتكيف مع تغير المناخ، وتبين أيضا أن الفئات والشرائح الفقيرة ستتأثر أكثر من باقي الفئات بتغير المناخ نتيجة سكنها في مناطق مخاطر ومواقع أكثر تأثراً بتغير المناخ وقلة إمكانياتها المادية.

وبما أن المدن أكثر تأثيراً في تغير المناخ لذلك عرض الفصل الثامن لصفات الطاقة في المناطق الحضرية ولتشكل الجزر الحرارية الحضرية، وأظهر تأثيرات هذه الجزر على الصحة العامة وعلى المسطحات المائية وعلى استخدام الطاقة، كما ذكرت الاستراتيجيات وإجراءات التخفيف من ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية.

أما موضوع التنمية المستدامة فتم تداوله في الفصل التاسع من الكتاب حيث عرض نشأة مفهوم التنمية المستدامة ولأهم محطات تطور هذا المفهوم بدءً من نادي روما عام 1980 مروراً بتقرير مستقبلنا المشترك الصادر عن اللجنة العالمية للتنمية والبيئة عام 1987 إلى قمة الأرض في ريو دي جانيرو، والإعلان الرسمي لمفهوم التنمية المستدامة في عام 1992 إلى مؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة الذي عقد في مدينة جوهانسبيرج عام 2002 (ريو + 10) وصولاً إلى قمة التنمية المستدامة ريو +20 ثم جدول أعمال 2030 للتنمية المستدامة الذي حدد أهداف التنمية المستدامة السبعة عشر التي تغطي مجموعة واسعة من قضايا التنمية المستدامة بما فيها الهدف الثالث عشر المتمثل في العمل المناخي الذي ركز على ضرورة اتخاذ إجراءات عاجلة لمكافحة تغير المناخ وآثاره من خلال تنظيم الانبعاثات وتعزيز التطورات في مجال الطاقات المتجددة.

وفي أيار/مايو من عام 2015 خلص تقرير اتفاقية باريس إلى الإجراءات اللازمة لبلوغ أهداف العمل المناخي والوصول إلى غايات التنمية المستدامة. كما تم بيان العناصر الاقتصادية والاجتماعية والبيئية التي عززت الاهتمام بالتنمية المستدامة، وعرضت في هذا الفصل الاركان الأساسية للتنمية المستدامة وعلى رأسها مبادئ العدالة، وذكرت مؤشرات التنمية المستدامة ذات العلاقة بالنواحي الاقتصادية والاجتماعية والبيئية.

وخصص الفصل العاشر للتخفيف من تغير المناخ الذي يتضمن إجراءات وسياسات تفضي إلى تخفيضات في انبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن النشاطات البشرية أو اصطياد الكربون من مصادر انبعاثاته وتخزينه في أماكن ملائمة كالصخور المسامية والبحار وفي الغطاء النباتي للحد من ارتفاع تركيزه في الغلاف

الجوي. وإن أهم الإجراءات للتخفيف تتمثل بزيادة كفاءة الطاقة ودعم انتشار استخدام الطاقات البديلة والمتجددة وتمويل التخفيف عن طريق أسواق الكربون.

بما أن العديد من غازات الدفئية طويلة العمر فإن نتائج التخفيف لن تظهر في وقت قريب لذلك لابد من الاهتمام بالتكيف مع تغير المناخ الذي تم عرضه في الفصل الحادي عشر. إن التكيف هو تعديلا في النظم الطبيعية أو البشرية استجابة للمثيرات المناخية الفعلية أو المتوقعة أو تأثيراتها، ويتضمن التكيف مجموعة من الممارسات والمشاريع والسياسات لتحسين كفاءة البنى الاجتماعية والنشاطات الاقتصادية والأنظمة البيئية لزيادة مرونة هذه النظم. ولقد ثبت أن أنظمة الإنذار المبكر وتحسين وتعزيز قواعد السلامة في مواجهة وقائع تغير المناخ وكوارثه التي يجب أن تكون جزء لايتجزأ من الاستراتيجيات الوطنية ومساعدات التنمية. إن للتكيف مع تغير المناخ روابط وثيقة مع إدارة الموارد الطبيعة وإدارة الكوارث والتأهب والتخطيط الحضري والتنمية المستدامة والحد من الفقر. ونظراً لأن إجراءات التكيف تحتاج إلى موارد مالية فيلزم تحديد أولويات التكيف في الدول النامية والعمل على الاستفادة من الصندوق الأخضر لتمويل التكيف في قطاع الصحة أو إدارة الموارد المائية أو النقل أو الطاقة أو السياحة أو الزراعة والحراجة واستخدامات الأراضي أو قطاع البحار والمناطق الساحلية.

ونظراً للعلاقة الوثيقة بين قطاع الطاقة وتغير المناخ، تم تخصيص الفصل الثاني عشر لتخفيف تغير المناخ في قطاع الطاقة، حيث ذكرت مخزونات الموارد المؤكدة حالياً وتلك غير المؤكدة للطاقات التقليدية. وعرض استهلاك الطاقة في العالم بين عامي 1965 و 2017، وبين واقع المحطات الحرارية لتوليد الكهرباء التي يعمل جزء منها بالفحم الحجري والتي تنتج ملوثات غازية أكثر من أنواع الوقود الأخرى، مما يستدعي استبدال المحطات الحرارية التي تعمل بالفحم بمحطات أخرى أو ذات توليد مشترك (حرارة وطاقة مشتركة)، وتبين أن متوسط استهلاك الفرد في دول منظمة الأقطار العربية المصدرة للنفط (أوابك) مرتفع، حيث بلغ في عام 2014 في المملكة العربية السعودية 45 برميل مكافىء نفط /شخص.سنوياً.

وتسارع المعدل العام للنمو في إجمالي استهلاك مصادر الطاقة الأولية بمجموعة الدول الأعضاء في منظمة الأقطار العربية المصدرة للنفط (أوابك)، بمعدل تجاوز نظيره لدولة الإمارات خلال الفترة (1995 - 2019) ما أدى إلى تراجع حصة الإمارات من إجمالي استهلاك الدول الأعضاء لمصادر الطاقة الأولية من 16.2 % عام 1995 إلى 15.5 % عام 2019. وتجاوزت معدلات النمو السكاني للإمارات معدلات النمو في إجمالي استهلاكها من مصادر الطاقة الأولية خلال الفترة (1995 - 2019)، ما أدى إلى تراجع متوسط استهلاك الفرد في الامارات العربية المتحدة الذي كان 137.2 برميل مكافئ نفط/شخص عام 1995 وانخفض إلى 74.1 برميل مكافئ نفط عام 2019. أما حصة الفرد من استهلاك الطاقة في الكويت فارتفعت من 52 برميل نفط عام 1995 إلى 58 برميل نفط عام 2018 .

وتبين أن أسعار الطاقة في أغلب الدول العربية أقل بكثير مما هي عليه في الأسواق العالمية والأسواق المجاورة.، مما يساهم في ضعف اهتمام الأفراد بترشيد الطاقة، وحتى تهريب الوقود خارج الحدود.

كما تبين أن المصادر الطاقوية المتجددة تعتبر المتغير الأبرز في رسم الصورة المستقبلية للإمداد الطاقوي، خاصة أن معظم دول العالم بلغ فيها استخدام الطاقات الأحفورية حدود الذروة، الأمر الذي يطرح تحديات كبرى فيما يتعلق بنماذج التنمية وتوجهات الاستدامة، لاسيما إذا تعلق الأمر بالاقتصاديات النامية التي تعتمد نماذج تقليدية في تمويل خططها التنموية، وترتكز على مصادر الطاقات الناضبة وإيراداتها. وبالموازاة مع النداءات العالمية المطالبة بالارتقاء بمسارات الاقتصاد المستدام فقد أصبحت الطاقات المتجددة من العناصر المهمة في جميع الاقتصاديات لتحقيق التنمية الاقتصادية المستدامة، حيث إن إمداداتها تشكل عاملا أساسياً في دفع الإنتاج وتحقيق الاستقرار والنمو، مما يوفر فرص العمل اللائقة ويسهم في تحسين مستويات المعيشة. إن أغلبية المبادرات المتعلقة بالطاقات المتجددة في الدول العربية تبدو مجزأة ولا تنفذ كمبادرات لسياسات وطنية أو حتى إقليمية، حيث يمكن تحسين التعاون بين البلدان العربية خاصة في مجال زيادة كفاءة الطاقة

والطاقات المتجددة، ونظرا لأهمية الوقود الأحفوري في المنطقة العربية فإن للبلدان العربية مصلحة خاصة في تطوير تكنولوجيات احتجاز الكربون وتخزينه للمساعدة في مقايضة الانبعاثات نتيجة استعمال الوقود الأحفوري.

وتناول الفصل الثالث عشر من الكتاب موضوع المباني المستدامة، حيث أن المباني تنتج كميات لابأس بها من انبعاثات الكربون. إن القسم الأكبر من المنطقة العربية يسوده مناخ يفرض التبريد في فصل الصيف. لذلك، لا بد من توفّر نظم تكييف الهواء للحفاظ على درجة الحرارة المناسبة داخل المباني السكنية والتجارية. بيد أن تشغيل المكيفات يزيد من نسبة مسأهمة المباني في انبعاثات الكربون في الدول العربية. وعند التمعن في الأوضاع البيئية الصعبة في الدول العربية ومحدودية الموارد ندرك بأن حاجتنا إلى تطبيقات التخطيط والإدارة الحضرية المستدامة أكثر من الدول الصناعية المتقدمة. وإذا كانت كميات أشعة الشمس وحرارتها ووهجها في منطقتنا من أعلى المعدلات في العالم فإن هذا يعني وجود فرص ذهبية لتوظيفها كمصدر بديل لإنتاج الطاقة، بالإضافة إلى استغلالها في إضاءة المباني والمنشآت خلال ساعات النهار. وصولا إلى المنشآت المستدامة التي يراعى فيها البعد البيئي من حيث المواد المستخدمة في البناء وكذلك أثر المبنى نفسه على البيئة مع مراعاة تقليل استهلاك الطاقة والموارد، من خلال مجموعة من الأساليب مثل حصاد مياه الأمطار ومعالجة مياه الصرف وتدويرها لري المساحات الخضراء، والاعتماد على الطاقة الشمسية في التدفئة والتبريد واستخدام مواد معاد تدويرها سابقاً في الإنشاء وغير ذلك.

وبهدف السيطرة على الأداء الحراري للمبنى ظهر ما يعُرف بالاستراتيجيات التصميمية لما لها من دور في حفظ الطاقة في المباني. تعتمد الاستراتيجيات التصميمية لحفظ الطاقة في المباني بشكل أساس على نوع المناخ الذي تستخدم فيه، حيث أن كل استراتيجية أو نظام تبريد قد يكون فعالاً في مناخ ما ولكنه يفقد فعاليته فيما إذا طبق في مناخ أخر بدون إجراء تعديلات عليه التي قد تكون بسيطة او جوهرية لتلائم ذلك المناخ.

إن تخفيف انبعاثات الغازات المسببة لتغير المناخ في قطاع النقل تم مناقشتها في الفصل الرابع عشر حيث ينتج عن النقل تلوث أرضي يشمل الازدحام المروري، و حوادث مرور ناجمة عنه، والتلوث بالضجيج الناتج عن حركة السيارات والمركبات. كما يساهم النقل في تلويث الغلاف الجوي حيث يعد النقل البري من أهم الأسباب التي تسأهم في زيادة حدة التلوث خصوصاً السيارات التي تستخدم بشكل أساسي البنزين أو الديزل كوقود لمحركاتها وتطلق في الجو كميات كبيرة من الغازات الملوثة، وتسأهم هذه الغازات في تغير المناخ.

يوجد مجموعة من الوسائل التي يمكن أن تساعد في إجراء تحول المدن إلى النقل المستدام، حيث تم صياغة نظم نقل جديدة ذات توجه مستقبلي ومستدام لتلبية احتياجات النقل المتزايدة بالإضافة إلى تعديلات ضرورية ينبغي ادخالها على سلوكيات المواطن أيضاً. ويمكن التركيز على جانب العرض إذ أن تخطيط النقل، والتركيز على العرض ملائم للمدن التي تفتقر إلى السياسات التي تشجع على السير وركوب الدراجات العادية لكونها أحد خيارات النقل المستدام. وبالمقابل يمكن في مجال النقل المستدام التركيز على جانب الطلب بوساطة التجنب وتقليل مسافات التنقل إلى اقصى حد ممكن، ويتم تحقيق ذلك عن طريق تخطيط حضري ذكي يقلل المسافات بين المنشآت الهامة في الحياة اليومية، والتحسين بتخفيض حجم المركبة وتحسين البنية التحتية لحركة المشاة وركوب الدراجات العادية ووسائل النقل العام، كما أن الاستخدام الامثل للسيارات أصبح ضرورياً فيما يتعلق بنوعية الوقود وكفاءته والانبعاثات الصادرة عنه.

لقد تم ادخال بدائل عن المشتقات النفطية لتكون حوامل للطاقة في وسائط النقل مثل الهيدروجين في المركبات. ويدعي مؤيدوا اقتصاد الهيدروجين أن استخدام الهيدروجين كوقود للنقل سوف ينهي إنتاج أي انبعاثات ضارة من عوادم المركبات على الطرقات. بالطبع هذا صحيح بالنسبة إلى المركبة ذاتها، لكن يلزم إنتاج الهيدروجين من مصدر طاقة أولي مستدام، مثل الطاقة المتجددة، عندها لن يكون هناك إنتاج كون هناك بالطبع إنتاج لغاز ثاني أكسيد الكربون في أي مكان في سلسلة تحويل الطاقة.

إن استخدام المركبات الكهربائية، بدلاً عن المركبات التي تعمل بالديزل والبنزين في شبكات النقل العام يعد من وسائل النقل المستدام. وتستهدف الحكومات حول العالم حالياً إضافة أكثر من 30 مليون مركبة كهربائية بحلول عام 2025، مقابل حوالي مليوني مركبة موجودة في نهاية 2018. ورغم أنه يلزم إجراء المزيد من البحوث لتأكيد الاستدامة المناخية والجوانب الاقتصادية لكامل سلسلة التوريد الخاصة بالنقل بالمركبات الكهربائية، فإن التحوُّل الجاري يفرض بالفعل ضغوطاً متزايدة لتوليد طاقة نظيفة لتشغيل الأساطيل. إن الطاقة الكهربائية المحركة للمركبات يمكن تأمينها سواء من الشبكة الكهربائية العامة أو من مصادر الطاقة المتجددة. ولزيادة انتشار السيارات الكهربائية يلزم تأمين مراكز لإعادة الشحن الكهربائي لهذه السيارات.

كما يلزم تشجيع استخدام السيارات الهجينة التي تستخدم نظام دفع مكونا من محرك احتراق داخلي تقليدي، يعمل كمصدر رئيس للطاقة، على التوازي مع محرك كهربائي وبطارية تخزين. إن مجمل الطاقة المستخدمة لقيادة المركبة لاتزال تأتي من الوقود السائل (بنزين أو ديزل) المستخدم من قبل محرك الاحتراق الداخلي، لكن هذا المحرك يستخدم إما لشحن البطارية بوساطة المولدة، أو لإدارة العجلات مباشرة كما هو الحال في المركبة التقليدية، أو في بعض الحالات الدمج لكلتا الطريقتين. خلال العمل بسرعة منخفضة بخاصة عند التوقف والأقلاع خلال القيادة في مراكز المدن، يتم إيقاف محرك الاحتراق الداخلي في السيارة الهجينة، ويتم تأمين الدفع بوساطة المحرك الكهربائي باستخدام الطاقة الكهربائية المخزنة في البطارية. وعندما تصبح البطارية مفرغة يقلع محرك الاحتراق الداخلي أوتوماتيكيا ويبدأ ثانية بشحن البطارية، ويمكن أيضا أن يقدم بعض الدفع الميكانيكي مباشرة إلى العجلات عبر علبة التروس. يتم هذا النوع من العمل "التسلسلي-المتوازي" بشكل غير ملحوظ تقريباً من قبل سائق المركبة بوساطة نظام تحكم يقرر متى يتم تشغيل محرك الاحتراق الداخلي، ومتى يجب إيقافه، من دون أي تدخل من السائق.

وتم التطرق لتخفيف الانبعاثات المسببة لتغير المناخ الناتجة عن قطاع الصناعة في الفصل الخامس عشر، حيث أن الصناعة تمثل حجر الزاوية في تنمية البلاد ودعم الاقتصاد واستيعاب نسبة كبيرة من اليد العاملة من خلال خلق فرص عمل كثيرة، ليس فقط بشكل مباشر، ولكن بشكل غير مباشر ضمن السلسلة العنقودية المتكاملة ابتداءً من الزراعة، إلى تخزين المنتجات الزراعية والصناعية التي يتم إنتاجها، إلى التوزيع، إلى الصناعات المكملة مثل التعبئة والتغليف والخدمات وغيرها.

من الضروري السعي لتحقيق تنمية صناعية تلبي احتياجات المجتمع الأساسية، ولكن يجب أن تكون هذه التنمية مدروسة و غير مستنفذة للموارد بحيث تصبح قابلة للاستمرار.

وتشير الدراسات العالمية إلى أن قطاع الصناعة يعد من أكبر القطاعات المستهلكة للطاقة إذ يستهلك حوالي 50% من الكهرباء المولدة بالإضافة إلى ما يستهلكه من المنتجات النفطية والغاز. وتتصف بعض الصناعات بكثافة استخدام الطاقة مثل صناعة الحديد والصلب والألمنيوم وصناعة الأسمدة والكيماويات وصناعة الإسمنت وصناعة تكرير النفط؛ وهي صناعات تمثل ما يقارب 45% من الاستهلاك الصناعي للطاقة. وتصنف الصناعات التحويلية إلى ثلاث مجموعات هي :الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة وتشمل الصناعات الكيميائية، والمعدنية، والغذائية، وصناعة الورق، والزجاج، ومواد البناء . والصناعات منخفضة الاستهلاك للطاقة وذات القيمة المضافة العالية وتشمل صناعة وسائط النقل، والآليات الصناعية، والأجهزة الكهربائية، والحواسب الإلكترونية، والصناعات منخفضة الاستهلاك للطاقة وتتضمن صناعة النسيج، الطباعة، البلاستيك، صناعة الجلود والمنتجات الجلدية وغير ذلك.

و كثافة استخدام الطاقة في الدول العربية غير المنتجة للنفط هي اعلى منها في الدول المنتجة للنفط إذ ان كثافة الطاقة في الدول العربية غير المنتجة للنفط قد بلغت 1620 غ م ن /دولار في عام2009 مقابل 2580 غ م ن/دولار في الدول المنتجة للنفط، في حين أن هذه الكثافة كانت في عام 1998 في فرنسا 350 غ م.ن./دولار، وفي اليابان 180 غ م.ن/دولار..

وذكرت صناعة الالمنيوم وصناعة النسيج في هذا الفصل وتم التركيز على صناعة الأسمنت لأنها من الصناعات الاستراتيجية لأنها ترتبط مباشره بأعمال الانشاء والتعمير، ويستخدم الأسمنت كمادة رابطة هيدروليكية من مكونات المونه (Mortar) والخرسانة (Concrete) ، ويصنع الاسمنت تحت درجات حرارة عالية باستخدام مواد طبيعية مثل الحجارة الكلسية، الغضار، الجير الكلسي، وتختلف مواصفات الاسمنت حسب نوع الاسمنت. وتعد صناعة الاسمنت من الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة حيث يقدر الاستهلاك النوعي الوسطي لإنتاج طن من الإسمنت بنحو 100 إلى 150 كيلوغرام مكافئ نفط، حسب طريقة التصنيع المستخدمة. وتشكل تكلفة الطاقة في هذه الصناعة من 40 إلى 60% من التكلفة الكلية للإنتاج .وبلغ استهلاك إجمالي صناعة الإسمنت من الطاقة عالميا في بداية الالفية نحو 2.1 % من إجمالي الطلب على مصادر الطاقة الأولية، بينما بلغ هذا الاستهلاك في الدول العربية نحو11 % من إجمالي الطلب على الطاقة في القطاع الصناعي. تواجه صناعة الاسمنت تحديات عديدة ويقع على عاتق المصنعين مهام القيام باستنباط عمليات جديدة وتحسين طرائق الإنتاج الحالية بغية الوصول إلى الحد الأدنى من تأثير هذه الصناعة على البيئة المحيطة بالمعمل والتي قد تمتد إلى مساحات كبيره جدا إذا لم يتم اخذ الاجراءات المناسبة للحد من هذا التأثير.

كما تعد صناعة الحديد والصلب من أهم الصناعات الاستراتيجية على مستوى العالم، لما تلعبه هذه الصناعة من دور كبير في تنمية الدول، وهو ما يفسر توجه الدول لتهيئة المناخ المناسب لتحقيق المنافسة العادلة وتعظيم العائد الاقتصادي لهذه الصناعة، لذا شهدت المنطقة العربية سباق لتعظيم صناعة الحديد والصلب، ورفعت المنطقة العربية تصنيفها من بين الدول المنتجة عالمياً، حيث بلغ إجمالي إنتاج العالم العربي من الحديد والصلب نحو 30 مليون طن، تنتج مصر لوحدها نحو 8 مليون طن وفي المرتبة الثانية تأتي السعودية التي تنتج 5 مليون طن وحلت الإمارات العربية في المرتبة الثالثة في إنتاج الحديد والصلب حيث وصل إنتاجها إلى 3 ملايين طن.

ينتُج ثاني أكسيد الكربون بكميات كبيرة من المصانع التي تُنتِج الصلب، وبما أن صناعة الصلب تعتمد بشكل كبير على الحديد، فإن هذا الغاز ينتج من اختزال خامات الحديد في الفرن اللافح، ومصانع الحديد الإسفنجي، بالإضافة إلى ذلك فإنه ينتج من استخدام طاقة الوقود الأحفوري في عمليات التسخين. ويقدر الاستهلاك النوعي الوسطي العالمي للطاقة في صناعة الحديد بـ 570 كيلو غرام مكافئ نفط للطن الواحد.

بلغ الاستهلاك العالمي للطاقة في صناعة الحديد في بداية الألفية، نحو5.5 % من إجمالي الاستهلاك العالمي لمصادر الطاقة الأولية، وبلغ في الدول العربية ما يعادل 10% من استهلاك الطاقة في القطاع الصناعي في هذه الدول.

وتسأهم صناعة الحديد والصلب في تغيُّر المناخ وذلك بسبب زيادة نسبة غازات الدفيئة ومنها غازات ثاني أكسيد الكربون التي تنتج خلال عملية صناعة الصلب.

وبدأ باستخدام تقنيات جديدة في صناعة الحديد والصلب للحد من التلوث، وتعتمد هذه التقنيات على إعادة استخدام الطاقة الناتجة عن النفايات في صناعة الحديد، والصلب، والدرفلة (rolling process).

وتم ذكر عدد آخر من الصناعات كالزجاج والنفط والصناعات البتروكيميائية.

ومن المهم التركيز على ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في قطاع الصناعة بشكل عام وفي عدد من الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة بشكل خاص .وقد بينت الدراسات وتقارير التدقيق الطاقي في عدد من المنشآت الصناعية العربية وخاصة في القطاعات كثيفة الاستهلاك للطاقة تبايناً كبيرا في كثافة استهلاك الطاقة في قطاع الصناعات التحويلية من جهة وفي الاستهلاك النوعي لوحدة المنتج في صناعة ما، بالمقارنة مع المؤشرات العالمية من جهة أخرى.

ويعرف الافراط في استخدام الطاقة على أنه الاستخدام لكميات زائدة من

الطاقة دون تحسن في المردود .وتشير الدراسات إلى أن حوالي 20% من الاستخدام النهائي للطاقة في القطاع الصناعي وحده يضيع بسبب الإفراط في استخدام الطاقة تحتاج الدول العربية إلى وقفة تكاثفية لدعم المشاريع المشتركة في مجال الطاقة ينتج من خلالها إيجاد وتطبيق لعدد من التوجهات اللازمة للحد من الاستهلاك المفرط للطاقة.

يمكن تقسيم إجراءات ترشيد ورفع كفاءة الطاقة في المنشآت الصناعية في الدول العربية إلى ثلاث مجموعات حسب التكلفة وحسب الحاجة ويمكن تطبيق المجموعات الثلاث سوية.

- **المجموعة الأولى** من الإجراءات من دون تكلفة ويكون التنفيذ من خلال استخدام التجهيزات الموجودة في المنشأة بكفاءة وهذا يتطلب وعياً من قبل العاملين ويمكن اعتبارها قصيرة الأمد، فهي تتركز على عمليات القياس والتحكم والصيانة لعمليات المصنع سواء في الانظمة الحرارية من مراجل وشبكات توزيع البخار، وفي الأنظمة الكهربائية من تأمين الكهرباء وشبكة التوزيع، وفي المبرد ونظام التكييف وشبكة الهواء المضغوط وفي أنظمة الانارة.
- **أما المجموعة الثانية** فهي إجراءات ذات تكلفة منخفضة أو متوسطة وتكون باستخدام تقنيات مناسبة لرفع كفاءة العمل والعملية الإنتاجية كاستبدال المعدات القديمة بأخرى ذات كفاءة أعلى وتركيب اجهزة مراقبة كفاءة الاحتراق والعزل الجيد وتحسين عامل الحمل لتخفيض كلفة الكهرباء النوعية وتحسين عامل الاستطاعة.
- **والمجموعة الثالثة** تتضمن إجراءات ذات تكلفة عالية حيث تركز على اعتماد التقنية لتوفير استهلاك الطاقة، ويتوجب القيام بدراسة مالية وفنية دقيقة قبل اتخاذ القرار باعتماد هذه المجموعة ذات الكلفة الاستثمارية المرتفعة حيث تعتمد على استخدام التقنيات الجديدة أو ادخال تعديلات على العمليات.

ونظراً لتأثير قطاع الزراعة والحراجة واستخدام الأراضي وتأثره بتغير المناخ

لذلك أكد في الفصل السادس عشر أنه لابد من ربط هذا القطاع بالاستدامة، فظهرت الزراعة المستدامة والإدارة المستدامة للحراجة وفي استخدام الأراضي.

يمكن لتغير المناخ أن يلحق أضراراً لا يمكن إصلاحها بقاعدة الموارد الطبيعية التي تعتمد عليها الزراعة، مع ما يترتب على ذلك من عواقب وخيمة على الأمن الغذائي في البلدان النامية. بيد أن الزراعة هي القطاع الذي ينطوي على إمكانات تجعله يتحول من كونه جزءاً من مشكلة تغير المناخ ليصبح جزءاً أساسياً من حلّ هذه المسألة، شريطة أن تكون هناك رؤية أكثر شمولاً للأمن الغذائي، والتكيف مع تغير المناخ والتخفيف من آثاره، فضلاً عن مسأهمة الزراعة في عملية التنمية التي تخدم مصالح الفقراء. وما يلزم هو تحول سريع وذو شأن بعيداً عن الإنتاج الزراعي التقليدي الوحيد الثقافة الذي يعتمد إلى حد بعيد على المدخلات الخارجية، والاتجاه نحو مجموعة متنوعة من نظم الإنتاج المستدام التي تحسّن أيضاً وإلى حد كبير إنتاجية صغار المزارعين غير أن التحول المطلوب هو أمر أساسي أكثر بكثير من مجرد إجراء تعديل طفيف للنظم الصناعية الزراعية القائمة.

يلزم دمج الزراعة المستدامة في السياسة القومية والدولية على حد سواء. وبما أن زيادة تقلبات الطقس والصدمات المناخية ستؤثر سلباً على إنتاجية المحاصيل الزراعية، لذلك يلزم اتخاذ إجراء عاجل لدفع التغير في أنظمة الإنتاج الزراعي نحو زيادة درجة المرونة. ويتم الحد من الانبعاثات وحبس مزيد من الكربون من خلال الأرض القابلة للزراعة، وتوفير مزيد من الأراضي لزراعة المحاصيل والغابات، ووقف خسائر التنوع الإحيائي والملقحات، واستعادة موارد المياه العذبة العالمية.

ونظراً للدور الإيجابي للغابات يطلب إدارة الغابات وفقاً لمبادئ التنمية المستدامة. والانتفاع بالغابات بطريقة تخضع للإدارة؛ كأن تنمو كميات من الأخشاب تفوق ما تم قطعه على مدار العام. الإدارة المستدامة للغابات تُحقق فوائد متكاملة للجميع تتراوح بين حماية سبل العيش المحلية وحماية التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية التي توفرها الغابات والحد من الفقر في مناطق وجود الغابات والتخفيف من بعض آثار تغير المناخ. ويتعين على مديري الغابات تقدير ودمج مجموعة واسعة

من العوامل المتضاربة أحيانًا -القيمة التجارية وغير التجارية، والاعتبارات البيئية، واحتياجات المجتمع في عملية الادارة.

إن لبعض خيارات تدابير الاستجابة لتغير المناخ عند إدارة استخدام الأراضي تأثيراً مباشراً مثل حفظ النظم الإيكولوجية ذات المحتوى الكربوني المرتفع من قبيل الأراضي الرطبة، وأراضي الرعي، بينما تستغرق خيارات أخرى عقوداً لتحقق نتائج يمكن قياسها مثل زراعة الغابات وإعادة زراعة الغابات فضلا عن ترميم النظم الإيكولوجية ذات المحتوى الكربوني المرتفع، والزراعة الحراجية، واستصلاح التربة المتدهورة.

خصص الفصل السابع عشر من الكتاب لموضوع تقليل الانبعاثات المسببة لتغير المناخ في قطاع النفايات (النفايات الصلبة والسائلة)، حيث يرافق عملية جمع النفايات الصلبة وفرزها إصدار كمية غير كبيرة من غازات الدفيئة وكذلك عملية النقل مادامت مسافات النقل غير كبيرة. والنسبة الأعظم من غازات الدفيئة تنتج عن عملية معالجة النفايات الصلبة، بيد أن أساليب معالجة النفايات تختلف في إنتاجها لغازات الدفيئة.

إن الإدارة البيئية السليمة للنفايات الصلبة تبدأ بتقليل إنتاج النفايات من المصدر ويليها إعادة استخدام النفايات كلما أمكن ذلك وبعدها تدوير النفايات وتطبيق أسلوب المعالجة الميكانيكية الحيوية. حيث يعاد تدوير النفايات الجافة في صناعة نفس المادة (الورق، الزجاج، الحديد) أما النفايات الرطبة العضوية فتحول بأسلوب هوائي إلى محسنات تربة (كمبوست) أو لاهوائيا إلى ميثان يتم جمعه والاستفادة منه كمصدر للطاقة، ويمكن بدلاً من المعالجة الحيوية للنفايات العضوية اللجوء إلى الترميد مع استرجاع الطاقة الكامنة في غازات العادم الناتجة عن الترميد.

تعتبر مطامر النفايات مصدرا مهمًا لانبعاثات غازات الدفيئة، ويمكن بصفة خاصة التقاط الغاز الحيوي. واسترجاع الغاز الحيوي من مطامر النفايات ليس مفيدًا للبيئة فقط كونه يساعد في التخفيف من تغير المناخ، ولكنه يعد مصدراً للطاقة. يشمل تطبيق غاز المطامر LFG الاستخدام المباشر في المراجل والاستخدامات

الحرارية في الأفران (كالإسمنت والفخار والقرميد)، ومجففات الحمأة، وتبخير عصارة المكبات، وتوليد الكهرباء.

وبما أنه ما زالت تستخدم مكبات عشوائية للتخلص من نفايات العديد من التجمعات السكانية في الدول النامية، هذه المكبات التي تبقى كبؤرة تلوث خطرة على تلك التجمعات مالم يتم اغلاقها وتأهيلها بما يضمن وقف مخاطر التلوث، وعملية الاغلاق لا تعني التخلي عنها ونسيانها وانما هناك ضرورة قصوى لوضع خطط محكمة لمرحلة ما بعد الاغلاق، باعتبار ان عمليات تحلل المادة العضوية تبقى قائمة لعقود من الزمن، وبالتالي تبقى الخطورة قائمة، الامر الذي يستدعي معه وجود التخطيط المناسب والكافي، و الطويل الأجل الذي يضمن وجود برنامج مراقبة وصيانة دائمين للمكب.

تأتي أهمية إعادة تأهيل المكبات العشوائية من كونها موجهة لتحسين الوضع البيئي لمناطق المكبات، كما أن ذلك يعني بالضرورة إعادة المساحات التي شُغلت من قبل تلك المكبات لزمن طويل إلى سابق عهدها لتلغي بذلك فوات المنفعة الحاصل من تغيير في استخدامات الأراضي، وذلك من خلال خطة تأهيل مبنية على دراسة معمقة لوضعها، حيث تكون الحلول المقترحة متوافقة مع حالة النفايات وطبيعتها إضافة إلى خصوصية كل منطقة.

إن استخدام المحتوى المعاد تدويره في المنتجات بدلاً من المواد الجديدة يؤدي إلى تقليل انبعاثات غازات الدفيئة خلال دورة حياة المنتج. ومن الأمثلة البسيطة على إعادة استخدام المنتج نذكر إعادة استعمال الأكياس والحقائب الفارغة، والقناني الزجاجية التي يمكن إعادة تعبئتها مرة أخرى كزجاجات المشروبات الغازية بعد غسلها وتعقيمها.

وبخصوص النفايات السائلة فإن معالجتها في محطات معالجة مياه الصرف (WWTPs) يترافق مع تحويل الملوثات الموجودة في مياه الصرف إلى رواسب (حمأة) وغازات تنطلق في الهواء ومنها غازات ثاني أكسيد الكربون (CO_2)

وأكسيد النتروز (N_2O)، تنتج محطات معالجة مياه الصرف الصحي مباشرة ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وأكسيد النتروز (N_2O) والميثان (CH_4) نتيجة لإجراءات المعالجة وتسأهم بشكل إضافي في انبعاثات CO_2 و CH_4 من خلال استهلاك الطاقة اللازمة لتشغيل المحطة.

واصبح استهلاك الطاقة وانبعاثات غازات الدفيئة (GHG) من بين الجوانب التي أصبحت من العوامل الرئيسية المتعلقة بالأداء العام لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي. يمكن تقليل ثاني أكسيد الكربون المنبعث بسبب الطلب على الطاقة بشكل مباشر من خلال تعزيز كفاءة الطاقة energy efficiency في محطات معالجة مياه الصرف الصحي، وبهذه الطريقة يمكن الحد من التأثيرات البيئية وتقليل تكاليف المعالجة ويمكن تقليل انبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن عملية المعالجة لمياه الصرف دون تدهور جودة مياه الصرف المعالجة بتنفيذ استراتيجيات تحكم محددة.

في معظم محطات معالجة مياه الصرف الصحي المتوسطة والكبيرة التي تستخدم أنظمة الحمأة المنشطة للمعالجة الثانوية، تمثل تهوية مياه الصرف في محطة المعالجة عادةً ما يقرب من (50–60 %) من إجمالي استهلاك الكهرباء، تليها معالجة الحمأة (15–25 %)، أما الترسيب الثانوي بما في ذلك مضخات إعادة التدوير فيمثل (15 %).

تتراوح القيم المبلغ عنها لانبعاثات غازات الدفيئة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي التقليدية بالحمأة المنشطة مع إزالة المغذيات من(0.9 إلى 2.2 $(kgCO_2e/m^3)$. من بين غازات الدفيئة الناتجة عن محطات معالجة مياه الصرف الصحي يعد أكسيد النتروز الناتج عن عملية النترجة ونزع النتروجين من مياه الصرف من أكثر غازات الدفيئة مقدرة في الاحتباس الحراري، لذلك من المهم التركيز على تقليل انبعاثات أكسيد النتروز في عملية المعالجة لمياه الصرف .

فيما يتعلق بانبعاثات الميثان CH_4، لقد تبين أنّ المصادر الرئيسية للميثان

مرتبطة بوحدات خط الحمأة التي تتم فيها عملية الهضم اللاهوائي anaerobic digestion، ومكثف الحمأة الأولي، والطرد المركزي، وغاز العادم لمحطة التوليد المشترك، وخزان عازل للحمأة المهضومة، وخزان تخزين الحمأة المنزوعة الماء. تسأهم هذه الوحدات في حوالي 72% من انبعاثات غاز الميثان من محطات معالجة مياه الصرف الصحي بينما تأتي الانبعاثات المتبقية من المفاعلات البيولوجية ويمكن أن تُعزى بشكل أساسي إلى غاز الميثان المنحل في مياه الصرف الذي لا يتم إزالته بالكامل بواسطة المعالجة البيولوجية.

فيما يتعلق بغاز ثاني أكسيد الكربون، يتم في التيار الرئيسي لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي دمج الكربون العضوي لمياه الصرف إما في الكتلة الاحيائية أو يتأكسد إلى ثاني أكسيد الكربون، وفي خط الحمأة يتم تحويله بشكل أساسي إلى CO_2 وCH_4 أثناء الهضم اللاهوائي، وأخيراً يتأكسد الميثان إلى CO_2 أثناء احتراق الغاز الحيوي.

أما التوقعات المستقبلية لتغير المناخ فتم التطرق لها في الفصل الثامن عشر، وبما أنه تم تحديد انبعاثات غازات الدفيئة التي ينتجها الإنسان من قبل الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ والغالبية العظمى من علماء المناخ باعتبارها المحرك الرئيسي لتغير المناخ، لذلك فتوقعات تغير المناخ تتصل بالفعاليات البشرية التي تصدر انبعاثات غازات الدفيئة.

من المتوقع أن تتزايد شدة المخاطر، ومن بينها المخاطر المتلاحقة، مع تزايد درجات الحرارة. فعند بلوغ الاحترار العالمي حوالي 1.5 درجة مئوية من المتوقع أن تكون المخاطر من جراء شح المياه في الأراضي الجافة، وأضرار حرائق الغابات، وتدهور التربة الصقيعية، وعدم استقرار الإمدادات الغذائية عال. أما عند بلوغ الاحترار العالمي حوالي درجتين مئويتين فمن المتوقع أن تكون المخاطر من جراء تدهور التربة الصقيعية وعدم استقرار الإمدادات الغذائية عالية جداً.

وإضافة إلى ذلك، عند بلوغ الاحترار العالمي حوالي 3 درجات مئوية من المتوقع

أن تكون المخاطر من جراء فقدان الغطاء النباتي، وأضرار حرائق الغابات، وشح المياه في الأراضي الجافة عالية جدا. وتزيد في آن واحد بين الاحترار البالغ 1.5 درجة مئوية والاحترار البالغ 3 درجات مئوية المخاطر من جراء حالات الجفاف، والإجهاد المائي، والظواهر المرتبطة بالحرارة من قبيل موجات الحر، وتدهور الموائل.

ومن المتوقع أن يقل استقرار الإمدادات الغذائية مع تزايد حجم وتواتر ظواهر الطقس المتطرفة التي تسبب خللًا في السلاسل الغذائية . كما أن زيادة مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي قد تؤدي إلى انخفاض النوعية التغذوية للمحاصيل . وفي المسار SSP2، تتوقع النماذج المحصولية والاقتصادية العالمية حدوث زيادة متوسطة نسبتها 7.6 % يتراوح النطاق بين (1 % و 23 %) في أسعار الحبوب في عام 2050 نتيجة لتغيّر المناخ (مسار التركيز النموذجي 6.0، مما يؤدي إلى ارتفاع أسعار الأغذية وزيادة مخاطر عدم الأمن الغذائي والجوع. وسيكون تأثُّر أضعف الناس بذلك أشد من غيرهم.

وفي الأراضي الجافة، من المتوقع أن يؤدي تغيّر المناخ والتصحر إلى حدوث انخفاضات في إنتاجية المحاصيل والماشية، وتعديل مزيج أنواع النباتات، والحد من التنوع الأحيائي. وفي إطار المسار SSP2، من المتوقع أن يبلغ عدد سكان الأراضي الجافة المعرّضون للإجهاد المائي، وشدة الجفاف، وتدهور الموائل 178 مليوناً بحلول عام 2050 عند بلوغ الاحترار1.5 درجة مئوية، وهو عدد يرتفع إلى 220 مليوناً عند بلوغ الاحترار درجتين مئويتين، وإلى 277 مليوناً عند بلوغ الاحترار 3 درجات مئوية (ثقة منخفضة).

كما يتوقع أن يؤدي تدهور الأراضي الناجم عن مزيج من ارتفاع مستوى سطح البحر واشتداد الأعاصير إلى تعريض الأرواح وسُبل العيش للخطر في المناطق المعرّضة للأعاصير. وبين السكان، فإن النساء وصغار السن والمسنين والفقراء هم الأكثر تعرضاً للمخاطر.

وقد تؤدي التغيرات في المناخ إلى زيادة الهجرة البيئية داخل البلدان وعبر

الحدود على حد سواء، مما يعكس العوامل الدافعة المتعددة للتنقل وكذلك تدابير التكيف المتاحة. وقد تؤدي ظواهر الطقس والمناخ المتطرفة إلى زيادة النزوح، وإحداث اضطراب في السلاسل الغذائية، وتهديد سُبل العيش، وقد تسهم في عوامل الإجهاد المسببة للنزاعات .

وقد أدت الإدارة غير المستدامة للأراضي إلى آثار اقتصادية سلبية. ومن المتوقع أن يؤدي تغيّر المناخ إلى تفاقم هذه الآثار الاقتصادية السلبية .

وبما أن غاز ثاني أكسيد الكربون هو الغاز الأكثر اصدارا من بين هذه الغازات، والذي ينبعث من استعمال الوقود الأحفوري، لذلك فإن التوقعات المستقبلية بتغير المناخ تتصل باستهلاك الطاقة وبشكل أساسي باستهلاك الوقود الأحفوري.

لذلك فإن سيناريوهات تغير المناخ ربطت توقعات تغير المناخ باستهلاك الطاقة وبشكل أساسي بالاستعمال المستقبلي للوقود الأحفوري.

ولقد قامت بعض الجهات والمؤسسات الحكومية ومن بينها الوكالة الدولية للطاقة IEA خلال السنين القليلة الماضية بأبحاث ودراسات حول مستقبل استهلاك الطاقة العالمية خلال القرن الحادي والعشرين، وعرضوا مسارات محتملة للتحولات البيئية والاقتصادية، حيث توقع تقرير الوكالة الدولية للطاقة الصادر بعنوان «استشراف الطاقة العالمية WORLD ENERGY OUTLOOK» أحد المسارات الثلاثة التالية لاستهلاك الطاقة حتى 2050:

1- **مسار الخطط (السياسات) الجديدة** NEW POLICIES SCENARIOS **ويدعى أيضا المسار المركزي** : حيث تم تبني دول العالم منتصف العام 2014 خططا وسياسات لتطبيقها حتى عام 2050، ويتوقع عند ذلك التاريخ جدوث الأوضاع التالية:

- سيكون استهلاك الطاقة الأولية موزعا بالتساوي بين الفحم والنفط والغاز الطبيعي والطاقة المتجددة.

- سيبلغ اجمالي استهلاك الطاقة الأولية حوالي 799 اكساجول.
- ستزداد انبعاثات CO_2 بحوالي 20% مقارنة مع انبعاثات عام 2014.
- ستزداد درجة الحرارة العالمية خلال القرن الحالي بحوالي 4 درجات مئوية، مقارنة مع عام 1750.

2 - **مسار الخطط (السياسات) الحالية** CURRENT POLICIES SCENARIO : يفترض استمرار أنماط استهلاك الطاقة التي كانت سائدة في عام 2010 دون اتخاذ اية إجراءات إضافية ويتوقع المسار التحولات التالية بحلول 2050:

- استهلاك الطاقة الأولية سيصل إلى 910اكساجول.
- ستزداد درجة الحرارة العالمية خلال القرن الحالي بحوالي 6 درجات مئوية مقارنة مع عام 1750.

3 - **مسار** 450، scenario450 : يتوافق هذا المسار مع ضبط ازدياد درجة الحرارة العالمية (باحتمال 5%) تحت 2 درجة مئوية خلال القرن الحالي مقارنة مع عام 1750. مع توقع استقرار تركيز ثاني أكسيد الكربون في طبقة التربوسفير على حوالي 450 جزء في المليون.

نشرت الوكالة الدولية للطاقة في عام 2014 تقريرا بعنوان «منظورات تقنيات الطاقة – استغلال الطاقة الكهربائية» أكدت فيه على الخطوات التالية:

- استعمال موارد الطاقة منخفضة الكربون
- تعزيز دور الطاقة الشمسية والغاز الطبيعي
- تخزين الطاقة المتجددة

وقد توقع هذا التقرير ثلاثة مسارات محتملة حسب الزيادة في درجة الحرارة العالمية مقارنة مع عام 1750، وهي:

- **مسار 2 درجة مئوية (2DS) : (يتوافق مع مسار 450):**

- انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عام 2050 لاتتجاوز 15 جيجا طن.
- ازدياد درجة الحرارة العالمية خلال القرن الحالي حوالي 2 درجة مئوية مقارنة مع عام 1750.

- **أما مسار 4 درجة مئوية (4DS) : (يتوافق مع مسار الخطط الجديدة):**

- تفعيل الالتزامات الحديثة التي أقرتها معظم الدول لإنقاص انبعاثاتها على المدى البعيد، وتحسين مردود الطاقة.
- ازدياد درجة الحرارة العالمية خلال القرن الحالي حوالي 4 درجة مئوية مقارنة مع عام 1750.

- **ووفق مسار 6 درجة مئوية (6DS): (يتوافق مع مسار الخطط الحالية)**

استهلاك الطاقة العالمية الإجمالي سيبلغ عام 2050 حوالي 1012 إكسا جول، انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في عام 2050 لاتتجاوز 15 جيجا طن.

- ازدياد درجة الحرارة العالمية خلال القرن الحالي حوالي 6 درجة مئوية مقارنة مع عام 1750.

من المتوقع أن يبلغ الانقاص الإجمالي التراكمي لانبعاثات مكافىء ثاني أكسيد الكربون المطلوب حسب مسار 2 درجة مئوية مقارنة مع مسار 6 درجة مئوية خلال الفترة 2014 – 2050 حوالي 738 جيجا طن. وهذا يمكن تحقيقه من خلال تقنيات مبتكرة في المجالات التالية (% من الأنقاص الإجمالي): الطاقة الكهربائية 40 %، الصناعة 21 %، النقل 19 %، المباني12 %، أخرى 8 %.

و تظهر التغيُّرات العامة في درجات الحرارة في نهاية القرن الحادي والعشرين على مستوى المنطقة العربية ارتفاعاً يتراوح بين 1 درجة مئوية و3 درجات مئوية

بالنسبة لمسار التركيز التمثيلي4.5 ، وبين درجتين و 5 درجات مئوية بالنسبة لمسار التركيز التمثيلي. 8.5 والمناطق التي تسجل معدل الارتفاع الأعلى هي في الصحراء الكبرى شمالي وشرقي أفريقيا، بما في ذلك المغرب وموريتانيا.

والجدير بالذكر أن إشارات ارتفاع درجات الحرارة على طول السواحل الغربية في اليمن والمملكة العربية السعودية في إطار مسار التركيز التمثيلي 8.5 أقوى من تلك المسجلة في سياق مسار التركيز التمثيلي 4.5 مقارنة مع باقي أنحاء شبه الجزيرة العربية.

توقعات هطول الأمطار غير مؤكدة أكثر من توقعات درجات الحرارة وتبدي اعتماداً مكانياً وموسمياً أعلى من توقعات درجات الحرارة. حيث من المحتمل جداً حدوث انخفاض في متوسط هطول الأمطار السنوي فوق منطقة البحر الأبيض المتوسط بشمال إفريقيا في منتصف وأواخر القرن الحادي والعشرين وفق المسار RCP8.5. وتبين أن ارتفاع درجة حرارة المناخ يكون أقوى في الصيف، وتوقع انخفاض مجموع هطول الأمطار السنوي في غالبية البلدان، إلى جانب متوسط زيادة في التبخر. ستؤدي الزيادات في درجات الحرارة، إلى جانب الانخفاض الكبير في هطول الأمطار و زيادة التبخر، إلى إجهاد موارد المياه بشدة.

يظهر السيناريوهان تراجعاً في معدل الهطولات الشهري تتراوح ما بين 8 و 10ملم في المناطق الساحلية المشمولة في النطاق، لا سيما في محيط جبال الأطلس غرباً، وفي أعلى أحواض نهريْ دجلة والفرات شرقاً.

في جميع أنحاء منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، كان 60 مليون شخص يسكنون المناطق الساحلية في عام 2010، وهو عدد السكان الذي توقع البنك الدولي أن يرتفع إلى 100 مليون بحلول عام 2030. نتيجة لذلك، من المتوقع أن يتأثر سكان منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا بشكل كبير بارتفاع مستوى سطح البحر الناجم عن تغير المناخ.

وحذر تقرير للوكالة الأوروبية للبيئة بأن المناطق الساحلية في البحر الأبيض

المتوسط هي بالتحديد عرضة للتأثر بازدياد خطر الفيضان من جراء ارتفاع منسوب مياه البحر واحتمال ازدياد المد العاصفي. وحسب البنك الدولي، قد يؤثر ارتفاع منسوب سطح البحر على 43 مدينة ساحلية منها 24 مدينة في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا .

تمثل إحدى نتائج ارتفاع مستوى سطح البحر في فقدان الأراضي الرطبة الساحلية، وهي مورد طبيعي مسؤول عن خدمات النظام الإيكولوجي مثل مقاومة العواصف والحفاظ على جودة المياه وعزل الكربون. تتنبأ دراسة أجراها البنك الدولي أن منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا ستفقد أكثر من 90 % من أراضيها الرطبة الساحلية وأراضيها العذبة إذا حدث ارتفاع في مستوى سطح البحر بمقدار متر واحد.

في شمال إفريقيا، من المتوقع أن تتأثر مصر أكثر من غيرها بالتغيرات في مستوى سطح البحر.

ثلث دلتا النيل وأجزاء كبيرة من الإسكندرية، تقع تحت مستوى سطح البحر العالمي. تم تجفيف هذه المناطق للأغراض الزراعية وخضعت للتنمية الحضرية، حيث يتم منع الفيضانات بواسطة الجدران البحرية والسدود. ومع ذلك، يمكن أن تؤدي حالات الفشل التي تحدث في هذه الهياكل وعرام العواصف والظواهر الجوية المتطرفة إلى غمر هذه المناطق في المستقبل إذا استمرت مستويات سطح البحر في الارتفاع. تتعرض المناطق الزراعية في مصر للخطر بشكل خاص، حيث يؤدي ارتفاع مستوى سطح البحر بمقدار متر واحد إلى غمر 12-15 % من إجمالي الأراضي الزراعية في البلاد. وتشير التقديرات إلى أن هذا يؤدي إلى نزوح 6.7 مليون شخص في مصر ويؤثر على ملايين آخرين ممن يعتمدون على الزراعة للحصول على دخل. من المتوقع أن تؤدي زيادة بمقدار 50 سم في مستوى سطح البحر إلى تشريد 2 مليون شخص وتسبب 35 مليار دولار أمريكي من الأضرار.

وخصص الفصل التاسع عشر للتوصيات من أجل تنمية مستدامة خالية من الكربون تقلل من مخاطر تغير المناخ، حيث بين ضرورة التزام البلدان مرتفعة

الدخل وبلدان الاقتصادات الصاعدة (كالصين والهند وجنوب أفريقيا) بتخفيض صافٍ الانبعاثات الغازية إلى مستوى الصفر قبل عام 2100، وأن تحد من انبعاثاتها الكربونية الناتجة عن إنتاج الكهرباء بحلول منتصف القرن الحالي، والدول النامية لديها زمن أطول من ذلك.

ومن الضروري استبدال استعمال الوقود الأحفوري في إنتاج الكهرباء بوسائل أخرى منخفضة الكربون من شأنه أن يخفض الانبعاثات المسببة للاحتباس الحراري بنسبة كبيرة في القطاعات التي تتطلب استخداماً كثيفاً للطاقة، كالنقل والبناء والصناعة. وقد أصبحت التكنولوجيات الحديثة، كالسيارات الكهربائية والسيارات الهجينة، والمواقد الكهربائية، والمضخات الحرارية، والأفران الكهربائية، أكثر كفاءة في استخدام الطاقة مقارنة بالبدائل الأخرى المستخدمة للوقود الأحفوري، وستؤدي إلى خفض الانبعاثات عند استخدامها للكهرباء النظيفة.

ويلزم تعزيز كفاءة استخدام الطاقة لأنها تسأهم في الحد من الانبعاثات الغازية، وتسهل إنتاج الكهرباء، وتخفض قيمة فاتورة استهلاك الطاقة . ويتيح تعزيز كفاءة استخدام الطاقة فرصا كبيرة لقطاعات البناء والنقل والصناعة. وفي قطاع الزراعة والحراجة واستخدام الأراضي، يساهم تحقيق كفاءة استخدام الطاقة في الحد من الفاقد والهدر في المواد الغذائية، وزيادة إمدادات المنتجات الأقل كثافة للانبعاثات الغازية، كما يساهم في تغيير الطلب على المواد الغذائية. والتوجه نحو المنتجات الغذائية المنخفضة الكربون يساهم بشكل أكثر في الحد من التغيرات المناخية.

ومن الضروري تحسين إدارة المناطق الطبيعية للمساعدة في زيادة قدرة بالوعات الكربون، من خلال إعادة زراعة الغابات أو تحسين إدارة التربة. وتحديد الأولويات من قبل واضعي السياسات بناء على الجهود الرامية لخفض صافٍ الانبعاثات الغازية إلى الصفر مع وضوح الهدف النهائي. إن الطريق الأسهل هو القيام بإجراءات هامشية منخفضة التكلفة وسهلة التنفيذ، لكن ذلك يتيح إمكانات محدودة (كتحسين كفاءة استخدام الطاقة في مصافٍ النفط مدة خمس سنوات). ويمكن اتخاذ إجراءات أكثر طموحا - كالاستثمار في شبكات المترو والقطارات والمجاري المائية - ذات تكلفة أعلى

ويستغرق تنفيذها وقتا أطول يصل إلى عشر سنوات. ويلزم النظر ليس فقط إلى الاجراءات الأقل تكلفة للحد من الانبعاثات، ولكن أيضا للخيارات الأكثر تكلفة المطلوبة للوصول بمستوى الانبعاثات الكربونية إلى الصفر. ولتفادي الوقوع في شرك الأنشطة كثيفة الانبعاثات الكربونية والندم على ذلك في غضون بضعة عقود، يمكن على مستوى المنطقة العربية استخدام أهداف قطاعية قصيرة الأجل لتحفيز التقدم ورصد جهود الحد من الانبعاثات الكربونية. ومن شأن القيام بذلك ضمان تحقيق القدر المناسب من تخفيضات الانبعاثات في الأمد القصير، ولكن أيضا أن تكون نوعية هذه الاجراءات التخفيفية مناسبة، مما يعني أنها تضع البلد على مسار فعال من حيث التكلفة نحو الحد من الانبعاثات الكربونية.

يلزم التخطيط المسبق للنمو وتحقيق التنمية مع أخذ بصمتها الكربونية بعين الاعتبار. و العمل على ما يتيح منافع مشتركة ويحقق التضافرِ وستستغرق بعض إجراءات التخفيف وقتا طويلا لتحقيق المنافع المرجوة منها، مثل إقامة بنية تحتية للنقل النظيف، وتطوير تكنولوجيات جديدة. وفي هذه الحالات، ينبغي تنفيذ الاجراءات الضرورية للوصول إلى الهدف النهائي المتعلق بالحد من الانبعاثات الكربونية بشكل كامل.

ويفضل تسريع تحرك الحكومات لأن تكاليف تغير المناخ سترتفع ارتفاعا كبيرا أمام الأجيال المقبلة كلما طال تأخير اتخاذ ما يلزم من إجراءات.

وللمساعدة في وضع البلدان على مسار سلس ومنظم نحو الحد من انبعاثات الكربون في عملية التنمية يطلب:

- التخطيط لتحقيق الهدف النهائي بدلا من المعالم قصيرة الأجل حيث يمكن للحكومات اتخاذ خيارات مسبقة تضع الأسس اللازمة للتنمية في المستقبل وتتفادى الوقوع في شرك أنماط التنمية والاستثمارات المضرة التي يمكن أن تصبح عديمة الجدوى في عالم تخضع فيه انبعاثات الكربون للقيود. فعلى سبيل المثال، يشكل تصميم المدن بحيث تتضمن وسائل نقل عام جزءاً مهماً من التخطيط من

أجل المستقبل في البلدان التي تتصف بالتوسّع العمراني. كما يكتسي الاستثمار في البحوث والتكنولوجيات التي سيحتاج إليها العالم في العشرين أو الخمسين عاما المقبلة أهمية بالغة على مستوى العالم.

- إنجاز تحولات هيكلية ومكانية للاقتصاد، وعلى الصعيد الفني، خفض صافي الانبعاثات إلى الصفر أمر ممكن التحقيق في إطار النمو الاقتصادي القوي وجيد التخطيط الذي يؤكد على أربعة عناصر:

يبدأ العمل بالتحول من الاعتماد على الوقود الأحفوري لتوليد الكهرباء إلى استخدام الطاقة النظيفة التي تحد من الكربون في إنتاج الكهرباء. ومع زيادة كميات الطاقة النظيفة، يمكن حينئذ أن يؤدي التحول الهائل في التزويد بالكهرباء إلى زيادة فرص الحصول على الطاقة النظيفة واستبدال أنواع الوقود الملوثة. والعنصر الثاني يتمثل بزيادة كفاءة استخدام الطاقة التي تساعد في الحد من الطلب. والعنصر الثالث الحفاظ على سلامة بالوعات الكربون الطبيعية من خلال تحسين الإدارة الرشيدة للغابات والأراضي، وهذا من شأنه المساعدة على معادلة الانبعاثات المتبقية عبر امتصاص الكربون وتخزينه. ويتمثل العنصر الأخير في تحويل الاستثمارات وأساليب التفكير باتجاه النمو منخفض الكربون، وذلك بتحديد التكاليف الحقيقية للانبعاثات في إطار مجموعة شاملة من السياسات تتيح حوافز لضمان تنفيذ خطط النمو منخفض الكربون وتمويل المشاريع.

ويعالج تسعير الكربون من خلال تطبيق ضرائب الكربون أو أنظمة الحدود القصوى على الانبعاثات. ويمثل ذلك وسيلة تتسم بالكفاءة لزيادة الإيرادات، ويشجع في الوقت نفسه على تخفيض الانبعاثات، ويمكن إدارتها بسهولة، ويصعب التهرب منها مقارنة بالضرائب الأخرى. ويُعد تسعير الكربون عنصرا مهما، لكنه غير كاف في حد ذاته ما لم تتخذ الحكومات سياسات تكميلية. ويمكن أن تتضمن مجموعة السياسات التكميلية التي تضمن تقديم حوافز من أجل تطوير تكنولوجيات خضراء ونشرها على نطاق واسع، مثل معايير الأداء المتعلقة بكفاءة استخدام الطاقة، وتقديم خصومات على السيارات الأكثر كفاءة في استخدام الوقود، ومعايير حوافظ

الطاقة المتجددة التي تلزم منتجي الكهرباء بتوليد نسبة مئوية محددة من إنتاجهم من مصادر متجددة، وتتيح جميعها حوافز من أجل الخيارات منخفضة الكربون.

كما يمكن لواضعي السياسات كذلك خفض الرسوم المفروضة على السلع منخفضة الكربون كألواح الطاقة الشمسية والمصابيح الموفرة للطاقة.

وعلى مستوى المنطقة العربية نوصي:

- بإنشاء مركز معرفة أقليمي لتغير المناخ في المنطقة العربية يعزز آلية إقليمية لتبادل المعرفة.
- تنظيم حلقات عمل إقليمية لدعم بناء قدرات صانعي السياسات والمفاوضين العرب حول تغير المناخ.
- انشاء برامج أقليمية للتكيف والحد من تغيرات المناخ.
- إنشاء آلية تنسيق بين مختلف الجهات التابعة لجامعة الدول العربية التي تختص بموضوعات تتعلق بتغير المناخ.
- تعزيز المرونة والقدرة على الصمود في مواجهة الأخطار المرتبطة بالمناخ والكوارث الطبيعية في جميع البلدان العربية، وتعزيز القدرة على التكيف مع تلك الأخطار.
- إدماج الاجراءات المتعلقة بتغير المناخ في السياسات والاستراتيجيات والتخطيط على الصعيد الوطني وتحسين التعليم وإذكاء الوعي والقدرات البشرية والمؤسسية للتخفيف من تغير المناخ، والتكيف معه، والحد من أثره والإنذار المبكر به.
- دعم التواصل بين الدول العربية وصندوق المناخ الأخضر لتنفيذ مشروعات التكيف والتخفيف.
- نقل التكنولوجيا وتوطينها لمساعدة الدول العربية في التصدي للتغير المناخي وبناء القدرات.
- زيادة الاهتمام بالأمن المائي والأمن الغذائي في الدول العربية.

تغير المناخ
والتنمية المستدامة

مـــدخـــــل

يعتبر تغير المناخ قضية بيئية هامة وحقيقة علمية ومشكلة عالمية طويلة الأجل، تنطوي على تفاعلات معقدة لها تداعيات اقتصاديه واجتماعية، وبيئية وسياسية. ويعزى السبب لظاهرة تغير المناخ المستمرة إلى النشاط البشري وسوء استغلاله للموارد الطبيعية المتاحة إضافة إلى الأسباب الطبيعية. كما سأهم تسابق دول الشمال والدول الصناعية للسيطرة على الأسواق والموارد الطبيعية المحدودة في زيادة انبعاثات غازات الدفيئة والتسبب في تغير المناخ. بينت الدراسات المناخية الحديثة أن متوسط درجات الحرارة العالمي للهواء السطحي زادت وكذلك عدد موجات الحرارة، وشدة الأحداث المتطرفة في مناطق مختلفة من العالم، ومنها المنطقة العربية. ونتج عن التغير المناخي تهديد للتنمية المستدامة في دول الجنوب الفقيرة أكثر منه في دول الشمال الغنية بالرغم من كونها لا تسأهم بنسبة كبيرة من إجمالي انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، ويعود ذلك إلى هشاشة اقتصاديات هذه البلدان في مواجهة آثار التغيرات المناخية وضعف إمكانيات التكيف لديها. من جهة أخرى.

إن تغير المناخ هو تهديد من التهديدات التي شاء القدر أن نواجهها لا إحدى حقائق الحياة التي حتَّمها القدر علينا. وفي وسعنا أن نختار بين مواجهة هذا التهديد ومحوه من الوجود، أو تركه على حاله ليتحول إلى أزمة كاملة تأتي على جهود الحد من الفقر وتطال أجيال المستقبل.

لا يمكن معالجة قضية تغير المناخ في منأى عن مبادئ التنمية المستدامة، لذلك يجب إعطاء الأولوية عند صنع السياسات التنموية في البلدان النامية إلى

التقليل من مستوى الفقر وتشجيع النمو الاقتصادي، وعليه فإن، خيار التخفيف أو التكيف مع ظاهرة تغير المناخ يمكن أن يقدم لهذه البلدان فرصة جوهرية من أجل مراجعة الاستراتجيات التنموية بوجهة نظر مختلفة، فالتحدي الذي تواجهه هذه البلدان هو ضمان أن الجهود المبذولة ستعمل على مواجهة المشاكل البيئية بما فيها تغير المناخ وتسأهم في تحقيق تنمية مستدامة. ويتطلب تحقيق التنمية المستدامة تغييرا تكنولوجيا مستمرا في البلدان الصناعية للحد من انبعاث الغازات المسببة لتغير مناخ الأرض، والتحسين التكنولوجي أمر هام في التوفيق بين أهداف التنمية وقيود البيئة.

الفصل الأول

بنية الغلاف الجوي ومكوناته



الفصل الأول

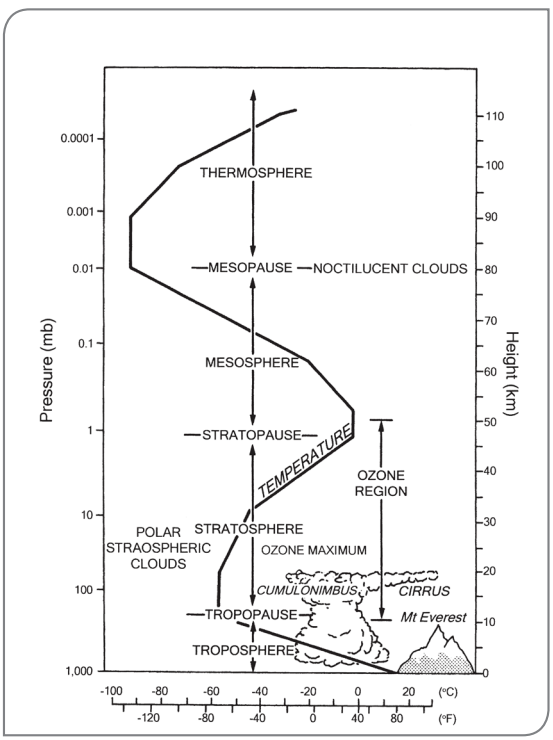
بنية الغلاف الجوي ومكوناته

1 - 1 مقدمــة

إن تكوين الغلاف الجوي يحدد أنماط المناخ المختلفة الموجودة علــى سطح الأرض، ويفسر كيف ولماذا تتغير المناخات مع مرور الوقت.

1 - 2 طبقات الغلاف الجوي

تختلف بنية الغلاف الجوي المحيط بالأرض. تبعاً لطبقات الغلاف الجوي التي صنفها علماء الأرصاد الجوية إلى سلسلة من الطبقات. بناء على بروفيل عمودي لدرجة الحرارة، هذه الطبقات هي من الأسفل للأعلى: التربوسفير، الستراتوسفير، الميزوسفير، والترموسفير. أي يتألف الجو من طبقات رأسية، والتي تختلف في نمط تغير درجات الحرارة كما في الشكل (1-1) [1].



الشكل 1-1
نمط تغير درجات الحرارة في طبقات الغلاف الجوي

هناك تباين في طريقة تغير درجة الحرارة مع أدلة الارتفاع في الغلاف الجوي المكون من عدة طبقات. هذه الاختلافات هي بسبب التغيرات في الخصائص الكيميائية والفيزيائية للغلاف الجوي تبعاً للارتفاع عن سطح الأرض.

وفقاً لنمط درجات الحرارة، فإن الغلاف الجوي يحتوي على أربعة طبقات مختلفة:

التربوسفير (الطبقة اللصيقة) من الغلاف الجوي Troposphere :

الطبقة الأولى اللصيقة تسمى التروبوسفير. ارتفاع هذه طبقة يختلف من حوالي 8 إلى 16 كيلومترا. الارتفاعات الكبيرة نجدها في المناطق الاستوائية حيث تسبب درجات الحرارة الدافئة توسيع عمودي للغلاف الجوي السفلي (تربوسفير). ويصبح التروبوسفير أنحف تدريجيا. بالانتقال من المناطق الاستوائية إلى المناطق القطبية من الأرض. ارتفاع طبقة التربوسفير في القطبين يقارب نصف السماكة في المناطق الاستوائية. متوسط ارتفاع التروبوسفير يقترب من 11 كيلومتراً.

حوالي 80 % من إجمالي كتلة الغلاف الجوي موجودة في التروبوسفير. وهي أيضاً الطبقة حيث يحدث فيها غالبية الطقس.

تحدث درجة الهواء القصوى أيضاً بالقرب من سطح الأرض في الطبقة التربوسفير. ومع زيادة الارتفاع تنخفض درجة الحرارة بشكل منتظم بمعدل حوالي 5.6 درجة مئوية لكل 1000 متر. تسمى هذه الظاهرة عادة معدل الفاصل Lapse البيئي. في الجزء العلوي من التروبوسفير تصل درجة الحرارة في المتوسط إلى (5.56 -) درجة مئوية، وفي الحافة العلوية من التروبوسفير يوجد منطقة انتقالية ضيقة تعرف باسم التروبوز tropause .

الستراتوسفير stratospjere

تبدأ طبقة الستراتوسفير فوق التروبوبوز. هذه الطبقة تمتد وسطياً من ارتفاع 11 إلى 50 كيلومترًا فوق سطح البحر. تحتوي طبقة الستراتوسفير على

حوالي 9.91 % من مجموع الكتلة الموجودة في الغلاف الجوي. قليل جداً من الطقس يحدث في الستراتوسفير. في بعض الأحيان، وفي الجزء العلوي أجزاء من العواصف الرعدية تخرق هذه الطبقة. يتأثر الجزء السفلي من الستراتوسفير أيضاً بتيار القطبية وتيار القذف شبه الاستوائي. في أول 9 كيلومترات من الستراتوسفير، تبقى درجة الحرارة ثابتة مع الارتفاع. هذه المنطقة ذات درجة الحرارة الثابتة في الغلاف الجوي تسمى طبقة تساوي درجة الحرارة.

من ارتفاع وسطي 20 إلى 50 كم، تحصل زيادة في درجة الحرارة مع زيادة الارتفاع. درجات الحرارة الأعلى الموجودة في هذه المنطقة من الستراتوسفير تحدث بسبب تركيز موضعي لجزيئات غاز الأوزون. تمتص هذه الجزيئات الأشعة فوق البنفسجية مما يخلق طاقة حرارية تدفىء الستراتوسفير.

تم العثور على الأوزون في المقام الأول في الغلاف الجوي بتركيزات متفاوتة بين ارتفاعات من 11 إلى 50 كيلومتراً. لذلك هذه الطبقة تدعى أيضاً طبقة الأوزون. هذه الطبقة مهمة للكائنات الحية على سطح الأرض لأنها تحميها من الآثار الضارة للإشعاع فوق البنفسجي الصادر عن الشمس. وبدون طبقة الأوزون، لا يمكن أن توجد حياة على سطح الأرض.

الميزوسـفير Mesosphere

تفصل طبقة الميزوسفير عن الستراتوسفير منطقة انتقالية تسمى ستراتوبوز esuapotarts. في طبقة الميزوسفير التي تقع على ارتفاع من 50 إلى 80 كم فوق سطح البحر، تصل درجة الحرارة في الغلاف الجوي إلى أبرد درجات حرارة (حوالي-90 درجة مئوية) عند ارتفاع حوالي 80 كيلومتراً. توجد في الجزء العلوي من الميزوسفير منطقة انتقالية أخرى تعرف باسم الميزوبوز Mesopause.

الترموسفير Thermosphere

الطبقة الأخيرة في الغلاف الجوي ارتفاعها أكثر من 80 كيلومتر فوق سطح

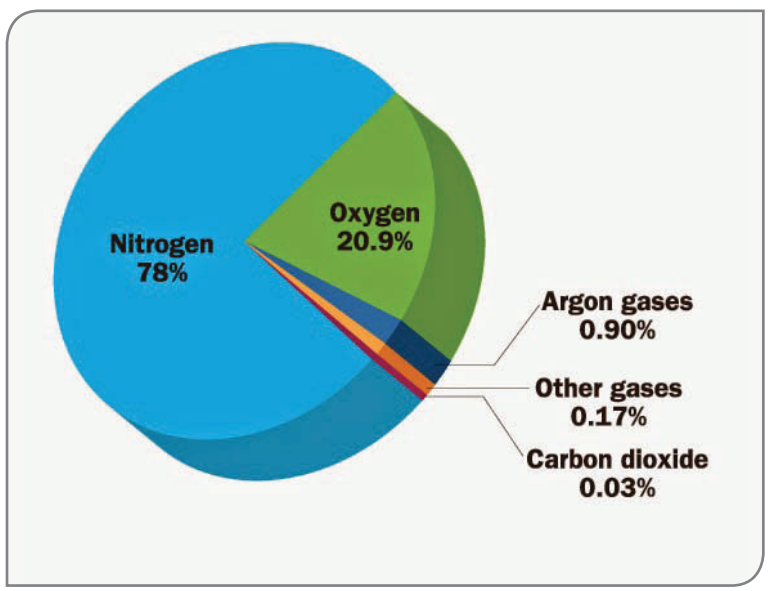
البحر وتدعى ترموسفير(الطبقة الحرارية). تتولد درجات الحرارة العالية هذه من امتصاص الإشعاع الشمسي الشديد من قبل جزيئات الأوكسجين (O_2). كمية الطاقة الحرارية المعنية صغيرة جداً، ويتم التحكم في كمية الحرارة المخزنة في مادة بواسطة كتلتها. الهواء في الترموسفير رقيق للغاية مع جزيئات غاز وحيد مفصولة عن بعضها البعض بواسطة مسافات كبيرة. وبالتالي، قياس درجة حرارة في الترموسفير بوساطة ميزان الحرارة هي عملية صعبة للغاية. يتم قياس درجة حرارة الأجسام عبر حركة الطاقة الحرارية.

1- 3 المكونات الغازية للغلاف الجوي

من أهم الغازات المكونة لطبقة التربوسفير في الغلاف الجوي: النيتروجين والأكسجين والأرجون وكميات صغيرة من ثاني أكسيد الكربون كما يظهر في الشكل (1-2)، إضافة إلى الهيدروجين وبخار الماء والهيليوم، النيون، وغيرها.

الشكل 1 - 2

المكونات الغازية لطبقة التربوسفير في الغلاف الجوي.



أهم سمة من سمات الهواء هي خاصية الحفاظ على الحياة. الحياة البشرية والحيوانية لن تكون ممكنة بدون الأكسجين في الغلاف الجوي. بالإضافة إلى توفير الحياة والحفاظ على الخصائص، يمكن للغازات الجوية المختلفة أن تعزل من الهواء وتستخدم في الصناعة والتطبيقات العلمية، بدءاً من صناعة الصلب حتى تصنيع أنصاف الموصلات.

يسرد الجدول (1-1) أكثر عشرة غازات وفرة حجماً تم العثور عليها في طبقة التربوسفير من الغلاف الجوي للأرض. من الغازات المدرجة النيتروجين والأكسجين وبخار الماء وثاني أكسيد الكربون والميثان، أكسيد النتروز، والأوزون وهي مهمة للغاية لصحة المحيط الحيوي للأرض

الجدول 1-1

التكوين الوسطي لطبقة التربوسفير للغلاف الجوي.

اسم الغاز	الصيغة الكيميائية	النسبة الحجمية
نتروجين	N_2	78.08%
أكسجين	O_2	20.95%
بخار الماء*	H_2O	0 to 1.3%
أرغون	Ar	0.93%
ثاني أكسيد الكربون*	CO_2	0.0360%
نيون	Ne	0.0018%
هليوم	He	0.0005%
ميتان*	CH_4	0.00017%
هيدروجين	H_2	0.00005%
أكسيد النتروز*	N_2O	0.00003%
الأوزون*	O_3	0.000004%

* غازات متغيرة التركيز مكانياً

يشير الجدول (1-1) إلى أن النيتروجين والأكسجين هما الغازان الرئيسيان في مكونات الغلاف الجوي من حيث الحجم. يشكل هذان الغازان معاً ما يقرب من 99 % من الغلاف الجوي الجاف. و هذه الغازات لها ارتباطات مهمة جداً مع الحياة. يتم إزالة جزء من نيتروجين الغلاف الجوي ويترسب على سطح الأرض عن طريق البرق خلال هطول الأمطار فتقوم البكتيريا المتخصصة بتثبيت النيتروجين. وإضافة النيتروجين إلى تربة سطح الأرض والمستودعات المائية الذي يؤمن الكثير من التغذية اللازمة لنمو النباتات. ويعود النيتروجين إلى الغلاف الجوي في المقام الأول من خلال احتراق الكتلة الحيوية ونزع النتروجين denitrfiication.

ويتم تبادل الأكسجين بين الغلاف الجوي والحياة من خلال عمليات التمثيل الضوئي والتنفس. يُنتج التمثيل الضوئي الأكسجين عندما يتحول ثاني أكسيد الكربون والماء كيميائياً إلى الجلوكوز بمساعدة ضوء الشمس.[2] التنفس هو عكس التمثيل الضوئي، ففي التنفس يتم الجمع بين الأكسجين والجلوكوز لإطلاق الطاقة كيميائياً من أجل التمثيل الغذائي. ومنتجات هذا التفاعل هي الماء وثاني أكسيد الكربون.

كما تتناقص نسبة بخار الماء في الهواء مع الارتفاع عن سطح البحر، انظر الجدول (1 -2) [3].

الجدول 1 - 2

تغير نسبة بخار الماء في الهواء مع الارتفاع عن سطح البحر

الارتفاع	0	1	2	3	4	5	6	7	8
النسبة %	1.3	1	0.69	0.49	0.37	0.27	0.15	0.09	0.05

ويمكن ان ندرك مقدار الأهمية الناتجة من تباين كمية بخار الماء الذي قد تصل نسبته في بعض الأماكن إلى 5% من مكونات الغلاف الجوي وليس فقط 1.3% للأسباب التالية:

- تدل كمية بخار الماء في هواء منطقة معينة على مدى إمكانية حصول الهطولات في تلك المنطقة وطبيعي أن هذا شيء مهم بالنسبة للمناخ.
- يمتص بخار الماء كميات كبيرة من الاشعاع الأرضي ويساعد على تنظيم الفقدان الحراري من الأرض فهو يلعب دورا أساسيا في الوضع الحراري للمنطقة.
- يحتفظ بخار الماء بكميات كبيرة من الحرارة الكامنة ويمكن لهذه الحرارة ان تتحرر فتؤدي إلى حصول تغيرات –يؤثر بخار الماء تأثيرا كبيرا على الحرارة المحسوسة التي يحس بها الجسم البشري والتي قد تختلف عما تسجله مقاييس الحرارة.

أما غاز الآرغون Ar الذي ينتمي إلى مجموعة الغازات النبيلة في الجدول الدوري؛ فهو عديم اللون والرائحة. وإن أغلب الآرغون الموجود في الغلاف الجوي للأرض هو على شكل آرغون-40، الذي ينشأ من التحلل الإشعاعي لنظير البوتاسيوم-0.40 في القشرة الأرضية.

ويستخدم الأرغون في التطبيقات التي تتطلب تأمين جو من غاز خامل، مثل استخدامه غازاً حاجباً في عمليات اللحام القوسي، وكذلك في المختبرات الكيميائية عند إجراء التفاعلات الكيميائية الحساسة للأكسدة بأكسجين الهواء، كما يستخدم الأرغون أيضاً في تعبئة المصابيح الفلورية والمتوهجة.

ويُعد ثاني أكسيد الكربون خامس أكثر الغازات وفرة في الغلاف الجوي، وتجاوز تركيز هذا الغاز حالياً 400 جزء في المليون حجماً أي تجاوز حجمه بأكثر من 80% في المائتي عام الأخيرة، ونتجت هذه الزيادة في المقام الأول عن حرق الإنسان للوقود الأحفوري، وإزالة الغابات وغير ذلك من أشكال تغيير استخدام الأراضي. وسأهمت نشاطات الإنسان التي تؤدي إلى ارتفاع تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي في. الإحترار العالمي بشكل ملحوظ على مدى 100 سنة الماضية. وقد يتم تبادل ثاني أكسيد الكربون بشكل طبيعي بين الغلاف الجوي والحياة من خلال عمليات التمثيل الضوئي والتنفس.

ولوحظ زيادة في تركيز أكسيد النتروز N_2O في الغلاف الجوي ووصل إلى 0.3 جزء في المليون حجماً [4]، بسبب التغيير في استخدام الأراضي، وحرق الوقود الأحفوري، وحرق الكتلة الحيوية وتسميد التربة ومن بعض محطات معالجة مياه الصرف. ينتج معظم أكسيد النتروز المضاف إلى الغلاف الجوي كل عام من إزالة الغابات وتحويل الغابات، والسافإنا، والنظم الإيكولوجية للأراضي العشبية إلى حقول زراعية ومراعي. تقلل جميع هذه العمليات من كمية النتروجين المخزون في النباتات الحية والتربة من خلال تحلل المواد العضوية. كما يعتبر استخدام النترات وأسمدة الأمونيوم لتعزيز نمو النبات مصدراً آخر لأكسيد النتروز.

أما غاز الأوزون فيوجد في منطقتين مختلفتين من الغلاف الجوي للأرض. يوجد غالبية الأوزون (97% تقريباً) في طبقة الستراتوسفير من الغلاف الجوي حيث يتركز على ارتفاع 15-55كم فوق سطح الأرض. هذا الأوزون الستراتوسفيري يوفر خدمة مهمة للحياة على الأرض لأنه يمتص الأشعة فوق البنفسجية الضارة.

ويتركز الأوزون أيضاً بدرجة عالية على سطح الأرض وحول المدن. يتم تكوين معظم هذا الأوزون كمنتج للضباب الدخاني الكيميائي. ويعد تراكم الأوزون في التربوسفير سام للكائنات الحية التي تعيش على سطح الأرض.

الفصل الثاني

الخصائص الفيزيائية للهواء والتداور العالمي



الفصل الثاني
الخصائص الفيزيائية للهواء والتداور العالمي

2 - 1 مقدمـــة

تزود الشمس كميات متفاوتة من الحرارة إلى مناطق مختلفة من المنظومات الفرعية لكوكب الأرض. وينتج عن ذلك تداور عالمي (منظومات مختلفة من الرياح والتيارات البحرية). وبسبب التداور العالمي يحدث انتقال هائل للطاقة والكتلة بين مكونات كوكب الأرض المختلفة. ولأجل دراسة الأحداث التي تحدث داخل الغلاف الجوي ووصفها وفهمها، يقوم خبراء الأرصاد الجوية بقياس الخصائص الفيزيائية للهواء الذي تحدث فيه هذه الأحداث. علماء الأرصاد الجوية يصفون الهواء في المقام الأول من حيث تركيبه ودرجة الحرارة والضغط وسرعة الرياح واتجاه الرياح والأمطار والرطوبة.

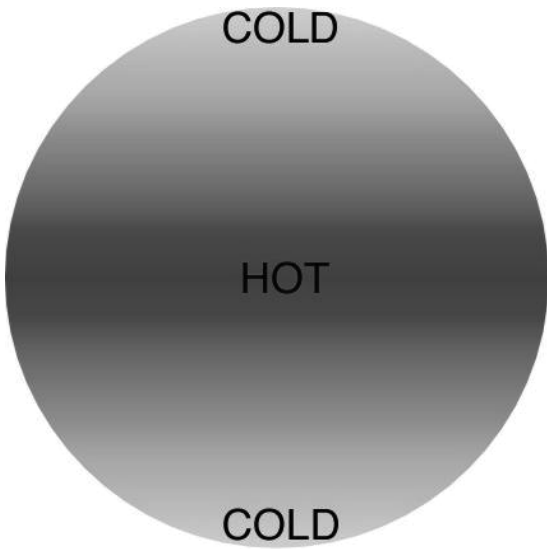
2-2 درجة حـرارة الهـواء

إن جزيئات الهواء تكون في حركة ثابتة. تتوافق سرعة جزيئات الهواء مع الطاقة الحركية، والتي بدورها توافق كمية الطاقة الحرارية في الهواء. تعتبر درجة حرارة الهواء مقياس لمعدل السرعة التي تتحرك عندها جزيئات الهواء، حيث السرعات العالية تتوافق مع ارتفاع درجات الحرارة.

بفرض كانت الأرض عبارة عن جسم متجانس بدون وجود توزيع يابسة/ ماء، فسيكون توزيع درجة الحرارة تابع لدائرة العرض فقط (الشكل2 – 1). ومع ذلك، فإن الأرض أكثر تعقيدًا من كونها تتكون من فسيفساء من اليابسة والماء. هذه الفسيفساء تسبب وجود مناطق دوائر عرض لدرجات الحرارة التي توزع مكانياً.

الشكل 2-1

الحر والبرودة في مناطق دوائر العرض الرئيسة.



دائرة العرض للموقع تؤثر على توزيع درجة الحرارة على سطح الأرض فهي تقرر كمية الاشعاع الشمسي المستقبل. وتؤثر أيضاً على زاوية السقوط ومدة طول النهار، كما تؤثر مواصفات السطح على التوزيع، حيث السطح ذي معامل الانعكاسية للأشعة الشمسية «الالبيدو « العالي يمتص مقدار أقل من الاشعاع الساقط [5] .

2 - 3 ضغـط الهـواء

يحمل الهواء على الأرض عن طريق الجاذبية. هذه القوة غير المرئية القوية تسحب الهواء إلى الأسفل، مما يعطي وزن لجزيئات الهواء. إن وزن جزيئات الهواء يمارس قوة على الأرض وعلى كل ما عليها. يسمى مقدار القوة المطبق على واحدة مساحة السطح بالضغط الجوي أو ضغط الهواء.

يمكن التعبير عن ضغط الهواء عند أي مستوى في الجو على أنه إجمالي وزن الهواء فوق مساحة سطح الوحدة عند هذا المستوى في الغلاف الجوي. في أعلى الغلاف الجوي، هناك عدد أقل من جزيئات الهواء تضغط من الأعلى إلى الأسفل.

وبالتالي، ينخفض ضغط الهواء دائماً مع زيادة الارتفاع فوق الأرض [6]. نظراً لأنه يمكن ضغط الهواء، فإن كثافة الهواء (كتلة جزيئات الهواء في حجم معين) أكبر عند سطح الأرض وتقل كثافة الهواء عند الارتفاعات الأعلى.

يحتوي عمود من الهواء مساحة مقطعه 1 سم مربع، يمتد من سطح المحيط (مستوى سطح البحر) حتى أعلى الغلاف الجوي أكثر بقليل من 1كغ من الهواء. إذا تم تعبئة المزيد من جزيئات الهواء في العمود، فإن إجمالي وزن الهواء في الجزء السفلي من العمود سيزداد، وسيزداد ضغط الهواء هناك. إذا تمت إزالة الهواء من العمود، فإن الوزن الإجمالي للهواء في أسفل العمود سوف ينخفض، وسوف ينخفض ضغط الهواء. وحدة الضغط الأكثر شيوعاً الموجودة على سطح خرائط الطقس هي الميلي بار (1 ميلي بار يساوي 100 نيوتن/متر مربع، حيث تكون نيوتن هي الوحدة المترية للقوة). في المتوسط، عند مستوى سطح البحر، تبلغ القيمة القياسية لضغط الغلاف الجوي 1013.25 مليبار، و 29.92 انش من الزئبق و 14.7 ليبرة / انش مربع. والجهاز الذي يقيس ضغط الهواء يسمى البارومتر.

- **قانـــون الغـــازات**

بما أن الغلاف الجوي يتكون من خليط من العديد من الغازات المختلفة. فهذا الخليط يتصرف بعدة طرائق كما لو كان غاز وحيد. ونتيجة لهذه الظاهرة، تصف التعميمات التالية العلاقات الهامة بين درجة الحرارة والضغط والكثافة والحجم التي ترتبط بالغلاف الجوي للأرض.

- عندما تكون درجة الحرارة ثابتة، تكون كثافة الغاز متناسبة مع الضغط، والحجم يتناسب عكسيا مع الضغط. وبناءً على ذلك، فإن زيادة الضغط ستؤدي إلى زيادة في كثافة الغاز وانخفاض في حجمه.
- إذا ظل حجم التخزين ثابتاً، فإن ضغط وحدة الكتلة للغاز يتناسب مع درجة الحرارة. إذا زادت درجة الحرارة، فسينضغط على افتراض عدم حدوث أي تغيير في حجم الغاز.

- الحفاظ على ضغط ثابت، يتسبب في أن تكون درجة حرارة الغاز متناسبة مع الحجم، وتتناسب عكسيا مع الكثافة. وبالتالي فإن تزايد درجة حرارة وحدة كتلة الغاز يتسبب في توسيع حجم الغاز وتقلل كثافته طالما لم يحدث أي تغيير في الضغط.

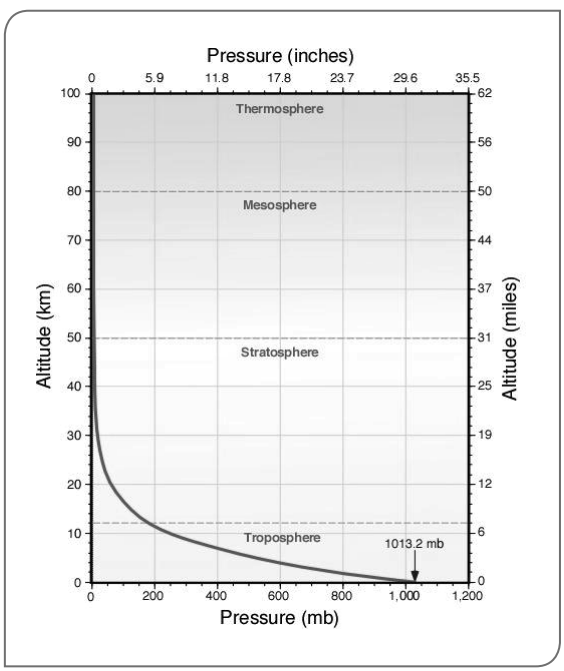
يمكن أيضاً وصف هذه العلاقات رياضياً بقانون الغاز المثالي. هناك معادلتان شائعتان لوصف هذا القانون هما:

- **الضغط × الحجم = ثابت × درجة الحرارة**
- **الضغط = الكثافة × ثابت × درجة الحرارة**

يوضح الشكل(2-2) متوسط التغير في ضغط الهواء مع الارتفاع فوق سطح الأرض. في هذا الرسم البياني، يتضح أن ضغط الهواء عند سطح الأرض يبلغ حوالي 1013.2 ميلي بار أو 1 كيلوغرام لكل سنتيمتر مربع من مساحة السطح.

الشكل 2-2

تغير ضغط الهواء مع الارتفاع عن سطح الأرض



2 - 4 الريـــاح

الرياح هي الهواء بحالة الحركة. سببها الاختلافات الأفقية في ضغط الهواء. كلما زاد الفارق في ضغط الهواء بين أي مكانين على نفس الارتفاع، زادت قوة الرياح. اتجاه الرياح هو الاتجاه الذي تهب منه الرياح. الرياح الشمالية تهب من الشمال بينما تهب الرياح الجنوبية من الجنوب. الرياح السائدة هي اتجاه الرياح الذي يتم ملاحظته غالبًا خلال فترة زمنية محددة. سرعة الرياح هي المعدل الذي يتحرك به الهواء خارج جسم غير متحرك.

تتوفر مجموعة متنوعة من الأجهزة والأدوات لقياس الرياح. دوارة الرياح تقيس اتجاه الرياح. تتكون معظم دوارات الرياح من سهم طويل ذو ذيل يتحرك بحرية على عمود رأسي. يشير السهم إلى الريح ويعطي اتجاه الرياح. أما مقياس شدة الريح الأنيمومتر Anemometer فيقيس سرعة الرياح. تتكون معظم أجهزة قياس شدة الريح من ثلاثة أكواب أو أكثر تدور أفقياً على عمود رأسي. يرتبط معدل تدوير الكؤوس بسرعة الرياح.

2 - 5 الرطوبـــة

تشير الرطوبة إلى محتوى بخار الماء في الهواء. أجهزة الهيغرومتر Hygrometer هي أدوات تقيس الرطوبة. تعتمد أقصى كمية من بخار الماء يمكن أن تحمل بالهواء على درجة حرارة الهواء، الهواء الدافئ قادر على الاحتفاظ ببخار ماء أكثر من الهواء البارد.

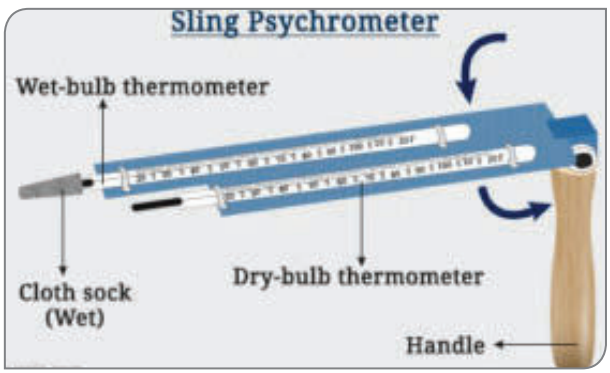
الرطوبة النسبية هي نسبة كمية بخار الماء في الهواء مقارنة بالكمية القصوى من بخار الماء الذي يمكن أن يحتفظ به الهواء عند درجة الحرارة المحددة هذه.

عندما يحتفظ الهواء بكامل الرطوبة الممكنة عند درجة حرارة معينة، يُقال إن الهواء مشبع. غالباً ما يتم الحصول على الرطوبة النسبية ودرجة حرارة نقطة الندى (درجة الحرارة التي يجب أن يبرد الهواء فيها حتى يحدث التشبع) باستخدام

جهاز يسمى مقياس الرطوبة بسيكرومتر psychrometer [7]. النوع الأكثر شيوعًا لقياس الرطوبة هو مقياس الحرارة القاذف. أحد أجهزة قياس الرطوبة الجوية النسبية، ويتألف من ميزاني حرارة (جاف، ورطب) معلقين رأسين في كشك الرصد، والتهوية في هذا الجهاز تتم بطريقة يدوية، وميزاني الحرارة مثبتين جنباً إلى جنب ومرفقين بمقبض يسمح بدخول موازين الحرارة كما في الشكل(2-3).

الشكل 2-3

مقياس الحرارة القاذف.



يغطي فتيل القماش لمبة ترمومتر واحدة. يتم غرق مصباح الحرارة المغطى بالفتيل (يُطلق عليه المصباح المبلل) في الماء، بينما يظل مصباح الحرارة الآخر (المصباح الجاف) جافًا. يسمح الدوران لكلا ميزاني الحرارة بأن يتبخر الماء من الفتيل، مما يبرد المصباح الرطب. من خلال البحث عن درجات حرارة اللمبة الجافة والرطبة في مجموعة من الجداول، والمعروفة باسم جداول الرطوبة، يمكن العثور على الرطوبة النسبية المقابلة ودرجة حرارة نقطة الندى.

6-2 تدفق الطاقة و التداور العالمي ونشوء الرياح

متوسط مقدار الطاقة الذي تمتصه الأرض من الشمس كل عام يساوي متوسط كمية الطاقة التي تفقد من الأرض للفضاء. غير أن هذا التوازن في مجال الطاقة لا يتم الاحتفاظ به لكل دوائر العرض سنوياً، المناطق الاستوائية تكسب

المزيد من الطاقة من الشمس مقارنة مع ما تخسر، في حين تفقد المناطق القطبية أكثر طاقة للفضاء مما تكسب.

إن المناطق الاستوائية لا تنمو السخونة فيها بشكل مستمر والمناطق القطبية لا تخضع لنمو البرودة فيها باستمرار، ولكن الغلاف الجوي ينقل الهواء الدافئ نحو القطبين والهواء البارد نحو خط الاستواء. والمحيطات تفعل نفس الشيء بالماء. نمط الرياح التي ينتجها تسخين غير متساوي من سطح الأرض ينتج أحزمة الرياح الرئيسية على الأرض. ويسمى هذا التدفق للرياح المتوسطة الدورة العامة للغلاف الجوي.

متوسط تدفق الرياح من الدورة العامة هو أقل تعقيدا بكثير من الدورة العالمية الفعلية في أي لحظة معينة.

وقد وضع علماء الأرصاد الجوية نموذجاً بسيطاً، ودعي نموذجاً ثلاثي الخلايا، لوصف متوسط تدفق الرياح من الدورة العامة. في المناطق الاستوائية، فإن أشعة الشمس المكثفة تسخن السطح، ويسخن الهواء، مما يتسبب في ارتفاعه، وهذا يقلل من ضغط الهواء على السطح، وتشكيل منطقة واسعة ذات ضغط منخفض. على السطح، بعض من نقل الغاز الجوي يعود نحو الضغط الأقل على خط الاستواء.

هذا التدفق من الهواء نحو خط الاستواء معروف بالرياح التجارية. ويرجع ذلك إلى قوة كوريوليس Coriolis، القوة الناتجة عن دوران الأرض، وتتراجع الرياح التجارية إلى الغرب. في نصف الكرة الشمالي، وركوب الرياح التجارية من الشمال الشرقي، وفي نصف الكرة الجنوبي، فإن الرياح تهب من جنوب شرق.

يبدأ جزء من الهواء الصاعد بين دائرة العرض 50 درجة و60 درجة رحلة العودة باتجاه خط الاستواء. عند دائرة عرض 30 درجة تقريباً، يبدأ هذا الهواء في الهبوط بالقرب من المرتفعات شبه الاستوائية. تميل الرياح السطحية إلى الهبوب من منطقة الضغط العالي عند دائرة عرض حوالي 30 درجة باتجاه منطقة الضغط المنخفض بين دائرتي العرض 50 درجة و60 درجة. تحرف قوة كوريوليس Coriolis هذه الرياح السطحية، وتنتج الرياح الغربية السائدة في دوائر العرض الوسطى.

في هذه الأثناء، يتحرك الهواء البارد إلى القطب في اتجاه الغرب السائد، وتحول قوة كوريوليس هذا الهواء، وينتج حزاماً ريحياً قطبياً يُطلق عليه اسم easterlies القطبي. بالقرب من دائرة عرض 50 درجة إلى 60 درجة، تلتقي شلالات الشرق القطبية مع المناطق الغربية السائدة. هناك تهب الرياح في اتجاهين متعاكسين على طول الحدود تسمى الجبهة القطبية. على طول الجبهة القطبية تتطور عواصف دوائر العرض الوسطى.

2-7- السحب (الغيـــوم)

إن تكثف بخار الماء على شكل سحاب يعتبر ذا أهمية قصوى في دراسات الطقس والمناخ لأن أصل الهطول يبدأ من السحب. إن السحاب ذا السمك الكافي لإنتاج هطول بكميات وفيرة يتشكل غالبا بعملية واحدة من عمليات تبريد الهواء الجوي، تلك العملية التي تحدث نتيجة تمدد الكتل الهوائية الصاعدة إلى أعلى في الطبقات العليا من الجو.

عندما يصعد الهواء إلى أعلى يتمدد بسبب انخفاض الضغط الواقع عليه في الطبقات العليا فمثلا إذا كان لدينا كتلة من الهواء الجاف عند سطح البحر ارتفعت إلى علو 5500 متر فإن الضغط المسلط عليها سوف ينخفض إلى النصف، وبالتالي فإن حجمها سوف يتضاعف إذا لم تتغير درجة الحرارة. واثناء تحرك هذه الكتلة إلى أعلى واثناء تمددها تدريجيا فإنها تضطر إلى دفع الهواء الصاعد لها وهذا يحتاج إلى طاقة تستمد من الهواء الصاعد نفسه وبالتالي تنخفض درجة حرارته. أما الهواء النازل من الطبقات العليا فيحدث له العكس حيث ينضغط بفعل الهواء الأثقل منه في الطبقات الدنيا وبالتالي ترتفع درجة حرارته، وهذا يدل على أن الهواء الصاعد يبرد بينما الهواء النازل يسخن. هذا التغير اطلق عليه تغير درجة الحرارة الذاتي Adiabatic temperature change.

إن سرعة التبريد الناتجة عن ارتفاع وتمدد الهواء الجاف اطلق عليها اصطلاح معدل التغير الذاتي الجاف Dry adiabatic laps rate والذي يساوي

تقريباً 10 درجات مئوية لكل 1000 متر وإن هذا أكبر بكثير من الانخفاض في درجة الحرارة الناتج عن الارتفاع عن سطح الأرض والذي يساوي 6.5 درجة مئوية لكل 1000 متر تحت الظروف الطبيعية والذي اطلق عليه اصطلاح معدل التغير Lapse rate. ولهذا فإن التبريد بالفعل الذاتي هو المسؤول الرئيسي عن انخفاض درجة حرارة الكتل الهوائية المسببة للسحب.

تتشكل الغيوم كبخار ماء إما يتكثف أو يتجمد على جسيمات معلقة دقيقة مثل الغبار أو جزيئات الملح الصغيرة من البحر[8]. هذه القطرات السحابية وبلورات الجليد صغيرة جدًا (يبلغ متوسط قطرها 0.0025 سم) بحيث تظل معلقة في الهواء. قطرات المطر، التي تحتوي عادة على مليون مرة أكثر من المياه فيها، غزيرة بما يكفي لتسقط من الغيوم.

اقترح عالم النبات والحيوان الفرنسي جان بابتيست لامارك نظاماً لتصنيف وتحديد الغيوم في عام 1802، واقترح عالم الطبيعة الإنجليزي لوك هوارد نظاماً أفضل للتحديد في عام 1803. لا يزال نظام لوك هوارد قيد الاستخدام مع تعديل بسيط. يستخدم نظام هوارد الكلمات اللاتينية لوصف السحب كما تظهر للمراقب على الأرض.

ولكي تجري تحولات بخار الماء لا بد من ظروف مناسبة أي أن يكون الهواء مشبعاً ببخار الماء، أو في حالة قريبة من التشبع. كما أن استمرار التكاثف يتطلب ان يمد الهواء باستمرار بالبخار حتى يحتفظ بتشبعه[9].

ويمكن الوصول إلى درجة التشبع المطلوبة بعدة طرائق. تؤدي كلها إلى تبريد الهواء وإنقاص قدرته على حمل بخار الماء. وزيادة البخار إلى أقصى درجة ففي عملية التكوين الحرارية، الناتجة عن سطح الأرض المسخن بالإشعاع الشمسي إلى درجات متفاوتة من الحرارة، حيث يزداد دفء الهواء وينشأ في الجو عدم استقرار في الضغط والحرارة يؤدي إلى تيارات نشطة صاعدة وهابطة فيصعد الهواء الساخن حاملاً معه ذرات الماء، إلى أعلى الجو، تاركاً مكاناً شاغراً، فيهبط هواء

بارد من الأعلى ليحل مكانه، وينتج عن ذلك تيارات متعددة. إذا وصل الهواء المرتفع الساخن إلى علو كاف لإشباعه، تتكون طبقة عجاجية هي مادة السحب الأولى وتبدأ السحب عندها بالتكون ويتوقف سمكها على رطوبة الهواء المرفوع واستقراره لأن عدم استقراره يؤدي إلى رفعه نحو الأعالي وبالتالي رفع السحب.

وعندما تأتي تلك السحب الممددة من الرطوبة. تتكاثف مكونة ركاما (سحاب كثيف) ضحلاً، يتخلل هذا الركام أشعة الشمس عند الظهر حيث يكون الاشعاع الشمسي في نهايته العظمى أما إذا كان تشكل السحاب في المساء مثلاً فإنه تتكون أنواع جديدة من السحب، الخليط من بلورات الثلج وقطيرات الماء التي تتحول بدورها إلى بلورات في درجة 10 مئوية، وتشتد عندها الرياح وتتكون الزوابع المتعددة الاتجاهات. وإذا كان الظرف مناسباً لهطول مطر قد تحتك هذه السحب بعضها ببعض وتُسمع اصوات قوية (الرعد) ونتيجة الاحتكاك تنطلق شرارات كهربائية سريعة (البرق والصواعق).

وعندما يكون الهواء مستقراً ذا رطوبة نسبية عالية، تتكون سحب طبقية فوق قمم التلال، قد يؤدي التبريد بالملامسة بطريق غير مباشر إلى تكوين السحاب، فيتكون في البداية، ثم يرتفع نتيجة للتيارات الصاعدة الحرارية منها، أو الآنية وينتج عن ذلك سحب منخفضة، كما أن ضباب البحر الذي تدفعه الرياح إلى أرض الشاطئ أو أرض الجزر قد يرتفع حين اقترابه من الشاطئ مكوناً السحب.

ولقد صنفت السحب من قبل محللي الطقس إلى عدة أنواع، السحب الركامية Cumulus والسحب الطبقية Staratus والسحب السمحاقية Cirrus.

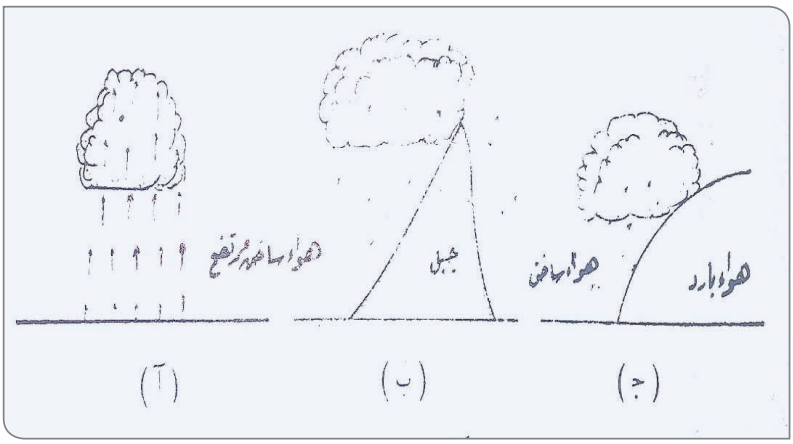
السحب الركامية هي سحب سميكة بصفة عامة وباتجاهات أفقية صغيرة. وعادة ماتأخذ قمة هذه السحب شكل رأس القرنبيط وهي ذات لون أبيض. وإن السحب الركامية الصغيرة في سماء زرقاء صافية دليل صفات الطقس الحسن. ةلكن عندما تنمو إلى سمك كبير وتصيح سخبا على شكل جبال أو ابراح يطلق عليها في هذه الحالة اسم الركام المزني Cumulonimbus وتكون قادرة على إنتاج وابل

غزير من المطر ورياح عاصفة شديدة يصحبها برق ورعد. وتتكون السحب الركامية نتيجة ارتفاع الهواء بفعل الحمل الحراري Convection أو بفعل التضاريس الشديدة الانحدار، أو بتأثير الجبهات الباردة، كما يبين الشكل (2- 4)[10].

الشكل 2-4

تكون السحب الركامية بفعل

(أ) الحمل الحراري أو (ب) التضاريس أو (ج).الجبهة الباردة.



أما السحب الطبقية Stratus فتكون على شكل صفائح أو طبقات رقيقة ذات لون رمادي قاتم وبدون شكل مميز أو خاص وتغطي هذه السحب مساحات أفقية كبيرة من السماء وقد تطهر بعض الفجوات الصغيرة بين هذه السحب. وإذا تولد عن السحب الطبقية مطر فيكون عادة خفيفاً وثابت الكثافة ويستمر لمدة طويلة. وتتشكل السحب الطبقية نتيجة طاهرة طفوية الهواء Bouyancy والتي تتعلق بالظروف الملازمة لحركة الهواء إلى أعلى، فاذا كان الهواء يعاني من عدم إمكانية صعوده إلى أعلى ويضطر إلى البقاء في مكانه عرف بأنه غير طافي nonbouyaant ويطلق عليه اصطلاح مستقر Stable، ويحدث ذلك عادة عندما يعلو الهواء الساخن هواءً بارداً يمنعه هذا الأخير الثقيل من الصعود إلى أعلى. وفي هذه الحالة نادراً مايحصل هطول. أما إذا تمكن هذا الهواء المستقر الساخن لأن يرتفع كما هي الحال عندما يصطدم بجبال أو تلال قليلة الانحدار فإن سحباً طبقية تتكون، كما يظهر في الشكل (2-5)

الشكل 2-5

السحب الطبقية المتشكلة فوق جبهة باردة قليلة الانحدار

يعلوها سحب سمحاقية



أ-طبقية ب-طبقي متوسط ج-سمحاق طبقي د-سمحاق

أما السحب السمحاقية (Cirrus Clouds) فتظهر في السماء على شكل سحب بيضاء منفصلة عن بعضها، ورقيقة وناعمة، وشبيهة بالشعر الممتد على طول السماء، وتعتبر الغيوم الأعلى بين جميع أنواع السحب الرئيسية [11]. و تتكون من بلورات ثلجية، ويعتمد مقدار وضوحها في السماء على مقدار الفصل بين هذه البلورات، وقد تؤدي عند عبورها أمام قرص الشمس إلى تقليل سطوعها بمقدار قليل، أو حجب ضوئها وإخفاء قرصها أحياناً عندما تكون أسمك بقليل، وتظهر هذه السُحب بلون أحمر أو أصفر فاتح قبل شروق الشمس وبعد غروبها، وقد تظهر أحياناً بلون رمادي فترة ما بعد الغروب.

السحب السمحاقية بدون ظل إلا عندما تتكاثف تكاثفاً كبيراً قبل تحولها إلى زمرة أخرى. وتظهر هذه السحب في السماء عادة أثناء الجو الصحو، وقد يُشير ظهور كميات قليلة منها أعلى السماء الزرقاء الصافية إلى الجو اللطيف، وتتشكل بشكل رئيسي بسبب صعود الهواء الجاف إلى الأعلى، وتحوّل الكمية القليلة من بخار الماء الموجودة فيه إلى ثلج مباشرة دون المرور بالحالة السائلة [12]، أو من المسارات الناتجة عن الطائرات النفاثة عند تحليقها في الطبقة العلوية الجافة من التروبوسفير.

2 - 8 الهطـــول

الهطول هو أي شكل من أشكال المياه، سواء كانت صلبة أو سائلة، تسقط من الجو وتصل إلى الأرض. هناك عدة أنواع من الهطول، بما في ذلك المطر والثلج والبرد. كان من أهم الانتصارات التي شهدتها الأرصاد الجوية في القرن العشرين اكتشاف كيفية هطول الأمطار من السحب.

لايهطل المطر من أنواع السحب جميعاً، فالسحب السمحاقية بمجملها ليست سحباً تنتج هطولات. وبعض الأنواع العالية من السحب الرقيقة المكونة من بلورات ثلجية قد يكون الهطول منها على شكل حبات متفرقة من الثلج تصل منها إلى الأرض كميات ضئيلة من المطر الذائب أو من بقايا البلورات الثلجية وهناك أنواع من السحب تنمو في اتجاه رأسي يسقط منها المطر على شكل زخات أما السحب المنتفخة الكثيفة فتهطل منها أمطاراً غزيرة وهذا النوع هو الوحيد الذي يهطل منه البرد الحقيقي.

2 - 8 - 1 تشكيـــل الهطـــول

يبدأ هطول الأمطار في سحابة عندما تنمو قطرات السحب أو بلورات الجليد إلى حجم و وزن كافيان للهبوط باتجاه الأرض. قد تنمو قطرات السحب بشكل أكبر عندما تتصادم القطيرات الكبيرة مع قطرات أصغر وتندمج معها. وتسمى هذه العملية الاندماج.

تنمو بلورات الجليد بشكل أكبر من خلال عملية تسمى عملية بلورة الجليد، أو عملية بيرجيرون، اقترح عالم الأرصاد الجوية السويدي بيرجيرون بأن قطرات المطر تبدأ كبلورات جليدية. إذا كانت درجات الحرارة داخل السحابة أقل من درجة التجمد، فقد تتعايش قطرات السحب السائلة وبلورات الجليد. تسمى قطرات الماء السائل الموجودة في درجات حرارة أقل من درجة التجمد قطرات فائقة البرودة.

إذا كانت القطرات فائقة البرودة وبلورات الجليد قريبة من بعضها

البعض، فإن بخار الماء قد يترك القطرات السائلة ويتجمد على بلورات الجليد. وبهذه الطريقة تنمو بلورات الجليد على حساب القطرات فائقة البرودة المحيطة. عندما تنمو بلورات الجليد أكبر من عملية بيرجيرون، فإنها قد تصبح ثقيلة بما يكفي للسقوط. قد تصطدم بلورات الجليد المتساقطة وتلتصق ببلورات الجليد الأخرى، وتشكل ندفة الثلج. قد تصطدم بلورات الجليد أيضًا مع قطرات السحب فائقة البرودة، مما يؤدي إلى تغيير القطرات السائلة إلى جليد عند ملامستها. هذه الجزيئات الجليدية قد تلتصق ببعضها البعض لإنتاج جزء من المادة الجليدية تدعى (البرد الرقيق او البرد الدقيق).

2-8-2 أشكال الهطـول

يمكن للهطول أن يأخذ عدة أشكال مختلفة. من أهمها المطر، الثلج، البرد، في حالة المطر تسقط قطرات من الماء السائل بأقطار 0.5 مم أو أكثر. أما في حالة الرذاذ فتكون قطرات الماء أصغر من المطر. بعض قطرات المطر عبارة عن قطرات سحابية نمت بسبب الالتحام وسقطت. ومع ذلك. غالبية قطرات المطر التي تسقط على دوائر العرض الوسطى والعليا تبدأ مثل الثلج.

- **المطـــرُ:**

حيث يتم سقوطُ قطراتِ الماءِ من الغيوم نحو الأرضَ وذلك عندما تكونُ درجاتُ الحرارةِ أعلى من درجةِ صفرٍ مئوية، ولكي يسقط المطرُ، لا بُدّ أنْ يكون الهواء الموجودُ بين الغيوم والأرضَ رطباً وبارداً وخالياً من تياراتِ الحملِ النشطة. إذا تبخر المطر المتساقط قبل الوصول إلى الأرض، فسيشكل خطوطاً في السماء تسمى virga.

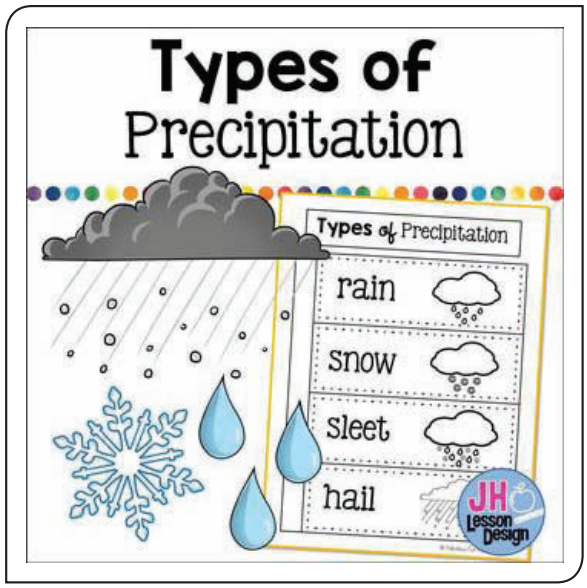
- **الثلـــج:**

يتكون الثلج عندما يحدث التكاثف في هواء صاعد تكون درجة حرارته صفر مئوية أو دونَه حيث تتكون بلورات الثلج بدلاً من القطرات المائية. وتتصادمُ هذه البلوراتُ

وتتحدُ معاً مكونةً بلورات أكبرَ حجماً، لا تلبثُ أنْ تتساقطَ نحو الأرض على شكلِ ثلجٍ. والثلج غالباً مايكون عبارة عن بلورات سداسية كما يظهر في الشكل (2 - 6).

الشكل 2-6

أشكال الهطول.



قد تصل الثلوج المتساقطة إلى الأرض دون ذوبان وتتراكم. ويسمى Graupel الذي يصل إلى الأرض على شكل كريات الثلج.

- **البـرد:**

يتكونُ البردُ في السحبِ الركامية ذات النموّ الشاقوليّ الكبير، ففي هذه السحبِ تكون تياراتُ الحمل نشطةً جداً، وتستطيعُ أنْ تحمل معها قطراتِ الماء إلى ارتفاعات شاهقة تصلُ درجةُ الحرارةِ عندها إلى ما دون C° 30-، فتتحول قطراتُ الماءِ إلى جليدٍ ثم تتجمعُ حولها قشورٌ من الثلج والجليدِ بشكلٍ متناوب، وقد يتكاثفُ عليها بعضٌ من قطراتِ الماءِ كجليد، فتتكونُ حبةُ البَرَد، وتنمو غلافاً فوق غلاف تشبهُ في ذلك رأسَ البصلِ، وينتج عن ذلك أجسامٌ كرويةُ الشكل تسقط نحو الأرضِ بسرعةٍ كبيرةٍ على شكلِ بردٍ.

وعندما يسقط المطر في طبقة ضحلة من الهواء المتجمد بالقرب من الأرض، فقد يظل سائلًا فائق البرودة ويتجمد عند ملامسة سطح بارد مكوناً أمطاراً متجمدة.

وقد يحدث تكاثف بخار الماء قرب سطح الأرض أو سطح البحر مكونا الندى والصقيع والضباب. والندى مظهر مألوف من مظاهر التكاثف فكثيرا ما نلاحظه في الصباح الباكر وهو عبارة عن قطرات مائية متجمعة فوق الاجسام الصلبة الموجودة على سطح الأرض (مثل الاجسام المعدنية والصخرية وأوراق النباتات وشفرات العشب)، وعندما تنخفض درجة حرارة السطح إلى أقل من درجة حرارة نقطة ندى الهواء. عندما تكون درجة حرارة نقطة الندى أقل من التجمد. يتحول بخار الماء مباشرة إلى جليد دون أن يصبح سائلًا أولاً. تسمى بلورات الثلج البيضاء الحساسة التي تتشكل بهذه الطريقة الصقيع. أما الضباب فهو غيوم على اتصال مباشر مع سطح الأرض، ويتكون الضباب في العادة خلال الفترات التي تسود فيها رياح خفيفة أو تكون الرياح عير موجودة أصلاً. ويتواجد الضباب خلال القسم البارد من السنة. ولايظهر الضباب بصورة عامة في المناطق المدارية.

الفصل الثالث

نظام المناخ والتغيرات الملحوظة في الطقس والمناخ



الفصل الثالث
نظام المناخ والتغيرات الملحوظة في الطقس والمناخ

3 - 1 مقدمـــة

يلعب الطقس والمناخ أدواراً مهمة في بيئتنا الطبيعية، فهذه العوامل البيئية تتحكم في نوعية النباتات والحيوانات الموزعة عبر أجزاء مختلفة من الأرض، وبالتالي تؤثر على سلوك الإنسان وأنشطته. كلما سمعت كلمة مناخ، ببساطة يشير ذلك إلى متوسطات لهطول الأمطار ولدرجة الحرارة والضغط والرطوبة وغطاء السحب وأشعة الشمس والرياح وظواهر أخرى مثل الضباب والثلج والصقيع والفيضانات وعواصف البرد، وغيرها من الأحداث الجوية التي تحدث في مكان معين على مدى فترة زمنية حددت بـ 30 عاماً حسب منظمة الأرصاد الجوية العالمية. في حين أن الطقس من ناحية أخرى يعني ببساطة الحالة الحالية للغلاف الجوي، ومع ذلك، فإن الطقس هو حدث قصير الأجل، والذي قد يتقلب بسهولة أو يتحول في أي وقت. عندما نتحدث عن تغير المناخ، فإننا نتحدث عن التغيرات في متوسطات الطقس اليومية. إذا كان الصيف أكثر سخونة في الآونة الأخيرة، فربما يكون المناخ الحديث قد تغير. في أجزاء مختلفة من العالم.

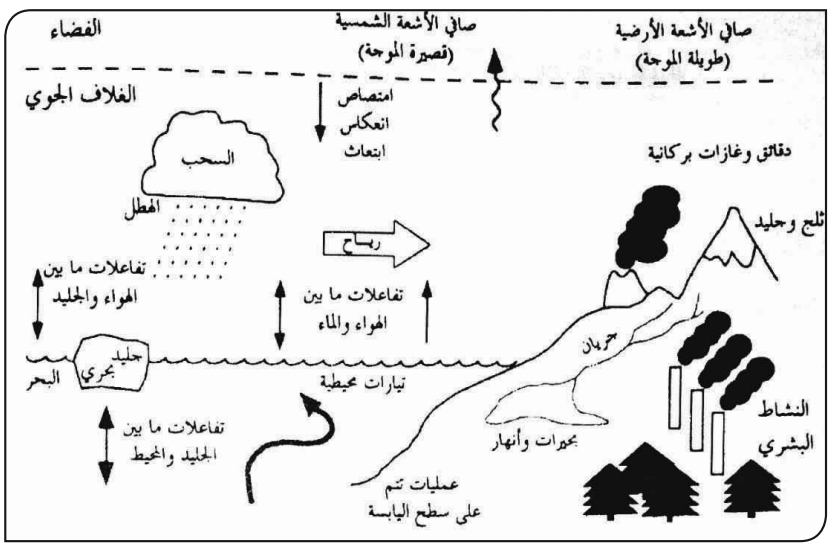
3 - 2 نظـــام المنـــاخ

إن النظام المناخي نظام معقد ومتفاعل يتألف من الغلاف الجوي Atmospher وسطح اليابسة Land surface والغلاف المائي Hydrospher والغلاف الجليدي Cryospher، بالإضافة إلى كائنات حية مختلفة Biospher. يتطور النظام المناخي مع الوقت تحت تأثير دينامياته الداخلية وبفعل التغيّرات في العوامل الخارجية التي يتأثر المناخ بها (تسمى التأثيرات). وتشمل التأثيرات

الخارجية الظواهر الطبيعية كالثوران البركاني والتقلبات الشمسية إلى جانب التقلبات في الغلاف الجوي البشرية المنشأ، كما يظهر في الشكل (3-1) [13].

الشكل 3-1

العوامل المؤثرة في تطور النظام المناخي.



يمثل الغلاف الجوي الجزء الأسرع تبدلا في نظام المناخ، ويحتل تركيبه المتبدل مع تطور الكرة الأرضية خلال تاريخها الطويل أهمية كبيرة في مناقشة أسباب التغيرات المناخية. ويتكون الغلاف المائي من جميع المياه السطحية والجوفية العذبة ومياه البحار والمحيطات المالحة. يسهم الغلاف المائي بدور مهم في خزن ونقل القدرة وحل وخزن كميات ضخمة من غاز ثاني أكسيد الكربون. تعمل دورة المياه في الطبيعة كمنظم لحركة الجو العامة، كذلك تعد مصدرا للتغيرات المناخية الطبيعية التي تتم على مقاييس زمنية طويلة الأمد [13].

يشتمل الغلاف الجليدي على الغطاءات الجليدية في غرينلند والقارة القطبية الجنوبية، والثلاجات القارية، وحقول الثلج، وجليد البحار، والتربة الصقيعية ويكتسب الغلاف الجليدي أهميته بالنسبة لنظام المناخ من خلال درجة عاكسيته العالية لأشعة الشمس قصيرة الموجة (الألبيدو)، ونأقليته الرديئة للحرارة،

والقصور الحراري الذاتي الضخم، ودوره في حدوث دورة المياه الباردة العميقة. وبما أن الغطاءات الجليدية تخزن كميات ضخمة من المياه، فإن التغيرات الطارئة على حجومها ستنعكس على تغيرات مستوى سطح البحر.

تتحكم التربة والغطاء النباتي فوق سطح اليابسة بآلية عودة جزء من الطاقة الشمسية الواصلة اليها ثانية إلى الغلاف الجوي إما على هيئة أمواج طويلة، أو على هيئة حرارة كامنة مستخدمة في تبخير مائها. كما يؤثر قوام سطح الأرض ديناميكياً على الغلاف الجوي من خلال تأثيراته على حركة الرياح فوقه، كذلك تحمل الرياح الغبار والأتربة الناعمة من اليابسة لتبقيعا عالقة في الغلاف الجوي، حيث تتفاعل مع الأشعة الشمسية الواردة والمرتدة مؤثرة بذلك في المحصلة الإشعاعية للغلاف الجوي.

للغلاف الحيوي الأرضي والمحيطي تأثير مهم على تركيب الغلاف الجوي. يتمثل التأثير الجوي باختزان وإطلاق غازات الدفيئة. تطلق الأحياء الهوائية ثاني أكسيد الكربون خلال عملية التنفس بينما تخزن النباتات الهوائية والمائية خلال عمليات التمثيل اليخضوري كميات ضخمة من الكربون من غاز ثاني أكسيد الكربون الجوي، لذا فالغلاف الحيوي يمارس دوراً أساسياً في دورة الكربون في الطبيعة، كما يمارس مثل هذا الدور في التوازن بعض الغازات الأخرى مثل غاز الميتان وغاز النتروز. وبما أن تخزين الكربون وتبادل الغازات النادرة يتأثر بالمناخ السائد، لذا فإن التغذيات الراجعة بين تغير المناخ والتراكيز الجوية للغازات النادرة يمكن أن تظهر. إن التأثيرات المناخية على الغلاف الحيوي محفوظة ضمن الوقود الأحفوري. وحلقات الأشجار وحبوب الطلع، وغيرها من السجلات، لذا فإن كثيراً من معلوماتنا عن المناخ القديم جاءت من خلال مؤشرات حيوية.

3 - 3 ما يعنيه الطقس وما يعنيه المناخ

الطقس هو الحالة اليومية للغلاف الجوي في منطقة ما وتغيراتها القصيرة (من دقائق إلى أسابيع). في حين أن المناخ عبارة عن معلومات إحصائية عن الطقس

تصف تباين الطقس في مكان محدد لفترة زمنية حددت بـ 30 عاما حسب منظمة الأرصاد الجوية العالمية.

يشمل الطقس درجة الحرارة والرطوبة والهطول والسحب والسطوع والرؤية والرياح والضغط الجوي. في معظم الأماكن، يمكن أن يتغير الطقس من دقيقة إلى دقيقة ومن ساعة إلى ساعة أخرى، ومن يوم إلى آخر، ومن موسم إلى آخر. بينما المناخ هو متوسط الطقس مع مرور الوقت والمكان.

عندما يتحدث العلماء عن المناخ، فإنهم يبحثون في متوسط هطول الأمطار ودرجة الحرارة والرطوبة وأشعة الشمس وسرعة الرياح وظواهر مثل الضباب والصقيع وعواصف البرد، وغيرها من إجراءات الطقس الذي يحدث على مدى فترة طويلة في مكان معين. على سبيل المثال، بعد النظر في بيانات مقياس المطر، ومستويات البحيرة والخزانات، وبيانات الأقمار الصناعية، يمكن للعلماء معرفة ما إذا كانت المنطقة خلال فصل الصيف أكثر جفافًا من المتوسط. أو إذا كان سيستمر الجفاف أكثر من المعتاد على مدار الصيف، فمن المحتمل أن يشير إلى حدوث تغيير في المناخ. يبين الجدول (3-1) مقارنة بين الطقس والمناخ.

3 - 4 الأسباب الموجبة لدراسة المناخ

السبب في دراسة المناخ هو أهمية تقلبات المناخ وتغير المناخ، الذي سيؤثر على الناس في جميع أنحاء العالم. وسيؤدي ارتفاع درجات الحرارة العالمية إلى ارتفاع منسوب مياه البحر وتغيير معدلات هطول الأمطار وغيرها من الظروف المناخية المحلية. وقد يؤدي تغير المناخ الإقليمي إلى التأثير والتغيير في الغابات وفي إنتاجية المحاصيل وإمدادات المياه. يمكن أن يؤثر أيضًا على صحة الإنسان والحيوانات وأنواع كثيرة من النظم الإيكولوجية. قد تتوسع الصحاري لتشمل المراعي الحالية، وقد يتم تغيير ميزات بعض المتنزهات الوطنية والغابات الوطنية بشكل دائم.

الجدول (3-1)

مقارنة بين الطقس والمناخ.

مقارنه الطقس مع المناخ		
	الطقس	المناخ
التعريف	يصف الظروف الحيوية عند نقطة زمنية محددة ويشير الطقس عموما إلى درجة الحرارة اليومية ونشاط الهطول.	يصف متوسط الظروف المتوقعة في مكان محدد وفي وقت معين يتم انشاء مناخ المناطق بواسطة نظام المناخ الذي يتكون من خمسة مكونات: الغلاف الجوي، الغلاف المائي، الغلاف المائي، الغلاف الجليدي، سطح الأرض
المكونات	يشمل أشعة الشمس والمطر والغطاء السحابي والرياح والبرد والأمطار المتجمدة والفيضانات والعواصف الثلجية والجليدية والرعدية والأمطار المستمرة من جهة باردة أو حرارة دافئة أمامية مفرطة وموجات حرارية وأكثر	قد يشمل المناخ هطول الأمطار وشدة اشعه الشمس والرياح وسرعتها وظواهر مثل العواصف الضبابية والصقيع والبرد على مدى فترة طويلة من الزمن
توقعات	من خلال جمع بيانات الارصاد الجوية مثل الضغط، درجة حرارة الهواء والرطوبة والاشعاع الشمسي وسرعة الرياح واتجاهها.	حسب مجاميع إحصاءات الطقس خلال فترة 30 سنة
عوامل التكرار	قياسات في الوقت الحقيقي من الغلاف الجوي والضغط ودرجة الحرارة وسرعة الرياح واتجاهها والرطوبة وهطول الأمطار والغطاء السحابي وغيره من المتغيرات	إحصائيات مجمعة على مدار 30 عاماً (الأحوال الطبيعية للمناخ)

حول	الطقس هو حالة الغلاف الجوي من يوم ليوم والمتغيرات على مدة قصيرة (من دقائق إلى اسابيع)	يتم تعريف المناخ انه معلومات إحصائية عن الطقس التي تصف تباين الطقس في مكان معين لفترة زمنية محددة
الفترة الزمنية	يقاس على المدة القصيرة	يقاس على فترة زمنية طويلة
الدراسة	علم الارصاد الجوية	علم المناخ

3 - 5 أوجه التشابه بين الطقس والمناخ

الطقس والمناخ من علوم الغلاف الجوي، وكل منهما هو حالة الظروف الجوية للمكان، ويشمل كل منهما الخصائص الجوية مثل هطول الأمطار ودرجة الحرارة والرطوبة والرياح والضغط. وما إلى ذلك.

3 - 6 العوامل المؤثرة في التغيرات في الطقس والمناخ

3 - 6 - 1 البعد عن البحر

المحيطات والبحار عبارة عن مسطحات مائية كبيرة تعمل كمعدلات للمناخ في المناطق الساحلية. يتم تسخين المياه بشكل عام ببطء خلال النهار، وفي الوقت نفسه يبرد الماء ببطء في الليل مما يخلق تدارجاً في الضغط.

بسبب الاختلاف في الضغط الجوي (الناتج عن الاختلاف في درجة الحرارة)، تبدأ نسائم البحر والأرض من أجل تخفيف درجة حرارة الغلاف الجوي. ومع ذلك يكون المناخ أكثر اعتدالاً في المناطق الساحلية.

3 - 6 - 2 تيارات المحيط:

تيارات المحيط هي عوامل مهمة تؤثر على المناخ. والطاقة الأكبر تكون نتيجة الاختلاف في درجات حرارة الماء في الأرض أو الهواء، فتسخين الماء وتهدئته تتم

ببطء أكثر من الأرض، بالنتيجة المناخ في اليابسة يكون موضوع لأكثر مجاميع درجات الحرارة القصوى من المناخات الساحلية. والتي تمتص من قبل المياه القريبة.

تمتص الطبقة السطحية للمحيط أكثر من نصف الحرارة التي تأخذها الأرض من الشمس لذلك ينقل التيار السطحي الكثير من الحرارة. على كل حال، التيارات التي تتدفق حول خط الاستواء تكون دافئة بينما التيارات التي تتدفق حول القطبين تكون باردة.

3 -6 - 3 الجبـــال:

الجبال هي من أكبر الصفات الفيزيائية التي وجدت على يابسة القارات، حيث تملك جانبين جانب بعكس الريح وجانب باتجاه الريح. لكلا الجانبين من الجبال العديد من التأثيرات على المناخ. الجانب المعاكس للريح يستلم المطر أكثر من أخفض الطبقات أو من الجانب باتجاه الريح لأن الجبال تسبب ارتفاع الهواء. والهواء المرتفع إلى الأعلى يصبح أقل كثافة، وبالتالي الهواء الرطب المتشكل يتكاثف ويملئ الأرض كالمطر. المكان المرتفع عن مستوى البحر سيكون أبرد.

الارتفاعات المتزايدة، تجعل الهواء أخف وأقل قدرة على امتصاص الحرارة والاحتفاظ بها. على كل حال، مجاميع الجبال تكونت بنفس العمليات التي سببت انجراف القارات منذ ملايين أو عشرات الملايين من السنين الماضية. فعندما اصطدمت القارات، الصخور في المنتصف تضايقت للأعلى لتشكل الجبال. معظم حالات الطقس العالمية تحدث في أوطأ الطبقات من الغلاف الجوي للأرض أي مابين 5-8 ميل. وبالتالي يمكن لسلاسل الجبال تعطيل تدفق الهواء من خلال وجودها لأنها تعمل بمثابة حواجز أمام تدفق الهواء عبر سطح الأرض وبالتالي، هذا يؤثر على الطقس وتغير المناخ.

3 - 6 - 4 اتجاه الرياح السائدة:

الرياح السائدة هي الرياح التي تهب في كثير من الأحيان من اتجاه واحد

في فترة معينة. الرياح يمكن أن تؤثر بشكل كبير على كمية الهطولات التي تتلقاها المنطقة، وهذا يتوقف على كمية الرطوبة التي تحملها. يمكن لهذه الرياح السائدة نقل كتل الهواء من المحيط إلى اليابسة، وبذلك تجلب الرطوبة إلى اليابسة. من ناحية أخرى، قد تحرك الرياح السائدة الكتل الهوائية من اليابسة إلى المحيط، مما يحرك الهواء الأكثر جفافا من اليابسة.

3 - 5 - 6 المسافة عن خط الاستواء:

المسافة عن خط الاستواء لها تأثير على مناخ المنطقة. في القطبين، تصل الطاقة المستمدة من الشمس إلى سطح الأرض بزوايا منخفضة وتمر عبر طبقة أكثر سمكا من الغلاف الجوي مقارنة بالخط الاستوائي. هذا يعني أن المناخ في القطبين أكثر برودة من خط الاستواء. وفي القطبين يحدث أكبر فرق في طول النهار بين أيام الصيف والشتاء. في بعض الأحيان خلال فصل الصيف، قد تغرب الشمس عن القطبين، ومع ذلك، فإن القطبين يتعرضان لفترة من الظلام الكامل خلال فصل الشتاء. في المقابل، يختلف طول اليوم عند خط الاستواء.

3 -6 - 6 الأنشطة البشرية:

مع استمرار زيادة عدد سكان العالم، هناك أيضاً ارتفاع في الطلب على الغذاء ومستلزمات الحياة والطاقة. ويؤدي هذا الطلب المتزايد إلى قطع أشجار الغابات واستكشاف سطح الأرض وإنشاء صناعات، الأمر الذي يؤدي بدوره إلى زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، مما ينعكس على تغير المناخ.

3 - 7 أهمية الطقس والمناخ للإنسان:

الطقس والمناخ مهمان جداً للإنسان وبيئته، الفائدة الأكثر أهمية للطقس والمناخ هي أنها تجلب الأمطار، الثلوج وغيرها من أشكال الهطولات، هذه الهطولات تحافظ على جميع الكائنات الحية على سطح الأرض (البشر، النبات، الحيوانات والكائنات الحية الدقيقة...).

دون امدادات ثابتة من الماء على الأرض سيكون من الصعب التنبؤ بنوع زراعة المحاصيل في منطقة معينة. إذا كان التغير في المناخ يغير الطقس بحيث ينتج القليل من الماء او الكثير منه فسيظل له تأثير كبير على المخزون الزراعي والحيواني.

يؤثر الطقس والمناخ على توزيع النبات والحيوان عبر المناطق الإحيائية المختلفة في العالم على سبيل المثال منطقة التندرا الإحيائية (التندرا في أنتاركتيكا) تتميز بالمناخ البارد والجاف، في حين أن المناطق الإحيائية البحرية أبرد في القطب، ولكنها أكثر دفئا عند خط الاستواء، فهي تدعم أنواع مختلفة من النباتات والحيوانات.

تتأثر النظم البيئية الطبيعية باستمرار بأنشطة الطقس والمناخ وبالتالي فإن الأماكن ذات المناخ الجاف القاسي (البيئات الصحراوية) هي أفضل المواقع لاستخراج الفلزات والمعادن التي تستخدم في العديد من صناعات الإنتاج مثل الإلكترونيات. من ناحية أخرى تعد بيئة الغابات المطيرة، التي تستقبل الكثير من الأمطار موطنا لأنواع النباتات المختلفة التي يشتهر بعضها بفوائد مناخية.

من الواضح أن دراسة الطقس والمناخ مهمة للإنسان لأنها تساعد المرء على تحديد التغيرات المناخية المستقبلية في أجزاء معينة من العالم.

الطقس والمناخ هي جوانب مهمة للغاية للبيئة الطبيعية، أنها تخلق الوعي بما قد يحدث على أساس يومي أو سنوي. يساعد هذا الوعي في الاستعداد قبل الكوارث القادمة التي قد تحدث في المستقبل وأيضاً لإيجاد طرائق ممكنة للتكيف مع مثل هذه الظواهر، على سبيل المثال البرد الشديد والأمطار الغزيرة والجليد المتجمد وغيرها.

تنبؤات الطقس مهمة أيضاً لأنها تحذرنا من مخاطر بعض الحوادث الطبيعية أو الكوارث التي قد تحدث في بيئتنا الطبيعية في المستقبل، وتشمل هذه الكوارث مخاطر الحرائق والأعاصير والثلوج والبرد،.....إلخ.

الطقس والمناخ يؤثران بشكل مباشر أو غير مباشر علـى العديد من الأنشطة البشرية، ويساعد الطقس على تحديد نوع المحاصيل التي يجب زراعتها، واللباس الذي يجب ارتداؤه، ونوع الطعام الذي نأكله، أخيراً، يحدد مكان وطبيعة المنازل التي نعيش فيها.

الفصل الرابع

الظواهر واسعة النطاق وإجراءات تعديل الطقس



الفصل الرابع
الظواهر واسعة النطاق
وإجراءات تعديل الطقس

4 - 1 مقدمـــة

يهتم علم الأرصاد الشمولي synoptic meteorology بدراسة الحركات الجوية وتحليلها بمقاييس كبيرة، بغية تحديد سلوك الجو، وللتنبؤ بالتطورات المقبلة في الأحوال الجوية. والتنبؤات الجوية من الاهتمامات الرئيسة لهذا العلم الذي تعود بداية ظهوره إلى منتصف القرن التاسع عشر، وتعزز موقعه منذ أوائل الخمسينيات من القرن العشرين لازدياد كثافة محطات الرصد الشمولية (السينوبتية) ولاستخدام تقنيات متطورة في سبر الجو رأسياً، وفي تبادل المعلومات وتحليلها، وغير ذلك.

ويعد العالم الألماني دوفي Dove أول من وضع في عام 1827 مفهوم علم الأرصاد الشمولي (السينوبتي). وفي عام 1835 أثبت عالم الفيزياء الفرنسي غاسبار كوريوليس G.Coriolis رياضياً تأثير دوران الأرض في حركة الهواء، وبرهن على ذلك وأكده الأمريكي وليم فريل W.Ferrel عام 1856.

تبلورت في منتصف القرن العشرين معظم الأسس النظرية والتجريبية لعلم الأرصاد الجوية بفروعه المختلفة. وقبل منتصف الثلاثينات من القرن العشرين كانت معرفة الأحوال الجوية في الأجزاء العليا من الجو محدودة، لعدم توافر الوسائل الممكنة لسبر تلك الأجزاء، والتي لم تكن تتعدى في البداية بعض الطائرات الورقية (1890– 1925) والطائرات العادية بعد عام 1925، والبالونات (المناطيد العادية) منذ عام 1892. وقد أحدث دخول المسبار اللاسلكي «الراديو سوند radiosonde » منذ عام 1937 عالم سبر الجو رأسياً وقياس درجة الحرارة والرطوبة والضغط الجوي وتحديد اتجاه الرياح وسرعتها، ثورةً في علم الأرصاد

الجوية، إذ مكن العلماء من معرفة الأحوال الجوية السائدة في كل سوية من سويات الجو حتى علو يقارب 35كم. وقد أسهم جهاز الرادار أيضاً إسهاماً فعالاً في دراسة الكثير من الظواهر الجوية، وتحديد وجهتها وحركاتها. ومع أن الطيران النفاث منذ دخوله الأجواء العالمية في الخمسينات من القرن العشرين، قد قدم معلومات وفيرة عن الجو وأحواله لسماكة تزيد على عشرة كيلومترات، وكذلك الحال في صواريخ الطقس التي فاقت في أرتفاعها (25- 48كم) مستوى المسبار اللاسلكي، فإنه كان لدخول الأقمار الصناعية مجال الأرصاد الجوية الدور الأكبر في معرفة خصائص أكبر ثخانة من جو الأرض (تراوح بين 700كم للأقمار الصناعية الدائرة الطولانية أو ما يعرف بالأقمار الصناعية القطبية polar satellites ، و36 ألف كم للأقمار الصناعية شبه الثابتة geostationary satellites

وساعد ازدياد كثافة شبكة محطات الرصد الجوي في العالم وتطور وسائل الاتصال وتبادل المعلومات، على إعطاء دفع للتنبؤات الجوية، وتوفير مزيد من معرفة الجو وأحواله.

وكان للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) التابعة للأمم المتحدة، والتي مقرها مدينة جنيف (سويسرا) فضل كبير في التطورات الحديثة في مجال الأرصاد الجوية، ودورها المهم في تنسيق عمليات الرصد الجوي، وشبكات محطات الرصد في العالم وتطوير بحوث مجال الأرصاد الجوية والأسس الرياضية والفيزيائية الناظمة للحركات الجوية واختبارها.

وعمليات التنبؤ الجوي والتوسع في الدراسات التطبيقية لعلم الأرصاد الجوية، وتطوير مراكز الأرصاد الجوية، وتدريب عناصرها الفنية، وتسهيل عمليات تبادل المعلومات الرصدية.

4 - 2 ظاهرة واسعة النطاق (سينوبتيكية)

إن ظواهر الطقس الواسعة النطاق أو السينوبتيكية هي أنماط مناخية تستمر لأكثر من يوم وتغطي آلاف الكيلومترات المربعة.

والكتل الهوائية «وهي الأجسام الكبيرة من الهواء ذات درجة الحرارة والرطوبة الموحدة» قد تنتج ذات الطقس المستمر لعدة أيام أو أسابيع.

وأعاصير دوائر العرض الوسطى والأعاصير المدارية تمثل نظام عواصف متنقل ليغطي مساحات شاسعة وقد تستمر لأسبوع أو أكثر.

4 - 3 الكتل الهوائية

4 - 3 - 1 مفهوم الكتل الهوائية:

يقصد بالكتل الهوائية (Air Masses) بأنها «أجسام هوائية عظيمة تتميز بخصائص معينة من جراء استقرارها فوق سطح كبير واسع ومتجانس، يطلق عليه اسم الإقليم المصدري Source Region إن الشيء المهم الذي يجب أن نلاحظه هو أن الكتلة الهوائية تظل محتفظة بخصائصها المكتسبة من إقليمها المصدري لفترة معينة حتى ولو ابتعدت عنه [12] .

وتنتقل الكتل الهوائية من منطقة لأخرى تحت تأثير الاختلافات الحاصلة في قيم الضغط الجوي». وقد جاء الاهتمام في دراسة الكتل الهوائية بعد الحرب العالمية الثانية على يد العالم النرويجي (بيركنس Bjerkness) الذي حدد معنى الكتل الهوائية وأثرها في علم الرصد الجوي.

4 -3 - 2 شروط تكوين الكتل الهوائية:

يشترط في تكوين الكتل الهوائية صفة (التجانس في قطاعاتها)، وهذا التجانس يجب أن يكون في خصائص الحرارة والرطوبة والسحب خاصة في قطاعها الأفقي، وان توفر هذا الشرط يتطلب ان تكون من ضمن خصائص اقاليم نشوئها (Source Regions) التجانس في المظهر والصفات أولاً، وان يبقى الهواء فترة كافية من الوقت لكي تكتسب نفس صفات تلك المناطق ثانياً، وتعد المناطق الواسعة من الضغط العالي فوق السهول الواسعة كسهول كندا وسبيريا والمحيطات المدارية وشمال افريقيا ونطاق الضغط العالي فوق المداري هي مناطق واسعة لتكون هذه

الكتل، ولا تبقى الكتلة الهوائية في منطقة التكوين بعد تجانسها، إذ تتحرك من مكان نشوئها وتنتقل معها الصفات والمميزات والخصائص المناخية إلى المناطق التي تمر بها.

ويؤثر انتقال الكتلة الهوائية تأثيراً كبيراً على ما يحدث من ظواهر طقسية ومناخية لأنها تقوم بنقل الخصائص الحرارية والرطوبية من مناطق نشوئها إلى مناطق أخرى تختلف عنها في تلك الخصائص، ولذلك فهي تمثل شكلاً جغرافياً تتجانس فيه وتتظافر تأثيرات دائرة العرض المكان الذي تنشأ فيه، وبما يمتلك من خصائص مكانية وزمانية، لذلك تعد مركب جغرافي لخصائص مناطق النشوء وما يعكسه من تغير في تجانس مكونات الهواء والخصائص للعناصر الطقسية والمناخية للمناطق التي تهب وتستقر عليها.

وبعد أن تصل الكتل الهوائية إلى المناطق التي تتحرك باتجاهها فإن الكتل الهوائية ستتميز بخاصتين، أما أن تستقر فوق تلك المنطقة ويطلق عليها بالكتلة الهوائية المستقرة Stability، أو تكون غير مستقرة instability، وترتبط خاصيتي الاستقرار وعدم الاستقرار بطبيعة الخصائص الحرارية السائدة في المنطقة التي تتقدم باتجاهها الكتلة الهوائية، فإذا كانت حرارة السطح الذي تتحرك فوقه الكتلة مرتفع الحرارة فإن ذلك يعمل على تسخين الكتلة الهوائية وحدوث تيارات هوائية صاعدة يرافقها حالة اضطراب وعدم استقرار في الكتلة الهوائية والتي توصف حينئذ بأنها كتلة غير مستقرة instability، ومن أمثلتها تحرك الكتل الهوائية المدارية البحرية عند انتقالها إلى اليابسة خلال فصل الصيف، حيث تكون حرارة اليابسة مرتفعة جداً، مما يؤدي إلى تسخينها وظهور تيارات هوائية صاعدة مع الاضطرابات التي ترافق الطقس السائد، وكذلك عند تحرك الكتل الهوائية القطبية القارية (باردة وجافة) باتجاه المسطحات المائية خلال فصل الشتاء (حيث أن الماء دافئ ورطب). في حين يحدث العكس عند تحرك الكتل الهوائية فوق سطح أبرد منها، كما في تحرك الكتل الهوائية الدافئة أو الحارة فوق سطح بارد، فإن هواءها ستخفض حرارته في طبقاته السفلى وعند ذلك يبرد الهواء فيتقلص حجمه ويستقر

بجوار سطح الأرض، وتوصف الكتلة في هذه الحالة بأنها مستقرة Stability، كما في تحرك الكتل المدارية الحارة عندما تتحرك باتجاه القطبين، وقد ازداد الاهتمام بدراسة الكتل الهوائية ورصد حركاتها من خلال ما يحدث من اضطرابات جوية في مناطق العروض الوسطى.

4 - 3 - 3 تصنيف الكتل الهوائية وخصائص كل منها:

يعتمد تصنيف الكتل الهوائية بشكل عام على دوائر العرض التي تنشأ أو توجد فيها الأقاليم المصدرية والتي تحدد الخصائص الحرارية للكتلة الهوائية أولاً وعلى طبيعة سطح ذلك الإقليم (سواء اكان بشكل يابس أو ماء) والذي يحدد خصائص رطوبتها أو جفافها ثانياً، إذ تحدد دوائر العرض للأقاليم المصدرية طبيعة درجة الحرارة، في حين يحدد السطح طبيعة وخصائص الرطوبة التي تحتويها الكتلة الهوائية.

وتصنف الكتل الهوائية تبعاً لدوائر العرض الذي تقع في ضمنه الأقاليم المصدرية إلى:

- كتلة هوائية متجمدة ويرمز لها بالحرف A (Arctic).
- كتلة هوائية قطبية ويرمز لها بالحرف P (Polar).
- كتلة هوائية مدارية ويرمز لها بالحرف T (Tropical).
- كتلة هوائية استوائية ويرمز لها بالحرف E (Equatorial).

وتحدد خصائص ورمز الكتلة الأقليم المصدري (يابسة أو ماء) فيرمز بالحرف (C) (لليابسة Continental) و(M) (للمحيط أو الماء Maritime)، إذ ان (C) تعني ان الكتلة نشأت فوق اليابسة أو القارة و(M) تعني ان الكتلة أقليمها المصدري مسطحات مائية.

وقد قام العالم بيرجيرون Bergeron عام 1925 بتصنيف الكتل الهوائية معتمداً على درجة الحرارة والرطوبة، وحدد درجة الحرارة وفقاً لدوائر العرض،

في حين حدد الموقع بالنسبة لليابسة والماء في تحديد خصائص الكتلة رطوبياً، ووفق ما يأتي:

- **الكتل الهوائية المتجمدة** Arctic Masses: ويرمز لها بالحرف (A) وتقسم إلى قسمين كتل متجمدة تنشأ في شمال الكرة الأرضية وتتوزع إلى شمال دائرة العرض القطبية الشمالية والثانية إلى جنوب الدائرة القطبية الجنوبية Antarctica، وتتميز بكونها كتل باردة جداً تقل الحرارة فيها عن (-46مْ).
- **كتل هوائية قطبية** Polar Air Masses: ويرمز لها بالحرف(P) وتتراوح درجة الحرارة فيها بين (0- 11مْ). وتقسم إلى نوعين:
- **كتل هوائية قطبية قارية** Continental Polar Air Masses **ويرمز لها بالحرفين** (CP): وتنشأ في النصف الشمالي فوق الاقسام الشمالية من قارات أوراسيا وامريكا الشمالية وفي جرينلاند وكندا والقسم الأوسط من سهول سيبيريا بين دائرتي عرض (45- 60 شمالاً)، وتتميز بان الحرارة فيها تتراوح بين (0-11مْ) والرطوبة (1.4غ/كغ) ولاتوجد في النصف الجنوبي لان معظمه مسطحات مائية ضمن دوائر العرض التي تنشأ فيها.
- **كتل هوائية قطبية بحرية** Maritime Polar Air Masses: ويرمز لها بالحرفين (MP) وتنشأ فوق شمال المحيط الأطلسي والهادئ وبين دائرتي عرض (45- 50° شمالاً وجنوباً)، وتكون أقل برودة إذ تصل الحرارة إلى (4مْ)، وتحتوي على كمية من بخار الماء تصل إلى (4.4 غ/كغ) لاسيما في الشتاء، وتسبب سقوط الأمطار في هذا الفصل.
- **كتل هوائية مدارية** Tropical Air Masses : ويرمز لها بالحرف (T) المأخوذة من الكلمة Tropical أي المدار، وتنشأ فوق مناطق الضغوط العالية شبه المدارية في الصحاري أو المحيطات، وتكون دافئة أو حارة وهي على نوعين:
- **كتل هوائية مدارية قارية** Continental Tropical Air Masses : ويرمز لها بالحرفين (CT) تنشأ فوق يابس القارات المدارية، حيث يوجد الضغط

العالي الدائم، وتكون حارة جافة ومحملة بالأتربة صيفاً لأن مصدرها الأراضي اليابسة فوق الصحاري المدارية كما في الصحراء الافريقية الكبرى وشبه الجزيرة، ووسط استراليا، وتصل درجة الحرارة فيها إلى حوالي (24مْ)، أما الرطوبة فهي أقل من (11غ/كغ)، وفي الشتاء تكون منخفضة الحرارة ومقترنة بالجفاف باردة وجافة.. الجدول (4-1)

- **كتل هوائية مدارية بحرية** Maritime Tropical Air Masses : ويرمز لها بالحرفين (MT) وتنشأ فوق المحيطات المدارية في ضمن مركز الضغط العالي الدائم وهي دافئة تصل الحرارة فيها إلى حوالي(21مْ) وفيها نسبة من بخار الماء تصل إلى (17غ/كغ) لأنها تتكون فوق المحيطات المدارية ذوات الحرارة المرتفعة يرافقها ظهور الضباب خلال فصلي الربيع وبداية الصيف، وإذا انتقلت إلى اليابس الحار فإن هواءها يسخن في طبقاته السفلى ويرتفع للأعلى فيتكاثف وتسقط الأمطار الغزيرة مصحوبة بعواصف رعدية.
- **كتل هوائية استوائية** Equatorial Air Masses: ويرمز لها بالحرف (E) وتقع بين (0 - 10° شمالاً وجنوباً) وتقسم إلى :
- **كتل هوائية قارية** Continental Equatorial Air Masses (CE).
- **كتل هوائية بحرية** Maritime Equatorial Air Masses (ME).
- وتحتوي هذه الكتل على خصائص حرارية تصل الحرارة فيها إلى (27مْ)، أما خصائصها الرطوبية فتصل إلى أكثر من (19غ/كغ)، ولا توجد كتل هوائية استوائية قارية وذلك لان اليابسة في المنطقة الاستوائية تتعرض إلى أمطار غزيرة ودائمة، مما يؤدي إلى رطوبة عالية في الهواء وتستطيع أن تزود الهواء بكل مايتطلبه من بخار فتصبح كتل هوائية رطبة تشبه إلى حد ما الكتل الاستوائية البحرية.

وعندما تتحرك الكتل الاستوائية البحرية إلى المناطق اليابسة تفقد معظم رطوبتها وتصبح جافة، وتتوقف درجة حرارة الكتلة الهوائية على حرارة المنطقة التي نشأت فوقها أو التي تمر عليها، وتعد دافئة إذا كانت حرارتها أعلى من حرارة

المنطقة التي تمر عليها، والكتل الهوائية البحرية تكون دافئة في الشتاء بالنسبة للبابس وبالعكس صيفاً.

الجدول 4-1

أنواع الكتل الهوائية الرئيسة وخصائصها

اسم الكتلة ورمزها	الموقع بالنسبة لدوائر العرض	خصائص درجات الحرارة والرطوبة	درجة الحرارة(مْ)	الرطوبة النوعية (غ/كغ)
متجمدة قارية CA	90-60	باردة جداً- جافة جداً	46-	0.1
قطبية قارية CP	60-45	باردة- جافة	11-0	1.4
قطبية بحرية MP	60-45	باردة- رطبة	4	4.4
مدارية قارية CT	35-20	دافئة- جافة	24	11
مدارية بحرية MT	35-20	دافئة- رطبة	21	17
استوائية ME	10-0	دافئة- رطبة جداً	27	19

4-3-4 تأثير الكتل الهوائية على خصائص الطقس والمناخ:

تؤثر الكتل الهوائية على عدد من المناطق التي تنشأ فوقها كتل من نوع واحد فقط كما هو عليه الحال في شمال ووسط كندا والتي تنشأ فيها كتل هوائية قطبية قارية (CP)، وكذلك في الأقاليم التي تقع داخل نطاق الضغط العالي فوق المداري حيث تنشأ فيها كتل هوائية قارية (CT) أو بحرية (MT) مما تحدد من الخصائص الطقسية والمناخية السائدة فيها [14].

ويظهر تأثير الكتل الهوائية بعكس ذلك في المناطق التي تتعرض لنوع معين من الكتل في فصل من فصول السنة والى نوع اخر في فصل اخر، وينتج عن ذلك تباين مناخي وتغير في الطقس بين الفصلين، ففي منطقة منشوريا وشمال شرق الصين تسود كتل هوائية قطبية قارية خلال الفصل البارد، والتي يرافقها انخفاض في معدلات درجات الحرارة مع الجفاف، في حين نجد ان الفصل البارد والمعتدل تسيطر خلاله كتل هوائية مدارية بحرية رطبة، فتتغير الظروف الطقسية والمناخية فترتفع الحرارة وتزداد رطوبة الجو مما يؤثر ذلك على تغير نظام سقوط الأمطار وكمياتها.

وتتأثر مناطق أخرى من سطح الأرض من خلال تعرضها لكتل هوائية مختلفة على مدار السنة، لذا يكون طقسها متميزاً بتغيره بين مدة وأخرى، كما يظهر ذلك في المناطق الغربية من قارة أوروبا التي تتأثر بالكتل المدارية القارية الدافئة والكتل القطبية الباردة بنوعيها القطبية القارية (CP) والقطبية البحرية (MP)، في حين تقع مناطق أخرى منها في ضمن مناطق الصراع المستمر بين الكتل الهوائية المتباينة في خصائصها الحرارية والرطوبة.

وتخضع مناطق أخرى من سطح الأرض تحت تأثير كتل هوائية ذوات صفات معينة وخلال مدة قصيرة لا تتجاوز عدداً من الأيام ثم يختفي تأثيرها لتظهر كتل هوائية أخرى ذوات صفات مختلفة تماماً، فضلاً عن ذلك فإن هذه المناطق تكون عرضة لحدوث الانخفاضات الجوية والأعاصير، كما في منطقة غرب أوروبا والتي تقع تحت تأثير الكتل الهوائية المدارية البحرية المتحركة من المحيط الأطلسي، وكتل هوائية مدارية قارية تصل لها من الصحراء الكبرى عبر البحر المتوسط، فضلاً عن تأثرها بالكتل الهوائية القطبية القارية القادمة من أواسط شمال وشرق سيبيريا، وأخرى بحرية قادمة من المحيط المتجمد الشمالي، وتتميز هذه المناطق والأقاليم التي تؤثر عليها هذه الكتل الهوائية بتغير وتباين الخصائص الحرارية والرطوبة خلال فصول السنة، وتتغير مع ذلك خصائص الطقس والمناخ وما يرافق ذلك من ظواهر جوية سريعة التغير.

تتميز الكتل الهوائية المدارية القارية (CT) بأنها أكثر حرارة من الكتل المدارية البحرية (MT)، وذلك يرجع لان مصدر نشوء الكتل المدارية القارية هو الأرض اليابسة التي تتميز بأنها اسرع في اكتساب الحرارة من المسطحات المائية التي تنشأ فوقها المدارية البحرية، وكذلك نجد ان الكتل القطبية القارية (CP) اخفض حرارة من الكتل القطبية البحرية (MP)، وذلك لأن القطبية القارية نشأت في أقليم مصدري (أرض يابسة) يفقد الحرارة بسرعة مقارنة مع الأقليم المصدري لكتل القطبية البحرية (وهو مسطحات مائية) يفقد الحرارة ببطء لذلك تكون أدفئ، أما من حيث خصائص الرطوبة فإن الكتل البحرية سواء أكانت مدارية بحرية أم قطبية بحرية فإنها تحمل بخار ماء أكثر مما هي عليه في الكتل القارية

سواء أكانت مدارية قارية ام قطبية قارية، كما تتباين الكتل البحرية فيما بينها، إذ أن الكتل المدارية البحرية تحمل رطوبة أكثر من الكتل القطبية البحرية لأن الهواء المرتفع الحرارة في الكتلة الهوائية المدارية البحرية له القدرة على حمل بخار الماء أكثر من الهواء البارد في القطبية البحرية لأن الهواء البارد كما قلنا أقل مقدرة على حمل بخار الماء.

- **الإقليـــم المصـــــدري:**

يقصد بالإقليم المصدري Source Region بانه (المنطقة التي تنشأ فيها الكتل الهوائية والذي يكسبها خصائص حرارية ورطوبة متجانسة تتميز بها)، ولكي نطلق على هذه المنطقة بأنها أقليم مصدري للكتل الهوائية فلابد من توفر شرطين اساسين للإقليم المصدري هما:

1- يجب أن تكون منطقة الأقليم المصدري الذي تنشأ فيها الكتلة الهوائية متجانسة، من خلال السطح الذي تنشأ فيه، إذ أن صفة التجانس للسطح في كونه مسطحاً مائياً أو يابساً يعطي للهواء تجانسه في خصائصه الحرارية والرطوبة، في حين أن التنوع في طبيعة السطح كان يكون جزء منه يابساً وأخر فيه مياه فإن الكتلة لا تتجانس للاختلاف في عمليتي التسخين بين الماء واليابسة وما يحتويانه من رطوبة.

2- أن تكون المنطقة أو الإقليم المصدري منطقة سكون للهواء لمدة طويلة من الزمن، إذ تسمح المدة الطويلة لخصائص الهواء بالتوازن أولاً كما إن سكون الهواء واستقراره فوق المنطقة يسمح للهواء أن يأخذ صفات المنطقة التي يتكون فوقها ثانياً، إذ أن انتقال الحرارة والرطوبة من هذه المنطقة إلى الهواء المستقر فوقه يتطلب أن يبقى الهواء مستقراً لمدة تزيد عن ثلاثة أيام على أقل تقدير. ويوجد نوعين من الأقاليم المصدرية هما:

الأقاليم المصدرية الأولية Primary Source Region والتي تنشأ فوقها الكتل الهوائية الكبيرة الحجم أولاً وتبقى فيها مدة طويلة تقترب من فصل واحد أو أكثر ثانياً.

الأقاليم المصدرية الثانوية Secondary Source Region وتنشأ في الأقاليم أو المناطق والتي لا يبقى فيها الهواء مستقراً أو راكداً دائماً، وإنما يكون بحركة مستمرة مما يؤدي إلى تحور صفاته وعدم انتظامها.

4 - 4 الجبهـات الهوائيـة:

تميل كل كتلة هوائية إلى الاحتفاظ بخصائصها عندما تتلاقى مع كتلة هوائية أخرى. ويطلق على الحدود بين كتلتين هوائيتين مختلفتين اسم الجبهة الهوائية Air Front وعندما تلتقي كتلتين غير متجانستين يتكون بينهما سطح يسمى بسطح الجبهات Front Surface أو سطح الانفصال Surface of separation.

ويمكن تعريف الجبهة الهوائية بأنها (منطقة فاصلة بين كتلتين هوائيتين مختلفتين في خصائصهما من حيث الحرارة والرطوبة)، وتعد الجبهة الهوائية هذه منطقة انتقالية يتراوح عرضها بين (50- 100 كم) وطولها أكثر من 40000 كم. وتتميز الجبهة الهوائية بوجود تغير سريع وحاد في خصائصها المناخية (الحرارة، الضغط الجوي، الرياح وظواهرها الجوية) [16].

لقد تطورت دراسة الجبهات الهوائية لأول مره في معهد (بيرجين) للأرصاد الجوية في النرويج وذلك خلال الحرب العالمية الأولى والذي استوحى مفهومه (اسم الجبهة) من خلال ما يحدث عندما يلتقي جيشين متحاربين على طول جبهة واحدة، فكما يحاول كل جيش أن يقتحم صفوف الجيش الأخر، فإن هواء كل كتلة من الكتلتين المتقابلتين يحاول الاندفاع باستمرار في منطقة هواء الكتلة الأخرى، إلا أن هواء الكتلة الباردة يبقى ملاصقاً لسطح الأرض بسبب ثقل مكوناته، أما هواء الكتلة الدافئة فيندفع فوق سطح الانفصال بشكل موجات، وكل موجة تمثل نواة لأحد المنخفضات الجوية التي تعقب ذلك. وتقسم الجبهات الهوائية إلى ما يأتي:

أ - الجبهة الباردة Cold Front:

يطلق على مقدمة الهواء البارد الذي يلتقي مع الهواء الدافئ اسم الجبهة

الباردة Cold Front ويتميز منحدر الجبهة بأنه شديد الانحدار ويصل إلى (1: 100)، أي تنحدر متراً واحداً عمودياً مقابل كل (100 متر) افقياً، ويقوم الهواء البارد برفع الهواء الدافئ للأعلى، وبالتالي تكاثفه بشكل غيوم ركامية مزنية (CD) تتطور إلى عواصف رعدية مصحوبة بسقوط أمطار غزيرة على مساحة صغيرة ولمدة قصيرة، ويرافق تقدم الجبهة الباردة انخفاض سريع في درجات الحرارة أولاً وتغير سريع في اتجاه الرياح الذي يصل إلى (35 كم / ساعة) وتمثل على خرائط الطقس بشكل خطوط مستقيمة ترسم عليها مثلثات ممتلئة. كما يعقب سقوط الأمطار طقس بارد وانقشاع الغيوم.

ب-الجبهة الدافئة Warm Front:

تتكون الجبهة الدافئة عندما يتقدم الهواء الدافئ ويشغل منطقة كانت تغطيها كتلة هوائية باردة، ويتصف منحدر الجبهة الذي يفصل بها عن الباردة بانحدار تدريجي يتراوح بين (1 : 250)، أي تنحدر متراً واحداً عمودياً لكل 250متراً. وتصل سرع تحرك الجبهة الدافئة بين (20- 25 كم) يرافقها انخفاض حرارة الطبقة للهواء البارد ذاتياً لتحركه فوق سطح بارد مما يرافقه من تكون غيوم السيروز (Cirrus)، كعلامة على تقدمها، ومن ثم ظهور غيوم طبقية عالية وغيوم طبقية متوسطة (AS) وطبقية مزنية (NS)، وتسبب سقوط أمطار خفيفة بشكل رذاذ خفيف في بادئ الأمر يتطور إلى أمطار غزيرة، وبعد مرور الجبهة تصبح السماء صافية وزيادة واضحة في درجات الحرارة وتغير الرياح من اتجاهاتها، ويرمز لهذه الجبهة في خرائط الطقس بخطوط حمراء مدببة.

فضلاً عن هذين النوعين الرئيسين من الجبهات الهوائية تظهر أنواع أخرى من الجبهات، فعندما توجد كتلتين هوائيتين مختلفتين ولكنهما متجاورتين عنهما بأن سطح الجبهة يكون ثابتاً Stationary Front، ولا يحدث من جراء وجود هذا الجبهة أي تغيرات في خصائص الطقس، إلا في حالة الاحتكاك بين جوانب الجبهتين، والذي يرافقه تساقط قليل من الأمطار من خلال تكاثف أطراف هواء الجبهة الدافئة، في حين يظهر نوع آخر من الجبهات عندما يتقدم الهواء البارد

النشط، ويستطيع تشكيل جبهة باردة في مؤخرة المنخفض الجوي، مما يجبر ذلك الهواء الدافئ بالصعود للأعلى وتعرف الجبهة المتكونة بجبهة الانطباق، وعندما تكون درجة حرارة الهواء البارد النشط في مؤخرة المنخفض الجوي أقل حرارة من حرارة الهواء البارد الموجود في مقدمة المنخفض الجوي فإن جبهة الانطباق هذه تسمى بنمط البارد لجبهة الانطباق، في حين إذا كانت درجة الحرارة الهواء البارد المتقدم في مؤخرة أعلى من حرارة الهواء البارد في مقدمة المنخفض الجوي فيسمى نمط جبهة الانطباق هذه بنمط الهواء الدافئ لجبهة الانطباق.

وتقسم الجبهات الهوائية ايضاً وفقاً لموقعها الجغرافي الى:

أ- **الجبهة الإستوائية:** ويطلق عليها عند التقاء الكتل الهوائية الإستوائية مع الكتل الهوائية المدارية وهذا ما سيتم توضيحه لاحقاً.

ب- **الجبهة المدارية:** وتتكون عند التقاء الكتل المدارية مع الكتل الهوائية المعتدلة.

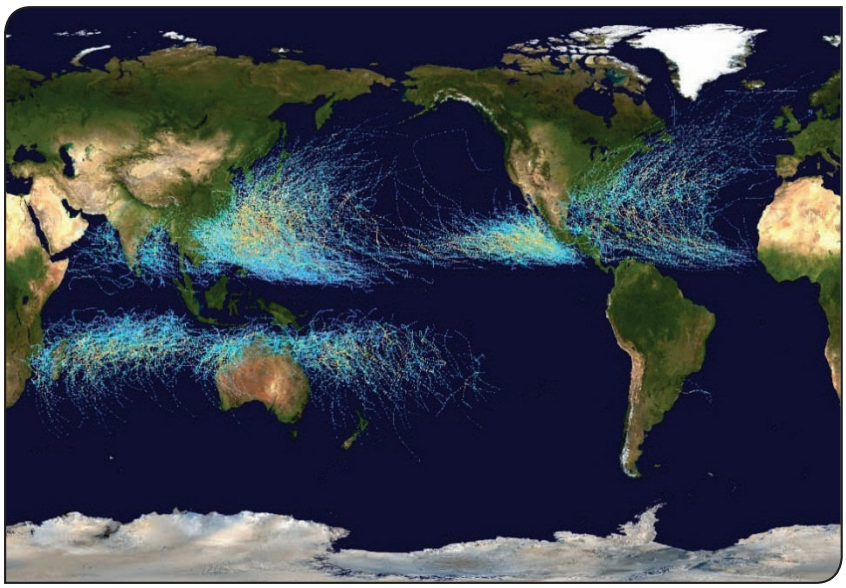
ج- **الجبهة القطبية:** وتظهر في مناطق التقاء الكتل الهوائية القطبية مع الكتل الهوائية المدارية.

5-4 الأعاصيـــر

الإعصار هو أحد الظواهر المناخية التي يتشكّل فيها نظام دائريّ من الغيوم والعواصف الرعدية ذات الدوران المُغلق والمُستوى المُنخفض، وتتشكّل الأعاصير فوق مناطق المياه المدارية أو شبه الاستوائية بين دائرة العرض 5 درجة شمال خط الاستواء و20 درجة جنوب خط الاستواء، الشكل (4-1) في فصلي الربيع والصيف.

الشكل 4-1

الأعاصير المدارية.



وتختلف التسميات التي تُطلق على الأعاصير في العديد من الدول حول العالم ولكنّها تُشير جميعها إلى نفس الظاهرة المناخية التي تحدث عبر أرجاء العالم المُختلفة؛ ففي المحيط الأطلسي ومنطقة الكاريبي يسمى بالهاريكان (Hurrican) بينما يسمى في المحيط الهندي وجنوب شرق آسيا بالتايفون (Typhoon)[17].

4 - 5 - 1 كيفية تشكّل الإعصار

يتطلّب حدوث الأعاصير توافر ظروف محددة في المياه والغلاف الجوي. يتكون الاعصار عندما تسخن المياه السطحية للمحيطات الأستوائية بالقرب من خط الأستواء حيث يزداد تبخر المياه وترتفع درجة حرارة الهواء القريب من سطح الماء ويقل الضغط على الهواء القريب من سطح الماء نتيجة تمدد الجزيئات وزيادة الفراغات بينها بفعل أرتفاع درجة الحرارة. يندفع الهواء الساخن إلى الأعلى في حركة حلزونية بينما يندفع الهواء البارد ذي الضغط العالي من أعلى إلى أسفل.

تتحرك الرياح إلى منطقة الضغط الجوي المنخفضة ذات الحرارة المرتفعة في مركز الاعصار من مناطق الضغط المرتفع وتتكون حركة دائرية حلزونية للهواء تسحب بخار الماء إلى أعلى حيث يتكاثف ويتساقط على شكل أمطار أو ثلوج. تبدأ الكتل الهوائية ذات العواصف الرعدية والبرقية في الدوران والحركة فتتكون عاصفة هوائية شديدة السرعة تعرف بالعاصفة الاستوائية أو المدارية. وعند وصول سرعة الهواء في العاصفة المدارية إلى أكثر من 119 كم/ساعة تتحول العاصفة المدارية إلى إعصار مداري.

4 - 5 - 2 أجزاء الإعصار وفئاته وأخطاره

من أجزاء الإعصار عين الإعصار (The Eye) وهي منطقة مركز الإعصار، وتمتاز هذه المنطقة بهدوئها النسبيّ وصفائها وخلوّها من الغيوم، فعند قدوم عين الإعصار على منطقة ما تتوقّف الأمطار وتُصبح السماء صافيةً، لكنّ هذا الهدوء سرعان ما يزول وينقلب ليبدأ هطول الأمطار وهبوب الرياح مرّةً أخرى ولكن من الاتجاه المُغاير للإعصار هذه المرّة، ويتراوح قطر منطقة عين الإعصار ما بين 32 إلى 64 كيلو متراً. أما جدار عين الإعصار (The Eyewall) فهو يحيط بمنطقة عين الإعصار، ويُعدّ هذا الجُزء أقوى وأشد الأجزاء التي يتكوّن منها الإعصار، ووفقاً لاسمه فإنّ جدار العين يتكوّن من جدار كثيف من العواصف الرعدية والرياح الشديدة التي تكون أقوى ما يُمكن داخله، ويرتبط جدار عين الإعصار بعين الاعصار، حيث إنّ انكماش أو حتّى نمو عين الإعصار يُمكن أن يؤدّي إلى تشكيل جدار مُزدوج من جدار العين، ويؤثّر هذان الجزءان معاً على سرعة الرياح عبر الإعصار، وهي السرعة التي يُمكن من خلالها قياس شدته. أما الدوّامات الماطرة The Spiral (Rain bands) فهي موجات من العواصف الرعدية المُمطرة والمُصاحبة غالباً للرياح العاصفة، وتمتد هذه الموجات من خارج جدار العين، حيث يصل امتدادها إلى بضعة كيلومترات بعيداً عن عين الإعصار؛ وقد يصل عرض تلك الدوّامات إلى عشرات الكيلومترات بينما قد يتراوح طولها ما بين 80 إلى 483 كيلو متراً من عين الإعصار، ومن الأمثلة على ذلك تلك الدوّامات المطريّة التي حدثت في إعصار أندرو

(Andrew)عام 1992م، حيث امتدت تلك الدوامات إلى ما يُقارب 160 كيلو متراً من عين الإعصار، وقد استطاعت تلك الدوامات الوصول إلى أبعد من ذلك في إعصار جيلبرت (Gilbert) الذي حدث عام 1988م، حيث تمكّنت الدوّامات المطريّة المُصاحبة لهذا الإعصار الامتداد إلى مسافة 804 كيلومتر خارج عين الإعصار، وتدور الدوامات المطريّة بشكل بطيء وباتجاه مُعاكس لاتجاه حركة عقارب الساعة، وقد يتعذّر على مُتنبّئي الأرصاد الجوية استخدام صور الأقمار الصناعية لمراقبة حالة الإعصار وتطوّره، وذلك في حال كانت أجزاء الإعصار مُغطاةً بغيوم على أرتفاع عالٍ.

يتحرك الإعصار فوق مياه المحيطات ويؤدي إلى تكوين الأمواج العالية التي قد يصل أرتفاعها إلى عدة أمتار والتي تضرب السواحل وتؤدي في كثير من الأحيان إلى اغراق السفن والسواحل. عند وصول الإعصار إلى اليابسة يقوم باقتلاع الأشجار وتهديم البيوت واقتلاعها بسبب الضغط الجوي المنخفض وسط الإعصار.

تعتمد القوة التدميرية للإعصار على سرعة الرياح ومقدار الضغط الجوي المتكون في منطقة قمع العاصفة أو مركزها وكلما ازدادت سرعة الرياح ازدادت بالمقابل القوة التدميرية للإعصار. كلما قل الضغط الجوي في مركز الاعصار كلما زادت سرعة الرياح الدخلة إلى قمع الإعصار لمعادلة التخلخل في الضغط الجوي في مركز الإعصار مما يؤدي إلى تحطيم المباني واقتلاع الأشجار. يصاحب الأعاصير عادة أمطارا شديدة تسبب في حدوث فيضانات مدمرة وتؤدي إلى إغراق السواحل والمناطق التي يمر بها الإعصار بالفيضانات وتسبب في موت الآلاف من البشر ونفوق مئات الآلاف من الأغنام والحيوانات البرية، فضلاً عن الخسائر الكبيرة التي تصيب المحاصيل الزراعية.

ويتم تصنيف الأعاصير تبعاً لشدة الأعاصير من خلال ما يُعرف بمقياس سفير-سمبسون (Saffir-Simpson) وهو مقياس لتقدير حجم الضرر الناتج عن كلّ نوع من أنواع الأعاصير وذلك في حال وصولها إلى اليابسة، ويُصنّف خبراء الأرصاد الجوية الأعاصير حسب شدّة الرياح المُصاحبة لها إلى خمس فئات [18]:

الفئة 1 – سرعة رياح متواصلة تتراوح بين 120 و 153 كم/ساعة

الفئة 2 – سرعة رياح متواصلة تتراوح بين 154 و 177 كم/ساعة

الفئة 3 – سرعة رياح متواصلة تتراوح بين 178 و 208 كم/ساعة

الفئة 4 – سرعة رياح متواصلة تتراوح بين 209 و 251 كم/ساعة

الفئة 5 – سرعات رياح مستمرة أكبر من 251 كم/ساعة

4 - 6 التنبـؤ بالطقـس:

تستلزم التنبؤات الجوية التوقع كيف أن الحالة الحاضرة للجو سوف تتغير. يحصل على حالات الطقس الحالية بواسطة الملاحظات الأرضية (ملاحظات من السفن والطائرة، إشارات الراديو، رادار دوبلر والاقمار الصناعية). ترسل هذه المعلومات إلى مراكز الارصاد حيث يتم جمع البيانات، تحلل وتحول إلى مجموعة من المخططات، الخرائط والرسوم البيانية ثم يتم إرسال هذه المخططات والخرائط والرسومات إلكترونياً إلى مكاتب التنبؤ حيث يتم إجراء تنبؤات جوية محلية وإقليمية. بالإضافة إلى ذلك، تقوم هذه المكاتب بإعداد إرشادات وتحذيرات حول الطقس الوشيك.

تقوم أجهزة الكمبيوتر الحديثة عالية السرعة بنقل عدة آلاف من الملاحظات على خرائط السطح والهواء العلوي. وتقوم أجهزة الكمبيوتر برسم الخطوط على الخرائط بمساعدة خبراء الأرصاد الذين يقومون بتصحيح أي أخطاء. الخريطة النهائية تسمى التحليل. لا تقوم أجهزة الكمبيوتر برسم الخرائط فحسب بل تتنبأ أيضًا كيف ستبدو الخرائط في وقت ما في المستقبل. يُعرف التنبؤ بالطقس بواسطة الكمبيوتر باسم التنبؤ العددي بالطقس.

للتنبؤ بالطقس بالوسائل العددية، طور علماء الأرصاد الجوية نماذج جوية تقارب الغلاف الجوي باستخدام معادلات رياضية لوصف كيفية تغير درجة الحرارة

والضغط والرطوبة في الغلاف الجوي بمرور الوقت. تتم برمجة المعادلات في جهاز كمبيوتر ويتم إدخال البيانات المتعلقة بالظروف الجوية الحالية في جهاز الكمبيوتر. يحل الكمبيوتر المعادلات لتحديد كيفية تغير متغيرات الغلاف الجوي المختلفة خلال الدقائق القليلة القادمة. يكرر الكمبيوتر هذا الإجراء مرارًا وتكرارًا باستخدام الإخراج من دورة واحدة كمدخل للدورة التالية. لبعض الوقت المطلوب في المستقبل (12 أو 24 أو 36 أو 48 أو 72أو 120 ساعة)، يقوم الكمبيوتر بطباعة المعلومات المحسوبة. ثم يقوم بتحليل البيانات، ورسم الخطوط للموقف المتوقع لأنظمة الضغط المختلفة. يسمى المخطط النهائي للتخطيط المرسوم بالحاسوب المخطط النذير، أو بروغ.

يستخدم المتنبئ بروغ كدليل للتنبؤ بالطقس. هناك العديد من النماذج الجوية التي تمثل الغلاف الجوي، حيث يقوم كل منها بتفسير الغلاف الجوي بطريقة مختلفة قليلاً. يتعلم المتنبئ الخصوصيات لكل نموذج ويولي المزيد من التركيز على تلك التي تؤدي أفضل وظيفة للتنبؤ بجانب معين من الطقس.

عادةً ما تكون التنبؤات الصادرة لمدة 12و 24 دقيقة دقيقة جدًا. وعادة ما تكون التوقعات التي تم إجراؤها لمدة يومين وثلاثة أيام جيدة. بعد حوالي خمسة أيام، تنخفض دقة التنبؤ بسرعة.

4 - 7 التدخلات لتعديل الطقس

على الرغم من أن أحوال الطقس قد تكون غير مريحة أحياناً للناس، أو حتى خطيرة، فإن معظم الناس يقبلون بالطقس كقوة طبيعية غير قابلة للتغيير. لكن بعض خبراء الأرصاد الجوية شاركوا في مجموعة متنوعة من التقنيات التجريبية المصممة لتعديل الطقس.

4 - 7 - 1 بذر الغيوم (الاستمطار):

إحدى طرائق تعديل الطقس هي بذر الغيوم مع جسيمات صغيرة في محاولة لحصول المزيد من هطول الأمطار منها.

هناك طريقتان رئيسيتان لبذر الغيوم. الطريقة الأولى تستخدم عملية تشكيل ائتلاف المطر. يتم حقن قطرات ماء صغيرة أو جزئيات أخرى في قاعدة السحابة. وبينما تنقل المصنوعات هذه الجسيمات إلى الأعلى عبر السحابة، تنمو الجسيمات في الحجم من خلال التصادم والاندماج مع قطرات في ذلك المسار. واحتمالاً في نهاية المطاف تنمو قطرات كبيرة وثقيلة بما فيه الكفاية. في طريقها إلى أسفل، تستمر القطرات في النمو في الحجم وقد تتفتت إلى عدد من القطرات الجديدة.

الطريقة الثانية لبذر الغيوم تستخدم عملية تكوين المطر (البلورة الثلجية بيروجيرون). حيث يتم حقن جسيمات صغيرة من يوديد الفضة (AgI) في سحابة تحتوي على كل من بلورات الجليد وقطرات الماء في درجات حرارة أقل من التجمد. داخل السحابة تعمل جسيمات يوديد الفضة مثل بلورات الجليد، ويتبخر الماء من القطرات السائلة المحيطة وتتجمد على جسيمات يود الفضة. وتنمو البلورات لتصبح في نهاية المطاف ثقيلة بما يكفي لحصول هطولات.

فعالية هذين الأسلوبين من بذر الغيوم متنازع عليها لأنه من الصعب تحديد مقدار سقوط الأمطار لو لم يتم بذر الغيمة. تشير بعض الدراسات وصلت إلى أن البذر في ظل الظروف المثلى سوف يعزز هطول الأمطار بنسبة تصل إلى 15% من ناحية أخرى بعض محاولات لبذر الغيوم قللت من كمية الهطول. ويعتقد أنه في بعض الحالات تم إنتاج عدد كبير من جسيمات الجليد الصغيرة بحيث لم يكن هناك ما يكفي من قطرات الماء والبخار للسماح بنمو بلورات جليدية كبيرة بما يكفي للهطول.

4 - 7 - 2 تنعيم البرد :

يتشكل البرد في العواصف الرعدية عندما تتجمع قطرات السائل فائق البرودة على شكل كتل صغيرة من graupel. في محاولة للحد من أضرار البرد يتم حقن كميات من يوديد الفضة في العاصفة الرعدية، والفكرة هي أن تتفوق على سحابة بحيث تشكل العديد من البرد الأصغر حجماً، ومنع الكتل من النمو إلى كتل البرد المدمرة الكبيرة.

4 - 7 - 3 تفريق الضباب المتشكل فوق المطارات

الضباب هو غيمة على الأرض. عمليات إزالة الضباب تتم بشكل أساسي في المطارات محاولة لتحسين رؤية المدرج. محاولة مبكرة لتفريق الضباب بحرق كميات كبيرة من وقود النفط على طول مدارج الطائرات، بحيث يكون الهواء دافئاً بدرجة كافية ليتبخر الضباب. ثبت أن هذه التقنية باهظة الثمن وغير فعالة والدخان الناتج كثيف جدا. طريقة أخرى توظف المروحيات التي تحوم فوق طبقة الضباب.

الاضطراب المتكون من قبل شفرات الطائرة يمزج الهواء الأكثر دفئاً فوق الضباب والهواء المشبع البارد أدناه، ونتيجة خلط الهواء الأكثر جفافاً في الضباب يتبخر الضباب. تعمل هذه الطريقة بشكل جيد عندما يكون الضباب ضحلاً والرياح خفيفة ودرجة حرارة الهواء الجو أعلى من درجة التجمد.

كما يتم بزر الضباب في محاولة للتبديد. ذلك البذر عادة ما يتضمن جزئيات الملح أو الثلج الجاف (ثاني أكسيد الكربون المجمد). تتسبب جسيمات الملح الصغيرة في نمو حجم قطرات الضباب وتسقط كرذاذ. أما الثلج الجاف فيعمل فقط في الضباب في الأسفل عند درجات حرارة التجمد. كما تنزل قطع صغيرة من الثلج الجاف البارد، أنها تجمد قطرات الضباب السائل في بلورات الجليد. تنمو حجوم بلورات الجليد وتسقط على الأرض.

الضباب المتبقي تتبخر القطرات، تاركةً منطقة واضحة في الضباب لعمليات الطائرات. يجب أن تطبق بشكل مستمر أو سوف يعاد تشكيل الضباب الذي يتحرك من المنطقة المحيطة.

الفصل الخامس

الإشعاع الشمسي
مكوناته وموجاته ودرجة
حرارة الغلاف الجوي



الفصل الخامس
الاشعاع الشمسي مكوناته وموجاته ودرجة حرارة الغلاف الجوي

5 - 1 مقدمـــة

الشمس هي المصدر الوحيد للحرارة في الغلاف الجوي للأرض. يبلغ قطر الشمس أكثر من مائة مرة قطر الأرض، ويعتقد أن درجة حرارة سطح الشمس تصل إلى حوالي 6000 درجة مئوية، هناك تيارات هائلة من الطاقة الإشعاعية.

على الرغم من أن جزء صغير فقط من الطاقة المنبعثة من الشمس يصل إلى الأرض، فإن كل حياة في كوكب الأرض تدين بوجودها لهذا الإشعاع. تتناقص درجة الحرارة في طبقة التربوسفير مع زيادة الارتفاع بمعدل متوسط حوالي6.5 درجة مئوية لكل كيلومتر. ونتيجة لذلك، درجات الحرارة في الجبال عموما أقل بكثير من درجة الحرارة عند مستوى سطح البحر. وتستمر درجة الحرارة بالانخفاض في جميع أنحاء أدنى طبقة في الغلاف الجوي، والتروبوسفير، حيث كل شيء تقريبا في الطقس يحدث. يمتد التروبوسفير إلى ارتفاع 16 كم فوق مستوى سطح البحر فوق خط الاستواء وحوالي 8 كم فوق مستوى سطح البحر، فوق القطبين.

بينما في الستراتوسفير التي تعلو طبقة التروبوسفير يحدث انخفاض في مستويات درجة الحرارة ثم تبدأ في الزيادة مع الارتفاع. تقريباً لا يحدث الطقس في الستراتوسفير.

5 - 2 مفهوم الإشعاع الشمسي وأنواعه

يقصد بالإشعاع بأنه (نوع من أنواع الطاقة التي تصدر من الأجسام التي لها درجة حرارة أعلى من الصفر المطلق، وهو الصورة الوحيدة من الطاقة التي يمكنها

الانتقال خلال فراغ الفضاء الخارجي)، أما الاشعاع الشمسي (Solar Radiation) فيعرف بأنه: الطاقة الإشعاعية التي تطلقها الشمس في جميع الاتجاهات والتي تستمد منها كل الكواكب السيارة التابعة لها وأقمارها كل حرارة أسطحها وأجوائها وهي طاقة ضخمة جداً، ومسؤولة عن كل الطاقة الضوئية والحرارية الكامنة في أشعتها لجو الأرض. ويعد الاشعاع الشمسي المصدر الرئيسي للطاقة في الغلاف الجوي وهو يحدد بحوالي (99.97 %) من الطاقة المستعملة و (0.3 %) فقط من باطن الأرض وطاقة النجوم والمد والجزر، والإشعاع الشمسي والطاقة المستمدة منه هي مصدر الظواهر الجوية التي تحدث في الغلاف الجوي بدأ من الحرارة، الضغط الجوي، الرياح، الإمطار، الصقيع، البرد، السحب، الرعد، البرق.... إلخ.

كما يعرف الإشعاع الشمسي بأنه مجموعة من الإشعاعات الأثيرية التي مصدرها الشمس، والشمس هي كتلة غازية ملتهبة يزيد قطرها عن (1392000كم) فهي أكبر من قطر الأرض بـ(109مرة) وحجمها يساوي مليون مرة قدر حجم الأرض وحرارتها في السطح أكثر من (6000مْ) وفي مركزها تقدر بحوالي (20 مليون مْ) أما بالنسبة لكتلة الشمس فهي تبلغ (10960×10^{27}) طن، وهي تعادل (13300000 مرة) كتلة الأرض. وتشبه الشمس بمفاعل نووي يولد الطاقة عن طريق التفاعلات الكيمائية حيث تتألف من: الهيدروجين وبنسبة (81.86 %) والهليوم (18.17 %) وغازات أخرى (0.07 %) وينتج عن هذه التفاعلات تحويل ذرات الهيدروجين إلى هليوم ويتولد عن الفائض من التفاعل طاقة هي الطاقة الشمسية، تنتقل الطاقة بأشعة على شكل موجات تسير بسرعة (300000 كم /ثا)، وتدور الشمس حول محورها من الغرب إلى الشرق مرة كل 24 يوماً وتتألف الشمس من عنصرين أساسين هما : الهيدروجين (81.68 %) والهليوم (18.17 %) وغازات أخرى.

يقاس مقدار الاشعاع الشمسي الثابت بوحدة قياس تسمى الثابت الشمسي (Solar Constant of Radiation)، وهو (كمية الطاقة الشمسية الواقعة عمودياً على وحدة المساحة الأفقية خلال وحدة الزمن خارج الغلاف الجوي الأرضي وعلى مسافة من الشمس تساوي بعد الأرض عنها)، وتقدر هذه القيم بحوالي (2كالوري

/ سم / دقيقة أو 1370 واط / م^2)، وان هذه القيم تتباين تبعاً للموقع بالنسبة لخطوط العرض المختلفة وخلال أيام وأشهر السنة، وهذا يعني بان تلك المعدلات من قيم الاشعاع الشمسي الساقطة على الحد الخارجي للغلاف الجوي تقع بزاوية تتناسب والشكل الكروي للأرض وهي تعادل (2 سعرة / سم / دقيقة). والسعرة (Calorie) هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من الماء عند سطح البحر درجة مئوية واحدة، ونظراً لأن الأرض تتخذ شكلاً كروياً وتدور حول الشمس وحول نفسها مع ثبات محورها بزاوية مقدارها (66.5) فإن كمية ما يستلمه أي مكان من الشمس تختلف بين فصول السنة وبين منطقة وأخرى، ويتغير مقدار الثابت الشمسي نسبة (3%) عن معدله العام والذي هو السبب في ارتفاع أو انخفاض معدلات الحرارة على سطح الأرض، لذا فعند حساب قيم الثابت الشمسي لكل المساحة الخارجية للأرض فستبلغ (3.67×10^{21} سعرة/ اليوم الواحد).

وينتقل الاشعاع الشمسي خلال الغلاف الجوي بسرعة منظمة هي سرعة الضوء والتي تبلغ (298000 كم/ثانية) بخطوط مستقيمة وبموجات ذوات أطوال مختلفة تتراوح بين (4-5 مكرومتر) وأقصرها موجات الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet ray وما فوقها من الأشعة السينية وأشعة جاما و التي هي أشعة مظلمة لا تزيد أطوال موجاتها عن (0.38 مكرومتر)، وأطول الإشعاعات الشمسية هي الأشعة تحت الحمراء Infrared ray وهي أشعة لا ترى بالعين المجردة ولها أهميتها الكبيرة في إنتاج الحرارة على سطح الأرض، وتتراوح أطوالها بين (0.75- ملليمتر فاكثر)، فضلاً عن ذلك فتوجد أيضاً الأشعة الضوئية أو المرئية والتي تتراوح أطوالها بين (0.38-0.76 مكرومتر)، ويقدر الثابت الشمسي بعدد السعرات التي يستلمها كل سنتمتر مربع في الدقيقة لسطح من الأرض تقع عليه أشعة الشمس بصورة عمودية فيما إن الأرض تبعد عن الشمس مسافة (150 مليون كم)، وتكون المسافة بين الشمس والأرض في شهر تموز (4 تموز) أقصر ما تكون وتصل إلى (125 مليون كم)، في حين تكون المسافة بينهما في شهر كانون الثاني (2كانون الثاني) أبعد وتبلغ (147مليون كم)، لذا فإن سنتمتر واحد من الأرض يستلم حوالي (2 سعرة) في الدقيقة.

كما ينتقل الإشعاع الشمسي على شكل موجات كهرومغناطيسية (Electromagnetic spectrum) والتي تتراوح أطوال موجاتها من القصيرة جداً كأشعة جاما Gamma والأشعة السينية X-rays إلى أمواج الراديو الطويلة وبسرعة (300000 كم في الثانية)، وتختلف موجات الإشعاع الشمسي في أطوالها وأشكالها فمنها ما يكون مرئياً كالموجات الضوئية وأخرى غير مرئية كالموجات الحرارية وهي أقصرها يمتصها الغلاف الغازي مباشرة، والموجات الطويلة هي التي تصل إلى سطح الأرض الذي يقوم بدوره في امتصاصها وتحويلها إلى طاقة حرارية.

5 - 3 مكونات الإشعاع الشمسي وموجاته

يتكون الإشعاع الشمسي من موجات مختلفة الأطوال والألوان فمنها الضوء الأبيض White light الذي يتألف من مجموع كل الألوان التي تتألف منها الأشعة الضوئية أو المرئية، وتحتل الأشعة الضوئية موقعاً وسطاً بين الأشعة الحمراء وبين الأشعة فوق البنفسجية وهي أشعة ذوات موجات قصيرة أما الأشعة الحرارية Heat rays فهي أشعة ذات موجات أطول من موجات الأشعة تحت الحمراء، كما توجد موجات قصيرة، مثل الأشعة (السينية) وأشعة (جاما) والأشعة الكونية ويقسم الإشعاع الشمسي وفقاً لأطوال موجاته إلى:

أ-الأشعة الضوئية (المرئية) Sun light Rays:

تشكل موجات هذه الأشعة حوالي (37%) من مجموع الإشعاع الشمسي بموجات طويلة Long Waves تتراوح بين (0.04 – 0.8) مكرومتر، وتتكون هذه الموجات من ألوان مختلفة ولكل لون موجات محددة في أطوالها، أطولها اللون الأحمر 0.65 إلى أكبر 0.7 مكرومتر وأقصرها اللون البنفسجي 0.4 إلى 0.15 مكرومتر، وتزداد نسبة هذه الأشعة في منتصف النهار وفي وقت الصيف أثناء النهار وأن أهميتها كبيرة في نمو النباتات واخضرارها وازدهارها ونضجها.

ب-الأشعة الحرارية Infrared Radiation:

تصدر الشمس موجات إشعاعية تعرف بالأشعة تحت الحمراء وهي أشعة غير مرئية تنتقل بموجات طويلة تشكل نسبة (46%) من مجموع الإشعاع الشمسي ويبلغ طول موجاتها بين (0.8 –0.9 مكرومتر)، وتضاف لها الأشعة الكهرومغناطيسية والأشعة الكهروفيزيائية فتصبح نسبتها (51%) من المجموع الكلي للإشعاع الشمسي، وهي تتسبب في ارتفاع حرارة الأجسام عند امتصاصها.

ج-الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet :

تشكل هذه الأشعة نسبة (12%)، وهي ذوات موجات قصيرة Short Waves تتراوح أطوال موجاتها بين (0.1 – 0.4 مكرومتر)، ويكون تأثيرها كبير على الكائنات الحية، إذ أنها تقتل البكتريا، كما لها دورها في تغيير لون جلد الإنسان إلى اللون الداكن، ولها فوائد في علاج أمراض السل والكساح. فضلاً عن ذلك فإن الإشعاع الشمسي يتألف من أنواع أخرى من الأشعة التي تكون موجاتها أقصر من موجات الأشعة فوق البنفسجية منها الأشعة السينية و أشعة جاما وإشعاعات ذوات ألوان وموجات متباينة في أطوالها، ويعمل غاز الأوزون في طبقة الستراتوسفير على امتصاص الجزء الأكبر من هذه الأشعة المؤثرة على الكائنات الحية ولا ينفذ منها إلى الأرض إلا جزءاً قليلاً، كما توجد موجات أطول من موجات الأشعة تحت الحمراء كالأشعة الكهرومغناطيسية الدقيقة

5-4-تأثير الغلاف الجوي على الاشعاع الشمسي:

يتعرض الاشعاع الشمسي خلال اجتيازه للغلاف الغازي بطبقاته المتعددة إلى ضياعات تؤثر في قيمه التي يمكن أن تصل إلى سطح الأرض، إذ لا يسمح الغلاف الغازي بمرور كل موجات الإشعاع الشمسي إلى سطح الأرض وإنما يسمح لبعض منها دون الأخر، وتشير الدراسات إلى إن المقدار الذي ينتج من الإشعاع في تدفئة سطح الأرض يصل إلى حوالي (63%)، ويفقد من هذا الإشعاع حوالي (15%) يومياً عن طريق الإشعاع الأرضي، وأن ما ينعكس من الإشعاع الشمسي في الغلاف الجوي

يومياً هو الذي يسبب ويكون النهار والذي يجنب الأرض الظلام، وهذا يعني أنه لولا وجود الغلاف الجوي لما وجد نهاراً أو سماءً زرقاء، ويمكن تمييز ثلاث عمليات تؤثر في وصول الإشعاع الشمسي إلى الأرض وهي :

أ- الامتصاص Absorption:

تعمل هذه العملية على تحويل الموجات القصيرة للإشعاع الشمسي إلى موجات أخرى حرارية طويلة فتسخن الأجسام التي تمتصها ويحدث الامتصاص لأقصر الموجات فوق البنفسجية (أشعة جاما) وأشعة (أكس)، ويمتلك غاز الأوزون رغم نسبته القليلة في الغلاف الجوي قدرة كبيرة على امتصاص الأشعة قصيرة الموجات والتي تقل أطوالها عن (1 مكرومتر) لهذا فإن طبقة الأوزون تمتص جزءاً كبيراً من الاشعاع الشمسي قصير الموجات، خاصة الأشعة فوق البنفسجية، ولا تسمح إلا لجزء قليل منها بالوصول إلى سطح الأرض، وتقدر نسبة الإشعاع الشمسي الذي يمتصه الأوزون بـ(2%)، كما يمتص بخار الماء ما بين (6- 8%) من الاشعاع الشمسي وهو جيد لامتصاص الأشعة التي يتراوح طولها بين (4 –4.5 مكرومتر) والأشعة التي يتراوح طولها بين (11– 30 مكرومتر)، وتمتص ذرات الغبار والدخان والأتربة والشوائب الأخرى حوالي (2%) من الاشعاع الشمسي قبل أن يصل إلى سطح الأرض، أما باقي الموجات الضوئية وتحت الحمراء فيمتص قسم منها في طبقة التروبوسفير، كما تمتص السحب جزء من طاقة الإشعاع الشمسي في تبخر نفسها. وتشير الدراسات في هذا الجانب بأن ما يمتصه الغلاف الجوي من الإشعاع الشمسي يسهم في رفع درجة حرارة سطح الأرض بحوالي نصف درجة فقط يومياً.

ب- الانعكاس Reflection

وتعني عملية رد موجات الإشعاع الشمسي كما هي بذاتها بمجرد وصولها إلى سطوح الأجسام دون أن تخلف تأثيراً حرارياً، وتحدث هذه العملية لجميع الموجات الضوئية منها وغير الضوئية فيما عدا ما يمتص منها أو ينكسر، وتحدث

عملية الانعكاس من قبل مكونات الغلاف الجوي سواء الدقائق غير الغازية مثل قطرات الماء، بلورات الثلج أو الجليد أو دقائق الغبار، وتعد السحب أكثر هذه المكونات تأثيراً في عملية الانعكاس، إذ يزداد الانعكاس في السحب المزنية والركامية Cumulonimbus والذي يتراوح بين (56- 81%)، وتقل نسبة الانعكاسية في السحب الطبقية المتوسطة الارتفاع والمتفرقة لتتراوح بين (17 – 34%) من قيم الاشعاع الشمسي، أما في حالة وجود سحب طبقية مرتفعة تغطي السماء فإنها ستعكس من الاشعاع الشمسي نسبة تتراوح بين (44-64 %)، كما يظهر في الجدول (5-1)، لذا تعد السحب من العوامل الرئيسية التي تعكس الاشعاع الشمسي وبالتالي قلة قيم الحرارة المنتجة منها والذي يكون أكثر وضوحاً خلال الفصل البارد من السنة. ويرتبط الانعكاس طردياً مع سمك السحابة فالسحب الرقيقة تعكس أقل من السحب السميكة المشبعة كالسحب المزنية أو المزنية التراكمية.

الجدول 5-1

العلاقة بين أنواع السحب وانعكاس الاشعاع الشمسي

نوع السحب	حالة السماء	نسبة الانعكاس %
ركام طبقي	مغطاة كلها بالسحب	56 – 81
سحب طبقية متوسطة الارتفاع	ظهور سحب متفرقة	17 – 34
سحب طبقية متوسطة الارتفاع	مغطاة كلها بالسحب	39 – 59
سحب طبقية مرتفعة	مغطاة كلها بالسحب	44 - 64

ج- الانكسار Deflection

تعد عملية الانكسار مشابهة لعملية الانعكاس، إذ أن موجات الاشعاع المنكسر ينكسر في جميع الاتجاهات إلا أنها تختلف عن الانعكاس في أنها عملية بعثرة تحدث لعدد من الموجات دون أخرى، وتؤثر مكونات الغلاف الجوي من بخار ماء وذرات الغبار والأتربة والأملاح وغيرها من الشوائب في عثرة الإشعاع الشمسي وانتشاره،

وتكون عملية انكسار الأشعة وانتشارها أكثر فعالية في الأشعة القصيرة الموجات خاصة الأشعة الزرقاء التي تعد أقصر أنواع أشعة الشمس الضوئية، إذ تؤثر تلك المكونات على بعثرة الأشعة الزرقاء مما يكسب السماء اللون الأزرق، فالموجات الضوئية لاتنكسر مجتمعة في شكل ضوء أبيض وإنما متفرقة بألوان الطيف، وأن الانكسار تحدثه دقائق الغبار بموجات قصيرة تكون نسبة الانكسار أكبر في الموجات الضوئية الأقصر طولاً، وتقل بالاتجاه نحو الحمراء لهذا يكون اللون الأزرق هو الغالب في الضوء المبعثر في السماء، كما أن الانكسار للموجات الزرقاء يجعل من قرص الشمس مائلاً نحو الأحمرار لأن الإشعاع الواصل منه إلى العين تصل فيه الموجات الزرقاء، في حين ترتفع نسبة الموجات البرتقالية والصفراء والحمراء.

5-5- العوامل المؤثرة في توزيع الاشعاع الشمسي

يختلف توزيع الاشعاع الشمسي على سطح الأرض مكانياً وزمانياً نتيجةً لتفاعل مجموعة من العوامل منها ما يتعلق بدوران الأرض حول الشمس وحول نفسها وأخرى تدخل في عوامل تتعلق في المسافة بين الأرض والشمس من جهة وطبيعة الغلاف الجوي الذي تنتقل من خلاله أشعة الشمس، مما يعكس تأثيره على قيم الحرارة المنتجة والظواهر الطقسية والمناخية التي ترافق ذلك [19]، ويمكن تحديد تلك العوامل وتأثيراتها وفقاً لما يأتي:

5-5-1- اختلاف زاوية سقوط الإشعاع الشمسي:

يقصد بزاوية الإشعاع الشمسي بأنها الزاوية التي تكونها أشعة الشمس مع سطح الأرض، ونظراً لأن الأرض تتخذ شكلاً أهليليجياً وتدور حول الشمس من الغرب إلى الشرق فإن الزاوية التي تسقط فيها أشعة الشمس على سطح الأرض إما إن تكون عمودية وشبه عمودية أو تكون مائلة، ويختلف تأثير الزاوية للإشعاع الشمسي فيما تستلمه الأرض من قيم الأشعة المستلمة، إذ أن الأشعة العمودية وشبه العمودية الواصلة لسطح الأرض تكون قوية واشد تركيزاً مما هي عليه في الأشعة المائلة وهذا يرجع إلى أن الأشعة العمودية تتميز بأنها تقطع مسافة أقصر من

الأشعة المائلة ولذلك فإن ضياعاتها من القيم الاشعاعية تكون قليلة مقارنة بالأشعة المائلة التي تتعرض أشعتها إلى ضياعات بالامتصاص و الانعكاس و الانكسار. تسقط الأشعة العمودية على مساحة أقل مما هي عليه بالنسبة للأشعة المائلة التي تتوزع على مساحة اوسع فتصبح أقل تأثيراً وتركيزاً.

تتعرض الأشعة المائلة إلى أنعكاس أشعتها (الالبيدو Albido) بدرجة أكبر من الأشعة العمودية، فعندما تكون الشمس فوق سمت الرأس في منطقة من المناطق فإن الأرض تستلم أقصى طاقة من الإشعاع الشمسي، وعندما تميل بزاوية (23.45) عن سمت الرأس وهذا أكثر ما يكون أن تنحرف فيه الشمس عند دائرة العرض الاستوائية فإن تلك المنطقة تستلم على كمية أقل بحوالي (8 %)، في حين إذا مالت الشمس بزاوية مقدارها (64˚) السمت فإن المنطقة تستلم ما مقدار (44%) من قيم الإشعاع الشمسي الموجه لها، ولذا تكون أشعة الشمس المستلمة في المنطقة الاستوائية في منتصف النهار متساوية وثابتة طوال العام مما يجعل من الأشعة العمودية أكثر حرارة من الأشعة المائلة المستلمة. ويقدر أن نسبة مايصل دوائر العرض العليا والقطبية من الاشعاع الشمسي الوارد إلى سطح الأرض يقل عن 20 % عما يصل منه إلى دوائر العرض الدنيا الاستوائية والمدارية.

5-5-2- عدد ساعات النهار بالنسبة لعدد ساعات الليل والنهار:

يعني بالنهار هو عدد الساعات التي تستلم خلالها الأرض الإشعاع الشمسي، وتعتمد عدد ساعات النهار على دوران الأرض حول فلكها بسبب ميلان الأرض على فلكها بزاوية مقدارها (66.5˚) فإن عدد ساعات النهار في الصيف تكون أكثر مما هو عليه في الشتاء، ويزداد الفرق في تلك الساعات بين الصيف والشتاء مع زيادة البعد عن دائرة العرض الاستوائية، ويصل الفرق أقصاه عند القطبين، حيث تكون مدة النهار (6 أشهر) وفترة الليل (6 أشهر أخرى) فيما عدا الانقلابين (21 آذار و 23 أيلول) فتكون عدد ساعات النهار مساوية لعدد ساعات الليل تقريباً عند المنطقة الاستوائية وتصل عدد ساعات النهار إلى (12 ساعة وسبع دقائق).

إن الاختلاف في عدد ساعات النهار ومقارنتها مع عدد ساعات الليل أثره الكبير في قيم أشعة الشمس الواصلة لنصفي الأرض (بغض النظر عن العوامل الأخرى)، إذ يظهر بأن عدد ساعات شروق الشمس (النهار) تبلغ (24 ساعة) ولمدة شهر شمال دائرة عرض (66.5 شمالاً)، وتصل إلى شهرين عند دائرة عرض (70˚) وإلى أربعة أشهر عند دائرة عرض (78˚)، في حين يصل طول النهار إلى ستة أشهر عند القطب، ويعكس هذا تأثيره في أنه كلما ابتعدنا عن دائرة العرض الأستوائية يزداد الفرق بين عدد ساعات النهار، إذ تكون الزيادة في العروض العليا حوالي (7 دقائق) لكل دائرة عرض، ويزداد الفرق في العروض العليا ليصل الفرق حوالي (28 دقيقة) لكل دائرة عرض في المنطقة المحصورة بين دائرتي عرض (50˚-60˚)، إذ أن الشمس تتحرك حركة ظاهرية غير حقيقية بين مدار السرطان بعد 21 (حزيران) وباتجاه دائرة العرض الاستوائية، فيما تصل إلى مدار الجدي في يوم (21-22 كانون الأول). ويعكس الاختلاف في دوران الأرض حول الشمس خلال اشهر السنة واختلاف مقابلة النصفين للشمس إلى اختلاف في تكوّن الفصول الاربعة نتيجة لاختلاف توزيع عدد ساعات النهار بالنسبة لعدد ساعات الليل، إذ تتساوى ساعات النهار مع ساعات الليل عند سقوط أشعة الشمس عمودياً على دائرة العرض الاستوائية فيتكون الاعتدالين Equinoxes في يوم (21 آذار)، ويطلق على الاعتدال الاول في النصف الشمالي بـ (الاعتدال الربيعي) والثاني في النصف الجنوبي والذي يطلق عليه بـ(الاعتدال الخريفي).

يبدأ النصف الجنوبي بمواجهة الإشعاع الشمسي العمودي، في حين يبتعد النصف الشمالي عن أشعة الشمس العمودية وبالتالي سقوط أشعة الشمس مائلة فتقل معها قيم الأشعة المستلمة لتتناقص عدد ساعات النهار وتتزايد عدد ساعات الليل، ويستمر ذلك حتى تسقط أشعة الشمس عمودية على مدار الجدي في يوم (22 كانون الأول) ويعرف هذا اليوم في النصف الجنوبي بـ(الانقلاب الصيفي)، في حين يطلق عليه في النصف الشمالي بـ(الانقلاب الشتوي) حيث تكون أشعة الشمس في أقصى ميلان لها على النصف الشمالي مع قلة عدد ساعات النهار وزيادة عدد ساعات الليل حتى دائرة عرض (66.5˚ شمالاً) حيث يكون الوقت كله ليلاً في المنطقة

القطبية الشمالية، وبعد (22 كانون الاول) يبدأ النصف الجنوبي بالابتعاد عن الشمس وتتراجع الشمس إلى شمال مدار الجدي ويبدأ النصف الشمالي بالاقتراب منها حتى تتساوى ساعات النهار مع ساعات الليل ويتساوى توزيع قيم الاشعاع الشمسي على النصفين عند سقوط أشعة الشمس عمودية على دائرة العرض الاستوائية في يوم (21، 22 آذار) ويتكون الاعتدالين مرة أخرى، وهكذا نجد بأن الاختلاف في عدد ساعات النهار عنها في عدد ساعات الليل وبالتالي اختلاف توزيع الإشعاع الشمسي والذي يؤدي إلى اختلاف قيم الطاقة الحرارية المنتجة وتكون الفصول الأربعة على سطح الأرض

5-6-معامل انعكاس الأشعة الشمسية (الوضاءة أو البياض أو الالبيدو)

الالبيدو Albedo هو مقدار الأشعة الشمسية التي تنعكس إلى الفضاء ثانية دون ان يحول أي جزء منها إلى طاقة [20]، ويختلف تأثير الالبيدو على طبيعة الأجسام المستلمة للإشعاع الشمسي من حيث اللون والخشونة والرطوبة والغطاء النباتي، فالمعروف أن اللون الأسود له القدرة على امتصاص (100%) من الأشعة المستلمة، في حين أن اللون الأبيض يعكس (100%) منها، فضلاً عن ذلك أن للسحب وذرات الغبار وبخار الماء وسطح الأرض نفسه القابلية على رد الأشعة الشمسية ثانية إلى الفضاء، وتعد السحب أهم هذه الأجسام كونها تعكس حوالي (23%) من الأشعة الشمسية حيث يتباين معدل انعكاسية الأشعة الشمسية (الالبيدو) بين الغيوم فهي تكون بنسبة (21%) إذا كانت الغيوم عالية وتصل إلى (48%) في الغيوم المتوسطة التي يتراوح ارتفاعها بين (3-6 كم)، في حين تزداد نسبة الالبيدو فتصل إلى (69%) في الغيوم المنخفضة و(70%) في الغيوم الكثيفة (غيوم ركامية)، جدول (5-2)، وتعكس ذرات الغبار وبخار الماء (9%) من الأشعة الشمسية، ولذلك فإن نسبة الانعكاس (الالبيدو) لمكونات الغلاف الغازي تصل إلى حوالي (39%) من الأشعة الشمسية.

كما تتباين قيم معامل الانعكاسية لأشعة الشمس (الالبيدو) وفقاً لطبيعة سطح الأرض المستلم للإشعاع، إذ يتراوح معدل الانعكاس في سطح الأرض المغطى

بالجليد او الثلوج بين (50 – 70%) و (50 –90%) ولكل منهما على التوالي. كذلك الحال في سطح الأرض المغطى بالرمال، إذ يتراوح معدل الانعكاس بين (35 – 45%) و(20 – 30%) في الكثبان الرملية الجافة عنها في الكثبان الرملية الرطبة ولكل منهما على التوالي كما في الجدول (5-2). ويظهر تأثير الالبيدو متبايناً بين الاراضي المغطاة بالحشائش والمغطاة بالغابات والذي يقلل من قيم الاشعاع الشمسي التي تصل إلى سطح الأرض.

الجدول 5-2

معدل انعكاسية الأشعة الشمسية (الالبيدو)

من سطوح مختلفة.

نوع السطح	الالبيدو %	نوع السطح	الالبيدو %
غيوم عالية	21	صخور عارية	18 – 12
غيوم وسطية بين ٣-٦ كم	48	عشب	30 – 15
غيوم واطئة	69	حقول خضراء	15 – 3
غيوم ركامية	70	حقول جافة محروثة	25 – 20
جليد	70 – 50	حقول حبوب	25 – 10
ثلج	90 – 50	حشائش خضراء	27 – 8
ثلج قديم السقوط	70 – 50	سفإنا (الفصل الجاف)	30 – 25
ثلج حديث السقوط	80	سفإنا (الفصل الرطب)	20 – 15
رمل	25 – 15	غابات	10 - 3
كثبان رملية جافة	45 – 35	غابات صنوبرية	13
كثبان رملية رطبة	30 – 20	غابات نفظية	18
ترب سوداء	15 – 5	غابات مدارية	21
ترب رمادية رطبة	20 – 10	التندرا	20 – 15
ترب حمراء	28	طرق معبدة	10 - 5

يظهر من الجدول السابق أن الأراضي المغطاة بغطاء أخضر يقع معدل

الالبيدو فيها بين (3 – 15%)، في حين تزداد في نباتات السفإنا ليقع بين (25 %– 30%)، وفي أشجار الغابات المتباعدة والمرتفعة يقع بين (3% – 10%) وتصل في الغابات النفضية إلى (18%)، في حين تزداد النسبة في الغابات المدارية لتصل إلى (21%).

فضلاً عما تقدم فإن لطبيعة السطح المتجانس للأرض والذي يتكون من نصفين شمالي وهو نصف يابس وجنوبي وهو نصف مائي تأثيرهما على قيم الاشعاع الشمسي الذي يصل لهما، وان ما ذكر أعلاه هو تأثير محدود لمحدودية تلك الخصائص من مساحات للثلوج أو الجليد، الرمال أو النبات الطبيعي، في حين أن للسطوح المائية واليابسة الواسعة تأثيراتهما الكبيرة والواضحة لما تمتلكه من خصائص، فإذا ما سقطت أشعة الشمس على سطحين متساويين في المساحة والموقع بالنسبة لدوائر العرض ويتكون أحدهما من أرض يابسة والآخر من ماء فإن الاختلاف بينهما كبيراً في إنتاجهما للحرارة، إذ تكون القيم المنتجة حرارياً في اليابسة أكبر بكثير مما هي عليه في الماء وذلك يرجع إلى أن الماء جسماً شفافاً نسبياً لما يسقط عليه من أشعة الشمس فإن قسماً منها ينفذ إلى داخله ولأعماق معينة، فضلاً عما يتعرض له من فواقد في تسخين الماء وتحويله من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية على شكل بخار ماء، لذلك فإن الأشعة تتوزع على مساحة أوسع مما يقلل من إنتاجه للحرارة، في حين يحدث العكس على اليابسة إذ يتركز الإشعاع الشمسي على السطح وفي منطقة مركزة لا تسمح له بالدخول واختراق السطح اليابس، كما أن لليابسة القدرة على تحويل الأشعة الضوئية إلى أشعة حرارية وبسرعة مما يؤدي إلى أن تكون القيم المستلمة من الإشعاع كبيرة وبالتالي يكون إنتاجها للحرارة كبير أيضاً.

يستعمل سطح اليابس كل قيم الاشعاع الشمسي الواصل في تسخين ورفع حرارته، في حين لا يستعمل سطح الماء إلا حوالي ثلث مايصل إليه من إشعاع والباقي يتم استعماله في عملية التبخر، وهذا واضح عند تسخين اليابسة اثناء النهار بدرجة أسرع مما هو عليه في مسطح مائي مجاور.

ونظراً للخاصية التي يتميز بها جسم الماء في كون حرارته النوعية أكبر مما

هي عليه في الحرارة النوعية لليابسة، لذا نجد بأن ما يستلم من إشعاع شمسي للماء يرفع حرارته درجة مئوية واحدة، في حين أن نفس القيمة من الاشعاع الشمسي ترفع درجة حرارة نفس المساحة من اليابسة (5 درجات مئوية).

ويظهر في ضوء ذلك بأن القيم التي يستلمها النصف الشمالي من إشعاع شمسي خلال فصل الصيف والتي تكون قليلة نظراً لبُعد المسافة بين الأرض والشمس إلا أن خصائص سطح الأرض من اليابسة التي تشكل مساحة واسعة في النصف الشمالي ولسرعة اكتسابها للإشعاع الشمسي وسرعة تحويله إلى طاقة حرارية تجعل من فصل الصيف الشمالي أكثر حرارة من فصل الصيف الجنوبي الذي تشكل المسطحات المائية مساحة واسعة فيه، في حين يحدث العكس في فصل الشتاء الذي تكون فيه المسافة بين الأرض والشمس أقل، إذ أن لخصائص سطح الأرض من اليابس والذي تسقط عليه أشعة الشمس بصورة مائلة تجعله يفقد الحرارة بسرعة وبالتالي تسجيل معدلات حرارية منخفضة مقارنة مع الشتاء في النصف الجنوبي الذي يكون ادفئ لخصائص المياه التي تحتفظ بالحرارة أكثر شتاءً.

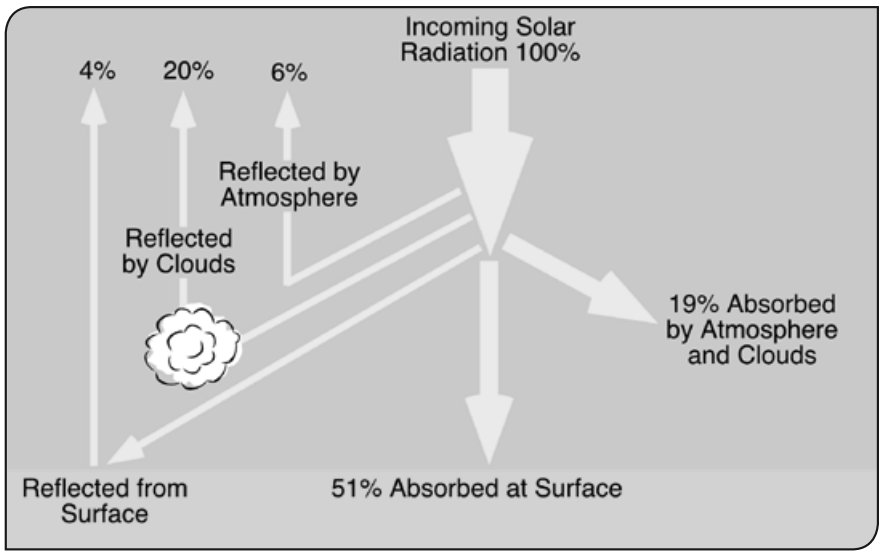
ويعكس هذا الاختلاف في استلام قيم الاشعاع الشمسي بين اليابسة والماء وفي النصفين تأثيره على اختلاف توزيع مناطق الضغوط العالية وقيمها اولاً، وحركة واتجاه وسرع الرياح والتيارات البحرية ثانياً، وما يرافق ذلك من تأثير كبير على الظواهر الطقسية والمناخية واختلافها على نصفي الكرة الأرضية.

يوضح الشكل (5-1) تعديل الإشعاع الشمسي بواسطة عمليات الغلاف الجوي والسطحي لكامل الأرض خلال فترة سنة واحدة. من كل ضوء الشمس الذي يمر عبر الجو سنوياً، لا يتوفر سوى 51% في الأرض سطح للقيام بالعمل. هذه الطاقة تستخدم لتسخين سطح الأرض والطبقة الجوية السفلى، وتذويب وتبخر المياه، وتشغيل التمثيل الضوئي في النباتات. من الـ 49% الأخرى، 4% ينعكس مرة أخرى إلى الفضاء من سطح الأرض، و26% يتبعثر أو ينعكس إلى الفضاء بواسطة الغيوم وجزيئات الغلاف الجوي، ويمتص19% من قبل الغازات الجوية والجسيمات والغـيوم[19].

الشكل 5-1

التعديل العالمي للإشعاع الشمسي القادم

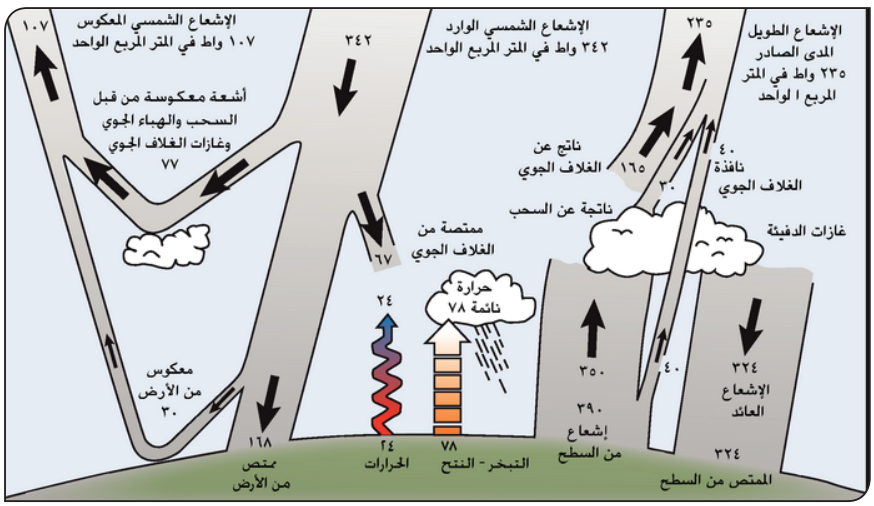
بواسطة العمليات الجوية والسطحية



يقوي الإشعاع الشمسي النظام المناخي. ويمكن أن يتغيّر توازن الأرض الإشعاعي من خلال ثلاثة أساليب أساسية: أولاً، عبر تغيير ورود الإشعاع الشمسي (كالتغيّرات في حلقات الأرض أو في الشمس بحد ذاتها)، وثانياً، من خلال تغيير انعكاس الإشعاع الشمسي (الالبيدو)، وثالثاً، عبر تعديل إشعاع الموجات الطويلة من الأرض في اتجاه الفضاء (أي من خلال تعديل تركيزات غاز الدفيئة). وبدوره، يستجيب المناخ مع مثل هذه التغيّرات بطريقة مباشرة أو غير مباشرة من خلال عدة آليات إرتدادية، الشكل (5-2) [21].

الشكل 5-2

تقدير لميزان طاقة الأرض النسبية العالمية السنوية [21]



إن الأرض والغلاف الجوي يوازنان على مدار السنة كمية الإشعاعات الشمسية الواردة، ويمتصانها من خلال تصدير الكمية ذاتها من خلال إشعاع طويل الموجة. تمتص الأرض حوالي نصف الإشعاع الشمسي الوارد. ويتم نقل هذه الطاقة إلى الغلاف الجوي عبر تسخين الهواء المتصل بالسطح ومن خلال التبخر – النتح ومن خلال الإشعاع الطويل الموجة الذي تمتصه السحب وغازات الدفيئة. ويقوم الغلاف الجوي بإرسال طاقة الموجات الطويلة مجدداً إلى الأرض وإلى الفضاء.

يصل مجموع الطاقة الواردة إلى سطح الغلاف الجوي للأرض على مساحة متر مربع مقابل الشمس خلال النهار إلى 1.370 واط في الثانية. أما مجموع الطاقة الواردة إلى المتر المربع الواحد في الثانية حول الكرة الأرضية فيبلغ ربع هذا الرقم. والجدير بالذكر أن 30 % من ضوء الشمس الوارد إلى الغلاف الجوي ينعكس مجدداً إلى الفضاء. ويعود مرد ثلثي هذا الانعكاس تقريباً إلى الغيوم وإلى الجزئيات في الغلاف الجوي التي تعرف بـ«الهباء الجوي». أما الثلث المتبقي فتعكسه بقع الأرض الفاتحة اللون، وهي الثلج والجليد والصحارى على وجه التحديد. وينتج التغيّر الأخطر في انعكاس الهباء الجوي من جراء المواد التي تقذفها البراكين عالياً

جداً في الغلاف الجوي. وينظّف المطر الهباء الجوي للغلاف الجوي خلال أسبوع أو أسبوعين، غير أن المواد المنبعثة من بركان قوي متخطية أعلى السحب، تؤثر بشكل كبير على المناخ زهاء سنة أو اثنتين قبل أن تسقط إلى الطبقة السفلى من الغطاء الجوي وتنتقل بعدها إلى الأرض مع الهطول. وبالتالي، يمكن أن تؤدي البراكين الكبيرة إلى نقص درجة الحرارة السطحية العالمية النسبية بنسبة نصف درجة مئوية، ومن الممكن أن يدوم هذا النقص عدة أشهر أو سنوات. أضف إلى ذلك أن بعض أنواع الهباء الجوي البشرية المنشأ تعكس الضوء الشمسي.

ويمتص الغلاف الجوي والأرض الطاقة التي لا تنعكس مجدداً إلى الفضاء. ويبلغ مجموع هذه الطاقة تقريباً 240 واط للمتر المربع الواحد. وينبغي أن تعكس الأرض كمية الطاقة عينها التي تصلها إلى الفضاء بغية إقامة توازن مع الطاقة الواردة إليها. وتنفذ الأرض هذه العملية من خلال إرسال إشعاع طويل الموج. وفي الواقع، يبعث كل شيء على سطح الأرض إشعاعاً طويل الموج، وهذه هي الطاقة الحارة التي يشعر الفرد بانبعاثها من حريق ما، وكلما ازدادت حرارة الشيء، ازدادت الطاقة الحارة المنبعثة. ويجب أن تبلغ حرارة الأرض 19 درجة مئوية كي تتمكن من إصدار 240 واط للمتر المربع الواحد. وفي حقيقة الأمر، إن هذه الدرجة أبرد من الشروط المتوفّرة على سطح الأرض (حيث تبلغ درجة الحرارة السطحية العالمية 14 درجة مئوية). غير أن الحرارة الضرورية التي تقل عن 19 درجة مئوية تتواجد على أرتفاع خمسة كيلومتر عن سطح البحر.

يعود سبب الارتفاع في حرارة الأرض إلى الغازات الناتجة عن الدفيئة التي تعمل كغطاء جزئي يحجب الإشعاع الطويل الموج المنبعث من الأرض. ويعرف هذا الغطاء باسم الآثار الطبيعية للدفيئة. وأهم غازات الدفيئة هو بخار الماء وثاني أكسيد الكربون. وفي الوقع، لا يملك النيتروجين والأكسيجين، وهما المكونان الرئيسيان للغلاف الجوي، هذا المفعول. وفي المقابل، ينتج عن السحب مفعول يشبه مفعول الغازات المنبعثة من الدفيئة، غير أن انعكاسهما يضع حداً لهذا المفعول إذ غالباً ما تبرد السحب المناخ (مع العلم أن وجودها يشعر المرء بالحرارة حيث تكون الليالي المليئة بالسحب أحر من الليالي الصافية لأن السحب تعكس الطاقة الطويلة

الموج مجدداً إلى سطح الأرض). وتعزز النشاطات الإنسانية مفعول هذا الحاجب بسبب ابتعاث الغازات الدفيئة. وقد ازداد حجم ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بنسبة 35% في الحقبة الصناعية بسبب النشاطات البشرية، ومنها، على وجه التحديد، احتراق الوقود الأحفوري وإزالة الغابات. وبالتالي، تسبب الإنسان بتغيير التركيبة الكيميائية للغلاف الجوي العام وبتأثير كبير على المناخ.

وبسبب شكل الأرض الدائري، تصل الطاقة الشمسية إلى الأماكن الواقعة على خطوط الاستواء أكثر مما تصل إلى الأماكن الواقعة على خطوط العرض حيث يضرب ضوء الشمس الغلاف الجوي في زاوية أكثر انخفاضا. وتنتقل الطاقة من الأماكن الاستوائية إلى الأماكن الواقعة على خطوط العرض من خلال دوران الغلاف الجوي والمحيطات بما فيها أنظمة الإعصار. والطاقة ضرورية لتبخر الماء من البحر ومن طبقة الأرض، وتنبعث هذه الطاقة المسماة الحرارة النائمة عندما يتركز بخار المياه في السحب. ينتج دوران الغلاف الجوي بشكل أساسي بسبب ابتعاث هذه الحرارة النائمة. وبدوره، يتسبب دوران الغلاف الجوي بدوران المحيط بسبب حركة السحب على سطح مياه المحيط وبسبب التغيّر في حرارة سطح المحيط ونسبة ملوحته من جراء الهطول والتبخر.

إن أنماط دوران الغلاف الجوي شرقية غربية وليست شمالية جنوبية بسبب دوران الأرض. أما الرياح الغربية الواقعة في خط العرض الوسطي فتشكل أنظمة خاصة بالطقس تنقل الحرارة من وإلى القطبين. إن أنظمة الطقس هذه هي نفسها أنظمة الضغط العالي والمنخفض المألوفة المتنقلة، بالإضافة إلى خطوط التقائها الدافئة والباردة. وبسبب التباينات في حرارة سطح الأرض والمحيط والعوائق كسلاسل الجبال والغلاف الجليدي، تتعلق أمواج الغلاف الجوي في نظام الدوران جغرافياً بالمحيطات والجبال، على الرغم من إمكانية تبدّل سعتها مع الوقت. وبسبب أنماط الموج، يمكن أن يرتبط شتاء بارد في أميركا الشمالية بشتاء دافئ في مكان أخر في الجزء الثاني من الكرة الأرضية. وستتأثر أوجه دوران الغلاف الجوي والمحيطات بشكل بارز بالتغيّرات الحاصلة في شتى مميزات النظام المناخي، مثل حجم الغطاء الجليدي ونوع النباتات وتوزعها أو حرارة المحيط والغلاف الجوي.

وهناك العديد من الآليات الارتدادية في المناخ التي يمكن أن تعزز (التأثير التفاعلي الإيجابي) أو تقلّص (التأثير التفاعلي السلبي) مفاعيل التغيّر التأثير المناخي. وعلى سبيل المثال، إن ارتفاع تركيز غازات الدفيئة يؤدي إلى مناخ أرضي دافئ فيبدأ الثلج والجليد بالذوبان. ويُظهر هذا الذوبان أراض ومياه داكنة كانت تحت الجليد والثلج وكانت تمتص الكثير من حرارة الشمس، مسبّبةً بذلك المزيد من الإحترار، ما يؤدي إلى مزيد من الذوبان، وهكذا دواليك، وتبقى الأرض في دورة تعزز نفسها بنفسها. وتعزز هذه الحلقة الارتدادية المعروفة بالتأثير التفاعلي لجليد البياض الإحترار الأولي المتأتي من ارتفاع مستويات غازات الدفيئة. لقد كان رصد التأثير التفاعلي في المناخ وفهمه وتحليله موضوع بحث العلماء بغية حل تعقيدات مناخ الأرض.

5 - 7 الطرائق التي يتم بها تسخين الهواء

يتم تسخين الغلاف الجوي بإشعاع من سطح الأرض، الذي يعيد إرسال إشعاع الشمس على شكل طويل موجات الحرارة. وبالتالي، فإن درجة حرارة الغلاف الجوي سوف تختلف بشكل كبير مع الارتفاع فوق سطح الأرض. ويتم تسخين الغلاف الجوي من خلال هذه العمليات الرئيسية الثلاثة.

أ- الإشعـــاع

يحدث ببساطة عن طريق التسخين المباشر للجسم عن طريق نأقل الحركة من موجات الحرارة.

الموجات الطويلة من حرارة سطح الأرض تسخن الهواء على مقربة من الأرض. يتم تسخين الأرض من قبل طاقة الموجة القصيرة من الشمس. و يتم تسخين الهواء عن طريق الموجة الطويلة للطاقة من الأرض.

ب- الحمل الحراري

تيارات الحمل الحراري هي حركات تصاعدية للهواء الدافئ لأنها ذات درجة حرارة أعلى من درجة حرارة الهواء المحيط، وأقل كثافة وأخف وزناً، وبالتالي يميل إلى أن ترتفع. بالتسخين الحراري للغلاف الجوي، وبذلك يتم تسخين الهواء.

ج-التوصيـــل

هذه هي العملية التي بواسطتها يسخن الهواء بشكل مباشر في وقت النهار بالاحتكاك بسطح الأرض. بما أن الهواء يميل ليسخن في هذه الطرق الثلاثة بقرب الهواء من السطح بكامل الانجازات بنفس درجة الحرارة كما في العمق حيث تكون في تلامس.

على أي حال تعتمد درجة الحرارة تحت الأرض على كمية الطاقة الشعاعية الشمسية المنتشرة على سطح الأرض وعلى خاصية سطح التربة التي تستقبل تلك الإشعاعات.

8-5 توزيع درجات حرارة الهواء الأفقية والعمودية

1-8-5 التوزيع العمودي لدرجات الحرارة

في طبقة التربوسفير درجة حرارة الهواء تنقص مع الارتفاع الجغرافي معدل التناقص حوالي 1.8 درجة مئوية في 300متر. يتناقص معدل درجة الحرارة بشكل طبيعي ومتنوع من مكان لآخر ومن فصل من السنة إلى فصل آخر.

2-8-5 التوزيع الأفقـي لدرجات الحرارة

الميزات الرئيسية لدرجة حرارة الهواء السطحي فوق الأرض مقسم بشكل كبير بدائرة العرض. تتناقص درجة الحرارة بشكل تدريجي من خط الاستواء إلى المناطق القطبية هذه التوزيعات على أية حال معرفة بشكل كبير بمركز الأرض وسطح البحر والتغيرات الفصلية في موقع الشمس متعلقة بتلك السطوح. درجة حرارة الهواء السطحي يمكن أن تظهر على الخريطة بسلسلة من الخطوط تدعى ايزوترم (خطوط درجات الحرارة).

الايزوترم ببساطة هو خط يربط الأماكن التي لها نفس درجة حرارة مستوى سطح البحر الرئيسية.

الفصل السادس

العوامل المسؤولة عن تغير المناخ



الفصل السادس
العوامل المسؤولة عن تغير المناخ

6 - 1 مقدمـــة

يحدد معدل تلقي الطاقة من الشمس والمعدل الذي تُفقد فيه الطاقة إلى الفضاء درجة حرارة الأرض ومناخها. وتوزع هذه الطاقة في جميع أنحاء العالم عن طريق الرياح والتيارات المحيطية وآليات أخرى لتؤثر على مناخات المناطق المختلفة.

وعرفت وكالة ناسا NASA تغير المناخ على أنه: «ظاهرة عالمية واسعة الانتشار، تنشأ في الغالب عن طريق حرق الوقود، الذي يطلق إلى الغلاف الجوي غازات الاحتباس الحراري. وتشمل هذه الظاهرة الاتجاهات المختلفة لتزايد درجات الحرارة التي وصفها الاحترار العالمي، وتشمل أيضاً تغييرات أخرى مثل ارتفاع مستوى سطح البحر، وفقدان الكتلة الجليدية في جرينلاند وأنتاركتيكا والقطب الشمالي والجبال الجليدية في جميع أنحاء العالم، وتغير مواعيد تفتح الأزهار، وأحداث الطقس الشديدة».

لقد أصبح تغير المناخ حقيقة يشعر بها الكثير من سكان الأرض، وحدث التغير الحالي للمناخ بسبب رفع النشاط البشري لنسب غازات الدفيئة في الغلاف الجوي الذي بات يحبس المزيد من الحرارة، أما الأسباب الطبيعية للتغير فظهرت في مراحل تاريخية سابقة .

6 - 2 الأسباب الطبيعية للتغيرات المناخية

يمكن أن يتأثر مناخ الأرض بالعوامل الطبيعية، مثل التغيرات التي تحدث لمدار الأرض حول الشمس وما ينتج عنها من تغير في كمية الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى الأرض، وبالتالي إلى إحداث تغيرات مناخية كبيرة . يعتبر العالم الجيوفيزيائي يوغسلاف YOUGOSLAVE Milutin Milankovitc أول من وضع سنة

1920نظريته القائلة بأن التغيرات المناخية للأرض للسنوات الأخيرة هي مرتبطة أيضا بتغيرات كمية الإشعاعات الشمسية المستقبلة من طرف الأرض.

إن شكل محور الأرض حول الشمس يتغير ببطء شديد على فترة 100000 إلى 413000 سنة ولقد أدت الفروق البسيطة في محور دوران الأرض إلى حدوث تغييرات في التوزيع الموسمي للإشعاع الشمسي، وقامت بدور هام في إحداث التباينات في المناخ في الماضي، مثل دورتي العصر الجليدي والفترة الممتدة بينهم. وبحسب وكالة الفضاء الأمريكية ناسا، فإن نقص شدة الإشعاع من عام 1400 إلى عام 1800 م كان السبب وراء تشكل العصر الجليدي القصير (في شمال أمريكا وأوروبا) وعندما يتغير التأثير الإشعاعي، يستجيب النظام المناخي على فترات زمنية مختلفة. ويتعلق طول فترة الاستجابة، بالاستطاعة الحرارية الكبيرة للمحيطات، وبالتعديل الديناميكي في صفائح الجليد .وهذا يعني أن الاستجابة لتغير ما قد تطول لآلاف السنين .إن أي تغيير في التوازن الإشعاعي للأرض، بما في ذلك زيادة غازات الدفيئة أو المعلقات، سيغير الدورة الهيدرولوجية ودوران الجو والمحيطات، مؤثر اً بذلك على نماذج الطقس، وعلى درجات الحرارة، وكميات الهطول في المناطق المختلفة من العالم.

كما يعتبر ثوران البراكين عاملاً مهماً في تغير المناخ حيث لاحظ علماء المناخ لسنوات عديدة، وجود صلة بين ثوران البراكين الكبيرة وتغير مناخي قصير الأجل[22]. على سبيل المثال، واحدة من أبرد السنوات في القرنين التاسع عشر والعشرين حدثت في السنة التالية للثوران البركاني تامبورا Tambora في عام 1815. بحسب الوثائق كانت حسابات الطقس شديد البرودة في السنة التالية لهذا الاندفاع في عدد من المناطق عبر الكوكب. العديد من الأحداث البركانية الكبرى الأخرى تظهر أيضاً نمطاً من درجات الحرارة المنخفضة في العالم يستمر من 1 إلى 3 سنوات بعد اندلاع البراكين. في البداية، اعتقد العلماء أن الغبار المنبعث في الجو من الانفجارات البركانية الكبيرة كان مسؤولاً عن التبريد من خلال منع جزئي لانتقال الإشعاع الشمسي إلى سطح الأرض. ومع ذلك، تشير القياسات إلى أن معظم الغبار المُلقى في الجو عاد إلى سطح الأرض في غضون ستة أشهر. البيانات الأخيرة في الستراتوسفير توحي بأن الثوران البركاني يخرج كميات كبيرة من ثاني

أكسيد الكبريت الغاز الذي يبقى في الغلاف الجوي لمدة تصل إلى ثلاث سنوات. وقد قرر الكيميائيون في الغلاف الجوي أن غاز ثاني اكسيد الكبريت الخارج يتفاعل مع بخار الماء الموجود عادة في طبقة الستراتوسفير لتشكيل طبقة ضباب ساطعة بصرية كثيفة تقلل انتقال بعض إشعاعات الشمس القادمة عبر الغلاف الجوي.

6-3- الأسباب البشرية للتغيرات المناخية

أحدث الإنسان منذ نشأته على الأرض تغييرات هائلة في الطبيعة والبيئة، منها التي عادت بالآثار الايجابية وكانت منفذ لتطور البشرية عبر التاريخ ومنها من أدت إلى تدهور البيئة وأصبحت تشكل تحديا واضحا للبشرية نظرا لما صاحبها من إضعاف للتنمية في جميع المجالات، ومن جملة الآثار السلبية الناتجة عن استغلال الإنسان لبيئته مسأهمته في تفاقم ظاهرة تغير المناخ بشكل كبير وذلك عن طريق:

6-3-1-الاستعمال المفرط للموارد الطبيعية

خاصة الموارد الطبيعية غير المتجددة كالوقود الأحفوري، والتي يترتب عن استخراجها وتكريرها واستعمالها انطلاق كميات هائلة من غاز ثاني أكسيد الكربون التي تطرح في الجو وتغير من تركيب الغلاف الجوي، ما يؤدي إلى تذبذب وبصفة مستمرة للمناخ . وتعتبر الثورة الصناعية التي شهدها العالم في النصف الثاني من القرن الثامن العشر مرادفا للمكننة التي تعمل باستهلاك قدر كبير من الطاقة الأحفورية، ما أدى إلى ارتفاع تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون والذي يعد أكثر الغازات تأثيرا في ظاهرة الإحترار العالمي، حيث وصل التركيز إلى 400 جزء في المليون في عام 2015، بينما كان مع بداية الثورة الصناعية قريب من 260 جزء في المليون ولايزال هذا التركيز بتزايد مستمر.

6-3-2- القضاء على مساحات من الغابات

يؤثر استخدام الأراضي للبناء والزراعة على المواصفات الفيزيائية والحيوية لسطح الأرض. كما تؤثر هذه التغيرات على قوى الإشعاع، التي تؤثر بدورها على تغير المناخ.

6-4- غازات الدفيئة المسببة للاحتباس الحراري

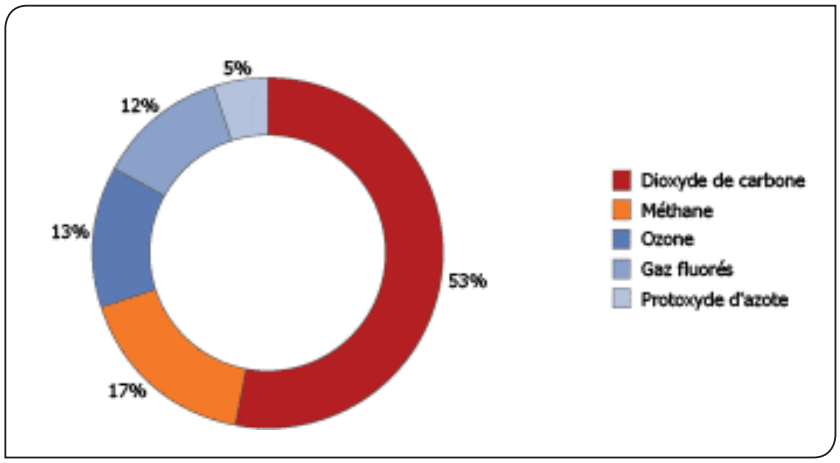
إن الإحترار العالمي ناتج عن غازات الدفيئة، والتي تتميز بكونها شفافة بالنسبة لأشعة الشمس. كما أن قدرتها على امتصاص الأشعة تحت الحمراء تختلف من غاز إلى آخر ما يؤدي اختلاف نسبة مسأهمتها في ظاهرة الإحترار العالمي وبالتالي تأثيرها على تغير المناخ.

إن بخار الماء يساهم في ظاهرة الإحترار العالمي بنسبة أكبر من غاز ثاني أكسيد الكربون .غير أن كمية بخار الماء الصادرة إلى الغلاف الجوي نتيجة لنشاطات الإنسان، ضئيلة جداً مقارنة بكمية بخار الماء الناجمة عن المصادر الطبيعية. ويعتبر غاز ثاني أكسيد الكربون أكثر الغازات التي تنتج عن النشاط البشري تأثيراً في ظاهرة الإحترار العالمي يليه غاز الميثان، أنظر الشكل (6-1) [23].

الشكل 6-1

نسبة مسأهمة الغازات التي تنتج عن النشاط البشري

في التأثير في ظاهرة الإحترار العالمي



وبينت دراسات تغير المناخ على المدى الطويل وجود علاقة بين تراكيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي و الحرارة العالمية. ثاني أكسيد الكربون هو واحد من الغازات الأكثر أهمية المسؤولة عن تأثير الإحترار العالمي، والتي تشكل

فقط أقل من 1% من الغلاف الجوي، وتقوم بعزل الأرض بالكامل. كل الحياة على الأرض تعتمد على ظاهرة الإحترار العالمي و بدونها متوسط درجة حرارة سطح الأرض سيكون حوالي(18-) درجة مئوية والجليد سيغطي الأرض من القطب إلى القطب. بعض الغازات الجوية، مثل ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء والميثان، قادرة على تغيير توازن الطاقة في الأرض من خلال القدرة على امتصاص الإشعاع ذي الموجة الطويلة المنبعث من سطح الأرض. النتيجة الصافية لهذه العملية وإعادة أشعة الموجة الطويلة إلى سطح الأرض زيادة كمية الطاقة الحرارية في النظام المناخي للأرض.

يعتقد الكثير من العلماء أن تركيزات أعلى من ثاني أكسيد الكربون في الجو ستعزز تأثير الإحترار العالمي مما يجعل هذا الكوكب أكثر دفئاً. يعتقد العلماء أننا نشهد بالفعل احتراراً عالمياً حيث تشير معظم نماذج المناخ على الحاسوب إلى أن درجة حرارة العالم سوف ترتفع بقيمة 1.5 – 4.0 درجة مئوية إذا وصل ثاني أكسيد الكربون إلى مستوى التركيز المتوقع 600 جزء في المليون بحلول عام 2050.

يتكون جزء من غازات الدفيئة بشكل طبيعي في البيئة وجزء آخر يتكون نتيجة للأنشطة البشرية. ولا تتأثر كمية بخار الماء في الجو مباشرة بالأنشطة البشرية. أما غاز ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النتروز N_2O والأوزون فكلها تتكون بشكل طبيعي في البيئة، ولكن يتم إنتاجها بمستويات قياسية عن طريق الأنشطة البشرية. بينما غازات دفيئة أخرى كالكلوروفلوروكربون والكلوروفلوروميتان لا تحدث بشكل طبيعي على الإطلاق ويتم إنتاجها فقط من خلال العمليات الصناعية. في أغلب المراجع لا يضمن الأوزون ضمن النسب المئوية لمسأهمة غازات الاحتباس الحراري مع أنه أحد الغازات الهامة وذلك لأن تأثيره غير مباشر ولأنه يعيش في الغلاف الجوي لفترة قصيرة تبلغ عدة أسابيع إلى شهر ولذلك فإن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC لاتضمن الأوزون في تقاريرها التي على ضوئها تتخذ مؤتمرات الأطراف COPs لتغير المناخ قراراتها. وتنتج الأنشطة البشرية أيضاً جزيئات محمولة بالهواء تسمى الهباء الجوي، والتي تعوض بعضاً من تأثير ارتفاع درجة حرارة نتيجة غازات الدفيئة المتزايدة.

6-4-1-ثاني أكسيد الكربون

يعتبر من أهم غازات الدفيئة، وشكل في عام 1996 أكثر من 70 % من انبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن النشاط البشري. و يبقى ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي لعدة قرون.

يصل ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوي من عدة مصادر منذ ملايين السنين. ومن بين تلك المصادر التي بدأ ظهورها مع الثورة الصناعية حرق الإنسان للوقود الأحفوري. ويعد حرق الوقود مصدراً كبيراً لثاني أكسيد الكربون، وأصبح له تأثيراً كبيراً على توازن دورة الكربون.

تؤثر بعض النشاطات البشرية على كمية ثاني أكسيد الكربون التي تتدفق داخل وخارج الغلاف الجوي، ومنها صناعة الإسمنت المسؤولة عن 5% تقريباً من ثاني أكسيد الكربون الذي يطلقه الإنسان في الغلاف الجوي، حيث تتضمن تلك الصناعة سحق وتسخين صخور الكربونات مثل الحجر الكلسي. وينتج غاز ثاني أكسيد الكربون عن محطات توليد الطاقة التي تحرق الوقود الأحفوري، و عن تشغيل السيارات والمركبات وعن تحلل النفايات السائلة والصلبة.

وبما أن غاز ثاني أكسيد الكربون يوجد في الغلاف الجوي بكميات أكبر بكثير من غازات الدفيئة الأخرى التي هي من فعل الانسان، يصنف عادة بمرتبة (مقدرة على الإحترار العالمي Global Warming Potential GWP) تساوي الواحد. وغاز ثاني أكسيد الكربون كان حسب التقرير الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ مسؤول في عام 2011 عن 76% من تأثير الإحترار العالمي الناتج من تحرير غازات الدفيئة بفعل الانسان.

6 - 4 - 2 الميثـــــان

تنتج العديد من العمليات الطبيعية الميثان. يؤدي التحلل اللاهوائي للمواد المحتوية على الكربون، مثل النفايات في مطامر النفايات، إلى إطلاق غاز الميثان.

وتطلق الحيوانات المجترة مثل الماشية والأغنام الميثان في الهواء كنتيجة ثانوية للهضم. تنتج الكائنات الحية الدقيقة التي تعيش في التربة الرطبة، مثل حقول الأرز، الميثان عندما تفكيك وتحطم المواد العضوية. و ينبعث الميثان أيضاً أثناء تعدين الفحم وإنتاج ونقل أنواع الوقود الأحفوري الأخرى. تركيزات الميثان في الغلاف الجوي أقل بكثير من ثاني أكسيد الكربون، ويبقى الميثان في الغلاف الجوي لمدة عقد، أو نحو ذلك لكن الميثان هو غاز فعال للغاية في ظاهرة الإحترار العالمي حيث يتمتع بمرتبة (مقدرة على الإحترار العالمي GWP) تساوي 22 وكان غاز الميثان حسب التقرير الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ مسؤول في عام 2011 مسؤول عن 16 % من تأثير الإحترار العالمي الناتج من تحرير غازات الدفيئة بفعل الانسان.

6 - 4 - 3 أكسيد النتروز

يتم إطلاق أكسيد النتروز N_2O من خلال حرق الوقود الأحفوري، وعوادم السيارات هي مصدر كبير لهذا الغاز. بالإضافة إلى ذلك، يستخدم العديد من المزارعين الأسمدة المحتوية على النيتروجين لتوفير المغذيات لمحاصيلهم. وعندما تتفكك هذه الأسمدة في التربة، ينبعث منها أكسيد النتروز في الهواء . تطلق حقول الحرث أيضاً أكسيد النتروز. الذي يتمتع بمرتبة (مقدرة على الإحترار العالمي GWP) تساوي 296. وأكسيد النتروز كان حسب التقرير الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ مسؤول في عام 2011 عن 6 % من تأثير الإحترار العالمي المتزايد والناتج من تحرير غازات الدفيئة بفعل الانسان.

6 - 4 - 4 المواد الكيميائية الاصطناعية

تستخدم عمليات التصنيع أو تولد العديد من المواد الكيميائية الصناعية التي تعتبر غازات دفيئة قوية. على الرغم من أن هذه الغازات تنتج بكميات صغيرة نسبياً، إلا أنها تحبس أكثر بمئات الآلاف من المرات الحرارة في الجو مقارنة مع كمية متساوية من ثاني أكسيد الكربون. بالإضافة إلى ذلك، فإن روابطها الكيميائية

تجعلها طويلة العمر بشكل استثنائي في البيئة. والمواد الكيميائية الصناعية كانت حسب التقرير الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ مسؤولة في عام 2011 عن 2 % من تأثير الإحترار العالمي المتزايد والناتج من تحرير غازات الدفيئة بفعل الانسان.

ومن أهم غازات الدفيئة التي صنعها الإنسان مركبات الكلوروفلوروكربون (CFCs)، وهي عائلة من الغازات التي تحتوي على الكلور والتي كانت مستخدمة على نطاق واسع في القرن العشرين كمبردات، ومواد رش الهباء الجوي (الايروسول)، ومواد تنظيف. أظهرت الدراسات العلمية أن الكلور الذي تطلقه مركبات الكلوروفلورو كربون (CFCs) في الغلاف الجوي العلوي يدمر طبقة الأوزون. ونتيجة لذلك اتفق على التخلص التدريجي من استعمال مركبات الكلوروفلوروكربون بموجب معاهدة دولية لعام 1987، وهي بروتوكول مونتريال المتعلق بالمواد المستنفدة لطبقة الأوزون. و تم حظر استخدام مركبات الكلوروفلوروكربون في معظم الدول الصناعية ابتداء من عام 1996 ويتم التخلص التدريجي من استخدامها في البلدان النامية بعد عام 2010. وقد تم تطوير مواد كيميائية جديدة لتحل محل مركبات كلوروفلوروكربون، لكنها أيضاً غازات تتصف بمرتبة (مقدرة على الإحترار العالمي G W P) عالية، انظر الجدول (6-1). وتشمل البدائل مركبات الهيدروكلورية الفلورية (HCFCs) ومركبات الكربون الهيدروفلورية (HFCs).

الجدول 6-1

قيم المقدرة على الإحترار العالميPWG

لأهم الغازات الدفيئة[1].

الغـــــاز	قيمة المقدرة على الإحترار العالمي GWP
ثاني أكسيد الكربون	1
الميثان	22
أكسيد النتروز	296
كلورو فلورو كربون	7100
ومركبات الكربون الهيدروفلورية(HFC23)	12000

6 - 5 التغيرات المناخية كنتيجة للاحتباس الحراري

تؤكد الأبحاث العلمية أن التغيرات المناخية هي نتيجة للاحتباس الحراري، وذلك بسبب زيادة طرح غازات الدفيئة خاصة ثاني أكسيد الكربون الناتج عن النشاطات البشرية، هذا الارتفاع الإضافي لتركيز الغازات سيؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض والجو.

تعتمد المنظمة العالمية للأرصاد الجوية في تقديرها لارتفاع درجات حرارة الأرض على 5 مجموعات بيانات عالمية مختلفة. ثم تقارن القراءات الحديثة مع درجات الحرارة المسجلة في الفترة بين 1850 و1900، التي تشكل حدا أساسيا يُشار إليه أحيانا بمستويات ما قبل المرحلة الصناعية.

6 - 5 - 1 الاحتباس الحراري الطبيعي

يعتبر الإحترار العالمي شرط أساسي للحياة على الأرض، فبدونه تكون درجة الحرارة على الأرض أقل من سالب 18 درجة مئوية، فدرجة الحرارة المتوسطة لكوكبنا ناتجة عن التوازن بين الطاقة الحرارية المنبعثة من أشعة الشمس التي تستمد الأرض حرارتها منها وينبعث جزءاً منها فيما يفقد بعضها إلى الفضاء الخارجي نحو 30% بحيث تحفظ تلك الخصوصية نوعاً من الاتزان الحراري على الكرة الأرضية، أما بعض هذه الحرارة المتبقية فيتم حجزها في الغلاف الجوي .وعليه فالاحتباس الحراري هو ظاهرة طبيعية وبدونه لا يمكن العيش فوق سطح الأرض.

6 - 5 - 2 الإحترار العالمي المرافق

ينتج الإحترار العالمي المرافق عن النشاطات البشرية، بفعل مسأهمة الانسان في زيادة انبعاث غازات الدفيئة في الجو، إذ يعمل بخار الماء في الغلاف الجوي وكذلك غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز الميثان وغازات ومركبات أخرى على امتصاص الأشعة الحرارية في جو الأرض؛ وتتفاوت قدرة الغازات على امتصاص الأشعة تحت الحمراء التي تؤلف بعض خواص أشعة الشمس بوصفها مجموعة من موجات كهرومغناطيسية.

فهناك طيف لامتصاص بخار الماء للأشعة تحت الحمراء، وآخر لثاني أكسيد الكربون وطيف لامتصاص غاز الميثان للأشعة تحت الحمراء، وهكذا. هذه القوة الانبعاثية المشعة لغازات الدفيئة تقاس بالواط للمتر المربع الواحد W/m^2 وترتبط بعلاقة لوغارثمية مع زيادة كمية الغازات، وهذا يعني أن زيادة نسبة الغازات لا تستوجب بالضرورة زيادة الإحترار العالمي بالنسبة ذاتها، بل يتصاعد الأثر بمعدل مختلف .تسأهم غازات الدفيئة في إعادة انبعاث الموجات الطويلة من أشعة الشمس المنعكسة عن الأرض إلى الفضاء الخارجي، فيما يتم امتصاص الموجات الحرارية الأقصر وإعادة انبعاثها بالإشعاع اتجاه الأرض. أن كمية الحرارة المنبعثة من غازات الدفيئة اتجاه الأرض تكون أكبر باقترابنا من سطح الأرض، وذلك لارتفاع درجة الحرارة كلما اقتربنا من سطح الأرض، الأمر الذي يزيد من شدة ظاهرة الإحترار العالمي في الغلاف الجوي الحيوي.

الفصل السابع

مسأهمة دول العالم في تزايد ظاهرة تغير المناخ وتأثيراته



الفصل السابع
مسأهمة دول العالم في تزايد ظاهرة تغير المناخ وتأثيراته

7 - 1 مقـدمـــة

إن آثار التغير المناخي باتت محسوسةً فعلا الآن، غير أنها ستزدادُ سوءاً. فقد بلغ الإحترار العالمي للأرض نحو أقل من 0.9 درجة مئوية فوق مستويات ما قبل الثورة الصناعية نتيجة انبعاثات متزايدة لغازات الدفيئة، والزيادة المستقبلية على مستوى العالم متوقعة من الجميع، والاختلاف في مقدار الزيادة هذه.

7-2 مسأهمة دول العالم في تزايد ظاهرة تغير المناخ.

يمكن إبراز دور الدول في تزايد ظاهرة تغير المناخ عن طريق مسأهمتها في زيادة نسبة انبعاثات غازات الدفيئة خاصة تلك الناجمة عن زيادة استعمال الوقود الأحفوري كمصدر للطاقة مثل غاز ثاني أكسيد الكربون، والذي يعتبر من أهم الغازات المسببة للاحتباس الحراري . كما تختلف نسبة إفراز هذا الغاز حسب القطاعات الاقتصادية وحسب طبيعة الدول أكانت متقدمة صناعياً أو نامية.

يحتوي الوقود الأحفوري مثل الفحم والنفط على الكربون الذي تسحبه النباتات من الغلاف الجوي من خلال عملية التمثيل الضوئي على مدى عدة ملايين من السنين؛ ونحن نعيد هذا الكربون إلى الغلاف الجوي خلال بضع مئات من السنين فقط وفقًا لحالة المناخ في عام 2019 من NOAA وجمعية الأرصاد الجوية الأمريكية. إن نصف ثاني أكسيد الكربون المنبعث منذ عام 1850 لا يزال في الغلاف الجوي، وما تبقى منه قد ذاب جزئياً في محيطات العالم. في حين أن المحيط الحيوي الأرضي هو أيضاً بالوعة لثاني أكسيد الكربون CO_2 الناتج عن الوقود الأحفوري، إن الانبعاثات التراكمية لثاني أكسيد الكربون الناتجة عن تغيير

استخدامات الأراضي مثل إزالة الغابات قللت من امتصاص الأرض لـ CO_2 خلال الفترة 1850–2018 (Friedlingstein et al. 2019).

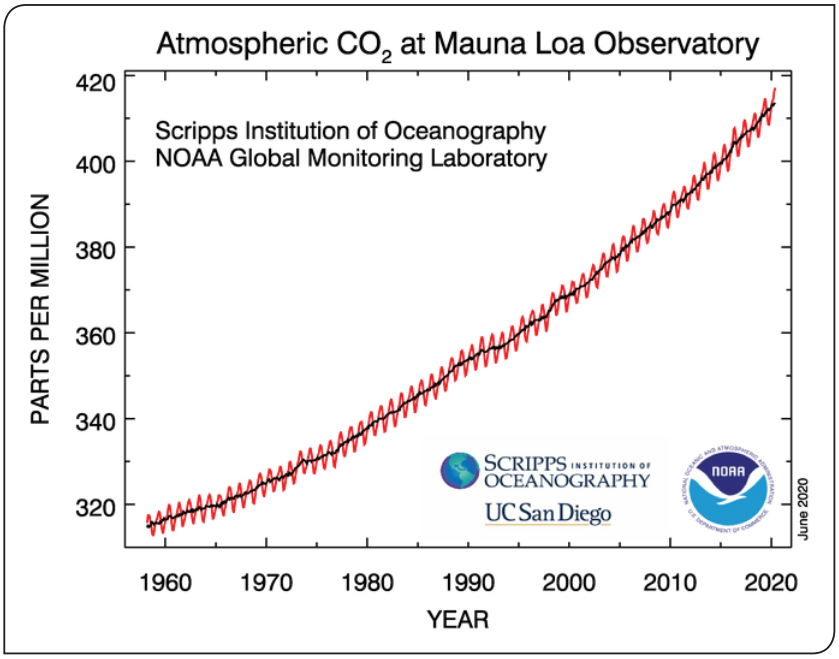
بلغ تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي العالمي 0.1 ± 409.8 جزء في المليون في عام 2019، كما يظهر في الشكل (7–1) الذي يبين تزايد التركيز الوسطي لغاز ثاني أكسيد الكربون في الجو من سنة 1958 إلى غاية 2019 [24].

هذا التركيز المسجل في عام 2019 يمثل زيادة قدرها 0.1 ± 2.5 جزء في المليون عن عام 2018، وهي نفس الزيادة بين عامي 2017 و 2018. في الستينيات، كان معدل الزيادة العالمي لثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي 0.1 ± 0.6 جزء في المليون سنوياً. وبين عامي 2009 و 2018، كان معدل الزيادة 2.3 جزء في المليون في السنة [24].

الشكل7-1

تزايد تركيز المتوسط الشهري لثاني أكسيد الكربون

في مرصد ماونا لوا



التابع للإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي في هاواي بواحدة جزء في المليون على مدار العام، تكون القيم أعلى في شتاء نصف الكرة الشمالي وأقل في الصيف. يُظهر الخط الأحمر الداكن الاتجاه السنوي، محسوبًا كمتوسط متجدد لمدة 12 شهرًا [24] .

يعد ثاني أكسيد الكربون من أهم غازات الاحتباس الحراري طويلة العمر على الأرض. يمتص حرارة أقل لكل جزيء من غازات الاحتباس الحراري مقارنة مع الميثان أو أكسيد النتروز، لكنه أكثر وفرة ويبقى في الغلاف الجوي لفترة أطول. وعلى الرغم من أن ثاني أكسيد الكربون أقل وفرة وأقل قوة من بخار الماء على أساس جزيء لكل جزيء، إلا أنه يمتص أطوال موجية من الطاقة الحرارية لا يفعلها بخار الماء، مما يعني أنه يزيد من تأثير الاحتباس الحراري بطريقة فريدة. الزيادات في ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي مسؤولة عن حوالي ثلثي اختلال توازن الطاقة الكلي الذي يتسبب في ارتفاع درجة حرارة الأرض.

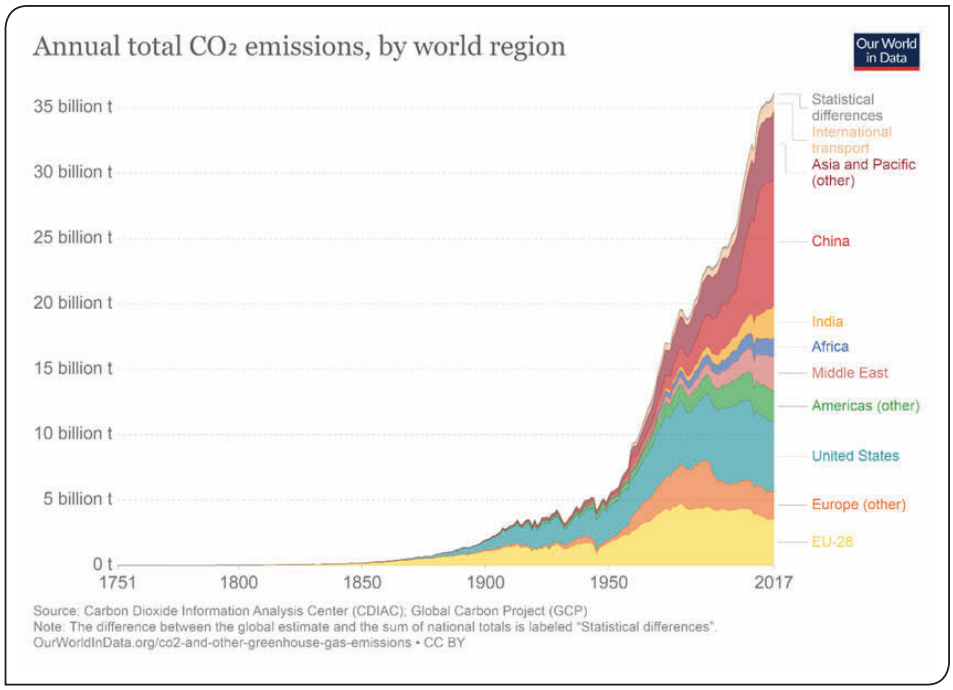
استنادًا إلى فقاعات الهواء المحصورة في قلب جليد بسمك ميل (وأدلة مناخية قديمة أخرى)، نعلم أنه خلال دورات العصر الجليدي للمليون سنة الماضية أو نحو ذلك، لم يتجاوز تركيز ثاني أكسيد الكربون 300 جزء في المليون. قبل أن تبدأ الثورة الصناعية في منتصف القرن الثامن عشر الميلادي، كان المتوسط العالمي لكمية ثاني أكسيد الكربون حوالي 260 جزء في المليون.

وتختلف انبعاثات غازات الدفيئة وفي طليعتها غاز ثاني أكسيد الكربون حسب مدى انتعاش القطاعات الاقتصادية في الدول وبخاصة القطاع الصناعي يبين الشكل (7-3) تطور انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن الدول حتى سنة 2017 (بوحدة مليار طن متري من مكافىء ثاني أكسيد الكربون) [25] .

الشكل 7-2

تطور انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون حسب الدول

(مليار طن مكافىء ثاني أكسيد الكربون) [52]

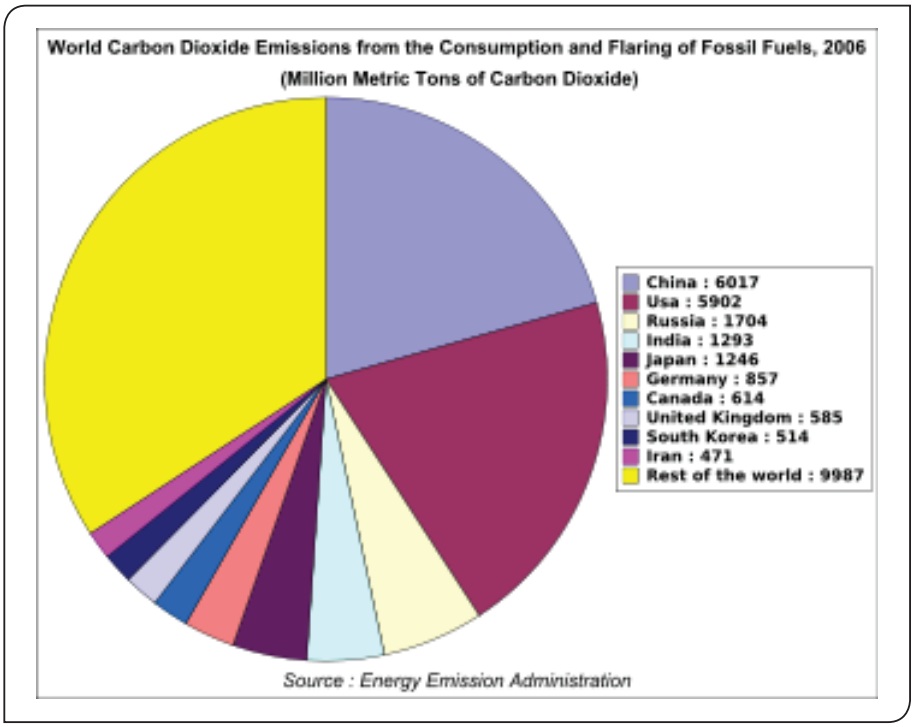


ولا تزال حصة الفرد في انبعاثات الكربون في الولايات المتحدة هي الأعلى على مستوى العالم. ولكن الصين منذ عام 2006، أصبحت في المرتبة الأولى في إنتاج أكسيد الكربون، والولايات المتحدة ثانياً على مستوى الدولة بسبب عدد السكان الهائل في الصين، أنظر الشكل (7-3) [26] .

الشكل 7-3

انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون العالمية في عام

(6002 مليار طن مكافىء ثاني أكسيد الكربون). [26]



7 - 3 - 1 الانبعاثات المتأتية من الدول المتقدمة

لقد شهدت النظم الاقتصادية في الدول المتقدمة تحولاً كبيراً منذ منتصف القرن العشرين في مجالات التصنيع من الدرجة الثانية نحو المجالات الثلاثية أو الرباعية، مما يعني حدوث انخفاض نسبي في مستوى الانبعاثات المتأتية من عمليات تصنيع المنتجات . كما تحولت المناطق الحضرية في هذه الدول في الوقت ذاته إلى مراكز للثراء والاستهلاك، حيث تسأهم الأنماط المعيشية لسكانها، لا سيما فيما يتصل بالاستهلاك والسفر في توليد مستويات كبيرة من انبعاثات الكربون، بيد أنه نادرا ما يتم التطرق لهذه العوامل لدى احتساب مستوى الانبعاثات. وتعد مسأهمة المدن الأوروبية في ظاهرة تغير المناخ متدنية نسبياً إذا ما قورنت بمدن أمريكا

الشمالية، حيث يعزى ذلك إلى مجموعة من العوامل، بما في ذلك الاندماج الأكبر للمدن الأوروبية، وتدني معدل ملكية المركبات الخاصة ومعدلات استخدام المركبات، واستخدام المركبات الأصغر حجماً والأكثر كفاءة من حيث استهلاك الوقود مما يساهم في خفض مستوى الانبعاثات المتأتية من وسائط النقل الخاصة . كما تتميز هذه المدن أيضاً بالاستخدام الأكثر فعالية لشبكات النقل العام، والتي تعتبر مقبولة لدى شرائح اجتماعية واسعة.

7 - 3 - 2 الانبعاثات المتأتية من الدول النامية

إن القوائم الخاصة بمستوى الانبعاثات في مدن الدول النامية قد كانت قليلة للغاية، وعادة ما تمثل المدن في هذه الدول مراكز اقتصادية تسأهم وبشكل كبير في الناتج الوطني الإجمالي، فضلاً عن دورها كمراكز اقتصادية، وسياسية، واجتماعية، وثقافية .وبالتالي، فإنها تمثل مراكز للاستهلاك والثراء عدا عن احتمالية مسأهمتها في نشوء معدلات أعلى من المتوسط الفردي للانبعاثات بالمقارنة مع ما يتم تسجيله في المناطق المحيطة بها [27]. وفي ضوء الأهمية المتضائلة لعمليات التصنيع في الدول المتقدمة، إلا انها قد شهدت توسعاً كبيراً في بعض الدول النامية، وهنالك بعض الدول التي تم تحفيزها من خلال التغيرات الاقتصادية والتغيرات الجيوسياسية، كما هو الحال في كل من البرازيل، والصين، والهند، وجنوب إفريقيا والتي باتت تمثل مراكز صناعية عالمية. وبالتالي، فإنها قد باتت تتخذ دوراً متزايد الأهمية على صعيد المسأهمة في نشوء الانبعاثات .كما تمكنت الصين مؤخراً من التفوق على الولايات المتحدة باعتبارها أبرز دولة منتجة للانبعاثات، وذلك بالرغم من التدني الكبير في نصيب الفرد على هذا الصعيد. وتضمن اتفاق باريس أن تلتزم كل الأطراف بالإبلاغ عن مساهماًتها المحددة وطنياً التي تنوي تحقيقها. وبحلول عام 2020، سيُطلب من الأطراف التي تحتوي مساهماًتها المحددة وطنياً على إطار زمني يصل حتى عام 2025 أن تقوم بالإبلاغ عن مساهماًت جديدة والأطراف التي تحتوي مساهماًتها المحددة وطنياً على إطار زمني يصل حتى عام 2030 أن تقوم بالإبلاغ عن أو تحديث هذه المساهماًت. وبدءاً من عام 2023، ستتم كل خمس

سنوات مراجعة عملية التقييم العالمي للجهود الجماعية في مجال التخفيف والتكيف وسبل التنفيذ.

ويوجد في الواقع تفاوت في مستويات توزيع المسؤولية المرتبطة بمعدل الانبعاثات بين مختلف الشرائح السكانية في المدن، وبخاصة في المجتمعات غير المتكافئة، حيث توجد نسبة كبيرة من سكان المدن في الدول الأقل نمواً وغيرها من الدول ذات الدخل المنخفض والتي تسجل معدلات متدنية للغاية من الانبعاثات، وذلك نظراً لمحدودية استخدامهم لمصادر الوقود الصلب والطاقة الكهربائية، ونظرا أيضا لمحدودية استهلاكها لكل من السلع والخدمات التي يرتبط إنتاجها ونقلها بنشوء الانبعاثات.

7 - 4 تحديات التغيرات المناخية

هناك العديد من التحديات المناخية التي تواجه العالم، والتي تقع في صميم الجوانب الأخلاقية والاقتصادية لأي إطار سياسي عام يرمي إلى مواجهتها ومن أبرزها:

- **اللاإنعكاسية:** تتسم الانبعاثات الغازية لثاني أكسيد الكربون وغيره من غازات الدفيئة بكونها غير قابلة للانعكاس، وذلك على جميع الأصعدة العملية. وتقاس مدة بقاءها في الغلاف الجوي لكوكب الأرض بالعقود والقرون.

ونفس المنطق ينطبق على التأثيرات المناخية. فعلى خلاف الكثير من القضايا البيئة الأخرى، والتي يمكن فيها إزالة آثارها السلبية بسرعة أعلى نسبياً، يتضح أن الأضرار التي يسببها تغير المناخ يمكن أن تستمر تبعاتها لتصيب السكان الحاليين لكوكبنا وتتجاوزهم إلى الأجيال القادمة بما يؤثر على جميع الإنسانية في المستقبل البعيد.

- **النطاق العالمي:** إن التغيرات المناخية المتولدة جراء تراكم غازات الدفيئة لا تفرق بين الأمم، حتى ولو تفاوتت تأثيراتها. فعندما تنبعث غازات ثاني أكسيد الكربون من دولة معينة، فإن الغاز يتدفق بكمية تؤثر على كامل الأرض، إن حجم النطاق والعواقب الناجمة عن التغير المناخي كبير حيث لا تستطيع أي دولة أن تحل هذه المشكلة بمفردها رغم أن بعض الدول تستطيع أن تحقق إنجازات أكبر من الدول الأخرى في ذلك.

- **عدم اليقين:** تعتمد نماذج التغير المناخي على احتمالات. والاحتمالات بدورها تحمل في داخلها عدم اليقين والشك. وهذا المزيج من عدم اليقين والمجازفة الكارثية التي تقع أمام الأجيال القادمة لهو سبب أكثر من مقنع للاستثمار في التأمين ضد هذا الخطر من خلال خفض الانبعاثات الكربونية.

الانتكاسات قريبة الأجل في التنمية البشرية: قبل أن تؤثر الأحداث الكارثية الناجمة عن التغيرات المناخية العالمية على الإنسانية بوقت طويل، سوف يتأثر ملايين الناس تأثرا عميقا بهذه التغييرات. فقد يكون من الممكن حماية أمستردام وكوبنهاجن ومانهاتن من ارتفاع منسوب سطح البحر في القرن الحادي والعشرين، لكن يتطلب ذلك تكاليف باهظة. ولكن الدفاعات ضد الفيضانات الساحلية لن تحمي حياة أو منازل مئات الملايين من الناس الذين يعيشون في بنغلاديش وفيتنام أو النيجر أو دلتا النيل. والإسراع من أجل احتواء تغير المناخ سوف يقلل من أخطار الانتكاسات التي سوف تصيب التنمية البشرية على امتداد القرن الحادي والعشرين، على الرغم من أن معظم الفوائد سوف تظهر فيما بعد عام 2030 وسوف يتطلب خفض الخسائر الإنسانية قبل هذا التاريخ دعما للتكيف.

7 - 5 المجتمعات والبلدان والفئات والشرائح المختلفة الأكثر تأثراً بتغير المناخ

إن تغير المناخ يلحق الضرر بنا جميعاً، وسيظل يلحق بنا الأذى ما لم تتخذ إجراءات للتعامل معه. غير أنه من الأرجح أن يكون تأثيره أكثر وضوحاً بالنسبة لمجموعات معينة، مثلاً تلك المجتمعات المعتمدة على الزراعة والصيد البحري في تحصيل أرزاقها فضلاً عن تلك الفئات المستضعفة والمحرومة والمعرضة للتمييز بالفعل.

7 - 5 - 1 تأثر الدول المتقدمة والنامية بتغير المناخ:

سيكون سكان الدول الصغيرة التي هي عبارة عن جزر، والدول الأقل نمواً بين الأكثر تضرراً، وهم كذلك بالفعل الآن. فالناس في الجزر الصغيرة مثل جزيرة مارشال يعانون على نحو منتظم من الفيضانات والعواصف المدمرة التي تدمّر بيوتهم وسبل عيشهم. كما تصدّرت موجة الحرارة عام 2018 عناوين الأخبار

في نصف الكرة الأرضية الشمالي في كافة أرجاء أوروبا وأميركا الشمالية، غير أن بعض أسوأ التأثيرات كانت محسوسةً كذلك في مناطق مثل باكستان، حيث قضى أكثر من 60 شخصاً، غالبيتهم عمال يعملون بالفعل تحت قيظ الحرارة اللاهبة، إذ تجاوزت درجات الحرارة 44 درجةً مئويةً [28].

7 - 5 - 2 تأثر العرقيات والطبقات المختلفة بتغير المناخ:

إن تأثيرات التغير المناخي، والتلوث الناجم عن الوقود الأحفوري، يتجاوز أيضاً الفوارق العرقية والطبقية. ففي أميركا الشمالية، المجتمعات الأفقر من الملوّنين في الغالب ستتأثر أكثر من باقي الفئات بتغير المناخ نتيجة سكنها في مناطق مخاطر ومواقع أكثر تأثراً بتغير المناخ وقلة إمكانياتها المادية، إنها تضطر إلى تنفّس الهواء الملوث لأن احتمال أن تقع أحياؤها قرب محطات توليد الطاقة ومصافي تكرير النفط ومطامر النفايات أكبر. وتلك المجتمعات تعاني من ارتفاع ملحوظ في معدلات أمراض الجهاز التنفسي وأمراض السرطان [28]، نتيجة استنشاقهم للهواء الملوث الذي يحتوي على تراكيز عالية من غاز الميثان الذي هو أحد غازات الاحتباس الحراري وغازات أخرى قد تكون سامة. ونسبة أن يموت أميركيٌّ أفريقيُّ الأصل بسبب تلوث الهواء تعادل ثلاثة أضعاف ما عليه الحال لشخصٍ آخر من بقية سكان الولايات المتحدة.

7 - 5 - 3 تأثر النوعين الاجتماعيين الذكر والأنثى بتغير المناخ:

إن النساء والفتيات يتأثرنَ على نحو غير متناسب بالتغير المناخي، وهو ما يعكس حقيقة أنهنَّ في كثير من البلدان أكثر عرضة للتهميش والحرمان. ومعنى هذا أنهنَّ أكثر تأثراً بتأثيرات الأحداث ذات الصلة بالمناخ لأنهنّ أضعف من أن يحمينَ أنفسهنَّ في مواجهة تلك التأثيرات وسيجدنَ أنه من الأصعب عليهنَّ التعافي منها [28].

7 - 5 - 4 تأثر الأجيال بتغير المناخ:

إن أجيال المستقبل ستعاني من الآثار المتفاقمة إن لم تتخذ إجراءات الآن. ورغم ذلك، يعاني الأطفال والشبان بالفعل بسبب عمليات الأيض في أجسامهم،

وبسبب احتياجاتهم الفيزيولوجية والتنموية الخاصة. وهذا يعني، على سبيل المثال، أن التهجير القسري الذي تعاني منه المجتمعات المحلية، ويؤثر على مجموعة شاملة من الحقوق، بدءًا من المياه، والصرف الصحي، والطعام، وصولاً إلى المسكن اللائق والصحة، والتعليم، والتنمية -سيضرّ على الأرجح بالأطفال على نحوٍ خاص.

7 - 6 تأثير تغير المناخ على الزراعة والحراجة واستخدامات الأراضي :

توفر الأراضي الأساس الرئيسي لسُبل عيش البشر ورفاههم بما في ذلك الإمداد بالغذاء والمياه العذبة وخدمات نظم إيكولوجية أخرى متعددة، وكذلك التنوع الأحيائي. ويؤثر الاستخدام البشري تأثيراً مباشراً على أكثر من 70 % (مرجح بنسبة تتراوح بين 69 و 76 %) من سطح اليابسة الخالي من الجليد في العالم (ثقة عالية). وتؤدي الأراضي دوراً هاماً أيضاً في النظام المناخي.[29]

يستخدم الناس حالياً ما يتراوح بين رُبع وثُلث الإنتاج الأولي المحتمل للأراضي لأغراض الحصول على الغذاء والعلف والألياف والأخشاب والطاقة. وتوفر الأراضي أساسا وظائف وخدمات نظم إيكولوجية أخرى كثيرة، بما في ذلك الخدمات الثقافية والتنظيمية، الضرورية للإنسانية (ثقة عالية). وقد قدرت، في نهج اقتصادي، قيمة خدمات نظم العالم الإيكولوجية الأرضية على أساس سنوي بما يعادل تقريبا الناتج المحلي الإجمالي العالمي السنوي (ثقة متوسطة).

والأراضي مصدر وبالوعة على السواء لغازات الاحتباس الحراري GHGs وتؤدي دوراً رئيسياً في تبادل الطاقة والمياه والأهباء الجوية بين سطح الأرض والغلاف الجوي. والنظم الإيكولوجية والتنوع الأحيائي قابلان للتأثر بتغير المناخ المستمر وبظواهر الطقس والمناخ المتطرفة، على نطاقات مختلفة. ويمكن أن تُسهم الإدارة المستدامة للأراضي في الحد من التأثيرات السلبية لعوامل إجهاد متعددة، من بينها تغيّر المناخ، على النظم الإيكولوجية والمجتمعات (ثقة عالية).

ويتضح من البيانات المتاحة منذ عام 1961 أن النمو السكاني العالمي والتغيرات في نصيب الفرد من استهلاك الأغذية والعلف والألياف والأخشاب والطاقة قد تسببا

في معدلات غير مسبوقة لاستخدام الأراضي والمياه العذبة (ثقة عالية جداً) مع كون الزراعة مسؤولة حالياً عن 70 % تقريباً من استخدام المياه العذبة في العالم (ثقة متوسطة). وقد دعم توسّع المساحات الخاضعة للزراعة والحراجة، بما يشمل الإنتاج التجاري، وإنتاجية الزراعة والحراجة المحسّنة لاستهلاك وتوافر الأغذية لسكان يتزايد عددهم (ثقة عالية). وهذه التغيّرات، مع وجود تباين إقليمي كبير فيها، قد أسهمت في زيادة صافي انبعاثات غازات الاحتباس الحراري) GHGs (ثقة عالية جداً)، وفقدان نُظم إيكولوجية طبيعية (مثلًا، الغابات، والسافإنا، والأراضي العشبية الطبيعية، والأراضي الرطبة)، وانخفاض التنوع الأحيائي (ثقة عالية).

وتظهر البيانات المتاحة منذ عام 1961 أن نصيب الفرد من إمدادات الزيوت النباتية واللحوم زاد بأكثر من الضعف وأن نصيب الفرد من إمدادات السعرات الحرارية الغذائية زاد بحوالي الثلث (ثقة عالية). وحالياً، يُفقد أو يُهدر ما يتراوح بين 25 % و 30 % من إجمالي الغذاء المُنتج (ثقة متوسطة). وهذه العوامل ترتبط بها انبعاثات إضافية لغازات الاحتباس الحراري GHGs (ثقة عالية).

ويخضع نحو رُبع مساحة اليابسة الخالية من الجليد في كوكبنا لعملية تدهور بفعل الإنسان (ثقة متوسطة). فتآكل وتحات التربة من الحقول الزراعية يقدّر بأنه أعلى حالياً بما يتراوح بين 10 مرات و 20 مرة (مع عدم الحراثة) وأكثر من 100 مرة (مع الحراثة التقليدية) من معدل تكوّن التربة (ثقة متوسطة). ويؤدي تغيّر المناخ إلى تفاقم تدهور الأراضي، لا سيما في المناطق الساحلية المنخفضة، ودلتات الأنهار، والأراضي الجافة، وفي مناطق التربة الصقيعية (ثقة عالية). وخلال الفترة 1961 – 2013، زادت المساحة السنوية للأراضي الجافة التي أصابها الجفاف، بمتوسط أعلى بدرجة طفيفة من 1 % سنوياً، مع وجود تباين كبير بين السنوات. وفي عام 2015، كان حوالي 500 مليون شخص، بين (380 و 620) مليون شخص يعيشون داخل مناطق تعرّضت للتصحر خلال الفترة ما بين ثمانينيات القرن الماضي والعقد الأول من القرن الحادي والعشرين. وتوجد أكبر أعداد المتضررين في جنوب وشرق آسيا، وحول منطقة الصحراء الكبرى بما في ذلك شمال أفريقيا، والشرق الأوسط بما في ذلك شبه الجزيرة العربية (ثقة منخفضة). وتعرّضت مناطق أراضٍ جافة

أخرى للتصحر. ويتزايد تأثر من يعيشون في مناطق متدهورة أو متصحرة بالفعل تأثراً سلبيا بتغيّر المناخ (ثقة عالية).

استخدام الأراضي وتغير المناخ الملحوظ

لقد أظهرت الرصدات الساتلية اخضرار الغطاء النباتي خلال العقود الثلاثة الأخيرة في أجزاء من آسيا وأوروبا وأمريكا الجنوبية ووسط أمريكا الشمالية وجنوب شرق استراليا. ومن بين أسباب الاخضرار أخلاط من امتداد موسم النمو، وترسّب النتروجين، والتخصيب بثاني أكسيد الكربون، وإدارة الأراضي (ثقة عالية). كما لوحظ تحوّل الغطاء النباتي إلى اللون البني في بعض الأقاليم ومن بينها شمال أوراسيا، وأجزاء من أمريكا الشمالية، ووسط آسيا، وحوض الكونغو، نتيجة إلى حد كبير للإجهاد المائي (ثقة متوسطة). وعالمياً، حدث اخضرار الغطاء النباتي في مساحة أكبر من المساحة التي تحوَّل فيها الغطاء النباتي إلى اللون البني (ثقة عالية).

وقد زاد تواتر العواصف الترابية وشدتها خلال العقود القليلة الماضية بسبب التغيرات في استخدام الأراضي وفي غطاء الأراضي والعوامل المتصلة بالمناخ في كثير من مناطق الأراضي الجافة مما أسفر عن زيادة التأثيرات السلبية على الصحة البشرية، في أقاليم من قبيل شبه الجزيرة العربية ومنطقة الشرق الأوسط الأوسع، ووسط آسيا (ثقة عالية) . وفي بعض مناطق الأراضي الجافة، سأهمت في التصحر زيادة درجة حرارة الهواء السطحي على اليابسة والتبخر النتحي وتناقص كمية الهطول، بالتفاعل مع تقلبية المناخ ومع الأنشطة البشرية. وتشمل هذه المناطق أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى، وأجزاء من شرق ووسط آسيا، واستراليا (ثقة متوسطة) [30].

وقد أدى الاحترار العالمي إلى حدوث تحولات في المناطق المناخية في كثير من أقاليم العالم، ومن بين هذه التحولات حدوث توسّع في المناطق ذات المناخ القاحل وانكماش المناطق ذات المناخ القطبي (ثقة عالية). ونتيجة لذلك، تعرّضت أنواع كثيرة من النباتات والحيوانات لتغيّرات في نطاقاتها ووفرتها، ولتحولات في أنشطتها الموسمية (ثقة عالية).

وقد يؤدي تغيّر المناخ إلى تفاقم عمليات تدهور الأراضي (ثقة عالية) من خلال حدوث زيادات في شدة سقوط الأمطار، والفيضانات، وتواتر حالات الجفاف وشدتها، والإجهاد الحراري، ونوبات الجفاف، والرياح، وارتفاع مستوى سطح البحر وحركة الأمواج، وذوبان التربة الصقيعية مع تعديل إدارة الأراضي للنتائج. ويشتد تآكل السواحل المستمر ويؤثر على مزيد من الأقاليم مع إفضاء ارتفاع مستوى سطح البحر إلى زيادة الضغط على استخدام الأراضي في بعض الأقاليم (ثقة متوسطة).

وقد أثّر تغيّر المناخ بالفعل على الأمن الغذائي بسبب الاحترار وتغيّر أنماط الهطول، وزيادة تواتر بعض الظواهر المتطرفة (ثقة عالية). وأظهرت الدراسات التي تفصل بين تغير المناخ والعوامل الأخرى التي تؤثر على غلات المحاصيل أن غلات بعض المحاصيل (مثل الذرة والقمح) في كثير من مناطق خطوط العرض السفلى قد تأثرت سلباً بفعل تغير المناخ المرصود، بينما في كثير من مناطق خطوط العرض العليا تأثرت غلات بعض المحاصيل (مثل الذرة والقمح والشمندر السكري) إيجاباً خلال العقود الأخيرة (ثقة عالية).

وأدى تغيّر المناخ إلى انخفاض معدلات نمو الحيوانات وإنتاجيتها في النظم الرعوية في أفريقيا (ثقة عالية). وهناك أدلة قوية على أن الآفات والأمراض الزراعية استجابت بالفعل لتغيّر المناخ وأدى ذلك إلى حدوث زيادات وانخفاضات على السواء في تفشيات الآفات والأمراض (ثقة عالية). واستناداً إلى المعرفة الأصلية والمحلية، يؤثر تغيّر المناخ على الأمن الغذائي في الأراضي الجافة، لا سيما تلك الموجودة في أفريقيا، والمناطق الجبلية العالية في آسيا وأمريكا الجنوبية.

كانت الأنشطة في قطاع الزراعة والحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي AFOLU مسؤولة عن حوالي 13 % من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO_2، و44% من انبعاثات الميثان CH_4، و 18 % من انبعاثات أكسيد النيتروز N_2O من الأنشطة البشرية على الصعيد العالمي خلال الفترة 2007 – 2016، مما يمثل 32% (9.2 +/– 0.21 غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً) من إجمالي الانبعاثات الصافية لغازات الاحتباس الحراري البشرية المنشأ (ثقة متوسطة).

وأسفرت الاستجابة الطبيعية من الأراضي للتغيّر البيئي الناجم عن البشر عن بالوعة كربون صافية لما يبلغ حوالي 11.2 غيغاطن من ثاني أكسيد الكربون سنوياً أثناء الفترة 2007 - 2016 ما يعادل 29 % من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الكلية (ثقة متوسطة)؛ ولكن استمرار بالوعة الكربون غير مؤكد بسبب تغيّر المناخ (ثقة عالية). وإذا أُدرجت الانبعاثات المرتبطة بأنشطة ما قبل الإنتاج وبعده في نظام الأغذية العالمي، يقدّر أن الانبعاثات تتراوح نسبتها بين 21% و 37 % من إجمالي الانبعاثات الصافية لغازات الاحتباس الحراري البشرية المنشأ (ثقة متوسطة).

تعد الأراضي مصدر لثاني أكسيد الكربون وبالوعة له في آن واحد نتيجة لعوامل دافعة بشرية المنشأ وطبيعية على السواء، مما يجعل من الصعب فصل التدفقات البشرية المنشأ عن التدفقات الطبيعية (ثقة عالية جدا). وتقدّر النماذج العالمية انبعاثات صافية لثاني أكسيد الكربون تبلغ 2.6 ± 5.2 غيغاطن من ثاني أكسيد الكربون سنويا (النطاق المرجح) من استخدام الأراضي وتغيّر استخدام الأراضي أثناء الفترة 2007- 2016 . وهذه الانبعاثات الصافية ترجع في معظمها إلى إزالة الغابات، التي تقابلها جزئياً زراعة الغابات/إعادة زراعة الغابات، الانبعاثات وعمليات الإزالة التي تنجم عن أنشطة أخرى في مجال استخدام الأراضي (ثقة عالية جدا) ولا يوجد اتجاه واضح في الانبعاثات السنوية منذ عام 1990 (ثقة متوسطة) [30].

وقد أسفرت الاستجابة الطبيعية من الأراضي للتغيرات البيئية البشرية المنشأ من قبيل زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، وترسُّب النتروجين، وتغيّر المناخ، عن عمليات إزالة صافية عالمية لـ 2.6 −/+ 11.2 غيغاطن من ثاني أكسيد الكربون سنوياً (النطاق المرجح) أثناء الفترة 2007 − 2016، ومجموع العمليات الناجمة عن الزراعة والحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي AFOLU أزالت 3.7 −/+ 6.0 غيغاطن من ثاني أكسيد الكربون سنويا أثناء الفترة 2007 - 2016 (النطاق المرجح). ومن المتوقع أن تعكس الزيادات الصافية في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الغطاء النباتي والتربة الناجمة عن تغيّر المناخ

مفعول زيادة عمليات الإزالة الناجمة عن التخصيب بثاني أكسيد الكربون وزيادة طول مواسم النمو (ثقة عالية). ويمثل التوازن بين هذه العمليات مصدراً رئيسياً لعدم اليقين فيما يتعلق بتحديد مستقبل بالوعة الكربون على اليابسة. ومن المتوقع أن يؤدي ذوبان التربة الصقيعية المسقط إلى زيادة فقدان كربون التربة (ثقة عالية). وخلال القرن الحادي والعشرين، قد يعوَض نمو الغطاء النباتي في تلك المناطق عن هذه الخسارة تعويضاً جزئياً (ثقة منخفضة) [30].

يتسبب تغيُّر المناخ في وجود إجهادات إضافية على الأراضي، مما يفاقم المخاطر القائمة على سُبل العيش، والتنوع الأحيائي، وصحة الإنسان والنظم الإيكولوجية، والبنية التحتية، ونظم الأغذية (ثقة عالية). ومن المتوقع وجود تأثيرات متزايدة على الأراضي في إطار جميع سيناريوهات انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في المستقبل (ثقة عالية) [30]. وستواجه بعض الأقاليم مخاطر أكبر، في حين ستواجه بعض الأقاليم مخاطر لم تُتوقع سابقاً (ثقة عالية). كما أن المخاطر المتلاحقة ذات التأثيرات على نُظم وقطاعات متعددة تتباين عبر الأقاليم (ثقة عالية).

وترتبط بالمستويات الحالية للاحترار العالمي مخاطر معتدلة من جراء زيادة شُح المياه في الأراضي الجافة، وتآكل وتحات التربة، وفقدان الغطاء النباتي، وأضرار حرائق الغابات، وذوبان التربة الصقيعية، وتدهور حالة السواحل، وانخفاض غلات المحاصيل المدارية (ثقة عالية).

يتوقف مستوى المخاطر التي يطرحها تغيّر المناخ على كل من مستوى الاحترار والكيفية التي يتطور بها عدد السكان، وأنماط الاستهلاك والإنتاج، والتطور التكنولوجي، وإدارة الأراضي (ثقة عالية). وتسفر المسارات ذات الطلب الأعلى على الغذاء والعلف والمياه، وأنماط الاستهلاك والإنتاج الأكثر استخداماً للموارد، والتحسينات التكنولوجية المحدودة بدرجة أكبر في الغلات الزراعية عن ارتفاع المخاطر من شح المياه في الأراضي الجافة، وتدهور الأراضي، وعدم الأمن الغذائي (ثقة عالية).

7-7- تأثير تغير المناخ على المستوطنات البشرية :

بالنظر إلى أن ما يزيد عن نصف البشر يعيشون حالياً في مناطق حضرية، فإن التنمية المستدامة آخذة بشكل متزايد في أن تصبح مرادفة للتحضر المستدام. واعترافا بهذا الأمر، تم الدعوة لتحقيق التنمية الحضرية المستدامة من خلال توسيع نطاق الحصول المتكافئ على الأرض والسكن والخدمات والهياكل الأساسية

يلخص الجدول (7- 1) تأثير عدد من الظواهر المناخية على المستوطنات البشرية .

الجدول (7- 1)

تأثير عدد من الظواهر المناخية على المستوطنات البشرية

الظاهرة المناخية	التأثير على المستوطنات البشرية
الإحترار العالمي	• تأثير الجزيرة الحرارية • زيادة الطلب على الطاقة للتبريد. • تدهور جودة الهواء في المدن. • انخفاض الطلب على الطاقة للتدفئة
الطقس القاسي (موجات الحرارة والجفاف)	• زيادة الطلب على المياه. • مشاكل جودة المياه. • زيادة خطر الوفيات المرتبطة بالحرارة، خاصة لكبار السن والمرضى المزمنين، والأطفال والفقراء • تدني نوعية حياة الناس الذين لا يملكون السكن المناسب

الطقس القاسي (الأمطار الغزيرة والعواصف)	• التأثير السلبي على المياه الجوفية والسطحية ومصادر إمداد المياه • زيادة خطر انتشار الأمراض المعدية • تهجير السكان • زيادة الضغط على المدن مما يسبب زيادة الطلب على الماء والكهرباء والضغط على المواصلات.
ارتفاع مستوى سطح البحر وارتفاع درجة حرارة مياه البحر وتحمضها (الشكل 7-4)	• انخفاض وفرة المياه العذبة بسبب تسرب وطغيان المياه المالحة. • آثار مدمرة على الشعاب المرجانية الملونة. • تأثير على قدرة الكائنات الموجودة بالمحيطات على تكوين الأصداف والهياكل. • فقدان الممتلكات وسبل العيش وسحب تغطية المخاطر في المناطق سريعة التأثر من قبل شركات التأمين الخاصة. • زيادة خطر انتشار الأمراض بين المهجرين • تعرية الأراضي والغمر الدائم

الشكل(7-4)

أهم تأثيرات تغير المناخ.



الفصل الثامن

مناخ المدينة والجزيرة الحرارية الحضرية



الفصل الثامن
مناخ المدينة والجزيرة الحرارية الحضـرية

8 - 1 مقـدمـــة

يعيش حالياً أكثر من نصف سكان العالم في مناطق حضرية. ومعظم سكان الحضر يعيشون في مدن في البلدان النامية وأقل البلدان نمواً، وغالباً ما يعيشون في مستوطنات عشوائية عُرضة للأخطار المتعلقة بالطقس والمناخ ويواجهون مستويات مرتفعة لتلوث الهواء.

تختلف البيئة المدنية عن الريفية بشكل أساسي في المناخ المحلي. نتيجة تغيير الأنشطة البشرية للبيئة تغييراً كبيراً، فتظهر خصائص جوية ومناخية فريدة. فتكتُّل المباني العالية وزيادة الطرق الاسفلتية والأسطح الخرسانية تنتج جزر حرارية يمكن أن ترفع درجات الحرارة بما يتراوح 4 إلى 7 درجات مئوية، مما يؤدي إلى تفاقم موجات الحر.

8 - 2 صفات الطاقة في المناطق الحضرية

تحل الخرسانة والاسفلت والزجاج محل المواد الطبيعية في المدينة، وتضاف الأسطح الراسية للمباني عادة إلى المناظر الطبيعية الريفية.

عموماً معامل انعكاس الأشعة الشمسية البيدو (Albido) الأسطح الحضرية أقل، وتوصيلها للحرارة أكبر وتخزينها للحرارة أكثر من السطوح الطبيعية التي حلت محلها.

تسبب الهندسة المدنية للمباني امتصاص كمية واردة أكبر من الاشعاع الشمسي المتاح والأشعة الأرضية تحت الحمراء. وتضاف في المناطق الحضرية

كميات كبيرة من الطاقة الحرارية إلى توازن الطاقة المحلية من خلال النقل، والنشاط الاقتصادي، وتدفئة المباني.

وأخيراً في المناطق الريفية ونتيجة عملية التبخر النتح تعمل الأسطح الطبيعية المختلفة على تبريد سطح الأرض المحلي والغلاف الجوي، أما في المناطق الحضرية حيث تم إنشاء شبكات الصرف الصحي لإزالة المياه السطحية الجارية وبالتالي قليل من الماء متاح للتبريد.

يميل المناخ الملاحظ للمدن في المناطق الحضرية أن يكون أكثر دفئاً من المناطق المحيطة بها. وتظهر هذه الاختلافات في درجة الحرارة بوضوح عندما يكون الخلط الجوي في الليل في ظل الظروف المستقرة.

تكون الرياح في المناطق الحضرية أكثر هدوءً بشكل عام من الرياح في المناطق الريفية حيث إن هذا الانخفاض في السرعة يرجع إلى آثار الاحتكاك مع أسطح المدينة العامودية.

تتطلب عمليات الصناعة والنقل حرق الوقود الاحفوري خاصة في المدن، وعلى الرغم من أن عدد المواد التي تسأهم في تلوث الهواء واسعة أكثر من غيرها فإن ملوثات الهواء الشائعة تحتوي على الكربون والكبريت والنتروجين. وتتفاعل هذه المواد الكيميائية مع بعضها البعض ومع الأشعة فوق البنفسجية لتشكل الضباب الدخاني.

8 - 3 تعريف الجزيرة الحرارية الحضرية

تعرف الجزيرة الحرارية الحضرية بأنها عملية حصول فارق في درجة الحرارة في المدينة مقارنة مع درجة الحرارة في المنطقة المحيطة بالمدينة وفي الريف. وتحصل الجزيرة الحرارية الحضرية في المناطق المدنية، حيث يلاحظ ارتفاع درجة الحرارة في المدينة مقارنة مع درجة الحرارة في الريف بسبب الأنشطة البشرية. وعادة ما يكون الفرق في درجة الحرارة أكبر في الليل مما هو عليه خلال النهار، ويكون أكثر وضوحاً عندما تكون الرياح ضعيفة.

ويلاحظ حدوث الجزيرة الحرارية الحضرية UHI أكثر خلال فصلي الصيف والشتاء.

مع نمو مركز السكان، يحصل توسع في المنطقة وزيادة متوسط درجة الحرارة. في الجزر الحرارية تكون درجة الحرارة أقل في المنطقة المحيطة بالمدينة سواء كانت مأهولة أو غير مسكونة، وفي مركز المدينة تكون درجة الحرارة أكثر سخونة مقارنة مع المنطقة المحيطة بها.

يكون هطول الأمطار الشهري هو أكبر اتجاه للرياح في المدن، ويرجع ذلك جزئياً إلى الجزر الحرارية الحضرية UHI. يزيد ارتفاع درجات الحرارة داخل المراكز الحضرية من طول مواسم النمو، ويقلل من حدوث الأعاصير الضعيفة؛ تقلل الجزر الحرارية الحضرية من جودة الهواء عن طريق زيادة إنتاج الملوثات مثل الأوزون، وتقل جودة المياه بسبب تدفق مياه حارة warmer في الأجسام المائية مما يسبب ضغط على النظم البيئية.

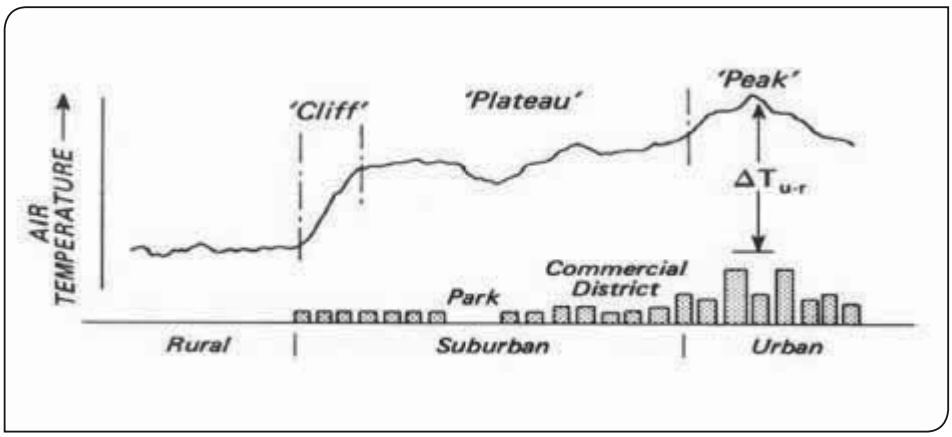
ليس لكل المدن جزيرة حرارية حضرية خاصة ومتميزة، يمكن تحقيق التخفيف من تأثير جزيرة الحرارة الحضرية من خلال استخدام الأسطح الخضراء واستخدام الأسطح ذات الألوان الفاتحة في المناطق الحضرية، والتي تعكس المزيد من ضوء الشمس وتستوعب حرارة أقل.

8 - 4 أسباب الجزيرة الحرارية الحضرية

يوجد عدة أسباب لحدوث الجزيرة الحرارية الحضرية (UHI)، منها كون السطوح الغامقة تمتص المزيد من الإشعاع الشمسي بشكل كبير، مما يؤدي إلى زيادة الحرارة في الطرق والمباني في المدن أكثر من الضواحي والمناطق الريفية خلال النهار، والمواد المستخدمة عادة في المناطق الحضرية للرصف والسقوف، مثل الخرسانة والأسفلت، لها خصائص حرارية مختلفة بشكل كبير (بما في ذلك السعة الحرارية والتوصيل الحراري) الخصائص الإشعاعية السطحية (الالبيدو والانبعاثية) مقارنة مع المناطق الريفية المحيطة بها (الشكل 8-1).

الشكل (8-1)

الجزيرة الحرارية الحضرية واختلاف درجة الحرة بين المدينة والريف.



تؤدي هذه الحالات إلى تغيير في ميزانية الطاقة في المناطق الحضرية، وغالباً ما تؤدي إلى ارتفاع في درجات الحرارة مقارنة مع المناطق الريفية المحيطة بها. كما انه هناك سبب رئيسي آخر هو نقص التبخر-النتح (من خلال نقص الغطاء النباتي) في المناطق الحضرية. لقد وجدت مصلحة الغابات الأمريكية في عام 2018 أن مدن الولايات المتحدة تفقد 36 مليون شجرة كل عام. ومع انخفاض الغطاء النباتي تفقد المدن أيضاً الظل والبرودة نتيجة قلة التبخر من الاشجار. ويوجد هناك أسباب أخرى للجزيرة الحرارية الحضرية UHI وهي التأثيرات الهندسية. حيث تشكل المباني الشاهقة في العديد من المناطق الحضرية أسطحاً واسعة تؤدي إلى امتصاص ضوء أشعة الشمس، مما يؤدي إلى زيادة تسخين المناطق الحضرية. وهذا ما يسمى «تأثير الوادي الحضري». هناك تأثير آخر للمباني هو صد الرياح، والذي يمنع التبريد عن طريق الحمل الحراري ويمنع الملوثات من التشتت. النفايات الغازية الحارة الناتجة عن السيارات ومكيفات الهواء والصناعة وغيرها تعد من المصادر المسأهمة في حدوث الجزيرة الحرارية الحضرية.

من الممكن ان تزيد مستويات التلوث العالية في المناطق الحضرية من ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية، حيث أن العديد من أشكال التلوث تغير الخصائص

الإشعاعية للغلاف الجوي. وبما ان الجزيرة الحرارية الحضرية ترفع درجة الحرارة في المدن، فإنها تزيد من تركيز الأوزون، ويتسارع إنتاج غازات الدفيئة بزيادة درجة الحرارة.

تظهر بعض المدن تأثير الجزيرة الحرارية، أكبر في الليل. موسمياً، تظهر الجزيرة الحرارية الحضرية في كل من الصيف والشتاء. الفرق المعتاد في درجات الحرارة هو قليل بين وسط المدينة والحقول المحيطة. ويمكن أن يكون متوسط درجة حرارة الهواء السنوية للمدينة التي يسكنها مليون شخص أو أكثر أعلى بقيمة 1.0–3.0 درجة مئوية مقارنة مع محيطها. ويظهر ان التقلبات النهارية والموسمية في درجات الحرارة لها أسباب عديدة.

8-4-1 السلـــوك النهـــاري

ذكرت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ «أنه من المعروف أن الجزر الحرارية الحضرية ترفع من درجة الحرارة في المدينة ليلاً أكثر من رفع درجات الحرارة أثناء النهار مقارنة بالمناطق غير الحضرية. على سبيل المثال، مدينة برشلونة في اسبانيا أكثر برودة بمقدار 0.2 درجة مئوية فقط لأقصى حد يومياً وأكثر دفئًا بـ 2.9 درجة مئوية للحد الأدنى مقارنة مع محطة ريفية قريبة.

أن درجة حرارة الهواء الأكثر دفئاً داخل الجزيرة الحرارية الحضرية هي أكثر وضوحاً في الليل، حيث يكون الفارق في درجة الجرارة ليلاً أكبر من الفرق الملاحظ خلال فترة النهار[31].

داخل الجزيرة الحرارية الحضرية وخاصة عندما تكون السماء خالية من الغيوم ونتيجة لوجود الأسطح الحضرية التي تمتص طاقة الإشعاع الشمسي فإن درجة الحرارة تميل إلى الدفء بشكل أسرع من تلك المناطق الريفية المحيطة، بحكم الحرارة العالية فإن قدرات الأسطح الحضرية تعد بمثابة خزان عملاق للطاقة الحرارية. على سبيل المثال يمكن للخرسانة أن تفقد ما يقرب من 2000 ضعف حرارة حجم مكافئ لها من الهواء.

ونتيجة لذلك النهار الكبير يمكن رؤية درجة حرارة السطح داخل الجزيرة الحرارية الحضرية بسهولة عبر الاستشعار عن بعد الحراري كما هو الحال في كثير من الأحيان مع التدفئة أثناء النهار، هذا الإحترار له أيضاً تأثير في توليد رياح الحمل الحراري داخل طبقة الحدود الحضرية. وهذا نظرياً بسبب خلط في الغلاف الجوي، والاضطراب في درجة حرارة الهواء داخل الجزيرة الحرارية الحضرية يكون في الحد الأدنى أو غير موجود خلال النهار على الرغم من أن درجة حرارة السطح يمكن أن تصل لدرجة عالية للغاية.

في الليل تعكس الحالة. إن غياب التسخين الشمسي يسبب تناقص الانتقال الجوي، وتبدأ طبقة المحيط الحضرية بالاستقرار. وعندما يحدث الاستقرار الكافي يتشكل عكس الطبقة. هذا يحصر هواءُ حضرياً قرب السطح ويغطي تسخين سطح الهواء من سطوح حضرية دافئة، وتشكل درجات حرارة الهواء الادفأ ليلاً ضمن الجزيرة الحرارية الحضرية . UHI

صفات احتجاز الحرارة في المناطق الحضرية، وقت الليل الأعظمي في الوديان الحضرية يمكن أن تكون أيضاً بسبب منع «المشهد السماوي» أثناء التبريد: تفقد السطوح الحرارة في الليل أساساً عن طريق الإشعاع إلى السماء الباردة نسبياً وهذه مسدودة بالمباني في المنطقة الحضرية. التبريد بالإشعاع يكون أكثر هيمنة عندما تكون سرعة الرياح منخفضة والسماء صافية [31].

8-4-2 السلـوك الموسمـي

فارق درجة حرارة الجزيرة الحرارية الحضرية UHI ليس فقط أكبر عادة في الليل مقارنة مع النهار، ولكن الفارق أكبر أيضاً في الشتاء مقارنة مع الصيف. ويظهر ذلك خصوصاً في المناطق حيث يكون الثلج واسع الانتشار، وتحتفظ المدن بالثلج لفترات زمنية أقصر من الريف المحيط بالمدينة (بسبب قدرة الثلج العالية على الاحتفاظ بالحرارة إضافة إلى النشاط البشري مثل الحراثة). هذا ينقص معامل انعكاس الأشعة الشمسية (الالبيدو albedo) للمدينة وبذلك يكبر تأثير التسخين.

تتعرض الأماكن المتميزة بالفصول الرطبة والجافة لتأثير الجزيرة الحرارية الحضرية خلال الفصل الجاف. زمن التيار الدافئ ثابت للتربة الرطبة أكثر من التربة الجافة وبالنتيجة رطوبة تربة الريف تبرد أبطئ من تربة الريف الجاف وتعمل على تقليل فرق الحرارة ليلاً بين مناطق الريف والحضر.

8 - 5 تأثيرات الجزيرة الحرارية الحضرية

للجزر الحرارية الحضرية امكانية التأثير على الصحة العامة وعلى المسطحات المائية القريبة وعلى استخدام الطاقة.

8-5-1 تأثير الجزيرة الحرارية الحضرية على الصحة العامة

للجزر الحرارية الحضرية امكانية التأثير المباشر على صحة ورفاهية سكان الحضر. ووجدت الأبحاث أن نسبة الوفيات خلال موجات الحرارة تزداد بشكل تصاعدي مع درجات الحرارة العليا، الناتجة بسبب الجزر الحرارية الحضرية UHI. يؤثر بشكل مؤذي وقت الليل خلال موجات الحرارة ويحرم سكان الحضر من البرودة التي توجد في أماكن الأرياف خلال الليل.

سجلت تقارير ارتفاع درجات الحرارة الذي يترافق مع زيادة حالات الأعياء والغثيان والتشنجات والضيق. لاحظت بعض الدراسات أن الحرارة القاسية يمكن أن تؤدي إلى تلف دائم في نظام الأعضاء. وهذا التلف يمكن أن يزيد المخاطر وبالتالي نسبة الوفيات المبكرة، وذلك بسبب تلف وضعف وظائف الأعضاء [32].

ومن المشاكل الأخرى لارتفاع درجات الحرارة: متلازمة ضيق التنفس للكبار وكذلك تخثر الدم.

لاحظ الباحثون أن الأفراد الذين يعانون من مشاكل الصحة المعرفية (مثل الاكتئاب والخرف) يكونون أكثر عرضة للخطر عندما يواجهون درجات حرارة عالية و«يحتاجون إلى عناية إضافية»، حيث ثبت أن الأداء المعرفي يتأثر تفاضلياً بالحرارة. الأشخاص الذين يعانون من مرض السكري، يعانون من زيادة الوزن،

الظروف القلبية الوعائية/الدماغية يجب عليهم تجنب التعرض الكثير لدرجات الحرارة العالية. بعض الأدوية الشائعة التي لها تأثير على التنظيم الحراري يمكن أن تزيد أيضاً من خطر الوفاة. وتشمل الأمثلة النوعية لهذه الأدوية مضادات الكولين ومدرات البول وغيرها.

إن الشدة العالية للجزيرة الحرارية الحضرية UHI ترتبط بزيادة تركيز ملوثات الهواء التي تتجمع في الليل، والتي يمكن أن تؤثر على جودة الهواء في اليوم التالي. وتشمل هذه الملوثات المركبات العضوية الطيارة، وأول أكسيد الكربون، وأكاسيد النيتروجين، والجسيمات المعلقة. يترافق إنتاج هذه الملوثات مجتمعة مع ارتفاع درجات الحرارة في الجزيرة الحرارية الحضرية UHI بتسريع إنتاج الأوزون، الذي يعتبر على مستوى سطح الأرض ملوثاً ضاراً.

وتشير بعض الدراسات إلى احتمال أن تكون التأثيرات الصحية الناجمة عن الجزيرة الحرارية الحضرية غير متناسبة لأن التأثيرات يمكن توزيعها بشكل غير متساوٍ بناءً على مجموعة متنوعة من العوامل (مثل العمر والحالة الاجتماعية والاقتصادية). وهذا يثير احتمال أن تكون الآثار الصحية الناجمة عن التعرض لجزر حرارية حضرية قضية عدالة بيئية.

8 - 5 - 2 تأثير الجزر الحرارية على المسطحات المائية

تعيق الجزر الحرارية الحضرية UHIs أيضاً جودة المياه. تنقل رصيف المياه الساخنة والأسطح الحرارة الزائدة إلى مياه العواصف، والتي تصب في مجاري العواصف المطرية وترفع درجة حرارة الماء عند طرحها في الجداول والأنهار والبرك والبحيرات. بالإضافة إلى ذلك، تؤدي زيادة درجات حرارة الجسم المائي في المناطق الحضرية إلى انخفاض التنوع الحيوي في المياه.

والتغيرات السريعة في درجات الحرارة يمكن أن تكون مرهقة للنظم البيئية المائية.

8-5-3 تأثير الجزر الحرارية على استخدام الطاقة

نتيجة أخرى للجزر الحرارية الحضرية هي زيادة الطاقة اللازمة لتكييف الهواء والتبريد في المدن ذات المناخ الحار نسبياً. تقدر مجموعة هيت آيسلاند أن تأثير الجزيرة الحرارية يكلف لوس أنجلوس حوالي 100 مليون دولار أمريكي سنوياً نتيجة زيادة استهلاك الطاقة.

على العكس، أولئك الذين هم في مناخات باردة مثل مدينة موسكو، سيكون لروسيا طلب أقل على التدفئة. ومع ذلك، من خلال تنفيذ استراتيجيات الحد من الجزيرة الحرارية، تم حساب توفير سنوي كبير في الطاقة في المواقع الشمالية مثل شيكاغو وسولت ليك سيتي وتورونتو.

8 - 6 استراتيجيات واجراءات للتخفيف من الجزر الحرارية الحضرية.

هناك العديد من استراتيجيات تخفيف حدة الحرارة في المناطق الحضرية والتي تعتمد على خبرة مختلف المجالات المهنية. بما فيها التخطيط الحضري، والعمارة والنقل وإدارة الموارد الطبيعية. لاستراتيجيات التخفيف هذه تأثير إيجابي مباشر على المناخ المحلي والعالمي.

إضافة إلى تحفيز التبريد في البيئة الحضرية، تمتلك هذه الاستراتيجيات فوائد أخرى مثل تقليل استهلاك الطاقة وتقليل استهلاك الماء وخفض تلوث الهواء، بما فيه انبعاثات غازات البيت الزجاجي.

إجراءات التخفيف الجزر الحرارية الحضرية هذه في أربع فئات:

- إجراءات التخضير؛
- الإجراءات المتعلقة بالبنية التحتية الحضرية (الهندسة المعمارية وتخطيط استخدام الأراضي)؛
- إدارة مياه العواصف وإجراءات نفاذية التربة؛
- إجراءات الحد من ارتفاع درجات الحرارة الناتجة عن الفعاليات البشرية.

8-6-1-النباتات والتبريد

لقد أظهرت عدة دراسات الأهمية الكبيرة للنباتات وحماية المساحات الخضراء الموجودة والمناطق المشجرة في مواجهة تأثير الجزيرة الحرارية الحضرية. في الواقع، تحقق النباتات التبريد من خلال عمليات مختلفة وبشكل أكثر تحديداً:

- التظليل الموسمي للبنية التحتية؛
- التبخر-النتح؛
- تقليل الاختلافات في درجة حرارة الأرض.

يوفر الغطاء النباتي أيضاً فوائد أخرى مجدية ومكملة في المناطق الحضرية، بما في ذلك:

- تحسين جودة الهواء من خلال إطلاق الأكسجين، واحتجاز ثاني أكسيد الكربون، وترشيح الجسيمات العالقة وتقليل الطلب على الطاقة لتكييف الهواء؛
- تحسين نوعية المياه من خلال الاحتفاظ بمياه الأمطار في الأرض وتقليل تآكل التربة؛
- الفوائد الصحية للسكان، بما في ذلك الحماية من الأشعة فوق البنفسجية (UV)، وتقليل الإجهاد الحراري وتوفير المساحات لممارسة الرياضة في الهواء الطلق.

يجب تجنب الأنواع التي تنبعث منها المركبات العضوية الطيارة (VOCs)، على سبيل المثال، الأيزوبرين، والهيدروكربونات التي هي مكونات الضباب الدخاني، كذلك يجب تجنب الأنواع التي تسبب الحساسية العالية (الجدول 8-1).

الجدول 8-1

تصنيف الأشجار حسب إمكانات التسبب بالحساسية

الحساسية المحتملة	أنواع الاشجار
عالية	بلوط
معتدلة	الجوز
منخفضة	الحور، الصفصاف

وفقًا لـ [31] Déoux (2004) يؤدي تلوث الغلاف الجوي وارتفاع مستويات الأوزون إلى تحفيز عمل المواد المثيرة للحساسية. في الواقع، فإن النباتات الموجودة في البيئات الحضرية تكون أكثر توتراً وتلقيحًا، مما يتسبب في مسك بعض المواد الملوثة بجزيئات اللقاح وبالتالي زيادة في احتمال الحساسية.

ومن الضروري تكييف اختيار أنواع النباتات مع المساحة المتاحة. على سبيل المثال، إذا كان هناك خط كهرباء على موقع الزراعة، فيجب اختيار الأنواع التي تنمو فقط إلى ارتفاع معتدل، ويجب إعطاء الأفضلية لاختيار الأنواع المحلية التي تتسامح مع التغيرات المناخية والتلوث الحضري.

تتصف البيئات الحضرية بالتغير المستمر، وهناك العديد من الفرص لدمج الغطاء النباتي في خطط إعادة الهيكلة والتطوير وإعادة التطوير الحضري. تتوفر مجموعة من الخيارات، المعروضة في الأقسام التالية، للبلديات والمقاولين والمواطنين من أجل تخفيف آثار الجزر الحرارية الحضرية.

أ - استراتيجية تخضير المدن

الهدف من استراتيجية تخضير المناطق الحضرية هو زيادة مؤشر الغطاء النباتي الكلي للمدينة. ولتحقيق هذا الهدف، يمكن زراعة الغطاء النباتي أو زيادة الكثافة في العديد من المساحات، مثل:

- على طول ممرات النقل (على جوانب الطرق وعلى طول خطوط السكك الحديدية، وما إلى ذلك)؛

- في الممتلكات العامة (الحدائق العامة، والأراضي البلدية والحكومية، وساحات المدارس، وملاعب مراكز الرعاية، وما إلى ذلك)؛
- على الممتلكات الخاصة (محيط المباني السكنية والتجارية والصناعية، والأنهار، إلخ). قد يساعد التبريد الذي توفره النباتات على ضمان استخدام بعض هذه المساحات من قبل الجمهور. وتجدر الإشارة إلى أن العشب الصناعي لا يبرد الهواء المحيط.

على العكس، فإن المناطق المغطاة بالعشب الصناعي، والذي تمتص أليافه الصناعية الحرارة، يمكن أن تكون حرارتها أعلى بـ 10 درجات مئوية مقارنة من البيئة الطبيعية النباتية. علاوة على ذلك، نادرًا ما يكون العشب الصناعي نفوذ.

ب- زراعة الأشجار المختلطة والغطاء النباتي

يلزم أن تكون الزراعة بشكل صحيح من أجل أن تكون الأشجار قادرة على توفير التبريد، والنمو الجيد أمر ضروري ويعتمد على عوامل مثل نوعية التربة، توفر المياه ومساحة كافية للنمو الأمثل للجذور. الشجرة التي تحتل مساحة محدودة في الأرض لن تصل إلى أقصى حجم لها وسيتم اختصار عمرها. يمكن تحقيق نمو مثالي للأشجار المزروعة على طول الطرق باستخدام الهياكل الخلوية، التي توفر المساحة اللازمة لتطوير الجذر الكامل تحت غطاء الأسفلت الجزئي.

ج- تخضير مواقف السيارات

الكثير من مواقف السيارات معبدة مع الأسفلت، والاسفلت مادة منخفضة معامل انعكاسية الأشعة الشمسية (الألبيدو)، ويساهم هذا في التأثير على الجزيرة الحرارية الحضرية. من أجل تقليل الحرارة المخزنة في هذه الأسطح الإسفلتية وفي السيارات المتوقفة هناك، يوصى بزراعة الغطاء النباتي حول محيط (شرائط الغطاء النباتي) وداخل ساحات وقوف السيارات (وسط النباتات). الهدف هو خلق الظل على الأسطح المرصوفة. كما يحمي ظل الأشجار الرصيف من التغيرات الحرارية الكبيرة ويطيل عمره.

لتقليل درجة حرارة سطح مواقف السيارات، من الممكن أيضًا زراعة كامل المساحة عن طريق وحدات مختلفة مكونة من الخرسانة، البولي فينيل كلوريد ومواد أخرى. ويتم تثبيت هذه الوحدات على طبقة تربة نفوذة تعزز الترشيح الطبيعي لمياه الأمطار في الأرض، والتي تدعم أحمال تصل إلى 376 طن في متر مربع هذه المقاومة تسمح للسيارات أن تركن على السطوح النباتية.

د- الغطاء النباتي حول المباني

لتحقيق التبريد الأمثل، يجب على الغطاء النباتي حول المباني حماية المباني من الإشعاع الشمسي؛ كما في الشكل (8-2). في الواقع، فإن نسيج وتكوين الأرض المحيطة بالمبنى يحدد جزئياً درجة الحرارة الداخلية والخارجية للمبنى.

يحافظ الغطاء النباتي على برودة التربة ويساعد على منع الإشعاع الشمسي المباشر والمنعكس والمنتشر الذي يمكن أن يؤثر على تبريد المبنى.

الشكل 8-2

الغطاء النباتي حول المباني.



من أجل تعظيم الظل على المبنى، يجب أن تكون الأشجار كبيرة بما يكفي لتظلل كل أو جزء من السقف بل ويمكن أيضاً تركيب الجدران الخضراء والأسطح الخضراء التي توفر درجة حرارة داخلية أكثر برودة.

هـ-الجدران الخضراء (الواجهات الخضراء)

الجدران الخضراء هي أنظمة بيئية رأسية تخلق مناخاً محلياً وتقلل بدرجة كبيرة من درجة حرارة غلاف المبنى وتحسن كفاءة الطاقة. وهذه الجدران تساعد على تقليل اختلافات درجة الحرارة الكبيرة عن طريق زيادة الكتلة الحرارية للمبنى.

تقدم هذه المنشآت الخضراء فوائد أخرى، مثل حماية غلاف المبنى من الأشعة فوق البنفسجية، والتقاط الجسيمات العالقة وحماية الجدران من الكتابة عليها.

يمكن تثبيت الجدران الخضراء على جميع أنواع المباني وحتى على الأسوار وأعمدة الهاتف والانارة، ومع ذلك يجب اتخاذ الاحتياطات المتعلقة بحالة الهيكل والتي يجب أن تكون قادرة على تحمل وزن الغطاء النباتي.

يوجد نوعين من الجدران الخضراء:

النوع الأول هو الجدار المغطى بنباتات التسلق المزروعة في الأرض والتي يمكن أن تتسلق إلى ارتفاع يصل إلى 30 متر (انظر الشكل 8-3).

المساحة الأصغرية لا تقل عن 15سم في 15 سم وهي مربعة على الأرض من أجل زرع النباتات. يمكن لبعض النباتات أن تنمو مباشرة على وجه الجدار أو تكون موضوعه على هيكل دعم معدني.

الشكل 8 - 3

الجدران الخضراء المتسلقة.



النوع الثاني هو الجدار الحي، الذي يتكون من النباتات متجذرة متوسطة التعلق على الجدار. هذا التثبيت هو أكثر تعقيداً ويتطلب على وجه الخصوص أغشية غير منفذة لمنع المياه من اتلاف الجدار.

خلافا للاعتقاد الشائع، النباتات المتسلقة لا تضر غلاف المبنى، ما لم يكن الجدار قد تضرر بالفعل مسبقاً.

و- الاسقف الخضراء

تقلل الأسطح الخضراء كمية الحرارة المنقولة من السقف إلى داخل المبنى وتوفر التبخر-النتح والظل التي تقدمها النباتات. وهي أيضا تبرد الهواء في الجو الخارجي، كما أنها تتمتع بالميزات التالية[33]:

- تساعد على زيادة العزل الحراري في فصل الشتاء، وكذلك في الصيف، بسبب عوامل أخرى تساعد على تبريد الهواء داخل البناء، مثل القصور الحراري للغطاء النباتي والماء في التربة أو وسط النمو؛
- المسأهمة في التكامل الجمالي للمباني بالمناظر الطبيعية؛ وتوفير الفرص للزراعة الحضرية؛

- تحسين جودة الهواء؛ فالنباتات على أسطح خضراء تبعد الغبار ومختلف الملوثات الجوية؛
- تمديد عمر السقف، وذلك بسبب حقيقة أن الأسطح الخضراء توفر الحماية من سوء الأحوال الجوية والتعرض للأشعة فوق البنفسجية وتقلبات الإشعاع ودرجات الحرارة، وجميع العوامل التي تسبب تدهور السقف.

زراعة النباتات على الأسطح هو ممارسة شائعة في عدد من البلدان في جميع أنحاء العالم، بما في ذلك ألمانيا واليابان والولايات المتحدة الامريكية. وهي أيضاً اتجاه في ازدياد في كيبيك بكندا.

تتلاءم الأسطح الخضراء بشكل أساسي مع الأسطح المستوية أو الأسطح المستوية بمنحدر من 20 % أو أقل. على الرغم من أنه يمكن تعديلها على أي نوع من السقف شريطة أن هياكلها يمكن أن تتحمل الوزن. في بعض الحالات، تثبيت السقف الاخضر قد يتطلب تجديدات كبيرة.

وتتصف الأسطح الخضراء بأنها أقل تكلفة من أجل التثبيت، في حالة أعمال بناء جديدة.

يتكون السقف الأخضر القياسي من عدة مكونات، في المقام الأول الهيكل الداعم، طبقة عزل (إذا لم يكن السقف للتهوية)، طبقة كتامة تجاه نفاذ الماء، غشاء حماية من الجذور، أقسام الصرف والترشيح، غشاء جيوتكستايل للاحتفاظ بالتربة، وسط النمو وطبقة النباتات.

يتم استخدام طبقة الغطاء النباتي إذا كان قشري أو مروج وهو المطلوب، في حين أن طبقة متوسطة متنامية تجعل من الممكن زراعة النباتات، وخاصة النضرة.

يقدم الشكل (8-4) أمثلة على أسطح خضراء ممتدة.

الشكل 8-4

نماذج الأسقف الخضراء الممتدة.



وسط النمو (أو خليط التربة) في الأسطح الخضراء يمكن ان يكون خفيف، ضعيف، ماص (خليط من الغضار المتمدد أو حصويات) دون سماد. من الممكن أيضًا استخدام الملمس المائي للحفاظ عليه الأسطح الخضراء المزروعة ذات النمطية الواسعة (جدول 8-2).

هذه الوسائط المختلفة المستدامة تقلل إلى حد كبير من وزن السقف الأخضر.

الجدول 8-2

مقارنة السقف الأخضر الكثيف مع الممتد [34].

الخاصة	نوع السقف الأخضر	
	الكثيف	الممتد
الوزن	ثقيـــل الوزن الإضافي من 120 إلى 350 كغ/م^2	خفيف الوزن الإضافي من 30 إلى 100كغم / م^2
الكلفة	عالية قد تصل إلى 1000 دولار/ م^2. يعتمد على العمق الفرعي والنباتات المختارة.	منخفضة من 100 دولار إلى 150 دولار/ م^2

الوظيفة	استعمال ترفيهي، الزراعة الحضرية المتكيفة مع الأسطح الصغيرة والمتوسطة.	بيئية: تتكيف مع المساحات الكبيرة (الصناعات).
نوع وسط النمو	خفيف إلى ثقيل، مسامي، كميات متفاوتة من المواد العضوية	خفيف، مسامي، كمية قليلة من المواد العضوية.
السماكة	كبيرة 30سم أو أكثر.	قليلة من 15 إلى 20 سم.
نوع النبات	لا قيود حسب نوع السقف الذي يمكن أن يستوعب الأشجار.	نباتات مقاومة للطقس القاسي
الصيانة	معتدلة، على غرار زراعة الأعشاب التقليدية، القص، البذر، نباتات السقي، إلخ.	محدودة
إمكانية الوصول	محققة مع إمكانية استعمالها لغايات ترفيهية	نادرة، للصيانة فقط.

وأخيراً تناولت العديد من الدراسات أنواع النباتات التي تتكيف مع الأسطح الخضراء الممتدة. وتشير هذه الدراسات إلى أن الحشائش والأعشاب المعمرة تبدو جيدة جداً من أجل الأسقف الممتدة، والتي تتطلب النباتات التي يمكن أن تصمد أمام تغيرات درجة الحرارة والرطوبة في المناخ.

الفصل التاسع

التنمية المستدامة



الفصل التاسع
التنمية المستدامة

9 - 1 مقدمة

أدى تعاظم خطر التحديات البيئية من جهة وتقلص نسبة الموارد على الأرض وإضعاف قدرتها على تجديد ذاتها من جهة أخرى، إلى إظهار الحاجة الماسة للمجتمع الدولي من أجل العمل على ترشيد تعامل الإنسان مع بيئته، باعتبار أن نموذج الحداثة القائم الذي يعمل على الإيفاء بالاحتياجات المادية الحالية مع تجاهل تام للبيئة وللمستقبل لم يعد ملائما ولا كفؤا على المدى الطويل. ومن هنا ظهر ما يعرف بالتنمية المستدامة.

9 - 2 تعريف التنمية المستدامة

قدمت العديد من التعريفات لمصطلح التنمية المستدامة والتي تركز في مجملها على البعد البيئي للتنمية ومنها:

تعريف للجنة العالمية للبيئة والتنمية حيث بينت أنها تلك التنمية «التي تأخذ في الحسبان حاجات المجتمع الراهنة دون المساس بحقوق الأجيال المقبلة في الوفاء باحتياجاتهم».

يتميز هذا التعريف بالشمولية والعمومية، حيث أن، الإشكال الذي طرح حوله هو كيف سنحقق التنمية المستدامة على أرض الواقع، هذا التساؤل أدى بالباحثين والمنظمات والهيئات إلى طرح تعاريف أخرى توضح أكثر الرؤية حول هذا المفهوم. واقتصادياً تعني التنمية المستدامة للدول المتقدمة إجراء خفض في استهلاك الطاقة والموارد أما بالنسبة للدول النامية فهي تعني توظيف الموارد من أجل رفع مستوى المعيشة والحد من الفقر.وعلى الصعيد الاجتماعي والإنساني فإنها تعني السعي من أجل استقرار النمو السكاني ورفع مستوى الخدمات الصحية والتعليمية خاصة في

الريف. أما على الصعيد البيئي فهي تعني حماية الموارد الطبيعية والاستخدام الأمثل للأراضي والموارد الطبيعية. وأخيراً فهي تعني على الصعيد التكنولوجي نقل المجتمع إلى عصر الصناعات الخضراء التي تستخدم تكنولوجيا منظفة للبيئة وتنتج الحد الأدنى من النفايات والغازات الملوثة والحابسة للحرارة والضارة بطبقة الأوزون.

إن القاسم المشترك للتعريفات السابقة هو أن التنمية لكي تكون مستدامة يجب ألا تتجاهل الضغوط البيئية وألا تؤدي إلى دمار واستنزاف الموارد الطبيعية، وأن لا تحدث تحولات ضارة في القاعدة الصناعية والتكنولوجية السائدة.

وتفترض التنمية المستدامة تحسين نوعية الحياة، مع حماية النظام الحيوي. وهي أيضاً التنمية التي تقوم أساساً على وضع حوافز تقلل من التلوث وتقلل من حجم النفايات وتقلل من حجم الاستهلاك الراهن للطاقة وتضع ضرائب تحد من الإسراف في استهلاك الماء والموارد الحيوية.

لقد استطاع الانسان الغربي خلال القرنين الماضيين بناء حضارة انسانية معاصرة وحصل تقدم هائل في كافة المجالات الصناعية والتقنية. أن منافع هذه الحضارة كبيرة ومتنوعة، ولكنها في نفس الوقت أفرزت أضراراً ومخاطر بيئية أخذت بالتوسع والتصاعد والتعاظم لاحقاً بحيث أصبحت هذه المخاطر تهدد مستقبل هذه الحضارة أو مستقبل البشرية جمعاء.

بموجب ذلك حصل تداخل وتعارض شديدين بين منافع وأضرار هذه الحضارة، وضعت المسؤولين العالميين أمام خيارات صعبة ومعقدة، فالإنسان لا يستطيع التخلي عن ما حققته هذه الحضارة من تقدم صناعي وتقني كبير وما أفرزه هذا التقدم من حصول زيادات في معدلات التنمية وحصول تقدم كبير في مستويات الرفاهية المعيشية، وتمتع أفراد المجتمع بمظاهر هذه الحضارة في مختلف المجالات، وبين الأضرار الجسيمة والمخاطر العظيمة نتيجة استخدامات مظاهر هذه الحضارة في مختلف المجالات: المناخ، المياه، استنزاف الموارد الطبيعية، أضرار بمصالح الأجيال القادمة. لذلك بدأ عدد كبير من العلماء والمسؤولين التفكير الجدي والعلمي للخروج

من هذا المأزق وتحقيق انسجام بين متطلبات التنمية الاقتصادية والاجتماعية ومتطلبات البيئة، ان هذا المأزق خلق نوع من الوعي لدى جميع الطبقات الاجتماعية للتفكير الجدي بالموضوع ضمن وعي بيئي يعيد الانسجام بين الانسان وحضارته المتقدمة مع شروط البيئة وتأثيراتها.

9 - 3 نشأة وتطور مفهوم التنمية المستدامة

تبلور مفهوم التنمية المستدامة خلال العقود الثلاثة الأخيرة من القرن العشرين، خاصة مع مطلع عقد السبعينيات، فقد أدى زيادة الاهتمام بالبيئة وبالآثار السلبية التي تنتجها الأنشطة البشرية بشكل عام والاقتصادية على وجه الخصوص إلى تنامي إدراك الحكومات والمؤسسات الدولية لاستحالة فصل قضايا التنمية الاقتصادية عن قضايا البيئة .ويمكن إبراز أهم محطات تطور مفهوم التنمية المستدامة في الآتي:

9 - 3 - 1 نادي روما والصراع بين المحافظة على البيئة وتحقيق التنمية

استعمل مصطلح التنمية المستدامة للمرة الأولى عام 1980م من طرف الاتحاد الدولي للمحافظة على البيئة في تقريره الاستراتيجية الدولية للمحافظة على البيئة. وفي نادي روما 1986، اقترح ما يسمى التنمية البيئية (eco-development) حيث التفاعل بين الاقتصاد والبيئة في دول الشمال والجنوب.

وقد ركز فريق من المختصين على دراسة هذه الإشكالية بعمق وتوصلوا إلى أن ثمة إمكانية لوضع استراتيجيات تنموية توفق بين مطلب التنمية وضرورة الحفاظ على الموارد الطبيعية وحماية البيئة.

9 - 3 - 2 مستقبلنا المشترك والترويج للتنمية المستدامة

أول من أشار إلى مفهوم التنمية المستدامة بشكل رسمي هو تقرير مستقبلنا المشترك، الصادر عن اللجنة العالمية للتنمية والبيئة في عام 1987 م، وقد تشكلت هذه اللجنة بتكليف من الجمعية العامة للأمم المتحدة عام 1983 م وكان غرضها

الرئيس دراسة تأثير السياسات التصنيعية والاقتصادية لدول العالم في الموارد الطبيعية والتي لا يمكن باعتبارها ملكاً مشاعاً يمكن أن تهدره الأجيال الحالية كيفما تشاء، بل يعتبر بمثابة وقف تستفيد منه الأجيال الحالية، يلزم الحفاظ عليه لمصلحة الأجيال المقبلة.

9 - 3 - 3 قمة الأرض والإعلان الرسمي لمفهوم التنمية المستدامة 1992

عقد مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة والتنمية في ريو دي جانيرو (قمة الأرض)، وقد أورد في إعلانها المعروف «إعلان ريو» بأن البشر هم صميم ومركز التنمية المستدامة، وأن من حقهم أن يحيوا حياة صحية ومنتجة في وئام مع الطبيعة. وكان اثني عشر مبدأ من المبادئ السبعة والعشرين الأولى في «إعلان ريو» يركّز على مفهوم التنمية المستدامة باعتبارها محور الاهتمام الأساسي. ويعتبر المؤتمر بمثابة الخطوة الأولى على طريق التعاون البيئي. منذ تلك القمة استحوذ مفهوم التنمية المستدامة على اهتمام العالم، حيث أحدثت القمة نقلة نوعية في مفهوم العلاقة بين التنمية والبيئة.

9 - 3 - 4 مؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة بجوهانسبيرج RIO + 10

انعقد مؤتمر القمة العالمي في عام 2002 مواصلة للخطة المعدة لتنفيذ نتائج مؤتمر القمة العالمية للتنمية المستدامة والاستفادة من المنجزات التي تحققت منذ مؤتمر البيئة والتنمية. وقد نادت تلك القمة بالعديد من التوصيات والمبادرات من ضمنها الإسراع في تنفيذ اتفاقيات الأمم المتحدة الخاصة بالبيئة والتنمية [35]، ذكر في إعلان القمة «نحن ممثلو شعوب العالم، مجتمعين في مؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة بجوهانسبرغ، نعيد تأكيد التزامنا بالتنمية المستدامة ونعلن التزامنا بإقامة مجتمع عالمي إنساني ومنصف وعطوف يدرك ضرورة كفالة الكرامة الإنسانية للجميع». وأكدت قمة جوهانسبرغ على أن التغير في مناخ الكرة الأرضية وآثاره الضارة يشكلان اهتماما مشتركا للبشرية. وأن اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية المتعلقة هي الصك الأساسي لمعالجة مسألة تغير المناخ،

إحدى الشواغل العالمية، ونعيد تأكيد التزامنا بتحقيق هدفها النهائي في تثبيت حالة تجمعات غازات الدفيئة في الفضاء على مستوى يكون من شأنه منع التعرض الخطير الذي هو من صنع الإنسان لنظام المناخ، في إطار زمني كاف يسمح للنظم الإيكولوجية أن تتكيف بشكل طبيعي مع التغير المناخي، من أجل ضمان عدم تعرض إنتاج الأغذية للخطر ولتمكين التنمية الاقتصادية من متابعة مسيرتها بصورة مستدامة، وفقاً لتقاسم تفاضل المسؤوليات المشتركة فيما بيننا ولقدرات كل منا.

وتمثل اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ وبروتوكول كيوتو الملحق بها الاستجابة الدولية للأدلة الدامغة، التي جمعتها وأكدتها مراراً الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، التي تثبت أن تغير المناخ يحدث وأنه يرجع بدرجة كبيرة إلى الأنشطة البشرية.

أعلن بروتوكول كيوتو في عام 1997 ودخل البروتوكول حيز النفاذ في عام 2005 بعد التصديق عليه من قبل 175 دولة، كما أعلن في البروتوكول «المسؤولية المشتركة والمتباينة». ويقوم كل طرف مدرج في المرفق الأول، في أداء التزاماته بتحديد وخفض الانبعاثات كميا بموجب المادة ٣ من البروتوكول بغية تعزيز التنمية المستدامة. بيد أن الدول الناشئة كانت معفية وفق هذا البروتوكول من قيود غازات الدفيئة التي تجبرها على خفض الانبعاثات.

9 - 3 - 5 قمة التنمية المستدامة RIO+20

اصدرت قمة الأرض التي احتضنتها مدينة ريو دي جانيرو البرازيلية والتي عرفت بقمة ريو +20 بيانا ختاميا يضم نوايا حسنة وإطلاق آلية أهداف للتنمية المستدامة.

وجدد نص البيان الذي حمل عنوان «المستقبل الذي نريده» التأكيد على المبادئ المذكورة في المؤتمرات والقمم السابقة، وشدد على ضرورة تسريع الجهود لتطبيق الالتزامات السابقة.

و دعا مؤتمر «ريو+20» إلى اعتماد خيار سياسات الاقتصاد الأخضر التي هي إحدى الأدوات المهمة للتوجه إلى التنمية المستدامة. وبين أن عليها ألا تفرض قواعد صارمة بل أن تحترم السيادة الوطنية لكل بلد من دون أن تكون وسيلة للتمييز ولا قيداً مخفياً للتجارة الدولية. كما عليها المسأهمة في سد الفروقات التكنولوجية بين الدول المتطورة والنامية. ويمكن لكل بلد اختيار مقاربة تناسبه.

- **حاكمية عالمية للتنمية المستدامة:** قرر نص البيان «تعزيز الإطار المؤسسي». واستبدلت لجنة التنمية المستدامة الفاقدة للفعالية بمنتدى حكومي مشترك رفيع المستوى. وتم تأكيد وتفعيل دور برنامج الامم المتحدة للبيئة كسلطة عالمية ورائدة في مجال البيئة تملك موارد مضمونة وتمثيل لجميع أعضاء الأمم المتحدة[26].
- **اطار العمل:** اقترح نص البيان قطاعات تشهد فرصاً جديدة وحيث التحرك عاجل ولا سيما بسبب عدم تطبيق كاف لقرارات مؤتمرات سابقة. وتشمل المجالات الـ 25 المستهدفة الغاء الفقر والأمن الغذائي والمياه والطاقة والنقل والصحة والتوظيف والمحيطات والتغير المناخي والاستهلاك والإنتاج المستدامين.
- **أهداف التنمية المستدامة:** على نمط أهداف الالفية للتنمية التي ينبغي تحقيقها مع 2015 شددت قمة ريو+20 على أهمية تحديد أهداف للتنمية المستدامة محدودة العدد، موجزة، وتركز على العمل ويمكن تطبيقها في جميع الدول لكنها تأخذ في الاعتبار الظروف الوطنية الخاصة.
- **وسائل تطبيق التنمية المستدامة:** من المهم جداً تعزيز الدعم المالي من جميع المصادر ولا سيما للدول النامية. يمكن لشراكات جديدة وموارد تمويل مبتكرة لعب دور. ويشدد الإعلان على دمج المساعدة على التنمية والاستثمار الخاص. كما شدد على ضرورة نقل التكنولوجيا إلى الدول النامية و تعزيز القدرات (التدريب، التعاون... إلخ).

وفي هذا المؤتمر ظلت قضية التمويل عالقة. ففي ظل الأزمات المالية التي عصفت بميزانيات الدول الغنية، ليس بإمكان هذه الأخيرة تقديم أي تمويلات،

لذلك ظل المقترح الذي تقدمت به البلدان النامية والداعي إلى إيجاد صندوق تمويلات بحجم 30 مليار دولار سنوياً مجرد حبر على ورق.

9-3-6 جدول أعمال 2030 للتنمية المستدامة

في 19 تموز/يوليو 2014 أحالت المجموعة المفتوحة للعمل على تحقيق أهداف التنمية المستدامة للجمعية العامة بالأمم المتحدة اقتراحاً للجمعية يتضمن 17 هدفاً تغطي مجموعة واسعة من قضايا التنمية المستدامة.

وفي 5 كانون الأول/ديسمبر 2014 وافق أمين الجمعية العامة بالأمم المتحدة على تقرير جدول أعمال تنمية ما بعد 2015 القائم على مقترحات مجموعة العمل المفتوحة، وبدأت المفاوضات الحكومية الدولية على المشاركة في جدول أعمال تنمية ما بعد 2015 في كانون الثاني/يناير عام 2015 وانتهت في آب/أغسطس عام 2015. وبعد المفاوضات تم اعتماد الوثيقة النهائية للتنمية المستدامة في 25-27 أيلول/سبتمبر 2015 في نيويورك بالولايات المتحدة الأمريكية بعنوان «تحويل عالمنا: جدول أعمال 2030 للتنمية المستدامة».

وهناك 169 غايةً للأهداف السبعة عشر. كل هدف له 1-3 من المؤشرات المستخدمة لقياس التقدم المحرز نحو بلوغ الأهداف. وإجمالا، هناك 304 مؤشرات تقيس الامتثال. وقد طُلب من برنامج الأمم المتحدة الإنمائي أن يسهل فهم قوائم الأهداف والوقائع والأرقام لكل هدف من أهداف التنمية المستدامة السبعة عشر.

اعتمدت جميع الدول الأعضاء في الأمم المتحدة في عام 2015 أهداف التنمية المستدامة SDGs والتي تُعرف أيضًا باسم الأهداف العالمية، باعتبارها دعوة عالمية للعمل على إنهاء الفقر وحماية الكوكب وضمان تمتع جميع الناس بالسلام والازدهار بحلول عام 2030.

أهداف التنمية المستدامة السبعة عشر متكاملة - أي أنها تدرك أن العمل في مجال ما سيؤثر على النتائج في مجالات أخرى، وأن التنمية يجب أن توازن بين الاستدامة الاجتماعية والاقتصادية والبيئية.

من خلال التعهد بعدم ترك أي شخص في الخلف، التزمت البلدان بتسريع التقدم لأولئك الذين في الخلف بعد. هذا هو السبب في أن أهداف التنمية المستدامة مصممة لجعل العالم يتحول إلى أصفار في العديد من جوانب الحياة المتغيرة، بما في ذلك الفقر المدقع والجوع والإيدز والتمييز ضد النساء والفتيات وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون المسببة للتغير المناخي.

الهـدف 1– القضاء على الفقر

تعتبر الأهداف الإنمائية للألفية، التي أنتجت أكثر الحركات نجاحًا للقضاء على الفقر في التاريخ، بمثابة نقطة انطلاق لخطة التنمية المستدامة. ومنذ ثلاثة عقود كان ما يقرب من نصف سكان العالم النامي يعيشون في فقر مدقع، ومنذ اعتماد الأهداف الإنمائية للألفية، انخفض عدد الاشخاص الذين يعيشون الآن في فقر مدقع، بأكثر من النصف.

مقاصد الهـدف 1

- القضاء على الفقر المدقع للناس أجمعين أينما كانوا بحلول عام 2030، وهو يُقاس حاليا بعدد الأشخاص الذين يعيشون بأقل من 1.25 دولار في اليوم.
- استحداث نظم وتدابير حماية اجتماعية ملائمة على الصعيد الوطني للجميع ووضع حدود دنيا لها، وتحقيق تغطية صحية واسعة للفقراء والضعفاء بحلول عام 2030.
- ضمان تمتّع جميع الرجال والنساء، ولا سيما الفقراء والضعفاء منهم، بنفس الحقوق في الحصول على الموارد الاقتصادية، وكذلك حصولهم على الخدمات الأساسية، وعلى حق ملكية الأراضي والتصرّف فيها وغيره من الحقوق المتعلّقة بأشكال الملكية الأخرى، وبالميراث، وبالحصول على الموارد الطبيعية، والتكنولوجيا الجديدة الملائمة، والخدمات المالية، بما في ذلك التمويل المتناهي الصغر، بحلول عام 2030.
- بناء قدرة الفقراء والفئات الضعيفة على الصمود والحد من تعرضها وتأثّرها

بالظواهر المتطرفة المتصلة بالمناخ وغيرها من الهزات والكوارث الاقتصادية والاجتماعية والبيئية بحلول عام 2030.

الهدف 2 – القضاء التام على الجوع

«القضاء على الجوع وتوفير الأمن الغذائي والتغذية المحسّنة وتعزيز الزراعة المستدامة».

على الصعيد العالمي، واحد من كل 9 أشخاص يعانون من نقص التغذية. وتعيش الغالبية العظمى من هؤلاء الناس في البلدان النامية. ويسبب سوء التغذية حصلت وفيات أعداد كبيرة من الأطفال دون سن الخامسة (3.1 مليون طفل كل عام).

الزراعة هي أكبر رب عمل في العالم، وتوفر سبل العيش لنسبة 40 ٪ من سكان العالم. وهي أكبر مصدر للدخل للأسر الريفية الفقيرة. وتوفر 500 مليون مزرعة صغيرة في جميع أنحاء العالم، يعتمد معظمها حتى الآن على الأمطار، ما يصل إلى 80 في المائة من الغذاء المستهلك في جزء كبير من العالم النامي. والاستثمار في أصحاب الحيازات الصغيرة من النساء والرجال هو طريقة هامة لزيادة الأمن الغذائي والتغذية للأشد فقرًا، فضلا عن زيادة الإنتاج الغذائي للأسواق المحلية والعالمية.

والغاية من الهدف الثاني للتنمية المستدامة إنهاء الجوع وإنهاء جميع أشكال سوء التغذية بحلول عام 2030. وسيتحقق ذلك عن طريق مضاعفة الإنتاجية الزراعية وضمان نظم مستدامة لإنتاج الأغذية وتحسين نوعية الأراضي والتربة تدريجيا. وتتعامل أهداف أخرى مع الحفاظ على التنوع الوراثي للبذور، ومنع تقييد التجارة وتشوهات الأسواق الزراعية العالمية للحد من تقلب أسعار الغذاء الشديد والقضاء على النفايات بمساعدة من التحالف الدولي للنفايات الغذائية.

ومنذ بداية القرن العشرين، خسرت حقول المزارعين نحو 75 في المائة من تنوع المحاصيل. ويمكن للاستخدام الأفضل للتنوع الزراعي أن يساهم في وجبات

مغذية أكثر، وفي تحسين معيشة المجتمعات الزراعية وفي توفير أنظمة زراعية أكثر مرونة واستدامة.

مقاصد الهدف 2

- القضاء على الجوع وضمان حصول الجميع، ولا سيما الفقراء والفئات الضعيفة، بمن فيهم الرضّع، على ما يكفيهم من الغذاء المأمون والمغذّي طوال العام بحلول عام 2030 .
- وضع نهاية لجميع أشكال سوء التغذية، بحلول عام 2030، بما في ذلك تحقيق الأهداف المتّفق عليها دوليًا بشأن توقّف النمو والهزال لدى الأطفال دون سن الخامسة، ومعالجة احتياجات التغذية للمراهقات والنساء الحوامل والمرضعات وكبار السن بحلول عام 2025.
- مضاعفة الإنتاجية الزراعية ودخل صغار منتجي الأغذية، ولا سيما النساء وأفراد الشعوب الأصلية والمزارعين الأسريين والرعاة والصيادين، من خلال ضمان المساواة في حصولهم على الأراضي وعلى موارد الإنتاج الأخرى والمدخلات والمعارف والخدمات المالية وإمكانية وصولهم إلى الأسواق وحصولهم على الفرص لتحقيق قيمة مضافة وحصولهم على فرص عمل غير زراعية، بحلول عام 2030.
- ضمان وجود نظم إنتاج غذائي مستدامة، وتنفيذ ممارسات زراعية متينة مستدامة تؤدي إلى زيادة الإنتاجية والمحاصيل، وتساعد على الحفاظ على النظم الإيكولوجية، وتعزز القدرة على التكيّف مع تغير المناخ وعلى مواجهة أحوال الطقس المتطرفة وحالات الجفاف والفيضانات وغيرها من الكوارث، وتحسّن تدريجياً نوعية الأراضي والتربة، بحلول عام 2030 .
- الحفاظ على التنوع الجيني للبذور والنباتات المزروعة والحيوانات الأليفة وما يتصل بها من الأنواع البرية، بما في ذلك من خلال بنوك البذور والنباتات المتنوّعة التي تُدار إدارة سليمة على كل من الصعيد الوطني والإقليمي والدولي، وضمان الوصول إليها وتقاسم المنافع الناشئة عن استخدام الموارد

الجينية وما يتّصل بها من معارف تقليدية بعدل وإنصاف على النحو المتفق عليه دوليًا.

- زيادة الاستثمار، بما في ذلك عن طريق التعاون الدولي المعزّز، في البنى التحتية الريفية، وفي البحوث الزراعية وخدمات الإرشاد الزراعي، وفي تطوير التكنولوجيا وبنوك الجينات الحيوانية والنباتية من أجل تعزيز القدرة الإنتاجية الزراعية في البلدان النامية، ولا سيما في أقل البلدان نموًا.

الهدف 3 – الصحة الجيدة والرفاه

لقد قُطعت خطوات هامة في زيادة متوسط العمر المتوقع وخفض عدد وفيات الأطفال والأمهات. وبالمثل، أحرز تقدم في زيادة فرص الحصول على المياه النظيفة والمرافق الصحية، والحد من الملاريا، والسل، وشلل الأطفال، وانتشار فيروس نقص المناعة البشرية / الإيدز. ومع ذلك، فإن فقط نصف النساء فقط في البلدان النامية يتلقين الرعاية الصحية التي يحتجن إليها، وتزداد الحاجة إلى تنظيم الأسرة زيادة كبيرة مع نمو السكان.

ويهدف الهدف الثالث إلى تحقيق التغطية الصحية الشاملة لتشمل الحصول على الأدوية واللقاحات الأساسية ووضع حد للأوبئة والأمراض المنقولة عن طريق المياه وخفض عدد الوفيات بين المواليد والأطفال دون سن الخامسة وتخفيض الوفيات المبكرة الناجمة عن الأمراض غير المعدية بمقدار الثلث من خلال الوقاية والعلاج وتعزيز صحة وسلامة العقل بحلول عام 2030.

ويشمل الاهتمام بالصحة والرفاه أيضاً أهدافاً تتعلق بما يلي :

- الوقاية والعلاج من الإصابات الناجمة عن حوادث المرور ومن المواد الكيميائية الخطرة وتلوث الهواء والماء والتربة وتلوثها
- ضمان حصول الجميع على خدمات رعاية الصحة الجنسية والإنجابية، بما في ذلك خدمات ومعلومات تنظيم الأسرة والتوعية الخاصة به، وإدماج الصحة الإنجابية في الاستراتيجيات والبرامج الوطنية بحلول عام 2030.

- تحقيق التغطية الصحية الشاملة، بما في ذلك الحماية من المخاطر المالية، وإمكانية الحصول على خدمات الرعاية الصحية الأساسية الجيدة وإمكانية حصول الجميع على الأدوية واللقاحات الجيّدة والفعالة والميسورة التكلفة.
- الحد بدرجة كبيرة من عدد الوفيات والأمراض الناجمة عن التعرّض للمواد الكيميائية الخطرة وتلوّث الهواء والماء والتربة بحلول عام 2030.
- دعم البحث والتطوير في مجال اللقاحات والأدوية للأمراض المعدية وغير المعدية التي تتعرض لها البلدان النامية في المقام الأول، وتوفير إمكانية الحصول على الأدوية واللقاحات الأساسية بأسعار معقولة، وفقاً لإعلان الدوحة بشأن الاتفاق المتعلق بالجوانب المتصلة بالتجارة من حقوق الملكية الفكرية وبالصحة العامة، الذي يؤكد حق البلدان النامية في الاستفادة بالكامل من الأحكام الواردة في الاتفاق بشأن الجوانب المتصلة بالتجارة من حقوق الملكية الفكرية المتعلقة بأوجه المرونة اللازمة لحماية الصحة العامة، ولا سيما العمل من أجل إمكانية حصول الجميع على الأدوية.
- تعزيز قدرات جميع البلدان، ولا سيما البلدان النامية، في مجال الإنذار المبكر والحد من المخاطر وإدارة المخاطر الصحية الوطنية والعالمية.

الهدف 4 – التعليـــم الجيـــد

أُحرز تقدماً كبيراً في الحصول على التعليم، وتحديداً على مستوى المدارس الابتدائية، للفتيان والفتيات. لكن لا يعني ذلك الحصول على نوعية تعليم جيدة أو إنهاء المرحلة الابتدائية حالياً، أكثر من 103 مليون شاب في جميع أنحاء العالم لا تزال تفتقر إلى مهارات القراءة والكتابة الأساسية، وأكثر من 60 ٪ من هؤلاء هم من الإناث. والغاية الأولى من الهدف الرابع هو ضمان أن يكمل جميع الفتيات والفتيان بحلول عام 2030 التعليم الابتدائي والثانوي المجاني المنصف والجيد.

مقاصد الهدف 4

- ضمان أن يتمتّع جميع البنات والبنين بتعليم ابتدائي وثانوي مجاني ومنصف وجيّد، مما يؤدي إلى تحقيق نتائج تعليمية ملائمة وفعالة بحلول عام 2030.

- ضمان أن تتاح لجميع البنات والبنين فرص الحصول على نوعية جيدة من النماء والرعاية في مرحلة الطفولة المبكرة والتعليم قبل الابتدائي حتى يكونوا جاهزين للتعليم الابتدائي بحلول عام 2030.
- ضمان تكافؤ فرص جميع النساء والرجال في الحصول على التعليم المهني والتعليم العالي الجيّد والميسور التكلفة، بما في ذلك التعليم الجامعي، والقضاء على التفاوت بين الجنسين في التعليم بحلول عام 2030 .
- الزيادة بنسبة كبيرة في عدد الشباب والكبار الذين تتوافر لديهم المهارات المناسبة، بما في ذلك المهارات التقنية والمهنية، للعمل وشغل وظائف لائقة ولمباشرة الأعمال الحرة بحلول عام 2030 .
- ضمان تكافؤ فرص الوصول إلى جميع مستويات التعليم والتدريب المهني للفئات الضعيفة، بما في ذلك للأشخاص ذوي الإعاقة والشعوب الأصلية والأطفال الذين يعيشون في ظل أوضاع هشة، بحلول عام 2030 .
- ضمان أن يكتسب جميع المتعلّمين المعارف والمهارات اللازمة لدعم التنمية المستدامة، بما في ذلك بجملة من السُبُل من بينها التعليم لتحقيق التنمية المستدامة واتّباع أساليب العيش المستدامة، وحقوق الإنسان، والمساواة بين الجنسين، والترويج لثقافة السلام واللاعنف والمواطنة العالمية وتقدير التنوع الثقافي وتقدير مسأهمة الثقافة في التنمية المستدامة، بحلول عام 2030 .
- زيادة عدد المنح المدرسية المتاحة للبلدان النامية على الصعيد العالمي للبلدان النامية، وبخاصة لأقل البلدان نمواً، للالتحاق بالتعليم العالي، بما في ذلك منح التدريب المهني وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات.
- الزيادة بنسبة كبيرة في عدد المعلمين المؤهلين، بما في ذلك من خلال التعاون الدولي لتدريب المعلمين في البلدان النامية، وبخاصة في أقل البلدان نموًّا والدول الجزرية الصغيرة النامية، بحلول عام 2030.

الهدف 5 – المساواة بين الجنسين

إن المساواة بين الجنسين تشكل ليس فحسب حقا أساسياً من حقوق الإنسان، ولكن أيضاً أساساً من الأسس الضرورية اللازمة لإحلال السلام والرخاء والاستدامة في العالم.

ومن شأن توفير فرص متساوية للنساء والفتيات للحصول على التعليم والرعاية الصحية والعمل اللائق والتمثيل في عمليات صنع القرار السياسي والاقتصادي أن يعزز الاقتصادات المستدامة وأن يفيد المجتمعات والإنسانية عموماً.

مقاصد الهدف 5

- القضاء على جميع أشكال التمييز ضد النساء والفتيات في كل مكان.
- القضاء على جميع أشكال العنف ضد جميع النساء والفتيات في المجالين العام والخاص، والقضاء على جميع الممارسات الضارة، من قبيل زواج الأطفال والزواج المبكر وغير ذلك.
- كفالة مشاركة المرأة مشاركة كاملة وفعالة وتكافؤ الفرص المتاحة لها للقيادة على قدم المساواة مع الرجل على جميع مستويات صنع القرار في الحياة السياسية والاقتصادية والعامة.
- ضمان حصول الجميع على خدمات الصحة الجنسية والإنجابية وعلى الحقوق الإنجابية.
- القيام بإصلاحات لتخويل المرأة حقوقًا متساوية في الموارد الاقتصادية، وكذلك إمكانية حصولها على حق الملكية والتصرّف في الأراضي وغيرها من الممتلكات، وعلى الخدمات المالية، والميراث والموارد الطبيعية، وفقًا للقوانين الوطنية.

الهدف 6 – المياه النظيفة والنظافة الصحية

إن توافر مياه نقية ويسهل الحصول عليها بالنسبة للجميع هو جزء أساسي من العالم الذي نريد أن نحيا فيه. وتوجد مياه عذبة كافية على كوكب الأرض لتحقيق هذا الحلم. ولكن نتيجة لسوء البرامج الاقتصادية أو لضعف البنية التحتية يموت كل سنة ملايين من البشر- معظمهم أطفال - من جراء أمراض مرتبطة بقصور إمدادات المياه والصرف الصحي والنظافة العامة.

وشحة المياه وسوء نوعيتها وقصور الصرف الصحي هي عوامل تؤثر سلبًا على الأمن الغذائي واختيارات سبل المعيشة وفرص التعليم بالنسبة للأسر الفقيرة في مختلف أنحاء العالم. ويعاني بعض أشد بلدان العالم فقرًا من الجفاف، مما يؤدي إلى زيادة الجوع وسوء التغذية سوءًا.

مقاصد الهـــدف 6

- تحقيق هدف حصول الجميع بشكل منصف على مياه الشرب المأمونة والميسورة التكلفة بحلول عام 2030 .
- تحقيق هدف حصول الجميع على خدمات الصرف الصحي والنظافة الصحية، بحلول عام 2030 .
- تحسين نوعية المياه عن طريق الحد من التلوث ووقف إلقاء النفايات والمواد الكيميائية الخطرة وتقليل تسرّبها إلى أدنى حد، وخفض نسبة مياه المجاري غير المعالجة إلى النصف، وزيادة تدوير المياه المعالجة وإعادة استخدامها بنسبة كبيرة على الصعيد العالمي، بحلول عام 2030.
- زيادة كفاءة استخدام المياه في جميع القطاعات زيادة كبيرة وضمان سحب المياه العذبة وإمداداتها على نحو مستدام من أجل معالجة شح المياه، والحد بدرجة كبيرة من عدد الأشخاص الذين يعانون من ندرة المياه، بحلول عام 2030.

- تنفيذ الإدارة المتكاملة لموارد المياه على جميع المستويات، بما في ذلك من خلال التعاون العابر للحدود حسب الاقتضاء، بحلول عام 2030 .
- حماية وترميم النظم الإيكولوجية المتصلة بالمياه.
- تعزيز نطاق التعاون الدولي ودعم بناء القدرات في البلدان النامية في مجال الأنشطة والبرامج المتعلقة بالمياه والصرف الصحي، بما في ذلك جمع المياه، وتحلية المياه المالحة، وكفاءة استخدامها، ومعالجة مياه الصرف، وتكنولوجيات تدوير المياه وإعادة استعمالها، بحلول عام 2030.
- دعم وتعزيز مشاركة المجتمعات المحلية في تحسين إدارة المياه والصرف الصحي

الهدف 7– طاقة نظيفة وبأسعار معقولة

وتشمل أهداف عام 2030 الحصول على طاقة ميسورة التكلفة وموثوق بها مع زيادة حصة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة العالمي. وسيتضمن ذلك تحسين كفاءة استخدام الطاقة وتعزيز التعاون الدولي لنقل تكنولوجيا الطاقة النظيفة وتوطينها والاستثمار في الهياكل الأساسية للطاقة النظيفة.

مقاصد الهدف 7

- ضمان حصول الجميع بتكلفة ميسورة على خدمات الطاقة الحديثة الموثوقة بحلول عام 2030.
- تحقيق زيادة كبيرة في حصة الطاقة المتجددة في مجموعة مصادر الطاقة العالمية بحلول عام 2030.
- مضاعفة المعدل العالمي للتحسن في كفاءة استخدام الطاقة بحلول عام 2030.
- تعزيز التعاون الدولي من أجل تيسير الوصول إلى بحوث وتكنولوجيا الطاقة النظيفة، بما في ذلك تلك المتعلّقة بالطاقة المتجددة، والكفاءة في استخدام الطاقة وتكنولوجيا الوقود الأحفوري المتقدمة والأنظف، وتشجيع الاستثمار في البنى التحتية للطاقة وتكنولوجيا الطاقة النظيفة، بحلول عام 2030.

- توسيع نطاق البُنى التحتية وتحسين مستوى التكنولوجيا من أجل تقديم خدمات الطاقة الحديثة والمستدامة للجميع في البلدان النامية، وبخاصة في أقل البلدان نمواً، وفقاً لبرامج الدعم الخاصة بكل منها على حدة، بحلول عام 2030.

الهدف 8- العمل اللائق ونمو الاقتصاد

تعزيز النمو الاقتصادي المطرد والشامل للجميع والمستدام، والعمالة الكاملة والمنتجة، وتوفير العمل اللائق للجميع

مقاصد الهدف 8

- الحفاظ على النمو الاقتصادي الفردي وفقاً للظروف الوطنية، وبخاصة على نمو الناتج المحلي الإجمالي بنسبة 7 في المائة على الأقل سنوياً في أقل البلدان نمواً.
- تحقيق مستويات أعلى من الإنتاجية الاقتصادية من خلال التنويع، والارتقاء بمستوى التكنولوجيا، والابتكار، بما في ذلك من خلال التركيز على القطاعات المتسمة بالقيمة المضافة العالية والقطاعات الكثيفة العمالة.
- تعزيز السياسات الموجهة نحو التنمية والتي تدعم الأنشطة الإنتاجية، وفرص العمل اللائق، ومباشرة الأعمال الحرة، والقدرة على الإبداع والابتكار، وتشجع على إضفاء الطابع الرسمي على المشاريع المتناهية الصغر والصغيرة والمتوسطة الحجم، ونموها، بما في ذلك الحصول على الخدمات المالية.
- تحسين الكفاءة في استخدام الموارد العالمية في مجال الاستهلاك والإنتاج، تدريجياً، حتى عام 2030، والسعي إلى فصل النمو الاقتصادي عن التدهور البيئي، وفقاً للإطار العشري للبرامج بشأن الاستهلاك والإنتاج المستدامين، مع اضطلاع البلدان المتقدمة النمو بدور الريادة.
- تحقيق العمالة الكاملة والمنتجة وتوفير العمل اللائق لجميع النساء والرجال،

بما في ذلك الشباب والأشخاص ذوو الإعاقة، وتكافؤ الأجر لقاء العمل المتكافئ القيمة، بحلول عام 2030.

- اتخاذ تدابير فورية وفعالة للقضاء على السخرة وإنهاء الرق المعاصر والاتجار بالبشر لضمان حظر واستئصال أسوأ أشكال عمل الأطفال، بما في ذلك تجنيدهم واستخدامهم كجنود، وإنهاء عمل الأطفال بجميع أشكاله بحلول عام 2025.
- حماية حقوق العمل وتعزيز بيئة عمل سالمة وآمنة لجميع العمال، بمن فيهم العمال المهاجرون، وبخاصة المهاجرات، والعاملون في الوظائف غير المستقرة.
- وضع وتنفيذ سياسات تهدف إلى تعزيز السياحة المستدامة التي توفر فرص العمل وتعزز الثقافة والمنتجات المحلية بحلول عام 2030
- تعزيز قدرة المؤسسات المالية المحلية على تشجيع إمكانية الحصول على الخدمات المصرفية والتأمين والخدمات المالية للجميع، وتوسيع نطاقها.
- زيادة دعم المعونة من أجل التجارة للبلدان النامية، وبخاصة أقل البلدان نموا، بما في ذلك من خلال الإطار المتكامل المعزز للمساعدة التقنية المتصلة بالتجارة إلى أقل البلدان نمواً.

الهدف 9- الصناعة والابتكار والبنية التحتية

إن الاستثمار في البنية الأساسية – النقل، والري، والطاقة، وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات – عنصر حيوي من عناصر تحقيق التنمية المستدامة والتمكين للمجتمعات في كثير من البلدان. وهناك إقرار منذ زمن بعيد بأن النمو في الإنتاجية والدخل وتحسين النتائج الصحية والتعليمية يقتضيان الاستثمار في البنية الأساسية.

وينشأ أيضاً عن وتيرة النمو والتحضر حاجة إلى استثمارات جديدة في البنية الأساسية المستدامة التي ستساعد المدن على التكيف بقدر أكبر مع تغير المناخ، وسيكون بوسعها أيضا إعطاء زخم للنمو الاقتصادي والاستقرار الاجتماعي.

وإضافة إلى التمويل الحكومي والمساعدة الإنمائية الرسمية، يجري تشجيع التمويل من القطاع الخاص دعما للبلدان التي في حاجة إلى دعم مالي وتكنولوجي وتقني.

مقاصد الهـــدف 9

- إقامة بنى تحتية جيدة النوعية وموثوقة ومستدامة وقادرة على الصمود، لدعم التنمية الاقتصادية ورفاه الإنسان، مع التركيز على تيسير سُبُل وصول الجميع إليها بتكلفة ميسورة وعلى قدم المساواة.
- زيادة فرص حصول المشاريع الصناعية الصغيرة الحجم وسائر المشاريع، ولا سيما في البلدان النامية، على الخدمات المالية، بما في ذلك الائتمانات ميسورة التكلفة، وإدماجها في سلاسل القيمة والأسواق
- تحسين البنى التحتية وتحديث الصناعات بحلول عام 2030 من أجل تحقيق استدامتها، مع زيادة كفاءة استخدام الموارد وزيادة اعتماد التكنولوجيات والعمليات الصناعية النظيفة والسليمة بيئياً.
- تعزيز البحث العلمي وتحسين القدرات التكنولوجية في القطاعات الصناعية في جميع البلدان، ولا سيما البلدان النامية، بحلول عام 2030، وتشجيع الابتكار والزيادة بنسبة كبيرة في عدد العاملين في مجال البحث والتطوير لكل مليون شخص، وزيادة إنفاق القطاعين العام والخاص على البحث والتطوير.
- تيسير تطوير البنى التحتية المستدامة والقادرة على الصمود في البلدان النامية من خلال تحسين الدعم المالي والتكنولوجي والتقني المقدم للبلدان النامية.
- دعم تطوير التكنولوجيا المحلية والبحث والابتكار في البلدان النامية، بما في ذلك عن طريق كفالة وجود بيئة مواتية من حيث السياسات للتنويع الصناعي وإضافة قيمة للسلع الأساسية بين أمور أخرى.

الهدف 10 – الحد من أوجه عدم المساواة

خطى المجتمع الدولي خطوات واسعة صوب رفع الناس من هوة الفقر. ولا تزال أشد الدول ضعفا تشق طريقها صوب خفض حدة الفقر. بيد أن التباين لا يزال متواصلا، حيث هناك تباينات واسعة في إمكانية الحصول على الخدمات الصحية والتعليمية وغير ذلك من الأصول الإنتاجية.

وعلاوة على ذلك، فرغم احتمال حدوث خفض في التباين في الدخل بين البلدان، فإن التباين داخل البلدان آخذ في الارتفاع. وهناك توافق متزايد في الآراء على أن النمو الاقتصادي ليس كافياً لخفض حدة الفقر إذا كان ذلك النمو غير شامل للجميع، ولا يتضمن الأبعاد الثلاثة للتنمية المستدامة وهي الأبعاد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية. وسعياً إلى خفض التباين، تم التوصية باتباع سياسات شاملة من حيث المبدأ، على أن تولي الاهتمام في الوقت ذاته باحتياجات الفئات السكانية المستضعفة والمهمشة.

مقاصد الهدف 10

- التوصل تدريجياً إلى تحقيق نمو الدخل ودعم استمرار ذلك النمو لأدنى 40 في 2030 تمكين وتعزيز الإدماج الاجتماعي والاقتصادي والسياسي للجميع، بغض النظر عن السن أو الجنس أو الإعاقة أو العرق أو الإثنية أو الأصل أو الدين أو الوضع الاقتصادي أو غير ذلك، بحلول عام 2030 .
- ضمان تعزيز تمثيل البلدان النامية وإسماع صوتها في عملية صنع القرار في المؤسسات الاقتصادية والمالية الدولية العالمية، من أجل تحقيق المزيد من الفعالية والمصداقية والمساءلة والشرعية للمؤسسات.
- تنفيذ مبدأ المعاملة الخاصة والتفضيلية للبلدان النامية، وبخاصة أقل البلدان نموا، بما يتماشى مع اتفاقات منظمة التجارة العالمية.
- تشجيع المساعدة الإنمائية الرسمية والتدفقات المالية، بما في ذلك الاستثمار الأجنبي المباشر، إلى الدول النامية وفقاً لخططها وبرامجها الوطنية.

الهدف 11 – مدن ومجتمعات محلية مستدامة

ويتمثل هدف عام 2030 في ضمان الوصول إلى مساكن آمنة وبأسعار معقولة. والمؤشر المسمى لقياس التقدم المحرز نحو تحقيق هذا الهدف هو نسبة سكان الحضر الذين يعيشون في أحياء فقيرة أو مستوطنات غير رسمية. بين عامي 2000 و2014، انخفضت النسبة من 39 ٪ إلى 30 ٪. بيد أن العدد المطلق للأشخاص الذين يعيشون في الأحياء الفقيرة قد انتقل من 792 مليون نسمة في عام 2000 إلى ما يقدر ب 880 مليون نسمة في عام 2014. وتزايدت حركة الانتقال من المناطق الريفية إلى المناطق الحضرية مع ازدياد عدد السكان وتوفير بدائل أفضل للإسكان.

مقاصد الهدف 11

- ضمان حصول الجميع على مساكن وخدمات أساسية ملائمة وآمنة وميسورة التكلفة، ورفع مستوى الأحياء الفقيرة، بحلول عام 2030.
- توفير إمكانية وصول الجميع إلى نظم نقل مأمونة وميسورة التكلفة ويسهل الوصول إليها ومستدامة، وتحسين السلامة على الطرق، ولا سيما من خلال توسيع نطاق النقل العام، مع إيلاء اهتمام خاص لاحتياجات الأشخاص الذين يعيشون في ظل ظروف هشة والنساء والأطفال والأشخاص ذوي الإعاقة وكبار السن، بحلول عام 2030.
- تعزيز التوسع الحضري الشامل للجميع والمستدام، والقدرة على تخطيط وإدارة المستوطنات البشرية في جميع البلدان على نحو قائم على المشاركة ومتكامل ومستدام، بحلول عام 2030.
- تعزيز الجهود الرامية إلى حماية وصون التراث الثقافي والطبيعي العالمي.
- التقليل إلى درجة كبيرة من عدد الوفيات وعدد الأشخاص المتضررين، وتحقيق انخفاض كبير في الخسائر الاقتصادية المباشرة المتصلة بالناتج المحلي الإجمالي العالمي التي تحدث بسبب الكوارث، بما في ذلك الكوارث

المتصلة بالمياه، مع التركيز على حماية الفقراء والأشخاص الذين يعيشون في ظل أوضاع هشة، بحلول عام 2030 .

- الحد من الأثر البيئي السلبي الفردي للمدن، بما في ذلك عن طريق إيلاء اهتمام خاص لنوعية الهواء وإدارة نفايات البلديات وغيرها، بحلول عام 2030 .
- توفير سبل استفادة الجميع من مساحات خضراء وأماكن عامة، آمنة وشاملة للجميع ويمكن الوصول إليها، ولا سيما بالنسبة للنساء والأطفال وكبار السن والأشخاص ذوي الإعاقة، بحلول عام 2030.
- دعم الروابط الإيجابية الاقتصادية والاجتماعية والبيئية بين المناطق الحضرية والمناطق المحيطة بالمناطق الحضرية والمناطق الريفية، من خلال تعزيز تخطيط التنمية الوطنية والإقليمية.
- العمل على الزيادة بنسبة كبيرة في عدد المدن والمستوطنات البشرية التي تعتمد وتنفذ سياسات وخططا متكاملة من أجل شمول الجميع، وتحقيق الكفاءة في استخدام الموارد، والتخفيف من تغير المناخ والتكيف معه، والقدرة على الصمود في مواجهة الكوارث، ووضع وتنفيذ الإدارة الكلية لمخاطر الكوارث على جميع المستويات، بما يتماشى مع إطار سينداي للحد من مخاطر الكوارث للفترة 2015-2030.
- دعم أقل البلدان نمواً، بما في ذلك من خلال المساعدة المالية والتقنية، في إقامة المباني المستدامة والقادرة على الصمود باستخدام المواد المحلية.

الهدف 12- الاستهلاك والإنتـاج المسؤولان

إن استخدام أساليب الإنتاج الصديقة للبيئة وتقليل كمية النفايات المنتجة هي غايات للهدف 12. وينبغي أن تزيد معدلات إعادة التدوير الوطنية بحلول عام 2030، مقاسة بأطنان من المواد المعاد تدويرها. علاوة على ذلك، ينبغي على الشركات تبني ممارسات مستدامة ونشر تقارير الاستدامة.

تتعلق أنماط الاستهلاك والإنتاج المستدامة بتشجيع الكفاءة في الموارد والطاقة، واستدامة البنية الأساسية، وتوفير إمكانية الحصول على الخدمات الأساسية، وتوفير فرص العمل اللائق وغير المضر بالبيئة، وتحسين جودة الحياة لصالح الجميع. ويساعد تطبيق أنماط الاستهلاك والإنتاج المستدامة على إنجاز خطط التنمية الشاملة، وخفض التكاليف الاقتصادية والبيئية والاجتماعية مستقبلاً، وتوطيد القدرة التنافسية الاقتصادية، وخفض حدة الفقر.

وتستهدف أنماط الاستهلاك والإنتاج المستدامة، وزيادة المكاسب الصافية في الرفاه الناشئة عن الأنشطة الاقتصادية بخفض استعمال الموارد وتقليل تدهورها وما ينشأ عنها من تلوث، على مدار كامل دورة الحياة، مع العمل على زيادة جودة الحياة. ويدخل فيها شتى أصحاب المصلحة، ومنهم أصحاب الأعمال، والمستهلكون، والمسؤولون عن رسم السياسيات، والباحثون، والعلماء، وتجار التجزئة، ووسائط الإعلام، ووكالات التعاون الإنمائي. وهي تقتضي أيضا اتباع المنهجية والتعاون فيما بين الجهات الفاعلة العاملة في سلسلة الإمداد، بدءا من المنتج وحتى المستهلك الأخير. وتشمل، من بين ما تشمل، إشراك المستهلكين من خلال التوعية والتثقيف بأنماط الاستهلاك والحياة المستدامة.

مقاصد الهدف 12

- تنفيذ الإطار العشري لبرامج الاستهلاك والإنتاج المستدامين، مع قيام جميع البلدان باتخاذ إجراءات وتولي البلدان المتقدمة النمو دور الريادة، مع مراعاة مستوى التنمية في البلدان النامية والاستخدام الكفؤ للموارد الطبيعية، بحلول عام 2030.
- تخفيض نصيب الفرد من النفايات الغذائية العالمية على صعيد أماكن البيع بالتجزئة والمستهلكين بمقدار النصف، والحد من خسائر الأغذية في مراحل الإنتاج وسلاسل الإمداد، بما في ذلك خسائر ما بعد الحصاد، بحلول عام 2030 .
- تحقيق الإدارة السليمة بيئيا للمواد الكيميائية والنفايات طوال دورة عمرها،

وفقاً للأطر الدولية المتفق عليها، والحد بدرجة كبيرة من إطلاقها في الهواء والماء والتربة من أجل التقليل إلى أدنى حد من آثارها الضارة على صحة الإنسان والبيئة.

- الحد بدرجة كبيرة من إنتاج النفايات، من خلال المنع والتخفيض وإعادة التدوير وإعادة الاستعمال، بحلول عام 2030.
- ضمان أن تتوافر للناس في كل مكان المعلومات ذات الصلة والوعي بالتنمية المستدامة وأنماط العيش في وئام مع الطبيعة بحلول عام 2030 .
- دعم البلدان النامية لتعزيز قدراتها العلمية والتكنولوجية للمضي قدماً نحو تحقيق أنماط الاستهلاك والإنتاج الأكثر استدامة.
- وضع وتنفيذ أدوات لرصد تأثيرات التنمية المستدامة على السياحة المستدامة التي توفر فرص العمل وتعزز الثقافة والمنتجات المحلية
- ترشيد إعانات الوقود الأحفوري غير المتسمة بالكفاءة والتي تشجع على الاستهلاك المسرف، عن طريق القضاء على تشوهات الأسواق، وفقاً للظروف الوطنية، بما في ذلك عن طريق إعادة هيكلة الضرائب والتخلص بالتدريج من الإعانات الضارة، حيثما وجدت، لإظهار آثارها البيئية، على أن تراعى في تلك السياسات على نحو كامل الاحتياجات والظروف الخاصة للبلدان النامية، والتقليل إلى أدنى حد من الآثار الضارة التي قد تنال من تنميتها، وعلى نحو يكفل حماية الفقراء والمجتمعات المحلية المتضررة.

الهدف 13- العمل المناخي

اتخاذ إجراءات عاجلة لمكافحة تغير المناخ وآثاره من خلال تنظيم الانبعاثات وتعزيز التطورات في مجال الطاقة المتجددة.

وحددت مناقشات ومفاوضات الأمم المتحدة الصلات بين عملية التنمية المستدامة لما بعد عام 2015 وعملية تمويل التنمية التي اختتمت في أديس أبابا في

يوليو / تموز 2015 ومؤتمر تغير المناخ الذي عقد في باريس في ديسمبر / كانون الأول 2015.

وفي أيار / مايو 2015، خلص تقرير إلى أن اتفاق مناخ طموح جداً في باريس في عام 2015 يمكن أن يمكّن البلدان من بلوغ أهداف وغايات التنمية المستدامة.

ويذكر التقرير أيضاً أن التصدي لتغير المناخ لن يكون ممكناً إلا إذا تحققت أهداف التنمية المستدامة. وعلاوة على ذلك، ترتبط التنمية الاقتصادية والمناخ ارتباطاً وثيقاً، لاسيما حول الفقر والمساواة بين الجنسين والطاقة. وتشجع الأمم المتحدة القطاع العام على اتخاذ مبادرة في هذا الجهد للحد من الآثار السلبية على البيئة.

وقد أصبح هذا التركيز المتجدد على التخفيف من آثار تغير المناخ ممكناً بفضل التقارب الجزئي بين الصين والولايات المتحدة الذي تطور في الفترة 2015-2016، ولا سيما في مؤتمر قمة COP_{21} الذي عقدته الأمم المتحدة (باريس) ومؤتمر مجموعة العشرين (هانغتشو.)

ولا يزال يتسنى، لدى الاستعانة بمجموعة واسعة من التدابير التكنولوجية والتغييرات في السلوكيات، قصر الارتفاع في متوسط الحرارة عالميا على درجتين مئويتين قياسا على مستويات ما قبل الثورة الصناعية.

وسيفضي إحداث تغييرات مؤسسية وتكنولوجية رئيسية إلى تهيئة فرصة أفضل من ذي قبل تسمح بعدم تجاوز الاحترار العالمي لتلك العتبة.

مقاصد الهدف 13

- تعزيز المرونة والقدرة على الصمود في مواجهة الأخطار المرتبطة بالمناخ والكوارث الطبيعية في جميع البلدان، وتعزيز القدرة على التكيف مع تلك الأخطار.
- إدماج التدابير المتعلقة بتغير المناخ في السياسات والاستراتيجيات والتخطيط على الصعيد الوطني.

- تحسين التعليم وإذكاء الوعي والقدرات البشرية والمؤسسية للتخفيف من تغير المناخ، والتكيف معه، والحد من أثره والإنذار المبكر به.
- تنفيذ ما تعهدت به الأطراف من البلدان متقدمة النمو في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ من التزام بهدف التعبئة المشتركة لمبلغ قدره 100 مليار دولار سنويا بحلول عام 2020 من جميع المصادر لتلبية احتياجات البلدان النامية، في سياق إجراءات التخفيف المجدية وشفافية التنفيذ، وجعل الصندوق الأخضر للمناخ في حالة تشغيل كامل عن طريق تزويده برأس المال في أقرب وقت ممكن.
- تعزيز آليات تحسين مستوى قدرات التخطيط والإدارة الفعالين المتعلقين بتغير المناخ في أقل البلدان نموا، والدول الجزرية الصغيرة النامية، بما في ذلك التركيز على النساء والشباب والمجتمعات المحلية والمهمشة.

الهدف 14 – الحياة تحت الماء

حفظ المحيطات والبحار والموارد البحرية واستخدامها على نحو مستدام لتحقيق التنمية المستدامة.

إن محيطات العالم ـ درجة حرارتها والكيمياء الخاصة بها وتياراتها والحياة فيها ـ هي التي تقف وراء النظم العالمية التي تجعل كوكب الأرض صالحًا للسكن بالنسبة للبشرية. فمياه أمطارنا ومياه شربنا وطقسنا ومناخنا وسواحلنا وقدر كبير من غذائنا، بل وحتى الأكسجين الموجود في الهواء الذي نتنفسه، توفرها البحار وتنظمها جميعًا في نهاية المطاف. وقد كانت المحيطات والبحار على مر التاريخ قنوات حيوية للتجارة والنقل. وتمثل إدارة هذا المورد العالمي الجوهري بعناية سمة أساسية من سمات مستقبل مستدام.

مقاصد الهدف 14

- منع التلوث البحري بجميع أنواعه والحد منه بدرجة كبيرة، ولا سيما من

الأنشطة البرية، بما في ذلك الحطام البحري، والتلوث بالمغذيات، بحلول عام 2025.

- إدارة النظم الإيكولوجية البحرية والساحلية على نحو مستدام وحمايتها، من أجل تجنب حدوث آثار سلبية كبيرة، بما في ذلك عن طريق تعزيز قدرتها على الصمود، واتخاذ الإجراءات اللازمة من أجل تحقيق الصحة والإنتاجية للمحيطات.
- تقليل تحمض المحيطات إلى أدنى حد ومعالجة آثاره، بما في ذلك من خلال تعزيز التعاون العلمي على جميع المستويات.
- حظر أشكال الإعانات المقدمة لمصائد الأسماك التي تسهم في الإفراط في قدرات الصيد وفي صيد الأسماك، وإلغاء الإعانات التي تسأهم في صيد الأسماك غير المشروع وغير المبلغ عنه وغير المنظم، والإحجام عن استحداث إعانات جديدة من هذا القبيل، مع التسليم بأن المعاملة الخاصة والتفضيلية الملائمة والفعالة للبلدان النامية وأقل البلدان نموا ينبغي أن تكون جزءاً لا يتجزأ من مفاوضات منظمة التجارة العالمية بشأن الإعانات لمصائد الأسماك، بحلول عام 2020 .
- زيادة الفوائد الاقتصادية التي تتحقق للدول النامية وأقل البلدان نموا من الاستخدام المستدام للموارد البحرية، بما في ذلك من خلال الإدارة المستدامة لمصائد الأسماك، وتربية الأحياء المائية، والسياحة، بحلول عام 2030 .
- زيادة المعارف العلمية، وتطوير قدرات البحث، ونقل التكنولوجيا البحرية، مع مراعاة معايير اللجنة الأوقيانوغرافية الحكومية الدولية ومبادئها التوجيهية المتعلقة بنقل التكنولوجيا البحرية، من أجل تحسين صحة المحيطات، وتعزيز إسهام التنوع البيولوجي البحري في تنمية البلدان النامية، ولا سيما الدول الجزرية الصغيرة النامية وأقل البلدان نمواً .
- تعزيز حفظ المحيطات ومواردها واستخدامها استخداماً مستداماً عن طريق تنفيذ القانون الدولي بصيغته الواردة في اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار

التي تضع الإطار القانوني لحفظ المحيطات ومواردها واستخدامها على نحو مستدام، كما تشير إلى ذلك الفقرة 851 من وثيقة «المستقبل الذي نصبو إليه».

الهدف 15– الحياة في البرّ

حماية النظم الإيكولوجية البرية وترميمها وتعزيز استخدامها على نحو مستدام، وإدارة الغابات على نحو مستدام، ومكافحة التصحر، ووقف تدهور الأراضي وعكس مساره، ووقف فقدان التنوع البيولوجي.

يحدد هذا الهدف غايات للحفاظ على التنوع البيولوجي للغابات والصحراء والأنظمة الإيكولوجية الجبلية كنسبة مئوية من مجموع الكتلة الأرضية. ويمكن الوصول إلى «عالم محايد من تدهور الأراضي» عن طريق استعادة الغابات المتدهورة والأراضي المفقودة بسبب الجفاف والفيضانات.

مقاصد الهدف 15

- ضمان حفظ وترميم النظم الإيكولوجية البرية والنظم الإيكولوجية للمياه العذبة الداخلية وخدماتها، ولا سيما الغابات والأراضي الرطبة والجبال والأراضي الجافة، وضمان استخدامها على نحو مستدام، وذلك وفقاً للالتزامات بموجب الاتفاقات الدولية، بحلول عام 2020 .
- تعزيز تنفيذ الإدارة المستدامة لجميع أنواع الغابات، ووقف إزالة الغابات، وترميم الغابات المتدهورة وتحقيق زيادة كبيرة في نسبة زرع الغابات وإعادة زرع الغابات على الصعيد العالمي، بحلول عام 2020 .
- مكافحة التصحر، وترميم الأراضي والتربة المتدهورة، بما في ذلك الأراضي المتضررة من التصحر والجفاف والفيضانات، والسعي إلى تحقيق عالمٍ خالٍ من ظاهرة تدهور الأراضي، بحلول عام 2030 .
- ضمان حفظ النظم الإيكولوجية الجبلية، بما في ذلك تنوعها البيولوجي،

من أجل تعزيز قدرتها على توفير المنافع التي لا غنى عنها لتحقيق التنمية المستدامة، بحلول عام 2030 .

- اتخاذ إجراءات عاجلة وهامة للحد من تدهور الموائل الطبيعية، ووقف فقدان التنوع البيولوجي، والقيام، بحلول عام 2020، بحماية الأنواع المهدّدة ومنع انقراضها .
- تعزيز التقاسم العادل والمنصف للمنافع الناشئة عن استخدام الموارد الجينية، وتعزيز سبل الوصول إلى تلك الموارد، على النحو المتفق عليه دوليا.
- اتخاذ إجراءات عاجلة لوقف الصيد غير المشروع للأنواع المحمية من النباتات والحيوانات والاتجار فيها، والتصدي لمنتجات الأحياء البرية غير المشروعة، على مستويي العرض والطلب على السواء.
- اتخاذ تدابير لمنع إدخال الأنواع الغريبة الغازية إلى النظم الإيكولوجية للأراضي والمياه وتقليل أثر ذلك إلى حد كبير، ومراقبة الأنواع ذات الأولوية أو القضاء عليها، بحلول عام 2020 .
- إدماج قيم النظم الإيكولوجية والتنوع البيولوجي في عمليات التخطيط الوطني والمحلي، والعمليات الإنمائية، واستراتيجيات الحد من الفقر، والحسابات، بحلول عام 2020 .
- حشد الموارد المالية من جميع المصادر وزيادتها زيادة كبيرة بغرض حفظ التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية واستخدامها استخدامًا مستدامًا.
- حشد موارد كبيرة من جميع المصادر وعلى جميع المستويات بغرض تمويل الإدارة المستدامة للغابات وتوفير ما يكفي من الحوافز للبلدان النامية لتعزيز تلك الإدارة، بما في ذلك حفظ الغابات وإعادة زرع الغابات.
- تعزيز الدعم العالمي للجهود الرامية إلى مكافحة الصيد غير المشروع للأنواع المحمية والاتجار بها، وذلك بوسائل تشمل زيادة قدرات المجتمعات المحلية على السعي إلى الحصول على فرص سبل كسب الرزق المستدام.

الهدف 16 – السلام والعدالة والمؤسسات القوية

تشجيع إقامة مجتمعات سلمية وشاملة للجميع من أجل تحقيق التنمية المستدامة، وتوفير إمكانية الوصول إلى العدالة للجميع وبناء مؤسسات فعالة وخاضعة للمساءلة وشاملة للجميع على جميع المستويات.

وهذا الهدف مكرس لتعزيز المجتمعات السلمية والشاملة من أجل تحقيق التنمية المستدامة، وتوفير إمكانية الوصول إلى العدالة للجميع، وبناء مؤسسات فعالة وخاضعة للمساءلة على جميع المستويات. إن الحد من الجرائم العنيفة والاتجار بالجنس والسخرة وإساءة معاملة الأطفال أهداف عالمية واضحة. ويقيم المجتمع الدولي السلام والعدالة ويدعو إلى إقامة نظم قضائية أقوى من شأنها إنفاذ القوانين والعمل على إقامة مجتمع أكثر سلماً وعدلاً.

مقاصـــد الهـــدف 16

- الحد بدرجة كبيرة من جميع أشكال العنف وما يتصل به من معدلات الوفيات في كل مكان.
- إنهاء إساءة المعاملة والاستغلال والاتجار بالبشر وجميع أشكال العنف ضد الأطفال وتعذيبهم.
- تعزيز سيادة القانون على الصعيدين الوطني والدولي وضمان تكافؤ فرص وصول الجميع إلى العدالة.
- الحد بقدر كبير من التدفقات غير المشروعة للأموال والأسلحة، وتعزيز استرداد الأصول المسروقة وإعادتها ومكافحة جميع أشكال الجريمة المنظمة، بحلول عام 2030 .
- الحد بدرجة كبيرة من الفساد والرشوة بجميع أشكالهما .
- إنشاء مؤسسات فعالة وشفافة وخاضعة للمساءلة على جميع المستويات .

- ضمان اتخاذ القرارات على نحو مستجيب للاحتياجات وشامل للجميع وتشاركي وتمثيلي على جميع المستويات.
- توسيع وتعزيز مشاركة البلدان النامية في مؤسسات الحوكمة العالمية.
- تعزيز المؤسسات الوطنية ذات الصلة، بوسائل منها التعاون الدولي، سعيًا لبناء القدرات على جميع المستويات، ولا سيما في البلدان النامية، لمنع العنف ومكافحة الإرهاب والجريمة.
- تعزيز القوانين والسياسات غير التمييزية لتحقيق التنمية المستدامة.

الهدف 17 – عقد الشراكة لتحقيق الأهداف

تتطلب خطة ناجحة للتنمية المستدامة إقامة شراكات بين الحكومات والقطاع الخاص والمجتمع المدني. وهذه الشراكات الشاملة القائمة على المبادئ والقيم، والرؤية المشتركة، والأهداف المشتركة التي تضع الناس والكوكب في المركز، هي حاجة إلى المستوى العالمي والإقليمي والوطني والمحلي.

ويلزم اتخاذ إجراءات عاجلة لتعبئة وإعادة توجيه وإطلاق العنان لقوة تحويل تريليونات الدولارات من الموارد الخاصة لتحقيق أهداف التنمية المستدامة. وهناك حاجة إلى استثمارات طويلة الأجل، بما في ذلك الاستثمار الأجنبي المباشر، في القطاعات الحيوية، ولا سيما في البلدان النامية. وهي تشمل الطاقة المستدامة والبنية التحتية والنقل، فضلا عن تكنولوجيات المعلومات والاتصالات. وسيحتاج القطاع العام إلى تحديد اتجاه واضح. ويجب إعادة صياغة أطر المراجعة والرصد واللوائح وهياكل الحوافز التي تمكن هذه الاستثمارات لجذب الاستثمارات وتعزيز التنمية المستدامة. وينبغي تعزيز آليات الرقابة الوطنية مثل مؤسسات الرقابة العليا ومهام الرقابة من جانب الهيئات التشريعية.

الشؤون المالية

تعزيز تعبئة الموارد المحلية، بوسائل تشمل تقديم الدعم الدولي إلى البلدان النامية، لتحسين القدرات المحلية في مجال تحصيل الضرائب وغيرها من الإيرادات.

قيام البلدان المتقدمة النمو بتنفيذ التزاماتها في مجال المساعدة الإنمائية الرسمية تنفيذًا كاملًا، بما في ذلك التزام العديد من تلك البلدان ببلوغ هدف تخصيص نسبة 0.7 في المائة من دخلها القومي الإجمالي للمساعدة الإنمائية الرسمية المقدمة إلى البلدان النامية، وتخصيص نسبة تتراوح بين 0.15 و 0.20 في المائة من الدخل القومي الإجمالي للمساعدة الإنمائية الرسمية لأقل البلدان نموًا؛ ويشجّع مقدمو المساعدة الإنمائية الرسمية على النظر في إمكانية رسم هدف يتمثل في تخصيص 0.20 في المائة على الأقل من الناتج القومي الإجمالي للمساعدة الإنمائية الرسمية لأقل البلدان نمواً.

مساعدة البلدان النامية في تحقيق القدرة على تحمل الديون على المدى الطويل من خلال تنسيق السياسات الرامية إلى تعزيز التمويل بديون وتخفيف أعباء الديون وإعادة هيكلتها، حسب الاقتضاء، ومعالجة مسألة الديون الخارجية للبلدان الفقيرة المثقلة بها لإخراجها من حالة المديونية الحرجة.

اعتماد نظم لتشجيع الاستثمار لأقل البلدان نموًا وتنفيذها.

- **التكنولوجيـــا**

تعزيز التعاون الإقليمي والدولي بين الشمال والجنوب وفيما بين بلدان الجنوب والتعاون الثلاثي فيما يتعلق بالعلوم والتكنولوجيا والابتكار والوصول إليها، وتعزيز تبادل المعارف وفق شروط متفق عليها، بوسائل تشمل تحسين التنسيق فيما بين الآليات القائمة، ولا سيما على مستوى الأمم المتحدة، ومن خلال آلية عالمية لتيسير التكنولوجيا.

تعزيز تطوير تكنولوجيات سليمة بيئيًا ونقلها وتعميمها ونشرها إلى البلدان النامية بشروط مواتية، بما في ذلك الشروط التساهلية والتفضيلية، وذلك على النحو المتفق عليه

التفعيل الكامل لبنك التكنولوجيا وآلية بناء القدرات في مجالات العلم والتكنولوجيا والابتكار لصالح أقل البلدان نموًا، وتعزيز استخدام التكنولوجيات التمكينية، ولا سيما تكنولوجيا المعلومات والاتصالات.

- **بنـاء القـــدرات**

تعزيز الدعم الدولي لتنفيذ بناء القدرات في البلدان النامية تنفيذًا فعالًا ومحدد الأهداف من أجل دعم الخطط الوطنية الرامية إلى تنفيذ جميع أهداف التنمية المستدامة، بوسائل تشمل التعاون بين الشمال والجنوب وفيما بين بلدان الجنوب والتعاون الثلاثي.

- **التجـــارة**

تعزيز نظام تجاري متعدد الأطراف عالمي وقائم على القواعد ومفتوح وغير تمييزي ومنصف في إطار منظمة التجارة العالمية، بوسائل منها اختتام المفاوضات الجارية في إطار خطة الدوحة الإنمائية التي وضعتها تلك المنظمة.

تحقيق التنفيذ المناسب التوقيت لوصول منتجات جميع أقل البلدان نموًا إلى الأسواق بدون رسوم جمركية أو حصص مفروضة، تماشيًا مع قرارات منظمة التجارة العالمية، بوسائل منها كفالة جعل قواعد المنشأ التفضيلية المنطبقة على واردات أقل البلدان نموًا شفافةً وبسيطةً، وكفالة مسأهمة تلك القواعد في تيسير الوصول إلى الأسواق.

- **المسائـل العامـة**

- تعزيز استقرار الاقتصاد الكلي على الصعيد العالمي، بوسائل تشمل تنسيق السياسات وتحقيق اتساقها.

- تعزيز اتساق السياسات من أجل تحقيق التنمية المستدامة.
- احترام الحيز السياساتي والقيادة الخاصين بكل بلد لوضع وتنفيذ سياسات للقضاء على الفقر وتحقيق التنمية المستدامة.

شراكات أصحاب المصلحة المتعددين

تعزيز الشراكة العالمية من أجل تحقيق التنمية المستدامة، واستكمالها بشراكات بين أصحاب المصلحة المتعددين لجمع المعارف والخبرات والتكنولوجيا والموارد المالية وتقاسمها، وذلك بهدف تحقيق أهداف التنمية المستدامة في جميع البلدان، ولا سيما البلدان النامية.

تشجيع وتعزيز الشراكات العامة وبين القطاع العام والقطاع الخاص وشراكات المجتمع المدني الفعالة، بالاستفادة من الخبرات المكتسبة من الشراكات ومن استراتيجياتها لتعبئة الموارد.

البيانات والرصد والمساءلة

تعزيز تقديم الدعم لبناء قدرات البلدان النامية، لتحقيق زيادة كبيرة في توافر بيانات عالية الجودة ومناسبة التوقيت وموثوقة ومفصلة حسب الدخل، ونوع الجنس، والسن، والعرق، والانتماء العرقي، والوضع كمهاجر، والإعاقة، والموقع الجغرافي وغيرها من الخصائص ذات الصلة في السياقات الوطنية، بحلول عام 2020.

الاستفادة من المبادرات القائمة لوضع مقاييس للتقدم المحرز في تحقيق التنمية المستدامة تكمِّل الناتج المحلي الإجمالي، ودعم بناء القدرات الإحصائية في البلدان النامية، بحلول عام 2030.

9 - 3 - 7 اتفاق باريس حول تغير المناخ

عقد مؤتمر الأطراف 21 Conference of Parties (COP21) في

العاصمة الفرنسية عام 2015 وصدر عنه اتفاق باريس يقرّ الاتفاق بأن مسؤولية التصدي لتحدي تغيّر المناخ هي مسؤولية مشتركة بين الدول ولكنها تتفاوت بحسب قدرات كل دولة واختلاف السياق الوطني لكل واحدة منها [38].

وبمناسبة يوم الأرض الذي يتم الاحتفال به في 22 نيسان/أبريل، وقع 175 من رؤساء دول العالم في عام 2016 في مقر الامم المتحدة في نيويورك تحت مسمي اتفاقية باريس للتغير المناخي وكان ذلك الحدث الأكبر علي الإطلاق لاتفاق عدد كبير من البلدان في يوم واحد أكثر من اي وقت مضي.

أما مفاوضات تعزيز الاستجابة العالمية لتغير المناخ فقد بدأت في عام 1995 وبعد ذلك بعامين، اعتمد بروتوكول كيوتو وذلك الاتفاق يهدف الي خفض الانبعاثات الغازية، كانت فترة الالتزام الاولي قد بدأت في عام 2008 وانتهت في عام 2012، وبدأت الفترة الثانية في 2013 وتنتهي في 2020.

تعمل اتفاقية باريس للتغير المناخي بشكل أساسي علي مواجهة مشكلة انبعاثات غازات الدفيئة، وكيفية إيجاد الحلول للتكيف معها، والتخفيف من حدة ضررها علي البيئة، والنظر بجدية للآثار الواضحة لتغير المناخ.

الهدف من اتفاقية باريس

الهدف من الاتفاقية هو الوصول الي تثبيت تركيزات الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي عند مستوي يسمح للنظام البيئي بان يتكيف بصورة طبيعية مع تغير المناخ وبالتالي حماية الانسان من خطر يصل الي النقص في الغذاء والماء، والسماح بالمضي قدمًا في ايجاد وخلق سبل للتنمية الاقتصادية علي النحو المستدام.

مبادئ اتفاقية باريس

-للأجيال القادمة الحق في العيش في بيئة سليمة صالحة، ولذلك فحماية أطراف الاتفاقية للبيئة هو أمر منصف لتلك الاجيال ويتعين على البلدان المتقدمة أن تأخذ دور الصدارة في مكافحة التغير المناخي والآثار الضارة المترتبة عليه.

- توضع في الاعتبار الظروف الخاصة للبلدان النامية، ولاسيما تلك المعرضة للأضرار الناجمة عن تغير المناخ. وأن الدول المتقدمة ستتحمل عبء غير عادي بمقتضي الاتفاقية.
- تتخذ جميع الأطراف التدابير اللازمة للوقاية من أسباب تغير المناخ أو تقليلها أو تخفيف من حدة آثارها الضارة، ومهما كانت التهديدات والتحديات يجب اتخاذ كل التدابير اللازمة لمعالجة الأمر.
- وضع الخطط المناسبة المستدامة لحماية النظام المناخي من التغير نتيجة للنشاط البشري.

سيتم إنشاء خريطة تراكم انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي لكل فرد حسب الدولة.

وانطلقت إشارة البدء للتقييم العالمي في عام 2018، حيث سيتم تقييم كيفية تقليل المسأهمين الوطنيين للانبعاثات العالمية على المدي القريب، وبلوغهم لهدف الصفر في الانبعاثات في النصف الثاني من هذا القرن. وسوف يتم تقييم تنفيذ جميع الدول الأعضاء للاتفاقية كل خمس سنوات أي أن أول تقييم سيكون في عام 2023. وسيتم استخدام النتائج كمدخلات للمساهمات الجديدة المحددة وطنيًا للدول الأعضاء.

وتراعي اتفاقية باريس بوجه خاص مستوى التنمية والاحتياجات الخاصة للبلدان الأضعف. وبالإضافة إلى الالتزامات المالية للبلدان الصناعية حيث وضعت الاتفاقية كحد أدنى قيمة 100 مليار دولار أمريكي سنوياً كمساعدات لتوفير التمويل للتكيف مع تغير المناخ والتحول إلى الطاقة المتجددة. وسيتم إعادة النظر في هذا السعر في 2025 على أقصى تقدير. ويتعيّن على البلدان المتقدمة تيسير نقل التكنولوجيا إلى الدول النامية.

والتزمت الدول المائة والخمس والتسعون الأطراف في اتفاق باريس بشأن المناخ برسم استراتيجيات إنمائية لا تتسبب إلا في انبعاثات طفيفة من غازات الدفيئة في الأجل الطويل.

ضرورة عدم تجاوز زيادة درجة الحرارة المتوسطة لمقدار درجة ونصف .

ان لكل نصف درجة مئوية (أو حتى أقل من ذلك) من ارتفاع درجة الحرارة الوسطية للأرض أهمية. ومن الأهمية بمكان أن نضع في حسبانا أنه لا توجد قائمةٌ واحدةٌ بآثار التغير المناخي يمكن أن تكون شاملة [39]. فحسب تقرير للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC صدر في 2018 أنه من المرجح جدًّا أن موجات ارتفاع الحرارة سوف تحصل على نحو أكثر تكّراراً وستستمر لفتره أطول، وتصبح وقائع هطول الأمطار الغزيرة أكثر شدةً وتواتراً في الكثير من الأنحاء. كما ستظل المحيطات تزداد حرارةً وتتَحمّض، وسيستمر مستوى البحر العالمي الوسطي بالارتفاع. وسيكون لهذا التغير، وقد بدأ يكون له بالفعل، تأثيرٌ ضار على حياه البشر.

حدد التقرير الفروق الضخمة بين السيناريوهات الخاصة بالوصول إلى درجة ونصف مئوية ودرجتين مئويتين. وبين التقرير أن الحد من الإحترار العالمي إلى 1.5 درجة مئوية سيتطلب تغييرات سريعة بعيدة المدى وغير مسبوقة في جميع جوانب المجتمع. مع فوائد واضحة للناس والنظم البيئية الطبيعية، وجد التقرير أن الحد من الإحترار العالمي إلى 1.5 درجة مئوية مقارنة بـ 2 درجة مئوية يمكن أن يجنب حصول تأثيرات خطيرة. فعلى سبيل المثال، بحلول عام 2100، سيكون ارتفاع مستوى سطح البحر العالمي أقل بمقدار 10 سم مع ارتفاع درجة حرارة الأرض بمقدار 1.5 درجة مئوية مقارنة بـ 2 درجة مئوية. وإن احتمال وجود محيط في القطب الشمالي خالٍ من الجليد البحري في الصيف سيكون مرة واحدة في كل قرن مع ارتفاع درجة حرارة الأرض بمقدار 1.5 درجة مئوية، مقارنة مع مرة واحدة على الأقل لكل عقد مع 2 درجة مئوية. والشعاب المرجانية ستنخفض بنسبة 70–90 % مع ارتفاع درجة حرارة الأرض بمقدار 1.5 درجة مئوية، في حين أن 99% تقريبا سوف تضيع مع 2 درجة مئوية.

بيد أن الحد من الإحترار العالمي إلى 1.5 درجة مئوية يتطلب تحولات «سريعة وبعيدة المدى»، في استخدام الأراضي وفي قطاع الطاقة والصناعة والمباني والنقل وإدارة النفايات. ويتطلب بحلول عام 2030 خفض انبعاثات غازات الدفيئة بمقدار

النصف من مستوياتها لعام 2010، لذا يجب اتخاذ خطوات فوريّة الآن لتغيير مسار الأحداث. فكلما طالت المدة التي سنتخذها لفعل ذلك، زادَ الاعتماد على التقنيات المكلِفة التي قد تكون لها آثار ضارة على الإنسان.

وقد تم الاعتراف بأن التغير العالمي للمناخ يتطلب جهود قصوي، وتعاون مشترك من جانب جميع البلدان، وضرورة وجود استجابات دولية فعالة. إن وجود مبادئ وأحكام وفقاً لميثاق الامم المتحدة، والذي يتضمن الحق السيادي في استغلال الموارد الخاصة، وإنه يقع علي الدولة المسؤولية الكاملة في ألا تقع أي أنشطة داخل ولايتها تسبب ضرراً للبيئة. تلك الأحكام يجب ان تكون صارمة وأن تنطبق على جميع البلدان المخالفة. ومن هنا عزمت كل دولة عضو في تلك الاتفاقية على النشر المستمر للتوقعات والمخططات التي تعمل عليها خلال مواجهتها لظاهرة تغير المناخ، ووضع الحلول بشكل ممنهج، واتخاذ القرارت الفعالة التي تعهدت بها كل دولة طرف في تلك الاتفاقية.

9 - 4 المشاكل الأساسية التي عززت الاهتمام بالتنمية المستدامة:

هنالك جملة من المشاكل التي تحكم العالم المعاصر تتمثل هذه المشاكل بجوانب متعددة منها اقتصادية ومنها بيئية ومنها صحية وسياسية، سنبين ادناه أهمها وعلاقة ذلك بالتنمية المستدامة.

9 - 4 - 1 الجانب الاقتصادي

اظهرت العقود الاخيرة مأزقا تنموياً تمثل بشكل واضح وجلي في انقسام العالم إلى شمالي غني يزداد غناً، وإلى جنوبي فقير يزداد فقراً، وبموجب ذلك تمتلك دول الشمال كل وسائل ومقومات القوة والهيمنة والتقدم الصناعي والتقني وارتفاع في معدلات التنمية، في حين يتمثل في دول الجنوب الفقر والتأخر وانخفاض معدلات التنمية فيها. حيث تتحكم دول الشمال بحوالي 90% من الناتج الصناعي العالمي وتمتلك حوالي 84% من إجمالي النشاط التجاري العالمي في حين يبلغ وزنها السكاني بحدود 25% من سكان الكرة الأرضية، وهي تستهلك (12) ضعف مما تستهلكه دول

الجنوب، ويبلغ متوسط دخل الفرد فيها بحدود (20) ضعف من متوسط دخل الفرد في دول الجنوب. وبذلك فإن هنالك فجوة حضارية وحياتية بين معيشة الإنسان في دول الشمال عن دول الجنوب وهذا يتعارض مع جوهر الانسانية وتمثل إدانه للضمير والأخلاق المرتبطة بالحضارة الإنسانية المادية المعاصرة. أما دول الجنوب فقد تمكن قسم منها تحقيق خطط تنموية ناجحة في الجانب الاقتصادي تمثل ذلك في دول جنوب شرق آسيا. في حين حقق قسم كبير منها تراجع في خططه التنموية بسبب عوامل داخلية تتمثل بسوء الإدارة بالدرجة الأولى، وعوامل خارجية تعود لطبيعة العلاقات المادية السائدة في العالم التي تحكمها مبادئ التصارع المصلحي للمنافع المادية. ونتيجة لتراكم حجم الديون تعمقت الأزمة لدى دول الجنوب وأصبحت تمثل معوقاً أساسياً في تنفيذ مشاريع وخطط تنموية جادة وحقيقية فيها، أمتد تأثيرها ليشمل كذلك دول الشمال للعلاقة والارتباط بين الأنشطة الاقتصادية في العالم.

على ضوء ذلك برزت أفكار ونظريات لتحقيق التنمية المستدامة التي تجمع بين التنمية كمفهوم اقتصادي ليشمل مفاهيم تتعلق بالتنمية الاجتماعية والثقافية وتكون منسجمة مع متطلبات وشروط البيئة. و ظهر ما يسمى بالاقتصاد البيئي، وبموجب ذلك فإن النمو الاقتصادي ليس أحادي العامل، بل يخضع لمحددات أساسية ثلاث هي:

1. القدرات المحددة للطبيعة؛
2. التنبؤ الجيد للإمكانيات التعويضية بين الموارد غير المتجددة والموارد المتجددة؛
3. مراعاة ظروف اعادة تجديد الموارد الطبيعية المتجددة.

9 - 4 - 2 الجانب البيئي

شكلت مشكلة تغير المناخ مشكلة كبيرة للمجتمعات العالمية، وتوقعت تقارير منشورة لمنظمات مهتمة بالشؤون الانسانية نزوح ما يقارب مليار شخص بحلول عام 2050م من اماكن سكنأهم بسبب (النزاعات والكوارث الطبيعية ومشاريع التنمية

الكبرى)، ودعت المجتمع الدولي للتحرك واتخاذ الاجراءات الوقائية الحازمة، ويمثل تغير المناخ السبب الأساسي في تفاقم عوامل النزوح. وظهرت أيضاً مشاكل ثقب الأوزون والهطولات الحمضية.

9 - 4 - 3 الجانب الاجتماعي

تتميز التنمية المستدامة ببعدها الاجتماعي، فهي تجعل من النمو وسيلة للتضامن الاجتماعي ولعملية تطوير الخيارات الاقتصادية. ولابد لهذه الخيارات أن تكون قبل كل شيء خيارات عادلة بين الأجيال بمقدار ما هي بين الدول. لتحافظ الأجيال الراهنة، باعتبارها مدفوعة بهمّ الإنصاف، على خيارات النمو التي ترغب فيها الأجيال القادمة. وتمر المصالحة بين البيئة والاقتصاد عن طريق هذه الضرورة المركبة للإنصاف.

9 - 5 الأركان الأساسية للتنمية المستدامة

1- **التنمية المتوازنة** : ان مفهوم التوازن معقد وله أشكال ومجالات متعددة، فهو يشمل التوازن بين عوامل الإنتاج، أو بين العرض والطلب في السوق، أو بين الأنشطة الاقتصادية المتعددة، أو بين الأنشطة الاقتصادية والمالية والاجتماعية، أو بين المناطق والولايات، وكذلك بين الجيل الحالي والأجيال القادمة، والتوازن بين الانفاق والاستثمار... إلخ.

2 - **تشمل مختلف أنشطة المجتمع:** أي عدم اقتصارها على الجانب الاقتصادي بل تشمل الجوانب الاجتماعية والبيئية والثقافية، كما وأنها تشمل مختلف طبقات المجتمع من (رجال الاعمال إلى العمال والفنيين والفلاحين والموظفين... الخ)، وتشمل الرجال والنساء على حدا سواء.

3 - **استخدامها افضل الوسائل لتحقيق الاستثمار الامثل للموارد والجهود:** وذلك يعني اختيار أفضل أنظمة العمل في التخطيط والتنفيذ والمراقبة ولكافة المستويات والأنشطة، للوصول إلى مستوى أداء جيد لتحقيق أفضل النتائج من حيث معدلات النمو ونوعيته، وبأقل التكاليف. واعتماد أنماط في الإنتاج والاستهلاك تنسجم وأهداف التنمية المستدامة.

4- **اعتماد مبادئ العدالة** : هنالك ارتباط كبير بين تحقيق التوازن ومبادئ العدالة، أن تطبيق مبادئ العدالة يتحقق بموجبها عملية التوازن للمتغيرات المرتبطة بالعملية التنموية وفق الأسس والضوابط التي تعتمدها مبادئ العدالة، مع تحديد الوزن النسبي لكل عامل منها وفق الحاجة المطلوبة.

وتشمل مبادئ العدالة المجالات التالية:

أ- ترشيد استخدام الموارد الطبيعية والبشرية في العملية الإنتاجية، وحمايتها من الاسراف والاستنزاف، وضمان مصالح الأجيال القادمة، ودون حصول أضرار في البيئة والمناخ، ويتم ذلك بتطبيق أفضل التقنيات وأنظمة العمل المتطورة.

ب- اعتماد سياسات من شأنها تحقق التوازن بين الاستهلاك والإنتاج، باعتماد سلوكيات وأنماط حديثة ومتطورة في الإنتاج والاستهلاك.

تحقق اشباع حاجات السوق دون عجز أو فائض كبير في الإنتاج يؤدي إلى حصول خلل كبير بين العرض والطلب، أو حصول تضخم أو انكماش في الدورة الاقتصادية.... الخ.

ج- العدالة عند توزيع عوائد الإنتاج ويتمثل ذلك بتوزيع حصص عوائد الإنتاج بين المشاركين في العملية الإنتاجية، ولتلبية المتطلبات الانسانية لأفراد المجتمع، ويشمل ذلك المساواة في الحصول على فرص متساوية للعمل وحصول كافة أفراد المجتمع على الخدمات الاجتماعية في الصحة والتعليم وتطبيق العدالة....إلخ. ويشمل ذلك أيضاً الانصاف في إدارة العلاقات الدولية بين المجتمعات العالمية.

9 - 6 مؤشرات التنمية المستدامة

منذ عقد التسعينات من القرن العشرين جرت محاولات لتطوير المؤشرات الرقمية التي يتم بموجبها اعطاء صورة واضحة عن مدى التقدم أو التراجع في إنجاز التنمية المستدامة، وبموجبها يتم تقيم الانجاز للدول والمؤسسات المكلفة بتحقيق التنمية المستدامة في المجالات التي تشملها ومقارنتها مع الاطراف الأخرى.

تبنى مؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة الذي عقد في مدينة (جوهانسبرغ) في جنوب افريقيا عام 2002 خطة عمل سميت (خطة جوهانسبرغ)، بغرض الاسراع في تنفيذ أهداف أجندة القرن (21) ضمن إطار التعاون الدولي والإقليمي، لتغير انماط الإنتاج والاستهلاك الذي يتعارض مع أهداف التنمية المستدامة وتخفيف وطاءة الفقر في العالم.

تتمحور مؤشرات التنمية المستدامة حول القضايا الرئيسية التي تضمنتها توصيات أجندة القرن الحادي والعشرين [40]، وهي تشمل المؤشرات الأساسية التالية:

أولاً - المؤشرات الاجتماعية: تشمل ما يلي:

1- **المساواة الاجتماعية:** وهي تمثل نوعية الحياة المشتركة العامة، وهي انعكاس لمستويات تطبيق العدالة وشمولها عند توزيع الموارد وفي الحصول على فرص لكل فرد من الصحة والتعليم والعمل، وفي تحقيق العدالة بالفرص للأجيال الحالية والمستقبلة. كما وعالجت الأجندة ضمن هذا المضمار مشكلة الفقر، وانماط الإنتاج والاستهلاك وشؤون المرأة والطفولة والشباب وغيرها.

2 - **الصحة العامة :** هنالك ارتباط وثيق بين الصحة العامة وتحقيق التنمية المستدامة، حيث ان تطور الخدمات الصحية والبيئية له تأثير في نجاح او فشل خطط التنمية المستدامة. وقد وضعت الأجندة الأهداف الخاصة بالرعاية الصحية والقضاء على الأمراض وتحسين التغذية، كما وتعتبر توفير المياه الصالحة للشرب من الأمور المهمة لأغراض الصحة.

3 - **التعليم:** وهو من المطالب الأساسية للتنمية المستدامة لارتباط مستويات التعليم مع التقدم الاجتماعي والاقتصادي المتحقق في اي مجتمع. وحددت الأجندة أهداف التعليم في النقاط الأساسية التالية: ربط التعليم بحاجات التنمية المستدامة، زيادة فرص التدريب، زيادة في توعية المواطنين.

4 - **السكن:** ويتمثل بضرورة توفر السكن اللائق للمواطنين ضمن التخطيط

العمراني والحضري للمدن، ووضع خطط لاستيعاب الحاجات المتزايدة لها. ويقاس مؤشر السكن بحصة الفرد من الامتار المربعة المبنية.

5 - **النمو السكاني:** وذلك بإيجاد حالة من التوازن بين مؤشرات النمو السكاني ومعدلات التنمية المستدامة، لأن حصول ارتفاع في معدلات النمو السكاني أكبر من المعدلات الحاصلة في النمو الاقتصادي، ينتج عنهما خلل يولد مشاكل اقتصادية واجتماعية عديدة يصعب حلها، لوجود علاقة قوية بينهما تعمل بصورة عكسية. وتواجه الدول النامية خطر الانفجار السكاني وقصور خطط التنمية المستدامة على استيعاب الزيادة السكانية وتوفير متطلبات الحياة مما ينعكس ذلك على تفاقم مشكلة الفقر ومشكلة البيئة لديها ومشاكل اجتماعية متعددة. المؤشر المستخدم للقياس يتمثل بالنسبة المئوية لنمو السكان.

6 – **الأمن:** يتمثل بتحقيق الأمن الاجتماعي للناس وحمايتهم من الجريمة بمختلف أنواعها، وحالات التعدي على حقوق الانسان وقد توسعت المفاهيم والمواضيع المرتبطة بها وأصبحت من الأمور ذات الأهمية في المجتمعات العالمية. ومؤشر القياس المعتمد هو نسبة مرتكبي الجرائم في المجتمع.

ثانيا-المؤشرات البيئية:

وهي تشمل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري التي تؤدي لتغير المناخ، وانبعاثات الغازات التي تسبب ثقب الأوزون والغازات التي تؤدي لتلوث الهواء وللمطر الحمضي وارتباط ذلك بصحة الانسان وباستقرار وتوازن النظام البيئي. كما تشمل الأراضي وتدهورها وتلوث البحار والمحيطات والمياه العذبة والتنوع الحيوي واختفاء نوعيات نادرة منه.

- **الغلاف الجوي :** يحكم تغير المناخ اتفاقية باريس، بينما تحكم اتفاقية فينا وبروتوكول مونتريال انخفاض تركيز الأوزون في طبقة الستراتوسفير من خلال استعمال المواد المستنفذة لطبقة الأوزون، وتحدد نوعية الهواء من خلال قياس تركيز الملوثات فيه.

- **الأراضي:** يلاحظ عدم وجود منهاج متكامل لإدارة الانظمة البيئية بغرض حماية الاراضي من التلوث والتصحر وعدم استنزاف الموارد الطبيعية للأرض. كما وتتعرض الغابات للتدمير المستمر بسبب استغلال مادة الاخشاب والاستفادة من المردود الاقتصادي، وتمثل الغابات رئة الحياة لكوكب الأرض، لدورها المهم في حفظ التوازن البيئي. أهم المؤشرات القياسية المستخدمة هي: الزراعة والغابات والتصحر وتحكم التصحر اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر في البلدان التي تعاني من الجفاف الشديد و/أو من التصحر، وتم استخلاص هذه الاتفاقية من توصية مباشرة لمؤتمر جدول الأعمال القرن 21، والتي اعتمدت في باريس يوم 17 تموز/يونيو 1994 ودخلت حيز التنفيذ في ديسمبر 1996.

- **البحار والمحيطات والمناطق الساحلية:** وذلك بغرض حمايتها من التلوث المتعدد، وتكتسب حماية السواحل من التلوث أهمية خاصة للحفاظ على القدرة الإنتاجية للمصائد السمكية، والأضرار في النشاط السياحي. وأهم المؤشرات القياسية لها هي: المناطق الساحلية، وكمية الاسماك المنتجة. وتفيد اتفاقية قانون البحار لسنة 1982 في حماية البحار من التلوث بعد أن لوحظ الاستغلال الاقتصادي للبحار والتأثير على البيئة البحرية. حيث قامت هذه الاتفاقية المبرمة تحت إشراف الأمم المتحدة بإفراد الجزء الثاني عشر منها لحماية البيئة البحرية والحفاظ عليها. ونصت الاتفاقية على ضرورة التعاون الدولي بين الدول على المستوى العالمي والإقليمي أو من خلال المنظمات الدولية المتخصصة لصياغة قواعد قانونية لحماية البيئة البحرية وقررت الاتفاقية الحق السيادي للدول في استغلال مواردها الطبيعية عملاً بسياستها البيئية ووفقاً لالتزامها بحماية البيئة البحرية والحفاظ عليها. كما يجب على الدول اتخاذ جميع ما يلزم من تدابير لضمان أن تجرى الأنشطة الواقعة تحت ولايتها دون أن تلحق أضراراً ببيئات أخرى. و نصت الاتفاقية أيضاً على ضرورة مساعدة الدول النامية

في مجال حماية البيئة البحرية والحفاظ عليها عن طريق تزويد هذه الدول بالمعدات اللازمة لمنع التلوث البحري وكذلك قياس وتقييم وتحليل مخاطر تلوث البيئة البحرية أو أثاره بوساطة الطرائق العلمية.

وبخصوص منطقة البحر المتوسط وقعت اتفاقية برشلونة أو اتفاقية حماية البيئة البحرية والمنطقة الساحلية للبحر المتوسط، وهي في الأصل اتفاقية حماية البحر المتوسط من التلوث، وغالبا ما يشار إليها باسم اتفاقية برشلونة، وهي الاتفاقية الإقليمية المعتمدة عام 1976 لمنع ومكافحة التلوث الناجم عن السفن والطائرات والمصادر البرية في البحر الأبيض المتوسط. ويشمل ذلك على سبيل المثال لا الحصر الإغراق والجريان السطحي والتفريغ. حيث وافق الموقعون على التعاون والمساعدة في التعامل مع حالات الطوارئ المتعلقة بالتلوث والرصد والبحث العلمي، تم توسيع صلاحياتها لتشمل التخطيط والإدارة المتكاملة للمنطقة الساحلية، اعتمدت الاتفاقية في 16 شباط/فبراير1976 وعدلت في 10 تمز/يونيو 1995.

- **المياه العذبة**: وذلك بغرض حماية الموارد المائية من التلوث والاستنزاف في الاستخدام، لأهمية المياه العذبة وضرورتها للحياة البشرية، ولتحقيق التنمية المستدامة، وهي تمثل من أهم الاولويات لجميع المجتمعات العالمية ومؤشر قياسها في نوعية وكمية المياه العذبة. ولحماية الأنهار الدولية من التلوث وقعت الاتفاقية الإطارية للأمم المتحدة لعام 1997 بشأن استخدام الأنهار الدولية لأغراض غير ملاحية. بعد أن ظهرت الحاجة للأنهار لتوليد الطاقة واستخدامات أخرى، غير أنه ظهرت جراء هذه الاستخدامات مشاكل عديدة عند استعمال المياه في أغراض صناعية وزراعية مما يؤثر سلبا على الدول النهرية الأخرى. هذا ما دفع بالأمم المتحدة إلى تكليف لجنة القانون الدولي بدراسة الوضع وتنظيمه بتقنين خاص لاستخدام المجاري المائية الدولية، فتم إبرام هذه الاتفاقية في21أيار/ مايو1997. وعرَّفت الاتفاقية المقصود بـ «مجرى مائي دولي» بوصفه شبكة المياه السطحية والمياه الجوفية التي تشكل بحكم علاقاتها الطبيعية بعضها ببعض كلا واحداً، وتتدفق عادة

صوب نقطة وصول مشتركة، ويلاحظ من التعريف أنه يشتمل على المياه الجوفية المتصلة هيدرولوجيا بالمياه السطحية وهو الحال بالنسبة لمعظم المياه الجوفية في العالم.

- **التنوع البيولوجي:** بالحفاظ على حياة النباتات والحيوانات الموجودة في الطبيعة من الاستخدام المفرط والسيئ لأغراض التصنيع والاستخدامات الأخرى، للحفاظ على توازنها في الطبيعة. المؤشر المستخدم لها نسبة الكائنات الحية المهددة بالانقراض ومساحة المناطق المحمية.

واستجابة لحماية التنوع البيولوجي، دعا برنامج الأمم المتحدة للبيئة إلى إنشاء فريق الخبراء العامل المخصص للتنوع البيولوجي في تشرين الثاني/نوفمبر 1988 للبحث في إبرام اتفاقية دولية بشأن التنوع البيولوجي. وبعد ذلك بقليل، وتحديداً في أيار/مايو 1989، شكل البرنامج فريق الخبراء العامل المخصص في الشؤون التقنية والقانونية لإعداد صك قانوني دولي لحفظ التنوع البيولوجي واستخدامه على نحو مستدام. وشدد الخبراء على ضرورة مراعاة الحاجة إلى «تقاسم الكلفة والمنافع بين البلدان المتطورة والنامية «فضلاً عن إيجاد الوسائل والسبل اللازمة لدعم المجتمع المحلي للابتكار».

وبحلول شباط/فبراير 1991، أصبح الفريق المخصص العامل معروفاً باسم لجنة التفاوض الحكومية الدولية. وتوج هذا الفريق ذروة أعماله في 22 أيار/مايو 1992 في مؤتمر نيروبي إبان اعتماد النص المتوافق عليه لاتفاقية التنوع البيولوجي.

وقد فُتح باب توقيع الاتفاقية في 5 حزيران/ يونيه 1992 في أثناء مؤتمر الأمم المتحدة المعني بالبيئة والتنمية («قمة الأرض» في ريو). وظل باب التوقيع مفتوحاً حتى 4 حزيران/يونيه 1993 حيث وضع حتى ذلك الوقت 168 توقيعاً. ودخلت الاتفاقية حيز التنفيذ في 29 ديسمبر/كانون الأول 1993، أي بعد تسعين يوماً من التصديق. وحُددت الجلسة الأولى لمؤتمر الأطراف في الفترة من 28 تشرين الثاني/ نوفمبر إلى 9 كانون الأول/ديسمبر 1994 في جزر البهاما.

ثالثاً -المؤشرات الاقتصادية: تشمل ما يلي:

أ - **البنية الاقتصادية:** هنالك عدة مؤشرات يتم بموجبها قياس معدل النمو الاقتصادي الحاصل ولكن ما يعنينا هنا هي الأسس التي يتم بموجبها توزيع الثروات داخل المجتمع، وتأثير السياسات الاقتصادية على استثمار الموارد الطبيعية. وأهم المؤشرات القياسية المستخدمة لها هي:

- الأداء الاقتصادي المتمثل بمعدلات النمو في الناتج القومي وحصة الفرد منها.
- التبادل التجاري بالتصدير والاستيراد للسلع والخدمات.
- الوضع المالي ويقاس بحجم الديون والمساعدات الخارجية ونسبتها إلى الناتج القومي الإجمالي وحصة الفرد.

ب - **أنماط الاستهلاك والإنتاج:** وهي تمثل أهم القضايا الأساسية المتعلقة بالتنمية المستدامة لأن أنماط الإنتاج والاستهلاك تختلف من دولة لأخرى خصوصاً بين دول الشمال والجنوب، وتمثل هذه الأنماط الأساليب المتبعة في طريقة الإنتاج وتأثيرها الكبير في استنزاف الموارد الطبيعية واستحواذ الأجيال الحالية من نصيب الأجيال القادمة، وهي تشمل كذلك نمط واسلوب الاستهلاك المفرط لحد الإسراف أو القلة لحد الفقر لبعض الطبقات الاجتماعية في دول العالم الأقل نمواً. وتأثير ذلك على التنمية المستدامة.

وأهم المؤشرات القياسية المستخدمة: مدى كثافة استخدام المواد الخام في الإنتاج، ونصيب الفرد من أستهلاك الطاقة سنوياً. وكمية النفايات الصناعية والمنزلية وفي كيفية إعادة تدويرها.

الفصل العاشر

التخفيف من تغير المناخ



الفصل العاشر
التخفيف من تغير المناخ

10 - 1 مقـدمـــة

تغير المناخ أمر لم يعد فيه مجال للشك، والطابع العالمي لتغير المناخ يتطلب أقصى ما يمكن من التعاون من جانب جميع البلدان ومشاركتها في استجابة دولية فعالة وملائمة، وفقاً لمسؤولياتها المشتركة على تباينها، ووفقاً لقدرات كل منها وظروفها الاجتماعية والاقتصادية. إجراءات التصدي لتغير المناخ ينبغي أن تُنسّق، مثلما نصت عليه اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، تنسيقاً متكاملاً مع التنمية الاجتماعية والاقتصادية من أجل تجنب الأثر السلبي لتغير المناخ في هذه التنمية، مع إيلاء الاعتبار الكامل للاحتياجات المشروعة وذات الأولوية للبلدان النامية من أجل تحقيق نمو اقتصادي مستدام والقضاء على الفقر. إن الفقر بجميع أشكاله وأبعاده، بما في ذلك الفقر المدقع، هو أحد أكبر التحديات العالمية وإن القضاء على الفقر أمر ضروري في تنفيذ أهداف التنمية المستدامة، وفي القدرة على الصمود أمام آثار تغير المناخ.

إن التخفيف من إصدار غازات الدفيئة إلى الغلاف الجوي وبالتالي التخفيف من الإحترار العالمي مسؤولية جميع دول العالم لكن بأهمية أكبر في الدول المتقدمة التي لاتشكو من الفقر.

يتكون التخفيف من آثار تغير المناخ من إجراءات للحدّ من حجم أو معدل الاحتباس الحراري نتيجة تخفيضات في انبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن النشاطات البشرية، والتحول إلى نموذج اقتصادي منخفض الكربون. ويُمكن تحقيق التخفيف أيضاً من خلال زيادة سعة بالوعات الكربون، على سبيل المثال من خلال إعادة التحريج أو اصطياد ثاني أكسيد الكربون وتخزينه.

10 - 2 ماهية التخفيف من تغير المناخ

المقصود بسياسات التخفيف هو «اتخاذ إجراءات تخفض انبعاثات غازات الدفيئة إلى الغلاف الجوي في محاولة لإبطاء عملية تغير المناخ». ويتحمل الإنسان مسؤولية خفض مصادر غازات الدفيئة أو حجز وتخزين الكربون للحد من ارتفاع تركيزه في الغلاف الجوي. ويمكن التخفيف في القطاعات التي تتعلق بإمدادات الطاقة، النقل، المباني، الصناعة، الزراعة والحراجة واستخدام الأراضي وإدارة النفايات.

ويشير التخفيف من آثار التغيرات المناخية إلى الاستراتيجيات، والبرامج، أو السياسات، التي يتم تنفيذها، بهدف التقليل من حجم انبعاثات غازات الدفيئة، أو زيادة قدرة النظم الطبيعية، أو المصنّعة، على تخزين انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون. إن الاستراتيجيات المتبعة، من أجل التقليل من انبعاثات غازات الدفيئة، على الصعيد العالمي تشمل، زيادة كفاءة استخدام الطاقة، البدء باستخدام مصادر الطاقة البديلة أو المتجددة على نطاق واسع، والبدء باستخدام الحوافز المالية، كأسواق الكربون، وتغيير أنماط الاستهلاك [41].

10 - 3 دور قياس الآثار المناخية في التخفيف من حدة تغير المناخ

لا بد من توافر بيانات دقيقة ومتسقة وقابلة للمقارنة دولياً بشأن انبعاثات غازات الدفيئة لكي يتمكن المجتمع الدولي من اتخاذ أفضل الاجراءات للتخفيف من حدة تغير المناخ.

يؤدي قيام البلدان برصد إجراءات التخفيف واستخدام صناديق وآليات اتفاقية تغير المناخ وبروتوكول كيوتو واتفاقية باريس التي حلت محل البروتوكول المنتهي في عام 2020، وخصوصاً رصد نقل التكنولوجيا، إلى نشوء مزيد من الطلب على الإحصاءات والتصنيفات وأطر التكامل التي يمكنها أيضاً تقييم آثار تلك الإجراءات في المجتمع والاقتصاد والبيئة. إن وضع إحصاءات بشأن إجراءات التخفيف وآليات دعمها يتطلب ما يلي:

- إنشاء نظم تسجيل وإبلاغ بشأن كل نشاط يستخدم هذه الأرصدة أو الآليات. ويتيح ذلك فرصة جيدة لتشكيل مجموعة من الإحصاءات المنتقاة بدقة لتعطي صورة واضحة، من الناحية المادية والنقدية، للجهود التي تبذلها البلدان في مجال مكافحة تغير المناخ.
- استعمال نظم الاتجار بالانبعاثات، والتي تعتبر إحدى أهم الأدوات الاقتصادية التي تنظر فيها الحكومات حالياً. ويتطلب منح التراخيص وتقييم فعالية إجراءات التخفيف توافر تقديرات عالية الجودة بشأن انبعاثات غازات الدفيئة بحيث يمكن ربطها بالأنشطة الاقتصادية وفقاً لتصنيف مناسب.

ويعد نظام المحاسبة البيئية -الاقتصادية المتكاملة أداة مفيدة لرصد العلاقة بين سياسات تغير المناخ والاقتصاد وقياسها وتحليلها عن طريق توفير بيانات وجداول وحسابات متسقة ومتسلسلة زمنيا يمكن استخدامها لاشتقاق مؤشرات وبناء نماذج لتقييم الأدوات والأنظمة المتعلقة بالضرائب والأسعار النقدية لأغراض وضع السياسات ذات الصلة بتغير المناخ.

10 - 4 أساليب تخفيف انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن النشاطات البشرية

لعل من بين أهم الإجراءات التي يمكن إنتهاجها من أجل تخفيف الانبعاثات البشرية من غاز ثاني أكسيد الكربون هو التأثير على مصادر انبعاثاتها، أو البحث عن وسائل فعالة لاصطياد غاز ثاني أكسيد الكربون من مصدر انبعاثه قبل أن يصل إلى الغلاف الجوي، ومن ثم تخزينه في أماكن ملائمة، وذلك من خلال:

- الضغط على مصادر انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الحالية للتخفيف من انبعاثاتها: تنبعث من الأنواع العديدة للوقود الأحفوري كميات مختلفة من غاز ثاني أكسيد الكربون أثناء استخدامها. وعليه فإن معظم الدول انتهجت استراتيجية المفاضلة بين هذه الأنواع من الوقود، وبالتالي استفاد

الغاز الطبيعي بشكل كبير من هذه الاستراتيجية لأنه أقلها تلويثاً، والذي شهد ولا يزال توسعاً كبيراً في استخدامه، بينما تم التراجع تدريجياً عن استخدام الفحم الأكثر تلويثاً، أما النفط فما يزال يهيمن ولكن مع توجه أكبر نحو عقلنة استخدامه.

- تحسين كثافة الطاقة: يقصد بكثافة الطاقة لاقتصاد معين هو النسبة بين إجمالي الطاقة المستهلكة على إجمالي الناتج الاقتصادي، و منذ الثورة الصناعية و كثافة الطاقة تتحسن سنويا بمعدل 1 % إلى 2 %، و لقد كانت هذه التحسينات مسؤولة عن ثلثي التحسن في انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون منذ سنة 1950، بينما الثلث الباقي يعود إلى تغيير أنواع الوقود.
- البحث عن بدائل أقل إصداراً لغاز ثاني أكسيد الكربون لمصادر الانبعاثات الحالية: مثل مصادر الطاقات المتجددة، والتي تعتبر مصادر نظيفة بامتياز من جهة انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، إلا أن استخدامها ظل محدوداً لسبب رئيسي هو عدم استطاعتها لتلبية الحاجات المتزايدة من جهة، و من جهة تكاليفها العالية مقارنة بمصادر الوقود الأحفوري.
- فرض ضرائب على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون أو ما يعرف بضريبة الكربون؛ وهي أحد الأدوات المالية التي لها علاقة مباشرة بالسوق، إذ أنه عندما تفرض الضريبة فإن البضائع التي يحتاج إنتاجها لاستهلاك كبير من الطاقة (وبالتالي سينتج عنها كثيرا من الانبعاثات) سيرتفع سعرها ويقل ربحها، ونتيجة لذلك فإن قوى السوق ستعمل بصورة فعالة للحد من استعمالها وبالتالي الحد من الانبعاثات، ولهذه الضرائب تأثيران أحدهما مباشر ناتج من زيادة الأسعار مما يؤدي إلى تحقيق استثمارات تتميز بالكفاءة الطاقوية، والتأثير الآخر غير المباشر عن طريق إعادة تدوير حصيلة الضرائب المقتطعة مما يؤدي إلى تغيرات في هيكلية الاستثمار والاستهلاك وفوائد أفضل للجمهور.

10 - 5 تمويل تخفيف تغير المناخ

وجدت أسواق الكربون نتيجة للرغبة في وضع حد أو سقف لكمية غازات الدفيئة المسموح للشركات أو الكيانات الأخرى بإطلاقها. وتعد هذه الأسواق بمثابة طريقة لمنح مكافآت مالية لمن يطلق غازات دفيئة أقل مما هو مسموح له وغرامات لكل من يطلق غازات أكثر من ذلك.

وهناك نوعان من أسواق الكربون: الإجبارية والطوعية [41]. حيث تموِّل السوق الإجبارية أنشطة أعمال تلتزم من خلال اتفاقيات دولية بالمحافظة على انبعاثات غازات الدفيئة التي تطلقها تحت سقف معين، وإذا ما فشلت في ذلك فإن عليها تعويض الانبعاثات الإضافية بأن تدفع مقابل تخفيض الانبعاثات في مكان آخر. وقد أنشأت السوق الإجبارية الرئيسية بموجب اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، والتي تم بمقتضاها توقيع بروتوكول كيوتو في عام 1997 الذي يقر ثلاث آليات لتحديد سقف انبعاثات الكربون، ومنها آلية التنمية النظيفة، والتي تسمح لأنشطة الأعمال بتعويض الانبعاثات التي تتجاوز سقوفها وذلك من خلال الاستثمار في مشروعات تخفض من الانبعاثات في البلدان النامية (والتي يُطلق عليها البلدان غير المدرجة بالمرفق الأول في لغة بروتوكول كيوتو).

وفي سوق الكربون، تعمل سلطة مركزية على رسم الحدود المتعلقة بكمية الانبعاثات المسموح إنتاجها، كما تمنح التصاريح أو الاعتمادات للكيانات التي تنضوي تحت ذلك السقف. ويمكن للحكومات أو الشركات، التي تنتج حجماً أكبر من الانبعاثات المسموحة لها، أن تقوم بشراء الاعتمادات من كيانات أخرى، تمتلك حجماً أقل من الانبعاثات. وفي إطار خطة للتعويض، يمكن للجهات، التي تم تنظيمها، شراء اعتمادات الكربون الناشئة عن المشروعات التي تهدف إلى تقليل حجم الانبعاثات، غير المنظمة تحت سقف الانبعاثات المسموح، والتي غالباً ما تكون في البلدان النامية. لقد تم بالفعل اعتماد أسواق الكربون في عدد من المناطق والبلدان، كطريقة للتخفيف من حجم الانبعاثات. لابد من وجود مبادئ توجيهية لدى المؤسسات المعنية بالمناخ، كما لابد لتلك المؤسسات أن تتسم بالاستقلالية، وأن

تتمتع بالقدرة على رصد اعتمادات الكربون، والتحقق من كونها تمنح فعلاً بهدف التقليل من حجم الانبعاثات.

تتطلب السوق الإجبارية تمتُّع أية استثمارات لتعويض انبعاثات الكربون باعتماد مستقل شامل لانبعاثات خط الأساس، وكميات التخفيض، وقابلية الإضافة.

يُعبر عن تكلفة تعويضات الكربون في أي من هذه البرامج عادة بقيمة طن من ثاني أكسيد الكربون المنبعث. ويتفاوت هذا السعر تبعاً لعرض التعويضات والطلب من الصناعات التي تتجاوز سقفها، وهو أقل كثيراً في البرامج الطوعية عنه في الإجبارية. ويرى الكثيرون أن هذه التكلفة، الأقل من 20 دولاراً أمريكياً للطن، أقل كثيراً من الضرر الذي تسببه انبعاثات غازات الدفيئة وهي منخفضة كذلك انخفاضاً مفرطاً لا يمكن معه فرض التغييرات المطلوبة في طريقة استهلاك الطاقة في أوروبا وأمريكا الشمالية.

إن هناك ضغوطاً قوية تمارس من أجل الإلزام بسقوف أكثر صرامة، والتي سوف تزيد من سعر طن ثاني أكسيد الكربون، ومن ثم تؤدي إلى تدفقات أكبر من أموال الكربون في اتجاه البلدان النامية.

6-10 أساليب حجز وتخزين غاز ثاني أكسيد الكربون

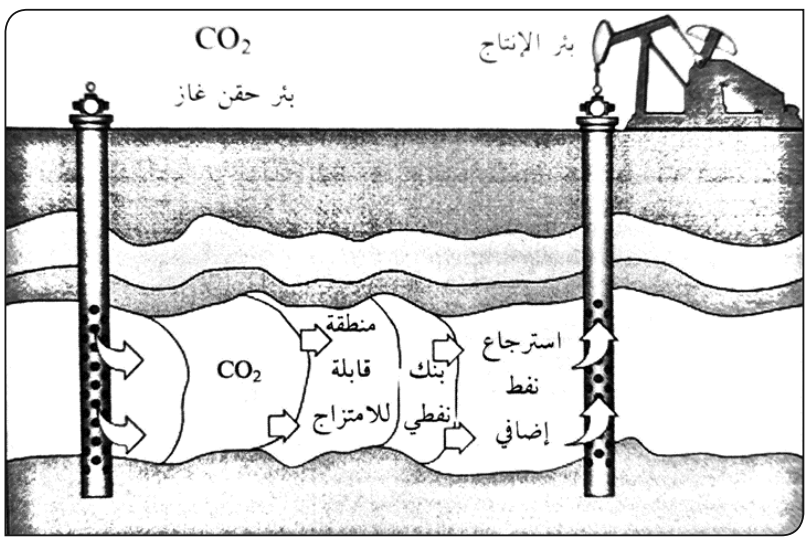
إن حجز الكربون وتخزينه أو امتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون من قبل النظام البيئي يمكن أن يلعب دوراً كبيراً في تخفيض نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، وتعتبر الخزانات الأرضية الطبيعية عوامل جوهرية في تنظيف غاز ثاني أكسيد الكربون الذي ينبعث إلى الجو من مختلف النشاطات البشرية، والتي من أهمها وأكبرها حرق الوقود الأحفوري، لذلك فإن حماية هذه المكونات البيئية وزيادة قدرتها على استيعاب المزيد من غاز ثاني أكسيد الكربون هو أمر حيوي لتخفيض نسبته من الجو، ويمكن فعل ذلك من خلال ما يلي:

- استخدام غاز ثاني أكسيد الكربون من أجل تدعيم استخراج النفط من الآبار التقليدية. ويبين الشكل (1-10) [42] فكرة استخراج النفط

المعزز (Enhanced Oil Recovery EOR) حيث يتم تمرير كمية مضغوطة من ثاني أكسيد الكربون عبر أنبوب إلى منطقة بعيدة نسبياً عن رأس البئر، ومن ثم تحقن في التشكيلات المحتوية على النفط. يعمل بعدئذ الغاز المضغوط على دفع النفط المتبقي في التشكيل المسامي باتجاه فوهة صناعية موجودة، حيث يستخرج بعد ذلك بوساطة مضخة رأس بئر عادية. إن استخراج النفط بهذه الطريقة EOR هو أكثر كلفة بالمقارنة مع بئر إنتاج تقليدي، لكن تستطيع العملية أن تطيل بشكل مهم عمر حقل النفط المستنفذ جزئياً مع استخدام أفضل لأدوات الإنتاج الموجودة سابقاً.

الشكل 10 - 1

عملية استخراج النفط المعزز بحقن غاز ثاني أكسيد الكربون.

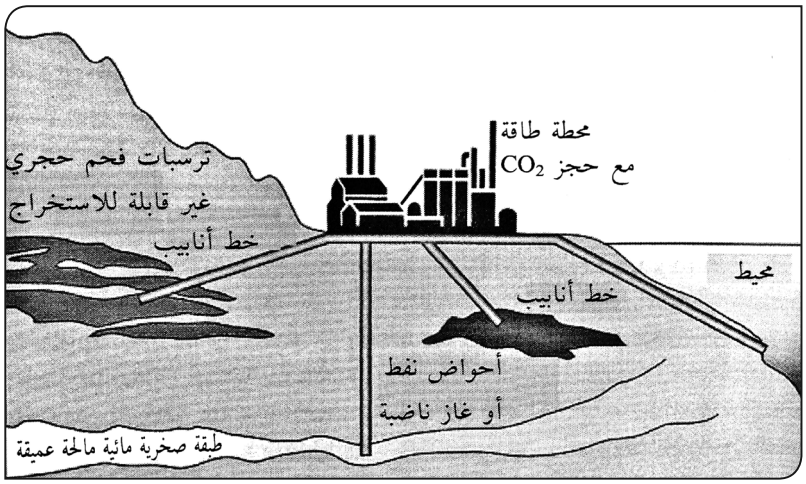


- اصطياد غاز ثاني أكسيد الكربون من مصادر انبعاثاته: تعرف عملية اصطياد غاز ثاني أكسيد الكربون بأنها العملية التي يتم فيها استخدام إحدى الوسائل التقنية التي تسمح بجمعه من المصدر الباعث، حيث يمكن تجميع ثاني أكسيد الكربون الذي يسبب الإحترار العالمي من مصدر إنتاجه ونقله في أنابيب ومن ثم دفنه في صخور مسامية على عمق عدة كيلومترات تحت سطح الأرض أو في طبقة مائية مالحة. بالطبع لا يمكن

استخدام هذا الأسلوب بشكل ناجح إلا مع المصادر الثابتة مثل محطات توليد الطاقة الكهربائية والمصانع ومصافي النفط، في حين يصعب استخدام هذا الأسلوب مع المصادر المتنقلة، يبين الشكل (10-2) المدى الكامل لتقنيات تخزين الكربون كما يتصوره الباحثون. يتم أولاً فصل انبعاثات الكربون من المصدر الباعث عن غازات الاحتراق المتدفقة في عادم أو مدخنة المنشأة، بعدئذ تخزن باستخدام إحدى الأفكار الأربعة المختلفة والمبينة في الشكل (10-2) [42]. تشمل ثلاثة من هذه الأفكار تخزيناً جيولوجياً لغاز ثاني أكسيد الكربون، بينما تستخدم الفكرة الرابعة المحيط العميق كوسط للتخزين. في الحالة الأولى يمكن ضغط الغاز ونقله بالأنابيب إلى حوض النفط أو الغاز المستنفذ بنفس طريقة عملية استخراج النفط المعزز EOR . وقدر العلماء بطريقة مشابهة، أن الطبقات الصخرية المائية تحت الأرض، مع الكميات الضخمة من الماء المحجوز، يمكن أن تكون مستودعات مناسبة لتخزين كميات كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون. وكذلك تم اقتراح طبقات الفحم غير المستخدمة كمواقع لتخزين ثاني أكسيد الكربون.

الشكل 10 - 2

أفكار تخزين غاز ثاني أكسيد الكربون.



يمكن بصورة طبيعية محاولة استخدام الطبقات المائية المالحة لتخزين الغاز لأن هذا الماء لن يكون قابلاً للاستعمال لأي غرض آخر. بما أن انحلالية ثاني أكسيد الكربون في الماء عالية فهو سوف ينحل في الماء، ومع الزمن يمكن أن يتفاعل ليشكل مواد كربونية صلبة تفصل الكربون بشكل دائم. إن الفائدة من استخدام طبقات الفحم غير القابلة للاستخراج هو أن معظم ترسبات الفحم الحجري تحتوي عادة كمية كبيرة من غاز الميثان التي تحجز في البنية المسامية للفحم الحجري. يمكن لحقن غاز ثاني أكسيد الكربون في طبقة الفحم، بالتزامن مع وجود آبار استخراج غاز متموضعة بشكل مناسب، أن يدفع الميثان بطريقة مماثلة لتلك المستخدمة في عملية EOR. بعدئذ يحل غاز ثاني أكسيد الكربون محل الميثان في طبقة الفحم، الذي هو مصدر وقود ثمين عندما يتم استخراجه. ويمكن التفكير بتخزين غاز ثاني أكسيد الكربون في المحيط العميق.

- زيادة فعالية مياه البحار والمحيطات على امتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون: فقد تأكد العلماء أن بحار الأرض ومحيطاتها تمتص حالياً ما يفوق 2.5 مليار طن كربون مكافئ سنوياً من غاز ثاني أكسيد الكربون، كما أنها تستطيع أن تمتص حوالي 85 % من الانبعاثات البشرية خلال الألف سنة القادمة بواسطة الحيوانات، والنباتات البحرية.
- زيادة قدرة الغطاء النباتي على امتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون: ذلك من خلال سن قوانين صارمة وعقوبات وغرامات مالية لكل من يعتدي على الغطاء النباتي، وبالمقابل مد كل من يساهم في تطوير الغطاء النباتي بكل أنواع الحوافز والدعم المالي، كغرس الأشجار والغابات الاصطناعية أو تحسين نوعية تربتها، وإلغاء أو تقليص كل أنواع المشاريع التي تستنزف الغطاء النباتي إلا للضرورة القصوى، وأيضاً إدخال العامل البيئي كأحد أهم عوامل التخطيط الحضري مستقبلاً.

الفصل
الحادي عشر
التكيف مع آثار تغير المناخ



الفصل الحادي
عشر التكيف مع آثار تغير المناخ

11 - 1 مقـدمـــة

لمواجهة تغير المناخ من المهم جداً العمل على تخفيف مسببات التغير المناخي، وهذا يحصل أساساً عن طريق الحد من الانبعاثات الغازية المسببة للإحترار العالمي. غير أن حصر الاهتمام في تخفيف المسببات يكاد يحجب أهمية الإعداد للتكيف مع النتائج. إن آثار التغير المناخي لم تعد مشكلة للمستقبل، بل هي معنا اليوم. فنحن نعيش حالياً وسط نتائج تغير المناخ، مما يفرض العمل سريعاً لمواجهتها والتكيف معها، في موازاة العمل لتخفيف مسبباتها.

وإذا تم تثبيت قيم الانبعاثات الغازية في وقت قريب نسبياً، فإن الإحترار العالمي وتأثيراته ستستمر لسنوات عديدة بسبب العمر الطويل للعديد من غازات الدفيئة، وسوف يكون التكيف ضرورياً للتغيرات الناتجة في المناخ.

لقد ادرجت مسائل الإخفاق في التخفيف من وطأة تأثيرات التغير المناخي والتكيف معه، وأزمات المياه بين الأخطار الخمسة الأولى الأكثر أهمية التي وردت في تقرير المخاطر العالمية لعام 2016 الصادر عن المنتدى الاقتصادي العالمي. ففي الترابط العالمي للمخاطر لعام 2017 حل التغير المناخي في المرتبة الثانية ضمن الاتجاهات الخمس الأولى المحددةُ للتنمية العالمية. كما صنف الاتجاه الأول لعام 2017 مع كافة المخاطر البيئية الخمسة الواردة في المسح والمتمثلة في أحداث الطقس المتطرفة، والكوارث الطبيعية، وإخفاق التخفيف من التغير المناخي والتكيف معه، وفقدان التنوع البيولوجي وانهيار النظام الإيكولوجي، والكوارث البيئية الناجمة عن البشر، حيث يظهر لأول مرة بين المخاطر العالية والاحتمالات المرتفعة، ناهيك عن اعتبار أحداث تعتبر من أبرز مخاطر الطقس المتطرفة.

11- 2 تعريف التكيف مع تغير المناخ

التكيف هو تعديل في النظم الطبيعية أو البشرية استجابة للمثيرات المناخية الفعلية أو المتوقعة أو تأثيراتها. ويتضمن التكيف مجموعة من السياسات والممارسات والمشاريع التي ترمي إلى إحداث تعديلات من شأنها تحسين ورفع كفاءة البنى الاجتماعية والنشاطات الاقتصادية والأنظمة البيئية، لزيَادَة مرونةِ هذه النظم وجعلها أكثر قدرة على مجابهة الآثار المحتملة لتغير المناخِ والاستفادة من الفرص المتاحة.

ستسعى الإجراءات المتخذة من أجل التكيف مع تغير المناخ، إلى توفير الحماية لمئات الملايين من الأشخاص، الذين سيصبحون أكثر عرضة لخطر التغير المناخي، من خلال ارتفاع منسوب مياه البحار والظروف الجوية القاسية. وغيرها من التداعيات المتعلقة بتغير المناخ.

تختلف الحاجة إلى التكيف من مكان إلى آخر، اعتمادًا على الحساسية والقابلية للتأثيرات البيئية. ويوصف نظام بأنه هش تجاه تغير المناخ عندما يكون النظام الطبيعي أو الاجتماعي عرضة للأضرار الناجمة عن تغير المناخ، وبالتالي فإن النظام الهش هو الشديد التأثر والحساس جداً للتغيرات في المناخ، حتى لو كانت بسيطة، ويخضع لقيود شديدة في قدرته على التكيف.

وتتمثل مرونة النظام الاجتماعي أو البيئي في قدرته على استيعاب الاضطرابات مع الحفاظ على نفس البنية الأساسية وطرائق الأداء، والقدرة على التنظيم الذاتي والتكيف مع التغير، والقدرة على التكيف مع التغيير وإعادة البناء عند الضرورة.

إن الحد من المخاطر وتحسين درجة الاستعداد لمواجهة الأحداث المناخية وآثار الكوارث يمكن أن يقلّصا من تكلفة الكوارث بدرجة كبيرة. ولقد ثبت أن أنظمة الإنذار المبكر وتحسين إجراءات الاستعداد وتعزيز قواعد السلامة تؤدي إلى نتائج جيدة، وتساعد على إنقاذ حياة البشر، وحماية الاستثمارات العامة والخاصة. ومن ثمَّ، فإن تحقيق تنمية تتسم بالمرونة في مواجهة الأحداث والكوارث المتصلة بالمناخ أمر ضروري لتخفيف وطأة الفقر، وكذلك من المنظور الاقتصادي.

وعلى الرغم من المنافع التي ينطوي عليها اكتساب المرونة لمواجهة الأحداث والكوارث المتصلة بالمناخ، فإنه يتطلب تكاليف استثمارية أولية كبيرة .فإقامة أبنية أكثر أمنا يستلزم إجراء تعديلات في التصميم يحتاج تنفيذها إلى زيادة التكاليف من 10 إلى50 %، وربما أكثر من ذلك، إذا تطلب الأمر نقل شبكات النقل أو شبكات المياه من مكانها[43].

وفضلاً عن ذلك، فإن تحسين شبكات الأرصاد الجوية والمائية يتطلب تقنيات جديدة وتدريباً، وقد تستلزم تقييمات المخاطر معلومات جغرافية مكانية وعلمية وهندسية على درجة عالية من الدقة، وحتى بعد تنفيذ خطط الحد من المخاطر، قد تتسبب الكوارث في تكاليف إضافية تجعل من الضروري تعزيز استراتيجيات التكيّف.

إن البلدان المتقدمة والنامية على السواء لها مصلحة مشتركة في تحقيق تنمية تتسم بالمرونة في مجابهة وقائع المناخ وكوارثه. ومع أن الإجراءات التدخلية المطلوبة ضرورية بالفعل في إطار الاستدامة المالية، فإن الحاجة إليها الآن أكثر إلحاحاً من أي وقت مضى بسبب تغير المناخ.

إن اكتساب المرونة في مواجهة وقائع المناخ وكوارثه يجب أن يكون جزءاً لا يتجزأ من الاستراتيجيات الوطنية ومساعدات التنمية ولاسيما في أكثر البلدان ضعفاً وأقلها تقدماً.

يعد التكيف مهمًا بشكل خاص في البلدان النامية حيث يُتوقع أن تتحمل هذه البلدان وطأة آثار الإحترار العالمي. إذ إن قدرة وإمكانات البشر على التكيف (القدرة على التكيف) موزعة بشكل غير متساوٍ على مختلف المناطق والسكان، وتكون لدى البلدان النامية عموماً قدرة أقل على التكيف، حيث ترتبط القدرة التكيفية ارتباطاً وثيقاً بالتنمية الاجتماعية والاقتصادية.

يمكن اعتبار إجراءات التكيف إما تكييفاً تراكمياً (إجراءات يكون الهدف الرئيسي فيها هو الحفاظ على جوهر وسلامة النظام) أو تكيفاً انتقالياً (إجراءات تغير السمات الأساسية للنظام استجابة لتغير المناخ وتأثيراته) [44].

11-3 التخطيط للتكيف مع تغير المناخ

يقصد بالتخطيط للتكيف مع تغير المناخ استخدام معلومات حول تغير المناخ الحالي والمستقبلي وتقييم مدى ملاءمة الممارسات الحالية والمخطط لها والسياسات والبنية التحتية. ويلزم أن يتسم تخطيط التكيف وممارساته بالشمول والمرونة، مع وضع خطط وطنية للتكيف مع تغير المناخ شاملة لكل القطاعات، ويتعين النظر في احتياجات التكيف في سياق إطار إدارة مخاطر تغير المناخ، وسوف يتطلب التكيف المستدام طويل الأجل مع التغير المناخي تكامل الهيكل الأساسي وأدوات السياسات العامة والاقتصاد، فضلا عن التغيرات السلوكية.

يتضمن تخطيط التكيف معالجة مسائل مثل: كيف سيكون المناخ في المستقبل وما هو مدى اختلاف الظروف غير المناخية عن تلك التي كانت في الماضي. هل التغييرات المتوقعة مهمة للقرارات الحالية. تخطيط التكيف هو تقديم توصيات حول ما يجب فعله بشكل أكبر أو أقل أو بشكل مختلف وبأي موارد.

اعتمادًا على القضايا المأخوذة بعين الاعتبار، قد يكون للتكيف مع تغير المناخ روابط وثيقة مع إدارة الموارد الطبيعية وإدارة الكوارث والتأهب والتخطيط الحضري والتنمية المستدامة والحد من الفقر. تتطلب كفاءة التكيف مع تغير المناخ النظر في العوامل الأخرى الهامة لاتخاذ القرارات الحالية، على سبيل المثال المخاطر المناخية والتحديات الرئيسية غير المناخية والتحديات الاقتصادية وخطط التنمية. في المناطق والقطاعات التي يشكل تغير المناخ بالفعل تهديداً كبيراً، من المهم النظر في التآزر والتوازن بين معالجة مخاطر المناخ الحالية والمستقبلية بشكل مشترك [45].

11-3-1 الهدف من التخطيط للتكيف مع تغير المناخ

التكيف مع تغير المناخ استراتيجية لمنع جميع الآثار السلبية لتغير المناخ الحالي والمستقبلي. يفترض مثل هذا الهدف ضمنيًا عالم يتكيف تمامًا مع الظروف المناخية الحالية مع امتلاك المعرفة الكاملة بتغير المناخ المستقبلي وتوافر الموارد للتكيف. من الواضح أن الافتراضات غير واقعية، ولا سيما في البلدان النامية التي تعاني

بالفعل مخاطر كبيرة حساسة للمناخ. الهدف من معظم إجراءات التكيف مع تغير المناخ التقليل من المخاطر المرتبطة بتغير المناخ الحالية ودعم الأهداف المجتمعية الأخرى. لا يمنع التكيف بشكل عام جميع الآثار السلبية لتغير المناخ، أي على الرغم من التكيف ستظل هناك آثار متبقية لتغير المناخ.

11- 3- 2 شروط التخطيط الفعال للتكيف مع تغير المناخ

يوجد العديد من الشروط المسبقة للتكيف المخطط الفعال (بافتراض أن تغير المناخ مشكلة إما موجودة الآن أو ستكون موجودة في المستقبل).

تعرض القائمة التالية هذه المتطلبات الأساسية ويوضح كيف يمكن معالجة كل منها إلى حد ما من خلال تأثير تغير المناخ، والضعف، وتقييمات التكيف:

- **الوعي بالمشكلة:** تقييم نقاط الضعف أمام التغير المناخي.
- **توفير إجراءات التكيف الفعالة:** البحث عن خيارات جديدة للتكيف مع تغير المناخ.
- **معلومات حول هذه الإجراءات:** تحديد وتقييم إجراءات التكيف الفعالة وتوافر الموارد لتنفيذ هذه الإجراءات: تقييم الفوائد المشتركة للتكيف (وبالتالي زيادة الفوائد المرجوة).
- **الاستخدام الفعال للموارد،** على سبيل المثال من خلال تعميم التكيف في النشاط الحالي (وبالتالي تقليل التكاليف) وتحفيز توفير موارد إضافية أيضًا محليا أو دولياً.
- **القبول الشعبي لهذه الإجراءات:** تثقيف الناس حول المخاطر وخيارات الاستجابة لزيادة قبول الإجراءات غير المألوفة.
- **حوافز لتنفيذ هذه الإجراءات:** وضع حوافز لتنفيذ إجراءات فعالة واقتراح خيارات للتغلب على العواقب.

يجب الاعتماد على التحليل العلمي وبذل جهود سياساتية في وضع الشروط المسبقة للتكيف الفعال مع تغير المناخ من أجل تحسين سياق معين. على سبيل

المثال، إذا كان هناك قلة وعي بين واضعي السياسات وأصحاب المصلحة الآخرين من المخاطر الصحية المرتبطة بتغير المناخ يجب أن يركز التقييم على تحديد هذه المخاطر والتأكيد عليها وتقليل المخاطر. إذا كان أصحاب المصلحة على دراية بالمخاطر ولكن لا يتوافر سوى القليل من المعلومات حول ما يجب القيام به يجب أن يشير التقييم إلى إجراءات فعالة وقابلة للتطبيق، ويفضل الاستفادة من التجارب للتعامل مع مخاطر مماثلة في المناطق المتضررة بالفعل. إذا كان أصحاب المصلحة على دراية بالمخاطر وعلى دراية حول إجراءات الاستجابة الفعالة، في هذه الحالة يجب أن تركز التقديرات على التكاليف والفوائد المتوقعة من خيارات محددة متاحة، والتغلب على الحواجز التي تحول دون تنفيذها.

التخطيط للتكيف يكون محدود في حالتين:

1. عندما يتم استيفاء جميع شروط التكيف.
2. عندما توجد عقبات لا يمكن التغلب عليها لتحقيق بعض المتطلبات الأساسية.

في الحالة الأولى، سيحدث التكيف بشكل مستقل وفي الحالة الثانية يحصل تكيف محدود. مثال على ذلك النظام البيئي في قمة جبل عالي سوف يتدهور عند ارتفاع درجات الحرارة بسبب عدم القدرة على الهجرة إلى موطن جديد مناسب. لا يمكن تجنب مثل هذا التأثير إلا من خلال التخفيف من تغير المناخ في الوقت المناسب عادة تكون عملية التكيف مع تغير المناخ محدودة نتيجة لعدم كفاية الاقتصاد أو الموارد أو المهارات التقنية أو الإرادة السياسية [45].

11- 3- 3 تقييم التكيف مع تغير المناخ

توجد ثلاثة مراحل لتقييم التكيف مع تغير المناخ:

- تقييمات تأثير المناخ، والتي تحدد التأثيرات المحتملة (الفيزيائية الحيوية) لتغير المناخ.

- تقييمات قابلية التأثر التي تحدد نقاط الضعف الاجتماعية المختلفة والمجموعات والمناطق مع الأخذ في الاعتبار القدرة على التكيف.
- تقييم سياسة التكيف، والتي توصي بإجراءات محددة للحد من الضعف الاجتماعي تجاه تغير المناخ.

11- 3- 4 مبادئ تخطيط التكيف

1. كلما زادت أهمية العوامل المناخية مقارنة مع العوامل غير المناخية لقرار معين، وكلما كانت الزيادة المحتملة في المخاطر بسبب تغير المناخ أكبر كلما زادت الحاجة إلى تقييم مفصل عن المخاطر المرتبطة بتغير المناخ.

2. من الأفضل معرفة التغييرات المستقبلية لمخاطر تغير المناخ، وتحديد الإجراء الممكن حالياً.

3. كلما قلت الخبرة في إدارة مخاطر معينة فإن ذلك يتطلب عمل جديد وإضافي.

4. عندما تكون مخاطر المناخ الحالية كبيرة، يجب التصدي لهذه المخاط بالاشتراك مع تغير المناخ في المستقبل وبذلك تكون استراتيجية التكيف أكثر فعالية وكفاءة.

تحدد تقييمات التكيف الأولية خيارات تكيف قابلة للتطبيق على المدى القصير، حسب الموارد المتاحة وغالباً اتخاذ قرار ما يجب فعله في البداية يكون بنفس أهمية ما يجب فعله بشكل دائم. إن تأجيل عملية التكيف ينتج عنها العديد من المخاطر غير المأخوذة بالحسبان بسبب عدم كفاية المعلومات حول الظروف المستقبلية وبالتالي تحد من فعالية الإجراءات المعتمدة أو تزيد من تكلفتها.

يوجد عدد من المعايير لتحديد أولويات التكيف وهناك اتفاق أن يكون التكيف التوقعي مناسب في الحالات التالية: [45].

- المخاطر الحساسة للمناخ أمراً ملحاً
- زيادة المخاطر المتوقعة بشكل موثوق

- احتمال كون التأثيرات المستقبلية كارثية أو لا رجعة فيها
- القرارات لها آثار طويلة الأجل
- إجراءات التكيف لها مهلة طويلة

في المقابل، يمكن أن يكون تأجيل التكيف منطقياً في الحالات التالية:

- المخاطر الحالية والمستقبلية المتوقعة معتدلة
- التكيف مكلف للغاية
- خيارات الاستجابة في الوقت المناسب متاحة بسهولة

يتبين من الأدبيات المنشورة أن التخطيط للتكيف مع تغير المناخ يتصف بما يلي [45]:

1. التكيف مع تغير المناخ ينطوي على نطاق واسع جداً من الإجراءات الموجهة للحد من التعرض للأخطار المناخية (التغيرات في الوسائل، التقلبات، التطرف).

2. توجد مزايا مشتركة بين التخطيط للتكيف مع تغير المناخ وإدارة المخاطر ولكن توجد تعقيدات أثناء التخطيط للتكيف بسبب عدم اليقين وتعقيد المخاطر.

3. يعتبر التكيف مع تغير المناخ شديد الخصوصية لأنه يعتمد على المناخ والبيئة والظروف الاجتماعية والسياسية في المنطقة والقطاع المستهدفين.

4. على الرغم من عدم وجود نهج واحد لتقييم عملية التخطيط وتنفيذ التكيف مع تغير المناخ توجد بعض المبادئ الثابتة.

5. مع مرور الوقت يصبح تقييم التكيف أكثر شمولاً ويتم الربط بين تغير المناخ المستقبلي مع مخاطر المناخ والاعتبارات السياسية.

6. يتطلب تخطيط التكيف تعاوناً وثيقاً بين العلماء والممارسين القطاعيين وصناع

القرار وغيرهم من أصحاب المصلحة ومحللي السياسات.

7. النظر في تغير المناخ العالمي هو على وجه الخصوص مهم للقرارات ذات التخطيط الطويل أو ذات الطابع السياسي.

8. لا يمكن للتكيف تجنب جميع تأثيرات تغير المناخ، بسبب القيود الأساسية والعملية الهامة. وبالتالي، فإن التكيف مع تغير المناخ ليس بديلا عن التخفيف من تغير المناخ.

يتطلب التكيف مع تغير المناخ أبحاث علمية وتمويل هذه الأبحاث. تشمل مجالات البحث التي تتطلب اهتماماً خاصاً التطورات المنهجية وعملية الرصد ومؤشرات الدراسات والبحوث التجريبية والبحوث الميدانية والنمذجة التنبؤية وتطوير السيناريوهات وتقدير التكاليف الاقتصادية والتقييم المتكامل والتقدير الكمي لآثار الظواهر الجوية المتطرفة وتعديل استراتيجيات المواجهة واختبار وتقييم إجراءات التكيف ومشاركة أصحاب المصلحة [45] .

تبني نتائج الأبحاث حول التكيف على أنه عملية تعلم اجتماعي. ويمكن أن تكون هذه العملية ميسرة بوساطة:

- إقامة حوارات تكون فيها نتائج البحث المشتركة (أو المشاركة في الإنشاء) مع أصحاب المصلحة المعنيين.
- تعبئة الموارد العامة والخاصة لتنفيذ إجراءات التكيف الفعالة.
- إنشاء منتديات لتبادل المعلومات بين المناطق المختلفة.
- بذل جهود جادة لمعالجة قضايا الإنصاف التي أثارها التفاوت الكبير بين المناطق المسؤولة بالدرجة الأولى وأولئك الأكثر عرضة لتغير المناخ العالمي في سياسة المناخ الدولية.

4-11 المراحل الأساسية للتكيف مع تغير المناخ

يمر التكيف مع تغير المناخ بثلاث مراحل:

المرحلة الأولى تتضمن تقييم الوضع الحالي من خلال إجراء دراسة ميدانية شاملة لحصر الجهود القائمة في مجال التكيف المناخي وتحديد الفجوات، بالإضافة إلى دراسة المخاطر المتوقعة لتغير المناخ على مختلف القطاعات.

أما المرحلة الثانية فتتضمن ترتيب المخاطر حسب أولويتها وتحديد تداعيات التغير المناخي التي تتطلب اتخاذ إجراءات بشكل عاجل لكل نظام بيئي وقطاع اقتصادي واجتماعي. ويتم في المرحلة الثالثة إشراك الجميع في تطوير وتطبيق إجراءات التكيف المناسبة والتي ستغطي محاور عديدة منها التوعية بأهمية التكيف مع التغير المناخي، والتعامل مع المخاطر واغتنام الفرص كاستغلال مياه الأمطار الهاطلة بشدة من خلال الحصاد المائي بإنشاء السدود والحواجز الترابية لجمع المياه [46] والذي يعتبر الأهم والأقل كلفة بالنسبة إلى الحكومات ويعزز الأمن المائي والغذائي، نتيجة جمع أكبر كمية ممكنة من مياه الأمطار التي ستعمل على زيادة المخزون المائي والحفاظ على المياه الجوفية من الاستنزاف، وبالتالي تصبح الزراعة أمراً ممكناً في العديد من المناطق، ويقل التدهور البيئي وانجراف التربة وتجمل المنطقة وتتحسن مستويات المعيشة.

وتشمل هذه المرحلة أيضاً بناء القدرات والاستفادة من المعرفة القائمة، كتأمين قوى عاملة مدربة وتدريب المهندسين المدنيين ومخططوا المدن تدريبًا مناسبًا للتعامل مع تغير المناخ خلال المراحل الدراسية، و تأمين خبراء وطنيين عندهم الخبرة لإعادة تهيئة البنية التحتية في الشوارع ومصارف المياه لمواجهة الفيضانات، ويلزم في هذه المرحلة السعي لمشاركة القطاع الخاص وأصحاب المصلحة الآخرين لدعم جهود وإجراءات التكيف، وتعميم مفهوم التكيف ضمن القوانين والسياسات، ورصد التقدم والفعالية.

5-11 تمويل التكيف مع آثار تغير المناخ

يسعى التكيف إلى الحد من ضعف النُظم الاجتماعية والبيئية. وبما أن القدرة على التكيف موزعة بشكل غير متساو على مختلف المناطق والسكان، وتكون لدى البلدان النامية عموماً قدرة أقل على التكيف. ونظراً للحاجة الملحّة لزيادة القدرة على التكيف، يقوم العديد من الأطراف الفاعلة في مجال التنمية على الصعيد الدولي بدمج التكيف مع تغير المناخ في الأنشطة الإنمائية. وتساعد الأطراف الفاعلة مثل برنامج الأمم المتحدة الإنمائي ومعهد البنك الدولي في تطوير سياسات سليمة بشأن التكيف مع تغير المناخ. يتم الحصول على التمويل المتعلق بالمناخ من عدد مختلف من المصادر، بما في ذلك المساعدات الحكومية، والدعم المقدم من الأطراف الثنائية، والمنظمات متعددة الأطراف، ووكالات التنمية، والتمويل المقدم من القطاع الخاص. كما يمكن الحصول على التمويل، من خلال أسواق الكربون، التي تعمل على تخصيص اعتمادات قابلة للبيع، لتنفيذ مشاريع أو برامج، تؤدي إلى الحد من انبعاثات الغازات المتسببة بالاحتباس الحراري (مثل زراعة الأشجار، وخفض التلوث الناتج عن المصانع، وما إلى ذلك). وقد يجري إعادة استثمار جزء من مبيعات الاعتمادات، من أجل تنفيذ أنشطة ذات صلة بالمناخ. وفي حالة المشاريع البديلة، فسيكون من شأن الدعم المالي، تحفيز عملية الاستثمار في التكنولوجيا منخفضة الكربون.

يعتبر الصندوق الأخضر للمناخ (GCF) الأداة الرئيسية متعددة الأطراف لتمويل المشاريع والبرامج ذات العلاقة بالتغيرات المناخية .وهو يهدف إلى مساعدة البلدان النامية بشكل خاص، على التأقلم مع تغير المناخ.

أول اقتراح لبعث الصندوق الأخضر للمناخ كان في مؤتمر الأطراف الخامس عشر(COP) 15الذي عقد عام 2009 في كوبنهاغن، الدنمارك، وفي عام 2010 أقر مؤتمر الأطراف السادس عشر في كانكون، المكسيك COP 16 بعث الصندوق الأخضر للمناخ [47]. و تم المصادقة على الأداة الرئيسية للصندوق في عام 2011 خلال مؤتمر دربان، جنوب إفريقيا COP 17، حيث تم منحه تفويضًا لتقديم

مسأهمة طموحة في الجهود العالمية الرامية إلى تحقيق الأهداف التي حددها المجتمع الدولي لمجابهة التغيرات المناخية. وعقد مجلس إدارة الصندوق الأخضر للمناخ الذي يتكون من ممثلين عن البلدان المتقدمة والبلدان النامية على قدم المساواة. أول اجتماعاته في عام .2012وتم في عام 2013 تسمية أول مدير تنفيذي للصندوق الأخضر للمناخ، على رأس فريق الإدارة العليا للصندوق .ومقره الدائم في سونغدو، كوريا الجنوبية. و بدأ الصندوق في تعبئة الموارد الأولية بنجاح، ففي عام 2014جمع الصندوق ما يزيد عن 10 مليارات دولار أمريكي مع نهاية العام. وفي عام :2015 تم اتخاذ القرارات الاستثمارية الأولى، بما في ذلك مشروعات التخفيف والتكيف، لتحقيق الهدف الذي حددته المعاهدة الإطارية للأمم المتحدة حول التغيرات المناخية قبل انعقاد مؤتمر باريس.

ويمكن الصندوق الأخضر للمناخ الدول من النفاذ إلى الموارد المالية اللازمة لبناء إطارها السياسي والاستراتيجي والمؤسسي للتكيف مع تغير المناخ. ويمثل أيضا فرصة للارتقاء، من حيث تمويل الإجراءات المناخية، بكل من المؤسسات العامة والخاصة المعنية بمسألة التغير المناخي والمؤسسات المالية التي من المحتمل أن تكون معنية.

وتمّ إعطاء هذا الصندوق دورا مهمّا لتنفيذ مقتضيات اتفاق باريس من أجل تقديم المساعدة الماليّة للدّول ودعم هدف الحفاظ على ارتفاع درجة الحرارة إلى أقلّ من 2 درجة مئوية في أفق عام 2100 .

يمول الصندوق الأخضر للمناخ مشاريع/برامج ذات انبعاثات كربونية ضعيفة (التخفيف) أو تتميز بمقاومة أخطار تغير المناخ (التكيف) التي طورها القطاعان العام والخاص للمسأهمة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة.

يقوم الصندوق الأخضر للمناخ بنشر مجموعة من الأدوات بما في ذلك المنح والقروض والأسهم والضمانات.

ويتطلب الانخراط في الصندوق ارساء سلطة وطنية معينة أو نقطة اتصال التي تكون الواجهة الأساسية بين بلد ما والصندوق الأخضر للمناخ. وهي تسعى إلى

ضمان أن الأنشطة التي يدعمها الصندوق الأخضر للمناخ تتماشى مع الأهداف والأولويات الوطنية الاستراتيجية، كما أنها تساعد على المضي قدماً في العمل من أجل التكيف والتخفيف تمشياً مع الاحتياجات الوطنية [48].

ويحشد الصندوق الأخضر للمناخ تمويلات المناخ من خلال العمل مع مجموعة واسعة من المنظمات التي لديها قدرات متخصصة في قيادة العمل المناخي .يمكن أن تكون هيئات خاصة أو عامة أو غير حكومية أو دون وطنية أو وطنية أو إقليمية أو دولية .ينبغي أن يكون لديها مشروعات / برامج مقاومة التغير المناخي واضحة ومفصلة وقابلة للتنفيذ لتقديمها إلى الصندوق الأخضر للمناخ من حيث التخفيض والتأقلم مع التغيرات المناخية .يجب عليها أيضًا تلبية معايير الصندوق الأخضر للمناخ بناءً على المعايير المالية والضمانات البيئية والاجتماعية والنوع.

- **ويوجد نوعان من الهيئات المعتمدة للصندوق الأخضر للمناخ، بناءً على طرائق النفاذ:**

- **هيئات النفاذ المباشر**، والتي تتوافق مع الهيئات دون الوطنية أو الوطنية أو الإقليمية .قد تشمل الوزارات أو الوكالات الحكومية أو بنوك التنمية الوطنية أو صناديق المناخ الوطنية أو البنوك التجارية أو المؤسسات المالية الأخرى، إلخ.
- **هيئات النفاذ الدولي**، والتي قد تكون هيئات ثنائية أو متعددة الأطراف أو إقليمية .وقد تشمل وكالات التنمية الثنائية (مثل Deutsche GIZ،Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit)، وبنوك التنمية متعددة الأطراف(مثل البنك الدولي)، ووكالات الأمم المتحدة (مثل برنامج الأمم المتحدة الإنمائي)، وبنوك التنمية الإقليمية (مثل البنك الإفريقي للتنمية)، والمنظمات الحكومية الدولية (مثل الصندوق العالمي للحياة البرية)، إلخ.

وفي قمة التكيف مع التغير المناخي، التي عقدتها الأمم المتحدة وهولندا في 25 كنون الثاني/يناير من عام 2021، شدد أمين عام منظمة الأمم المتحدة أنطونيو غوتيريش على ضرورة عدم إهمال جهود التكيف مع آثار التغير المناخي.

وقال إن الحاجة لذلك تشتد في الدول النامية، التي تحتاج إلى حوالي 70 مليار دولار لتنفيذ خططها في هذا المجال. وقد يصل هذا الرقم إلى 300 مليار خلال عام 2030، و500 مليار دولار خلال عام 2050، وفق أحدث التقارير حول فجوات التكيف المناخي.

ودعا غوتيريش إلى تخصيص 50 % من التمويل المناخي لجهود التكيف والصمود. وحث جميع المانحين والبنوك التنموية متعددة الأطراف على الالتزام بهذا الهدف بحلول موعد انعقاد المؤتمر السادس والعشرين لأطراف اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية لتغير المناخ، والمقرر عقده في المملكة المتحدة في تشرين الثاني/نوفمبر 2021.

11-6 -خيارات الاستجابة الخاصة بالتكيف مع تغير المناخ:

إن خيارات التكيف متوفرة في جميع القطاعات، ولكن سياق التنفيذ الخاص بها وإمكانية الحد من المخاطر ذات الصلة بتغير المناخ تختلف فيما بين القطاعات والمناطق، وهناك بعض الاستجابات الخاصة بالتكيف التي تشمل المنافع المشتركة الكبرى وأوجه التآزر والمقايضات وأن زيادة تغير المناخ ستزيد من التحديات الخاصة بالعديد من خيارات التكيف.

إن الخبرة بقضية التكيف تتراكم في مختلف المناطق على مستوى القطاعين العام والخاص وداخل المجتمعات المحلية، ومن المتوقع أن تزيد الحاجة إلى التكيف مع زيادة التحديات المرتبطة بتغير المناخ. والتكيف نُهج لإدارة مخاطر تغير المناخ.

وتتوفر نُهج تكميلية للتكيف على جميع المستويات «مثل المبادرات واسعة النطاق للحد من المخاطر والخاصة بالقطاعين العام والخاص والتنويع الاقتصادي».

11-7 -برامج التكيف القطاعية

هي مجموعة من برامج التكيف مع تغير المناخ تغطي عدداً من القطاعات. وتركز هذه البرامج بصفة خاصة على:

- توفير البنية التحتية اللازمة للحد من المخاطر المتوقعة.

- تحسين كفاءة إدارة الموارد الطبيعية باستخدام نظم الرصد والمراقبة والإنذار المبكر والتقانات المناسبة، والاستعداد لمجابهة الكوارث، وبناء القدرات.
- إتاحة وتحسين وتبادل المعلومات بما في ذلك المعلومات المناخية، ورفع مستوى التوعية العامة وتكوين الشراكات.

وستكون هذه البرامج متّسقة مع التنمية الاقتصادية والاجتماعية، على نحو يشجّع النمو الاقتصادي المستدام ويساعد على الحد من الفقر، ويزيد من مرونة القطاعات الاقتصادية القابلة للتضرر من جراء تغير المناخ. ويشمل التكيف عدد من القطاعات، أهمها:

11-7-1 التكيف مع تغير المناخ في قطاع الصحة

يؤثر تغير المناخ على الصحة من خلال العديد من التأثيرات المباشرة وغير المباشرة، وتشمل الأحداث المناخية الشديدة، والأمراض المعدية المتغيرة، وسلامة الغذاء وانعدام الأمن المائي. بعض المجموعات السكانية أكثر عرضة لأخطار تغير المناخ بسبب وجودها في مناطق مخاطر أو بسبب العمر أو الصحة أو الوضع الاجتماعي.

يمكن أن تؤدي الأحداث المتطرفة المرتبطة بالطقس والمناخ (مثل موجات الحر والأمطار الشديدة والفيضانات) إلى تعطيل تقديم خدمات الرعاية الصحية والاجتماعية، ويمكن أن تلحق الضرر بالبنية التحتية. كما أن للزيادة الملحوظة في تواتر وشدة موجات الحرارة آثار كبيرة على صحة الإنسان لا سيما في المدن حيث أن تكتل الناس والأنشطة الاقتصادية يجعل المدن معرضة بشكل خاص لتأثيرات تغير المناخ ؛ وبالتالي ينبغي أن تكون مجالات ذات أولوية لتقييم الأثر الصحي لتغير المناخ وتنشيط خطط التكيف للرعاية الصحية

بغض النظر عن استراتيجيات التخفيف المطبقة، هناك حاجة ملحة لتطوير استراتيجيات مستدامة للتكيف مع التغيرات الجارية في المناخ وتتضمن هذه الاستراتيجيات:

- تقييم الآثار المستقبلية لتغير المناخ وتطوير مؤشرات النظام الصحي وتقييم التحديات الصحية الناشئة عن تغير المناخ والتخطيط لمواجهتها.
- تنمية مهارات أكبر في مجال الصحة البيئية وعلم الأوبئة بما في ذلك الأدوات والكفاءات لفهم المخاطر الصحية في سياق تغير البيئة والمناخ.
- تحسين مراقبة ومكافحة الأمراض المتصلة بالمناخ.
- خطط العمل الصحية لحالات الحر وخدمات الطوارئ.
- إدراج الصحة في صميم برنامج العمل الخاص بتغير المناخ [49] .

11 - 7 - 2 التكيف مع تغير المناخ في قطاع النقل

يضر تغير المناخ بإمكانيات النمو وكذلك بالاستثمارات التي تقدر بتريليونات الدولارات في قطاع النقل حيث يؤدي إلى:

- زيادة تكاليف تشغيل وصيانة وإصلاح وإعادة تأهيل البنية التحتية للنقل؛
- زيادة تكاليف إنشاء البنية التحتية الجديدة للنقل بسبب معايير التصميم ومواد البناء التي تتطلب التكيف مع المناخ.
- تغيير أو تعديل الهياكل الهيدروليكية القائمة وإجراءات الحماية من الفيضانات أو كليهما، والهياكل الهيدروليكية الجديدة الإضافية أو إجراءات الحماية من الفيضانات وبالتالي زيادة التكلفة.
- اضطرابات في تشغيل وخدمات شبكة النقل (إغلاق، عمليات محدودة، قيود، إلخ) تؤثر على الأنشطة الاقتصادية العادية وتؤدي إلى حدوث خسائر.

وهذا ما يجعل زيادة القدرة على التكيف-خاصة بالنسبة للنقل البري-جزءاً أساسياً من أجندة مواجهة تغير المناخ. وتتجلى أهمية ذلك خاصة في منطقة أفريقيا جنوب الصحراء حيث تزيد قيمة أصول شبكات الطرق عن 30 % من إجمالي الناتج المحلي للمنطقة [50]. وتبين أن تحسين صيانة الطرق هو أداة أساسية في دعم

قدرة الطرق على التكيف مع التغيرات المناخية في المنطقة. وبالبناء على الصيانة المناسبة، يبرز عدد من الاستراتيجيات التي تساعد على بناء قدرة شبكات الطرق على التكيف مع التغيرات المناخية ومنها:

- تحديث معايير ومواد التصميم والبناء لضمان أن تكون البنية التحتية المستقبلية أكثر مرونة في مواجهة الظواهر المناخية والظروف الجوية القاسية المتوقعة.
- ممارسة إدارة الأصول على أساس تقييم المخاطر المتعلقة بالحدث المناخي؛
- رسم خرائط مخاطر التعرض للإجهاد المناخي في البنية التحتية للنقل والاستثمار المستقبلي والاسترشاد بخرائط المخاطر.
- اعتماد نهج تخطيط النقل المدفوع باستراتيجية واسعة النطاق يتضمن المخاطر الناجمة عن الضغوط المتوقعة المتعلقة بالمناخ.
- تعزيز قوة شرائح معينة تتسم بالضعف وبناء قدرة المنظومة على التكيف من خلال زيادة المعروض، وبذل الجهود على نطاق المنظومة كلها لإصلاح المعايير والأساليب والمواد، وتحسين فاعلية الاستعداد والتعاطي مع الظواهر المناخية الجامحة.
- دمج وإدراج معايير الاستدامة في عمليات التخطيط والسياسات والقرارات الاستثمارية المتعلقة بنقل البضائع.
- الأخذ بسياسات وأنظمة وحوافز وبرامج مصمَّمة تبعاً للاحتياجات ومحددة الوجهة بغية تشجيع إيجاد نظم لنقل البضائع تتسم بالكفاءة والقدرة على المنافسة والاستخدام الأقل كثافة للطاقة والتوافق بدرجة أكبر مع البيئة.
- الدمج بين التخطيط للنقل والتخطيط لاستخدام الأراضي.
- التحوّل نحو استخدام أنواع الوقود المنخفض الكربون وتشجيع تكنولوجيات النقل ذات الكفاءة من حيث الطاقة.

- التوسّع في الاستثمار في البنية التحتية للنقل والنهوض بصيانة وإدارة البنية التحتية.
- إعادة التفكير في تصميمات سلاسل الإمدادات، بما في ذلك موقع أماكن الإنتاج.
- جمع وتقاسم البيانات ذات الصلة واستخدام مؤشرات للأداء.
- إعادة تشكيل بنية النقل وشبكاته وتحسين التعاون والربط الشبكي بين الجهات صاحبة المصلحة.
- النهوض بإجراءات تيسير التجارة التي تحد من التأخيرات التي تحدث عند الحدود وتحد من أوجه انعدام الكفاءة.
- إعادة رسم طرق التجارة بغية ضمان أكثر المسارات كفاءة في الطاقة وأقلها إصداراً لانبعاثات الكربون.

وفيما يتعلق بالتسلسل المطلوب للاستجابة للتحدي الذي يطرحه تغيّر المناخ بصورة خاصة ولبناء قدرة نظم نقل البضائع على التكيّف مع تغيّر المناخ، تنطوي الخطوة الأولى على تحسين فهم تأثيرات تغير المناخ على البنية التحتية والخدمات والعمليات المتعلقة بالنقل الساحلي وذلك لدى واضعي السياسات ومخططي النقل ومديري البِنى التحتية للنقل. وتكون الخطوة التالية هي تعزيز القدرة على صنع قرارات متبصرة ووضع سياسات فعالة وملائمة للاستجابة لتغيّر المناخ وإجراءات تكيّف فعالة وملائمة في هذا الصدد. ومما له أهمية حاسمة لضمان أن تكون إجراءات التكيّف المعتمدة مصمَّمة بما يعبّر عن الأوضاع المحلية ولاسيما في المناطق النامية، و إجراء تقييمات للمخاطر بخصوص البنية التحتية والمرافق البالغة الأهمية الخاصة بالنقل ولا سيما في الموانئ. بيد أن تحسين القدرة على التكيّف، لكي يكون أكثر فعالية، يلزم الدمج بين الإجراءات المتخذة والسياسات الأخرى مثل التأهب للكوارث، وتخطيط استخدامات الأراضي، وحماية البيئة، وتخطيط المناطق الساحلية، والخطط الوطنية المتعلقة بالتنمية المستدامة.

ونظرًا إلى أن البلدان النامية غير الساحلية والدول الجزرية الصغيرة النامية شديدة التعرّض، على نحو غير متناسب، لتأثيرات تغير المناخ، فإن بناء قدرة البنية التحتية وخدماتها المتعلقة بالنقل على التكيّف مع تغير المناخ هو أمر أساسي لتحقيق التنمية المستدامة لهذه البلدان ويعتمد بشدة على بناء قدرتها على التكيّف الاقتصادي. ومن شأن اتخاذ إجراءات إقليمية متضافرة بدعم من المجتمع الدولي أن يساعد على استخدام الموارد بشكل أمثل وذلك فيما يتعلق بكلتا هاتين المجموعتين من البلدان[51].

11-7-3 التكيف مع تغير المناخ في مجال المياه وإدارة الموارد المائية

سيؤدي تغير المناخ إلى تغير الدورة الهيدرولوجية بعدة طرائق، حيث إن ارتفاع درجات الحرارة سوف يؤدي إلى تغير أنظمة الطقس الرئيسية وبالتالي تغير الأوقات والأنماط المكانية لهطول الأمطار وما يترتب على ذلك من عواقب الجريان السطحي وتخزين المياه الجوفية والسطحية وتدفق الأنهار وبالتالي احتمال أكبر لحدوث التطرف مثل الجفاف والفيضانات في أجزاء مختلفة من العالم.

يحتاج العالم إلى التكيف مع تغير المناخ فيما يتعلق بالمياه وبإدارة الموارد المائية. وما لم يتم تناول التحسينات في إدارة موارد المياه بالشكل العاجل والمناسب، سيغدو التقدم صوب أهداف الحد من الفقر، والأهداف الإنمائية الألفية، والتنمية المستدامة بجميع أبعادها الاقتصادية والاجتماعية والبيئية خصوصاً في الدول النامية، عرضة للخطر.

تتجه استراتيجيات التكيف في قطاع المياه لمعالجة عدد من التغيرات التي يسببها تغير المناخ مثل أحداث الطقس المتطرفة. بشكل عام تحدد استراتيجيات التكيف الخيارات التالية:

- النهج القائم على إدارة المخاطر، والذي يهدف إلى الحد من المخاطر الناجمة عن تغير المناخ. هذا النهج يقيم المخاطر الحالية التي يتعرض لها النظام وثم يستخدم سيناريوهات المناخ لتقدير المستقبل عالي التأثر.

- تحديد نقاط الضعف في النظم الاجتماعية والبيئية والتأكد من عدم تجاوز العتبات الحرجة للضعف في النظم الاجتماعية والبيئية في ظل تغير المناخ حيث يأخذ تقييم الضعف بعين الاعتبار ظروف التنمية والحساسية لتغير المناخ.
- نهج القدرة التكيفية، والذي يبدأ بتقييم القدرة على التكيف الحالية ويهدف إلى زيادة هذه القدرة لتمكين الأنظمة من التعامل بشكل أفضل مع تغير المناخ وتقلباته.
- الإدارة المتكاملة للفيضانات وينبغي أن تتضمن تقييم مخاطر الفيضانات وآثار تغير المناخ على أحجام الفيضانات ومدى التعرض لها.
- أنظمة الإنذار المبكر لمواجهة حالات الجفاف، لا سيما بالنسبة للمناطق الشاسعة التي تمارس فيها الزراعة البعلية.
- بناء قدرة الدول والمجتمعات على مواجهة الكوارث والحد بشكل كبير من الخسائر الناجمة عن الكوارث في الأرواح والممتلكات. وتعزيز إدماج الحد من المخاطر المرتبطة بتقلب المناخ حالياً وتغيُّره مستقبلاً في استراتيجيات الحد من خطر الكوارث والتكيف مع تغير المناخ.
- تخطيط وتطبيق استثمارات جديدة، وتوسيع نطاق القدرة (الخزانات، وشبكات الري، والسدود، وإمدادات المياه، ومعالجة مياه الصرف، وإنعاش النظم الإيكولوجية).
- تعديل ممارسات التشغيل، ورصد وتنظيم النظم الحالية لاستيعاب الاستخدامات أو الظروف الجديدة (مثل البيئة، ومراقبة التلوث، والنمو السكاني).
- صيانة الشبكات الحالية وإصلاح الشبكات الرئيسية (مثل الخزانات، والقناطر، وشبكات الري، والقنوات، والمضخات، والأنهار، والأراضي الرطبة، وما إلى ذلك).

- إدخال تعديلات على العمليات والطلبات (حصاد مياه الأمطار، حفظ الماء، تحديد الأسعار، وضع القوانين، والتشريعات، تخطيط الأحواض، سداد مدفوعات خدمات النظم الإيكولوجية، مشاركة أصحاب المصلحة، تثقيف وتوعية المستهلك)، بالنسبة للشبكات الحالية ومستعملي المياه.
- استحداث تكنولوجيات فعالة جديدة (تحلية المياه، التكنولوجيا البيولوجية، طرائق الري الحديثة كالري بالتنقيط، إعادة استخدام مياه الصرف المعالجة، التدوير، ألواح الطاقة الشمسية).

ولا ينبغي السماح بأن تصبح الشكوك سبباً لعدم اتخاذ إجراءات. فالإدارة القادرة على التكيف تتغلب على التحديات التي تمثلها الشكوك التي تكتنف مختلف مدخلات اتخاذ القرارات المتعلقة بإدارة المياه، بما في ذلك التوقعات المناخية الطويلة الأجل. وتتطلب الإدارة القادرة على التكيف تغذية راجعة وتعديلات بصورة مستمرة تستند إلى معلومات توفرها شبكات الرصد.

من المرجح أن تطغى زيادة التقلب المناخي وحالات عدم التيقن القصيرة الأجل على أي اتجاه طويل الأجل، مما يزيد من تواتر الحالات المتطرفة. وسوف يستدعي هذا إدارة شاملة للمخاطر بما في ذلك الحد من مخاطر الكوارث عند مستويات مختلفة واعتماد تكنولوجيات جديدة لإعداد نظم إنذار مبكر مُحسنة، لعمليات الخزانات والطوارئ المحسنة.

وسيحتاج متعهدوا خدمات المياه إلى أن يضعوا في الاعتبار تنبؤات التغيرات المناخية وحالا ت عدم التيقن المرتبطة بها والتأهب لمخاطر تنطوي على المزيد من حالات الجفاف والفيضانات الشديدة. وستحتاج المجتمعات المحلية إلى خطط طوارئ للاستجابة السريعة والمنسقة للفيضانات وحالات الجفاف. ويمكن أن تُحسّن إدارة الطلب في قطاعات المستعملين الرئيسية إلى تحسين المرونة أيضاً.

ولقد أظهر إعداد هيكل أساسي لتنمية وتوزيع موارد المياه أن له مزايا كبيرة من الناحية الإنسانية ومن ناحية الاقتصاد الكلي وعلى العكس من ذلك، فإن البلدان التي تفتقر لهذه القدرة تعاني من صدمات مدمرة من جراء حالات الجفاف

والفيضانات. ويلزم تخزين المزيد من المياه لمواجهة زيادة تقلبات موارد المياه. وقد يكون بعض هذا طبيعياً -من قبيل تعزيز تغذية المياه الجوفية من خلال حصاد مياه الأمطار، وإدارة طبقات المياه الجوفية بشكل مستدام، وتغذية الأراضي الرطبة. وقد يكون بعض هذا من صنع الإنسان، من قبيل الخزانات الصغيرة والمتوسطة والكبيرة، رهنا بضمانات تكفل للبيئة والمجتمعات المحلية المتضررة. وسيلزم تخزين كلا النوعين في كثير من المناطق كضمان ضد حالات الجفاف والفيضانات، وكذلك لتوفير منافع متعددة الأغراض بصورة منتظمة [52].

11-7-4 التكيف مع تغير المناخ في قطاع الزراعة والحراجة واستعمالات الأراضي

يشكل التغيرات في استخدام الأراضي، ولا سيما إزالة الغابات، والممارسات الزراعية الصناعية القائمة على إنتاج محصول واحد، والإنتاج الصناعي للمواشي الذي يعتمد على قدر كبير من المدخلات الخارجية، القوى الرئيسية المحركة لانبعاثات غازات الدفيئة الناشئة عن الزراعة.

وقد كانت عمليات إزالة الغابات ناشئة إلى حد كبير عن الأنشطة المكثفة المتصلة بتربية قطعان الماشية، وإنتاج العلف والزيوت النباتية، وإنتاج الوقود الاحيائي على نطاق واسع سعياً لزيادة الصادرات في الغالب. كما كان لإزالة الغابات لأغراض الحصول على الحطب ولأغراض زراعة الكفاف من قبل الفقراء ومن لا يمتلكون أية أراضٍ في المناطق الريفية دور أيضاً في هذه الانبعاثات.

تعتبر الزراعة أكبر المهن على وجه الأرض فهي التي تمد العالم باحتياجاته من الغذاء. كما وتشغل الزراعة حوالي 40 % من مساحة الأرض اليابسة التي نعيشها عليها وتستهلك حوالي 70 % من موارد العالم المائية و30 % من المحميات الخضراء في العالم [53] . وفي معظم البلدان النامية، تشكل الزراعة نسبة تتراوح بين 20 و60 % من الناتج المحلي الإجمالي وتوظف نسبة تصل إلى 65 % من قوة العمل، وتؤمن سبل الرزق لقرابة 2.6 مليار شخص على نطاق العالم. وعلى الرغم من

تزايد الإنتاج الغذائي العالمي على مدى العقود القليلة الماضية، فإن تحقيق الهدف الإنمائي للألفية المتمثل في خفض مستوى الفقر لم يتحقق[54]، أشارت التقديرات في الإصدار الأخير من تقرير حالة الأمن الغذائي والتغذية في العالم، أنّ ما يقارب 690 مليون شخص كانوا يعانون الجوع في عام 2019، أي بزيادة قدرها 10 ملايين نسمة مقارنة بعام 2018، وبنحو 60 مليون نسمة خلال فترة خمس سنوات. كما أن ارتفاع التكاليف وتراجع القدرة على تحملّها يعني أيضًا أن مليارات الأشخاص غير قادرين على تناول أغذية صحية أو مغذية [54].

كان قطاع الزراعة في معظمه لقرون كثيرة عبارة عن مزارع أسرية تنتج مختلف أنواع المحاصيل والماشية. أما اليوم، فقد أصبحت زراعة المحاصيل وتربية الماشية في معظم الاقتصادات المتقدمة واقتصادات الأسواق الصاعدة في مجموعة العشرين تعتمدان اعتماداً كبيراً على الصناعة والتطبيقات الكيميائية الاصطناعية والتعديل الجيني وإزالة الغابات من أجل إنتاج كميات متزايدة من اللحوم ومنتجات الألبان والبيض وكذلك الألياف والأخشاب والوقود الاحيائي .

وفي البحار، تتيح المعدات الحديثة مثل سفن الصيد العمالقة ذات الشبكات الميكنة، الاستفادة من المياه العميقة في المواقع النائية لصيد الأسماك بمعدل يفوق معدل تكاثرها.

وفي البلدان منخفضة الدخل، تتعرض المجتمعات المحلية والتنوع الحيوي لخطر كبير بسبب ممارسات الزراعة والصيد غير السليمة، والاعتماد المفرط على المحاصيل غير الغذائية، والتقلبات المناخية المتطرفة. ويؤدي تطهير الأرض إلى تدمير الغابات المحلية وتآكل التربة وضعف الحصاد. وتقوم سفن الصيد التجارية العالمية بصفة دورية بالاستيلاء على مخزون الأسماك المحلية. ويفرض تدني الإنتاجية القطاعية نتيجة ارتفاع درجات الحرارة وأحداث الطقس غير المعتادة معوقات أمام تحقيق أمن الدخل والغذاء، مما يدفع العديد من المزارعين والصيادين إلى الاعتداء على أراضي الغير أو إنتاج الفحم من أجل تحقيق دخل كاف لتغطية مصروفاتهم.

وفي الوقت الحالي، تستخدم الزراعة الصناعية من الأسمدة ما يزيد بمرتين أو ثلاث مرات، ومن مبيدات الآفات ما يزيد بمرة ونصف مرة، عما كانت تستخدمه قبل 40 سنة لإنتاج كيلوغرام واحد من الغذاء. وتستخدم الزراعة الصناعية أيضاً من الطاقة ما يزيد بعشر مرات عما تستخدمه الزراعة العضوية البيئية، فهي تستهلك وسطياً 10 سعرات حرارية من الطاقة مقابل كل سعرة حرارية غذائية يتم إنتاجها. وهذا الاختلال لا يكون ممكناً إلا باستخدام مدخلات طاقة رخيصة ترتبط بأسعار مشوهة. يواجه الأمن الغذائي والزراعة تحديات كبيرة في ظل تغير المناخ، من حيث الآثار السلبية المتوقعة على الإنتاجية وكذلك على تنفيذ الإجراءات ضمن هذا القطاع للحد من ظاهرة الإحترار العالمي.

ويُطلق قطاع الزراعة غازات الدفيئة عن طريق تحلل مخلفات المزارع، وانخفاض كمية المواد العضوية في التربة المحروثة، وإطلاق الغازات من حيوانات المزارع. كما يطلق هذا القطاع هذه الغازات بطريقة غير مباشرة من خلال إنتاج الأسمدة الكيماوية، والتي تستهلك عمليات تصنيعها مقاديرَ هائلة من الطاقة. ولقد أمكن القيام بالثورة الزراعية في جانب كبير منها بسبب الاعتماد واسع النطاق للأسمدة الكيماوية والكيماويات الأخرى والمكننة الزراعية والري بالآلات أيضاً. وتدفع إضافة السماد الكيميائي الأحياء الدقيقة في التربة إلى إطلاق غاز أوكسيد النتروز، وهو من غازات الدفيئة القوية، حيث يعادل واحدة الكتلة منه نحو 300 ضعف تأثير ثاني أوكسيد الكربون في ظاهرة الدفيئة. ووفقاً لوكالة حماية البيئة الأميركية، يُعد أوكسيد النتروز مسؤولاً عن 6 % من الإحترار العالمي. وإن أي عكس كبير في اتجاه استخدام هذه المستلزمات هو أمر غير محتمل وغير مرغوب فيه أيضاً وذلك ما لم نتمكن من إيجاد طرائق أخرى لإتاحة الغذاء لسكان العالم ممن لا تزال أعدادهم في ازدياد.

ونتيجة لجميع هذه التحولات، أصبح قطاع الزراعة في الوقت الحالي مصدرا لربع انبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن الأنشطة البشرية بينما تنشأ8 % أخرى من الانبعاثات عن زراعة المحاصيل غير الغذائية وإزالة الغابات، حسب التقرير الخاص بشأن تغير المناخ والأراضي الصادر عام 2019 عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ [55].

وتعد الأبقار والخراف من أهم مصادر اللحم والألبان، لكن لها تأثير في انبعاثات غازات الدفيئة نظرا لانبعاث غاز الميثان منها، وهو من غازات الدفيئة القوية التأثير. وتمثل الثروة الحيوانية حوالي 15 % من غازات الدفيئة العالمية سنويا حسب تقديرات منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة. ويعادل ذلك تقريبا الانبعاثات الناتجة عن جميع السيارات الشاحنات والطيارات والسفن في العالم، أو الانبعاثات الناتجة عن الصين. ويعكس إضرام النار في غابات الأمازون المطيرة ووسط إفريقيا إفساح المجال للأنشطة الرعوية المفاضلة الكارثية بين تربية الماشية والتنوع الإحيائي والقدرة المتناقصة للكوكب على امتصاص ثاني أكسيد الكربون المنبعث عن الأنشطة البشرية.

ومع نمو التعداد العالمي للسكان وزيادة الطلب السكاني على المنتجات الحيوانية، ستزداد صعوبة تحقيق الأهداف اللازمة للحد من تغير المناخ. وما لم تتخذ أي إجراءات، يمكن بحلول عام 2030 أن يشكل قطاع الثروة الحيوانية وحده 37 % من الانبعاثات المسموح بها لكي يظل مستوى الإحترار العاملي أقل من 2 درجتين مئويتين حسب المستهدف، و49 %إذا كانت درجة الحرارة المستهدفة 1.5 درجة مئوية، وبخلاف تأثيره المباشر على تغير المناخ، يستخدم قطاع الزراعة والأغذية الكثير من موارد الكوكب، بما في ذلك حوالي 50 % من الأرض الخالية من الثلوج والصحراء و70 % موارد المياه العذبة. وتستنزف الزراعة هذه الموارد بسبب ما ينبعث عنها بصفة مستمرة من ملوثات، مثل مبيدات الآفات والأسمدة المصنعة وروث الحيوانات، والكائنات المعدلة جينيا والرواسب في مسطحات المياه، وخسارة التربة السطحية وتملح الأراضي المروية وتشبعها بالمياه. وقد وجد أن أساليب الزراعة الحالية تؤدي إلى تدهور التربة بوتيرة أسرع تزيد على 100 مرة من وتيرة تكون التربة الجديدة. كذلك تعد الزراعة السبب الرئيسي وراء الهلاك واسع النطاق لكوكب الأرض، حسب المنبر الحكومي الدولي للعلوم والسياسات في جمال التنوع الحيوي وخدمات النظم الإيكولوجية التابع للأمم المتحدة (2019).

بلغت انبعاثات الميثان العالمية من الزراعة والحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي AFOLU (161 ± 43) مليون طن من الميثان سنوياً و 1.2

± 4.5 غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً في الفترة 2007 – 2016 (ثقة متوسطة). وحصل زيادة مطردة في المتوسط العالمي لتركيز الميثان في الغلاف الجوي بين منتصف ثمانينيات القرن العشرين وأوائل تسعينياته، وتباطؤ نموه بعد ذلك حتى عام 1999، حيث لم يحدث أي نمو في تركيز الميثان من عام 1999 إلى عام 2006، تلاها استئناف للنمو في عام 2007 (ثقة عالية). وتشكل المصادر البيوجينية نسبة من الانبعاثات أكبر من النسبة التي كانت تشكلها قبل عام 2000 (ثقة عالية). وتمثل الحيوانات المجتّرة والتوسع في زراعة الأرز عاملين هامين سأهما في ارتفاع نسبة تركيز الميثان في الغلاف الجوي (ثقة عالية).

وانبعاثات أكسيد النيتروز البشرية المنشأ من الزراعة والحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي (AFOLU) آخذةٌ في الارتفاع، وبلغت 2.5 ± 8.7 مليون طن من أكسيد النيتروز سنوياً 0.7 ± 2.3 غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً خلال الفترة 2007 – 2016 . وترجع انبعاثات أكسيد النيتروز N2O البشرية المنشأ من التربة أساساً إلى استخدام النتروجين، بما يشمل أوجه عدم الكفاءة والاستخدام المفرط أو سوء توافقه زمنياً مع توقيتات الطلب على المحاصيل(ثقة عالية).

وقد انبعث من تربة أراضي المحاصيل حوالي 3 ملايين طن من أكسيد النيتروز سنوياً أي حوالي 795 مليون طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً أثناء الفترة 2007 – 2016 (ثقة متوسطة). وحدث نمو رئيسي في الانبعاثات من المراعي المدارة نتيجة لزيادة ترسّب السماد العضوي (ثقة متوسطة). وكانت الماشية الموجودة في المراعي وأراضي الرعي المدارة مسؤولة عن أكثر من نصف إجمالي انبعاثات أكسيد النيتروز البشرية المنشأ من الزراعة في عام 2014 (ثقة متوسطة).

ويمثل إجمالي الانبعاثات الصافية لغازات الاحتباس الحراري من الزراعة والحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي AFOLU 12.0 +/- 2.9 غيغاطن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنوياً خلال الفترة 2007 – 2016 . وهذا يمثل 23 % من إجمالي الانبعاثات الصافية البشرية المنشأ. أما النُهج الأخرى، من

قبيل النظام العالمي للأغذية، فهي تشمل الانبعاثات الزراعية والتغير في استخدام الأراضي (أي إزالة الغابات وتدهور الأراضي الخثيّة)، وكذلك الانبعاثات خارج المزرعة من قطاعات الطاقة والنقل والصناعة لإنتاج الأغذية. وتمثل الانبعاثات داخل المزرعة ومن توسّع الأراضي الزراعية الذي يساهم في النظام العالمي للأغذية ما يتراوح بين 16 % و 27 % من إجمالي الانبعاثات البشرية المنشأ (ثقة متوسطة). وتمثل الانبعاثات خارج المزرعة ما يتراوح بين 5 % و 10 % من إجمالي الانبعاثات البشرية المنشأ (ثقة متوسطة). ونظراً لتنوع نظم الأغذية، هناك اختلافات إقليمية كبيرة في المساهمات من المكونات المختلفة لنظام الأغذية (ثقة عالية جداً). ومن المتوقع أن تزيد الانبعاثات من الإنتاج الزراعي (ثقة عالية)، مدفوعة بالنمو السكاني ونمو الدخل وبالتغيرات في أنماط الاستهلاك (ثقة متوسطة).

تؤثر التغيرات في أحوال الأراضي، على المناخ العالمي والإقليمي (ثقة عالية)، وعلى النطاق الإقليمي. قد يحد تغيّر أحوال الأراضي من الاحترار أو يزيد من حدّته ويؤثر على شدة الظواهر المتطرفة وتواترها ومدتها. ويتباين حجم هذه التغيرات واتجاهها حسب المكان والموسم (ثقة عالية).

فمنذ ما قبل العصر الصناعي، أدت التغيرات في غطاء الأراضي الناجمة عن الأنشطة البشرية إلى إطلاق صافٍ لثاني أكسيد الكربون أسهم في الاحترار العالمي (ثقة عالية)، وأيضاً إلى زيادة في ألبيدو (بياض) الأراضي على نطاق العالم مما سبّب تبريداً للسطح (ثقة متوسطة). وخلال الفترة التاريخية، يقدّر أن التأثير الصافي الناتج عن ذلك على المتوسط العالمي لدرجات الحرارة السطحية ضئيل (ثقة متوسطة).

ويمكن أن يتعدل احتمال ظواهر متطرفة كثيرة وشدتها ومدتها تعديلًا كبيراً بواسطة التغيرات في أحوال الأراضي، بما في ذلك الظواهر المرتبطة بالحرارة من قبيل موجات الحر (ثقة عالية) وظواهر الهطول الغزير (ثقة متوسطة). وقد تؤثر التغيرات في أحوال الأراضي على درجة الحرارة وسقوط الأمطار في أقاليم تبعد مئات الكيلومترات (ثقة عالية).

ومن المتوقع أن يؤدي تغيّر المناخ إلى تغيير أحوال الأراضي مع وجود تأثيرات تفاعلية على المناخ الإقليمي. ففي المناطق الشمالية التي ينتقل فيها خط الأشجار في اتجاه الشمال و/أو يطول فيها موسم النمو، سيتعزز الاحترار الشتوي نتيجة لانخفاض الغطاء الثلجي والألبيدو بينما سيقل الاحترار خلال موسم النمو بسبب زيادة التبخر النتحي (ثقة عالية). أما في المناطق المدارية التي من المتوقع أن يزيد فيها سقوط الأمطار فإن زيادة نمو الغطاء النباتي ستحد من الاحترار الإقليمي (ثقة متوسطة). وقد تؤدي زيادة جفاف التربة نتيجة لتغير المناخ إلى زيادة شدة موجات الحر، في حين يكون لزيادة رطوبة أحوال التربة تأثيرا عكسيا (ثقة عالية).

ويُفاقم التصحر الاحترار العالمي من خلال إطلاق ثاني أكسيد الكربون الذي يرتبط به حدوث تناقص في الغطاء النباتي (ثقة عالية) وهذا التناقص في الغطاء النباتي يؤدي عادةً إلى زيادة الألبيدو المحلي، مما يفضي إلى تبريد السطح (ثقة عالية).

والتغيرات في الغطاء الحرجي، الناجمة مثلًا عن زراعة الغابات وإعادة زراعة الغابات وإزالة الغابات، تؤثر تأثيراً مباشراً على درجة الحرارة السطحية الإقليمية من خلال التفاعلات بين المياه والطاقة (ثقة عالية). وحيثما يزيد الغطاء الحرجي في المناطق المدارية يحدث تبريدا نتيجة لتعزيز التبخر النتحي (ثقة عالية). وقد تؤدي زيادة التبخر النتحي إلى زيادة برودة الأيام أثناء موسم النمو (ثقة عالية) وقد تحد من نطاق الظواهر المرتبطة بالحرارة (ثقة متوسطة). وفي الأقاليم التي يوجد فيها غطاء ثلجي موسمي، من قبيل الأقاليم الشمالية وبعض الأقاليم المعتدلة المناخ، يكون لزيادة غطاء الأشجار والجنبات تأثيرا احترايا شتويا أيضا نتيجة لانخفاض الألبيدو السطحي (ثقة عالية).

ويمكن أن يعزز الاحترار العالمي والتوسع الحضري على السواء الاحترار في المدن والمناطق المحيطة بها (تأثير الجزيرة الحرارية)، لاسيما أثناء الظواهر المرتبطة بالحرارة، بما في ذلك موجات الحر (ثقة عالية). وتتأثر به درجات الحرارة أثناء فترة الليل تأثراً أكبر من تأثر درجات الحرارة به أثناء فترة النهار (ثقة عالية). كما أن زيادة التوسع الحضري قد تؤدي إلى تكثيف الظواهر المتطرفة

لسقوط الأمطار على المدينة أو في اتجاه الرياح التي تهب في المناطق الحضرية (ثقة متوسطة).

وبما أن الزراعة قطاعا رئيسيا لتحقيق التنمية الاقتصادية والاجتماعية في البلدان النامية حيث يعتمد معظم فقراء العالم على الإنتاج الزراعي كمصدر رئيسي لدخل الأسرة ويساهم الإنتاج الزراعي لأصحاب الحيازات الصغيرة بأكبر نسبة من الإمدادات الغذائية العالمية فإن الاستراتيجيات الرئيسية للتكيف في قطاع الزراعة يجب أن تقوم على مبادئ التنمية المستدامة والتنويع. يجب أن تتحسن معدلات الإنتاجية من أجل مواجهة التحدي المزدوج المتمثل في تحقيق الأمن الغذائي للبليون الذين يعانون من نقص التغذية في العالم وتوليد إمدادات غذائية كافية لتلبية الطلب العالمي المتزايد. في حين الزراعة على نطاق صغير وحدها لن تكون قادرة على تحقيق هذه الأهداف، فالزراعة التجارية على نطاق واسع تعتمد في كثير من الأحيان على الممارسات غير المستدامة التي تعرض الإنتاج المستقبلي للخطر من خلال الإضرار بالموارد نفسها التي تعتمد عليها تعتمد الزراعة. يجب اعتماد نهجًا بيئيًا زراعيًا للإنتاج الزراعي يوفر مجموعة من الخيارات التكنولوجية التي تستجيب مباشرة لهذه التحديات. يستخدم علم البيئة الزراعية المعرفة الزراعية الأصلية والتقنيات الحديثة المختارة للاستفادة منها وتجديدها الموارد خلال عملية الإنتاج الزراعي. إنها قابلة للتكيف مع كل من أنظمة الزراعة الصغيرة والكبيرة، تبني مرونة طويلة الأمد وتعزز الإنتاجية[56].

في ظل مواجهة مناخ أكثر جفافا وتقلّباً، فإن لدى المزارعين عدداً من الخيارات لتحسين الممارسات الزراعية، والتي ليس من شأنها أن توفر لهم مزيداً من التأقلم والمرونة تجاه تغير المناخ فحسب، بل إنها تزيد أيضا من كفاءة واستقرار الإنتاج في ظل الظروف الراهنة. فالتحول من القمح إلى محاصيل أخرى أسرع نضوجاً مثل الذرة، أو إلى زراعة محاصيل أكثر مقاومة للجفاف مثل الشعير، يساعد على تحقيق الهدفين معا. إن تنويع إنتاج المحاصيل لتشمل المحاصيل ذات القيمة العالية مثل الفواكه والخضروات الأكثر مرونة وتأقلماً مع المناخ يمكنه أن يجعل المزارعين

أكثر قدرة على التكيف مع المناخ المتقلب. وهناك حاجة إلى التركيز على رفع كفاءة الري من خلال توزيع أكثر دقة في المساحات المزروعة مثل الري بالتنقيط وفي الوقت مثل استخدام المكملات للمحاصيل البعلية. وفي ظل التوقعات بازدياد كثافة هطول الأمطار، فإن قيمة حصاد المياه المحلي وزيادة السيطرة على تعرية التربة ستزيد.

سيحتاج المزارعون إلى دعم فني ومؤسسي أفضل لمواجهة هذه التحديات، ومن المهم أن تتوفر ضمن هذه الأنظمة الداعمة إجراءات لإدارة المخاطر من خلال التحذيرات المتعلقة بالأحوال الجوية، والوصول الميسر إلى الائتمان والتأمين، وتوفر إجراءات شبكات الأمن الاجتماعي، إذ إن مثل هذه الإجراءات تشجع المزارعين على الانتقال إلى أنظمة زراعة جديدة تتناسب مع الظروف المناخية والاقتصادية المستقبلية.

يعرض الجدول (11- 1) تقنيات التكيف التي تم تطبيقها على الإنتاج الزراعي الصغير والكبير في عدد من البلدان النامية والتي تم تنفيذها في سياقات ثقافية واجتماعية وبيئية واقتصادية متنوعة.

الجدول 11-1

تقنيات التكيف مع تغير المناخ التي تم تطبيقها على الإنتاج الزراعي الصغير والكبير في عدد من البلدان النامية.

	التقنيـــــات
التخطيط لتغير المناخ وتقلباته	نظام مراقبة تغير المناخ
	التنبؤات الموسمية
	أنظمة الإنذار المبكر
	تأمين تغير المناخ
تقنيات الاستخدام المستدام للمياه وإدارتها	الري بالرش والري بالتنقيط
	حصاد الضباب
	حصاد مياه الأمطار

إدارة التربة	نظام المصاطب
	الحراثة المحافظة على البيئة
	الإدارة المتكاملة لمغذيات التربة والمحافظة على قدرة التربة الإنتاجية وزيادة خصوبتها تحسين مواصفاتها بالاستفادة من المخلفات الزراعية بتحويلها إلى محسنات تربة (كمبوست)
الإدارة المستدامة للمحاصيل	تنويع المحاصيل والأصناف الجديدة و استبدال المحاصيل الشرهة للماء بمحاصيل أقل حاجة للماء ومحاصيل مقاومة للجفاف لمواجهة النقص في معدلات الهطولات المطرية.
	التكنولوجيا الحيوية للتكيف مع تغير المناخ للمحاصيل
	إدارة الآفات البيئية
	تخزين البذور والحبوب
الإدارة المستدامة للثروة الحيوانية	إدارة أمراض المواشي
	التربية الانتقائية عن طريق التزاوج المنضبط
نظم الزراعة المستدامة	الزراعة المختلطة
	الزراعة الحراجية
تطوير القدرات وإنشاء منظمات لأصحاب المصلحة	وكالات للإرشاد الزراعي المجتمعي
	مدارس حقلية للمزارعين
	مجموعات إدارة الغابات
	إنشاء جمعيات لإدارة المياه

من المستحسن أن يتم اتخاذ القرار المحلي بشأن تكنولوجيات التكيف داخل إطار التكيف المجتمعي. يخلق التكيف المجتمعي آليات للحوكمة الشاملة التي تشرك مجموعة من أصحاب المصلحة مباشرة مع الحكومة المحلية أو هيئات التنسيق الوطنية، ويسهل التخطيط التشاركي ورصد وتنفيذ أنشطة التكيف. هذا النهج لا يساعد فقط على ضمان قبول برامج التكيف، بل يضمن قابلية تطبيقه على الظروف

المحلية وبالتالي من المرجح أن ينجح البرنامج. كما أنه يضع المنتجين في المركز من عمليات صنع القرار. إن إدراك مواطن الضعف الحالية لتغير المناخ يشكل نقطة انطلاق أساسية لعمليات التخطيط، ويجب دمج المعرفة المحلية من أولئك الموجودين في المقدمة من الإنتاج الزراعي. علاوة على ذلك، فإن التكيف المجتمعي يمكّن توجيه التمويل وتنفيذ الإجراءات المطلوبة. يجب الأخذ بعين الاعتبار توجيه التمويل المناخي والبيئي إلى المزارعين أصحاب الحيازات الصغيرة، حيث يُرابط المزارعون أصحاب الحيازات الصغيرة على خطوط المواجهة مع تغيُّر المناخ. ويعيش هؤلاء المزارعون في بعض أكثر البيئات ضعفاً، مثل سفوح التلال، والمراعي، والأراضي القاحلة وشبه القاحلة، ودلتا الأنهار، والسهول الفيضية، ويعتمدون على الموارد الطبيعية الحساسة للمناخ لكسب عيشهم [56].

إن الغابات والحراج تغطي نحو ثلث (31 %) مساحة اليابسة في العالم، أي أكثر قليلا من 4 مليارات هكتار. بيد أن الغابات لا تمتد فقط فوق مساحات هائلة من كوكبنا، بل تلعب دورا حيويا في ضبط المناخ، كما أن لها أهمية بالغة في معالجة الآثار المترتبة على تغير المناخ.

لقد ركزت المناقشات على المستويين الدولي والوطني بشأن الغابات وتغير المناخ إلى حد كبير على قيمة خفض الانبعاثات الناتجة عن قطع الغابات وتدهورها وتعزيز مخزونات الكربون (برنامج الأمم المتحدة لخفض الانبعاثات الناتجة عن قطع الغابات وتدهورها). ويهدف هذا البرنامج في جوهره إلى تغيير هياكل الحوافز لصالح حماية الغابات.

والأمر الأقل وضوحا، وإن كان بنفس القدر من الأهمية، هو دور الغابات في تعزيز قدرة المساحات الخضراء على التكيف مع تغير المناخ. توفر الغابات والأشجار خدمات بيئية تتراوح من زيادة جودة المياه وكميتها إلى الحد من تآكل التربة وتوفير ظروف مناخية في مناطق معينة من أجل المحافظة على الإنتاجية (أو تحسينها في بعض الحالات).

تتراوح دورة حياة الغابات من عقود إلى قرون. تستند القرارات المتخذة اليوم على الافتراض أن المناخ سيظل مستقرًا نسبيًا طوال حياة الغابة لكن تغير المناخ في المستقبل يتحدى هذا الافتراض. التكيف لتغير المناخ في إدارة الغابات يتطلب الاستجابة المخطط لها في وقت مبكر للتعامل مع آثار تغير المناخ. تتضمن الاستجابة للتكيف مع التغيرات المناخية تعديلات في النظم البيئية والاجتماعية والاقتصادية. يجب اعتماد سياسة تكيف في قطاع الغابات فعالة قادرة للاستجابة لمجموعة متنوعة من الجوانب الاقتصادية والظروف الاجتماعية والسياسية والبيئية تتضمن [57]:

- تحديد أهداف لمستقبل الغابات تحت تأثير تغير المناخ؛
- زيادة الوعي والتعليم داخل بين سكان المناطق القريبة من الغابات حول التكيف مع تغير المناخ؛
- تحديد مدى ضعف النظم الإيكولوجية للغابات والمجتمع المحيط؛
- تطوير إجراءات تكيف فعالة من حيث التكلفة في الحاضر والمستقبل؛
- إدارة الغابة للحد من الضعف وتعزيز التعافي؛
- المراقبة المستمرة لتحديد حالة الغابة وتحديد متى يتم الوصول إلى العتبات الحرجة؛
- الإدارة الفعالة للتقليل من التأثير عند حدوثه والسرعة في التعافي وتقليل التعرض للمزيد من التغيرات المناخية.

الإجراءات التكيفية في الغابات:

- **إدارة الجينات**

تعتمد مناطق نقل البذور على افتراض الحدود المناخية المثلى للأنواع والأصول. تغير المناخ يعني أن المدى الجغرافي لهذه المناطق سوف يتغير وسوف تحدث تجمعات جديدة للأنواع وبالتالي يجب اتباع عدد من الأنشطة للتكيف مع هذه التغييرات والحفاظ على التنوع الجيني والمرونة في الغابات وتتضمن هذه الأنشطة[57] :

- تحديد استجابات الأنواع والأنماط الجينية للمناخ وحدود قابلية نقلها وتطوير مناطق البذور المعتمدة على المناخ التي ستتغير بمرور الوقت. يجب اختبار الأصول في حدود مداها البيئي وفهم الأساس الفسيولوجي لاستجابتها.
- تربية الأنماط الجينية المقاومة للآفات ولتحمل أوسع لمجموعة من الضغوط المناخية والظواهر المتطرفة.
- إعادة تقييم مواقع بساتين البذور. يؤدي المناخ المتغير أن بساتين البذور موجودة في نظم مناخية غير مناسبة لإنتاج بعض أنواع البذور
- زرع مزيج من الأنواع في الموقع
- إعادة تقييم برامج الاصلاح والتعافي. تكون عادة الأنواع النباتية النادرة والمهددة بالانقراض ذات متطلبات بيئية خاصة وتنوع جيني منخفض. في كثير من الحالات يكون الحفاظ على مدى طويل لبعض الأنواع النادرة ممكنًا فقط في المحميات الاصطناعية وليس في البيئات الطبيعية.

- **حمايــة الغابــات**

يمكن خسارة جزء كبير من الغابات من خلال حدوث الاضطرابات مثل الحرائق أو العواصف الثلجية والآفات. تشمل الإجراءات التكيفية للتعامل مع التغيرات المحتملة في أنظمة حرائق الغابات

التركيز على حماية المناطق ذات القيمة الاقتصادية أو الاجتماعية العالية

تغيير هيكل الغابة (على سبيل المثال، تباعد الأشجار وكثافتها، أو الأشجار الميتة القائمة، أو الحطام الخشبي على أرضية الغابة) لتقليل مخاطر ومدى الاضطرابات

تطوير الإدارة الذكية للحرائق باستخدام أنشطة الحصاد والتجديد والمراقبة الدائمة وأنشطة إدارة الوقود للسيطرة على انتشار حرائق الغابات على سبيل المثال، يمكن زراعة أشجار الحور الرجراج، وهي من الأنواع المقاومة للحريق وسط

الصنوبريات الأكثر قابلية للاشتعال في الغابة لتقليل التعرض للحرائق الكبيرة. هذا مثال على إجراء تكيفي يجب أن يبدأ الآن ليكون فعّالاً بعد عقود في المستقبل.

- تعزيز تعافي الغابات بعد اضطرابات الحرائق
- تجديد الغابات
- التعرف على الأنواع الوراثية المقاومة للجفاف
- زراعة الأشجار القادرة على تحمل الظروف المختلفة
- السيطرة على الأنواع النباتية غير المرغوب فيها، والتي أصبحت أكثر قدرة على المنافسة في ظل تغير المناخ، من خلال إجراءات إدارة الغطاء النباتي

- **إدارة الغابـات**

يمكن أن يؤدي تغير المناخ في المستقبل إلى زيادة إنتاجية الغابات الواقعة في الشمال، على الأقل في المدى القريب، ومن المرجح أن يحد توافر المغذيات وتأقلم الأشجار من إمكانية زيادة النمو بسبب ارتفاع تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي ويمكن توقع زحف الأراضي العشبية في المناطق الأكثر جفافاً وبالتالي، فإن الحفاظ على النظم الإيكولوجية للغابات في مواجهة تغير المناخ التدريجي سوف يتطلب إدارة للغابات وأنظمة لإدارة المواقف المتدهورة والمضطربة. تشمل الإجراءات التكيفية لمعالجة هذا الأمر الإزالة الانتقائية للأنواع التالفة أو ذات النوعية الرديئة من أجل زيادة توافر الضوء والماء والمغذيات للأشجار المتبقية.

الحد من التعرض للاضطرابات المستقبلية من خلال إدارة كثافة الأشجار، وتكوين الأنواع، وهيكل الغابات (على سبيل المثال، التشجير، زراعة الأنواع المتتالية المتأخرة)، وموقع وتوقيت إدارة الأنشطة.

زراعة نباتات صغيرة حول النباتات طويلة القامة وزراعة أنماط جينية جديدة حيث يكون التجديد الحالي مصدر للغابات المستقبلية.

تقليل فترة التناوب المتبعة في الزراعة للإسراع في إنشاء أنواع غابات أفضل تكيفًا.

ويمكن للإدارة المستدامة للغابات أن تعزز أيضا القدرات الاجتماعية، من خلال تنويع مصادر الإيرادات وإمدادات الإنتاج، وبناء قدرات المؤسسات المحلية والوطنية[58].

يلزم إدماج الغابات في اقتصاد الدول على نحو أفضل، وحماية وتعزيز الدور البيئي الذي تقوم به محليا وعالميا.

في الصين، على سبيل المثال، زرع مشروع التشجير البيئي في شاندونغ أشجارا على مساحة 66915 هكتارا من المنحدرات الجبلية القاحلة والمناطق الساحلية المالحة، وزاد الغطاء الحرجي، وحد من تآكل التربة، وأدى إلى تحسين البيئة والتنوع الحيوي.

وبفضل النتائج الأولية الإيجابية، وسعت الحكومة نطاق الجهود وزرعت 84 ألف هكتار أخرى من الأشجار والشجيرات خارج منطقة البرنامج الأولية. ويتوقع أن تعزل هذه المناطق مجتمعة نحو 22 مليون طن متري من ثاني أكسيد الكربون خلال عمر المشروع الذي يبلغ ست سنوات.

وفي إطار برنامج الغابات وتغير المناخ الطموح في المكسيك، تسهم مبادرة في تحسين أسباب الرزق في نحو 4 آلاف من المجتمعات المحلية بالغابات من خلال الإدارة المستدامة للسلع والخدمات الحرجية.

وستتاح للمشاريع الصغيرة التي تقترحها وتعدها وتنفذها المجتمعات المحلية والإجيدوز (الأراضي التي تملكها المجتمعات المحلية) إمكانية الحصول على دعم مالي من مشروع بقيمة42 مليون دولار (بتمويل يتألف من منحة وقرض).

وفي جميع أنحاء موزامبيق، حيث يبلغ معدل إزالة الغابات نحو 0.8 % سنويا، يفقد 295 ألف هكتار من الغابات كل عام.

ويستثمر مشروع جديد حجمه 47 مليون دولار في سبل معيشة الآلاف من أصحاب الحيازات الصغيرة والمتوسطة، مما يحسن استدامة الأنشطة التي يمكن أن تؤثر على الغابات - بما في ذلك إنتاج الأخشاب والفحم النباتي والمحاصيل - وفي نفس الوقت الحد من إزالة الغابات وانبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري.

وتدعم الحافظة المتكاملة لإدارة الغابات والمساحات الخضراء في موزامبيق أيضا جهود برنامج خفض الانبعاثات الناتجة عن قطع الغابات وتدهورها، وما يرتبط بذلك من مشاركة المجتمعات المحلية ومنظمات المجتمع المدني، وحفظ التنوع الحيوي، والتنمية الزراعية.

وتساعد هذه المبادرات المدفوعة باحتياجات كل بلد على التحرك في الاتجاه الصحيح للمحافظة على ارتفاع حرارة العالم لتكون ضمن درجتين مئويتين والحفاظ على الغابات، ولكن هناك حاجة إلى مزيد من العمل.

كما أن التزام القطاع الخاص واتخاذ إجراءات بشأن إزالة الغابات من سلاسل توريد السلع الأولية سيكون أمراً بالغ الأهمية أيضا للحفاظ على موارد الغابات والحد من المخاطر التي تتعرض لها الشركات التي تعتمد على إمدادات السلع الأولية.

من الواضح أن الغابات مهمة للمستقبل الذي نطمح إليه جميعا، للبشر، والاقتصاد، وصحة كوكب يعاني كثيرا بسبب تغير المناخ ونضوب الموارد الطبيعية. وفي حين لا تزال هناك تحديات عندما يتعلق الأمر بكيفية تحقيق الأهداف المتعلقة بالمناخ والتنمية على مدى العقود المقبلة، فإن هذه البلدان تظهر أن الغابات ستكون جزءاً رئيسياً من الحل

من المحتمل أن تتأثر الغابات بالاضطرابات المصاحبة لتغير المناخ (مثل الفيضانات والجفاف، حرائق الغابات، والحشرات).

نميز نوعين من الإجراءات التي تهدف إلى تكيف الغابات مع تغير المناخ:

أ- الإجراءات التي تهدف إلى حماية مؤقتة من الاضطرابات عن طريق زيادة المقاومة وزيادة المرونة مثل: الحرائق (إدارة الوقود – مكافحة أو السيطرة على الحرائق)

منع أو إزالة الأنواع الغازية

تطبيق علاجات الصحة النباتية للحد من الأمراض والقضاء على الحشرات

تحاول الإجراءات الوقائية الحفاظ على الغابات في حالتها الحالية أو الماضية لكن هذه الإجراءات فعالة فقط على المدى القصير وستفشل في النهاية مع زيادة التغييرات في الظروف البيئية. علاوة على ذلك، هناك ارتفاع التكاليف المرتبطة بهذه الإجراءات بسبب الإدارة المكثفة المطلوبة للتنفيذ. للأسباب المذكورة أعلاه، يجب تطبيق هذه الإجراءات على الغابات عالية القيمة (على سبيل المثال، الغابات ذات الأولوية للحفاظ على التنوع البيولوجي) أو الغابات ذات الحساسية المنخفضة لتغير المناخ.

ب- الإجراءات التي تسهل تحول أو تطور النظام إلى حالة جديدة تقابل الشروط المتغيرة: لا تهدف هذه الإجراءات إلى مقاومة التغيرات بل بالأحرى تسهل وتدير عمليات التكيف الطبيعية. إن مرونة النظام أمر بالغ الأهمية وليس بالضرورة للحفاظ على النظام البيئي في نفس الحالة بعد الاضطراب ولكن لمساعدته على التطور إلى حالة جديدة مقبولة. مثال على هذه الإجراءات هو التخفيض من تجزئة الغابات لأن الاتصال بين المواطن يسهل هجرة الأنواع. ومثال آخر على هذه الإجراءات هو الحفاظ على مجموعة كبيرة من الأنواع لقيمتها وقدرتها الأعلى على الصمود، حيث أن التنوع الجيني هو مفتاح عنصر القدرة على التكيف لنظام بيئي من خلال الحفاظ على الأنواع وتعزيزها في الغابات. يمكن أن تكون الإدارة معدلة للتكيف مع تغير المناخ، على سبيل المثال، من خلال تبني الأنواع والأنماط الجينية التي يتم تكييفها مع المناخ المستقبلي وزراعة أنواع مختلطة وغير متكافئة من ناحية الهيكل العمري .

- **تخطيط استخدام الأراضي للتكيف مع تغير المناخ**

يجب أن يكون تخطيط استخدام الأراضي أكثر مرونة. حيث يساعد التخطيط الأفضل على التوقع والاستجابة بشكل تكيفي للأحداث المتطرفة والتعافي بسرعة وتقليل المخاطر المستقبلية.

يمكن للمجتمعات استخدام تخطيط استخدام الأراضي لتوجيه النمو الجديد خارج مناطق الخطر الحالية والمتوقعة ولمساعدة السكان لنقل المساكن الحالية إلى مواقع أكثر أمانًا ولإدارة إعادة تطوير ما بعد الحدث بطرق تقلل من قابلية التأثر بالمستقبل. ويجب تطوير خطط وسياسات التفكير المستقبلي لمواجهة مخاطر تغير المناخ وهناك أيضاً حاجة لإشراك مجموعة واسعة من السكان ولا سيما الفئات المهمشة من أجل دعم المداولات لاتخاذ القرارات التي تؤثر عليهم وتطبيق السياسات التي تحميهم وتجنبهم المخاطر.

يعتمد تخطيط استخدام الأراضي للتكيف مع تغير المناخ على التخفيف من المخاطر الطبيعية الذي يهدف إلى توقع والتكيف مع احتياجات الغد بدلاً من مجرد الاستجابة لمشاكل الأمس [59].

يساعد تخطيط استخدام الأراضي المجتمعات على تحقيق الأهداف من خلال توجيه المستوطنات البشرية بعيدًا عن المناطق المعرضة للمخاطر الطبيعية بما في ذلك المناطق المعرضة لارتفاع مستوى البحر وحرائق الغابات، والجفاف، وغيرها من الأخطار التي تتأثر بتغير المناخ

11-7-5 التكيف مع تغير المناخ في المستوطنات البشرية

لا يوجد استراتيجية تكيف مناسبة لجميع المستوطنات البشرية. تختلف الاحتياجات مع اختلاف قابلية التأثر بتغير المناخ واختلاف الظروف الاجتماعية والاقتصادية.

لذلك يجب أن يكون التكيف مع تغير المناخ في المستوطنات البشرية على المستوى المحلي ومع ذلك يمكن للحكومة الوطنية أن تلعب دوراً تكميلياً وداعماً ويمكن أن تخلق بيئة مواتية من خلال الموارد والسياسات لدعم التكيف مع تغير المناخ. يجب وضع إطار سياسي قوي على المستوى الوطني لتوجيه سياسات التكيف المحلية بما في ذلك وضع معايير مع أفضل الممارسات وخاصة فيما يتعلق بالغذاء والماء والأمن وتقديم الخدمات.

تتضمن الاستجابات في المناطق الحضرية عمليات التخطيط والمراقبة على المدى الطويل للمياه وإتباع إجراءات لتقليل تسرب وطغيان مياه البحر والإدارة من أجل تقليل الخسائر الناتجة من تسرب مياه البحر. وإجراء حملات توعية وإتباع نظام الحوافز لتعزيز الكفاءة. يجب تحديث أنظمة الإنذار المبكر وتوسيعها لتشمل المناطق غير المغطاة حالياً. كما يجب تحديث البنية التحتية لتصبح أكثر مرونة (مثال: تحسين منظومة تصريف مياه الأمطار). وتحتاج المناطق الساحلية، ولا سيما المدن، إلى إدارة نشطة للشواطئ وهذا يشمل التنظيم الدقيق لشاطئ البحر بما في ذلك المناطق العازلة. كما يجب توخي الحذر بشكل خاص مع الأراضي الرطبة ومصبات الأنهار والكثبان الرملية التي تلعب دوراً مهماً في منع تعدي البحار. وتشمل إجراءات التكيف الهامة الأخرى دمج ارتفاع مستوى سطح البحر في عمليات التخطيط المستقبلية واستراتيجيات تصميم البنية التحتية وإدارة الكوارث.

أما الاستجابات لتغير المناخ في المناطق الريفية فتتضمن استعادة الأراضي الرطبة وممرات الأنهار التي تحد من جريان المياه، ودعم المزارع وإصلاح الأراضي وتوفير الدعم على شكل إعانات وتأمين المعدات. ودعم الإرشاد الزراعي لتعزيز الزراعة الذكية مناخياً. كما يمكن زيادة التكيف مع تغير المناخ في المناطق الريفية بزيادة دعم أصحاب الملكيات الصغيرة (الدعم المالي والمادي والتدريب) [60] .

11-7-6 التكيف مع تغير المناخ في قطاع البحار والمناطق الساحلية

تؤدي التغيرات المناخية إلى جلب تهديدات للمناطق الساحلية. تتنبأ النماذج بأن الأضرار ستزيد إذا لم يتم تنفيذ إجراءات التكيف. يلجأ العلماء وأصحاب المصلحة إلى اتخاذ إجراءات للحماية من العواصف وارتفاع مستوى البحر. ساحل بولندا محمي بأكثر من 200 كيلومتر من الهياكل الصلبة التي بدأ وضعها في القرن التاسع عشر. بشكل مماثل تم اعتماد الهياكل الصلبة، وكذلك الكثبان الرملية، على طول سواحل تركيا، بمحاذاة البحر الأسود.

بالنظر إلى حجم الظواهر المناخية ومدى احتمال المنطقة لا يمكن اعتبار الهياكل الصلبة حلا مجدياً اقتصادياً. إلى جانب ذلك، تعديل التيارات المحلية وأنماط الترسيب والنتيجة هي مجرد تحول مشاكل الانجراف إلى أماكن أخرى على طول الساحل. في بعض الحالات تبقى هياكل الحماية ضرورية من أجل الحفاظ على المدن الساحلية التاريخية الهامة. إن تحدي تغير المناخ ينبغي أن يستخدم كفرصة لاعتماد نهج استراتيجي طويل الأمد للإدارة الساحلية، ينعكس هذا في بعض خيارات التكيف الموضحة في الجدول (11-2) [61] التي يتم اختيارها وفقاً للتأثيرات.

الجدول 11-2

خيارات التكيف مع تغير المناخ في قطاع البحار والمناطق الساحلية

الحدث	إجراءات التكيف	الجهات المسؤولة عن الإجراءات
التعرية	- حماية –استيعاب – تراجع - تغذية الشاطئ - حماية واستعادة الأراضي الرطبة - مراجعة التخطيط المكاني وإدارة الموارد المائية - تقييم مفاصل الضعف	- تقدم الوزارة المعنية بالبيئة أو البنية التحتية إرشادات وإطار عمل قانوني - يمكن إجراء بعض التنفيذ من خلال السلطات المحلية بالتعاون مع القطاع الخاص والعامة. - عادة ما يتم التعاقد على تقييم الضعف مع المؤسسات العلمية (على سبيل المثال الجامعات) تقدم تقاريرها إلى الوزارة المعنية بالبيئة

الغمر	- جميع الإجراءات المذكورة أعلاه - نظام التنبؤ بالطقس / التنبؤ والإنذار - التحضير للطوارئ / الكوارث تحضير خطة التأهب وتنفيذها - حملات توعية بالمخاطر - التأمين ضد مخاطر الكوارث وأدوات التحوط من مخاطر الطقس - تعديل المباني - فرق العمل الإقليمية لمواجهة الكوارث والقابلة للنشر عبر الحدود	- الجهات المذكورة أعلاه - المؤسسات المسؤولة عن التنبؤ بالطقس وتكون مرتبطة مع الوزارة المعنية بالبيئة - وزارة الداخلية هي المسؤولة عن خطط الاستعداد والتنسيق مع السلطات الإقليمية والمحلية، والدفاع المدني، وفوج الإطفاء - وزارة التربية أو وزارة الداخلية - عادة ما يدير التأمين ضد مخاطر الكوارث القطاع الخاص وأحياناً وزارة المالية. - تحدد الحكومة المركزية شروط البناء - الحكومات المركزية تعمل في إطار دولي عابر للحدود ضمن اتفاقيات وبالتعاون مع المنظمات الدولية

فيضانات	- زيادة الوعي العام بالفيضانات -التوعية بالمخاطر. - نظام التنبؤ بالفيضانات - نظام التحذير - مراجعة التخطيط المكاني، والتعديل التحديثي للمباني، و إدارة الموارد المائية - استخدام نماذج الأسطح المائية مع النماذج الهيدرولوجية التي تأخذ تغير المناخ بالاعتبار. - التأمين ضد مخاطر الكوارث وأدوات التحوط من مخاطر الطقس - فرق العمل الإقليمية لمواجهة الكوارث والقابلة للنشر عبر الحدود	- وزارة التربية والتعليم وبالتعاون مع الجهات الإقليمية والسلطات المحلية - المؤسسات المسؤولة عن التنبؤ بالطقس ووحدات الحماية المدنية - الحكومة المركزية أو الإقليمية بشكل مباشر أو غير مباشر من خلال تفويضات الحكومة المحلية - المؤسسات العلمية التابعة للوزارة المعنية بالبيئة - عادة ما يدير التأمين ضد مخاطر الكوارث القطاع الخاص وأحياناً وزارة المالية. - الاتفاقات الدولية العابرة للحدود يمكن أن تسمح لجهود الإغاثة عبر الحدود.

التغييرات في الجريان السطحي	- التكيف مع الجفاف وما يتبعه من انخفاض في كمية ونوعية المياه – صيانة البنية التحتية للمياه وشبكات إمداد المياه للحد من فاقد المياه وصيانة الخزانات	- وزارة الزراعة بالتعاون مع الجمعيات المحلية
تسرب وطغيان المياه المالحة	- مراجعة التخطيط المكاني وإدارة الموارد المائية - حواجز تسرب المياه المالحة - حقن المياه العذبة في طبقات المياه الجوفية	- توفر الحكومة المركزية الأساس القانوني وتضع المؤسسات العلمية المعايير وتؤمن الخبرة الفنية.
زيادة درجة حرارة مياه البحر وزيادة درجة الحموضة	- نظام مراقبة للبارامترات الفيزيائية والكيميائية - تعزيز أفضل الممارسات البيئية لاختيار أفضل موقع لأنشطة تربية الأحياء المائية - تضافر الجهود لرصد وتقييم الهجرة وصحة الأرصدة السمكية - تضافر الجهود لخفض ضغط الصيد - رصد ومراقبة إدخال الأنواع الغريبة، وطرق الاستئصال أو الاحتواء (الإجراءات تشمل، على سبيل المثال لا الحصر، متطلبات أفضل الممارسات لصناعة الشحن وتربية الأحياء المائية)	- تتم إدارة المراقبة من خلال الشبكة البيئية المكونة من وزارة المنية بالبيئة ووكالات الرقابة المحلية - وزارة الزراعة والثروة السمكية و / أو البيئة - الوزارة المعنية بالبيئة هي المسؤولة عن وضع استراتيجية لرصد ومراقبة الأنواع الغريبة. كما يجوز تفويض هيئة الموانىء لتنفيذ ورصد وإنفاذ الأحكام.

لطالما عُرفت المناطق الساحلية بالأنظمة الديناميكية، وتتنقل بين حالات مختلفة لكن التغييرات تحدث الآن بسرعة أكبر ويتميز تأثرها بالأحداث بمستوى عالٍ من عدم اليقين. لذلك يجب الاستعداد للأحداث غير المتوقعة. لذلك يجب اعتماد نهج الإدارة التكيفية للتعامل مع عدم اليقين مع أحداث تغير المناخ المعقدة. يجب ألا تعتمد استراتيجية التكيف على ردود الأفعال أو الاستعداد لتغيير المناخ، لكن يجب أن تتضمن إدارة تعتمد على إجراءات التنفيذ والمراقبة وإعادة التقييم الدوري. ويجب أن تكون هذه الإجراءات واضحة وقابلة للقياس ويجب أن تكون أنظمة المراقبة مخططة بعناية بحيث يتم ملاحظتها. كما يجب الاستفادة من النجاح والفشل لمعرفة المزيد عن بيئتنا المتغيرة وصقل حلول التكيف. وبغض النظر عن خيار التكيف الذي يتم اختياره، يجب أن يكون النهج الإداري هو أساس عملية الاختيار من أجل أن يكون التكيف ناجحًا في نهاية المطاف.

11-7-7 التكيف مع تغير المناخ في قطاع السياحة

تظهر الأبحاث أن مناطق معينة ستتأثر أكثر من مناطق أخرى بتغير المناخ مثل الجبال (نقص الثلوج) والجزر والشواطئ (ارتفاع منسوب المياه والتآكل)، المناطق ذات المناخات الدافئة تصبح شديدة الحرارة، والمناخات الباردة ترتفع درجات الحرارة فيها. يؤدي ذلك إلى تغيير أنواع السياحة مثل التزلج على الجليد، والاستجمام على الشاطئ، والمشي لمسافات طويلة، مع احتمال القضاء على بعض أنواعها. تشير المعلومات أنه من المرجح أن يزداد عدد السياح في الجزء الشمالي من نصف الكرة الشمالي والجزء الجنوبي من نصف الكرة الجنوبي. بالإضافة إلى ذلك، سوف تتغير الفترة الزمنية لموسم السياحة ستتقلص مواسم التزلج، وتزداد فترة السياحة الجبلية في الخريف والربيع

يوفر إطار برنامج الأمم المتحدة الإنمائي (UNDP) أربعة مبادئ توجيهية للتكيف وثيقة الصلة بالسياحة:

1 - ادراج التكيف مع تغير المناخ في خطط التنمية

يمكن أن يؤثر تغير المناخ سلبا على استدامة التنمية بطرائق مختلفة، بما في

ذلك موارد المياه والطاقة والصحة والزراعة، والتنوع البيولوجي – وتؤثر على قطاع السياحة. وبالتالي لا يمكن إجراء عملية التكيف في قطاع السياحة بمعزل عن غيرها وتحتاج إلى وضعها ضمن السياق الأوسع سياسات واستراتيجيات التنمية المستدامة والنظر في التأثيرات والتكيفات في القطاعات الأخرى.

2 - **البناء على الخبرة التكيفية الحالية للتعامل مع التغيرات المستقبلية للمناخ**

يتمتع قطاع السياحة بخبرة هائلة في التعامل مع تغير المناخ ويلزم المزيد من التقييم لنطاق التأقلم كنقطة انطلاق للتكيف. يجب مشاركة مجموعة واسعة من أصحاب المصلحة في عملية التكيف في مجال السياحة للاستفادة الكاملة من الخبرات.

3 - **التكيف يحدث على مستويات مختلفة على وجه الخصوص، في المستويات المحلية.**

يمكن إجراء التكيف بشكل استراتيجي على المستوى الوطني، لكن التنفيذ يتم على المستوى المحلي أو على مستوى مشروع معين.

4 - **التكيف عملية مستمرة**

تدرك معظم أطر التكيف أن التكيف سيكون عملية تكرارية من تنفيذ وتقييم الاستراتيجيات مع استمرار الظروف المناخية في التطور على مدار هذا القرن [62].

11-7-8 التكيف مع تغير المناخ في قطاع الطاقة

إن قطاع الطاقة عرضة للتغيرات المناخية من خلال:

- إن زيادة درجة حرارة المياه تؤدي إلى تخفيض كفاءة توليد الطاقة.
- إن زيادة درجة حرارة الهواء تؤدي إلى تخفيض كفاءة توليد الطاقة وزيادة كميات المياه اللازمة للتبريد.
- إن التغير في أنماط هطول الأمطار وتدفق المياه السطحية فضلاً عن تكرار وشدة الجفاف يؤثر سلباً على توليد الطاقة الكهرومائية ويقلل من توافر المياه لأغراض التبريد في محطات الطاقة الحرارية والنووية.

- إن أحداث الطقس المتطرفة مثل العواصف القوية والمتطرفة يمكن أن تؤثر على إمداد الوقود وربما على نوعية الوقود وتقليل مدخلات الطاقة (على سبيل المثال، المياه والرياح، الشمس والكتلة الاحيائية)، وتسبب الضرر بالشبكة والبنية التحتية وتقليل الإنتاج.
- إن التغير في الغطاء السحابي وسرعة الرياح يمكن أن يؤثر على أنظمة توليد الطاقة المتجددة.
- يمكن أن يؤثر ارتفاع مستوى سطح البحر على البنية التحتية لمحطات توليد الطاقة ويجعل بعض المناطق غير مناسبة لتوضع محطات توليد الطاقة.

يمكن تقسيم إجراءات التكيف إلى تدابير هندسية وتدابير غير هندسية

أ-الاجراءات الهندسية للتكيف مع تغير المناخ في قطاع الطاقة [63] :

- مواصفات تصميم أكثر قوة بحيث تسمح للهياكل بتحمل الظروف القاسية مثل زيادة سرعة الرياح والمياه والتعامل مع زيادة درجة حرارة الهواء والمياه. في بعض الحالات، قد يكون من الضروري إعادة توطين أو إعادة تهيئة البنية التحتية الهشة. علاوة على ذلك إن اعتماد أنظمة التوليد اللامركزية يقلل من الحاجة إلى مرافق كبيرة في المناطق ذات المخاطر المرتفعة ويقلل المخاطر المناخية.
- بالنسبة للمحطات الحرارية اعتماد أنظمة التبريد المحدث أو الموسع (يتضمن التبريد بالهواء) حيث يؤخذ بالاعتبار ندرة المياه. ويجب تصميم المرافق بحيث تكون عازلة للمياه في المناطق التي يتوقع حدوث فيضانات فيها.
- بالنسبة لأنظمة الطاقة النووية، تأمين أنظمة تبريد إضافية وضمان حماية قوية من الفيضانات وأمواج تسونامي أو الأحداث المتطرفة الأخرى التي يمكن أن تلحق الضرر بأنظمة التوليد وأنظمة التبريد الأساسية.
- بالنسبة للطاقة الكهرومائية حيث يتوقع تغير التدفق خلال عمر النظام، تغيير اتجاه التدفق وبناء خزانات جديدة وتعديل قنوات تصريف المياه

وتركيب التوربينات بشكل يتناسب مع الظروف المتوقعة، بناء السدود بمواصفات تتكيف مع زيادة كميات المياه الناتجة عن ذوبان الثلوج.

- بالنسبة لطاقة الرياح حيث يتوقع زيادة سرعة الرياح، ويتطلب ذلك تصميم التوربينات والهياكل بحيث تكون أكثر قدرة على التعامل مع سرعات الرياح العالية لالتقاط طاقة رياح أكبر مع ارتفاع الأبراج، أو لتصميم أنظمة جديدة أكثر قدرة على ذلك التقاط الطاقة من سرعات الرياح المتزايدة.
- بالنسبة لأنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية حيث تزداد درجات الحرارة وتحدث موجات حر من المفيد التفكير بالتصميم الذي يحسن أنظمة التدفق السلبي المتوضع أسفل المعدات (من أجل تقليل درجة حرارة اللوحة وزيادة إنتاج الطاقة) لتحديد مقاومة الخلايا والمكونات للحرارة وإعادة النظر بتوزيع الأنظمة لتحسين استقرار الشبكة والمحولات الدقيقة (لكل لوحة) لتحسين استقرار الطاقة الناتجة والشبكة حيث يتقلب الغطاء السحابي بسرعة.
- لتركيز الطاقة الشمسية أو أنظمة تتبع الشمس في الأماكن التي تكون فيها سرعة الرياح كبيرة مع احتمالية حدوث عواصف يجب زيادة مقاومة الهياكل، وتتبع المحركات، والمعدات، والأخذ بعين الاعتبار هواء وماء التبريد في المناطق القليلة المياه.
- بالنسبة للكتلة الاحيائية أو الوقود الاحيائي، بالإضافة إلى التكيفات للأنظمة الحرارية بشكل عام يجب اختيار المواد الأولية بشكل أفضل (مقاومة للحرارة والماء والأملاح) والتوسع أو إدخال أنظمة ري أكثر كفاءة اعتمادا على التغيرات المناخية المتوقعة.
- بالنسبة للطاقة الحرارية الأرضية، تتطلب المواصفات تأمين حماية أكبر حيثما يحتمل حدوث الفيضانات، يمكن استخدام أنظمة التبريد بالهواء عوضاً عن المياه عندما تقل كمية المياه بسبب تغيرات المناخ. وفي بعض الأحيان يمكن تأمين مصادر مياه جديدة عندما يتوفر ذلك بكلفة أقل.

- بالنسبة لطاقة المحيطات تستخدم طاقة المد والجزر والأمواج في توليد الطاقة، يجب تصميم الأنظمة بحيث تتحمل أقصى فترة (مئة عام) أو بدلاً عن ذلك اختيار تصاميم غير مكلفة بشكل كبير بحيث تكون الخسارة المالية الناتجة عن التدمير أقل من تكاليف الاجراءات الوقائية. يجب تزويد أنظمة توليد الطاقة من الأمواج بآليات ضد هبوب العواصف (على سبيل المثال، التخفيض الآلي للمكونات باهظة الثمن في القاع البحر، واختيار تصاميم يمكنها التعامل مع الشروط الحدية أو آليات قطع الاتصال أو الإغلاق خلال الأحداث المتطرفة).

- **الاستخدام النهائي للكهرباء: تتضمن إجراءات التكيف للتعامل مع الطلب المتزايد على الكهرباء بسبب ارتفاع درجات الحرارة مايلي:**

1- توليد كميات أكبر من الكهرباء وزيادة القدرة لتلبية الطلب المتزايد؛

2- تحسين كفاءة إمدادات الطاقة (التوليد، النقل، تحسين نظام التوزيع)؛

3- تحسين كفاءة استخدام الكهرباء في المباني وتحسين كفاءة الأجهزة والآلات وبالتالي يؤدي إلى توليد وتوزيع كميات أقل.

ب-الاجراءات غير الهندسية للتكيف مع تغير المناخ في قطاع الطاقة :

- بشكل عام اعتماد عمليات تشغيل وصيانة أكثر فعالية يقلل من التكلفة، قوة الإجراءات وتحسين الأراضي وتنسيقها بشكل أفضل استخدام التخطيط (على سبيل المثال، إعادة تقسيم استخدام الأراضي في المستقبل بحيث تكون البنية التحتية للطاقة في المناطق الأقل عرضة للخطر)،السياسات واللوائح القابلة للتنفيذ لتحسين أمن الطاقة والتخطيط المحلي اللامركزي وتوليد وتكامل التكيف وتخطيط التخفيف، تكامل تغير المناخ وتخطيط إدارة الكوارث وتحسينها، والتنبؤ بتغيرات الطلب والعرض- مع تأمين توازن الطلب مع تغير المناخ، وتكامل تخطيط قطاع الطاقة مع القطاعات الأخرى(بما في ذلك إمدادات المياه)، وتحسين النماذج المحلية المستخدمة للتنبؤ بالعواصف ومخاطر الفيضانات. قد يكون من المهم إعداد حالة طوارئ سريعة وتأمين فرق الإصلاح لتصليح المنشآت المتضررة بسرعة.

- بالنسبة للطاقة النووية، يجب تطوير أنظمة سلامة أكثر صرامة ضد الأحداث المتطرفة، بما في ذلك الفيضانات.

- بالنسبة للطاقة الكهرومائية يجب تحسين قواعد التشغيل الجديدة وتطوير التنبؤ الهيدرولوجي والتنسيق بين التخطيط لمشاريع الطاقة ومشاريع الاستخدامات الأخرى للمياه. استخدام النمذجة المناخية الإقليمية المحلية من أجل إحداث تغييرات تشغيلية لتحسين إدارة الخزانات وتحسين إنتاج الطاقة من خلال التكيف مع التغيرات في هطول الأمطار أو تدفق الأنهار. كما توجد استراتيجيات تكيف تشمل حوض النهر مثل استخدام المياه الناتجة عن الأنشطة البشرية. وإجراء عمليات الترميم وتحسين إدارة المنبع كالقيام بالتشجير للحد من الفيضانات والانهيارات الطينية وتوفير حماية للبنية التحتية القائمة.

- بالنسبة لطاقة الرياح، اختيار المواقع التي تأخذ في الاعتبار التغييرات المتوقعة في سرعة الرياح واندفاع العواصف وارتفاع مستوى سطح البحر وفيضان النهر خلال العمر الافتراضي للتوربينات.

- بالنسبة للطاقة الشمسية الكهروضوئية، يجب تحديد المناطق التي يتوقع فيها تغيرات بالغطاء السحابي ووجود عوالق من الغبار في الهواء وتساقط الثلوج وعكارة منخفضة نسبيًا.

- لتركيز الطاقة الشمسية أو أنظمة التتبع يجب تجنب المواقع ذات الرياح العاتية أو المتوقع حدوث أعاصير فيها.

- بالنسبة لتقنيات الرياح والطاقة الشمسية يجب تحسين موثوقية التوقعات وتنبؤات أفضل بالطقس.

- بالنسبة للكتلة الاحيائية/الوقود الاحيائي يجب استخدام أنظمة الإنذار المبكر لشذوذ هطول الأمطار ودرجات الحرارة، وترتيبات الحصاد في حالات الطوارئ وتوفير أماكن مناسبة لتأمين المحاصيل.

- بالنسبة للاستخدام النهائي للكهرباء يجب اعتماد الحد الأدنى الإلزامي لمعايير أداء الطاقة في المباني والمنشآت الصناعية.

إن الاجراءات الموصوفة أعلاه توفر إرشادات عامة بشأن تدابير التكيف الممكنة لمختلف الحساسيات المناخية. بالإضافة إلى ذلك تعتبر التقييمات المحلية ضرورية لتوفير معلومات عن تقلبات المناخ الحالية وكيف يمكن أن يتغير المناخ في المستقبل، ولذلك ما هي الاجراءات اللازمة على مستوى المشاريع المحددة. يجب تحسين وتوسيع صناعة القرارات في قطاع الطاقة من خلال تحسين معرفة الطقس والمناخ المحلي. بغض النظر عما إذا كان من المتوقع حدوث تغيرات مناخية كبيرة من خلال تحسين الوصول إلى الأرصاد الجوية الحالية والبيانات الهيدرولوجية من خلال تطوير أفضل آليات بحيث تكون بيانات الطقس متاحة للعامة .

في بعض بلدان آسيا والمحيط الهادئ توجد نوايا سياسية واسعة للبدء في دمج اعتبارات تغير المناخ مع تخطيط الطاقة الكهربائية. لكن تتوفر القليل من التفاصيل حتى الآن عن طرائق وأساليب تقييم المخاطر وتطوير خطط عمل عملية. لهذا الغرض، فإنه لتحقيق هذه الغاية من الأهمية بمكان تحسين التنسيق والتخطيط بين وكالات الطاقة الرئيسية والوزارات الحكومية (على سبيل المثال المالية، البيئة، إدارة الكوارث) و منتجي الطاقة والمنظمين والحكومات والمستخدمين للتعامل مع التغيرات المناخية التي من المتوقع أن تصبح كبيرة [64] .

11- 8 مستويات آليات التكيف مع آثار تغير المناخ

يتطلب تحديد الآليات الكفيلة لمواجهة ظاهرة التغيرات المناخية والتقليل من تداعياتها طرائق علمية في التحليل لوضع إجراءات عملية ملائمة بحيث تساعد على اتخاذ القرارات في الحاضر والمستقبل تأخذ بعين الاعتبار مبدأ التكلفة والعائد [65]. لذا فتجسيد هذه الحلول يكون على عدة مستويات انطلاقا من الدول، المؤسسات، وأخيرا على مستوى الأفراد.

11 - 8 - 1 آليات مواجهة تغير المناخ على مستوى الدول

تعتبر الدولة المحدد الأساسي لمختلف السياسات العامة المتبعة في مختلف المجالات، إن وضع سياسات مناخية تسعى للتخفيف والتكيف مع آثار التغيرات المناخية لتحقيق التنمية المستدامة يتطلب فهم لطبيعة العلاقة التي تربطهما والتي ترتكز على عدة قوى رئيسية مؤثرة في ذلك وهي، التغير الديموغرافي الناتج عن النمو السكاني، الهجرة...الخ والتي ترتبط بالنمو الاقتصادي، و التقدم العلمي والتكنولوجي الناتج عن تطوير الأبحاث والاختراعات، الاختلاف والتوافق في المكونات الاجتماعية والموقع الجغرافي للمناطق والبلدان في العالم والتي ترتبط بتنظيم طريقة النمو.

إن وضع استراتيجيات للتنمية المستدامة تأخذ بعين الاعتبار السياسات المناخية لمواجهة الإحترار العالمي، أمر في غاية الأهمية، ويتطلب تحديد آليات وأولويات في التطبيق. ففي إطار تفعيل التكيف وتخفيف المخاطر هناك حاجة ماسة وسريعة لوضع استراتيجيات التكيف في صلب مراكز اتخاذ القرار وصنع السياسات .فالهدف الأساسي والأولي هو جعل التكيف مع المناخ جزء من برامج التنمية المستدامة من أجل اغتنام الفرص في مواجهة الظاهرة بطريقة أكثر فعالية من الناحية الاقتصادية [66].

إن الوسائل المستعملة في مواجهة تغير المناخ تتعلق بالإمكانيات المتاحة في القطاعات وكذا مستعمليها . ويمكن وضعها بناء على عدة معطيات منها الموقع الجغرافي، الوضع الاقتصادي .والتحدي المطروح هنا يكمن حول كيفية استعمال الآليات والتكنولوجيات الموجودة بطريقة فعالة للتقليل من الآثار التي تكون على المستوى الوطني والمستوى المحلي، وعلى مستوى القطاعات كالمباني والنقل والصناعة والزراعة والحراجة واستخدام الأراضي، وإدارة النفايات.

ويترتب على واضعي السياسات في الدول أخذ بالاعتبار ظاهرة تغير المناخ في مختلف البرامج والاستراتيجيات الحالية والمستقبلية المتعلقة بالتنمية . ووضع آليات

وإجراءات قانونية للتقليل من تفاقم الظاهرة، كالجباية البيئية لتشجيع المؤسسات على تحمل مسؤولياتها البيئية والاجتماعية.

11 - 8 - 2 آليات مواجهة تغير المناخ على مستوى المؤسسات

تشكل المؤسسات الاقتصادية حجر الزاوية في التقليل من آثار ظاهرة تغير المناخ ومواجهة نتائجه، إذ تعتبر المسبب الرئيسي لها ويمكن أن تسأهم المؤسسات في التصدي لتبعات الظاهرة من خلال التوجه إلى المباني المستدامة والنقل المستدام واعتماد الصناعة الخضراء، **معتمدة في ذلك على مجموعة من الآليات من بينها ما يلي:**

- **رفع كفاءة استخدام الطاقة ومصادر الطاقة:** أما الأولى فتعني تخفيض كمية الطاقة المستخدمة للحصول على نفس كمية الإنتاج والثانية تعني الاعتماد على مصادر الطاقة البديلة والمتجددة التي تتميز بانخفاض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون،
- **الالتزام بالقوانين والمعايير المتعلقة بالحفاظ على البيئة:** على المؤسسات الصناعية الأكثر تلويثا للبيئة الالتزام بحصص انبعاثات غازات الدفيئة المرخصة لها من طرف الدولة، وأي تجاوز لها يترتب عليه دفع مبالغ مالية تسأهم في تعزيز قدرات الدولة للتكيف مع أثار الظاهرة. كما على المؤسسات أن تعمل على إدماج البعد البيئي في سياساتها الإدارية والتشغيلية وذلك من خلال وضع مشاريع استثمار وتطوير ملائمة لإزالة التلوث وتثمين الموارد سعياً للمسأهمة وبفعالية في دعم مسار التنمية المستدامة؛
- **توفير التمويل اللازم لمواجهة ظاهرة تغير المناخ من خلال المؤسسات المالية:** على المؤسسات المالية وعلى رأسها قطاع التأمينات أن تؤدي الدور المنوط بها في تشجيع كل المتعاملين الاقتصاديين والأفراد للتوجه نحو التأمين عن الاثار الهامة للتغيرات المناخية وبخاصة الكوارث الطبيعية، وذلك بهدف تدعيم قدرات التكيف [66].

11-8-3 آليات مواجهة تغير المناخ على مستوى الأفراد

التصدي لآثار التغيرات المناخية على مستوى الأفراد منوط بمدى أهمية الدور الذي تؤديه مؤسسات المجتمع المدني في توعية الأفراد بخطورة ظاهرة تغير المناخ وبخاصة التعريف والتوعية بآثارها السلبية على مختلف نواحي الحياة الاجتماعية. فتوعية الأفراد بطرائق التصدي للكوارث من شأنه أن يقلل من حجم أثار الظاهرة. كما يجب على هذه المؤسسات أن تدفع الأفراد إلى انتهاج نماذج استهلاكية أكثر رشادة حفاظا على البيئة وعلى حق الأجيال القادمة وذلك من خلال ما يلي:

أ- **ترشيد استهلاك الطاقة** : بالنسبة للتبريد والتدفئة يجب التقليل من استخدام الكهرباء للتدفئة في المناطق الباردة والتبريد في المناطق الحارة وذلك باستخدام مواد عازلة عند البناء كما ينبغي التقليل من استهلاك الكهرباء بصورة عامة فتوليد الكهرباء لوحدة يحتاج إلى حرق وقود ملوث للبيئة يصل إلى 60 بالمئة من الطاقة التي تتولد فيما بعد وذلك من خلال استخدام الإضاءة المناسبة مثلا كاستبدال المصابيح المتوهجة بأخرى من الفلورسنت فهي تستهلك طاقة أربع مرات أقل من المتوهجة، وبالنسبة لغسالات الملابس من الأفضل شراء الغسالة التي تستهلك طاقة أقل بالإضافة إلى ضرورة التغير في الأنماط الاستهلاكية للطاقة للمجتمع، هناك حاجة ماسة للتوجه نحو استخدام مصادر بديلة للطاقة لا تلوث البيئة كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح وغيرها.والحد من استخدام وسائل النقل الخاصة والاعتماد بشكل متزايد على وسائل النقل العام وتطوير السيارات التي تسير على الطاقة المتجددة، وغيرها.

ب- **المحافظة على الثروة الغابية:** ويكون ذلك من خلال المحافظة على المحميات الطبيعية والتقليل من الاحتطاب وكذا القيام بعمليات التشجير لتجديد الغطاء النباتي والجدير بالذكر أن زراعة مليون شجرة سيؤدي إلى امتصاص 250 ألف طن من ثاني أكسيد الكربون.

ومن المجالات التي تعد بمثابة أساس متين لوضع إجراءات تكيّف ملموسة للحد من المخاطر:

- التأكد من أن الحد من خطر الكوارث يمثل أولوية وطنية ومحلية قائمة على قاعدة مؤسسية صلبة للتنفيذ. وتنظيم حوار وطني رفيع المستوى بشأن السياسات العامة لإعداد استراتيجية وطنية للتكيف ترتبط باستراتيجيات الحد من مخاطر الكوارث؛ وإضفاء الطابع الرسمي على التعاون وتنسيق أنشطة الحد من المخاطر المتصلة بالمناخ من خلال آلية متعددة القطاعات من قبيل منتدى وطني للحد من مخاطر الكوارث واستحداث آليات لإشراك وتمكين المرأة والمجتمعات المحلية والحكومات المحلية بنشاط في مجال تقييم أوجه الضعف والآثار وصوغ أنشطة التكيّف المحلية.

ب- تحديد مخاطر الكوارث وتقييمها ورصدها وتعزيز الإنذار المبكر وإعداد ونشر معلومات عالية الجودة عن الأخطار المناخية وتغيراتها المستقبلية المحتملة؛ وإجراء تقييمات لأوجه الضعف والفئات الضعيفة بشكل خاص؛ وإعداد مذكرات إحاطة لواضعي السياسات العامة وقادة القطاعات؛ واستعراض مدى فعالية نظم الإنذار المبكر؛ وتنفيذ إجراءات لضمان وصول التحذيرات إلى الفئات الضعيفة؛ وتنفيذ برامج إعلامية لمساعدة السكان على فهم المخاطر التي يواجهونها وكيفية الاستجابة للتحذيرات.

ج - الاستفادة من المعارف والابتكارات والتعليم لبناء ثقافة للسلامة والقدرة على مواجهة الكوارث على جميع المستويات، ينطبق هذا المبدأ على التكيف والحد من مخاطر الكوارث. وينبغي أن تشمل الخطوات المحددة جمع الممارسات الجيدة ونشرها؛ و تنظيم برامج إعلامية بشأن الإجراءات المحلية والشخصية التي تسهم في تعزيز السلامة و القدرة على مواجهة الأخطار؛ ونشر إنجازات المجتمعات المحلية؛ وتدريب وسائط الإعلام بشأن المسائل ذات الصلة بالمناخ؛ ووضع مناهج تربوية بشأن التكيف مع المناخ والحد من المخاطر؛ ودعم برامج البحوث المتعلقة بالقدرة على مواجهة

الأخطار؛ وتحسين آليات تحويل المعرفة من علم إلى تطبيق من أجل إدارة المخاطر في القطاعات الشديدة التأثر بالمناخ.

د - الحد من عوامل الخطر الأساسية، يضم هذا المجال العوامل البيئية والاجتماعية العديدة التي تهيئ السبيل للمخاطر الناجمة عن الأخطار الطبيعية أو تؤدي إلى تفاقمها. ويمكن أن تشمل الإجراءات إدراج الاعتبارات المتصلة بالمخاطر المناخية في عمليات تخطيط التنمية والتوقعات الاقتصادية الكلية والخطط القطاعية؛ واشتراط استخدام المعلومات المتصلة بالمخاطر المناخية في تخطيط المدن وتخطيط استخدام الأراضي وإدارة المياه وإدارة الموارد البيئية والطبيعية؛ تعزيز و صيانة المنشآت الوقائية، مثل حواجز الأمواج الساحلية، والسدود على الأنهار، وطرق الفيضانات وبرك الفيضانات؛ واشتراط إجراء تقييم رتيب للمخاطر المناخية في مشاريع البنية التحتية، وتصاميم البناء، والممارسات الهندسية الأخرى؛ وإعداد آليات نقل المخاطر وشبكات الأمان الاجتماعي؛ ودعم برامج تنويع موارد الرزق؛ وجعل أنشطة التكيف جزءًا من خطط الانتعاش من آثار كوارث محددة وإعداد تقارير بهذا الصدد.

هـ - تعزيز التأهب للكوارث بغية التصدي لها بفعالية على جميع المستويات - تشمل الإجراءات تنقيح خطط التأهب وخطط الطوارئ لمراعاة التغيرات المتوقعة في الأخطار القائمة والمخاطر الجديدة التي لم يسبق حدوثها؛ وبناء آليات الإجلاء ومرافق الإيواء؛ ووضع خطط محددة للتأهب من أجل المناطق التي تتعرض فيها المستوطنات وسبل العيش لتهديد تغير دائم؛ ودعم مبادرات التأهب المجتمعية.

الفصل الثاني عشر

تخفيف تغير المناخ في قطاع الطاقة



الفصل الثاني عشر
تخفيف تغير المناخ في قطاع الطاقة

12 - 1 مقـدمـــة

يستند قطاع الطاقة بشكل رئيس حالياً على الوقود الأحفوري، فأغلب محطات توليد الكهرباء تعمل على هذا الوقود وتطلق ملايين الأطنان من غازات الدفيئة المسببة لتغير المناخ. والزيادة المتوقعة في الطلب العالمي على الكهرباء ستترافق مع البحث عن إنشاء محطات جديدة حيث أن محطات التوليد القائمة حالياً ستصل إلى نهاية عمرها التشغيلي، لذلك يلزم التفكير جدياً بتنويع مصادر الطاقة لتشغيل محطات توليد الكهرباء.

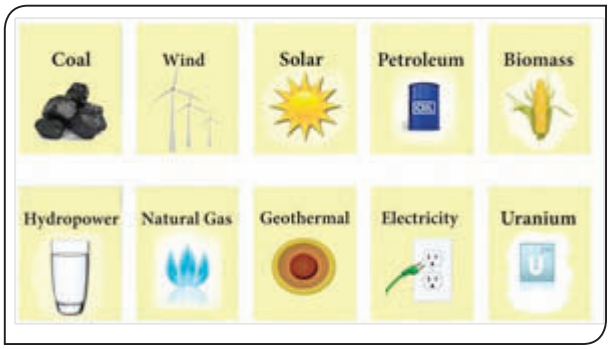
12 - 2 التوزع حسب المناطق للموارد العالمية للطاقة

تصنف موارد الطاقة القابلة للاستخراج في وقت معين ضمن فئتين:

- **موارد متجددة** (وهي غير محدودة الكمية عملياً، وتتجدد كمياتها بشكل طبيعي وبسهولة (طاقة الشمس، طاقة الرياح، الطاقة الكهرومائية...)
- **موارد غير متجددة** (وهي محدودة الكمية عملياً ولا يمكن تجديدها بسهولة كالوقود الأحفوري والطاقة النووية التي تعتبر طاقة بديلة لكنها غير متجددة بسبب قابلية نفاذ اليورانيوم، كما في الشكل (12-1).

الشكل 12 - 1

أنواع موارد الطاقة



وتصنف مخزونات هذه الموارد استناداً إلى قابليتها للاستخراج في وقت معين في فئتين:

- **مخزونات مؤكدة حالياً:** وهي الكميات القابلة للاستخراج من خزاناتها الطبيعية، وذلك بدرجة عالية من الموثوقية تحت الظروف السائدة في الوقت الراهن.
- **مخزونات غير مؤكدة حالياً:** وهي الكميات القابلة للاستخراج من خزاناتها الطبيعية، وذلك بدرجة مقبولة من الموثوقية تحت ظروف ملائمة في المستقبل القريب، وكذلك الكميات الممكنة الاستغلال من خزاناتها الجيولوجية المحتملة تحت ظروف ملائمة في المستقبل البعيد.

وقد أعطى مؤتمر التعدين العالمي (IOCWMC 2014) ضمن إحدى منشوراته بعنوان «بيانات التعدين العالمي» [67] تقديرات لكميات المخزونات من الوقود الأحفوري (النفط، الغاز الطبيعي، الفحم) والطاقة النووية لدى مختلف دول العالم، وتبين أن المخزونات المؤكدة تبلغ 39460 إكسا جول (إكسا جول= مليار تيرا جول= 10^{18} جول)، والمخزونات غير المؤكدة أعلى وتبلغ 516300 إكسا جول.

وقد أعطت مؤسسة النفط البريطانية British petroleum في عام 2014 بيانات تفصيلية عن المخزونات المؤكدة حالياً من الوقود الأحفوري في

مختلف دول العالم. وتبين أن أعلى مخزون مؤكد هو للفحم يبلغ (608×10^9) طن مكافئ نفط وهذا يعادل 60.34% من اجمالي الوقود الاحفوري، بينما مخزون النفط(238×10^9) طن مكافئ نفط ويعادل 23.64% ومخزون الغاز الطبيعي (161.5×10^9) طن مكافئ نفط أي حوالي 16% من اجمالي الوقود الأحفوري.

12 - 3 واقع الطاقات التقليدية على الصعيد الدولي:

من الطاقات الطبيعية التقليدية المستخدمة حالياً النفط – الغاز – سوائل الغاز الطبيعي – الخشب – الفحم.

إن محطات التوليد التي تعمل على الغاز أو الفيول مرهونة بعملها على تلك المصادر القابلة للنضوب، واستدامتها مرهونة بالاستخدام الأمثل وبعامل الزمن وبالكميات المستخرجة، وهذا يتطلب الاهتمام بالبدائل المتنوعة والتي تشكل رديفاً حقيقياً للمحافظة على المخزون من الوقود الأحفوري ليكون قادراً على خدمة الأجيال القادمة عبر التوسع والاعتماد على الطاقات المتجددة، والمحاولات في هذا الإطار بحاجة إلى بذل الجهود المضاعفة للتوسع باستغلال كل الطاقات المتجددة المتوافرة كالمياه والشمس والرياح.

وقد بلغ إنتاج النفط في الدول العربية عام 2012 حوالي 24.2 مليون برميل/ يوم وسوائل الغاز الطبيعي حوالي 3.5 مليون برميل/يوم .في عام 2012 كما بلغ إنتاج الغاز الطبيعي في الدول العربية 604.9 مليار متر مكعب في عام 2012 . وبلغ احتياطي الغاز الطبيعي للدول العربية53.9 تريليون متر مكعب . ووفقاً لهذا المعدل فإن إنتاج النفط والغاز الطبيعي استهلك حوالي 1525.2 مليون جيجا جول لإنتاج النفط أي ما يعادل36.4 مليون طن مكافئ نفط (ط.م.ن) 355.4 مليون جيجا جول (جيجا جول=مليار جول) لإنتاج الغاز الطبيعي أي ما يعادل 8.5 مليون طن مكافئ نفط (ط.م.ن).

12 - 4 استهلاك الطاقة الابتدائية والنهائية

يعرف ميزان الطاقة بأنه حصة كل نوع من الطاقة في الامداد الكلي للطاقة الابتدائية، وهو الأداة التي تسمح بالوصول إلى حاصلين أساسين هما استهلاك الطاقة الابتدائية واستهلاك الطاقة النهائية والتي تعكس المراحل الأساسية لدورة الطاقة.

ويتضمن الامداد الكلي للطاقة والمسمى أيضاً استهلاك ابتدائي، كل من استهلاك الطاقة النهائية واستهلاك قطاع التحويل (الاستهلاك والكميات الضائعة لقطاع الطاقة). أما استهلاك الطاقة النهائية فيتضمن: استهلاك قطاع الصناعة (باستثناء الطاقة)، قطاع النقل، القطاع المنزلي، قطاع الخدمات وقطاع الزراعة.

إن ميزان الطاقة لكل دولة يسمح بتتبع تطور الطلب على الطاقة وكذلك فعالية السياسة الطاقوية لتلك الدولة، كما أنه يسمح بقياس العديد من المؤشرات ككثافة الطاقة وفاتورة الطاقة والتي تسمح بدورها بقياس كفاءة الطاقة لتلك الدولة،. ويبين الجدول (12 –1) توزع استهلاك الطاقة العالمي في عام 2006.

الجدول 12 - 1

توزع استهلاك الطاقة العالمي في عام 2006

مصدر الطاقة	الاستهلاك (تيرا واط= ألف مليار واط)	نسبة الاستهلاك %
النفط	5.8	33
الفحم	3.4	24
الغاز الطبيعي	3.6	21
الكتلة الاحيائية(الخشب، نفايات زراعية،...)	2	11
الطاقة الكهرومائية	1.1	6
الطاقة النووية	1.0	5
الطاقة الحرارية الأرضية +الطاقة الشمسية+ الرياح	0.05	مهملة
المجموع	17.8	100

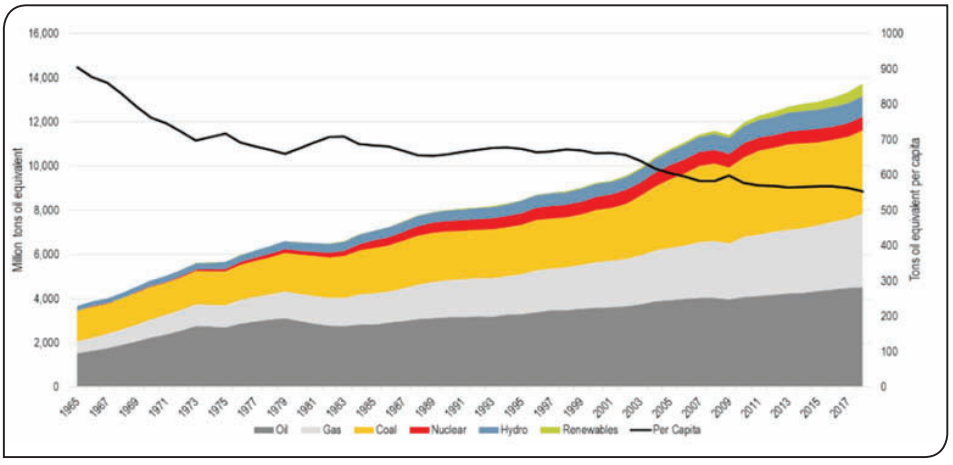
12 - 5 استهلاك الطاقة العالمي بين أعوام 1965 و 2017

تكشف أنماط استهلاك الطاقة العالمية أن العالم لا يزال يعتمد بشكل كبير على الوقود الأحفوري. على مدار السنوات من 1965 إلى 2017، بينما نما استهلاك الطاقة بشكل كبير، شرع العالم في التحول في استخدامه للوقود الأحفوري، من المواد الصلبة (الفحم) إلى السوائل (النفط) إلى الغازات (الغاز الطبيعي). شكل الفحم 39 % من إجمالي استهلاك الطاقة في عام 1965 ثم انخفضت هذه الحصة إلى 28 % في عام 2016 الشكل (12-2)[68]. وفي الوقت نفسه، انخفضت حصة النفط أيضاً من 40 % من استهلاك الطاقة في عام 1965 إلى 33 % في عام 2016. الغاز الطبيعي هو الوقود الأحفوري الوحيد الذي شهد نمواً في حصته، من 15 % في عام 1965 إلى 24 % في عام 2016. أما حصة مصادر الطاقة المتجددة فنمت إلى 3 % من إجمالي استهلاك الطاقة. ومع ذلك، لا تزال هذه الحصة هامشية ولكنها توضح إمكانية تحقيق نظام طاقة أكثر تنوعًا واستدامة.

الشكل 12 - 2

تطور استهلاك الطاقة من المصادر المختلفة

خلال الفترة 1965 - 2017.



أما على أساس نصيب الفرد، فلقد انخفض مستوى استهلاك الطاقة منذ أوائل السبعينيات عندما ارتفع سعر النفط بسرعة، مما أدى إلى مبادرات الاقتصاد في استهلاك الوقود. من الثمانينيات إلى العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، استقر نصيب الفرد من الاستهلاك مع توسع استهلاك الطاقة في الاقتصادات النامية. بعد ذلك، بدءًا من العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، شرع نصيب الفرد من الاستهلاك في اتجاه تنازلي، مما يدل على التحسينات التكنولوجية في كفاءة الطاقة.

وتشير تقديرات الوكالة الدولية للطاقة IEA أن 40 % من الانبعاثات العالمية، جاءت من دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية في عام 2010، وهذه الدول لا تمثل سوى 25 % من نمو الانبعاثات مقارنة بالعام 2009.

وشهدت البلدان غير الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية OECD، وعلى رأسها الصين والهند، نمواً في انبعاثاتها الكربونية وسط نموها الاقتصادي المتسارع. إن نصيب الفرد في دول منظمة التعاون الاقتصادي OECD مجتمعة تمثل 10 طن ثاني أكسيد الكربون، مقارنة مع 5.8 طن للفرد في الصين و1.5 طن في الهند.

وتعد إزالة انبعاثات CO_2 من توليد الكهرباء، أحد التحديات الرئيسية التي يجب التغلب عليها، للحد من ارتفاع درجات الحرارة، وحصرها في درجتين عالميا.

إن الكهرباء فريدة من نوعها، فيما يتعلق بمواجهة تحدي تغير المناخ، فهي المصدر الأكبر والأسرع نموا لثاني اوكسيد الكربون، وبأنها تحمل العديد من الحلول الاقتصادية.

12 - 6 المحطات الحرارية لتوليد الكهرباء

محطات توليد الطاقة بالوقود الأحفوري Fossil-fuel power station ، تحتوي على آلات دوارة لتحويل الطاقة الحرارية الناتجة عن الاحتراق إلى طاقة

ميكانيكية، والتي تقوم بتشغيل المولدات الكهربائية. المحرك الرئيسي قد يكون توربين بخاري، توربين الغاز أو في المحطات الصغيرة، محرك احتراق داخلي متردد. جميع المحطات تستخدم طاقة البخار أو غازات الاحتراق المتصاعدة. وأعداد قليلة جداً المحركات الهيدروديناميكة المغناطيسية والتي تم بناؤها لتقوم مباشرة بتحويل الطاقة الناتجة من الغاز الساخن المتحرك إلى كهرباء [69].

12 -6 - 1 التأثير البيئي لصناعة الفحم

بلغ عدد المحطات الموضوعة في الخدمة عالميا والتي تعمل على الفحم في عام 2007 حوالي 50000 محطة وقدرت الوكالة الدولية للطاقة أن الوقود الأحفوري سيساهم بـ 85% في سوق الطاقة بحلول 2030.

المنظمات العالمية والوكالات الدولية، مثل الوكالة الدولية للطاقة، معنية بالتأثيرات البيئية لحرق الوقود الأحفوري، وخاصة الفحم. يعد احتراق الفحم المسأهم الأكبر في الأمطار الحمضية وتلوث الهواء، وعلى صلة بالإحترار العالمي. بسبب التركيب الكيميائي للفحم هناك صعوبات في إزالة الشوائب من الوقود الصلب قبل حرقه. المحطات الحديثة لتوليد الطاقة بالفحم تنتج تلوث أقل من التصميمات القديمة بسبب تكنولوجيا «scrubber» الجديدة والتي تصفي عادم الهواء في مداخن؛ ومع ذلك فمستويات الانبعاث لمختلف الملوثات لا تزال في المتوسط أكبر بمرات عديدة عن محطات توليد الطاقة بالغاز الطبيعي. في التصميمات الحديثة، التلوث الناتج عن محطات توليد الطاقة بالفحم يأتي من انبعاث الغازات مثل ثاني أكسيد الكربون، أكاسيد النيتروجين، وثاني أكسيد الكبريت إلى الهواء.

ينتج المطر الحمضي من انبعاث أكاسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت. هذه الغازات قد تكون هي نفسها متوسطة الحمضية، لكن عندما تتفاعل مع الغلاف الجوي، تكون مركبات حمضية مثل أكاسيد الكبريت، حمض النيتريك وحمض الكبريتيك والذي يتساقط في صورة أمطار، من ثم يطلق عليه المطر الحمضي. في أوروبا والولايات المتحدة هناك قوانين أكثر صرامة للانبعاثات وتنخفض في

الصناعات الثقيلة التي خفضت من المخاطر البيئية المرتبطة بهذه المشكلة، مما أدى لانبعاثات أقل بعد أن بلغت ذروتها في الستينيات.

يجب وضع النواتج الثانوية من تشغيل محطة الطاقة الحرارية في الحسبان أثناء التصميم والتشغيل. الطاقة الحرارية المهدورة، والتي تظل نظراً لكفاءتها المحدودة في دورات طاقة كارنو، رانكين، أو الديزل، تنبعث مباشرة إلى الغلاف الجوي، أو تنبعث مباشرة إلى مياه الأنهار أو البحيرات عندما تستخدم كوسط تبريد. ينطلق غاز الوقود الناتج من احتراق الوقود الأحفوري إلى الهواء. يحتوي هذا الغاز على ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء، بالإضافة إلى مواد أخرى مثل أكاسيد النيتروجين (NO_X) وأكاسيد الكبريت (SO_X) و الزئبق وآثار لمعادن أخرى، وبالنسبة لمحطات توليد الطاقة باستخدام الفحم، الرماد المتطاير. يجب التخلص من الرماد الصلب الناتج من مراجل الفحم أيضاً. بعض رماد الفحم يمكن إعادة تدويره ليدخل في صناعة مواد البناء [70].

تعتبر محطات توليد الطاقة بالوقود الأحفوري بواعث رئيسية لثاني أكسيد الكربون، بيد أن كميات ثاني أكسيد الكربون الناتج عن كل وحدة طاقة كهربائية في محطات الفحم الحجري أعلى بكثير من الكميات الناتجة عن محطات الغاز الطبيعي. ويبين الجدول (12-2) انبعاثات الغازات الملوثة الناتجة عن حرق أنواع الوقود الأحفوري [71].

الجدول 12-2

انبعاثات الغازات الملوثة الناتجة عن حرق أنواع الوقود الأحفوري.

الملـوث	زيوت أخرى	زيت الوقود	الفحم البني	الفحم الصلب	الغاز
CO_2 (g/GJ)	74،100	77،400	101،000	94،600	56،100
SO_2 (g/GJ)	228	1،350	1،361	765	0.68
NO_X (g/GJ)	129	195	183	292	93.3
CO (g/GJ)	15.7	15.7	89.1	89.1	14.5

مركبات عضوية أخرى غير الميثان(g/GJ)	3.24	3.70	7.78	4.92	1.58
الجسيمات المعلقة(g/GJ)	1.91	16	3.254	1.203	0.1
اجمالي غاز المداخن/(m^3 GJ)	276	279	444	360	272

من بين أنواع الوقود الأحفوري في عام 2010، سأهم الفحم في حوالي 81% من انبعاثات CO_2 من توليد الطاقة وسأهم في حوالي 45% من الطاقة المولدة في الولايات المتحدة. عام 2000، كانت كثافة الكربون في عمليات الاحتراق الحراري للفحم في الولايات المتحدة (2249 lbs/MWh أي.kg/MWh) بينما كانت كثافة الكربون في عمليات التوليد الحراري بالنفط في الولايات المتحدة (758 kg/ MWh أي 211 kg/GJ) وكانت كثافة الكربون في الإنتاج الحراري للغاز الطبيعي في الولايات المتحدة (1135lb/MWh أي 515 kg/MWh أي kg/ 143 GJ) [72]، والاتجاه التاريخي لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون متأتية من توليد الكهرباء في العالم. حيث بلغ إجمالي هذه الانبعاثات المتأتية من توليد الكهرباء في العالم في عام 2007 مثلاً نحو 11 جيغاطن (جيجا طن = 10^{18} طن)، إلا أن التقديرات تشير إلى أنه كان سيبلغ 16.4 جيغاطن لو لم تتوافر الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة ومن الطاقة الكهرومائية والنووية.

وتتوقف هذه التقديرات لكمية الانبعاثات التي تم تفاديها إلى حد كبير على مصدر الطاقة الذي نفترض استخدامه لتوليد الكهرباء البديلة في ظل غياب مصادر الطاقة المتجددة أو الطاقة الكهرومائية أو النووية.

ويقلل هذا النهج على الأرجح من كثافة الانبعاثات التي تم تفاديها بفضل الطاقة النووية في السبعينات وأوائل الثمانينات من القرن العشرين، إذ كان الغرض من الكثير من محطات الطاقة النووية الجديدة التي أقيمت غداة الأزمات النفطية في السبعينات تقليص الاعتماد على النفط والغاز، وكانت ستقام محلها على الأرجح محطات لتوليد الطاقة باستخدام الفحم بدلاً من محطات تستخدم مزيجاً تناسبياً من الفحم والنفط والغاز.

أن البلدان ذات نسب انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون التي تقل عن 20 % من المتوسط العاملي، أي أنها تقل عن 100 غرام مكافئ ثاني أكسيد الكربون/ كيلوواط ساعة تولد 80 % أو أكثر من الكهرباء إما من الطاقة الكهرومائية كحالة النرويج والبرازيل أو من الطاقة النووية كحالة فرنسا أو من مزيج من هذين النوعين من الطاقة كحالة سويسرا والسويد، أما البلدان ذات نسب انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون المرتفعة التي قد تصل إلى 800غرام مكافئ ثاني أكسيد الكربون/ كيلوواط ساعة أو أكثر، فهي البلدان التي مزيجها الكهربائي لا يتضمن الطاقة النووية أو الكهرومائية على غرار أستراليا أو أنه يتضمن كميات محدودة من الكهرباء من هذين المصدرين كالصين والهند.

12 -6 - 2 التوليد المشترك (الحرارة والطاقة المشتركة)

التوليد المشترك ويعرف أيضاً بالحرارة والطاقة المشتركة، هو استخدام المحطة الحرارية الطاقة لتوفير الطاقة الكهربائية. بينما طرح الطاقة عند درجات حرارة مرتفعة أكثر من درجة الحرارة العادية يمكن من بناء محطة تدفئة تستخدم لتدفئة المباني. تظهر الحسابات أن التوليد المشترك يعد طريقة رخيصة لتقليل انبعاثات الكربون.

انخفاض تكاليف التشغيل بفضل نظام الحرارة والطاقة المشتركة (CHP) عالي الكفاءة وباستطاعة العديد من المنشآت الصناعية كالمصانع، ومصافي النفط، ومحطات التدفئة الإقليمية؛ أو المنشآت التجارية كالمنتجعات، ومراكز التسوق، والمباني الإدارية الشاهقة، والجامعات، ومراكز البيانات، والمستشفيات خفض تكاليف التشغيل باستخدام نظام الحرارة والطاقة المشتركة.

من أهم فوائد نظام التوليد المشترك:

- كفاءة الطاقة عالية تصل إلى 90 %.
- تكاليف الطاقة أقل من أنظمة توليد الطاقة والكهرباء المنفصلة.
- انخفاض الانبعاثات عن أنظمة توليد الطاقة والكهرباء المنفصلة.

- تيسر الحصول على شهادة الريادة في مجال الطاقة والتصميم البيئي (LEED) عن طريق اعتمادات كفاءة الطاقة.

12 - 6 - 3 بدائل محطات الطاقة بالوقود الأحفوري

تشمل بدائل محطات الطاقة بالوقود الأحفوري الطاقة النووية والطاقة الكهرومائية وطاقة الرياح والطاقة الشمسية وطاقة المد والجزر، والطاقة الأرضية الحرارية وأنواع أخرى من الطاقة المتجددة. تستخدم بعض من هذه التكنولوجيات على نطاق صناعي (مثل الطاقة النووية والرياح والمد والجزر والكهرومائية) بينما لا تزال الأخرى في الصيغة التجريبية كالطاقة الأرضية الحرارية.

إن الكمية الصافية لتحويل الطاقة داخل المحيط الحيوي والتي تعود لاستخدام طاقة الرياح والطاقة الشمسية وطاقة المد والجزر والطاقة الكهرومائية هي ثابتة وتأتي من تأثيرات ضوء الشمس وحركة القمر والكواكب.

بصفة عامة، كلفة الطاقة الكهربائية المنتجة من محطات حرق الوقود غير الأحفوري أكبر من تلك التي تنتج بحرق الوقود الأحفوري. ومع ذلك فهذا البيان يشمل فقط تكلفة إنتاج الطاقة الكهربائية ولا يأخذ في الحسبان التكاليف غير المباشرة المرتبطة بالكثير من الملوثات التي تنتج من حرق الوقود الأحفوري (مثل تكلفة زيادة حالات الدخول للمستشفيات بسبب أمراض الجهاز التنفسي التي تسببها جسيمات الدخان).

12 - 7 استهلاك الطاقة في الدول العربية

تعتبر الدول العربية من أحد أكبر المنتجين للطاقة في العالم، إذ بلغ نصيب الدول العربية المنتجة للنفط الخام وسوائل الغاز الطبيعي حوالي 27.7 مليون برميل في اليوم أي ما يقدر بثلث الإنتاج العالمي والبالغ 84.82 مليون برميل يوميا لسنة 2013وقد بلغ إنتاج الدول العربية من الغاز الطبيعي حوالي 604.9 مليار متر مكعب في سنة 2012 أي ما يقارب 17.7 % من إجمالي الإنتاج العالمي .في حين بلغ إجمالي

إنتاج الدول العربية من الطاقة الكهرومائية لسنة 2012 حوالي 103.3 ألف برميل مكافئ نفط في اليوم [72] ..

وتتخوف منظمة الدول العربية المصدرة للنفط (أوابك) حسب ما ورد في نشرتها الشهرية لشهر أيار/مايو 2013 من النمو المتزايد لمعدلات استهلاك الطاقة عربياً، حيث ارتفع معدل استهلاك الطاقة في عام 2009 من نحو 11.8 مليون برميل يوميا إلى نحو 13.5 مليون في عام 2012 أي بمعدل نمو سنوي بلغ 4.6 % سنويا. أما استهلاك الغاز الطبيعي فبلغ معدل استهلاكه خلال عام 2012 قيمة 7.02 مليون برميل مكافئ نفط/اليوم مقابل 6.58 مليون برميل في عام 2011 . ويعتبر النفط والغاز الطبيعي المصدرين الرئيسيين للطاقة في الدول العربية إذ بلغ إجمالي استهلاك الطاقة الكهرومائية حوالي 103 ألف برميل مكافئ نفط في اليوم لسنة 2012في حين بلغ استهلاك الفحم حوالي 102 الف برميل مكافئ نفط في اليوم لنفس السنة وبهذا نجد أن نسبة استهلاك النفط والغاز الطبيعي تمثل حوالي98.5%

وفى جانب متوسط استهلاك الفرد من الطاقة سنويا في الدول العربية فهو في تزايد، إذ بلغ 12.3 برميل مكافئ نفط في عام 2009 ليصل إلى 13.4 برميل مكافئ نفط في 2012 أي بمعدل زيادة [73]8.9% . أما متوسط استهلاك الفرد دول منظمة الأقطار العربية المصدرة للنفط (أوابك) فهو مرتفع كثيراً، حيث بلغ في عام 2014 في المملكة العربية السعودية 45 برميل مكافىء نفط/شخص.سنوياً [74]. وبسبب قلة كفاءة الطاقة في المملكة حدث نمو في كثافة الطاقة بنسبة 48 % منذ عام 1985 وحتى 2010، مقارنة بثلاث دول من أكبر الدول الصناعية وهي ألمانيا التي انخفضت كثافة الطاقة فيها بنسبة -46 %، والولايات المتحدة بنسبة -32 %، واليابان -18 %، وفي بقية العالم انخفضت كثافة الطاقة بنسبة -11 %.

وأشار التقرير الذي يحمل عنوان «تطور استهلاك الطاقة الأولية في الإمارات وآفاقه المستقبلية» إلى أنه من العلامات البارزة لتطور استهلاك الطاقة في الإمارات العربية المتحدة خلال الفترة (1995 - 2019) تراجع حصة الإمارات العربية من إجمالي استهلاك الدول الأعضاء في (أوابك) لمصادر الطاقة الأولية، وانخفاض

معدلات استهلاك الفرد من الطاقة، وزيادة حصة الاستهلاك المحلي لمصادر الطاقة الأولية من إجمالي إنتاجها. وتسارع المعدل العام للنمو في إجمالي استهلاك مصادر الطاقة الأولية بمجموعة الدول الأعضاء في منظمة (أوابك)، بمعدل تجاوز نظيره لدولة الإمارات خلال الفترة (1995 - 2019) ما أدى إلى تراجع حصة الإمارات من إجمالي استهلاك الدول الأعضاء لمصادر الطاقة الأولية من 16.2% عام 1995 إلى 15.5% عام 2019. وتجاوزت معدلات النمو السكاني للإمارات معدلات النمو في إجمالي استهلاكها من مصادر الطاقة الأولية خلال الفترة (1995 - 2019)، وهذا أدى إلى تراجع متوسط استهلاك الفرد في الإمارات العربية المتحدة الذي كان 137.2 برميل مكافئ نفط/شخص عام 1995 وانخفض إلى 74.1 برميل مكافئ نفط عام 2019 [75]. أما حصة الفرد من استهلاك الطاقة في الكويت فارتفع من 52 برميل نفط عام 1995 إلى 58 برميل نفط عام 2018 .

ويعتمد إنتاج الكهرباء في الدول العربية بشكل كبير على النفط والغاز الطبيعي إذ تشكل هذه المصادر نسبة 98 % من مصادر الطاقة المنتجة للكهرباء، بينما لا تتجاوز نسبة مساهمة مصادر الطاقة المتجددة والمصادر الأخرى نسبة تذكر .وتتباين نسبة الاستهلاك النهائي للطاقة على القطاعات المختلفة فهي متدنية في الدول المنتجة للنفط، حيث يتم استهلاك كميات كبيرة في عمليات التحويل في المصافي ومحطات التوليد الكهربائية من اجمالي استهلاك الطاقة حيث وصل إلى 41% في عام 2009 قد مثل النفط ما نسبته 59.6% من الاستهلاك النهائي للطاقة في حين سأهم الغاز الطبيعي بنسبة .% 23.8 والكهرباء 16.4 % والفحم0.2%

12 - 7 - 1 ارتفاع الطلب المحلي على الطاقة في الدول العربية

ارتفع الطلب المحلي على الطاقة في الدول العربية وخاصة في دول منظمة (أوابك) إلى مستويات غير مسبوقة، وأصبحت المملكة العربية السعودية في المرتبة السادسة لأكبر مستهلكي النفط في العالم. ونظراً لطبيعة الموارد النفطية والغازية غير المتجددة والناضبة تحتم الاستغلال الأمثل لهذه الثروة لتنويع القاعدة الاقتصادية وتوفير مصادر الدخل وتحقيق التنمية المستدامة.

وقد تخطى معدل النمو السنوي لاستهلاك الطاقة في المملكة العربية السعودية 5 %، بينما معدل النمو الاقتصادي 4%، ووصل إجمالي استهلاك الطاقة (منتجات مكررة وزيت خام وغاز طبيعي) حوالي 3.8 مليون برميل نفط مكافئ يومياً مع التباين الواضح في معدلات الاستهلاك خلال فصول السنة.

ويتركز استهلاك الطاقة في قطاع الكهرباء والتحلية 52 % وقطاع النقل21% والقطاع الصناعي 15 %.

ويؤدي الاستهلاك المحلي المفرط للنفط الخام ومشتقاته إلى التقليل من كمية النفط المتاحة للتصدير في دول الخليج العربية.

ويعاني الغاز الطبيعي أيضاً من ارتفاع معدل الاستهلاك المحلي، حيث يتوقع أن يواصل الطلب المحلي على الغاز ارتفاعه مع اتساع الاحتياجات المحلية والصناعية وفي مقدمتها توليد الكهرباء وتحلية المياه والقطاعات الصناعية. ولمواكبة النمو المفرط على الطاقة، بدأت دول الخليج تطبيق سياسات صارمة للحد من الهدر في استهلاك الكهرباء.

12 - 8 أسعار الطاقة في الدول العربية

تعتبر أسعار الطاقة في أغلب الدول العربية أقل بكثير مما هي عليه في الأسواق العالمية والأسواق المجاورة، مما يساهم في ضعف اهتمام الأفراد بترشيد الطاقة، وحتى تهريب الوقود خارج الحدود.

ويمكن كبح نمو الطلب الداخلي السنوي على النفط والغاز، إذا تم تطبيق خطط ادخال الطاقة النظيفة كالطاقة الشمسية واستغلال طاقة الرياح، وإذا نفذت برامج ترشيد الطاقة التي تهدف إلى رفع كفاءة الطاقة.

12 - 9 الطاقات المتجددة

الطاقات المتجددة هي تلك الطاقات التي يتكرر وجودها في الطبيعة على نحو تلقائي ودوري بمعنى أنها الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي تتجدد أو التي

لا يمكن أن تنفذ، كما تعرف بأنها الطاقات التي تولد من مصدر طبيعي لا ينضب وهي متوفرة في كل مكان على سطح الأرض ويمكن تحويلها بسهولة إلى طاقة. أي أن الطاقة المتجددة هي الطاقة المكتسبة من عمليات طبيعية تتجدد باستمرار. ومصادر الطاقة المتجددة تختلف جوهريا عن الوقود الأحفوري من نفط وفحم وغاز طبيعي، أو الوقود النووي الذي يستخدم في المفاعلات النووية. ولا ينشأ عن الطاقة المتجددة في العادة مخلفات كثاني أكسيد الكربون أو غازات ضارة أو تعمل على زيادة الإحترار العالمي كما يحدث عند احتراق الوقود الأحفوري أو المخلفات الذرية الضارة الناتجة من مفاعلات القوى النووية [76].

تعد المصادر الطاقوية المتجددة المتغير الأبرز في رسم الصورة المستقبلية للإمداد الطاقوي، خاصة أن معظم دول العالم بلغ فيها استخدام الطاقات الأحفورية حدود الذروة، الأمر الذي يطرح تحديات كبرى فيما يتعلق بنماذج التنمية وتوجهات الاستدامة، لاسيما إذا تعلق الأمر بالاقتصاديات النامية التي تعتمد نماذج تقليدية في تمويل خططها التنموية، وترتكز على مصادر الطاقات الناضبة وإيراداتها. وبالموازاة مع النداءات العالمية المطالبة بالارتقاء بمسارات الاقتصاد المستدام فقد أصبحت الطاقات المتجددة من العناصر المهمة في جميع الاقتصاديات لتحقيق التنمية الاقتصادية المستدامة، حيث إن إمداداتها تشكل عاملا أساسياً في دفع الإنتاج وتحقيق الاستقرار والنمو، مما يوفر فرص العمل اللائقة ويسهم في تحسين مستويات المعيشة. ومن حيث قدرات توليد الطاقة، كان عام 2015 عاماً قياسياً، حيث إنه حدث نمو بالغ الأهمية في قطاع الطاقة المتجددة تمثل في تجاوز القدرة العالمية 1849 جيغاواط في عام 2015، بزيادة 8.7 % عن عام 2014، حيث ارتفعت الطاقة الكهرومائية بنسبة 2.7 % إلى ما يقارب 1064 جيغاواط، ونمت المصادر المتجددة الأخرى بشكل جماعي إلى ما يقرب من 17.85 % إلى أكثر من 784 جيغاواط.

وقد حققت طاقة الرياح نموا تجاوز الطاقة الكهروضوئية. حيث أضيف أكثر من 63 جيغاواط من طاقة الرياح في عام 2015 ليتجاوز إجماليها 433 جيغاواط عن عام 2014 وهو ما يمثل زيادة بنسبة حوالي 7 %. وسجلت سوق الطاقة

الكهروضوبية رقماً قياسياً في عام 2017 بإضافة نحو 50 جيغاواط ليصبح المجموع حوالي 227 جيغاواط.

كما واصلت استخدامات التدفئة والتبريد باستخدام الطاقة الشمسية الحرارية والطاقة الحرارية الجوفية ارتفاعها المستمر وإن جاءت بمعدلات صغيرة وعلى مدى السنوات القليلة الماضية، انخفضت تكاليف توليد الكهرباء من الرياح البرية والطاقة الشمسية الكهروضوبية بشكل كبير، ونتيجة لذلك يتم حالياً بناء عدد متزايد من المشاريع دون الحاجة للاعتماد على الدعم المالي العام.

وأكثر البلدان استثمارا للطاقات المتجددة هي أوروبا تتبعها الولايات المتحدة، لكن دولا مثل الصين والهند والبرازيل أضحت تجتذب الاستثمارات بشكل متزايد وزاد نصيبهم من 12 % في عام 2004 إلى 22 % في 2007، أي ما يعادل من 1.8 مليار دولار إلى 26 مليار دولار حاليا. ولقد زاد الاستثمار في قطاع الطاقة النظيفة في أفريقيا خمسة أمثال ليصل إلى 1.3 مليار دولار في عام 2006 بعد انكماش تدريجي بدأ عام 2004. وقد شهد قطاع الطاقة المتجددة نمو إلى 450 مليار دولار عام 2012 ويتوقع ارتفاع هذا الرقم إلى 600 مليار عام 2020 [77].

وتعتبر الطاقات المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح من المصادر الحميدة المتوفرة في البلدان العربية حيث تمتلك العديد من الدول العربية إمكانات عالية لتطوير تقنيات الطاقة المتجددة نظرًا لارتفاع مستويات الرياح وأشعة الشمس المرتبطة بمناخها. حددت الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA) أكثر من نصف الأراضي في دول مجلس التعاون الخليجي على أنها مناسبة لنشر تقنيات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. كما حددت أيضًا بلدان شمال إفريقيا على أنها تتمتع بإمكانيات أكبر لتوليد طاقة الرياح والطاقة الشمسية من جميع المناطق الأخرى في القارة. يمكن أن يؤدي الحصول على الطاقة من التقنيات المتجددة بدلاً من الوقود الأحفوري إلى تقليل انبعاثات غازات الدفيئة المرتبطة بالطاقة بشكل كبير، والتي تمثل حاليًا 85% من إجمالي الانبعاثات في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. يتضمن توليد الطاقة المتجددة أيضًا استخدامًا أقل للمياه من العمليات المرتبطة

باستخراج الوقود الأحفوري وتحويله إلى طاقة قابلة للاستخدام، مع امتلاك القدرة على تحسين جودة المياه وتوافرها داخل المنطقة.

تتوفر الطاقة الشمسية بكثرة من حيث طول الساعات المشمسة وارتفاع الطاقة الكامنة في الاشعاع الشمسي في معظم مناطق البلدان العربية وخاصة المناطق الصحراوية المتواجدة في دول شمال أفريقيا ودول الخليج. وفيض الإشعاع الشمسي خارج المجال الجوي للكرة الأرضية يصل إلى 376كيلووات/متر مربع وينخفض إلى حوالي 1 كيلووات/متر مربع على سطح الأرض كما يتجاوز الاشعاع الشمسي المباشر حوالى 7 كيلووات.ساعي/متر مربع/يوم، وتصل عدد ساعات سطوع الشمس في هذه المناطق إلى ما يتجاوز 4000 ساعة سنوياً. وقد سأهم التعاون الدولي في صياغة سياسات الطاقة العالمية، فهناك حاليا اهتمام وتنافس متزايد نحو الاستثمار الجاد في تطوير برامج وتكنولوجيات الطاقات المتجددة، وتبني التكنولوجيا الحميدة واستخدامها في مجالات عدة، والتي ستشكل في مجموعها طاقة المستقبل [77].

12-9-1 - الطاقة الشمسية

لقد استخدم الإنسان الطاقة الشمسية مباشرة منذ القدم، لتجفيف الملابس والأغذية، وبصورة غير مباشرة في الزراعة التي تمده بالغذاء والطاقة .وتدعي الأسطورة أن العالم اليوناني أرخميدس صمم مرآة شمسية ضخمة، استطاع بواسطتها تجميع الأشعة الشمسية وتسليطها على أشرعة الأسطول الروماني الذي كان يحاصر سيراكوز فحرقها عام 212 ق.م. وفكر ليوناردو دافنشي في القرن الخامس عشر في تركيز الأشعة الشمسية، واستخدام الطاقة الناجمة عن ذلك في لحام النحاس .وقد بدأ الإنسان في القرن الماضي بتطوير التقانة التي يستطيع بواسطتها الاستفادة من الطاقة الشمسية بشكل أكبر .وهناك عدة طرائق لاستغلال الطاقة الشمسية بفعالية، يمكن تصنيفها إلى التطبيقات الحرارية وإنتاج الكهرباء والعمليات الكيميائية، وتعتبر التطبيقات الحرارية في مجال تسخين المياه الأوسع استعمالا. ويمكن الاستفادة من الطاقة الشمسية في تحلية المياه [78]، ويتزايد توليد الكهرباء حالياً بواسطة النظم الفوتوفولطية والتكنولوجيات الحرارية الشمسية، في

التأثير الكهروضوئي تتولد الكهرباء من الفصل بين الشوارد السالبة (الإلكترونات) والشوارد الموجبة (الثقوب) عند تسليط الضوء على نقطة اتصال جزأين من بلورة نصف نأقل .والسيليكون عبارة عن نصف نأقل يمكن خلطه بكميات بسيطة جداً من الشوائب (مثل الفسفور والبورون (بعملية تدعى الإشابة Doping حيث تنتج هذه العملية P موجبة و N سالبة وعند تعرضها للضوء تنتج الخلية جهداً 1 فولط.

صنعت الخلايا الأولى من السيلينيوم عام1883 ، أما الخلايا الأولى من السيليكون فقد صنعت عام 1954وقد استخدمت هذه الخلايا بنجاح في رحلات الفضاء منذ عام1958 ، وأصبحت الوسيلة المسيطرة لتوليد الكهرباء في الرحلات الفضائية في الستينات .وبالنسبة لاستخدامها على الأرض، فقد كانت الكلفة بحدود $ 100 للوات في الستينات. وفي السبعينات أمكن تخفيض الكلفة إلى $20 للوات، مما جعلها صالحة للاستخدام في الأماكن البعيدة عن الشبكة الكهربائية، وفي المحطات البحرية، ومنارات المرافئ، ومراكز تقاطع السكك الحديدية، وفي الحماية المهبطية للأنابيب وغيرها [79]. وقد ازداد الاهتمام بها في السبعينات، نتيجة ارتفاع أسعار النفط ثم تناقص هذا الاهتمام بعد ذلك .ومع ذلك نمت بمعدل بين 10- 20% خلال الثمانينات والتسعينات، وبلغت استطاعة التوليد الكهربائية منها 1000ميغا وات عام 1999 وقد وصلت ذروة الاستطاعة المركبة إلى 6000 ميغا وات عام2006 ، وهي في تزايد مستمر.

وتكمن فوائد الخلايا الضوئية الفولتية في قدرتها على تحويل الطاقة الشمسية مباشرة إلى كهرباء وفي سهولة استعمالها، ما يجعلها قابلة للاستعمال خصوصاً في البلدان النامية حيث لا تتوفر المولدات الكهربائية الضخمة .ويجدر التنبه إلى أن مردود هذه الخلايا يظل محدوداً، إذ تعتمد كمية الطاقة المتحصل عليها، على الموقع الجغرافي وترتبط بالظروف المناخية، كما أن مدة استعمالها لا تتجاوز العشرين عاما .وتسمح هذه الوسائل بالاستعاضة عن طاقة الوقود الأحفوري (مثل النفط والفحم)، ولكن ثمة مشكلة في تخزينها لأنه يتعذر الاحتفاظ بتلك الطاقة على مدى سنوات[80]. وفي المقابل، من المستطاع استعمالها في إنتاج 50 % من الطاقة

الضرورية للتدفئة. ولا تزال كلفة الطاقة الشمسية الحرارية باهظة نسبياً ويرجع ذلك إلى ارتفاع قيمة الاستثمار المطلوب لإنشائها، والذي لا يمكن استرجاعه إلا بعد مدة طويلة نسبياً قد تمتد بين 10 و 15 سنة.

أشار تقرير منظمّة السلام الأخضر (Greenpeace) في 7 تشرين الأول/ اكتوبر لعام 2005 بعنوان» الطاقة الحرارية الشمسية المركزة «إلى أن الطاقة الشمسية كفيلة بتأمين الكهرباء النظيفة في غضون عقدين لأكثر من100 مليون شخص في المناطق الأكثر تعرضا للشمس في العالم، وتشجع منظمة السلام الأخضر(غرين بيس) صانعي القرار على دعم هذه الصناعة المستدامة الحديثة والاستثمار في هذه التكنولوجيا الجديدة . كما يوضح التقرير كيف يمكن لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا أن تصبح المركز الرئيس لإنتاج الطاقة الشمسية في العالم وأن تتمتع بقدرة تصدير هذه الطاقة إلى أوروبا .وأشار برنامج الأمم المتحدة للبيئة/المكتب الإقليمي لغرب آسيا في دراسة شاملة حول الوضع الراهن للطاقات المتجددة في بلدان الشرق الأوسط وشمال أفريقيا لعام 2006 إلى أن المنطقة العربية تتمتع بثروة هائلة من الطاقة المتجددة، إضافة إلى مواردها النفطية والغازية . فهي تمتاز بأعلى سطوع شمسي على الأرض، لكن على رغم الفرص الواعدة، فإن برامج الأبحاث والتطوير ونقل التكنولوجيا والتطبيقات العملية ما زالت أقل كثيرا مما هو متيسر أو مطلوب.

المستقبل واعد لإنتاج الكهرباء من الطاقة الحرارية الشمسية المركزة(CSP) والنظم الفوتوفولطية (PV) في المنطقة العربية لأن الاشعاع الشمسي الساقط على أنحاء المنطقة أعلى من المعدل المطلوب. ومع أن استغلال الطاقة الشمسية الحرارية المركزة ممكن بمعدلات أدنى، فقد افترض أن 1800 كيلوواط/ساعة على المتر المربع من السطوع الطبيعي المباشر (DNI) السنوي مناسبة لتحديد الامكانية التقنية الشاملة لهذه الطاقة. واعتُبرت الامكانية الاقتصادية في حدود سطوع مباشر مقداره 2000 كيلوواط/ساعة على المتر المربع في السنة، فهذا مستوى مناسب لجعل تكاليف الطاقة الشمسية في المدى المتوسط تنافسية مع مصادر الطاقة التقليدية

والمتجددة الأخرى لتوليد الكهرباء. وتشير الاحصاءات إلى أن جميع بلدان الشرق الأوسط وشمال أفريقيا مؤهلة لهذه التكنولوجيا، إذ أن معدلاتها تزيد على 1800 كيلوواط ساعة على المتر المربع في السنة [81].

وبدء ينتشر النظام الكهروضوئي الذي يتألف من المكونات التالية : الألواح الكهروضوئية، الأنفرتر(المبدلة) DC/AC ، المدخرات (البطارية)، ووسائط الربط فيما بين العناصر بالإضافة إلى الملحقات. وعند دراسة النظام الكهروضوئي يجب تحديد ومعرفة الموقع الجغرافي للمكان المراد التركيب فيه والمعطيات المناخية للمنطقة.

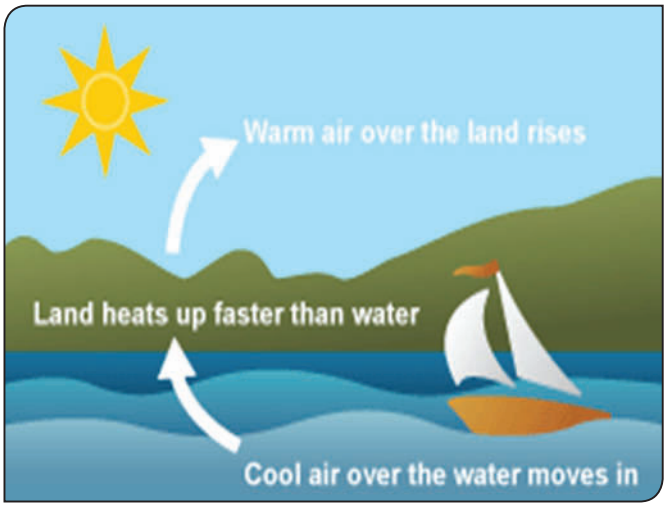
12-9-2- طـاقــة الريـــاح

تحدث الرياح بسبب التسخين غير المتكافئ لسطح الأرض من الشمس. فعندما تقوم الشمس بتسخين منطقة معينة من الأرض يقوم الهواء حول تلك المنطقة بامتصاص البعض من تلك الحرارة وفي درجة حرارة معينة يبدأ ذلك الهواء الحار بالارتفاع بسرعة كبيرة لأن حجم الهواء الحار أخف من حجم الهواء الأبرد وإن جزيئات هذا الهواء الحار ذو الحركة الأسرع تبذل ضغط أكثر من الجزيئات ذات الحركة الأبطأ، ولذلك تأخذ وقت أقل لإبقاء ضغط الهواء الطبيعي في الارتفاع المسموح وعندما يرتفع الهواء الحار الأخف فجأة تتدفق تيارات هوائية أبرد بسرعة لسدّ الفراغ الذي تركه الهواء الحار وراءه. إذا قمت بوضع جسم ما مثل طاحونة الهواء في طريق تلك الريح فستقوم الريح بدفعها، محولة بعض من طاقتها الحركية الخاصة إلى طاحونة الهواء وبهذه الطريقة يستمد توربين الرياح الطاقة من الريح ويحدث نفس هذا الأمر مع المركب الشراعي عندما يدفع الهواء المتحرّك الشراع ويتسبّب بتحرك المركب

وعرف الإنسان طاقة الرياح واستخدمها منذ القديم في تسيير السفن الشراعية، الشكل(12-3).

الشكل 12 - 3

الرياح تحرك السفن الشراعية.



ويوجد العديد من أنواع السفن الشراعية، ولكن توجد أشياء أساسية معينة مشتركة فيما بينها جميعًا. كل سفينة شراعية لها هيكل، وحبال أشرعة وعلى الأقل صارية واحدة كي تحمل الشراع الذي يستخدم قوة الرياح في تشغيل السفينة. ويطلق على الطاقم الذي يبحر بالسفينة اسم البحارة. فهم يتناوبون على القيام بمراقبة أداء السفينة لفترة معينة. عمليات المراقبة تستمر عادةً لمدة أربع ساعات. بعض السفن الشراعية تستخدم أجراس السفينة التقليدية لمعرفة الوقت وتنسيق نظام المراقبة، فيتم قرع الجرس مرة واحدة كل نصف ساعة في وردية المراقبة وفي نهاية المراقبة يكون الجرس قد تم قرعه ثماني مرات (وردية مراقبة لمدة أربع ساعات).

وتم الاستفادة قديماً من طاقة الرياح باستخدام الطاحونات الهوائية Windmill. واستخدمت الطواحين الهوائية على نحو رئيسي لطحن الحبوب ولضخ المياه، لمعظم الطواحين الهوائية دولاب من الريشات أو الأشرعة، تديرها الريح. وفي بعض الحالات، يوضع الدولاب على قضيب أفقي، ثم يركّب على برج أو عمود أو بناء عالٍ آخر. يتم تدوير القضيب عن طريق حركة الدولاب، وتُنقل الطاقة - عبر سلسلة من التروس - إلى القضيب الرأسي، الذي ينقلها بدوره إلى مضخة الماء، أو المولد الكهربائي أو جهاز آخر.

من المحتمل أن يرجع أصل الطواحين الهوائية إلى بلاد فارس في القرن السابع الميلادي، وكان للطواحين الهوائية أشرعة تدور حول محور رأسي. وكانت تستخدم على نحو رئيسي لطحن الحبوب.

وقد انتشرت الطواحين الهوائية في أوروبا بحلول القرن الثاني عشر. ففي ذلك الوقت، اكتشف المخترعون أن الطواحين الهوائية تنتج طاقة أكبر إذا تم تدوير الأشرعة أو الريشات على قضيب عمودي. وأدّى هذا الاكتشاف في النهاية إلى تطوير الطواحين الهوائية الهولندية التي كانت تُستخدم على نطاق واسع في هولندا لتصريف المياه من الأرض. وكان لها أربعة أذرع طويلة، ذات أشرعة قماشية، أو شرائح خشبية، أو مصاريع مركّبة عليها. وكان يتحتم تحريك الأشرعة الرأسية المركّبة على القضيب الأفقي، لمواجهة الريح. وكان أول حل لتلك الصعوبة هو الطاحونة العمودية، وهي طاحونة هوائية ذات عمود مركزي يمكن تدوير الجزء الرئيسي من الطاحونة عليه. أما في طاحونة البرج، فإن الرأس فقط هو القابل للتحريك.

وفي إنجلترا كانت الطواحين الهوائية الأولى صغيرة، حيث كان للواحدة منها زوج واحد فقط من حجارة الطحن. كما كانت أشرعتها تكاد تلامس الأرض. ولم يكن للأشرعة أيّ مَهبّ ريح، أي أنها كانت تُنْصب على زاوية ثابتة على طول امتدادها. وزودت الطواحين الهوائية بالطاقة اللازمة لطحن الغلال، ونشر الأخشاب، وضغط الزيت؛ وطحن التبغ للنشوق، الشكل (12-4). وكانت الطواحين الهوائية تُستخدم في الغالب الأعم في مناطق زراعة الذرة التي تنقصها طاقة المياه.

الشكل 12 - 4

استخدام طاقة الرياح في تشغيل طواحين الهواء.



مع ارتفاع أسعار النفط في السبعينات انصب اهتمام كبير على طاقة الرياح. وقد أدى هذا إلى تطوير تصميم العنفات الريحية المولدة للكهرباء خلال العقود الأربعة الأخيرة .ففي منتصف الثمانينات كانت الاستطاعة العظمى للعنفة الريحية 150كيلو وات . وفي عام 2006 هناك عنفات تجارية باستطاعة 1 ميغا وات وقد تصل إلى 4 ميغا وات .تحتاج العنفات إلى مساحة من الأرض للطرقات اللازمة لصيانتها، ولمد خطوط الكهرباء بينها. وتقدر المساحة اللازمة لعنفة تولد600 كيلو وات بـ 6000 متر مربع .كما أنها تحتاج إلى رياح بسرعة 3 م / ثا كحد أدنى، بالنسبة للعنفات الصغيرة و 6 م/ث للعنفات الكبيرة .وتزداد سعة العنفة واقتصاداتها مع زيادة سرعة الرياح وثباتها .وقد توسعت بعض الدول مثل ألمانيا واسبانيا والدانمارك والولايات المتحدة وانكلترا وغيرها في استغلال هذه الطاقة. تبلغ الطاقة المولدة من الرياح في الولايات المتحدة 9000 ميغاوات فقط. وتأمل بعض الدول أن تصبح حصة الرياح في توليد الكهرباء بحدود 10% على مدى العقود القليلة القادمة. ويعترض بعضهم على إنشاء المزارع الريحية بسبب الضجيج، أو إفساد المنظر العام للأرض (التلوث البصري) ولذا يعمد كثير من الدول إلى إنشاء هذه المحطات على بعد 20–30كم من الساحل، بعيداً عن المناطق السكنية وللاستفادة من شدة الرياح في البحار. وتعتبر محطة راهينليغ البحرية في إيرلندة أكبر محطة ريحية في العالم

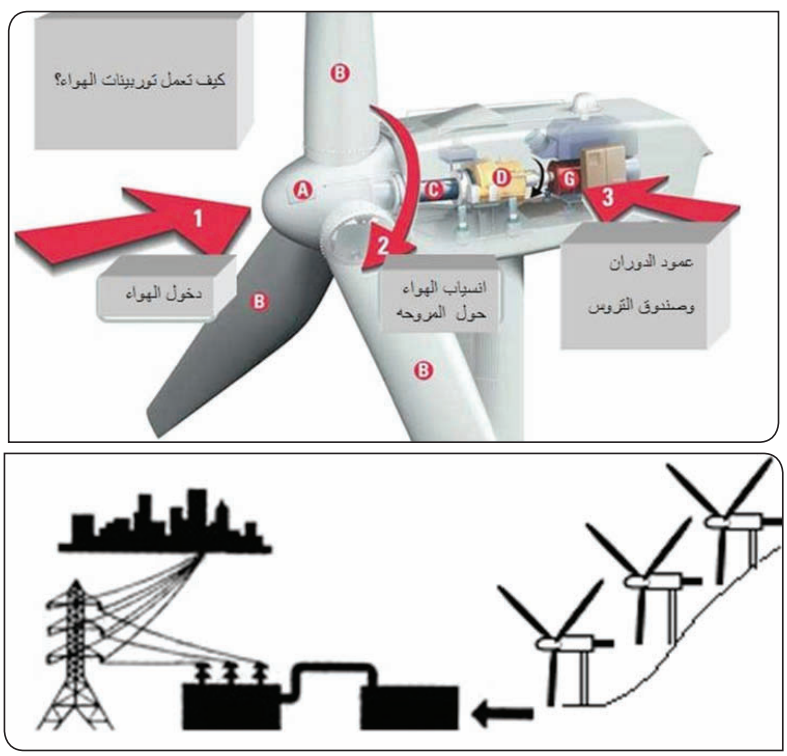
الآن .تبلغ استطاعة المحطة المؤلفة من 200 عنفة 520 ميغا وات بكلفة600 مليون دولار.

توربينات الرياح وتوليد الطاقة الكهربائية

المكونات الرئيسية لتوربين الرياح هي شفرات دوَّارة تحمل على عمود ومولد يعمل على تحويل الطاقة الحركية للرياح إلى طاقة كهربائية، فعندما تمر الرياح على الشفرات تخلق دفعة هواء ديناميكية تتسبب في دوران الشفرات، وهذا الدوران يشغل المولد فينتج طاقة كهربائية، الشكل (12–5)، كما جهزت تلك التور بينات بجهاز تحكم في دوران الشفرات (فرامل) لتنظيم معدلات دورانها ووقف حركتها إذا لزم الأمر.

الشكل 12 - 5

توربينات الرياح لتوليد الطاقة الكهربائية.



تمتلك منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا إمكانات عالية لتطوير تقنيات الطاقة المتجددة نظرًا لارتفاع مستويات الرياح وأشعة الشمس المرتبطة بمناخها. حددت الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA) أكثر من نصف الأراضي في دول مجلس التعاون الخليجي على أنها مناسبة لنشر تقنيات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. وبينت وكالة (IRENA) أيضًا أن بلدان شمال إفريقيا تتمتع بإمكانيات أكبر لتوليد طاقة الرياح والطاقة الشمسية من جميع المناطق الأخرى في القارة. يمكن أن يؤدي الحصول على الطاقة من التقنيات المتجددة بدلاً من الوقود الأحفوري إلى تقليل انبعاثات غازات الدفيئة المرتبطة بالطاقة بشكل كبير، والتي تمثل حاليًا 85% من إجمالي الانبعاثات في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. من مزايا توليد الطاقة المتجددة استخدامًا أقل للمياه مقارنة مع العمليات المرتبطة باستخراج الوقود الأحفوري وتحويله إلى طاقة قابلة للاستخدام، مع امتلاك القدرة على تحسين جودة المياه وتوافرها داخل المنطقة. تمثل الطاقة المتجددة حاليًا 1% من إجمالي إمدادات الطاقة الأولية عبر منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا.

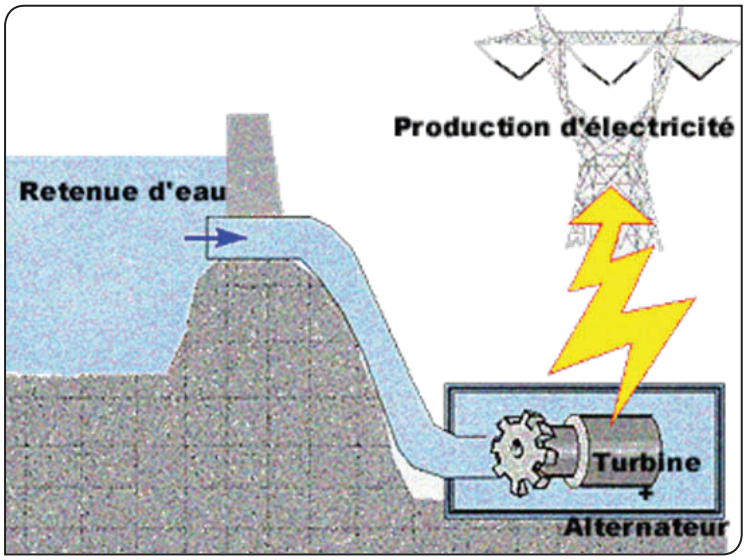
12 - 9 - 3 الطاقة الكهرومائية

تحتوي المياه المتحرّكة على مخزون ضخم من الطاقة الطبيعيّة، ولقد اكتشف الإنسان منذ القديم طاقة المياه واستخدمها في النواعير. وتستخدم حالياً الطاقة المائية في توليد الطاقة الكهربائية في السدود، الشكل(12-6).

تزود الطاقة المائية نسبة لا بأس بها من الكهرباء في العالم [82]، ولكن الإمكانات المتبقية لبناء السدود والاستفادة من هذه الطاقة بشكل كبير أصبحت محدودة. وقد بدأت بعض الدول تعاني من الآثار البيئية الضارة لبناء السدود الضخمة، من حيث التأثير على البيئة المائية والبحرية، وتراكم الطمي خلف السدود، وتدهور التربة، وربما تأثير السدود على التعرض للزلازل.

الشكل 12 - 6

توليد الكهرباء من الطاقة المائية.

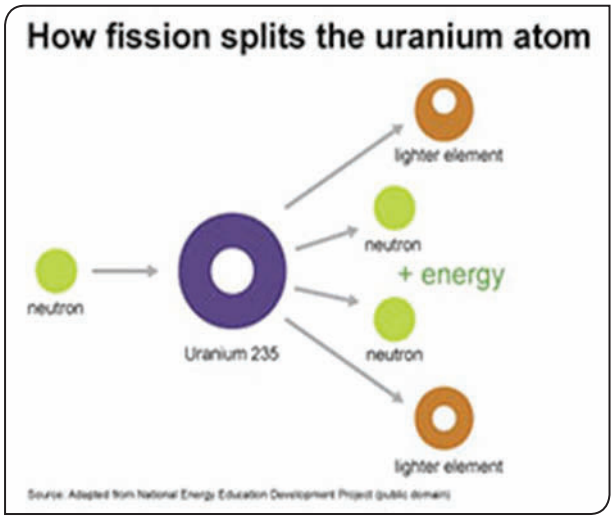


12 - 9 - 4 الطاقــة النوويــة

تعد الطاقة النووية من الطاقات البديلة، وهي الطاقة في جوهر الذرة، الذرات هي الجسيمات الدقيقة في الجزيئات التي تكون الغازات والسوائل والمواد الصلبة. تتكون الذرات نفسها من ثلاثة جسيمات تسمى البروتونات والنيوترونات والإلكترونات. للذرة نواة تحتوي على بروتونات ونيوترونات، محاطة بالإلكترونات. تحمل البروتونات شحنة كهربائية موجبة وتحمل الإلكترونات شحنة كهربائية سالبة. بينما لا تحتوي النيوترونات على شحنة كهربائية. توجد طاقة هائلة في الروابط التي تمسك النواة معًا. يمكن إطلاق هذه الطاقة النووية عندما يتم كسر هذه الروابط. يمكن كسر الروابط من خلال الانشطار النووي الشكل (12-7)، ويمكن استخدام هذه الطاقة لإنتاج الكهرباء.

الشكل 12 - 7

الانشطـــــار النـــــووي.



في الانشطار النووي، تنفصل الذرات، التي تطلق الطاقة. تستخدم جميع محطات الطاقة النووية الانشطار النووي، وتستخدم معظم محطات الطاقة النووية ذرات اليورانيوم.U-235 أثناء الانشطار النووي، يصطدم نيوترون بذرة اليورانيوم ويقسمه، مما يطلق كمية كبيرة من الطاقة في شكل حرارة وإشعاع. كما يتم إطلاق المزيد من النيوترونات عند انشطار ذرة اليورانيوم. هذه النيوترونات تستمر في اصطدام ذرات اليورانيوم U-235 الأخرى، وتكرر العملية نفسها مراراً وتكراراً. تسمى هذه العملية تفاعل سلسلة نووية. يتم التحكم في هذا التفاعل في مفاعلات محطة الطاقة النووية لإنتاج كمية مرغوبة من الحرارة.

شكلت نسبة الكهرباء المنتجة من الطاقة النووية في عام 2009 حوالي 13-14 % من إجمالي الطاقة الكهربية المنتجة في العالم [83].

ولكن هذا الرقم المتوسط على المستوى العالمي، يخفي تباينات كثيرة بين الدول والمناطق. فبينما ترتفع حصة الطاقة النووية في بعض الدول الأوروبية مثل فرنسا إلى 78% من59 محطة، وبلجيكا65 وروسيا58% ، فإنها معدومة في أكثر

بلدان العالم النامي ومع زيادة المخاوف من تأثير استخدام الفحم الحجري والنفط في زيادة الانبعاثات من ثنائي أكسيد الكربون، والتأثير على تغير المناخ، فإن دولاً عديدة في العالم تسعى لتنفيذ برامج طموحة لتوليد الكهرباء من الطاقة النووية. وتأتي في مقدمة هذه الدول الصين التي تسعى لبناء35 محطة توليد طاقة نووية في المستقبل القريب تولد 60000 ميغا وات لتلبية احتياجاتها المتنامية إلى الطاقة.

ويعود ذلك إلى عدد سكانها البالغ بحدود 1200 مليون نسمة، وإلى معدل النمو المرتفع الذي تمر به منذ عدة عقود، والذي بلغ بحدود 10 % سنوياً . تعتمد الصين حالياً على توليد الكهرباء من الفحم الحجري المتوفر بكثرة لديها .لكن هذا الفحم هو من النوعية السيئة، وله تأثير سيء جداً على البيئة المحلية، لإصداراته المرتفعة من غازات أكاسيد الكبريت والآزوت . كما تتعرض الصين لضغوط من دول العالم، بسبب مسأهمتها المرتفعة في إصدار غازات الدفيئة.

وتعتمد الصين بشكل كبير على استيراد النفط والغاز من الخارج. وكذلك فعلت دول أخرى مثل الهند والبرازيل. وبالنسبة للدول المتقدمة التي جمدت التوسع في برنامجها النووي بسبب رخص سعر النفط في العقود الماضية، وبسبب احتجاجات أنصار البيئة، فقد عاد الاهتمام بهذه الطاقة من جديد بسبب الإحترار العالمي، وعدم استقرار أسعار النفط. فقد أعلنت الولايات المتحدة أنها ستوسع برنامجها النووي في المستقبل، بينما تعيد دول عدة مثل بريطانيا وألمانيا تقييمها للوضع الراهن. وهناك عقود حالية في عدة دول لبناء محطات نووية جديدة لتوليد الكهرباء، ومنها دولة الإمارات العربية المتحدة. ويتطلب بناء محطات الطاقة النووية رأسمالاً مرتفعاً وتقانة متطورة، تأخذ عوامل الأمان بعين الاعتبار سنة ويستغرق بناء المحطة من10-15 سنة.

أما العمر التقديري لها فقد ازداد من 20 عاماً إلى 40 عاماً، بفضل التصاميم الحديثة والوثوقية الجيدة لعملها.

12 - 10 إمكانية كبيرة لتجنب انبعاثات غازات الدفيئة في المستقبل

تبلغ قدرة الطاقة النووية على تقليل الانبعاثات 0.94 غرام لكل طن من مكافئ غاز ثاني أكسيد الكربون عندما تكون كلفة الكربون أدنى من الصفر يضاف إليها 0.94 غرام لكل طن من مكافئ غاز ثاني أكسيد الكربون عندما تصل كلفة الكربون إلى 20 دولارا لكل طن من غاز ثاني أكسيد الكربون. وفقاً للتقرير الصادر عن الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ، فإن الخيارات التي تقل كلفتها عن الصفر هي تلك الخيارات التي تعادل فوائدها كتقليص تكاليف الطاقة وتقليص انبعاث الملوثات محليا أو تفوق كلفتها بالنسبة للمجتمع، فيما عدا الفوائد المتصلة بتجنب حدوث تغير مناخي. وبالتالي يبلغ المجموع بالنسبة للطاقة النووية 1.88 غرام لكل طن من مكافئ غاز ثاني أكسيد الكربون [84].

وتتمتع الطاقة الاحيائية بقدرة هائلة على تقليص إجمالي الانبعاثات بيد أن أقل من نصف هذه الطاقة قد يتوافر بكلفة تقل عن 20 دولاراً لكل طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2030 .

12 - 11 مشاريع الطاقات المتجددة في الدول العربية

عقدت العديد من المؤتمرات العربية مثل مؤتمر الرأي العام العربي والبيئة ومنه تأسس المنتدى العربي للبيئة والتنمية الذي عقد في بيروت عام 2006 وأوصى بالتقييد بالقوانين البيئية الدولية. وفي الواقع هناك مجموعة من السياسات والإجراءات لاستخدام الطاقات المتجددة وخفض انبعاثات غازات الدفيئة في الدول العربية.

ومن الأمثلة المحددة في الدول العربية نذكر استخدام طاقة الرياح على المستوى التجاري في مصر، واستعمال الطاقة الشمسية لتسخين المياه على نطاق واسع في فلسطين و المغرب وتونس، وانطلاق وإنشاء أول مجلس عربي للأبنية الخضراء في الإمارات، والمدينة الأولى الخالية من الكربون «مصدر» بأبوظبي. وهناك مشروع ضخم في سورية لإنتاج الطاقة الكهربائية من الشمس في منطقة قريبة من مدينة حمص. كما يتم توليد الطاقة الكهرومائية من مياه الأنهار، كسد الفرات في سورية

الواقع بالقرب من مدينة الرقة، الذي يولد 880 كيلو واط/ ساعة من الكهرباء، والسد العالي في مصر، وغيرهما.

أغلبية هذه المبادرات تبدو مجزأة ولا تنفذ كمبادرات لسياسات وطنية أو حتى إقليمية، حيث يمكن تحسين التعاون بين البلدان العربية خاصة في مجال تحسين كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة، ونظراً لأهمية الوقود الأحفوري في الإقليم العربي فإن للبلدان العربية مصلحة خاصة في تطوير تكنولوجيات احتجاز الكربون وتخزينه للمساعدة في مقايضة الانبعاثات نتيجة استعمال الوقود الأحفوري.

الفصل
الثالث عشر

تخفيف تغير المناخ الناتج عن قطاع المباني (المباني المستدامة)



الفصل الثالث عشر
تخفيف تغير المناخ الناتج عن قطاع المباني
(المباني المستدامة)

13 - 1 مقـدمـــة

أشار المعماري جيمس واينز (James Wines) في كتابه «العمارة الخضراء» إلى أن المباني تستهلك سُدس إمدادات الماء العذب في العالم، وربع إنتاج الخشب، وخُمسين الوقود والمواد المصنعة. وفي نفس الوقت تسأهم في انبعاثات غازات الدفيئة، ويضيف بأن مساحة البيئة المشيدة (built environment) في العالم ستتضاعف خلال فترة وجيزة جداً تتراوح بين 20–40 سنة قادمة. وهذه الحقائق تجعل من عمليات تخطيط وإدارة المجالات الحضرية واحدة من أكثر المجالات استهلاكاً للموارد في العالم [85]. لذلك ظهر مفهوم المباني المستدامة الذي عرفه العرب في مدنهم القديمة لقرون عديدة من جديد، وقد أولت معظم دول العالم في العقد الأخير من القرن المنصرم عناية خاصة واهتماماً واسعاً بمواضيع حماية البيئة والتنمية المستدامة، ولم يولد هذا الاهتمام من فراغ بل كان بعد أن تراءى للعالم محدودية الموارد زماناً ومكاناً وما يمكن أن يصير إليه مستقبل الأجيال الحالية والقادمة إذا واصلنا على نفس النهج في استنزاف الموارد خاصة غير المتجددة منها.

عند التمعن في الأوضاع البيئية الصعبة في الدول العربية ومحدودية الموارد ندرك بأن حاجتنا إلى تطبيقات التخطيط والإدارة الحضرية المستدامة أكثر من الدول الصناعية المتقدمة. وإذا كانت كميات أشعة الشمس وحرارتها ووهجها في منطقتنا من أعلى المعدلات في العالم فإن هذا يعني وجود فرص ذهبية لتوظيفها كمصدر بديل لإنتاج الطاقة، بالإضافة إلى استغلالها في إضاءة المباني والمنشآت خلال ساعات النهار. ومع ذلك فنحن نسمع عن مباني منشأة في بعض البلدان التي تغيب عنها الشمس لأيام طويلة في السنة، وهذه المباني تعتمد بشكل أساسي

في الإضاءة الداخلية على ضوء النهار الطبيعي، بينما نرى مبانينا التي تقبع تحت الشمس والوهج الضوئي القوي مظلمة ومعتمة من الداخل وتعتمد فقط على الإضاءة الاصطناعية التي تضيف أعباء اقتصادية إلى فاتورة الكهرباء. وموارد المياه العذبة محدودة في أغلب الدول العربية فيتطلب ذلك العمل على حفظ المياه في مبانينا لتكون حقاً مبان مستدامة.

والمنشآت المستدامة عبارة عن منشآت يراعى فيها البعد البيئي من حيث المواد المستخدمة في البناء وكذلك أثر المبنى نفسه على البيئة مع مراعاة تقليل استهلاك الطاقة والموارد. وتهدف هذه التقنية إلى الحفاظ على الموارد الطبيعية من الاستنزاف لضمان حق الأجيال القادمة وذلك من خلال مجموعة من الأساليب مثل حصاد واستخدام مياه الأمطار ومعالجة مياه الصرف وتدويرها لري المساحات الخضراء، والاعتماد على الطاقة الشمسية في التدفئة والتبريد واستخدام مواد معاد تدويرها سابقاً في الإنشاء وغير ذلك.

وقد وضعت عدة معايير للحكم على مبنى معين بأنه مستدام أو متوافق مع البيئة مثل معيار (BREEAM) المطبق في بريطانيا منذ عام 1990 ومعايير نظام الطاقة والتصميم البيئي (LEED) في الولايات المتحدة وهي اختصار لـ (Leadership in Energy and Environmental Design)

وقد تم تطوير هذه المعايير من قبل المجلس الأمريكي للبناء الأخضر كما يتم حالياً منح شهادة LEED للمشاريع المتميزة في العمارة المستدامة بناء على مجموعة معايير منها موقع البناء وتوفير الطاقة وتقليل انبعاثات غاز CO_2 -كفاءة استخدام المياه وبناءاً على المعايير السابقة تصنف المباني لثلاث رتب:

1. البلاتينية.
2. الذهبية.
3. الفضية.

ويمكن تحويل المنزل العادي إلى منزل مستدام بطرائق بسيطة تعتمد في مجملها على إنتاج الطاقة ذاتياً في المنزل مع تدوير المخلفات قدر الإمكان . ويعتمد تحويل المبنى العادي لمبنى مستدام على عمل عزل حرارى باستخدام الأشجار في الجانب المواجه للشمس مع تغطية السطح بالنباتات (زراعة الأسطح) مما يوفر أيضاً غذاء صحي مع وضع خلية طاقة شمسية لتوفير الكهرباء واستخدام إضاءة موفرة مع تعديل النوافذ لتفادي فقد الحرارة شتاءاً أو زيادتها صيفاً [86]، وجدير بالذكر أن هذه التعديلات ليست إجبارية بل تنفذ طبقاً لظروف كل منزل وإمكانياته إذ الهدف منها التوافق مع البيئة وتوفير الموارد قدر الإمكان وهى لا تحتاج لتقنيات معقدة أو تكاليف باهظة وإنما أفراد يطمحون ويعملون لغد أفضل.

- حفظ المياه في المباني:

على الرغم من أن القطاع البلدي في أغلب الدول العربية يستهلك نسبة قليلة من الموارد المائية مقارنة مع القطاع الزراعي إلا أن هذا القطاع يتطلب نوعية مياه صالحة للشرب، لا يمكن توفيرها إلا بعد إخضاع المورد المائي للمعالجة، وبالتالي الزيادة في حجوم المياه اللازمة للقطاع البلدي تتطلب زيادة في إستطاعات محطات المعالجة التي قد تكون محطات تحلية للمياه المالحة في عدد من المدن العربية والتي يترافق تشغيلها باستهلاك الطاقة وزيادة إصدار غاز ثاني أكسيد الكربون الذي هو من أهم غازات الدفيئة [87]

13 - 2 التوازن الحراري في المبنى:

أن ظاهرة الدورة المناخية السنوية والطقس اليومي تولد تبايناً في الخصائص الحرارية، الأمر الذي ينجم عنه عدم استقرار للبيئة الداخلية للمبنى والمستدل عليه من الفرق الحراري داخل المبنى بين النهار الحار والليل البارد، وبين الصيف الحار والشتاء البارد. إن فرق درجات الحرارة بين البيئة الداخلية في المباني والجو الخارجي المحيط يسبب حدوث ظاهرة الانتقال الحراري، حيث تنتقل الحرارة متجهةً من مناطق ذات درجات حرارة عالية إلى مناطق ذات درجات حرارة منخفضة.

واعتماداً على الانتقالية الحرارية والتي تأخذ شكلين أساسيين هما الكسب الحراري من خارج المبنى إلى داخله والفقدان الحراري من داخل المبنى إلى خارجه وصولاً إلى الموازنة الحرارية بين البيئتين الداخلية والخارجية فإنه يسعى في الشتاء إلى تقليل الفقدان الحراري من البيئة الداخلية للمبنى إلى المحيط الخارجي ومحاولة السماح للكسب الحراري العكسي من الخارج إلى الداخل، وفي الصيف ينعكس الحال فيكون هدف التدخل محاولة تقليل الكسب الحراري من الخارج إلى الداخل وزيادة الفقدان الحراري من البيئة الداخلية للمبنى إلى الخارج .

ويحقق المبنى توازناً حرارياً بين متطلبات المواسم الحارة والمواسم الباردة من خلال تصميمه بطريقة مرنة ومن خلال غلافه البنائي الذي له الدور الأساس في عمليات السيطرة الحرارية للبيئة الداخلية للمبنى.

13 - 3 غلاف المبنى وحفظ الطاقة

غلاف المبنى هو الجزء الخارجي المغلف للمبنى والفاصل بين البيئة الداخلية والخارجية للمبنى، ويتألف الغلاف من السقف والجدران الخارجية والنوافذ وغيرها.

عند التمعن في الأوضاع البيئية الصعبة في الدول العربية ومحدودية الموارد ندرك بأن حاجتنا إلى تطبيقات التخطيط والإدارة الحضرية المستدامة أكثر من الدول الصناعية المتقدمة. وإذا كانت كميات أشعة الشمس وحرارتها ووهجها في منطقتنا من أعلى المعدلات في العالم فإن هذا يعني وجود فرص ذهبية لتوظيفها كمصدر بديل لإنتاج الطاقة، بالإضافة إلى استغلالها في إضاءة المباني والمنشآت خلال ساعات النهار.

والمنشآت المستدامة عبارة عن منشآت يراعى فيها البعد البيئي من حيث المواد المستخدمة في البناء وكذلك أثر المبنى نفسه على البيئة مع مراعاة تقليل استهلاك الطاقة والموارد. وتهدف هذه التقنية إلى الحفاظ على الموارد الطبيعية من الاستنزاف لضمان حق الأجيال القادمة وذلك من خلال مجموعة من الأساليب

مثل حصاد واستخدام مياه الأمطار ومعالجة مياه الصرف وتدويرها لري المساحات الخضراء [87]، والاعتماد على الطاقة الشمسية في التدفئة والتبريد واستخدام مواد معاد تدويرها سابقاً في الإنشاء وغير ذلك.

وتعتبر المباني بصورة عامة منشآت ثابتة، في حين يمكن لغلافها البنائي أن يصبح ديناميكياً وحساساً لتغيير المتطلبات والظروف البيئية، فيسمح تارةً بدخول المصادر البيئية الخارجية كالحرارة، والهواء، والضوء، ويحجبها تارة أخرى.

ويساهم غلاف المبنى في الحفاظ على البيئة الداخلية ضمن حدود الراحة الحرارية للمستخدمين وتقليل الجهود الحرارية من البيئة الخارجية محاولاً التقليل من تأثيراتها على الداخل. كما يتحكم بسريان الطاقة، والتصميم الفعال لغلاف المبنى يقلل من الحاجة للتدفئة والتبريد ويساهم بحفظ الطاقة في المبنى.

ويعمل كل عنصر في غلاف المبنى كحاجز مستقر مثل الجدران الستاتيكية (Static Barrier)، أو كعنصر تحول وانتقال (مثل النوافذ والأبواب)، أو كمنظم معدل (مثل الكاسرات الشمسية المتحركة). فاذا كانت الظروف المناخية الخارجية شديدة ومزعجة، فإن غلاف المبنى الملائم يكون بهيئة حاجز مستقر. أما في الظروف المناخية التي تكون مرغوبة أحياناً، وغير مرغوبة أحياناً أخرى، فإن غلاف المبنى يفترض أن يكون ديناميكياً يمكن ضبطه والتحكم فيه، فيصبح ببساطة إطار بنائي مفتوح.

يمثل غلاف المبنى المحور الرئيس لجميع عمليات السيطرة الحرارية للبيئة الداخلية المبنية، فمن خلاله تحدث جميع سلوكيات الانتقال الحراري بين الخارج والداخل.

13 - 4 نسب انتشار نُظم تكييف الهواء

إن القسم الأكبر من المنطقة العربية يسوده مناخ يفرض التبريد في فصل الصيف. لذلك، لابد من توفّر نظم تكييف الهواء للحفاظ على درجة الحرارة المناسبة داخل المباني السكنية والتجارية. إلا أن انتشار مكيّفات الهواء يختلف حسب مجموعات

البلدان. ففي حين تتوفر المكيّفات تقريباً في جميع المباني في بلدان مجلس التعاون الخليجي نسبة الانتشار تعادل 100% (فإنّ استخدام الأجهزة الفاعلة، المعدات الميكانيكية) لتبريد المباني يعتمد على البلد وعلى مستويات المعيشة فيه. وتتراوح حالياً نسب انتشار نظم التكييف في المساكن في بلدان المغرب والمشرق بين 40 و50%، ومن المتوقع أن تتجاوز 80 % بحلول عام 2030. وتتدنى نسب انتشار مكيّفات الهواء في أقل البلدان العربية نمواً، ولا تتجاوز 30%. وتؤدي الاختلافات الكبيرة في الظروف المناخية بين البلدان العربية، إلى تفاوت في عدد الساعات المحتملة لتشغيل المكيّفات. وترتفع نسب تشغيل المكيّفات، ولا سيما داخل المباني السكنية، في بلدان مجلس التعاون الخليجي مقارنة بمجموعات البلدان الأخرى، ومن المتوقع أن يؤثر ذلك على ذروة الطلب على الكهرباء وعلى استهلاك الطاقة الكهربائية فيها. ولا يؤثر انخفاض ساعات تشغيل المكيّفات على استهلاك الطاقة بقدر ما يؤثر على ذروة الطلب على الكهرباء في بلدان المشرق والمغرب وأقل البلدان العربية نمواً.

13 - 5 الاستراتيجيات التصميمية لحفظ الطاقة في المباني:

أن معظم الطاقة المستهلكة صيفاً في مباني المناطق الحارة تكون للتبريد باستخدام الطاقة الكهربائية، بينما تستهلك الطاقة للتدفئة في فصل الشتاء على شكل كهرباء أو وقود أحفوري. وبهدف السيطرة على الأداء الحراري للمبنى ظهر ما يعُرف بالاستراتيجيات التصميمية لما لها من دور في حفظ الطاقة في المباني.

إن الاستراتيجيات التصميمية لحفظ الطاقة في المباني تعتمد بشكل أساس على نوع المناخ الذي تستخدم فيه، حيث أن كل استراتيجية أو نظام تبريد قد يكون فعالاً في مناخ ما ولكنه يفقد فعاليته فيما إذا طبق في مناخ أخر بدون إجراء تعديلات عليه التي قد تكون بسيطة او جوهرية لتلائم ذلك المناخ.

وتهدف الاستراتيجيات التصميمية إلى كسب الحرارة في فصل الشتاء وتحاشي أو حجب الحرارة في فصل الصيف لجعل البيئة الداخلية للمبنى تقترب إلى أقصى حد ممكن لحدود الراحة الحرارية للمستخدمين.

يلزم الأخذ بنظر الاعتبار مواءمة المبنى وتداخله مع البيئة الطبيعية الخارجية، متفاعلاً معها مستفيداً من مواردها وطاقاتها المتجددة بما يخدم إيجاباً في تحسين البيئة الداخلية بأقل التكاليف لينبع التصميم من بيئته ويؤلف جزءاً لا يتجزأ منها وفي ذات الوقت مستجيباً لها من خلال شكله وغلافه الخارجي اللذان يعملان كوسيلة للحماية من المتغيرات المناخية الخارجية.

يهدف التصميم في هذا المستوى تحقيق الموازنة بين متطلبات الفترات الحارة والباردة وبأقل هدر بالطاقة المصروفة. إن تصميم المبنى وعناصره المختلفة له الأثر الكبير في التحكم بالإشعاع الشمسي الساقط على المبنى إضافة إلى التحكم بحركة الهواء داخل الفضاءات الداخلية.

كما يعد تصميم المبنى من أهم العوامل التي تؤثر في زيادة الكسب الحراري في فصل الشتاء وتقليل الكسب الحراري في الصيف وبالتالي تقليل حمل التبريد صيفاً، وبالتالي حفظ الطاقة في المبنى وذلك لأنه أقل العوامل من حيث قابليته على التغيير والتعديل وأي قصور في التصميم فإنه سيؤدي إلى انخفاض الأداء الحراري للمبنى، وقد يتم تعويض ذلك القصور بوسائل تشغل مع استهلاك طاقة مما يسبب زيادة في مصروف الطاقة.

13 - 5 - 1 الشكل الهندسي والتوجيه الجغرافي لكتلة المبنى:

يعتبر الشكل المعماري المستطيل وما يقترب منه هو أفضل الاشكال في قلة التأثر بالأحمال الحرارية الصيفية وأكثرها اكتساباً للحرارة في الشتاء باعتماد التوجهات الصحيحة وكلما زادت الإضافات والتحويرات كلما زادت المساحة السطحية الخارجية وزاد بذلك مجال التبادل الحراري في الاكتساب والفقدان.

يحدد شكل المبنى تأثير كل من درجات حرارة الهواء والإشعاع الشمسي، وبذلك فهو يحدد العلاقة الهندسية بين عناصر المناخ والمبنى. وبصورة عامة فإن اختيار الشكل يستند على تقليل تأثير التباين في عوامل المناخ الخارجي في البيئة الداخلية. ويتم تصنيف أشكال المساكن بالاعتماد على تحديد العلاقة بين حدود

الشكل الخارجي لكتلة المسكن وحافات القطعة السكنية، إلى مساكن منفصلة ومساكن متصلة ومساكن ذات فناء.

إن لشكل المبنى قدرة على زيادة الكسب الحراري أو نقصانه حيث تلعب المساحة السطحية المعرضة لظروف البيئة الخارجية دوراً بارزاً في كفاءة التشكيل من حيث الأداء الحراري. إذ يعّبر مصطلح كفاءة الشكل البنائي عن إمكانية الحصول على أقل حمل حراري في فترة الصيف وأعلاه في فترة الشتاء، بحيث تكون درجة الحرارة داخل المبنى قريبة من نطاق الراحة الحرارية على مدار السنة، ولتكون أحمال التدفئة والتبريد بأقل قيمة لها، مما يعني حفظ الطاقة.

ففي المناطق الحارة والجافة الأفضلية تكون للمباني التي تحتوي على ساحات داخلية. وتلك الساحات المظللة مفتوحة على المباني لتتيح دخول الهواء الأكثر برودة. وإذا كانت الساحة تحتوي على نافورة، فإن الماء يساعد عبر التبريد التبخري. ومن الأساليب الممكنة للتهوية الطبيعية للمبنى إنشاء ملاقف الرياح. وهي عبارة عن أبراج مفتوحة يمكنها التقاط الرياح وتأمين التهوية. وفي حالة عدم وجود نسائم، فإنها تتيح للهواء الساخن المحجوز داخل المبنى الخروج.

لا يمكن اعتبار الأشكال المعمارية الكفوءة في اتجاه ما هي كفوءة دائماً لأن كفاءة الشكل المعماري يعتمد في كفاءته على التوجيه الجغرافي، لذا فإن الشكل والتوجيه غالباً ما يكونا متلازمين. حيث أن غلاف المبنى يتأثر بشكل كبير بالتوجيه من حيث كمية الإشعاع الشمسي الذي يستقبله لكل وحدة مساحة. إن توجيه الموقع المقترح لإقامة المبنى مهم جداً أثناء المراحل الأولية للتصميم حيث يساعد على معرفة حركة الشمس والاستفادة القصوى من طاقة الاشعاع الشمسي في تزويد المبنى بالحرارة في فصل الشتاء ومحاولة تجنبها في فصل الصيف والاستفادة من الاشعاع في التهوية الطبيعية والاضاءة [88].

يتم اختيار الجدار الأطول من المبنى بحيث يواجه خط الاستواء (الجنوب في دول نصف الكرة الشمالي)، لأن السطوح العمودية ذات التوجيه الجنوبي تستلم

أكبر كمية اشعاع شتاءً وأقلها صيفاً، في حين يمثل التوجيه الغربي أقل التوجيهات من حيث كفاءة الأداء الحراري وذلك لأنه يتعرض إلى كسباً شمسياً عالياً خلال الفترة الصيفية يقابله انخفاض نسبي في الكسب الشمسي شتاءً، ولا يختلف كثيراً عن التوجيه الشرقي وذلك لان مسار الشمس يتشابه فيهما، في حين يمثل التوجيه الشمالي أقل التوجيهات تعرضاً للإشعاع طوال الفترتين الصيفية والشتوية وذلك لغياب الإشعاع الشمسي المباشر عن ذلك التوجيه إذ يتأثر فقط بالإشعاع المنتشر. أما التوجهات الثانوية فتكون التوجيهات الجنوبية الشرقية والجنوبية الغربية أكثر كفاءةً من التوجيهات الشمالية الشرقية والشمالية الغربية.

أما في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية فيختار الجدار الأطول من المبنى بحيث يواجه الشمال، أي أن التوجيه النموذجي للبناء يعتمد على موقع المدينة (خطوط العرض). إن معرفة الكميات النسبية من الطاقة الشمسية التي تتعرض لها الواجهات المختلفة يمكن أن تقود المصمم لمعرفة الشكل الأمثل والتوجيه الأمثل للمبنى.

13 - 5 - 2 مساحة النوافذ

يستعمل التوجيه للنوافذ أحياناً كحالة جزئية ضمن المبنى في حالة عدم إمكانية التحكم بتوجيه المبنى ككل نتيجة لوجود مبانٍ مجاورة أو ملاصقة له. وبصورة عامة تؤدي زيادة مساحة النوافذ إلى زيادة الكسب الشمسي خصوصاً إذا جرى توقيع النوافذ على الواجهات التي تتعرض إلى الإشعاع الشمسي بصورة مباشرة.

إن مساحة النوافذ وموقعها في المبنى يؤثر في الكسب الحراري. ويحتاج جانب المبنى الذي يواجه خط الاستواء إلى نوافذ تبلغ مساحتها حوالي 15% إلى 20% من مساحة الأرضية، لتسمح للضوء بالوصول إلى الجدران الداخلية.

13 - 5 - 3 التظليـــــل:

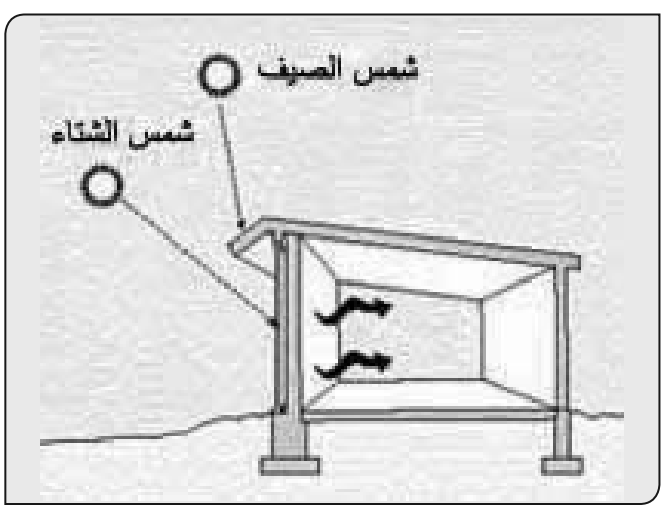
يُعد التظليل وسيلة لتجنب الكسب الحراري الشمسي المباشر بوسائل وطرائق عديدة. إن الفتحات تمثل أكثر عناصر غلاف المبنى من حيث إمكانية نفاذ الإشعاع الشمسي المباشر والمنتشر من خلالها مما يسبب كسباً حرارياً وذلك لقلة سُمك الزجاج المستخدم عادةً لتغطيتها من جهة ونفاذيتها للإشعاع الشمسي من جهة أخرى ووفقاً لذلك ركز على طرائق تظليل النوافذ. إن حجب الأشعة الشمسية الساقطة على النوافذ في الفترة الحارة والسماح لها بالدخول في الفترة الباردة يعد من العوامل المهمة في تحقيق السيطرة المناخية للمبنى.

يمكن حماية الفتحات من الإشعاع الشمسي المباشر وتجنب الإشعاع الشمسي المنتشر والمنعكس، عن طريق المانعات الشمسية والتشجير والزجاج المظلل .

لا تسمح النوافذ المظللة للأشعة الشمسية من الدخول إلى الفضاء الداخلي صيفاً وتسمح لها بالدخول شتاءً نتيجة زاوية سقوط الأشعة الشمسية، كما في الشكل (13-1).

الشكل 13 - 1

حماية الفتحات من الإشعاع الشمسي في فصل الصيف
عن طريق التظليل، والسماح له بالدخول في فصل الشتاء.



13 - 6 العزل الحراري وحفظ الطاقة في المباني

طور الإنسان معالجاته للظروف البيئية المحيطة به من خلال التجارب الطويلة والمستمرة في ممارسة البناء، فاستطاع أن يتعرف على خصائص مواد البناء فصار يستعملها بأقصى فعالية لتلبية احتياجاته ومتطلباته ومنها استفادته من خصائص بعض المواد في تحقيق العزل الحراري.

يستخدم في العزل الحراري مواد خاصة لها صفات جيدة في العزل، توضع في السطوح التي تفصل بين المناخ الخارجي للمبنى والمناخ الداخلي له لتمنع انتقال الحرارة الداخلية المرتفعة في الشتاء من الداخل إلى الخارج وتمنع دخول الحرارة المرتفعة في الخارج إلى الداخل في فصل الصيف حيث تنتقل الحرارة من الدرجات المرتفعة إلى المنخفضة، أو بكلمات أخرى يمنع العزل الحراري أو يقلل من التبادل الحراري بين الجو الداخلي للمبنى والجو المحيط الخارجي.

العازل الحراري مكون من عدد كبير من المواد المصنعة خصيصاً بأشكال مختلفة تحمل صفة مانعة لانتقال الحرارة، و يتم تحديد مدى كفاءة العزل الحراري لمكونات غلاف المبنى من خلال قيمة معامل انتقال الحرارة (Transmission Coefficient u)، ويتأثر معامل انتقال الحرارة بنوع المواد المستخدمة وسمك العنصر المدروس او الجزء المدروس ويعطي بواحدة w/m2.k.

في العديد من البلدان يعتبر معامل انتقال الحرارة من أهم المعايير الحازمة في تقييم حفظ الطاقة في المباني.

ولزيادة الدقة في تحديد معامل انتقال الحرارة يتم تقسيم المبنى إلى أجزاءه المكونة له: الاسقف والجدران والفتحات الخارجية والأرضيات.

وبشكل عام فإن ضياع الحرارة يزداد مع زيادة قيمة معامل التوصيل الحراري ولأهمية هذا المعامل فإنه يتم التركيز عليه في مرحلة التصميم البدائي للبناء واختيار المواد والاكساءات له (نوع النوافذ والأبواب وطبيعة مواد العزل).

وهناك عامل آخر يجب ان يتم أخذه بالحسبان لزيادة فاعلية العزل الحراري هو مقاومة الجسور الحرارية المتشكلة بين الداخل والخارج كالشرفات مثلاً وذلك ببناء الشرفات بشكل مستقل مع وضع طبقة عازلة فيما بينها.

13 - 6 - 1 العزل الحراري للسقوف والجدران

يعتبر سقف المبنى أو سقف طابقه الأخير من أكثر المركبات البنائية تعرضاً للعوامل المناخية، حيث يكون السطح الأفقي أكثر تعرضاً للإشعاع الشمسي المباشر طوال اليوم بعكس الجدران التي تكون معرضة في ساعات من اليوم طبقاً للواجهة الموجود بها الجدار، وبسبب اقتراب زاوية ارتفاع الشمس من الزاوية العمودية خاصة صيفاً في المناطق الحارة الجافة.

ونسبة انتقال الحرارة للمبنى من خلال السقف تختلف باختلاف مادة إنشاء السقف فكلما كانت مواد الإنشاء تتصف باكتساب وفقد للحرارة ببطء تكون الحرارة النافذة للفراغ أقل من كمية الحرارة النافذة من خلال مواد انشاء أخرى تتصف باكتساب وفقد سريع للحرارة. أي أن أفضل مواد إنشاء السقف هي المواد ذات خاصية اكتساب وفقد الحرارة ببطء لقدرتها على الاحتفاظ بالحرارة خلال ساعات النهار حتى تكون مصدراً للحرارة ليلاً حيث تتدنى درجات الحرارة ليلاً.

ولتقليل انتقال الحرارة يمكن استخدام مواد عازلة للحرارة ضمن مكونات تشطيب السقوف، أو استخدام السقوف متعددة الطبقات (multi layers light roofs weight)، ويتكون هذا النمط من السقوف من طبقات متعددة تفصل بينها فجوات هوائية. ويمكن اللجوء إلى الأسقف المنحنية بدل المستوية، حيث أن الأسقف المنحنية لا تتعرض بالكامل لأشعة الشمس، بل يوجد جزء مظلل منها، وتساعد الأسقف المنحنية على تولد منطقة ضغط مرتفع في المكان المعرض لأشعة الشمس ومنطقة ضغط منخفض في المكان المظلل من السقف مما يساعد على حركة الهواء بين المنطقتين ويؤدي بالتالي إلى تخفيف الحمل الحراري الزائد على السقف.

وبما أن الجدران الخارجية يتم بناءها من الخرسانة والطوب التي تمتلك ناقلية حرارية أدني مما يبديه الزجاج والمعادن المستخدمة بالنوافذ فهذا الامر جيد

نوعاً ما ولكن مع ذلك وحيث ان الجدران تمتلك مساحة أكبر بكثير من النوافذ فإن هذا الامر يمنحها دوراً كبيراً في حصول الانتقال الحراري.

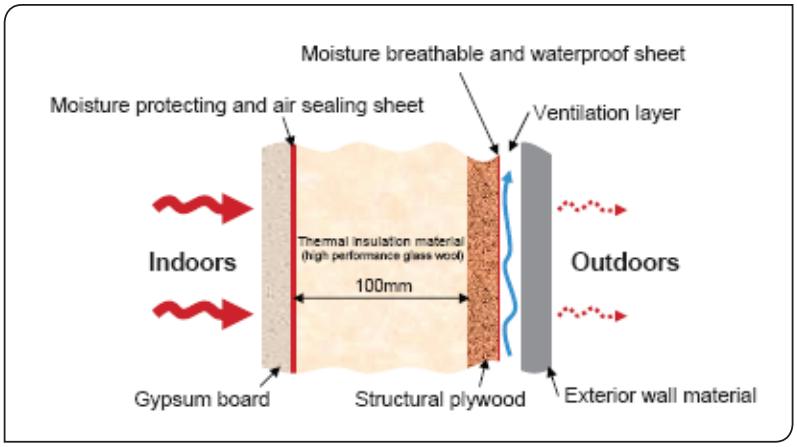
إن المسؤولية التي تسهم بها الجدران الخارجية كبيرة بسبب اختلاف تعرضها للتوجيه واستلامها لكميات من الأشعة الشمسية المباشرة وكذلك المنعكسة من سطح الأرض خاصة في المناطق التي أرضها ذات خاصية السطح العاكس حرارياً. وتتعرض الجدران الخارجية أيضاً إلى مصدر حراري آخر وهو الهواء الساخن القريب من سطح الأرض.

أن الجدران السميكة أو المتعددة الطبقات في الأبنية التقليدية تقل فيها سعة الذبذبة الحرارية على الوجه الداخلي للفضاء ويسهم في تحسين درجات الحرارة، فكلما قلت سعة الذبذبة الحرارية للأوجه الداخلية نحصل على تحسن ملموس في درجة حرارة الفضاء. فالفضاءات المحاطة بجدران ذات استقرار حراري عال تكون درجة حرارتها ثابتة تقريباً وتسأهم في الحد من حمل التبريد صيفاً أو التدفئة شتاءً.

يبين الشكل(13-2) نموذج لتصميم جيد لجدار معزول حرارياً، نلاحظ وجود طبقة تهوية قريبة إلى الجو الخارجي وتليها طبقة من مادة عازلة للرطوبة تكون هذه الطبقة باتجاه داخل البناء ويغطي هذه الطبقة باتجاه داخل البناء طبقة جبسيوم بورد.

الشكل 13 - 2

نموذج لعزل جدار خارجي.



ولطبقة الهواء القريبة من الجزء الخارجي دوراً كبيراً في منع انتقال التيارات الحرارية من داخل البناء إلى خارجه وكذلك تمنع من تشكل الندى والرطوبة وتراكمها على الجدران.

13-6-2- العزل الحراري للنوافذ

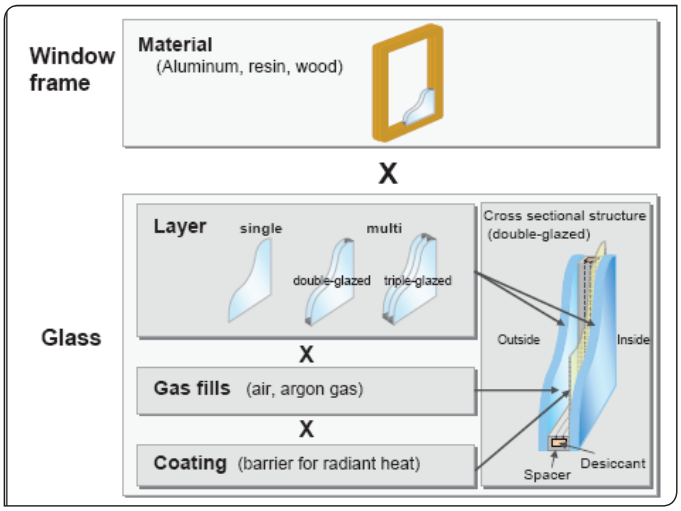
تعتبر الفتحات (النوافذ والأبواب الخارجية) مصدراً رئيسياً لفقدان الطاقة. ويمكن للمبنى أن يفقد الحرارة أو يكتسبها من خلال تسربها من حول الألواح الزجاجية، وكذلك بوساطة التوصيل والحمل الحراري والإشعاعات من خلال الألواح الزجاجية.

وفي حال عدم تطبيق عزل جيد للنوافذ والأبواب الخارجية فإن نسبة مهمة من الطاقة الحرارية في الشتاء حوالي 50 % تتسرب إلى الخارج، ونسبة أكبر من الطاقة الحرارية تدخل إلى داخل المنازل صيفاً وتقلل من كفاءة التبريد حيث تقدر الحرارة المتسربة من غلاف المبنى 70%من الحرارة المراد إزاحتها بواسطة أجهزة التكييف، في حالة عدم تطبيق مبادئ العزل الحراري على هذه الفتحات.

العزل الحراري للنوافذ يخص عنصرين الأول هو إطار النوافذ، والعنصر الثاني زجاج النوافذ، كما يبدو في الشكل (13-3).

الشكل 13 - 3

العنصران الأساسيان للعزل الحراري للنوافذ.

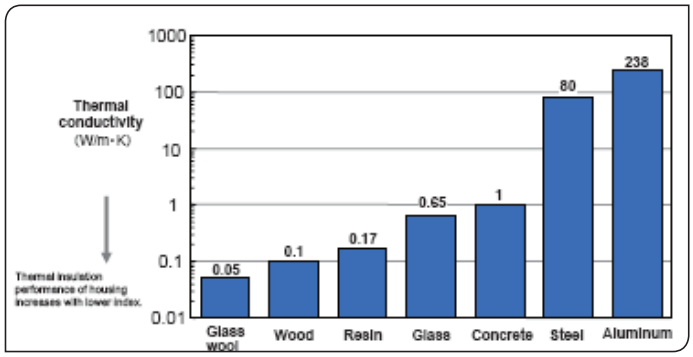


أ-إطارات النوافذ:

بدء ينتشر مؤخراً استخدام الألمنيوم في إطارات النوافذ، ولكن الألمنيوم يتصف بناقلية حرارية عالية جداً مقارنة مع الخشب، وهذا يجعل استخدام الألمنيوم بشكل خاص من وجهة نظر طاقية غير مجدي، وفي المناطق التي تشكو من قلة الخشب تم ابتكار مواد جديدة مكونة من عدة مواد كالريزينات التي تتصف بناقلية حرارية منخفضة مقارنة مع الألمنيوم، كما يظهر بالشكل (13-4).

الشكل 13 - 4

الناقلية الحرارية لعدد من المواد المستخدمة في المباني.



ب-طبقات الزجاج وماهية الفراغ

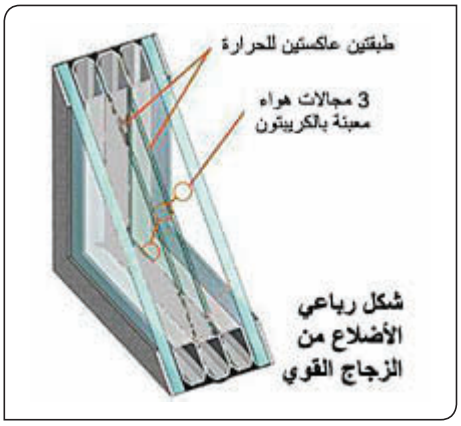
يمكن زيادة فعالية المنع من الانتقالات الحرارية أو الضياعات بزيادة عدد طبقات ألواح الزجاج في النوافذ، يفصل بينها الهواء، حيث إن وجود هواء بين طبقات ألواح الزجاج يساعد على عدم انتقال الحرارة، حيث إن الناقلية الحرارية للهواء تبلغ 0.023 w/m2.k، بينما الزجاج له ناقلية حرارية تبلغ 0.65 .w/m^2.k

ويمكن استبدال الفراغ الهوائي بغاز الارغون (argon) أو الكريبتون كما في الشكل (13-5)، حيث أن الأرغون يتمتع أيضاً بناقلية حرارية أقل من الهواء تبلغ 0.018 w/ m2.k أي انه مقاوم لنقل الحرارة بشكل افضل مما يبديه الهواء.

الشكل 13 - 5

استخدام عدة طبقات من ألواح الزجاج

لتقليل الانتقالات الحرارية.

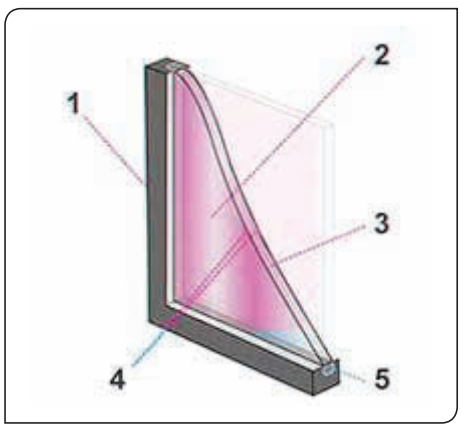


وللمحافظة على الدفء في فصل الشتاء والتقليل من الطاقة المصروفة ومنع التبادل الحراري بين داخل البناء وخارجه، وهروب الأشعة الدافئة من داخل البناء إلى خارجه عن طريق النافذة والسماح بدخول النور إلى داخل الابنية يتم طلاء الجزء الخارجي من الزجاج بطبقة طلاء منخفض الإشعاعية (low-E) كما في الشكل (13-6)، غير مرئي مكون من معدن أو أكسيد معدن، وهذا الطلاء يزيد من كفاءة الزجاج في العزل الحراري بمعدل من (1.5-2) مرة [89].

وتقلل طبقة الطلاء انتقال الأشعة تحت الحمراء من لوح ساخن من الزجاج إلى لوح أكثر برودة. وإذا كان الهدف الرئيسي هو إبعاد أشعة الشمس عن المنزل، وهي المشكلة في المناخ الأكثر حرارة، فإن تلك الطبقة منخفضة الإشعاعية تدفع الأشعة الشمسية إلى الجزء الخارجي من النافذة. أما إذا كان الهدف هو الاحتفاظ بالحرارة، الأمر الذي يعد مهماً في المناطق الأكثر برودة، فإنها تذهب إلى الداخل.

الشكل 13 - 6

رسم توضيحي مجسم لنافذة معزولة.



1. إطار النافذة مصنوع من مواد مثل الخشب أو الريزينات ضعيفة الناقلية الحرارية.
2. طبقات الطلاء الخاصة الموجودة على الألواح الزجاجية لتقليل الإشعاعات، والمحافظة على الهواء الدافئ بالداخل شتاءً وتبريد الهواء بالداخل صيفاً.
3. الغاز الخامل مثل الأرغون أو الكريبتون بين الألواح الزجاجية يعمل كعازل.
4. لوحين أو ثلاثة ألواح من الزجاج لمنع نقل الحرارة.
5. فواصل الحافة الساخنة على الألواح المتباعدة.

13 - 7 أولويات العزل الحراري

هناك أماكن أو أسطح في المباني تكون لها أولوية أكثر من غيرها في العزل الحراري، وبمعنى آخر تحتاج إلى كمية عزل أكثر من غيرها بسبب قدرتها على الفقدان الحراري أكثر من غيرها وهي بالترتيب:

1- الأسطح، خاصة الأسطح العلوية والفتحات والأبواب.

2- الأرضيات المتصلة بأسطح غير مدفأة مثل الأرضيات السفلية للمباني والجدران تحت مستوى الأرض الطبيعية وأطراف البلاطات الأرضية.

3- الجدران الخارجية حيث يفضل إجراء حسابات حرارية لها، لمعرفة الدرجة التي نحتاجها من العزل وسواء للجدران القائمة أم الجديدة.

13 - 8 مزايا استخدام العزل الحراري في المباني:

- **حماية البيئة:** عن طريق خفض انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون نتيجة خفض استهلاك المنازل لمواد الاحتراق. الجدير بالذكر أن المنازل تسأهم ب 25 % من الانبعاث الحراري العالمي وفي بعض المدن العربية يقدر استهلاك الطاقة في المباني السكنية والتجارية والحكومية بحوالي 50% من استهلاك الطاقة الاجمالي.

- **الترشيد الاقتصادي:** خفض استهلاك مواد الاحتراق والطاقة الكهربائية فقد اثبتت التجارب العلمية أن استخدام العزل الحراري في المباني السكنية والمنشآت الحكومية والتجارية يقلل من استهلاك الطاقة بمعدلات بين 30 و40% ويؤدي إلى استخدام أجهزة تكييف وتدفئة ذات قدرات صغيرة وبالتالي تقل تكاليف هذه الأجهزة كما يقلل العزل الحراري من سمك الحوائط والأسقف اللازمة لتخفيض انتقال الحرارة بداخل المبنى.

الفصل الرابع عشر

تخفيف انبعاثات الغازات المسببة لتغير المناخ في قطاع النقل (النقل المستدام)



الفصل الرابع عشر
تخفيف انبعاثات الغازات المسببة لتغير المناخ في قطاع النقل (النقل المستدام)

14 - 1 مقـدمـــة

لقد برزت مشكلة تأثير النقل على البيئة في الستينات من القرن العشرين إذ يتسبب قطاع النقل في التلوث البيئي نتيجة استخدام أعداد كبيرة جداً من السيارات التي تعمل بالبنزين أو الديزل ونادراً بالغاز الطبيعي وتطلق غازات ملوثة على رأسها ثاني أكسيد الكربون مما يزيد من ظاهرة الإحترار العالمي وبالتالي يساهم في تغير المناخ وما يرتبط به من تأثيرات.

كما أن قطاع النقل في العالم يستأثر بحوالي 13% من الاستهلاك الكلي للطاقة. ويعد النقل بشكل عام ونقل البضائع بشكل خاص عاملاً اقتصادياً في التجارة الدولية، يتأثر بهذه الاتجاهات تأثرًا مباشرًا، مما يعّقد المشهد التشغيلي لهذا القطاع. ويتطلب أمن الطاقة وتكاليفها، شأنهما شأن تغيّر المناخ وعدم الاستقرار البيئي، اهتمامًا خاصًا بالنظر إلى آثار هذه الجوانب على التنمية المستدامة.

ويشكل النقل البحري، بما في ذلك البنية التحتية للموانئ والخدمات، محور النقاش المتعلق بتطوير النقل المستدام . فبالنظر إلى أن نسبة 80 % من التجارة الدولية للبضائع بحسب الحجم وأكثر من ثلثي هذه التجارة بحسب القيمة تُنقل بحرًا، فإن تحقيق الاستدامة والمرونة في النقل البحري هو شرط ضروري لتحقيق الاستدامة والمرونة في نظم النقل العالمية للبضائع. ذلك أن جميع البلدان، تعتمد بشكل كبير على النقل البحري بغية نقل وارداتها وصادراتها.

وتشتمل مبادئ الاستدامة في مجال نقل البضائع على الحاجة إلى تحقيق

الكفاءة ومقومات البقاء الاقتصادية، وإيجاد بنى تحتية وخدمات سليمة وآمنة، فضلاً عن نظم ملائمة بيئيًا تحول دون نشوء العوامل السلبية الخارجية وتقللها إلى أدنى حد، مثل استنفاد موارد الطاقة، والتردي البيئي، وتأثيرات تغيّر المناخ. وفي هذا الصدد، فإن بناء المرونة في التكيّف مع العوامل المناخية يتطلب ضمان سلامة النظم، وإمكانية التعويل على الخدمات، وضمان الناحية الوظيفية فضلاً عن الانتعاش السريع عقب وقوع اختلال. وتتسق هذه المبادئ معاً لأولويات التي حددها مؤتمر ريو + 20 والأهداف الإنمائية للألفية. وفي سياق خطة التنمية لما بعد عام 2015، توجد فرصة تسمح بالاعتراف بقطاع نقل البضائع على أنه عامل رئيسي في النهوض بأهداف التنمية المستدامة وبالتالي الاستفادة من إدراجه ضمن السياسات العامة للتنمية وآليات التمويل المتولدة عن الالتزامات الدولية المُجدَّدة.

ويوجد روابط بين القضايا المواضيعية مثل المدن المستدامة، والمستوطنات البشرية، والنقل المستدام، وتغيّر المناخ، والحد من مخاطر الكوارث. إن مخاطر تغيّر المناخ والكوارث الطبيعية هي قضايا شاملة تقوّض المكاسب الإنمائية، مما يستتبع الحاجة إلى تحديد أهداف ومستهدفات ومؤشرات جديدة للتنمية المستدامة تتناول مسألة النقل المستدام.

14 - 2 فئات التلوث الناتج عن قطاع النقل

يقسم التلوث الناتج عن النقل إلى ثلاث اقسام أساسية وهي:

- **التلوث الأرضي الذي يشمل الازدحام المروري الذي يؤدي إلى الاختناق المروري الذي يعد من أكثر مشاكل النقل انتشاراً في المدن الكبرى**، وهذا ناجم عن استعمال أعداد كبيرة من السيارات في الشوارع، وتعتبر حوادث المرور هي أحد الآثار الناجمة عن ظاهرة الازدحام المروري، وتشكل عبئاً اقتصادياً يثقل كاهل الاقتصاد الوطني في الدول التي ترتفع فيها نسبة حوادث الطرق.
- **التلوث بالضجيج الناتج عن حركة السيارات والمركبات**، إذ تعتبر الضوضاء

إحدى صور التلوث المادي الذي تعاني منه المدن والتي تتسبب بالتوتر وبقلة التركيز وبضعف السمع لدى السكان المجاورين للطرق إضافة إلى أمراض القلب والأوعية.

- **التلوث الجوي(تلوث الهواء)** حيث تعتبر وسائل النقل من أهم مصادر تلوث الهواء في المدن، ويعد النقل البري من أهم الأسباب التي تسأهم في زيادة حدة التلوث خصوصاً السيارات التي تطلق في الجو كميات كبيرة من الغازات الملوثة، وتسأهم هذه الغازات في تغير المناخ.

14 - 3 وسائل النقل في قطاع النقل البرّي

يعد النقل البري الأكثر استخداماً على مستوى العالم ووسائل النقل المنتشرة هي السيارات والحافلات وأعداد أقل من الدراجات النارية، كما تصنف القطارات كأحد وسائل النقل البري. وتستخدم وسائل النقل هذه بشكل أساسي البنزين أو الديزل كوقود لمحركاتها.

أ- السيارات

يحتوي البنزين الخالي من الرصاص على (8.91كغ) من ثاني أكسيد الكربون، في حين يحتوي الديزل على (10.15كغ) منه لكل غالون، كان متوسط اقتصاد الوقود للمركبات الجديدة ذات الاستعمال الخفيف التي بيعت في الولايات المتحدة من عام 2017 النموذجي نحو (24.9 ميل لكل غالون) ما يُعطي نحو (0.36 كغ) لكل ميل.

يُستخدم نموذج MOBILE 6.2 التابع لوزارة النقل، والذي تستخدمه الحكومات الإقليمية لنمذجة جودة الهواء، متوسط قافلة سيارات (جميع السيارات القديمة والجديدة) بمقدار (20.3) ميل في الغالون ما يعطي حوالي (0.44كغ) من ثاني أكسيد الكربون لكل ميل.

وفي أوروبا، فرضت المفوضية الأوروبية على جميع السيارات الجديدة المُسَجّلة

ألّا تُصدر أكثر من (0.13 كغ /CO_2/ كلم) من ثاني أكسيد الكربون للكيلومتر الواحد، وذلك اعتبارًا من عام 2015، الهدف وراء ذلك كله هو أن يبلغ متوسط ما تبعثه جميع السيارات (0.095 كغ /CO_2/ كلم) من ثاني أكسيد الكربون للكيلومتر الواحد بحلول عام 2021 [90].

ب- الحافـــلات Buses

في المتوسط، تبعث حافلات النقل الداخلي نحو (0.3كغ) من ثاني أكسيد الكربون لكل راكب في الميل، ما يُعادل (0.18 كغ/ كلم لكل راكب)، وتبعث الرحلات الطويلة التي تتجاوز 20 ميلًا و32 ميلًا ما يُقارب (0.08كغ) من ثاني أكسيد الكربون، أي ما يُعادل (0.05 كغ/ كم لكل راكب). نظرًا لاختلاف ظروف النقل والمواصلات، تُضيف بعض حسابات الكربون نسبة 10 % إلى مُجمل مسافة الرحلة للأخذ بعين الاعتبار حساب الاختناقات المرورية المحتملة، والمُنعطفات، والتوقفات الطارئة التي قد تنشأ نتيجة أعمال الحفريات [91] .

ج- قطارات السكك الحديدية

تبعث قطارات السكك الحديدية ومترو الأنفاق كقيمة وسطية نحو (0.014 كغ/ كم لكل راكب). ونظرًا لاختلاف ظروف النقل والظروف الأخرى، تُضيف بعض حسابات الكربون نسبة 10 % إلى مُجمل مسافة الرحلة للأخذ بعين الاعتبار محطات توقف القطار والمُنعطفات. بشكل عام، تُعد المحركات الكهربائية أكثر كفاءة من محركات الاحتراق الداخلي حتى عند حساب خسائر الحركة. لذلك يعد المترو والترام من أنظف وسائل النقل داخل المدن.

ويظهر الجدول (14-1) مُقارنة للانبعاثات الناتجة عن مختلف، وسائل نقل الرُكّاب براً في أوروبا[92]

الجدول 14 - 1

مُقارنة للانبعاثات الناتجة عن

مختلف وسائل نقل الرُكّاب براً في أوروبا

وسيلة النقل	نسبة الركّاب %	انبعاثات (غرام من الغاز / كم×راكب)
سيارة كبيرة	1.5	158
سيارة كبيرة	4	55
حافلة	12.7	68
دراجة نارية	1.2	245
سيارة صغيرة	1.5	104
سيارة صغيرة	4	42
قطار	156	14

نلاحظ أن القطارات هي وسيلة نقل الركاب براً التي تسبب أقل انبعاثات غاز لكل كيلو متر راكب.

14 - 4 مفهوم النقل المستدام ومبادئه ومتطلباته وتصنيفه حسب القوة المحركة

يشير النقل المستدام إلى توفير الخدمات والبنى التحتية لحركة الأفراد والبضائع من أجل تعزيز التنمية الاقتصادية والاجتماعية لمنفعة الأجيال الحالية والمستقبلية بطريقة آمنة، ميسورة التكلفة، سهلة المنال، تتسم بالكفاءة والمرونة، مع التقليل من الانبعاثات والآثار البيئية الأخرى.

ويعد نظام النقل المستدام والفعال أمراً أساسيًا لحياة جيدة، وخلال القمة العالمية للنقل في لعام (2019) التي نظمتها الرابطة الدولية للنقل العام(UITP) في ستوكهولم تم إقرار ذلك. لذلك يلزم صياغة سياسات النقل الحضري. ويشمل النقل المستدام أنماط النقل غير الميكانيكي مثل المشي وركوب الدراجات العادية، والنقل الميكانيكي الجماعي والصديق للبيئة مثل النقل الموجهtransit oriented

development واستخدام المركبات الخضراء. ويعرف النقل المستدام بأنه النقل الذي يحقق الوصول الأساسي لتلبية احتياجات التنمية دون التأثير على نوعية الحياة لأجيال المستقبل بحيث يكون نقل آمن، وصحي وغير مكلف وقليل في إنتاج الملوثات ويستخدم الموارد المتجددة وغير المتجددة بحيث يلبي احتياجات الحاضر دون تأثير أو إتلاف التناغم البيئي للمجتمع على المدى الطويل[93].

14-4-1- المبادئ الأساسية للنقل المستدام

من أهم مبادئ النقل المستدام تأمين الوصول إلى الأشخاص والأماكن والسلع والخدمات بأقل تكلفة لضمان رفاهية المجتمع من خلال تنويع خيارات النقل للناس. وتحقيق العدالة الاجتماعية والأنصاف بين الأقاليم والمناطق.

التخطيط المتكامل للنقل هو أحد مبادئ النقل المستدام الذي يتم تحقيقه من خلال ضمان عملية التنسيق بين القطاع العام والخاص، وتركيز النمو والحد من الزحف الحضري، وتصميم أنظمة النقل في المناطق الحضرية بحيث يتوفر فيها طريق للمشاة والدراجات العادية.

ويجب أن تكون نفقات نظم النقل المستدامة فعالة من حيث التكلفة وعلى صناع قرار النقل ايجاد نظام حساب للتكاليف الإجمالية والمتكاملة بحيث يعكس الحقيقة الاجتماعية والاقتصادية والبيئية للتكاليف الإجمالية بما فيها التكاليف على المدى البعيد وذلك من أجل تحقيق معيار المساواة والعدالة في الدفع من قبل مستخدمي وسائل النقل مقارنة مع التكاليف الاجمالية [94].

يستخدم النقل بالبواخر للتنقلات بهدف السياحة أو لنقل البضائع، و قطاع السياحة مهم لاقتصادات العديد من الدول ومنها الدول الجزرية الصغيرة النامية وروابطه القوية بالنقل. فالسياحة مصدر رئيسي لإيرادات التصدير في هذه الدول كافة، وتستأثر، في المتوسط، بنحو 30% من مجموع العمالة، ونحو 50 % من الناتج المحلي الإجمالي في الدول الجزرية، ما يشكل أكثر من 50 % من مجموع خدماتها.

14-4-2- متطلبات النقل المستدام

ظهرت مبادرة «النقل المستدام للجميع»، وهي شراكة عالمية بين أصحاب المصلحة المتعددين، في عام 2016 في مؤتمر قمة الأمم المتحدة للعمل من أجل المناخ، بهدف تحقيق مستقبل يتسم بالاستدامة. ويضع إصدار هذه المبادرة قطاع النقل الذي أغفله المجتمع الدولي في كثير من الأحيان على الخريطة باعتباره عنصراً أساسياً للتصدي لقضايا الاحتواء والصحة وتغير المناخ والتكامل العالمي.

ويشارك في مبادرة النقل المستدام للجميع أكثر من 50 منظمة، بما في ذلك المنظمات المانحة الثنائية، ووكالات الأمم المتحدة واللجان الإقليمية، وبنوك التنمية متعددة الأطراف، والقطاع الخاص، والمنظمات غير الحكومية، ومنظمات المجتمع المدني العالمية، والمؤسسات الأكاديمية وجميعهم ملتزمون بالعمل بشكل جماعي لتنفيذ أهداف التنمية المستدامة، وتحقيق التحول في قطاع النقل، وفي نهاية المطاف نقل العالم إلى الأمام وبخطى كبيرة على الطريق الطويل نحو النقل المستدام.

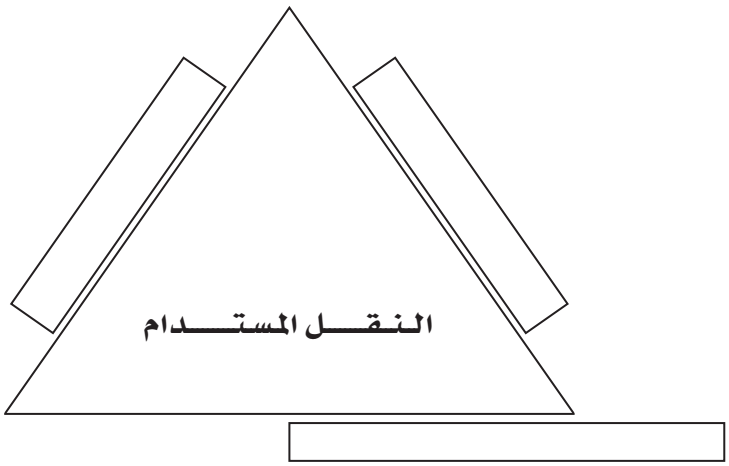
وقبل المبادرة عقد المؤتمر الدولي للنقل المستدام في عشق آباد عاصمة تركمنستان في تشرين الثاني/نوفمبر عام 2016 حيث شدد الأمين العام للأمم المتحدة بان كي مون بأن النقل المستدام يقوم بدور مهم في النهوض بجهود تحقيق التنمية المستدامة. وذكر بان توفر وسائل النقل لا يعني بالضرورة أنها آمنة. وأكد أمين عام الأمم المتحدة على ضرورة أن يواجه المؤتمر الدولي التحديات الكثيرة التي تواجهها الاستدامة في مجال النقل. ومن بين الأفكار التي طرحها الأمين العام ضرورة معالجة احتياجات الدول الأضعف، وخاصة الأقل نمواً وغير المطلة على البحار، وتعزيز أنظمة أفضل للنقل في المدن، وجعل كل أنظمة النقل آمنة ومعالجة الآثار البيئية لذلك القطاع.

ويقع النقل العام المستدام في قلب برنامج الأمم المتحدة للتنمية المستدامة لعام 2030 وأهداف التنمية المستدامة السبعة عشر.

وللوصول إلى نظام نقل مستدام لابد من تحقيق المتطلبات الاجتماعية والمتطلبات الاقتصادية والمتطلبات البيئية، كما يظهر في الشكل (14-1) [95].

الشكل 14 - 1

متطلبات النقل المستدام.



14 - 4 - 3 فوائد النقل المستدام

يشير النقل المستدام إلى أن التنقل ضمن أنماط وآليات تحقق أربعة أهداف: وصول الجميع إلى وسائل النقل، والكفاءة، والسلامة، والنقل الصديق للبيئة. وإذا أردنا تحقيق النقل المستدام، فإن هذه الأهداف الأربعة تحتاج إلى متابعة متزامنة.

ومن بين نتائج النقل المستدام ما يلي:

- **وصول الجميع إلى وسائل النقل** : تشير التقديرات إلى أن نحو 450 مليون شخص في أفريقيا – أو أكثر من 70% من مجموع سكان الريف غير متصلين بالنقل وليس لديهم وسائل للنقل.
- **الكفاءة:** كفاءة النقل المستدام تكون أعلى من حالة النقل التقليدي.
- **السلامة:** يقلل النقل المستدام من حوادث الطرق حيث يموت حوالي 1.3 مليون شخص على الطرق في العالم كل عام، ويصاب عشرات الملايين بإصابات خطيرة. وحوادث المرور هي السبب الرئيسي للوفاة في أوساط الشباب في الفئة العمرية 15–29سنة.

- **النقل الصديق للبيئة:** ينبعث عن وسائل النقل 23 % من جميع غازات الدفيئة المرتبطة بالطاقة، ويمكن أن تزيد انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عنها بنسبة 40 % بحلول عام 2040.

- **ومن أهم فوائد النقل المستدام:**

أولاً : يسمح بالوصول للاحتياجات الأساسية للأفراد، والشركات، والجمعيات، الواجب توافرها بأمان وبطريقة تتفق مع صحة النظام البيئي البشري، ويعزز المساواة داخل المجتمع وبين الأجيال المتعاقبة.

ثانياً : يعمل بأسعار معقولة، وبنزاهة وكفاءة، ويقدم واسطة النقل الافضل، ويدعم اقتصاد قادر على المنافسة، فضلاً عن تنمية إقليمية متوازنة.

ثالثاً: يحد النقل المستدام من الانبعاثات والنفايات ضمن قدرة الكوكب على استيعابها (بصمة القدم البيئية)، واستخدام الموارد الطبيعية المتجددة بأعلى معدلاتها في الجيل الحالي، وتستخدم الموارد غير المتجددة والاحفورية بأقل ما يمكن من معدلات استخداماتها، والعمل على التقليل من تأثيرها على استخدام أراضي النقل والمواصلات وتوليد الضوضاء .

14 - 4 - 4 تصنيف النقل المستدام حسب القوة المحركة له

يصنف النقل المستدام تبعاً للقوة المحركة إلى ما يلي [96]:

- النقل المعتمد على القوة العضلية للجسم مثل المشي وركوب الدراجات العادية حيث يصمم كمعيار تصميمي للمدن العصرية من خلال ارتباطه بمفاهيم الاستدامة على المستوى البيئي من خلال انعدام الملوثات.

-النقل بواسطة وسائل النقل العام الذي له الأثر الكبير على البيئة الحضرية وعلى المستويات الاقتصادية والاجتماعية والعمرانية من خلال استراتيجيات الموقع الكفوء للسكن والعمل وعلاقته مع نمط التنقل العام وإمكانية تعدد أنماط الوصول إلى الاماكن.

انتشرت وسائل النقل النظيف والصديق للبيئة في أكثر مدن العالم تقدماً، ما دفع الحكومات لتهيئة البنية التحتية لمدن كبيرة لسير الدراجات بأمان أو المشي أو تطوير وسائل النقل العام بحيث تكون وسيلة أكثر راحة من استخدام السيارات الخاصة للمواطنين. وتصدرت 3 من أكبر المراكز التجارية في آسيا قائمة مدن العالم الأكثر اعتماداً على وسائل التنقل الصديقة للبيئة، إذ حلت طوكيو وبكين وسنغافورة في المراكز الثلاثة الأولى ضمن قائمة مستخدمي وسائل الانتقال الخضراء، بحسب دراسة جديدة أجرتها شركة «كانتار» العالمية للأبحاث وتحليل البيانات.

وجاء المركز المتقدم للمدن الثلاث الآسيوية بسبب ميل الركاب العام لاستخدام وسائل النقل العام أو المشي وصولاً إلى العمل خصوصاً في المدن الكبرى المكتظة بالسكان. واستجوبت الدراسة 20 ألف شخص في 31 مدينة حول العالم حول وسائل تنقلهم، وفيما انضمت إليها 4 مدن أوروبية وهي لندن وكوبنهاجن وأمستردام وموسكو، والتي تشتهر بكونها مدن للدراجات مع تواجد شبكات سكك حديدية عامة واسعة، بينما وضعت العاصمة الكينية نيروبي ومدينة ساو باولو البرازيلية ضمن الترتيب.

أما المدن الأميركية فلم تصل إلى مراكز متقدمة بعد أن وجدت دراسة منفصلة لعام 2017 أن المواطن الأميركي العادي يقضي ما مجموعه 52 دقيقة يومياً في التنقل للعمل، حيث يستخدم نحو 85 % من السكان سيارات خاصة أو مجموعة سيارات، وما يزيد قليلاً عن 5 % يستخدمون وسائل النقل العام، بينما يذهب 2.8 إلى أعمالهم مشياً و 0.6% بالدراجة العادية.

وأشارت نتائج دراسة إلى أن التطورات الأخيرة في البنية التحتية لبعض مدن آسيا الكبرى، جعلت وسائل النقل العام الطريقة المثلى لتجنب القيادة في الطرق المزدحمة، ولكنها في المقابل سلطت الضوء على العمل المتبقي في المدن المصممة بشكل تقليدي للسيارات، إذا كان هناك تقدم في الحد من تلوث الهواء وتحسين البيئة [97].

ويتطلب خفض الانبعاثات الكربونية الناتجة عن قطاع النقل وزيادة قدرته على التكيف تبني منظور طويل الأجل، وقد يؤدي استمرار أسعار النفط المنخفضة إلى زيادة إطلاق الغازات الملوثة والتحوُّل بعيداً عن الاستثمارات الخضراء الأكثر كلفة.

14 - 5 السبل التكنولوجية والخاصة بالسياسات للنهوض بأجندة النقل المستدام

هناك العديد من السبل التكنولوجية الخاصة بالسياسات للنهوض بأجندة النقل المستدام المراعي للبيئة. فعلى سبيل المثال، تمثل وسائل النقل العام الأكثر فاعلية والمتاحة للجميع جزءاً رئيسياً من الحل. ويجب أن يضمن أي مسار للمضي قدماً ألا يأتي خفض الانبعاثات الكربونية على حساب الناس الأشد اعتماداً على توفير وسائل للنقل آمنة وميسرة ومتسمة بالكفاءة والاستدامة في البلدان النامية.

ومن الضروري اعتماد نهج «شامل» يستند إلى البيانات لإحداث تغيير في تأثير هذا القطاع على تغيُّر المناخ. وللقيام بذلك، يتوجب التحوُّل من التركيز على الاستثمارات التقليدية إلى التصدي للتحديات المتعلقة بالسياسات واللوائح التنظيمية والمؤسسات التي تحدد شكل الطلب طويل الأجل في مختلف مجالات النقل، لاسيما النقل العام. وستساعد تعبئة التمويل من القطاع الخاص والاستعانة بابتكاراته على إنشاء نماذج عمل جديدة ومستدامة.

ويمكن تحقيق مكاسب سريعة من خلال تحسين اللوائح المنظِّمة لتصدير المركبات المستعملة إلى البلدان النامية. وبسبب ارتفاع متوسط أعمار هذه المركبات وتقادم معداتها أو تهالكها وضعف قدرات الفحص والتفتيش في البلدان المستورِدة، فإن هذه الواردات تسهم في نهاية المطاف وبدرجة كبيرة في زيادة معدلات الوفيات على الطرق وانبعاثات غازات الدفيئة في الدول النامية.

ويمكن للبلدان المتقدمة أن تتعهد، من ناحية، بعدم تصدير المركبات غير المستوفية للمعايير الوطنية للحفاظ على المناخ والسلامة، فيما تتعهد البلدان النامية من ناحية أخرى بحظر استيراد المركبات المخالفة. وبشكل عام، يمكن أن يؤدي تقليل

العمر الافتراضي لأساطيل المركبات واستخدام التقنيات الحالية المتسمة بكفاءة استخدام الوقود إلى تقليص متوسط معدل استهلاك المركبات للوقود بنسبة 50 % وما لذلك من آثار كبيرة على الانبعاثات ومنها غازات الدفيئة المسببة لتغير المناخ.

إن إدارة التحول في قطاع النقل تتطلب التغلب على تحديات متعددة، قد تكون متناقضة. فعلى سبيل المثال، يتطلب تشجيع الناس على السير أو ركوب الدراجات العادية للوصول إلى أماكن العمل توفير بنية تحتية آمنة لراكبي الدراجات والمشاة تتضمن تخصيص مسارب منفصلة عن حركة المركبات، أو اتخاذ الترتيبات اللازمة لتخفيض سرعة السيارات. وفي الحالتين، سيؤثر ذلك على كفاءة النقل وتقييد الحركة. وبالمثل، قد تتعارض إجراءات تقليل التلوث في بعض الأحيان مع تلك المطلوبة للحد من حوادث السير. فعند زيادة متوسط سرعة السيارات إلى 70-80كم/سا ينخفض تلوث الهواء، إلا أن السرعات المرتفعة ستؤدي إلى زيادة في معدلات حوادث السير. وتتباين سياسات الدول حول هذا الأمر، وأكثرها يسعى لخفض تلوث الهواء باعتباره مشكلة عامة واضحة المعالم، في حين تنسب الإصابات والوفيات في الحوادث إلى الأخطاء الفردية. لذلك غالباً ما تتناول سياسات تنمية المدن مشاكل تلوث الهواء وخيارات الحد منها، وقلما يجري الحديث عن التحكم بحوادث السير.

14 - 6 إدارة العرض والطلب لتحقيق النقل المستدام

يوجد مجموعة من الوسائل التي يمكن أن تساعد في إجراء تحول المدن إلى النقل المستدام، حيث تم صياغة نظم نقل جديدة ذات توجه مستقبلي ومستدامة لتلبية احتياجات النقل المتزايدة بالإضافة إلى تعديلات ضرورية ينبغي ادخالها على سلوكيات المواطن ايضاً .ويمكن التركيز على جانب العرض إذ أن تخطيط استعمال الأرض واستثمارات النقل وتخطيط النقل والتركيز على العرض ملائم للمدن التي تفتقر إلى السياسات التي تشجع على السير وركوب الدراجات العادية لكونها أحد خيارات النقل المستدام. وبالمقابل يمكن في مجال النقل المستدام التركيز على جانب الطلب بوساطة:

- **التجنب** : قبل تحسين البنية التحية في المدينة يجب خفض الطلب على السفر إلى أقصى حد ممكن ويتم تحقيق ذلك عن طريق تخطيط حضري ذكي يقلل المسافات بين المنشآت الهامة في الحياة اليومية.
- **التغيير**: فرض عاملين من أجل التأثير على سلوكيات المواطن منها عامل الدفع (العقوبات) وعامل الحوافز.
- **التحسين**: إلى جانب تخفيض حجم المركبة وتحسين البنية التحتية لحركة المشاة وركوب الدراجات العادية ووسائل النقل العام فإن الاستخدام الأمثل للسيارات ضرورياً فيما يتعلق بنوعية الوقود وكفاءته والانبعاثات الصادرة عنه، إذ أن الاعتماد على الوقود الاحيائي يؤثر على الأمن الغذائي، وأن استخدام الهيدروجين كوقود للسيارات يعاني من أرتفاع الأسعار.

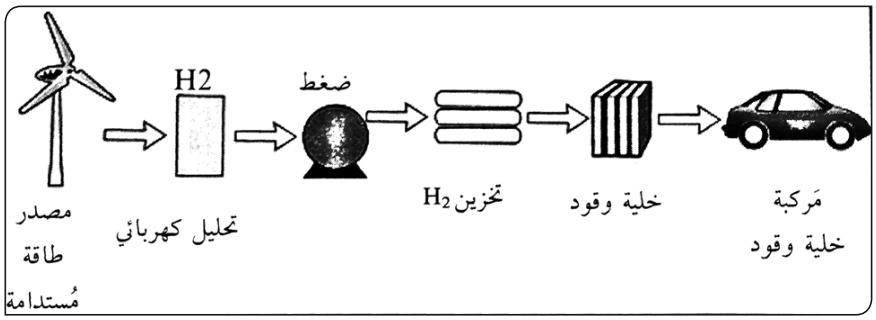
لذلك تم التوجه نحو جعل قطاع النقل والمواصلات يعتمد على طاقة خضراء ونظيفة ليساهم في الحد من التدهور البيئي الحاصل ولخفض الانبعاثات المضرة الناجمة من حرق الوقود الأحفوري بما فيها غازات الدفيئة.

لقد تم ادخال بدائل عن المشتقات النفطية لتكون حوامل للطاقة مثل الهيدروجين في المركبات بأنواعها وخاصة العادية، ويدعي مؤيدو اقتصاد الهيدروجين أن استخدام الهيدروجين كوقود للنقل سوف ينهي إنتاج أي انبعاثات ضارة من عوادم المركبات على الطرقات. بالطبع هذا صحيح بالنسبة إلى المركبة ذاتها، ويمثل ذلك جزءاً واحداً من الصورة الكاملة لاستخدام الطاقة، لكن الإشكالية في كيفية إنتاج الهيدروجين، إذا صنع الهيدروجين بالاعتماد على مصادر الوقود الأحفوري فإن جميع الكربون الموجود في مصدر الطاقة الأولي سوف ينتهي كغاز ثاني أكسيد الكربون عند نقطة إنتاج الهيدروجين، أما إذا تم إنتاج الهيدروجين من مصدر طاقة أولي أكثر استدامة، مثل الطاقة المتجددة، عندها لن يكون هناك إنتاج لغاز ثاني أكسيد الكربون غاز احتباس حراري في أي مكان في سلسلة تحويل الطاقة. يبين الشكل (14-2) رسماً تخطيطياً لتوضيح سلسلة تحويل الطاقة من أجل استخدام الهيدروجين[42].

الشكل 14 - 2

رسماً تخطيطياً لسلسلة تحويل الطاقة

من أجل استخدام الهيدروجين في المركبة.



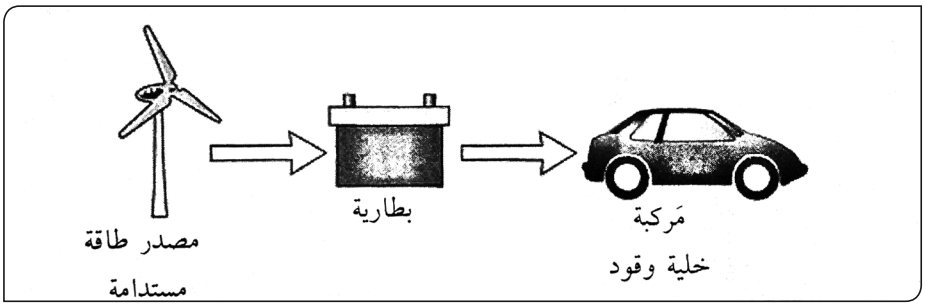
وفي هذا الشكل مصدر الطاقة الأولي هو طاقة الرياح، لكن قد يكون الطاقة الشمسية أو حتى الطاقة النووية. بمتابعة سلسلة تحويل الطاقة، نجد أن الكهرباء سوف تستخدم بعدئذ لإنتاج الهيدروجين بوساطة التحليل الكهربائي للماء، وبعدها سوف يضغط الهيدروجين ويخزن في خزانات ضغط عالٍ أو يحول إلى شكل سائل يخزن على متن المركبة. وسوف تستخدم المركبة قيادة كهربائية تامة، حيث تستخدم وحدة خلايا وقود لتوليد الكهرباء عند الطلب من الهيدروجين، التي سوف تزود بعد ذلك إلى محرك كهربائي، موفراً الطاقة الميكانيكية لقيادة المركبة. أي أن المرحلة الأولى في سلسلة تحويل الطاقة هي توليد الكهرباء كحامل طاقة ابتدائي. بعد ذلك تحول الطاقة الكهربائية الماء إلى هيدروجين الذي يعد حامل ثانوي للطاقة يتم تخزينه على متن المركبة. أما المرحلة الأخيرة في سلسلة التحويل فهي تحويل الهيدروجين من جديد إلى كهرباء بوساطة خلايا الوقود التي تغذي محرك الدفع الكهربائي.

ويمكن استخدام وضعية على التوازي في مركبة كهربائية بسيطة تعمل على البطارية، حيث تقوم البطارية بتخزين الكهرباء، كما هو مبين في مخطط سلسلة تحويل الطاقة المعروض في الشكل (14-3) [42]، في هذه الحالة ليس هناك حاجة إلى تحويل الكهرباء إلى حامل ثانوي للطاقة (الهيدروجين) حيث أن الكهرباء المولدة كحامل أولي تخزن مباشرة بوساطة البطارية، لتستخدم عند الطلب لتغذية محرك الدفع الكهربائي.

الشكل 14 - 3

تحويل الطاقة في مركبة كهربائية بسيطة

تعمل على البطارية.



الميزة الوحيدة لطريقة الحامل الثانوي للطاقة في المركبة هي أن سعة تخزين الطاقة على متن المركبة أعلى باستخدام خلية الوقود مقارنة مع حالة بطارية الكهرباء، وبالتالي المسافة المقطوعة في مركبة خلايا وقود تكون أكبر، كما أن بطارية الكهرباء تحتاج إلى مدة إعادة الشحن قد تصل إلى 8 ساعات كما يلزم استبدال البطارية كل عدة سنوات.

إن استخدام المركبات الكهربائية، بدلاً عن المركبات التي تعمل بالديزل والبنزين في شبكات النقل العام يعد من وسائل النقل المستدام. وتستهدف الحكومات حول العالم حالياً إضافة أكثر من 30 مليون مركبة كهربائية بحلول عام 2025، مقابل حوالي مليوني مركبة موجودة في نهاية 2018. ورغم أنه يلزم إجراء المزيد من البحوث لتأكيد الاستدامة المناخية والجوانب الاقتصادية لكامل سلسلة التوريد الخاصة بالنقل بالمركبات الكهربائية، فإن التحوُّل الجاري يفرض بالفعل ضغوطاً متزايدة لتوليد طاقة نظيفة لتشغيل الأساطيل. إن الطاقة الكهربائية المحركة للمركبات يمكن تأمينها سواء من الشبكة الكهربائية العامة أو من مصادر الطاقة المتجددة.

لا يوجد طلب كبير على السيارات الكهربائية حالياً. في البلدان العربية، لكن يمكن أن تتغير الصورة كثيراً في السيناريوهات التالية:

1. عند زيادة أسعار وقود السيارات .
2. انخفاض التكلفة الإجمالية للنماذج الكهربائية.

النقطة الثانية ممكنة حقًا في ظل الثورة التكنولوجية. واليوم، العديد من عمالقة عالم السيارات لا يتوقفون عن ترقية نماذج سياراتهم الصديقة للبيئة والأكثر تقدماً. ولزيادة انتشار السيارات الكهربائية يلزم تأمين مراكز لإعادة الشحن الكهربائي لهذه السيارات .

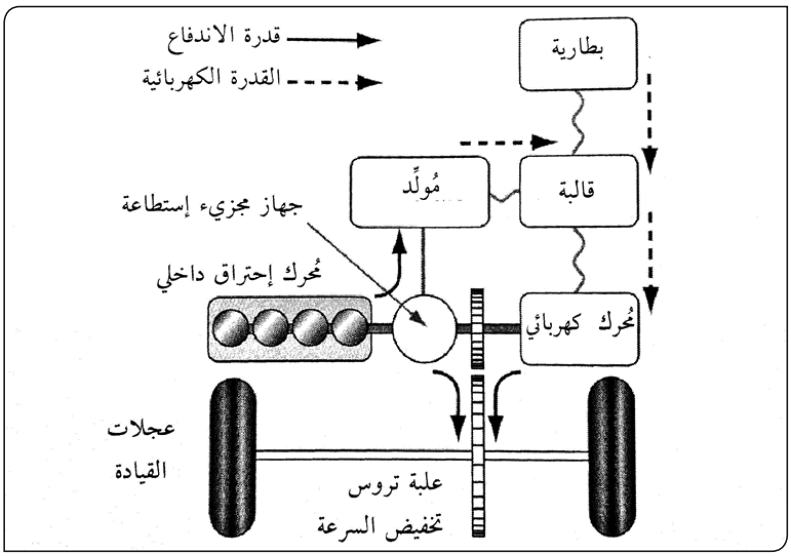
كما ظهرت السيارات الهجينة التي تستخدم نظام دفع مكوناً من محرك احتراق داخلي تقليدي، يعمل كمصدر رئيس للطاقة، على التوازي مع محرك كهربائي وبطارية تخزين. إن مجمل الطاقة المستخدمة لقيادة المركبة لاتزال تأتي من الوقود السائل (بنزين أو ديزل) المستخدم من قبل محرك الاحتراق الداخلي، لكن هذا المحرك يستخدم إما لشحن البطارية بوساطة المولدة، أو لإدارة العجلات مباشرة كما هو الحال في المركبة التقليدية، أو في بعض الحالات الدمج لكلتا الطريقتين. خلال العمل بسرعة منخفضة بخاصة عند التوقف والأقلاع خلال القيادة في مراكز المدن، يتم إيقاف محرك الاحتراق الداخلي، ويتم تأمين الدفع بوساطة المحرك الكهربائي باستخدام الطاقة الكهربائية المخزنة في البطارية. عندما تصبح البطارية مفرغة يقلع محرك الاحتراق الداخلي أوتوماتيكيا ويبدأ ثانية بشحن البطارية، ويمكن أيضا أن يقدم بعض الدفع الميكانيكي مباشرة إلى العجلات عبر علبة التروس. يتم هذا النوع من العمل «التسلسلي-المتوازي» بشكل غير ملحوظ تقريباً من قبل سائق المركبة بوساطة نظام تحكم يقرر متى يتم تشغيل محرك الاحتراق الداخلي، ومتى يجب إيقافه، من دون أي تدخل من السائق.

ويبين الشكل (14-4) عمل السيارة الكهربائية الهجينة (التسلسلي-المتوازي)[42].

الشكل 14 - 4

عمل السيارة الكهربائية الهجينة

(التسلسلي-المتوازي).



من أهم فوائد المركبة الكهربائية الهجينة» التسلسلي-المتوازي» أن محرك الاحتراق الداخلي يستطيع أن يعمل عند الظروف التصميمية الأكثر كفاءة، بشكل مستقل عن سرعة المركبة أو الحمل، وبذلك رفع الكفاءة الإجمالية لاستهلاك الوقود بشكل كبير، أما الميزة الأخرى فهي استخدام «إعادة التوليد بالفرملة» التي تستخدم.

المولدة لامتصاص الكثير من طاقة الفرملة التي كانت تبدد طبيعياً على شكل حرارة بوساطة الفرامل، ومن ثم استخدام هذه الطاقة لشحن البطارية ثانية. نتيجة لهذه الميزات التصميمية كون لدى السيارة الهجينة مدى أفضل باستهلاك الوقود خلال القيادة ضمن المدينة بالمقارنة مع القيادة على الطرقات السريعة، ما يجعلها مناسبة خصيصا للتنقل ضمن المدن. وتبين أن كفاءة وقود السيارة الهجينة وصلت إلى 50 % وهي أكبر من تلك العائدة للسيارة التقليدية ذات محرك احتراق داخلي لوحده.

إضافة للمركبات التي تعمل بالنظم الهجينة «المستقلة عن الشبكة أو المعتمدة على ذاتها والتي تتضمن نظام نقل الحركة كهربائياً وبطارية تخزين، والتي تحصل على مجمل طاقتها الأولية من الوقود المحمول على متن المركبة، ولا تحتاج إلى مقبس أو مأخذ للربط بالشبكة الكهربائية لإعادة شحن البطارية. ظهرت المركبات الهجينة المرتبطة بالشبكة أو المركبات ذات المقبس الكهربائي حيث يتم شحن علبة البطاريات بشكل كلي عندما تكون خارج الاستخدام بربطها بالشبكة الكهربائية العامة، وبالتالي يكون فيها محرك الاحتراق الداخلي الذي يعمل بالوقود السائل أصغر. وبالتالي تستطيع المركبة ذات المقبس قطع مسافة أطول (حتى 100كم) كمركبة كهربائية بشكل تام ويستخدم محرك الاحتراق الداخلي لإعادة شحن البطارية فقط عندما يكون ضرورياً تجاوز هذه المسافة، أو ربما عندما يحصل تسلق هضاب شديدة الميل.

بالنسبة لمعظم المتنقلين ضمن المدينة أو بين المدينة وضواحيها تشغل المركبة على بطارية الكهرباء فقط في معظم الرحلات، ومن الممكن ربطها بمأخذ الشحن الكهربائي خلال الليل وفترات التوقف عن العمل خلال النهار. وبالطبع إذا تم توليد الكهرباء اللازمة للمركبة من مصادر طاقة أولية مستدامة عند ذلك يمكن للنقل البري أن يصبح مستداماً ولن يستمر في كونه مساهماً مهماً في انبعاثات غازات الدفيئة.

وتعمل أكبر الشركات المصنعة للسيارات ومنها تويوتا ونيسان وبيجو وفورد ولادا وغيرها على ادخال تعديلات على عمل سيارات الطاقة الهجينة لتتميز بزيادة الكفاءة والسلامة البيئية.

ويجب القيام بعدة خطوات مهمة ليتحول قطاع النقل إلى الطاقة الخضراء ورفع نسبة اعتماده عليها من خلال زيادة مبيعات السيارات الكهربائية بأنواعها وأشكالها المختلفة عن طريق تقديم التسهيلات اللازمة من القروض والاعفاءات الضريبية كنوع من التحفيز بالإضافة إلى زيادة مراكز الشحن المخصصة لها وادخال المزيد من الالواح الشمسية في الخدمة في هذه المراكز

14 - 7 جهود الدول العربية في النقل المستدام

في مصر يضم قطاع النقل في مصر ما يزيد على 3.2 مليون مركبة، يسير نحو 60 % منها في محافظات القاهرة الكبرى والاسكندرية، ويستهلك القطاع ما مجموعه نحو 29% من الطاقة التجارية. وقد تم توفير مادة البنزين الخالي من الرصاص في معظم المناطق بنسبة تفوق 85 % . يجري العمل حالياً على تخفيض محتوى الكبريت في وقود محركات الديزل وتشير الدراسات إلى أن شوارع القاهرة تزدحم بنحو مليون ونصف مليون سيارة، تقطع قرابة 5.5 مليون رحلة يومياً داخل المدينة وفي ضواحيها الغربية. وتعتبر حركة هذه السيارات والغازات التي تنفثها من العوامل المؤدية إلى تكون سحابة القاهرة السوداء التي تكونت منذ نهاية القرن الماضي . وقد أثبت العديد من القياسات في معظم المدن المصرية أن تركيز الملوثات الرئيسية في الهواء يتجاوز معايير منظمة الصحة العالمية. وتعمل السلطات المسئولة على تحقيق برنامج استخدام الغاز الطبيعي الذي حقق نتائج طيبة، حيث تم تحويل محركات وسائل الانتقال العاملة بالوقود السائل لتعمل كذلك بالغاز الطبيعي. **وقد ساعدت على نجاح ذلك الاستراتيجية التي اتبعت والتي قامت على الآتي:**

- تسويق الغاز الطبيعي بأقل من نصف سعر البنزين (الغازولين)، مما يعوّض مصاريف تحويل المحرك ليعمل بالغاز الطبيعي. ويقدر أن السير بمحرك يعمل بالغاز الطبيعي لمسافة 10 آلاف كيلومتر يحقق وفراً يوازي مصاريف التحويل من الوقود السائل إلى الغاز [98].
- تقسيط مصاريف التحويل على فترات زمنية مناسبة.
- نشر محطات التموين بالغاز الطبيعي في مختلف المحافظات وبحيث يصبح دائماً متاحاً أمام السائق خاصة سيارة الأجرة داخل المدن.

وقد شارك في التجربة ليس فقط السيارات الخاصة وسيارات الأجرة، بل أيضاً حافلات نقل العمال لدى بعض شركات القطاع العام.

وفى الأردن يعتبر قطاع النقل والمواصلات من أكثر القطاعات استهلاكاً

للطاقة، إذ تحرق الآليات والمركبات نحو 45 % من الوقود المستخدم داخل البلد. وبلغ عدد المركبات المسجلة عام 2003 ما يزيد على نصف مليون آلية، يتركز القسم الأكبر منها في العاصمة عمان وضواحيها .ولما كان وسط عمان محاطاً بالجبال من معظم الجهات، فإن الملوثات الصادرة عن السيارات تتركز فوق المدينة وتؤدي إلى تدني نوعية الهواء بشكل كبير .وتم وضع حوافز لتشجيع اللجوء إلى السيارات الكهربائية أو الهجينة.

وفى المغرب، يتمركز القسم الأكبر من قطاع النقل في منطقة الدار البيضاء الكبرى والمرافق الأساسية لقطاعي الصناعة والتجارة والخدمات. ويبلغ عدد السيارات والآليات العاملة ما يقارب5.1 مليون مركبة، تشمل السيارات السياحية القسم الأكبر منها. وتشير التقارير إلى أن كثافة بعض الملوثات داخل المدينة قد تجاوزت المعايير العالمية، مع الإشارة إلى أن أكاسيد الكبريت مصدرها الرئيسي محركات المازوت، في حين أن أكاسيد الكربون تصدر بشكل أساسي من محركات البنزين.

وفى لبنان يعتبر قطاع النقل البري من أهم القطاعات الاقتصادية. ويزيد مجموع السيارات والآليات المسجلة على 1.4 مليون سيارة، يتمركز أكثر من نصفها ضمن منطقة بيروت الكبرى .وتعتبر نسبة امتلاك السيارة في لبنان من أعلى النسب في العالم، إذ تبلغ نحو سيارة لكل 3 مواطنين. وإذا ما اعتبرنا أن كثافة السكان في لبنان هي أيضا من أعلى النسب في العالم 330 نسمة في الكيلومتر المربع)، فإننا نصل إلى نتيجة أكيدة وهي أن أي تلوث يسببه قطاع النقل يصيب غالبية المواطنين ويؤدي إلى انعكاسات صحية واقتصادية كبيرة .ويستهلك قطاع النقل من البنزين على أنواعه أكثر من 1.25 مليون طن سنويا .وبلغ مجموع انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في عام 2000 نحو 5.64 مليون طن، مقارنة ب 2.85 مليون طن في 1990 وحتى العام 2002 كان اعتماد الغالبية العظمى من السيارات على البنزين الحاوي مادة الرصاص .ولكن الوضع تغير بعد صدور القوانين لتصبح معظم السيارات تستعمل البنزين الخالي من الرصاص، أظهرت القياسات التي أجريت في عدة نقاط داخل مدينة بيروت ومناطق لبنانية مختلفة على مدى سنوات عديدة أن كثافة الملوثات في الهواء وصلت إلى مستويات عالية جداً، الأمر الذي يجعلها تشكل تهديداً

لصحة المواطنين .وتشير الدراسات إلى أن قطاع النقل هو المصدر الأساسي لتلوث الهواء داخل مدينة بيروت.

وفي دبي أظهرت دراسة أجرتها بلدية دبي أن المركبات تسأهم بأكثر من 53 % من تلوث الهواء في الإمارة بينما تبلغ هذه النسبة 26 % لقطاع الطاقة و21 % لقطاع الصناعة .وأوضحت الدراسة التي أجريت في عام 2008 أن نسبة المركبات والحافلات والشاحنات التي تصدر انبعاثات ملوثة عالية تبلغ 13% من إجمالي المركبات والحافلات والشاحنات العاملة بالبنزين بينما تصل إلى 19%في حالة تلك العاملة بالديزل، وهي نسب عالية بالمقارنة مع الدول المتقدمة حيث تصل هذه النسبة في كندا 4.75 % وفي ولاية فرجينيا الأميركية 2.5 % وميتشغان 2 %.

وتشير إحصاءات بلدية دبي لعام 2009، بان السيارات العاملة بالديزل في المدينة والبالغ عددها 75231 تنتج 1718.572 طن يومياً من ثاني أكسيد الكربون، في حين تنتج 2456 شاحنة تعمل بالديزل نحو 56.105 طن يومياً من ثاني أكسيد الكربون، بينما تنتج 22481 حافلة تعمل بالديزل نحو 513.555 طن من ثاني أكسيد الكربون؛ وتنتج 24435 شاحنة ثقيلة تعمل بالديزل حوالي 558.192 طن من ثاني أكسيد الكربون، وتنتج 18653 حافلة ثقيلة تعمل بالديزل 426.108 طن من ثاني أكسيد الكربون. وقد تم تطبيق تشريع جديد خاص بالرقابة على مواصفات الديزل في عام 2010 سأهم بشكل فعال في تخفيض الانبعاثات الضارة بالبيئة الناتجة من عوادم السيارات والحافلات والشاحنات بشكل ملموس.

كما بدأت دبي باستخدام ترام في عام 2014 يعمل بالتغذية الكهربائية الأرضية على كامل الخط دون الحاجة إلى أسلاك معلقة، ولقد زاد عدد الركاب مع السنوات ويرجع ذلك إلى المزايا التي يتمتع بها حيث أنه أول ترام بالعالم تم فيه تزويد ارصفة المحطات بأبواب حماية آلية لتوفير أكبر قدر من عوامل الراحة والسلامة والأمان وتتوفر فيه محطات مكيفة الهواء للركاب وتتوفر أيضاً جسور مشاة مكيفة الهواء لربط محطات الترام بالمناطق المجاورة، وبلغ زمن التقاطر7 دقائق

فقط وتم الربط مع وسائل النقل الأخرى مثل مترو دبي والحافلات ومركبات الاجرة والسيارات الخاصة والدراجات الهوائية والنقل البحري [99].

أما عن تصنيف الطرق واطوالها وأنواعها في امارة دبي فيلاحظ الزيادة في أطوال الطرق وهذا يعكس التطور العمراني والتخطيط الجيد للنقل داخل المدينة لاستيعاب الزيادة في حركة المرور للمقيمين داخل المدينة وهذا سيؤدي إلى تطبيق أنظمة النقل الذكية فيها التي تعتبر أداة فاعلة لتطبيق النقل المستدام داخل الإمارة [99].

الفصل
الخامس عشر

التخفيف من الانبعاثات المسببة لتغير المناخ في قطاع الصناعة



الفصل الخامس عشر
التخفيف من الانبعاثات المسببة لتغير المناخ في قطاع الصناعة

15 - 1 مقـدمـــة

تعرف الصناعة على أنها العملية التي يتمّ من خلالها جعل المواد الخام أكثر ملائمة لمتطلبات الإنسان وحاجاته من خلال تغيير شكلها وزيادة قيمتها لتلائم الغرض الذي صُنعت لأجله، الصناعة مهمة لتوفير ما يلزم الأفراد من منتوجات مصنّعة. ولتشغيل الأيدي العاملة وبالتالي التقليل من نسبة البطالة وزيادة الرفاهية للإنسان، وتسأهم في تطوير نشاطات اقتصادية أخرى كالزراعة والتجارة. وتزيد مستوى الناتج المحلي والدخل. ومن مقومات الصناعة توفّر رأس المال والمواد الخام سواء كانت نباتيّة كالقطن، والمطاط، والخشب، أو مواد حيوانية كاللحوم، والجلود أو مواد معدنية كالحديد، والذهب، والنحاس. ومواد نطلق عليها مصطلح «مواد نصف مصنعة»، وهي التي تكون مواد خام لصناعات أكثر تطوراً كالخيوط النسيجية والزيوت.

وتتطلب الصناعة توفّر القوى المحركة (الطاقة) سواء كانت من الوقود الأحفوري أو بديلة أو متجددة وتعد الطاقة أساس الصناعة الحديثة، وتختلف هذه القوى المحركة من صناعة إلى أخرى، وتختلف نسبة استهلاك كل صناعة للطاقة حسب نوعها وبالتالي تختلف نسبة اطلاقها لغازات الدفيئة وبالتالي نسبة مسأهمتها في تغير المناخ.

وبما أن الصناعة تمثل حجر الزاوية في تنمية البلد، لذلك تحرص الدول النامية على تنمية قطاع الصناعة لدعم الاقتصاد ودفع عملية التنمية نحو الأمام واستيعاب نسبة كبيرة من اليد العاملة من خلال خلق فرص عمل كثيرة، ليس فقط

بشكل مباشر، ولكن بشكل غير مباشر ضمن السلسلة العنقودية المتكاملة ابتداءً من الزراعة، إلى تخزين المنتجات الزراعية والصناعية التي يتم إنتاجها، إلى التوزيع، إلى الصناعات المكملة مثل التعبئة والتغليف والخدمات وغيرها.

ومن الضروري السعي لتحقيق تنمية صناعية تلبي احتياجات المجتمع الأساسية، ولكن يجب أن تكون هذه التنمية مدروسة بل عليها أن تكون غير مستنفذة للموارد بحيث تصبح قابلة للاستمرار.

إن التنمية المستدامة تلعب دوراً إيجابياً في زيادة النمو الاقتصادي على المدى البعيد. أما التنمية التي لا تراعي الحفاظ على البيئة فسوف يصاحبها خفض لمعدل زيادة الدخل بسبب التكاليف التي يفرضها التلوث على الصحة ونوعية الحياة. والتدهور البيئي المتمثل في استنزاف خزانات المياه الجوفية وتملح الأراضي والتصحر ويترافق ذلك بتقويض الإنتاجية في المستقبل القريب.

لم يعد ممكناً في هذا العصر الاستغناء عن الصناعة لذلك أدخلت التكنولوجيا الحديثة في البحث عن حلول تحد من التلوث وتقلل من الانبعاثات الغازية للغلاف الجوي ومعالجة النفايات الصلبة والسائلة والاستفادة منها بدل من طرحها وكذلك البحث عن طاقات بديلة ومتجددة نظيفة عند الاستخدام عوضاً عن الوقود الأحفوري الذي أوشك على الانتهاء.

15 - 2 تصنيف الصناعات حسب استهلاكها للطاقة

يمكن تصنف الصناعات في مجموعتين أساسيتين، الصناعات الاستخراجية والصناعات التحويلية. تشمل الصناعات الاستخراجية صناعة استخراج النفط والغاز الطبيعي، واستخراج الخامات المعدنية وغير المعدنية، أما الصناعات التحويلية فهي الصناعات التي ينطوي نشاطها على تحويل المواد الأولية إلى منتجات نهائية أو منتجات وسيطة [100].

ومع عملية استخراج النفط من بئر ما، يكون الغاز الطبيعي المنتج الجانبي

الأقل قيمة، والذي يتسرب جزء منه إلى البيئة، كما أن استخراج الغاز الطبيعي يترافق مع تسربات من الغاز الطبيعي الذي هو مركب أساساً من غاز الميثان. وتشهد انبعاثات الميثان ارتفاعاً شديداً نتيجة التسربات التي تحدث عند استخراج الغاز والنفط. والميثان هو ثاني غاز دفيئة مؤثر في تغير المناخ.

وتشير الدراسات العالمية إلى أن قطاع الصناعة يعد من أكبر القطاعات المستهلكة للطاقة إذ يستهلك حوالي % 50 من الكهرباء المولدة بالإضافة إلى ما يستهلكه من المنتجات النفطية والغاز [101]. وتتصف بعض الصناعات بكثافة استخدام الطاقة مثل صناعة الحديد والصلب والألمنيوم وصناعة الأسمدة والكيماويات وصناعة الإسمنت وصناعة تكرير النفط؛ وهي صناعات تمثل ما يقارب 45%من الاستهلاك الصناعي للطاقة. وتصنف الصناعات التحويلية إلى ثلاث مجموعات هي: الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة وتشمل الصناعات الكيميائية، والمعدنية، والغذائية، وصناعة الورق، والزجاج، ومواد البناء . والصناعات منخفضة الاستهلاك للطاقة وذات القيمة المضافة العالية وتشمل صناعة وسائط النقل، والآليات الصناعية، والأجهزة الكهربائية، والحواسب الإلكترونية. والصناعات منخفضة الاستهلاك للطاقة وتتضمن صناعة النسيج، التبغ، الطباعة، البلاستيك، صناعة الجلود والمنتجات الجلدية.

15 - 3 صناعة الألمنيـــوم

تعتبر من الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة الكهربائية حيث يقدر الاستهلاك النوعي للطاقة بين14.1 - 19.3 ميغاوات ساعة للطن المنتج من الألمنيوم. وبلغ الإنتاج العالمي للألومنيوم أكثر من 63 مليون طن، دخلت في جميع الصناعات، بدءاً من رقائق الالمنيوم التي تُستخدم في المطابخ، والعلب، حتى صناعة الطائرات. تتميز هذه المادة الفلزية بخفة الوزن، وقابلية إعادة تدويرها بالكامل، وقوتها المدهشة، ويُعَد إنتاج الألمنيوم مسؤولًا عن 1% من المعدل العالمي لانبعاثات غازات الدفيئة. يتم إنتاج الالمنيوم على خطوتين: الأولى هي تنقية مسحوق أكسيد الألومنيوم من خام البوكسيت، والثانية تحويله إلى المنيوم في مصاهر. وينتج إجمالي

البصمة المناخية لهذه الصناعة عن عملية الصهر، التي تتطلب كميات هائلة من الكهرباء. كما يأتي أكثر من نصف إجمالي انبعاثاتها -بصورة غير مباشرة -من عملية إنتاج الكهرباء نفسها.

وتعد مادة الألمنيوم من أكثر المواد قابلية لإعادة التدوير ولمرات عدة، ويمكن أن تحقق عمليات إعادة التدوير وفراً في الطاقة المستخدمة يصل إلى 95 %[102] .

15 - 4 الصناعات النسيجية

أظهرت دراسة قامت بها وزارة البيئة الفرنسيّة أن قطاع النسيج وحده مسؤول عن 6% من انبعاث غازات الدفيئة على الصعيد العالمي[103]. وتستخدم مشتقات النفط والكهرباء كمصادر للطاقة في الصناعات النسيجية ويتباين استهلاك الطاقة فيها تبايناً كبيراً حيث يتراوح استهلاك البخار من 10 إلى 40 كيلوغراماً لكل كيلو غرام ألبسة، كما يقدر وسطي الاستهلاك النوعي للطاقة الكهربائية بين 4.63ك.و.س لكل كيلو غرام من الغزل ويصل إلى 11.76 ك.و.س.لكل كيلو غرام من الأقمشة الجاهزة .وتتراوح تكلفة الطاقة بين 5 % و 20 % من تكلفة الإنتاج وفقاً لنوع المنتج وأسعار الطاقة.

وأشارت دراسة إلى أن قطاع الموضة يعد ثاني أكثر الصناعات تلويثاً لكوكب الأرض، فقد أظهرت الدراسة التي قامت بها وكالة التجارة الدوليّة التابعة للأمم المتحدة أن صناعة الأزياء والأكسسوارات تتسبب بانبعاث غازات مؤذية بمعدّل يفوق الانبعاثات الناتجة عن البواخر والطائرات معاً.

هذا ما دفع 32 مجموعة عالميّة كبرى عاملة في قطاع النسيج، وتمثّل 150 علامة تجاريّة، إلى إنشاء تحالف لتقليص هذا التلوث البيئي على هامش قمة مجموعة السبع. وقد تمّ إطلاق «ميثاق الموضة»، الذي وقّعت عليه أسماء عالميّة في مجال صناعة الموضة.

وتتضمن هذه الخطوات العمل للقضاء على كل غازات الدفيئة التي تنتجها

صناعة الموضة بحلول العام 2050. ويُتهم قطاع صناعات النسيج والموضة بأنه مسؤول عن 10 % من انبعاث ثاني أكسيد الكربون في العالم ومن المتوقع أن تزداد انبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن صناعة النسيج بأكثر من 60 % مع حلول العام 2030 إذا لم تُتخذ أي إجراءات في هذا المجال.

وتشكّل هذه المبادرات الصديقة للبيئة استكمالاً لمبادرات أخرى سبقتها تمّ إطلاقها خلال الأطراف الرابع والعشرين COP24 الذي تمّ تنظيمه في كاتوفيتشي في بولندا في كانون الأول (ديسمبر) 2018، والتزمت خلاله 43 شركة عالميّة بتخفيض انبعاثاتها من غازات الدفيئة بنسبة 30 % بحلول العام 2030.

15 - 5 صناعة الإسمنت

تعتبر صناعة الأسمنت من الصناعات الاستراتيجية لأنها ترتبط مباشرة بأعمال الانشاء والتعمير ويستخدم الأسمنت كمادة رابطة هيدروليكية من مكونات المونة (Mortar) والخرسانة(Concrete)، وعادة ما تنشأ معامل الأسمنت بالقرب من مصادر المواد الأولية لتخفيض كلفة نقل هذه المواد . ويصنع تحت درجات حرارة عالية باستخدام مواد طبيعية مثل الحجارة الكلسية، الغضار، الجير الكلسي، وتختلف مواصفات الإسمنت حسب نوع الإسمنت. وتعد صناعة الاسمنت من الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة حيث يقدر الاستهلاك النوعي الوسطي لإنتاج طن من الإسمنت بنحو 100 إلى 150 كيلوغرام مكافئ نفط، حسب طريقة التصنيع المستخدمة [104].

وتشكل تكلفة الطاقة في هذه الصناعة من 40 إلى60 % من التكلفة الكلية للإنتاج .وبلغ استهلاك إجمالي صناعة الإسمنت من الطاقة عالمياً في بداية الألفية نحو 2.1 % من إجمالي الطلب على مصادر الطاقة الأولية، بينما بلغ هذا الاستهلاك في الدول العربية نحو11 % من إجمالي الطلب على الطاقة في القطاع الصناعي.

تواجه صناعة الإسمنت تحديات عديدة ويقع على عاتق المصنعين مهام القيام باستنباط عمليات جديدة وتحسين طرائق الإنتاج الحالية بغية الوصول إلى

الحد الأدنى من تأثير هذه الصناعة على البيئة المحيطة بالمعمل والتي قد تمتد إلى مساحات كبيره جداً إذا لم يتم أخذ الإجراءات المناسبة للحد من هذا التأثير.

15 - 5 - 1 التوفير في طاقة الوقود في صناعة الإسمنت:

يتم تحديد الاستهلاك النوعي الحراري للعملية الحرارية قبل كل شيء بواسطة الكفاءة والمردود للمسخن الأولي Preheater [105] وقدرة مبرد الكلنكر على استرجاع الحرارة والاستفادة منها، عند قابلية حرق خاصة محددة للطحين الخام يكون للفرن الدوار في مصنع الاسمنت أبعاد معينة تحدد ضياع الطاقة بالحمل والاشعاع الحراريين في نظام الفرن المزود بمكلس أولي Precalciner يكون هذا الضياع أقل منه في نظام الفرن المزود بمسخن أولي تقليدي وتم تحديث المكلس الأولي ليصبح مكلس تام Calciner يقوم بعملية تكليس كاملة للمواد الخام قبل الدخول إلى الفرن الدوار ومع ذلك فإن الضياع النوعي الحراري بالإشعاع هو قيمة ثابتة تكون كبيرة أو قليلة وتتغير بشكل ضئيل وفق اختلاف نسبة طول الفرن على قطره كذلك فإن المكلس يأتي بالدرجة الثانية من الأهمية بالنسبة للمردود والكفاءة الحرارية لعملية الحرق لأن حرارة التفاعلات الكيميائية بعد أسفل المسخن تتحدد قبل كل شيء بالوقود والمواد المغذية شريطة أن يكون زمن بقاء الغاز والمواد كاف وملائم.

15 - 5 - 2 أهمية التوفير في الطاقة الحرارية للوقود في مصانع الإسمنت على انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون:

في الأعوام الثلاثين الماضية جرى تخفيض في الاستهلاك النوعي الحراري من الطاقة الحرارية للوقود إلى حدود 770-780 كيلو كالوري/طن لإنتاج الكلنكر وتعود هذه الإحصائية بالدرجة الأولى إلى الشركات المستخدمة للمسخن الأولي ذي المراحل السيكلونية الأربعة مع أو بدون كلسنة مسبقة.

والتوفير في الطاقة الحرارية للوقود يوفر كلفة إنتاج الإسمنت كما يؤدي أيضاً إلى تخفيض انبعاثات CO_2 أهم غازات الدفيئة وانبعاثات غازات أكاسيد الكبريت والازوت الناتجة عن حرق الوقود والأبخرة وأيضاً يقلل إصدار غاز CO .

15 - 5 - 3 التوفير في استهلاك الطاقة الكهربائية:

من الواضح أن التوفير في الطاقة الكهربائية يؤدي إلى التوفير في الطاقة الأساسية. وفق هذا فإن البيئة كذلك تستفيد من تخفيض التوليد غير الكفء من ناحية تحويل الطاقة إلى قدرة كهربائية.

قبل سنوات قليلة كانت منشآت الطحن في صناعة الاسمنت رديئة من ناحية المردود المفيد للطاقة وهذا الموضوع ذو أهمية بشكل خاص لأن مجموع استهلاك الطاقة الكهربائية لنظام طحن المواد الخام والإسمنت كان مساوياً فوق 50% من مقدار الطاقة المستهلكة داخل المنشأة الإنتاجية.

ونتيجة تطبيق استخدام التسخين الأولي والمكلس واستخدام مبرد متطور لتبريد الكلنكر الخارج من الفرن الدوار والاستفادة المثلى من هذه الحرارة لتسخين هواء المسخن الأولي والمكلس وفي عملية الطحن، تنخفض الطاقة النوعية اللازمة لإنتاج واحد طن من الإسمنت.

15 - 6 صناعة الحديد والصلب

تعد صناعة الحديد والصلب من أهم الصناعات الاستراتيجية على مستوى العالم، لما تلعبه هذه الصناعة من دور كبير في تنمية الدول، وهو ما يفسر توجه الدول لتهيئة المناخ المناسب لتحقيق المنافسة العادلة وتعظيم العائد الاقتصادي لهذه الصناعة، لذا شهدت المنطقة العربية سباق لتعظيم صناعة الحديد والصلب، ورفعت المنطقة العربية تصنيفها من بين الدول المنتجة عالمياً. بلغ إجمالي حجم إنتاج العالم العربي من الحديد والصلب نحو 30 مليون طن، تنتج مصر لوحدها نحو 8مليون طن وفي المرتبة الثانية تأتي السعودية التي تنتج 5 مليون طن وحلت الإمارات العربية في المرتبة الثالثة في إنتاج الحديد والصلب حيث وصل إنتاجها إلى 3 ملايين طن [106].

ينتُج ثاني أكسيد الكربون بكميات كبيرة من المصانع التي تُنتِج الصلب،

وبما أن صناعة الصلب تعتمد بشكل كبير على الحديد، فإن هذا الغاز ينتج من اختزال خامات الحديد في الفرن اللافح، ومصانع الحديد الإسفنجي، بالإضافة إلى ذلك فإنه ينتج من استخدام طاقة الوقود الأحفوري في عمليات التسخين. ويقدر الاستهلاك النوعي الوسطي العالمي للطاقة في صناعة الحديد ب 570 كيلو غرام مكافئ نفط للطن الواحد.

بلغ الاستهلاك العالمي للطاقة في صناعة الحديد في بداية الالفية، نحو5.5 % من إجمالي الاستهلاك العالمي لمصادر الطاقة الأولية، وبلغ في الدول العربية ما يعادل 10 % من استهلاك الطاقة في القطاع الصناعي في هذه الدول.

وتسأهم صناعة الحديد والصلب في تغيُّر المناخ وذلك بسبب زيادة نسبة غازات الدفيئة ومنها غاز ثاني أكسيد الكربون الذي ينتج خلال عملية صناعة الصلب.

وبدأ باستخدام تقنيات جديدة في صناعة الحديد والصلب للحد من التلوث، وتعتمد هذه التقنيات على إعادة استخدام الطاقة الناتجة عن النفايات في صناعة الحديد، والصلب، والدرفلة (rolling process).

15 - 7 صناعـــة الـزجـــاج

تعد صناعة الزجاج من الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة لوحدة المنتج. ويقدر وسطي الاستهلاك النوعي العالمي بنحو 400 كيلو غرام مكافئ نفط /طن زجاج.

وتعتبر صناعة الزجاج من الصناعات المنتجة بشكل كبير لغازات الدفيئة، وخاصة غاز ثاني أكسيد الكربون. إذ ينشأ عن إنتاج 1 كيلوغرام من الزجاج في فرن يدار بالغاز ما يناهز 0.6 كيلوغرام من غاز ثاني أكسيد الكربون، ويرجع 0.45 كيلوغرام من هذه الوزن إلى حرق الوقود الأحفوري و0.15 منه إلى تفكك مادة الكربونات الخام (كربونات الكالسيوم والدولوميت) المستخدمة في الخلطة. ويرتبط انبعاث غازات الدفيئة مباشرة بنوع الزجاج، ونوع الوقود الأحفوري المستخدم،

وكفاءة طاقة العملية، واستخدام كسارة الزجاج. يتطلب نشاط تصنيع الزجاج درجات حرارة عالية، ويستهلك كميات كبيرة من الطاقة، وهو الأمر الذي ينتج عنه انبعاث المنتجات الثانوية للاحتراق (ثاني أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكبريت، وأكاسيد النيتروجين). وتسهم أفران الصهر بنسبة تتراوح بين 80 و90 % من إجمالي ما تخرجه منشآت إنتاج الزجاج من انبعاثات ملوثة في الهواء. وترتبط الانبعاثات التي تنشأ عن مرحلتي التشكيل والتشطيب بالأنواع المختلفة لعمليات إنتاج الزجاج. وتنشأ معظم الانبعاثات عن ماكينات كبس ونفخ الحاويات نظراً لملامسة الزجاج المنصهر («الكتلة الزجاجية») لمواد تشحيم المعدات. وينشأ أيضاً عن تصنيع الزجاج المسطح، وعمليات إنتاج القناني الزجاجية، وأدوات المائدة، والمشغولات الفنية الزجاجية انبعاثات ذات صلة بالاحتراق الذي يتم في عملية التلدين حيث يحتفظ بمنتج الزجاج عند درجة حرارة تتراوح بين 500 و550 درجة مئوية في إطار عملية تبريد يتم التحكم فيها داخل فرن التلدين. ويتعين على الشركات المنتجة أن تخفف من أوزان منتجاتها من القناني وأدوات المائدة كوسيلة فعالة لخفض الآثار البيئية وذلك بزيادة عدد المنتجات التي يمكن تصنيعها من وزنٍ ما من الزجاج المنصهر.

من المفيد الإكثار من استخدام كسارة مخلفات الزجاج لزيادة كفاءة الطاقة والحد من استخدام مواد الكربونات الخام، خاصة في إنتاج القناني الزجاجية. وتعتبر فرص استخدام نسبة كبيرة من كسارة الزجاج في الخلطة فرصاً جيدة على نحو خاص عند تصنيع القناني ذات اللون الأخضر. وعادة ما تقل الطاقة المستخدمة للفرن بمعدل يتراوح بين 15 % و 30 % من النسبة المئوية لكسارة الزجاج المستخدمة في الخلطة [102]. ويمكن استخدام الحرارة الضائعة من غازات مدخنة الفرن للتسخين المسبق للخلطة أو كسارة الزجاج، أو توفير الحرارة أو البخار لأغراض تدفئة الحيز. ومن التقنيات الآخذة في النمو ضمن هذا المجال تلك التقنية التي من خلالها تتم استعادة الحرارة في شكل بخار عالي الضغط يمكن أن يتمدد داخل التوربين من أجل توليد الطاقة.

15 - 8 صناعات النفط والمواد الهيدروكربونية

تمثل عمليات إنتاج ونقل وتكرير ومعالجة النفط والغاز الطبيعي المستهلك الرئيس للطاقة في القطاع الصناعي في الدول المصدرة للنفط، إذ يتطلب إنتاج النفط والغاز الطبيعي كميات كبيرة من الطاقة لعمليات الاستخراج والمعالجة والنقل حيث تستهلك في تشغيل مضخات إنتاج المواد الهيدروكربونية، والمياه المرافقة، وتوفير الحرارة اللازمة لعمليات فصل النفط المستخرج، وإنتاج البخار اللازم لعمليات الاستخراج المعزز للنفط، وتشغيل مضخات إعادة حقن المياه ونقل النفط المنتج عبر الأنابيب، وتشغيل ضواغط إعادة حقن الغاز الطبيعي المنتج أو تصديره عبر الأنابيب، وتأمين الوقود اللازم لمجموعات توليد الطاقة الكهربائية المستخدمة في عمليات التشغيل، وتغذية التجمعات السكنية العاملة في هذا المجال. ويتباين استهلاك الطاقة بشكل واسع وفقاً للظروف المحلية وشروط التشغيل، ويتم عادة إنتاج الطاقة اللازمة في العديد من الحقول من الغاز الطبيعي المنتج محلياً الذي يستخدم كوقود في مجموعات التوليد الكهربائية، والضواغط. وفي الحالات التي تكون فيها إمدادات الغاز الطبيعي محدودة يتم شراء الطاقة الكهربائية من مصادر خارجية. ووفق دراسة للجمعية العالمية لإنتاج النفط والغاز الطبيعي تؤمن مصادر الطاقة المنتجة محلياً نحو 77 % من إجمالي الطاقة المستهلكة. وتعد صناعة استخراج النفط والغاز الطبيعي ونقلهما إلى مراكز التكرير والاستهلاك من الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة، وبالتالي تسأهم بنسبة مهمة في انبعاثات غازات الدفيئة أي في المسأهمة في تغير المناخ.

تعتبر صناعة تكرير النفط من الصناعات المهمة في الدول العربية، وتعمل العديد من الدول العربية وخاصة المنتجة للنفط على إقامة مشاريع لإنشاء محطات تكرير جديدة أو تطوير محطات التكرير القائمة وتحسين مواصفات المنتجات النفطية، لذلك يمكن اعتبار هذه الصناعة من الصناعات الرئيسة المستهلكة للطاقة في الدول العربية. كما تشهد صناعة الغاز الطبيعي تطوراً متزايداً حيث يتم تنفيذ العديد من مشاريع معالجة الغاز وتسييله ونقله في الدول العربية المنتجة له [107] .

15 - 9 الصناعات البتروكيماوية

تتزايد القدرة التنافسية للصناعات البتروكيماوية العربية لاعتمادها على الغاز الطبيعي كمادة مغذية رخيصة نسبياً بالمقارنة مع النافتا المستخدمة في أوروبا لهذا الغرض، وتعد هذه الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة، حيث يتراوح الاستهلاك النوعي للطاقة في المنشآت الحديثة 1330 كيلو غرام مكافىء نفط للطن في صناعة البولي أثيلين ويصل إلى 1946 كيلو غرام مكافىء نفط للطن من مادة البولي فينيل كلورايد.

15 - 10 صناعة الاسمدة

تعد صناعة الأسمدة من الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة لوحدة المنتج حيث يحتاج الطن من الأسمدة الآزوتية إلى ما لا يقل عن طن من المواد الهيدروكربونية ويستخدم الغاز الطبيعي بشكل رئيس كمادة مغذية وكوقود. ويقدر استهلاك الطاقة في صناعة الأسمدة في الدول العربية بنحو ثمانية ملايين طن مكافئ نفط في بداية الالفية. وتشكل تكلفة الطاقة في صناعة الأسمدة الآزوتية ما يزيد عن80 %من إجمالي تكلفة الإنتاج.

15 - 11 كثافة استهلاك الطاقة في القطاع الصناعي في الدول العربية

تسمى كمية الطاقة المستهلكة لكل دولار من الناتج المحلي الإجمالي (غرام مكافئ نفط / دولار) بكثافة استهلاك الطاقة وانخفاض مؤشر كثافة استهلاك الطاقة يعبر عن الكفاءة التي تستهلك فيها الطاقة في الدولة.

أن كثافة استهلاك الطاقة في قطاع الصناعة في الدول العربية يساوي 1213 غرام م.ن./للدولار. في حين أن هذه الكثافة كانت في عام 1998 في فرنسا 350 غرام م.ن./دولار. وفي اليابان 180 غرام م.ن/دولار [73] .

ومن اللافت للنظر أن كثافة استخدام الطاقة في الدول العربية غير المنتجة للنفط هي أعلى منها في الدول المنتجة للنفط إذ أن كثافة الطاقة في الدول العربية

غير المنتجة للنفط قد بلغت 1620 غرام م .ن /دولار في عام2009 مقابل 2580 غرام م. ن/دولار في الدول المنتجة للنفط.

15 - 12 الاستهلاك النوعي للطاقة في عدد من الصناعات في عدد من الدول العربية والعالمية

يمثل الاستهلاك النوعي للطاقة في صناعة ما، كمية الطاقة المستهلكة لوحدة المنتج من هذه الصناعة وأن استخدام الطاقة بكفاءة عالية يتطلب العمل على تخفيض الاستهلاك النوعي للطاقة بقدر الإمكان.

وبلغ الاستهلاك النوعي للطاقة في صناعة الحديد في الجمهورية اللبنانية 132 كيلوغرام مكافئ نفط. /طن، أي 1.2 أضعاف المتوسط العالمي مما يعني توافر فرصة للترشيد بحدود17 % من الاستهلاك النوعي للطاقة مقارنة بالمتوسط العالمي. وبحدود 50% مقارنة بأحدث التقنيات المطبقة في اليابان حيث بلغ الاستهلاك النوعي للطاقة 87 كيلوغرام مكافئ نفط /طن.

إن المتوسط العالمي للاستهلاك النوعي للطاقة في صناعة الحديد 570 كيلوغرام مكافئ نفط/طن ولكنه بلغ في جمهورية مصر العربية 744 كيلوغرام مكافئ نفط./طن أي 1.3 أضعاف المتوسط العالمي مما يتيح فرصة لترشيد استهلاك الطاقة وبالتالي تقليل انبعاثات غازات الدفيئة [73].

15 - 13 إدارة الطاقة في المنشآت الصناعية

من المهم تحسين إدارة الطاقة في المنشآت الصناعية عن طريق اجراءات تتخذ بهدف الوصول إلى أهداف الشركة عند أقل تكاليف طاقة ممكنة وتهدف إلى تخفيض كلفة وحدة المنتج وتخفيض الآثار البيئية. إن إدارة الطاقة في المنشأة تتمثل في التزام الإدارة العليا بإدارة الطاقة وتقييم أداء الطاقة وتحديد الأهداف باعتماد خطة تنفيذية للتدقيق الطاقي بدراسة أوجه استهلاك الطاقة بكافة أشكالها في المنشأة ولحظ أماكن الهدر والاستخدام غير الكفء لها ومن ثم تحديد الوسائل

والأساليب التي تكفل الوصول إلى الاستخدام الأمثل للطاقة والذي يقود بالنهاية إلى انخفاض كميات استهلاك الطاقة وانخفاض غازات الدفيئة.

وتتمثل إدارة الطاقة في المنشآت الصناعية في الاستهلاك الاجمالي من الطاقة وتوزع استهلاك الطاقة وكلفة الطاقة من التكاليف الكلية. أن تحسين فرص ترشيد استهلاك الطاقة يتم عن طريق عدد من الإجراءات في المصانع [108]:

1- يجب التركيز عند وضع برامج ترشيد وتحسين كفاءة الطاقة في القطاع الصناعي، على ترشيد استهلاك المشتقات النفطية، والغاز الطبيعي، والكهرباء، وذلك بتحديد الطرق الإنتاجية وخطوط الإنتاج المناسبة للاستفادة من الطاقة القصوى للمنتجات الطاقية المستخدمة في العمليات الإنتاجية. وتصميمها لتكون أقل استهلاكا للطاقة، وإجراء دراسة دقيقة ومفصلة لتسلسل مراحل الإنتاج، وتقنية كل مرحلة، مع تحديد مدخلاتها ومخرجاتها، وصولا إلى ميزان طاقة للعمليات المختلفة يحقق ترشيد استخدام الطاقة في كل عملية من العمليات الإنتاجية؛

2- يجب إجراء دراسة دقيقة لتخزين المواد الأولية الداخلة في العمليات الصناعية للتأكد من سهولة انسيابيتها للدخول إلى خطوط الإنتاج، وتخزين المواد النفطية اللازمة للإنتاج والمواد المصنعة الجاهزة، مع التأكد من سهولة تحميلها ونقلها بأقل استهلاك ممكن للطاقة؛

3- دراسة الشبكة الكهربائية ذات الجهد المتوسط للمنشأة الصناعية وتوزيع الأحمال على مراكز التحويل داخل المنشأة بشكل دقيق. ودراسة الشبكة ذات الجهد المنخفض وتوزيع الأحمال على الأطوار، والتأكد من عدم انخفاض معامل القدرة الكهربائية في المنشأة الصناعية عن 0.9 وألا يقل حمل المحركات الكهربائية المستخدمة ومراكز التحويل عن 80 % من الحمل الأسمي، وتحقيق تهوية طبيعية أو ذاتية للكابلات والمحركات الكهربائية، والاستفادة من الإنارة الطبيعية قدر الإمكان.

4- وضع برامج صيانة دورية للآلات والأجهزة المستخدمة في خطوط الإنتاج

ومراقبة استهلاكها من الطاقة والتأكد من حسن أدائها، وصيانة المبادلات الحرارية لمنع ترسب الأملاح والرماد داخلها.

5 - إجراء تدقيق طاقوي دوري ومطابقة النتائج مع المؤشرات التصميمية وتدارك الانحرافات.

وقد بينت الخبرات المكتسبة في مجال تحسين كفاءة استخدام الطاقة توافر تقنيات وتطبيقات أثبتت نجاحها في تحقيق كفاءة عالية لاستخدام الطاقة في قطاع الصناعات التحويلية وهي:

أ- **التوليد المشترك للحرارة والكهرباء** (Cogeneration)

تعمل محطات التوليد الكهربائية التقليدية بكفاءة لا تتجاوز 35% مما يؤدي إلى ضياع حوالي 65% من الطاقة الكامنة كحرارة لا يستفاد منها. وقد توصلت التقنيات الحديثة إلى استخدام محطات التوليد الكهربائية ذات الدورة المركبة بكفاءة تزيد عن 55%، وكذلك التوليد المشترك للحرارة والكهرباء في مواقع الاستهلاك وخاصة في الصناعات التي تحتاج إلى الحرارة والكهرباء.

ب- **استرجاع الحرارة الضائعة**(Waste Heat Recovery)

يعتبر استرجاع الحرارة الضائعة أحد أهم الفرص المتاحة لترشيد الطاقة في المنشآت الصناعية ومحطات توليد الكهرباء، وتتوافر فرص استرجاع الحرارة الضائعة في صناعات التعدين والزجاج والأسمدة والصناعات الغذائية وتكرير النفط والصناعات النسيجية.

ج- **تحسين كفاءة الاحتراق**

تتحقق الكفاءة الأمثل للاحتراق عندما يتم حرق الوقود مع الكمية المناسبة من الهواء لتأمين الاحتراق الكامل، ويتم التحكم بهواء الاحتراق وتنظيم درجة الحرارة، والضغط ونسبة الهواء إلى الوقود باستخدام أنظمة التحكم الإلكترونية، ومحللات الغازات المحمولة، مما يساهم في تحسين كفاءة الأفران.

د- التحكم بالعمليات الصناعية

إن تطوير نظم للتحكم بمدخلات الطاقة باستخدام الحواسب الالكترونية (الميكروبروسيسر) يساهم في تحسين كفاءة المنشأة، وقد أثبت استخدام هذه النظم المتطورة فعالية كبيرة، ويمكن لها أن تسأهم في تحقيق وفر يتراوح بين 5 - 10 % من إجمالي الطاقة المستهلكة.

هـ - استخدام نظم إدارة الطاقة (Energy Management Systems) :

إن التحكم بالاستخدام الأمثل لمصادر الطاقة بالتوافق مع نظم تشغيل وصيانة جيدة يؤدي إلى تحقيق كفاءة طاقة عالية، وذلك ببرمجة أوقات التشغيل والإيقاف للتجهيزات والتحكم في استهلاك الطاقة الكهربائية للاستفادة من الأسعار المخفضة خارج أوقات الذروة وتجنب الغرامات، كما أن التحكم بإنارة المباني وأنظمة التدفئة والتهوية والتكييف يؤدي إلى ترشيد جيد للطاقة.

و- تحسين معامل القدرة

يؤدي تحسين معامل القدرة الكهربائية في معظم الصناعات عن طريق توصيل مكثفات كهربائية بالنظم المركبة بالصناعة إلى خفض استهلاك الطاقة في هذه الصناعة.

ز- المحركات عالية الكفاءة

يشكل استخدام المحركات الكهربائية حوالي70% تقريباً من الطاقة الكهربائية الكلية المستخدمة في الصناعة، لذا فإن استخدام المحركات ذات الكفاءة العالية وأجهزة تعديل السرعة تعتبر خياراً تكنولوجياً واعداً يساهم في خفض حجم الطاقة المستخدمة في إدارة المحركات.

ح- العزل الحراري

تتألف أنظمة العزل المقدمة من موارد ذات خصائص تتمتع بمعاملات توصيل

حراري منخفض تستعمل لعزل شبكات المياه الباردة عن الساخنة، وفتحات التهوية، والأفران أو المراجل، وذلك من أجل الحد من الفاقد الحراري، وهناك إمكانية لاستعمال تطبيقات العزل في مختلف الصناعات.

ط- الإنـــارة الكفـــؤة

تشكل معدلات الإنارة حوالي (10- 15)% من مجمل الطاقة الكهربائية في الكثير من المنشآت الصناعية، ومن أجل خفض هذا الاستهلاك الكهربائية للإنارة يمكن إتباع جملة من الإجراءات منها:استخدام المصابيح ذات الكفاءة العالية، تقنين عدد المصابيح المطلوبة مع إدخال التحسينات على تصاميم الإنارة، واستخدام العاكسات الضوئية، أجهزة التحكم، وكلها تسأهم في خفض استهلاك الطاقة.

15 - 14 الفرص المتاحة لترشيد الطاقة في قطاع الصناعة في الدول العربية

تشكل الطاقة العصب الأساسي لكل الصناعات وتعتبر بشكليها الكهربائي والنفطي (النفط والغاز الطبيعي) العامل الاقتصادي الرئيسي والمهم في كلفة وحدة الإنتاج الصناعي وتمثل كلفتها في بعض الصناعات حوالي 60 % من الكلفة الإجمالية للمنتج (صناعة الاسمنت مثلا).

وتعرف كفاءة استخدام الطاقة في المنشآت الصناعية بأنها مجموعة الوسائل والتقنيات والتكنولوجيا التي يؤدي تطبيقها إلى تخفيض استهلاك الطاقة لأداء نفس العمل.

ومن المهم التركيز على ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في قطاع الصناعة بشكل عام وفي عدد من الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة بشكل خاص. وقد بينت الدراسات وتقارير التدقيق الطاقي في عدد من المنشآت الصناعية العربية وخاصة في القطاعات كثيفة الاستهلاك للطاقة تبايناً كبيراً في كثافة استهلاك الطاقة في قطاع الصناعات التحويلية من جهة وفي الاستهلاك النوعي لوحدة المنتج في صناعة ما، بالمقارنة مع المؤشرات العالمية من جهة أخرى.

ويعرف الافراط في استخدام الطاقة على أنه الاستخدام لكميات زائدة من الطاقة دون تحسن في المردود .هذا وتشير الدراسات إلى أن حوالي 20% من الاستخدام النهائي للطاقة في القطاع الصناعي وحده تضيع بسبب الإفراط في استخدام الطاقة. وعلى ضوء ما سبق نجد أن الدول العربية تحتاج إلى وقفة تكاثفية لدعم المشاريع المشتركة في مجال الطاقة ينتج من خلالها إيجاد وتطبيق لعدد من التوجهات اللازمة للحد من الاستهلاك المفرط للطاقة.

يمكن تقسيم اجراءات ترشيد ورفع كفاءة الطاقة في المنشآت الصناعية في الدول العربية إلى ثلاث مجموعات حسب التكلفة تطبق في المنشآت الصناعية حسب الحاجة ويمكن تطبيق المجموعات الثلاث سوية [109].

- **المجموعة الأولى** من الإجراءات من دون تكلفة ويكون التنفيذ من خلال استخدام التجهيزات الموجودة في المنشأة بكفاءة وهذا يتطلب وعياً من قبل العاملين ويمكن اعتبارها قصيرة الأمد، فهي تتركز على عمليات القياس والتحكم والصيانة لعمليات المصنع سواء في الانظمة الحرارية من مراجل وشبكات توزيع البخار، وفي الأنظمة الكهربائية من تأمين الكهرباء وشبكة التوزيع، وفي المبرد ونظام التكييف وشبكة الهواء المضغوط وفي أنظمة الانارة.
- **أما المجموعة الثانية** فهي إجراءات ذات التكلفة المنخفضة أو المتوسطة وتكون باستخدام تقنيات مناسبة لرفع كفاءة العمل والعملية الإنتاجية كاستبدال المعدات القديمة بأخرى ذات كفاءة أعلى وتركيب أجهزة مراقبة كفاءة الاحتراق والعزل الجيد وتحسين عامل الحمل لتخفيض كلفة الكهرباء النوعية وتحسين عامل الاستطاعة.
- **والمجموعة الثالثة** تتضمن إجراءات ذات التكلفة العالية حيث تركز على اعتماد التقنية الموفرة في استهلاك الطاقة، ويتوجب القيام بدراسة مالية وفنية دقيقة قبل اتخاذ القرار باعتماد هذه المجموعة ذات الكلفة الاستثمارية المرتفعة حيث تعتمد على استخدام التقنيات الجديدة أو ادخال تعديلات على العمليات.

الفصل السادس عشر

تقليل الإنبعاثات المسببة لتغير المناخ في قطاع الزراعة والحراجة واستخدامات الأراضي



الفصل السادس عشر
تقليل الانبعاثات المسببة لتغير المناخ في قطاع الزراعة والحراجة واستخدامات الأراضي

16 - 1 مقدمـــة

يضم الجزء الأرضي من الغلاف الجوي الموارد الطبيعية (التربة، والهواء قرب السطح، والغطاء النباتي، والكائنات الحية الأخرى، والمياه)، والعمليات الإيكولوجية، والطبوغرافيا، والمستوطنات البشرية، والبنية التحتية التي تعمل في إطار ذلك النظام. إن هذا الجزء مهم جدا لحياة الإنسان والأحياء الأخرى. إن قطاع الزراعة والحراجة واستخدام الأراضي يؤثر ويتأثر بتغير المناخ لذلك لابد من ربط هذا القطاع بالاستدامة، فظهرت الزراعة المستدامة والإدارة المستدامة للحراجة وفي استخدام الأراضي.

16 - 2 انبعاثات غازات الدفيئة المتأتية من الزراعة، والغابات، والاستخدامات الأخرى للأراضي

تشكل التغيرات في استخدام الأراضي، ولا سيما إزالة الغابات، والممارسات الزراعية الصناعية القائمة على إنتاج محصول واحد، والإنتاج الصناعي للمواشي الذي يعتمد على قدر كبير من المدخلات الخارجية، القوى الرئيسية المحركة لانبعاثات غازات الدفيئة الناشئة عن الزراعة.

وفي عالم اليوم، أصبحت نظم الإنتاج الغذائي المتقدمة تعتمد اعتماداً شديداً على الاستثمار المتواصل في الآلات الكثيفة الاستخدام للطاقة والمدخلات الزراعية القائمة على استخدام الوقود الأحفوري. وفي الوقت الحالي، تستخدم الزراعة الصناعية من الأسمدة ما يزيد بمرتين أو ثلاث مرات، ومن مبيدات الآفات ما يزيد بمرة ونصف

مرة، عما كانت تستخدمه قبل 40 سنة لإنتاج كيلوغرام واحد من الغذاء. وتستخدم الزراعة الصناعية أيضاً من الطاقة ما يزيد بعشر مرات عما تستخدمه الزراعة العضوية البيئية، فهي تستهلك وسطياً 10 سعرات حرارية من الطاقة مقابل كل سعرة حرارية غذائية يتم إنتاجها. وهذا الاختلال لا يكون ممكناً إلا باستخدام مدخلات طاقة رخيصة ترتبط بأسعار مشوهة. يواجه الأمن الغذائي والزراعة تحديات كبيرة في ظل تغير المناخ، من حيث الآثار السلبية المتوقعة على الإنتاجية وكذلك على تنفيذ الإجراءات ضمن هذا القطاع للحد من ظاهرة الإحترار العالمي.

تشكل انبعاثات غازات الدفيئة من قطاع الزراعة نسبة تتراوح بين 13 % و33% من مجموع الانبعاثات العالمية، حيث تقتصر الانبعاثات الأولى على الانبعاثات المباشرة من قطاع الزراعة، بينما تشمل الأخيرة الانبعاثات غير المباشرة لغازات الدفيئة الناشئة عن المدخلات والمعدات الزراعية وعمليات تجهيز الأغذية والنقل والتغيرات في استخدام الأراضي.

وبالنظر إلى أن حصة الزراعة في الناتج المحلي الإجمالي العالمي تبلغ نحو 4% فقط، فإن هذا يدل على أن الزراعة تمثل قطاعاً شديد الكثافة من حيث انبعاثات غازات الدفيئة.

ويُطلق قطاع الزراعة غازات الدفيئة عن طريق تحلل مخلفات المزارع، وانخفاض كمية المواد العضوية في التربة المحروثة، وإطلاق الغازات من حيوانات المزارع. كما يطلق هذا القطاع هذه الغازات بطريقة غير مباشرة من خلال إنتاج الأسمدة الكيماوية.

وينتج عن تربية الحيوانات إصدارات لغازات الدفيئة ومنها غاز الميثان ذي المفعول القوي في ظاهرة الدفيئة فواحدة الكتلة منه تعادل في مفعولها 22 مرة تأثير غاز ثاني أكسيد الكربون.

إن انبعاثات الميثان وأُكسيد النتروز الناشئة من قطاع الزراعة تشكل مجتمعةً نسبة تزيد عن 90% من انبعاثات غازات الدفيئة الناشئة عن الزراعة (قد زادت

بنسبة 17 % أي أسرع بنحو ثلاث مرات من سرعة تزايد الإنتاجية في الفترة (1990 –2005) في مجال الإنتاج العالمي للحبوب، على سبيل المثال. ومن المتوقع أن تسجل انبعاثات غازات الدفيئة هذه زيادة إضافية بنسبة تتراوح بين35 %و60 % بحلول عام 2030 تماشياً مع النمو السكاني وتغير أنماط التغذية في البلدان النامية، وبخاصة في اتجاه تزايد استهلاك اللحوم الحيوانية ومنتجات الألبان، فضلاً عن تزايد انتشار أنشطة الزراعة الصناعية.

يمثل قطاع الزراعة بعض أكثر المقايضات حساسية بين التنمية الاقتصادية للبلدان الفقيرة وإجراءات تخفيف حدة تغير المناخ.

ويكمن التحدي في كثير من البلدان النامية في مساعدة المزارعين الذين يُحدِّثون أنماطهم الزراعية التقليدية للسير في مسارات منخفضة الكربون من أجل زيادة الإنتاج. وتبعاً للمنطقة، فقد يعني هذا عدم حراثة الأرض بدلاً من استخدام الجرارات في الحراثة، والمكافحة المتكاملة للآفات بدلاً من استخدام المبيدات الحشرية، وزراعة أكثر من محصول في حقل واحد واتباع الدورة الزراعية للمحاصيل للتقليل من الحاجة إلى الأسمدة، والري بالتنقيط وليس بطريقة الغمر. وسوف تصبح هذه الخيارات التي تعتمد على الطاقة المنخفضة أكثر تنافسية باضطراد كلما زادت تكلفة الوقود وتكلفة الأسمدة الكيماوية وتكلفة تشغيل آلات المزارع.

ومنذ عام 2001 تزايد انبعاث العوادم الزراعية من أنشطة إنتاج المحاصيل وتربية الماشية حيث كان 4.7 مليار طن من مكافئات ثاني أكسيد الكربون (CO_2eq) وتجاوز 5.3 مليار طن بحلول عام 2011، أي بزيادة نسبتها 14 %. وجاءت هذه الزيادات على الأكثر لدى البلدان النامية، نظراً إلى سياق التوسع الجاري في مجموع نواتجها الزراعية [110].

أما الانبعاثات العالمية من مصادر الزراعة والحراجة واستخدامات الأراضي الأخرى تجاوزت 10مليار طن مكافئ ثاني أكسيد الكربون عام 2010. والإزالة العالمية بوساطة المصارف من الزراعة، والغابات، والاستخدامات الأخرى للأراضي فكانت نحو 2 مليار طن مكافئ ثاني أكسيد الكربون عام 2010.

وهو يتضمن الانبعاثات من منتجات الألياف وغيرها من المنتجات الزراعية غير الغذائية لأنها ليست منفصلة عن استخدام الأغذية في قواعد البيانات. وتشكّل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO_2 المتصلة بنظام الأغذية في قطاعات أخرى غير قطاع الزراعة والحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي AFOLU نسبة تتراوح بين 6 و 13 % من إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون البشرية المنشأ. وهذه الانبعاثات منخفضة عادة في الزراعة الكفافية التي يزاولها أصحاب الحيازات الصغيرة. وعند إضافة هذه الانبعاثات إلى الانبعاثات من قطاع AFOLU، تتراوح النسبة المقدرة لمساهمة نظم الأغذية في الانبعاثات العالمية البشرية المنشأ بين 21 % و 37 % .

الاستجابة الطبيعية من الأراضي للتغيرات البيئية البشرية المنشأ هي استجابة الغطاء النباتي والتربة للتغيرات البيئية من قبيل تزايد تركيز ثاني أكسيد الكربون CO_2 في الغلاف الجوي، وترسُّب النتروجين، وتغيّر المناخ. ويمثل التقدير المبيّن المتوسط المستمد من النماذج الدينامية للغطاء النباتي العالمي.

ويختلف تكوين انبعاثات غازات الدفيئة الناشئة عن الزراعة اختلافاً كبيراً عن تكوين الانبعاثات الناشئة من قطاعات أخرى. فإنبعاثات الكربون لا تشكل إلا نحو 9 %، بينما تشكل انبعاثات أكسيد النتروز الناشئة بصورة رئيسية عن استخدام الأسمدة، وانبعاثات الميثان المتصلة بالهضم التخمري من قبل الحيوانات المجترة، وإدارة المخلفات/السماد الطبيعي، وزراعة الأرز في أراضٍ تغمرها مياه الفيضانات ما نسبته 46 % و 45 % على التوالي. وفي العديد من البلدان النامية تشكل الانبعاثات من الزراعة أغلبية انبعاثات غازات الدفيئة على المستوى الوطني أو جزءاً رئيسياً منها.

العمليات المتسببة بانبعاثات أكبر في قطاع الزراعة هي: التخمر الداخلي والروث والأسمدة الصناعية، وزراعة الرز وإدارة السماد العضوي وحرق أعشاب السافإنا، بيد أن التخمر الداخلي والروث سأهما بما يقرب من ثلثي الإجمالي[111].

أطلقت منظمة (FAOSTAT) في ديسمبر/كانون الأول 2012، قاعدة

البيانات الإحصائية الخاصة بالانبعاثات كخدمة لجميع البلدان الأعضاء في المنظمة. فهي توفر الأساس لتحليل البيانات حول انبعاثات غازات الدفيئة الناجمة عن قطاعات (الزراعة، والغابات، والأنشطة ذات الصلة بالتغير في استخدام الأراضي) وقد تم نشر البيانات الخاصة بالانبعاثات في كتاب الإحصاء السنوي لمنظمة الأغذية والزراعة ضمن سلسلة إصدارات عامي 2013 و2014 .

تم تنفيذ قاعدة بيانات الانبعاثات ضمن مشروع «تقييم انبعاثات غازات الدفيئة في الزراعة»، المندرج تحت برنامج التخفيف من وطأة تأثيرات تغير المناخ في الزراعة، لدى شعبة المناخ والطاقة والحيازة وشعبة الإحصاءات في منظمة الأغذية والزراعة.

يمكن لتغير المناخ أن يلحق أضراراً لا يمكن إصلاحها بقاعدة الموارد الطبيعية التي تعتمد عليها الزراعة، مع ما يترتب على ذلك من عواقب وخيمة على الأمن الغذائي في البلدان النامية. بيد أن الزراعة هي القطاع الذي ينطوي على إمكانات تجعله يتحول من كونه جزءاً من مشكلة تغير المناخ ليصبح جزءاً أساسياً من حلّ هذه المسألة، شريطة أن تكون هناك رؤية أكثر شمولاً للأمن الغذائي، والتكيف مع تغير المناخ والتخفيف من آثاره، فضلاً عن مسأهمة الزراعة في عملية التنمية التي تخدم مصالح الفقراء. وما يلزم هو تحول سريع وذو شأن بعيداً عن الإنتاج الزراعي التقليدي الوحيد الثقافة الذي يعتمد إلى حد بعيد على المدخلات الخارجية، والاتجاه نحو مجموعة متنوعة من نظم الإنتاج المستدام التي تحسّن أيضاً وإلى حد كبير إنتاجية صغار المزارعين غير أن التحول المطلوب هو أمر أساسي أكثر بكثير من مجرد إجراء تعديل طفيف للنظم الصناعية الزراعية القائمة.

16 - 3 الزراعـة المستدامـة

الزراعة المستدامة هي نظام يضم أنشطة تتعلق بإنتاج الحيوان وزراعة النباتات معاً في مكان محدد سيستمر على المدى الطويل، وتضم تلك الأنشطة تلبية احتياجات الإنسان الأساسية كالطعام، وتحسين الظروف البيئية والمصادر الطبيعية

التي تعتمد على مقومات الاقتصاد الزراعي للاستفادة بأقصى درجة ممكنة من المصادر غير المتجددة والمحدودة وكذلك دمج الدورات البيولوجية الطبيعية وطرائق التحكم فيها، لإنعاش اقتصاد أنشطة المزرعة وتحسين جودة الحياة للمزارعين بوجه خاص وللمجتمع ككل. أي أن الاستدامة في الزراعة تتحقق من خلال ثلاث دعائم رئيسية؛ الأولى مراعاة تحقيق المردود الاقتصادي أو الربحية وذلك بالنظر إلى النشاط الزراعي باعتباره استثماراً، والثانية هي خلق وابتكار النظم الاجتماعية الجديدة من خلال المشروعات الزراعية وتشغيل الأفراد المعنيين وتنميتهم وتدريبهم، أما الثالثة فتكمن في البعد البيئي من خلال الحفاظ على البيئة وتنوعها. وتتأتى هذه الدعائم من خلال استغلال كل الموارد المتاحة أفضل استغلال وحمايتها وتنميتها من أجل توفير الغذاء الآمن النظيف والمنتجات الزراعية باستمرار وعلى المدى الطويل وبأقصى كفاية لأفراد المجتمع الزراعي المستهدف من المشاريع الزراعية وكذلك المجتمع غير الزراعي. كما وتحقق هذه الدعائم أيضاً الربحية المرجوة لأصحاب الاستثمارات، وتحافظ على البيئة المحيطة على المدى الطويل مع توفير التنوع البيئي، فإن لم تحافظ الزراعة على البيئة وتنوعها لن تتوفر البيئة اللازمة لاستمرار الاستثمار الزراعي واستدامته وبالتالي لن يتوفر الغذاء الكافي والآمن للمجتمع.

يعد مفهوم الزراعة المستدامة ببساطة هو إنتاج الغذاء أو الألياف أو النباتات الأخرى أو حتى المنتجات الحيوانية وذلك عن طريق التقنيات الزراعية التي تقي البيئة والصحة والعامة والمجتمعات البشرية من الأثار السلبية الناتجة عن القيام بتلك العملية بالشكل المعتاد، مثل هذا النوع من الزراعة يُمكّننا من إنتاج أغذية صحية دون المساومة على قدرة الأجيال القادمة على القيام بهذا الأمر.

16-3-1 مبادئ وخطوات تحقيق الزراعة المستدامة:

أصبحت الزراعة المستدامة موضوعاً محل اهتمام في محافل السياسة الدولية، خاصةً فيما يتعلق بإمكانية تقليل المخاطر المقترنة بتغير المناخ وزيادة عدد سكان العالم.

وكجزء من التوصيات التي تقدمت بها اللجنة المعنية بالزراعة المستدامة

وتغير المناخ لواضعي السياسات حول تحقيق الأمن الغذائي في مواجهة تغير المناخ، حثت اللجنة على دمج الزراعة المستدامة في السياسة القومية والدولية على حد سواء. وشددت اللجنة على أن زيادة تقلبات الطقس والصدمات المناخية ستؤثر سلباً على إنتاجية المحاصيل الزراعية، مما يستوجب اتخاذ إجراء عاجل لدفع التغير في أنظمة الإنتاج الزراعي نحو زيادة درجة المرونة. كما دعت لزيادة الاستثمارات في الزراعة المستدامة بدرجة كبيرة، بما في ذلك في ميزانيات البحث والتطوير القومي وإصلاح الأراضي والحوافز الاقتصادية وتحسين البنية التحتية. ومن أهم مبادئ الزراعة المستدامة:

1. حماية النظم الإيكولوجية وحفظها. يجب ألا يحرم النشاط الزراعي بيئة الموارد بل يجب أن يكون جزءًا لا يتجزأ منها
2. الحد من استخدام المبيدات الحشرية والأسمدة الكيميائية لضمان سلامة المنتجات وتعزيز المكافحة الحيوية.
3. تحسين كفاءة الطاقة من خلال استخدام مصادر الطاقة المتجددة. هناك حاجة لخفض تكاليف الإنتاج وإنتاج الطاقة عن طريق إعادة تدوير المنتجات أو استغلال الموارد الطبيعية.
4. الإدارة السليمة للنفايات وإعادة استخدامها لتسهيل إعادة التدوير وإعادة إدخال النفايات في دورة الإنتاج.
5. تقليل التدخلات الميدانية (بدون حراثة) والاستخدام الرشيد للمياه لضمان استخدامها وكفاءتها بمرور الوقت.
6. المسؤولية الاجتماعية لضمان الحد الأدنى من الحقوق لجميع المشغلين [112]

أما أهم خطوات تحقيق الزراعة المستدامة فهي:

- تنمية التنوع البيئي والحفاظ على الأنواع البيئية غير الضارة.
- الحفاظ على الأرض وجودة التربة.

- حُسن إدارة مصادر المياه واستهلاكها.
- تخطيط وابتكار النظم والمجتمعات الريفية الجديدة وتنميتها صحياً واجتماعياً.
- زيادة كمية وجودة الإنتاج الزراعي.
- حُسن استغلال الأراضي الزراعية.
- كفاءة وترشيد استهلاك الطاقة.
- مراعاة التغيرات المناخية.

من بين الممارسات التي من الممكن أن تتسبب في إلحاق ضرر طويل الأجل بالتربة الحراثة المفرطة (مما يؤدي إلى التعرية) والري دون وجود صرف زراعي كافٍ (مما يؤدي إلى ملوحة التربة).

وأصبحت تعرية التربة إحدى المشكلات الكبرى على مستوى العالم. ووفقًا للتقديرات، «يتعرض أكثر من ألف مليون طن من التربة في الجزء الجنوبي من إفريقيا للتعرية سنوياً. ويتوقع الخبراء انخفاض غلة المحصول إلى النصف خلال فترة تتراوح بين ثلاثين إلى خمسين عامًا إذا استمرت التعرية بمعدلاتها الحالية. ولا تقتصر تعرية التربة على إفريقيا وحدها، وإنما تحدث في جميع أنحاء العالم. ويطلق على هذه الظاهرة ذروة التربة ((Peak Soil)، حيث تعرض أساليب الزراعة الصناعية واسعة النطاق الحالية قدرة البشر على زراعة المحاصيل الغذائية للخطر، في الحاضر والمستقبل. وإذا لم يتم بذل مجهودات لتحسين ممارسات إدارة التربة، فسيصبح توفر تربة صالحة للزراعة مشكلة متزايدة الصعوبة.

وأهم العوامل اللازم توافرها لكل موقع من أجل الزراعة هي الشمس والهواء والتربة والمياه. ومن بين هذه العوامل الأربعة، تكون المياه ونوعية التربة وكميتها هي الأكثر عُرضة للتدخل البشري عبر الزمن ومن خلال العمالة. ويعتمد إنتاج المحاصيل أيضاً على العناصر المغذية للتربة وتوفر المياه. فعندما يقوم المزارعون بزراعة المحاصيل وحصادها، فإنهم يزيلون بعضاً من العناصر المغذية للتربة. وإذا

لم يتم تجديد التربة، فستعاني الأرض من استنزاف العناصر المغذية بها وتصبح إما غير مستخدمة أو تعاني من انخفاض غلة المحصول. وتعتمد الزراعة المستدامة على تجديد التربة مع تقليل استخدام موارد الطاقة غير المتجددة.

ومن بين الخيارات الأكثر واقعية والتي غالباً ما يتم إغفالها تطبيق الدورة الزراعية طويلة الأجل، والعودة إلى الدورات الطبيعية التي تغمر الأراضي المزروعة سنوياً (مما يعيد العناصر المغذية المفقودة بصورة غير محدودة)

ويمكن زراعة المحاصيل التي تتطلب مستويات عالية من العناصر المغذية للتربة بطريقة أكثر استدامة إذا تم الالتزام بممارسات معينة لإدارة الأسمدة.

وبخصوص المياه اللازمة للزراعة فإن في بعض المناطق في العالم تتوفر فيها الأمطار الكافية لنمو المحاصيل، ولكن هناك الكثير من المناطق الأخرى التي تتطلب الري. ولكي تصبح أنظمة الري مستدامة، فإنها تتطلب إدارة سليمة (لتجنب ملوحة التربة) وتجنب استخدام كميات من المياه الموجودة في المصادر أكبر من الكميات التي تتجدد طبيعياً، وإلا ستصبح مصادر المياه فعلياً من الموارد غير المتجددة. وقد أدت التحسينات التي أدخلت على تقنية حفر آبار المياه والمضخات الغاطسة فضلاً عن تطوير الري بالتنقيط إلى إتاحة إمكانية تحقيق إنتاجية عالية من المحاصيل لكن يلزم الحرص على أن لا تزيد معدلات استخدام المياه عن معدلات تجددها.

يمكن حساب إجمالي سحب المياه فقط بطريقة منهجية على أساس كل بلد كمقياس لاستخدام المياه. كما أن القيمة المطلقة أو القيمة لكل شخص لسحب المياه سنوياً تعطي مقياساً للأهمية التي تشكلها المياه في اقتصاد البلد. وعند التعبير عن هذه القيمة بالنسبة المئوية من الموارد المائية، فإنها توضح درجة الضغط على الموارد المائية.

ويجب اتخاذ العديد من الخطوات لتطوير أنظمة الزراعة المقاومة للجفاف حتى في السنوات «العادية»، ويشمل ذلك كلاً من السياسة والإجراءات الإدارية، **وهذه الخطوات هي:**

1) تحسين إجراءات حفظ المياه وتخزينها.

2) تقديم حوافز لتشجيع اختيار أنواع من المحاصيل تتحمل الجفاف.

3) استخدام أنظمة ري صغيرة الحجم.

4) إدارة المحاصيل لتقليل الفاقد من المياه.

16-3-2 الممارسات الممكنة للزراعة المستدامة

إن نوع المحصول ومكان زراعته وكيفية زراعته هي أمور متروكة لحرية الاختيار. ومن بين العديد من الممارسات الممكنة للزراعة المستدامة تطبيق الدورة الزراعية وتعديل التربة، وكلأهما مصمم لضمان حصول المحاصيل التي تتم زراعتها على العناصر المغذية الضرورية للنمو الصحي. وتشمل تعديلات التربة استخدام الأسمدة العضوية المنتجة من المخلفات وليس الأسمدة الكيميائية.

وتتضمن الممارسات الأخرى زراعة عدد من محاصيل مختلفة في حقل واحد، بحيث تتم زراعة كل منها في فصل منفصل حتى لا تنافس بعضها البعض على الموارد الطبيعية. ويثمر تطبيق هذا النظام عن زيادة المقاومة للأمراض وتقليل آثار التعرية وفقدان العناصر المغذية بالتربة. على سبيل المثال، فإن تثبيت النيتروجين من خلال البقول، والذي يُستخدم مع النباتات التي تعتمد على النترات الموجودة في التربة في النمو، يتيح إمكانية إعادة استخدام الأرض سنوياً. حيث تنمو البقول لمدة موسم وتجدد التربة وتمدها بالأمونيوم والنترات، وفي الموسم التالي يمكن بذر بذور نباتات أخرى لتنمو في الحقل استعداداً للحصاد.

وتعد الزراعة الأحادية، وهي طريقة لزراعة محصول واحد فقط في المرة في حقل معين، من الممارسات واسعة الانتشار، إلا أن هناك بعض الشكوك حول استدامتها، خاصة إذا تمت زراعة نفس المحصول كل عام. والآن أصبح من المعروف أنه للتغلب على هذه المشكلة يمكن للمدن والحقول المحلية العمل معاً لإنتاج السماد العضوي اللازم للمزارعين في الحقول المحيطة. ويؤدي هذا أحياناً، إلى جانب

زراعة محاصيل مختلطة (الزراعة متعددة المحاصيل)، إلى خفض معدلات الإصابة بالأمراض ومشكلات الآفات ولكن نادراً، إن حدث أصلاً، أن تتم مقارنة الزراعة متعددة المحاصيل بالممارسة الأوسع انتشاراً وهي زراعة محاصيل مختلفة في سنوات متعاقبة (الدورة الزراعية) والتي تحقق نفس التنوع المحصولي بصفة عامة. كما أن أنظمة زراعة المحاصيل التي تتضمن مجموعة متنوعة من المحاصيل (الزراعة متعددة المحاصيل و/أو الدورة الزراعية) قد تجدد النتروجين (إذا تضمنت البقول)، وكذلك فإنها قد تستخدم الموارد مثل أشعة الشمس أو المياه أو العناصر المغذية بفعالية أكبر.

إن استبدال نظام بيئي طبيعي بعدد قليل من النباتات المتنوعة المختارة بشكل خاص يؤدي إلى تقليل التنوع الوراثي الموجود في الحياة البرية ويجعل الكائنات الحية عرضة للأمراض المنتشرة. من الناحية العملية، لا يوجد نهج واحد للزراعة المستدامة، حيث أنه يجب تكييف الطرائق والأهداف المحددة لتتناسب مع كل حالة فردية. ربما يكون هناك بعض أساليب الزراعة التي تتعارض بطبيعتها مع مفهوم الاستدامة، ولكن هناك سوء فهم منتشر للآثار المترتبة على بعض الممارسات. والآن، يتيح النمو الذي تشهده أسواق المزارعين المحلية الفرصة أمام المزارع الصغيرة لبيع منتجاتها مرة أخرى للمدن التي حصلت منها على السماد العضوي المعاد تدويره.

وهناك أيضًا العديد من الطرائق لممارسة تربية الحيوانات بطريقة مستدامة. ومن بين أهم الأدوات التي تُستخدم في إدارة المرعى تقسيم مساحة المرعى بأسوار إلى مساحات أصغر تُسمى اصطبلات، مما يقلل من كثافة وجود الماشية، وكذلك نقل الماشية بين الاصطبلات بشكل متكرر.

16-3-3 معالجــة التربــة

يمكن استخدام معالجة التربة بالبخار كبديل بيئي للمواد الكيميائية لتعقيم التربة. وهناك طرائق مختلفة لتوليد البخار وبثه في التربة لقتل الآفات وتحسين صحة التربة. ومن الممكن أن يلبي إنتاج السماد العضوي المجتمعي والحقلي من

فضلات المطبخ وفناء المنزل والحقول معظم احتياجات المزارع المحلية، إن لم تكن كلها. بل ومن المحتمل أن يصبح إنتاج السماد العضوي مصدرًا موثوقًا للطاقة.

16-3-4 الآثـــار خـــارج الحقـــول

إن الحقول القادرة على «الإنتاج بصورة دائمة»، ولكن لها تأثيرات سلبية على نوعية البيئة في الأماكن الأخرى لا تعد من حقول الزراعة المستدامة. ومن أمثلة الحالات التي يجب فيها التأكيد على الرؤية العالمية هو الإفراط في استخدام الأسمدة المصنعة أو فضلات الحيوانات التي يمكنها تحسين إنتاجية الحقل، ولكنها قد تلوث مياه الأنهار والشواطئ القريبة (الإثراء الغذائي). وكذلك قد يكون للطرف النقيض من ذلك آثار غير مرغوبة، حيث إن مشكلة انخفاض غلة المحصول بسبب استنزاف العناصر المغذية الموجودة بالتربة ترتبط بتدمير الغابات المطيرة، كما هو الحال في زراعة القطع والحرق لإطعام الماشية.

تؤثر الاستدامة على الإنتاج الكلي، الذي يجب أن يزيد للوفاء بالمتطلبات المتزايدة من الغذاء والكساء مع ارتفاع عدد سكان العالم الذي من المتوقع أن يصل إلى 9.3 مليار نسمة بحلول عام 2050. ويمكن تحقيق زيادة الإنتاج من خلال إيجاد أراضٍ زراعية جديدة، والتي قد تحسن من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون إذا تم ذلك من خلال استصلاح الأراضي الصحراوية كما هو الحال في فلسطين، أو قد تزيد الانبعاثات سوءًا إذا تم ذلك من خلال الزراعة بأسلوب القطع والحرق كما هو الحال في البرازيل. علاوة على ذلك، فإن محاصيل العضويات المعدلة وراثيا تبشر بزيادة غلة المحاصيل زيادة هائلة، على الرغم من أن العديد من الأشخاص والحكومات يساورهم القلق إزاء طريقة الزراعة الجديدة هذه.

16-3-5 استراتيجيات التخفيف الواعدة في قطاع الزراعة

يجب عند تحديد الاستجابات وترتيب أولوياتها للتخفيف وضع العواقب المقصودة وغير المقصودة في الحسبان. ومن الواضح هنا أن بعض الإجراءات غير خطيرة وأن لها آثاراً سلبية قليلة، إلا أن هناك إجراءات أخرى لها آثار معقدة أو

مثيرة للجدل. فعلى سبيل المثال، قد يبدو أن استخدام الأراضي الزراعية في زراعة محاصيل الوقود الاحيائي بدلاً من المحاصيل الغذائية إنما هو أسلوب جيد لخفض انبعاثات الكربون وزيادة إيرادات البلدان الفقيرة. وكثيراً ما يفشل إنتاج الوقود الاحيائي في خفض صافي الانبعاثات خفضاً ذا أهمية، كما أن من المرجح كذلك أن يتهدد الأمن الغذائي للفقراء.

وينطوي قطاع الزراعة على إمكانات تجعله يتحول من قطاع يشكل جزءاً من مشكلة تغير المناخ ليصبح جزءاً أساسياً من حلّ هذه المشكلة. إلا أن ذلك يستلزم تحولاً أساسياً إلى حد أبعد بكثير من مجرد إجراء تعديل طفيف لأنظمة الزراعة الصناعية القائمة. فالمهمة الرئيسية تتمثل، في جوهرها، في تحويل نموذج الزراعة الصناعية الموحد القائم على سرعة التنفيذ والمعتمد اعتماداً كبيراً على المدخلات الخارجية إلى نظام زراعي تجديدي. وهذا النظام الذي يتألف من مجموعة متنوعة من أساليب الإنتاج المستدام يعيد على نحو متواصل توليد الموارد التي يستخدمها ويحقق إنتاجيةً ربحيةً أعلى للنظام وليس بالضرورة لفرادى المنتجات باستخدام حد أدنى من المدخلات الخارجية. والنظم التجديدية تجمع بين المعارف المحلية وأنواع البذور/الماشية والتقنيات الزراعية والخدمات الإرشادية الحديثة وتُسند دوراً استباقياً لصغار المزارعين. كما أن هذه النظم تقوم على استخدام للمعارف واليد العاملة أكثر كثافة من استخدام المدخلات الكيميائية – الزراعية ومدخلات الطاقة. وتتطلب نظم الزراعة المستدامة الأخذ بنهج أشمل بكثير يعكس تعدّدية وظائف الزراعة. فكل سمة من سمات النظام تشكل شبكة عنكبوتية من الترابط والعلاقة السببية، ومن ثم فإن التركيز على مسألة واحدة أو بضع مسائل فقط لا يكفل استقرار النظام.

وتنطوي نظم الإنتاج المستدام هذه على إمكانات تأمين الغذاء، كماً ونوعاً، لسكان العالم الذين سيزيد عددهم، وبخاصة عن طريق تحقيق زيادة كبيرة في غلة محاصيل مزارعي الكفاف في المناطق المدارية التي تشتد فيها حدّة النمو السكاني السريع وأوضاع انعدام الأمن الغذائي تشير الدراسات إلى زيادات محتملة في الغلة بنسبة تتراوح بين 60 % و 80 % .

وهناك فوائد اقتصادية كلية ثانوية هامة تنشأ عن الاستثمار في الزراعة المستدامة ولعل أهمها يتمثل في الأثر المحلي المضاعف، فعن طريق تأمين المدخلات محلياً (مثل اليد العاملة، والأسمدة العضوية، والمكافحة الحيوية للآفات، وما إلى ذلك)، تبقى في الاقتصاد المحلي حصة أكبر من الإنفاق الزراعي المحلي لتحل محل المشتريات التقليدية من المدخلات الخارجية (المستوردة في الغالب) مما يعزز التنمية الاقتصادية المحلية.

تعدّ عملية استحداث منهجيات مناسبة لاستراتيجيات وإجراءات التخفيف عمليةً مكلفة تتطلب خبرة متعددة التخصصات. ولذلك قد تكون هناك حاجة لأداة دولية توفر إطاراً عالمياً للعمل وتقديم الدعم لصالح الزراعة، أي أداة تكون مناظرة للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ وتعمل من أجل الزراعة وتستند إلى التوصيات التي تمخض عنها التقييم الدولي للعلوم والتكنولوجيا الزراعية من أجل التنمية.

إن تكامل الإنتاج الزراعي وإنتاج الطاقة المتجددة يتيح عدة فرص للتخفيف من تغير المناخ والتكيف معه. فمن شأن النظم المحلية لإنتاج الغذاء والطاقة الاحيائية المتجددة أن تحول النفايات الزراعية على أساس اقتصاد دائري إلى غاز حيوي وعلف للحيوانات وأسمدة عضوية.

وتوجد ثلاثة تغيرات ضرورية على جانب العرض في قطاع الزراعة:

أولاً، سيتعين تخفيض الإنتاج والاستهلاك العالميين للحوم الحمراء (لاسيما لحوم الأبقار) ومنتجات الألبان بحوالي 50 % من خلال إحلالها ببروتينات نباتية. لذلك من الضروري اتخاذ إجراءات فورية في أكبر ثلاثة بلدان منتجة للحوم الأبقار (الولايات المتحدة والبرازيل والاتحاد الأوروبي) ومنتجات الألبان (الولايات المتحدة والهند والصين)[112].

ثانياً، يجب التحول على نطاق واسع عن الزراعة التقليدية القائمة على مفهوم زراعة المحصول الواحد، وتبني الممارسات التي تدعم التنوع الإحيائي، مثل الزراعة العضوية والمختلطة التي تجمع بين الزراعة وتربية الماشية،

والإدارة المستدامة للتربة، وإعادة إحياء النظام البيئي. وكانت الدنمارك وهولندا من أوائل البلدان التي أعلنت خططاً طموحة للتحول العضوي.

ومن شأن إصلاح التربة من خلال الممارسات التجديدية (مثل زراعة محاصيل التغطية والمحاصيل المعمرة والتوقف عن ممارسات زراعة المحصول الواحد) حبس ما يصل إلى 60 طناً من الكربون في التربة والنباتات للفدان الواحد، مما يحد بالتالي من مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. ووفقاً لحسابات أحد كبار خبراء التربة، فإن «زيادة المحتوى الكربوني للتربة على الكوكب بنسبة 2 % فقط من شأنها القضاء على 100 % من جميع انبعاثات غازات الدفيئة» [113].

كذلك فإن الرعي البحري التجديدي من شأنه حبس الكربون وإصلاح النظم البيئية. فوفقاً للبنك الدولي، فإن الرعي البحري للطحالب الخضراء والأسماك الصدفية في مساحة تعادل 5 %من المياه الإقليمية للولايات المتحدة يمكن أن يؤدي إلى إنتاج بروتين يعادل 3.2 تريليون قرص لحم بقري مفروم، وحبس كمية من الكربون تعادل الكربون الناتج عن 20 مليون سيارة. كذلك فإن رعي أقل من 10 % من المحيطات من شأنه امتصاص جميع الكربون المنتج سنوياً على مستوى العالم وإنتاج وقود حيوي يكفي لتوفير طاقة كهربائية للعالم أجمع، وذلك وفق حسابات تيم فالنري من جامعة ملبورن [114] .

ثالثاً، سيكون تحسين ممارسات استخدام الأراضي، من خلال زراعة الغابات والحد من إزالتها، جزء لا يتجزأ من جهود الحد من تغير المناخ نظراً لأن الغابات الكثيفة تحبس ضعف الكربون الذي تحبسه الأراضي المستخدمة في زراعة محصول واحد. ويستهدف اتفاق مقترح مصاحب لاتفاقية باريس، الاتفاق العالمي من أجل الطبيعة Deal Global Nature for حماية 30 % من الأرض بشكل رسمي وتخصيص أراض إضافية بنسبة 20 % كمناطق للحفاظ على استقرار المناخ بحلول عام 2030 للسيطرة على ارتفاع درجة الحرارة العالمية بحيث لا تتجاوز 1.5 درجة مئوية.

وفي حالة تنفيذ هذه التغييرات الثلاثة مجتمعة على نطاق واسع وبشكل متسق، فإن من شأنها الحد من الانبعاثات وحبس مزيد من الكربون من خلال الأرض القابلة للزراعة، وتوفير مزيد من الأراضي لزراعة المحاصيل والغابات، ووقف خسائر التنوع الإحيائي والملقحات، واستعادة موارد المياه العذبة العالمية.

ويجب أن يصاحب التغيرات على جانب العرض واستخدام الأراضي تحول في الحميات الغذائية بحيث يزداد مكون الأغذية النباتية فيها، مثل الحبوب الخشنة والبقول والخضروات ومختلف أصناف الجوز والحبوب. وقد خلص بحث صادر عام 2018 في دورية الطبيعة (Nature) إلى أن الأشخاص الذين يعانون من سوء التغذية يمكنهم بالفعل تناول كمية أكبر قليلاً من اللحوم ومنتجات الألبان، فإن المواطن العادي في أي بلد بالعالم ينبغي أن يقل استهلاكه من اللحوم ومنتجات الألبان بنسبة 50 % وتوجد قاعدة عامة في هذا الشأن يمكن تذكرها بسهولة «عدم تناول أي منتجات حيوانية في وجبتي الإفطار والغداء» [113]. ولا تعد الحميات الغذائية التي يتكون معظمها من النباتات مهمة للكوكب فحسب بل مهمة للفرد أيضاً نظراً لأنها تقلل من خطر الإصابة بالأمراض القلب الوعائية، والسمنة.

16 - 4 الإدارة المُستدامة للغابات

الإدارة المستدامة للغابات (Sustainable forest management) هي إدارة الغابات وفقاً لمبادئ التنمية المستدامة. أو بمعنى آخر الانتفاع بالغابات بطريقة تخضع للإدارة؛ كأن تنمو كميات من الأخشاب تفوق ما تم قطعه على مدار العام. الإدارة المستدامة للغابات تُحقق فوائد متكاملة للجميع تتراوح بين حماية سبل العيش المحلية وحماية التنوع البيولوجي والنظم الإيكولوجية التي توفرها الغابات والحد من الفقر في مناطق وجود الغابات والتخفيف من بعض آثار تغير المناخ.

بالنسبة لمديري الغابات، تعني الإدارة المُستدامة لأرض حراجية معينة تحديد كيفية استخدامها، بصورة مادية، في يومنا هذا لضمان استمرارية منافعها وصحتها وإنتاجيتها بشكل مماثل في المستقبل. يتعين على مديري الغابات تقدير ودمج

مجموعة واسعة من العوامل المتضاربة أحيانًا -القيمة التجارية وغير التجارية، والاعتبارات البيئية، واحتياجات المجتمع [115]. في معظم الحالات، يطور مديرو الغابة خططهم الحراجية بالتشاور مع المواطنين والشركات والمنظمات والأطراف المعنية الأخرى، ضمن وفي محيط الأرض الحراجية قيد الإدارة. تطورت الأدوات والتصور مؤخرًا من أجل تحسين ممارسات الإدارة [116] .

لقد تبنت الجمعية العامة للأمم المتحدة في عام 2007 صكًا غير ملزم قانونًا يتعلق بجميع أنواع الغابات. كان الصك هو الأول من نوعه، وعبر عن الالتزام الدولي القوي بتعزيز تطبيق الإدارة المُستدامة للغابات من خلال نهج جديد يجمع جميع الأطراف المؤثرة.

نظرًا إلى أن الغابات والمجتمعات في حالة تغير مستمر، فإن النتيجة المرجوة من الإدارة المُستدامة للغابات ليست ثابتة. تتغير مقومات الغابة المُدارة إدارة مستدامة عبر الزمن مع تغير القيم التي يحملها المجتمع.

ويمكن للإدارة المستدامة للغابات أن تحافظ على مخزونات الكربون في الغابات أو تعززها، ويمكنها أن تحافظ على بالوعات الكربون الحرجية، بما في ذلك من خلال تحويل الكربون إلى منتجات أخشاب، ومعالجة مسألة تشبّع البالوعات بذلك (ثقة عالية). وحيثما يحوّل الكربون الخشبي إلى منتجات خشبية مجمّعة، فإن تلك المنتجات يمكن أن تخزن الكربون على المدى الطويل ويمكن أن تحل محل مواد كثيفة الانبعاثات مما يحد من الانبعاثات في قطاعات أخرى (ثقة عالية). وحيثما تُستخدم الكتلة الأحيائية لأغراض الطاقة، مثلًا كاستراتيجية للتخفيف، يعود الكربون إلى الغلاف الجوي بسرعة أكبر (ثقة عالية) [117].

16 - 4 - 1 المعايير والمؤشرات الوطنية للإدارة المستدامة للغابات

إن المعايير الأوربية للإدارة المستدامة للغابات هي:

- الحفاظ على موارد الغابات وتحسينها بشكل مناسب ومسأهمتها في دورات الكربون العالمية.

- الحفاظ على صحة وحيوية النظم البيئية للغابات.
- تشجيع الوظائف الإنتاجية للغابات والحفاظ عليها (الخشبية وغير الخشبية).
- وقاية وحماية وتحسين التنوع البيولوجي في النظم البيئية للغابات بشكل مناسب.
- وقاية وحماية وتحسين الوظائف الوقائية في إدارة الغابات بشكل مناسب (وخاصةً التربة والمياه).
- رعاية الوظائف والظروف الاجتماعية والاقتصادية الأخرى.

وتساعد المعايير القطرية على تحديد مفهوم الإدارة المستدامة للغابات، وكذلك تحديد مجموعة القيم الواجب مراعاتها والمبادئ الأساسية التي يمكن على أساسها تقييم مدى الاستدامة في إدارة الغابات. ويتصل كل معيار بعنصر رئيسي من عناصر الاستدامة، التي يوضحها مؤشر واحد أو أكثر. والمؤشرات هي الأدوات التي تستخدم في تقدير حالة الغابات ورصدها، وكذلك تقدير التغيرات التي تطرأ عليها والاتجاهات التي تشهدها بمرور الوقت. وهي تستخدم في قياس ورصد حالة الغابات، واتجاهات الخواص الكمية والنوعية التي تعكس القيم التي تكمن وراء كل معيار. وسوف توضح التغيرات التي تحدث بمرور الوقت ما إذا كانت الدولة تتجه نحو تحقيق الإدارة المستدامة للغابات، على نحو ما جاءت في المعيار الموضوع، أو تبتعد عن ذلك.

والهدف النهائي من ذلك هو الترويج لتنفيذ المعاملات الإدارية المُحسّنة في مجال الغابات وتهيئة الظروف المناسبة لتحسين حالتها وزيادة إنتاجها لكي تستطيع الوفاء بالاحتياجات الاقتصادية، والبيئية، والاجتماعية والثقافية طبقاً للسياسات القطرية الموضوعة، والأطر المؤسسية القائمة والإمكانيات المالية المتاحة.

16-4-2- المعايير والمؤشرات على مستوى وحدة إدارة الغابات

تستكمل المعايير والمؤشرات على المستوى القُطري بوضع وتنفيذ ومعايير ومؤشرات يتم تحديدها على مستوى وحدة إدارة الغابات. وقد قام عدد من العمليات

الدولية الجارية المعنية بالمعايير والمؤشرات في الفترة الأخيرة بوضع معايير ومؤشرات على مستوى وحدة إدارة الغابات بالإضافة إلى المعايير والمؤشرات القطرية.

ومن المرجح أن تكون المعايير على مستوى وحدة إدارة الغابات مطابقة أو قريبة الشبه من المعايير القطرية، وإن كان ذلك مع وجود قدر أكبر من المرونة في تحديد الأوزان وإمكانية تعويض الأولوية المنخفضة المعطاة لمعيار معين، في أي وقت، في إحدى مناطق الغابات، مع اتخاذ إجراءات تكميلية في منطقة أخرى.

ومن ناحية أخرى، فإن المؤشرات الموضوعة على مستوى وحدة إدارة الغابات سوف تعتمد على العوامل البيئية الموضعية، بل وكثيراً ما ستعتمد على مواقع محددة، مثل نوع الغابات وخصائصها الطبوغرافية، بالإضافة إلى الاعتبارات والأولويات الاقتصادية والاجتماعية المحلية. وهكذا، قد تكون المؤشرات على مستوى وحدة إدارة الغابات مختلفة فيما بين مناطق الغابات في الدولة الواحدة، في أي وقت، تبعاً للظروف السائدة، وأولويات وأهداف الإدارة، مع تغطية بقية الاحتياجات بالمؤشرات الإجمالية على المستوى القطري. ولذلك، يجب أن تكون المعايير والمؤشرات على مستوى وحدة إدارة الغابات وعلى المستوى القطري متوافقة فيما بينها حتى يمكن ضمان التكامل على المستوى القُطري.

وسوف يساعد تنفيذ المعايير والمؤشرات على مستوى وحدة إدارة الغابات في تصحيح وتحسين الأساليب والممارسات الإدارية على المستوى الميداني بمرور الوقت [118]. كما سوف تساعد عملية الرصد المنتظمة على ضمان تلبية الاتجاهات الإجمالية لأهداف الاستدامة المحددة على المستوى القُطري في قطاع الغابات ككل.

16-5- الإدارة المستدامة للأراضي

يوجد تأثير لتغيّر المناخ على التصحر ذي الجوانب الإقليمية، وتدهور الأراضي لذلك من المفيد تقييم الروابط والاستراتيجيات المتكاملة للتخفيف في مجال الزراعة والحراجة والأشكال الأخرى لاستخدامات الأراضي.

تعرف الإدارة المستدامة للأراضي بأنها «الإشراف على الموارد من الأراضي، بما في ذلك التربة والمياه والحيوانات والنباتات، واستخدامها لتلبية الاحتياجات البشرية المتغيرة، مع كفالة القدرة الإنتاجية الطويلة الأجل لهذه الموارد والحفاظ على وظائفها البيئية».

ويعرّف التصحر بأنه «تدهور الأراضي في المناطق القاحلة وشبه القاحلة والمناطق الجافة شبه الرطبة نتيجة لعوامل مختلفة، من بينها التغيّرات المناخية والأنشطة البشرية».

ويعرَف تدهور الأراضي بأنه «اتجاه سلبي في حالة الأراضي، تتسبب فيه عمليات بشرية المنشأ مباشرة وغير مباشرة بما في ذلك تغيّر المناخ البشري المنشأ، معبّرا عنه كانخفاض طويل الأجل وفقدان شيء واحد على الأقل مما يلي: الإنتاجية البيولوجية، أو السلامة الإيكولوجية، أو القيمة بالنسبة للبشر».

16-5-1 التخفيف من تغير المناخ الناتج عن استخدام الأراضي

إن لبعض خيارات تدابير الاستجابة لتغير المناخ تأثيراً مباشراً، تستغرق خيارات أخرى عقوداً لتحقق نتائج يمكن قياسها. ومن بين أمثلة خيارات تدابير الاستجابة ذات التأثيرات المباشرة حفظ النظم الإيكولوجية ذات المحتوى الكربوني المرتفع من قبيل الأراضي الخثيّة، والأراضي الرطبة، وأراضي الرعي، وأشجار المنغروف، والغابات. أما الأمثلة التي تقدم خدمات ووظائف نظم إيكولوجية متعددة، ولكنها تستغرق وقتا لتحقق نتائج، فهي تشمل زراعة الغابات وإعادة زراعة الغابات فضلاً عن ترميم النظم الإيكولوجية ذات المحتوى الكربوني المرتفع، والزراعة الحراجية، واستصلاح التربة المتدهورة (ثقة عالية).

ويتوقف التنفيذ الناجح لخيارات تدابير الاستجابة على مراعاة الأحوال البيئية والاجتماعية – الاقتصادية المحلية. فبعض الخيارات من قبيل إدارة كربون التربة يمكن تطبيقها على نطاق واسع من أنواع استخدام الأراضي، في حين تتوقف فعالية ممارسات إدارة الأراضي المتصلة بالتربة العضوية والأراضي الخثية والأراضي

الرطبة، وتلك المرتبطة بموارد المياه العذبة، على الأحوال الزراعية-الإيكولوجية المحددة (ثقة عالية). ونظراً لما تتسم به آثار تغيّر المناخ على مكونات نظام الأغذية من طابع خاص بكل موقع على حدة، وللتباينات الكبيرة في النظم الإيكولوجية الزراعية، ترتبط خيارات التكيف والتخفيف والحواجز المتعلقة بها بالسياق البيئي والثقافي على الصعيدين الإقليمي والمحلي (ثقة عالية). ويتوقف تحييد أثر تدهور الأراضي على تكامل تدابير متعددة على كل من النطاق المحلي والإقليمي والوطني، وعلى نطاق قطاعات متعددة من بينها الزراعة، والمراعي، والغابات، والمياه (ثقة عالية).

لا تواصل الخيارات القائمة على الأراضي والتي تعزل الكربون في التربة أو الغطاء النباتي، من قبيل زراعة الغابات، وإعادة زراعة الغابات، والزراعة الحراجية، وإدارة كربون التربة في التربة المعدنية، أو تخزين الكربون في منتجات أخشاب مقطوعة، عزل الكربون إلى أجل غير مسمى (ثقة عالية). بيد أن الأراضي الخثيّة يمكن أن تواصل عزل الكربون لمدة قرون (ثقة عالية). وعندما ينضج الغطاء النباتي أو عندما تبلغ مستودعات الكربون في الغطاء النباتي والتربة مرحلة التشبّع، تتدنى الإزالة السنوية لثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي في اتجاه الصفر، في حين يمكن الحفاظ على مخزونات الكربون (ثقة عالية). بيد أن الكربون المتراكم في الغطاء النباتي والتربة معرّض لخطر الفقدان في المستقبل أو انعكاس تأثير البالوعة الذي تسببه اضطرابات من قبيل الفيضانات، أو الجفاف، أو الحرائق، أو تفشي الآفات، أو الإدارة السيئة في المستقبل (ثقة عالية).

يسهم معظم خيارات تدابير الاستجابة إسهاماً إيجابياً في تحقيق التنمية المستدامة وغيرها من الأهداف المجتمعية (ثقة عالية). ومن الممكن أن تطبّق كثرة من خيارات التدابير بدون التنافس على الأراضي وأن تنطوي على إمكانية توفير فوائد مشتركة متعددة (ثقة عالية). كما أن هناك مجموعة إضافية من خيارات تدابير الاستجابة تنطوي على إمكانية الحد من الطلب على الأراضي، وتعزيز إمكانية تحقيق خيارات تدابير أخرى نتائج بذلك على نطاق كل من التكيف مع تغير

المناخ والتخفيف منه، ومكافحة التصحر، وتدهور الأراضي، وتحسين الأمن الغذائي (ثقة عالية).

ولا يتطلب عدد من خيارات إدارة الأراضي، من قبيل الإدارة المحسّنة لأراضي المحاصيل وأراضي الرعي، والإدارة المحسّنة والمستدامة للغابات، وزيادة محتوى التربة من الكربون العضوي، تغيير استخدام الأراضي ولا تؤدي تلك الخيارات إلى وجود حاجة إلى تحويل مزيد من الأراضي (ثقة عالية). وإضافة إلى ذلك، يمكن أن يحد عدد من خيارات تدابير الاستجابة، من قبيل زيادة الإنتاجية الغذائية، والخيارات الغذائية والحد من فواقد الأغذية وهدرها، من الحاجة إلى تحويل الأراضي، ويمكن بذلك أن يفرج عن أراض ويتيح فرصاً لتعزيز تنفيذ خيارات تدابير أخرى (ثقة عالية). وخيارات تدابير الاستجابة التي تحد من التنافس على الأراضي ممكنة ويمكن تطبيقها على نطاقات مختلفة، بدءاً من المزرعة وانتهاءً بالمستوى الإقليمي (ثقة عالية).

وتنطوي مجموعة واسعة النطاق من تدابير الاستجابة في مجال التخفيف، منها مثلًا الحفاظ على النظم الإيكولوجية الطبيعية، من قبيل الأراضي الخثيّة والأراضي الساحلية والغابات، وترميمها، والحفاظ على التنوع الأحيائي، والحد من التنافس على الأراضي، وإدارة الحرائق، وإدارة التربة، ومعظم خيارات إدارة المخاطر مثلًا، استخدام البذور المحلية، وإدارة مخاطر الكوارث، وأدوات تقاسم المخاطر على إمكانية تقديم مساهمات إيجابية في تحقيق التنمية المستدامة، وتعزيز وظائف النظم الإيكولوجية وخدماتها، وأهداف مجتمعية أخرى (ثقة متوسطة). كما أن التكيف القائم على النظم الإيكولوجية يمكن، في بعض السياقات، أن يعزز حفظ الطبيعة مع التخفيف من الفقر، ويمكن أن يوفر حتى فوائد مشتركة من خلال إزالة غازات الاحتباس الحراري وحماية سُبل العيش مثلًا، أشجار المنغروف (ثقة متوسطة).

ومن الممكن أن يساهم معظم خيارات تدابير الاستجابة القائمة على إدارة الأراضي والتي لا تؤدي إلى زيادة التنافس على الأراضي، وجُل الخيارات القائمة على إدارة سلاسل القيمة مثلًا، الخيارات الغذائية، والحد من فواقد ما بعد

الحصاد، والحد من هدر الأغذية وإدارة المخاطر، في القضاء على الفقر والقضاء على الجوع مع تعزيز الصحة والرفاه الجيدين، والمياه النظيفة والصرف الصحي، والعمل المناخي، والحياة على اليابسة (ثقة متوسطة).

مع أن معظم خيارات تدابير الاستجابة يمكن تطبيقها بدون التنافس على الأراضي المتاحة، قد تؤدي بعض الخيارات إلى زيادة الحاجة إلى تحويل الأراضي (ثقة عالية). وعلى نطاق نشر عدة غيغاطن من ثاني أكسيد الكربون سنوياً، قد تؤدي زيادة الحاجة هذه إلى تحويل الأراضي إلى آثار جانبية سلبية على التكيف، والتصحر، وتدهور الأراضي، والأمن الغذائي (ثقة عالية). أما في حالة تطبيقها على نسبة محدودة من إجمالي الأراضي وإدماجها في الإدارة المستدامة للمناظر الطبيعية، ستكون هناك آثاراً جانبية مناوئة أقل ويمكن تحقيق بعض الفوائد المشتركة الإيجابية (ثقة عالية).

وفي حالة التطبيق على النطاقات اللازمة لإزالة ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي على مستوى عدة غيغاطن من ثاني أكسيد الكربون سنوياً، قد تؤدي زراعة الغابات، وإعادة زراعة الغابات، واستخدام الأراضي من أجل توفير المواد الأولية للطاقة الأحيائية مع احتجاز الكربون وتخزينه أو بدونهما، أو من أجل الفحم الأحيائي، إلى حدوث زيادة كبيرة في الحاجة إلى تحويل الأراضي(ثقة عالية). وقد يخفف الإدماج في المناظر الطبيعية المدارة التي تدار إدارة مستدامة على نطاق مناسب من الآثار المناوئة (ثقة متوسطة). ويؤثر خفض تحويل الأراضي العشبية إلى أراضي محاصيل، وترميم الأراضي الخثية والحد من تحويلها، وترميم الأراضي الرطبة الساحلية والحد من تحويلها، على مساحات أقل من الأراضي عالمياً، كما أن تأثيرات ذلك على تغيّر استخدام الأراضي في هذه الخيارات هي تأثيرات أقل أو أكثر تبايناً (ثقة عالية).

وفي حين يمكن أن تقدم الأراضي مسأهمة قيّمة في التخفيف من تغيّر المناخ، هناك قيوداً على نشر تدابير التخفيف القائمة على الأراضي، من قبيل محاصيل الطاقة الأحيائية أو زراعة الغابات. وقد يؤدي الاستخدام الواسع للأراضي على

نطاق عدة ملايين من الكيلومترات المربعة عالمياً إلى زيادة مخاطر التصحر، وتدهور الأراضي، والأمن الغذائي، والتنمية المستدامة (ثقة متوسطة).

أما في حالة التطبيق على نسبة محدودة من إجمالي تدابير التخفيف القائمة على الأراضي التي تُزيح استخدامات أخرى للأراضي فآثارها الجانبية المناوئة أقل ويمكن أن تكون لها فوائد مشتركة إيجابية فيما يتعلق بالتكيف، أو التصحر، أو تدهور الأراضي، أو الأمن الغذائي (ثقة عالية).

ويمكن أن يكون لإنتاج الكتلة الأحيائية واستخدامها لأغراض الطاقة الأحيائية فوائدا مشتركة، وآثاراً جانبية مناوئة، ومخاطر فيما يتعلق بتدهور الأراضي، وعدم الأمن الغذائي، وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وغيرها من الأهداف البيئية وأهداف التنمية المستدامة (ثقة عالية). وهذه الآثار تخص كل سياق بعينه وتتوقف على نطاق النشر، واستخدام الأراضي الأصلي، ونوع الأراضي، والمواد الأولية للطاقة الأحيائية، ومخزونات الكربون الأولية، والإقليم المناخي، ونظام الإدارة، وقد تكون لخيارات تدابير أخرى للاستجابة تتطلب أراضٍ مجموعة مماثلة من العواقب (ثقة عالية). ويمكن أن يخفف استخدام المخلفات والنفايات العضوية كمواد أولية للطاقة الأحيائية من ضغوط تغيّر استخدام الأراضي المرتبطة بنشر الطاقة الأحيائية، ولكن المخلفات محدودة وإزالة المخلفات التي ستُترك بغير ذلك على التربة قد تؤدي إلى تدهور التربة (ثقة عالية).

يمكن أن تسأهم أنشطة كثيرة لمكافحة التصحر في التكيف مع تغير المناخ مع تحقيق فوائد مشتركة من حيث التخفيف، وكذلك في وقف فقدان التنوع الأحيائي مع تحقيق فوائد مشتركة في مجال التنمية المستدامة للمجتمع (ثقة عالية). ومن شأن تجنّب التصحر والحد منه وعكس مساره تعزيز خصوبة التربة، وزيادة تخزين الكربون في التربة والكتلة الأحيائية، مع تحقيق فائدة للإنتاجية الزراعية والأمن الغذائي (ثقة عالية). واتقاء التصحر أفضل من محاولة ترميم الأراضي المتدهورة وذلك لإمكانية تسببه في مخاطر باقية ونتائج تكيفية سيئة (ثقة عالية).

والحلول التي تساعد على التخفيف من تغيُّر المناخ تسأهم في مكافحة التصحر تكون خاصة بالموقع والإقليم وتشمل في جملة ما تشمله: جمع المياه والري بالتنقيط، وترميم الأراضي المتدهورة باستخدام نباتات مناسبة إيكولوجياً وقادرة على مقاومة الجفاف؛ والزراعة الحراجية وغيرها من ممارسات التكيف الإيكولوجية الزراعية والقائمة على النظم الإيكولوجية (ثقة عالية).

والحد من العواصف الترابية والرملية ومن تحرّك الكثبان الرملية يمكن أن يقللا من الآثار السلبية للتحات بفعل الرياح وأن يحسّنا نوعية الهواء والصحة (ثقة عالية). وتبعاً لتوافر المياه وأحوال التربة، يمكن أن تحد برامج زراعة الغابات وزراعة الأشجار وترميم النظم الإيكولوجية، التي ترمي إلى إيجاد مصدّات في شكل جدران خضراء، و«سدود خضراء» باستخدام أنواع الأشجار المحلية وغيرها من الأنواع القادرة على الصمود في مواجهة المناخ وذات الاحتياجات المائية المنخفضة، من العواصف الرملية، وتحول دون التحات بفعل الرياح، وتسهم في بالوعات الكربون، مع تحسين المناخ الجزئي، ومغذيات التربة، والاحتفاظ بالمياه (ثقة عالية)

ويمكن لتدابير مكافحة التصحر أن تعزز عزل الكربون في التربة (ثقة عالية). فترميم الغطاء النباتي الطبيعي وزراعة الأشجار في الأراضي المتدهورة يثري، في الأجل الطويل، الكربون في الطبقة العلوية من التربة والطبقة السفلية من التربة (ثقة متوسطة).

وتتوقف المعدلات المنمذجة لعزل الكربون في أعقاب اعتماد ممارسات الزراعة الحافظة للموارد في الأراضي الجافة على الأحوال المحلية (ثقة متوسطة). أما في حالة فقدان كربون التربة، فقد يستغرق تعافي مخزونات الكربون مدة زمنية طويلة.

ويمكن أن يستفيد القضاء على الفقر وكفالة الأمن الغذائي من تطبيق تدابير تعزز تحييد أثر تدهور الأراضي بما في ذلك تجنّب تدهور الأراضي، والحد منه، وعكس مساره في أراضي الرعي، وأراضي المحاصيل، والغابات، مما يساهم في مكافحة التصحر، مع التخفيف من تغير المناخ والتكيف معه في إطار التنمية

المستدامة. وتتضمن هذه التدابير تجنّب إزالة الغابات واتباع ممارسات ملائمة محلياً من بينها إدارة أراضي الرعي وحرائق الغابات (ثقة عالية).

وحتى عندما تتوافر الحلول، قد تشكّل المعوقات الاجتماعية والاقتصادية والمؤسسية حواجز تحول دون تنفيذ تلك الحلول (ثقة متوسطة). وقد تصبح بعض خيارات التكيف تكيّفية سيئة نتيجة لآثارها البيئية، من قبيل تسبُّب الري في تملّح التربة أو إفضاء فرط الاستخراج إلى استنزاف المياه الجوفية (ثقة متوسطة). وقد تؤدي أشكال التصحر المتطرفة إلى الفقدان الكامل لإنتاجية الأراضي، مما يحد من خيارات التكيف أو بلوغ حدود التكيف (ثقة عالية).

يمكن للإدارة المستدامة للأراضي، بما في ذلك الإدارة المستدامة للغابات، أن تحول دون تدهور الأراضي وتحد منه، وتحافظ على إنتاجية الأراضي، وتعكس في بعض الأحيان مسار آثار تغيّر المناخ المناوئة على تدهور الأراضي (ثقة عالية جداً). كما يمكنها أن تسهم في التخفيف والتكيف (ثقة عالية). والحد من تدهور الأراضي وعكس مساره، على نطاقات تبدأ من فرادى المزارع إلى مستجمعات مياه بأكملها، يمكن أن يحققا للمجتمعات المحلية فوائداً فعالة من حيث التكلفة وفورية طويلة الأجل وأن يدعما العديد من أهداف التنمية المستدامة (SDGs) مع تحقيق فوائد مشتركة للتكيف (ثقة عالية جداً) والتخفيف (ثقة عالية). وحتى مع تنفيذ الإدارة المستدامة للأراضي، يمكن تجاوز حدود التكيف في بعض الحالات (ثقة متوسطة).

يمكن للزراعة الحراجية، ومراحل الرعي المعمّرة، واستخدام الحبوب المعمّرة، أن تحدّ كثيراً من التحات وتسرّب المغذيات مع بناء كربون التربة (ثقة عالية). ويمكن أن يعزل استخدام أنواع معينة من الفحم الأحيائي الكربون (ثقة عالية)، ويحسّن أحوال التربة في بعض أنواع التربة/ المناخات (ثقة متوسطة) [55].

وينطوي تحييد أثر تدهور الأراضي على تحقيق توازن بين التدابير التي تتجنب تدهور الأراضي وتحد منه، من خلال اعتماد الإدارة المستدامة للأراضي، والتدابير

التي تعكس مسار التدهور من خلال إصلاح الأراضي المتدهورة وترميمها. ومن الشائع أيضاً أن تحقق تدخلات كثيرة ترمي إلى تحييد أثر تدهور الأراضي فوائد من حيث التكيف مع تغير المناخ والتخفيف منه. ويوفر السعي إلى تحييد أثر تدهور الأراضي حافزاً للتصدي لتدهور الأراضي ولتغيّر المناخ في آن واحد (ثقة عالية).

ونتيجة لتعقُّد التحديات وتنوع الجهات الفاعلة التي تشارك في التصدي للتحديات المتعلقة بالأراضي، يمكن أن يحقق مزيجا من السياسات، لا نُهج اتباع سياسة منفردة، نتائج محسّنة في التصدي للتحديات المعقدة المتعلقة بالإدارة المستدامة للأراضي وتغير المناخ (ثقة عالية). وباستطاعة مجموعات السياسات أن تحد بشدة من قابلية النظم البشرية والطبيعية للتأثر بتغير المناخ وتعرّضها له (ثقة عالية). وقد تشمل عناصر مجموعات السياسات تلك التأمين الخاص بالطقس والتأمين الصحي، والحماية الاجتماعية وشبكات الأمان التكيفية، وصناديق تمويل حالات الطوارئ وصناديق الاحتياطي، ووصول الجميع إلى نظم الإنذار المبكر المقترنة بخطط فعالة لحالات الطوارئ (ثقة عالية) [55].

إن التصدي للتصحر وتدهور الأراضي ومعالجة الأمن الغذائي بطريقة متكاملة ومنسقة ومتسقة يمكن أن يساعدا التنمية الصامدة في مواجهة المناخ ويوفرا عدة فوائد مشتركة ممكنة (ثقة عالية).

وقد تقيّد الحواجز التكنولوجية والفيزيائية الأحيائية والاجتماعية – الاقتصادية والمالية والثقافية اعتماد خيارات كثيرة لتدابير الاستجابة القائمة على الأراضي، مثلما يمكن أن يؤدي إلى ذلك أيضا عدم اليقين بشأن الفوائد (ثقة عالية). فثمة ممارسات كثيرة في مجال الإدارة المستدامة للأراضي ليست معتمدة على نطاق واسع بسبب عدم أمن حيازة الأراضي، والافتقار إلى إمكانية الحصول على الموارد والخدمات الاستشارية الزراعية، وعدم كفاية الحوافز الخاصة والعامة وتفاوتها، والافتقار إلى المعرفة والخبرة العملية (ثقة عالية). والخطاب العام، والتدخلات السياساتية المصممة بعناية، وإدراج التعلم الاجتماعي وتغيرات السوق هي أمور يمكن أن تساعد معاً على الحد من الحواجز التي تحول دون التنفيذ (ثقة متوسطة).

وباستطاعة الممارسات الزراعية التي تشمل المعرفة الأصلية والمحلية أن تسأهم في التغلب على التحديات المشتركة المتمثلة في تغيّر المناخ، والأمن الغذائي، وحفظ التنوع الأحيائي، ومكافحة التصحر وتدهور الأراضي (ثقة عالية). كما أن اتخاذ تدابير منسقة على نطاق الجهات الفاعلة ومن بينها مؤسسات الأعمال، والمنتجون، والمستهلكون، ومديرو الأراضي، وصانعو السياسات في شراكة مع الشعوب الأصلية والمجتمعات المحلية، يهيئ الظروف اللازمة لاعتماد خيارات تدابير الاستجابة (ثقة عالية).

وتشمل المراعي فئات أراضي الرعي، لا المراعي العالية الجودة فقط، وتستند إلى تعريف منظمة الأغذية والزراعة لـ «المروج والمراعي الدائمة». وتشمل أراضي محاصيل الطاقة الأحيائية الأراضي المخصصة لمحاصيل الطاقة من الجيل الثاني مثلاً، الحشائش الطويلة الكتلية، والحشائش الفضية، والأنواع الخشبية السريعة النمو. وتشمل الغابات المدارة وغير المدارة، وتشمل الأراضي الطبيعية الأراضي العشبية الأخرى، والسافإنا، وأراضي الجنبات.

وفي سيناريوهات المستقبل، يعني تأجيل تخفيضات انبعاثات غازات الاحتباس الحراري معاوضات تؤدي إلى تكاليف ومخاطر أعلى كثيراً مرتبطة بتزايد درجات الحرارة (ثقة متوسطة) . وتقل إمكانية تطبيق بعض خيارات تدابير الاستجابة، من قبيل زيادة الكربون العضوي في التربة، مع اشتداد تغيّر المناخ، لأن التربة تكون قد انخفضت قدرتها على أن تكون بمثابة بالوعات لعزل الكربون في ظل درجات الحرارة الأعلى (ثقة عالية). وتنطوي التأخيرات في تجنّب تدهور الأراضي أو الحد منه وتعزيز الترميم الإيجابي للنظم الإيكولوجية على خطر إحداث تأثيرات طويلة الأجل من بينها حدوث انخفاضات سريعة في إنتاجية الزراعة وأراضي الرعي، وتدهور التربة الصقيعية، وصعوبات في إعادة ترطيب الأراضي الخثيّة (ثقة متوسطة).

ويعني تأجيل تخفيضات انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من جميع القطاعات معاوضات من بينها خسارة لا رجعة فيها في وظائف وخدمات النظم الإيكولوجية الأرضية اللازمة من أجل الغذاء، والصحة، والمستوطنات التي يمكن

السكن فيها، والإنتاج، مما يؤدي إلى آثار اقتصادية متزايدة الأهمية على كثير من البلدان في كثير من أقاليم العالم (ثقة عالية). وتأخير اتخاذ إجراءات على النحو المفترض في سيناريوهات الانبعاثات العالية يمكن أن يسفر عن بعض الآثار التي لا رجعة فيها على بعض النظم الإيكولوجية، وهو أمر قد يؤدي في الأجل الأطول إلى انبعاثات إضافية كبيرة لغازات الاحتباس الحراري من النظم الإيكولوجية من شأنها أن تعجّل وتيرة الاحترار العالمي (ثقة متوسطة) [55].

حفظ الكربون في التربة

يقترح بعض علماء التربة، مثل الدكتور راتان لال من جامعة ولاية أوهايو، أن تؤدي التغيرات في الممارسات الزراعية وإدارة التربة إلى إقلال فقد التربة للكربون بمقدار الثلثين نظرياً، مما يعني توفير كميات كبيرة من ثاني أوكسيد الكربون المنطلق إلى الغلاف الجوي [104].

ويوصي راتان لال وآخرون باتباع الممارسات التي تزيد من كمية المواد العضوية الحاوية على الكربون في طبقات التربة العليا، بما في ذلك تجنب عملية الحراثة التي تعرض كربون التربة للهواء، وتغطية الحقول بمخلفات المحاصيل، وزراعة محاصيل التغطية. وتُزرع محاصيل التغطية، كالحبوب والبقوليات وغيرها من الخضراوات، ليس بغرض الحصاد فحسب، وإنما لإثراء التربة بالمغذيات والمواد العضوية الغنية بالكربون، والحد من تآكلها.

وتثير حراثة الأراضي في المناطق القاحلة والجافة عواصف الغبار المدمّرة، مما يؤدي إلى إفقار التربة وتصحرها، مثلما حصل في مناطق واسعة من بادية الشام، وكذلك في المناطق الغربية من الولايات المتحدة. وترصد وزارة الزراعة الأميركية تحولاً وطنياً في تجنب حراثة الأرض، إذ تشير إحصاءاتها إلى أن أكثر من ثلث الأراضي الزراعية الأميركية تُزرع حالياً من دون حراثة، وأن ثلثاً آخر تجري إدارته باتباع حراثة محدودة.

ويعاني ثلث التربة حول العالم من تدهور بنسب تتراوح بين المتوسط والمرتفع،

حيث يقع 40 % منها في أفريقيا، في حين توجد معظم النسبة المتبقية ضمن مناطق منكوبة بالفقر وانعدام الأمن الغذائي. وتتطلب العلاقة المتداخلة بين التربة والصحة والأمن الغذائي إجراءات استراتيجية وفورية، خاصة على المستوى المحلي، لوقف تراجع نوعية التربة، وزيادة إنتاج الغذاء، وإنقاص انبعاث غازات الدفيئة.

ويشهد العالم انتشار ممارسات زراعة «ذكية كربونياً»، تقوم على زراعة الغطاء النباتي بهدف محاربة التغير المناخي، إذ تقوم شركات بشراء أرصدة الكربون المخزن في التربة الزراعية، فيحقق المزارعون عوائد مالية إضافية، ويحسنون من نوعية تربة حقولهم، ويوفرون في استهلاك المياه.

وكان تقرير «احترار عالمي بمقدار 1.5 درجة مئوية» الذي صدر سنة 2018، عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، قد أكد أهمية استخدام تقنيات الانبعاث السلبي لخفض حرارة الكوكب عند تجاوزها عتبة 1.5 درجة مئوية زيادة عن حرارة الأرض قبل النهضة الصناعية. ويعد تخزين الكربون في التربة أحد تقنيات الانبعاث السلبي المجدية، من حيث الكلفة وسهولة التنفيذ.

وتدعم شركات مثل «مايكروسوفت» و«جنرال ميلز» ومؤسسة «ليوناردو دي كابريو» مبادرات التربة المناخية بملايين الدولارات، عبر إنشاء سوق لبيع أرصدة الكربون المخزن في التربة[104]. وفي الولايات المتحدة، تعمل مدن مثل كولورادو وسان فرانسيسكو على إدراج تخزين الكربون في التربة ضمن خطط العمل الخاصة بالمناخ، كما توجد قوانين على المستوى الوطني لتشجيع المزارعين على تبني ممارسات صديقة للمناخ.

وتدفع أستراليا وولاية كاليفورنيا الأميركية ومقاطعتا ألبرتا وساسكاتشوان الكنديتان مساعدات للمزارعين في مقابل حبس الكربون في التربة. كما أطلقت الحكومة الفرنسية سنة 2015 مبادرة تهدف إلى زيادة مخزون الكربون في التربة بمعدل 0.4 % سنوياً.

وفي جميع أنحاء أفريقيا، تستأجر الحكومات مساحات واسعة من الأراضي

التي يستخدمها صغار المزارعين التقليديين لصالح الشركات الأجنبية من أجل زراعة الأشجار بصفتها مصارف للكربون، بهدف الحصول على أرصدة الكربون، حيث يخشى بعضهم من أن تتسارع هذه العملية، فتصبح التربة ذاتها بمثابة سلعة كربونية تحتكرها الشركات العابرة للقارات.

منافع الممارسات الزراعية المستدامة

تختلف كمية الكربون التي يمكن تخزينها في التربة حسب نوع الزراعة المطبقة، إذ تتراوح ما بين 2 طن في حالة زراعة محاصيل التغطية حتى 7 أطنان في حالة زراعة الأحراج لكل مساحة هكتار من الأرض. وكانت دراسة صادرة عن صندوق النقد الدولي قد اقترحت تسعير طن الكربون بـ 75 دولاراً في سنة 2030 لمواجهة التغيرات المناخية، مما يعني عائداً إضافياً سنوياً للزراعة الذكية كربونياً، يتراوح بين 150 و525 دولاراً لكل هكتار [119] .

وفيما تشير بعض التقديرات إلى أن الدعم الحكومي للزراعة الذكية الكربونية قد يرفع سعر طن الكربون إلى ما فوق الألف دولار، فإن عدداً متزايداً من العلماء يبدي تحفظاً حول الاندفاعة العالمية للاحتفاظ بالكربون في التربة الزراعية لأسباب مختلفة، من بينها أن تراكم الكربون يحصل عادة ضمن ما يسمى بطبقة المحراث التي يبلغ عمقها 30 سنتمتراً، ويستتبع ذلك وجود عتبة فيزيائية عليا لمقدار الكربون المتراكم.

ومن ناحية أخرى، تعزز محاصيل التغطية والنباتات المعمرة ذات الجذور العميقة الأحياء الدقيقة في التربة، التي تطلق كميات كبيرة من الكربون المترسب، إلى جانب أوكسيد النتروز. ويخلص باحثون من جامعة كاليفورنيا، في دراسة امتدت لـ19 سنة، إلى أن زراعة محاصيل التغطية تستلزم استخدام السماد العضوي لتخزين الكربون في التربة، ويظهر ذلك جلياً في أراضي حوض البحر المتوسط شبه القاحلة، مما يعني زيادة النفقات.

ومع ذلك، تؤكد ورقة علمية نُشرت في دورية «نيتشر» أن المعطيات العلمية المتاحة حالياً تؤيد جدوى ممارسة الزراعة التجديدية في تخزين الكربون ضمن التربة، وإن كانت التقنيات لا تسمح بعد بقياس سرعة تراكم الكربون بدقة كافية.

وتهدف الزراعة التجديدية إلى المحافظة على النظم الغذائية والزراعية، وإعادة تأهيلها، من خلال تجديد التربة السطحية، وزيادة التنوع الحيوي، وتحسين دورة المياه، وتعزيز خدمات النظم البيئية، ودعم التفكك العضوي، وزيادة القدرة على التكيف مع تغير المناخ.

وتتضمن الزراعة التجديدية كذلك ممارسات مستدامة تقوم على مبادئ الاقتصاد الدائري في إعادة تدوير أكبر قدر ممكن من مخلفات المزرعة، وإضافة سماد عضوي من خارجها. ومن الأمثلة التكامل القائم بين إدارة الثروة الحيوانية وزراعة المراعي، حيث توفر الأولى السماد، فيما توفر الثانية العلف. [119].

وبعيداً عن الجدل حول قدرة التربة الزراعية على تخزين الكربون من أجل تخفيض درجة حرارة الكوكب، فإن ممارسة الزراعة الذكية كربونياً، عبر تجنب حراثة الأرض وزراعة محاصيل التغطية، أثبتت جدواها في تلطيف الآثار الحالية للتغيرات المناخية، من خلال إنقاص الجريان السطحي للمياه، والحد من تآكل التربة، وإقلال العواصف الغبارية. وهي إلى جانب ذلك تحسن إنتاجية بعض العمليات الزراعية، وتثمر ربحاً مباشراً يحفز المزارع على زيادة محتوى الكربون في التربة.

في الوقت الراهن، يوفِّر احتجاز الكربون – أي التقاط ثاني أكسيد الكربون (CO_2) الموجود في الجو وخزنه لفترات طويلة في التربة – أفضل الحلول المتاحة لموازنة الزيادة في غازات الدفيئة. ويشمل ذلك تعزيز إنتاج الكتلة الاحيائية؛ واستعمال مواد منخفضة التكلفة كمنظِّمات لنمو النباتات وأسمدة حيوية؛ وممارسات المحافظة على الموارد الزراعية (الزراعة دون حرث، استعمال الأسمدة العضوية والفحم الحيوي)؛ وتثبيت النيتروجين بالاستعانة بالمحاصيل البقولية؛ وتقليل استخدام مبيدات الآفات؛ وتناوب المحاصيل؛ والإنتاج المختلط الذي يجمع بين المحاصيل والثروة الحيوانية. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن الحدّ من تسرُّب الطاقة والانبعاثات عن طريق اتِّباع ممارسات التغذية الحيوانية المثلى وإدارة الأسمدة العضوية [120] .

وبغية تحسين الإنتاجية الحيوانية وحماية البيئة من الرعي الجائر، يمكن للتقنيات النووية والتقنيات ذات الصلة بالمجال النووي أن تساعد في صوغ

الاستراتيجيات المتعلقة بمكمِّلات العلف. ويتمثَّل أحد سبل القيام بذلك في تحديد توليفة الهيدروكربونات الطويلة السلسلة والكربون-13 الطبيعي في النباتات التي تتغذي عليها الحيوانات المجترة وفي برازها، الأمر الذي يساعد على تقدير مقدار الغذاء الذي تحصل عليه تلك الحيوانات في ظروف الرعي على الأعشاب والرعي على الأشجار والشجيرات في الأراضي العشبية.

وخلال الفترة 2001 - 2010، أمكن تقسيم انبعاث عوادم قطاعات الزراعة والتحريج والاستخدامات المغايرة للأراضي (AFOLU)، على النحو التالي [121]:

- 5 مليارات طن من مكافئات ثاني أكسيد الكربون سنوياً، من إنتاج المحاصيل والثروة الحيوانية.
- 4مليارات طن من مكافئات ثاني أكسيد الكربون سنوياً، بسبب تحويل الغابات إلى استخدامات مغايرة (كمعادل لإزالة الغابات).
- 1 مليار طن من مكافئات ثاني أكسيد الكربون سنوياً، من الأراضي المستنقعية المتدهورة.
- 0.2 مليار طن من مكافئات ثاني أكسيد الكربون سنوياً، بسبب حرائق الكتلة الاحيائية.

وفي مقابل هذه الانبعاثات، جرى امتصاص نحو ملياري طن من مكافئات ثاني أكسيد الكربون سنوياً، من الغلاف الجوي خلال نفس الإطار الزمني نتيجة لتنحية الكربون طبيعياً في أحواض الغابات.

وفي تلك الأثناء، كشفت معطيات منظمة الأغذية والزراعة «فاو» بناء على التقارير القطرية أن هذه الانبعاثات حتى وإن سجلت زيادة فإنها لا تنمو بنفس سرعة العوادم الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري في القطاعات الأخرى، وبالتالي فإن حصة الاستخدامات المغايرة للأراضي في المجموع الكلي للانبعاثات البشرية يتجه فعلياً إلى التناقص بمرور الوقت.

الفصل السابع عشر

تقليل الانبعاثات المسببة لتغير المناخ في قطاع النفايات (النفايات الصلبة والسائلة)



الفصل السابع عشر
تقليل الانبعاثات المسببة لتغير المناخ في قطاع النفايات (النفايات الصلبة والسائلة)

17 - 1 مقدمة

يتم التخلص من النفايات الصلبة في أغلب الدول النامية في مكبات النفايات غير المراقبة، كما يتم طرح مياه الصرف الصحي في الكثير من الحالات بدون معالجة مما يتسبب بإطلاق غازات الدفيئة التي تسبب تغير المناخ. لذلك يلزم اتباع إدارة سليمة للنفايات الصلبة ومياه الصرف الصحي.

تشمل إدارة النفايات الصلبة التدخل في كافة عناصرها الوظيفية من جمع النفايات إلى نقلها وفرزها إلى معالجتها والتخلص النهائي منها، أما إدارة النفايات السائلة فتتضمن عملية الجمع بفضل شبكة مجاري لتخضع بعد ذلك النفايات السائلة إلى معالجة لتقليل المحتوى العضوي وتقليل الملوثات، ويتم تقليل انبعاثات غازات الدفيئة في قطاع مياه الصرف بشكل أساسي في محطات معالجة مياه الصرف.

17 - 2 تصنيف النفايات الصلبة وتأثيرها في إنتاج غازات الدفيئة

تصنف النفايات الصلبة حسب مصدر إنتاجها إلى نفايات منزلية ومخلفات زراعية ونفايات صناعية، أما النفايات السائلة فأكثرها ينتج عن مياه الصرف الصحي وجميع هذه النفايات تحتوي على نسبة من المادة العضوية القابلة للتحلل الحيوي، وتترافق عملية التحلل مع إطلاق غازات الدفيئة مثل غاز ثاني أكسيد الكربون في حالة التحلل الهوائي، أما إذا كان التحلل لا هوائي فيتشكل غاز الميثان الذي يملك تأثيراً أسوأ بـ 22 مرة من تأثير غاز ثاني أكسيد الكربون من حيث قدرة

الإحترار العالمي [122].أما النفايات غير العضوية فإنها غير قابلة للتحلل الحيوي وتأثيرها قليل في انبعاثات غازات الدفيئة.

17 - 3 الإدارة البيئية للنفايات الصلبة وتقليل إنتاج غازات الدفيئة

يرافق عملية جمع النفايات الصلبة وفرزها إصدار كمية غير كبيرة من غازات الدفيئة وكذلك عملية النقل مادامت مسافات النقل غير كبيرة. والنسبة الأعظم من غازات الدفيئة تنتج عن عملية معالجة النفايات الصلبة. بيد أن أساليب المعالجة تختلف في إنتاجها لغازات الدفيئة.

إن الإدارة البيئية السليمة للنفايات الصلبة تبدأ بتقليل إنتاج النفايات من المصدر ويليها إعادة استخدام النفايات كلما أمكن ذلك وبعدها تدوير النفايات وتطبيق أسلوب المعالجة الميكانيكية الحيوية. حيث يعاد تدوير النفايات الجافة في صناعة نفس المادة (الورق، الزجاج، الحديد) أما النفايات الرطبة العضوية فتحول بأسلوب هوائي إلى محسنات تربة (كمبوست) أو لاهوائياً إلى ميثان يتم جمعه والاستفادة منه كمصدر للطاقة، ويمكن بدلاً من المعالجة الحيوية للنفايات العضوية اللجوء إلى الترميد مع استرجاع الطاقة الكامنة في غازات العادم الناتجة عن الترميد.

ان استهلاك المواد يساهم بشكل غير مباشر في تغير المناخ لأنه يتطلب طاقة لاستخراج المواد الخام واستخراجها وجمعها ومعالجتها ونقلها والمزيد من الطاقة لنقل النفايات والتخلص منها.

إن تأثيرات تغير المناخ ليست سوى واحدة من عدد من الآثار البيئية الناتجة عن خيارات إدارة النفايات الصلبة. وتشمل الآثار الأخرى الآثار الصحية التي تعزى إلى انبعاثات المواد المستنفدة لطبقة الأوزون مثل كلوروفلوروكربون (CFC)، وتلوث المسطحات المائية، واستنفاد الموارد غير المتجددة، وغير ذلك.

هذه التأثيرات البيئية بالإضافة إلى الجوانب الاجتماعية والاقتصادية

للطرائق البديلة لإدارة النفايات وإعادة التدوير تمثل إمكانات مهمة ومتزايدة للحد غير المباشر من انبعاثات غازات الدفيئة من خلال الحفاظ على المواد الخام [123]، وتحسين كفاءة الطاقة وكفاءة الموارد وتجنب الوقود الأحفوري.

إن استخدام المحتوى المعاد تدويره في المنتجات بدلاً من المواد الجديدة يؤدي إلى تقليل انبعاثات غازات الدفيئة خلال دورة حياة المنتج. ومن الأمثلة البسيطة على إعادة استخدام المنتج نذكر إعادة استعمال الأكياس والحقائب الفارغة، والقناني الزجاجية التي يمكن إعادة تعبئتها مرة أخرى كزجاجات المشروبات الغازية بعد غسلها وتعقيمها.

ومن المفيد التوسع في إنشاء مراكز لإعادة الشراء Buy-back Centers خاصة لشراء الملابس أو الأجهزة السليمة والتي يمكن إعادة استعمالها.

كما أن التقليل من حجم أو كمية المواد الخام Reduced Material Volume، يلزم أن يؤخذ به بداية من مرحلة التصميم والتصنيع، كالتقليل من سمك أو حجم العبوات الزجاجية، أو البلاستيكية أو المعدنية وغيرها، وهذا سوف يقلل من استهلاك المواد الخام والطاقة وكمية النفايات المتولدة وما تتطلبه من عناصر الإدارة اللازمة للتخلص منها.

والتقليل من سمية المواد Reduced Toxicity أو من المواد المنتجة للانبعاثات الملوثة، يترافق مع تقليل الآثار البيئية للمواد الخام المستخدمة، وهذا يتم بالاختيار المسبق لنوعية المواد الخام التي ليس لها تأثيرات بيئية معاكسة، واختيار المواد البديلة التي تفي بنفس الغرض وتكون أقل تأثيراً على البيئة.

ومن الضروري السعي لزيادة العمر الافتراضي للمنتج Product Life time باختيار أفضل المواد والتصميمات لزيادة الفترة الزمنية للاستفادة من المنتج، على الرغم من أن هذا قد يتعارض مع سياسة الشركات المنتجة التي أصبح ما يهمها بالمقام الأول هو تصنيع سلع قصيرة العمر، منخفضة الجودة وبأرخص الأسعار لتحقيق أفضل حجم من المبيعات ولضمان الربح المستمر [124] .

ومن المفيد الاعتماد على شراء السلع المتينة والمعمرة، فقد أثبتت الدراسات والتجارب أن السلع الأطول عمراً قد تكون أسعارها أعلى ولكن يتضح في النهاية أن تكلفتها أقل.

اختيار التصميم المناسب للسلع والمنتجات بحيث يأخذ في الاعتبار إمكانية وسهولة الصيانة، فقد أصبح العديد من الناس يفضل حالياً الاستغناء عن الكثير من السلع أو الأجهزة القديمة ويقدمون على شراء سلع جديدة، لأن عمليات الصيانة أصبحت أكثر صعوبة ومكلفة مادياً، فقد اعتمدت الكثير من الشركات المنتجة على أسلوب الاستبدال، الذي يستلزم التخلص من الجهاز واستبداله عند حدوث عطل به مما يزيد من كمية النفايات المتولدة.

ويمكن تقليل معدلات الاستهلاك Decreased Consumption بالاهتمام بتغيير العادات الشرائية للأفراد، والعمل على اختيار وشراء السلع والمنتجات التي يمكن استعمالها لأكثر من مرة، بدلاً من النوعيات التي تستخدم لمرة واحدة ويتم التخلص منها، والمثال على ذلك شراء واستعمال أنواع من البطاريات يمكن إعادة شحنها لأكثر من مرة.

يعد التخلص من النفايات عن طريق المطامر بدون استرجاع الغازات الناتجة عن تحلل النفايات وكذلك حرق النفايات دون استرجاع الطاقة من غازات العادم من أسوأ الإجراءات في إدارة النفايات تجاه تغير المناخ العالمي من خلال تدمير الموارد والتسبب في استخراج المزيد من الموارد الجديدة فعندما يتم طمر أو حرق مليون طن من المنتجات ومواد التغليف المستخدمة يتم استخراج مليارات الاطنان من المواد الخام من البيئة لإنتاج منتجات جديدة وتغليفها لتحل محل تلك المهدورة. ويطلق غاز الميثان من مطامر النفايات وهو من غازات الدفيئة القوية. وتأتي ستة وثلاثون بالمائة من إطلاقات الميثان التي يتسبب فيها الإنسان من مطامر النفايات الصلبة البلدية.

17 - 4 توفير الطاقة نتيجة إعادة تدوير النفايات الصلبة:

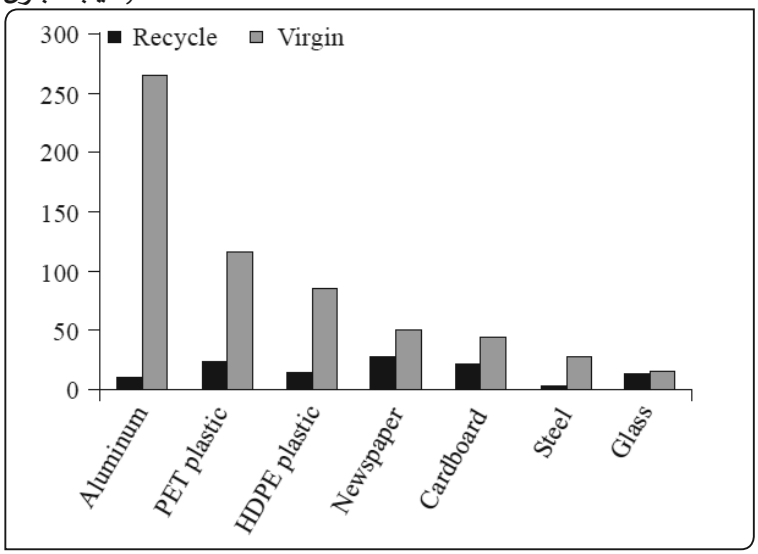
إعادة تدوير المزيد من المواد يعني استخدام موارد باطنية أقل في عمليات التصنيع. أي يتم تجنب جميع غازات الدفيئة التي كان سيتم إطلاقها من استخراج المواد الخام (بما في ذلك التنقيب والحفر والتكرير). على الرغم من أن بعض غازات الاحتباس يتم إطلاقها عن طريق نقل ومعالجة المواد المعاد تدويرها، إلا أنه توجد دائماً فائدة صافية على استخدام الموارد الباطنية. أي أن المزيد من إعادة التدوير تعني كمية أقل من النفايات تنتهي في مطامر النفايات، مما يقلل من انبعاثات غازات مطامر النفايات. كما أن إعادة تدوير النفايات الورقية يقلل انبعاثات غازات الدفيئة التي كان من الممكن أن تتولد من قطع الأشجار ومعالجتها وكذلك السماح للأشجار بمواصلة العمل باستهلاك ثاني أكسيد الكربون.

ويبين الشكل (17-1) مقارنة قيم استهلاك الطاقة في حالة الاعتماد على النفايات مقابل استخدام مواد خام [125] .

الشكل 17 - 1

مقارنة استهلاك الطاقة في حالة الاعتماد على النفايات مقابل استخدام مواد خام.

(ميجا جول / كغ) .



ويترافق انخفاض استهلاك الطاقة اللازمة للتصنيع مع انخفاض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوي.

يوضح الشكل (17-2) انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بين المنتجات المصنعة من النفايات المعاد تدويرها والمنتجات المصنعة من المواد خام ($kg\ eCO_2/kg$) [125].

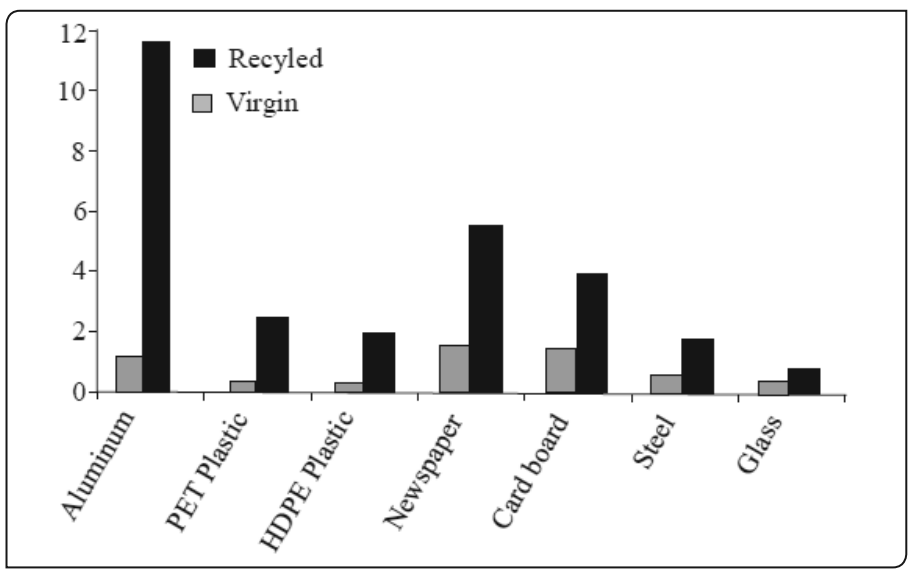
الشكل 17 - 2

مقارنة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بين

المنتجات المصنعة من النفايات المعاد تدويرها

والمنتجات المصنعة من المواد خام

. (kg eqCO2/kg)



17 - 5 تأثير المعالجة الميكانيكية الحيوية للنفايات الصلبة في تخفيف انبعاثات غازات الدفيئة

يعد أسلوب المعالجة الميكانيكية الحيوية للنفايات مناسب للبلدان النامية نتيجة احتواء النفايات على نسبة كبيرة من المادة العضوية، إن عملية معالجة النفايات بالطريقة الميكانيكية الحيوية (Treatment Biological MBT Mechanical) تقلل من انبعاث غازات الدفيئة وبشكل أساسي انبعاثات الميثان، لأن معظم النفايات في الدول النامية لا يتم فصلها (فرزها) في المصدر وبذلك فهي تحتاج إلى مرحلة معالجة ميكانيكية يتم فيها فرز النفايات لتسهيل عملية تدوير النفايات الجافة، وإخضاع النفايات العضوية لمعالجة حيوية هوائية تحولها إلى سماد أو معالجة لاهوائية للحصول على الميثان وركزت العديد من الدراسات والأبحاث العملية خصوصاً في السنوات الأخيرة على عملية المعالجة الميكانيكية البيولوجية، كحل للتقليل من انبعاث غازات الدفيئة من قطاع النفايات الصلبة وخاصة انبعاث الميثان، ففي تايلاند تمت مقارنة الانبعاثات الناتجة عن المكبات المفتوحة ومطامر النفايات في عام 2009 مع طريقة المعالجة الميكانيكية البيولوجية، وفقاً للحسابات بلغت انبعاثات غازات الدفيئة من المعالجة البيولوجية الميكانيكية بما فيها الميثان 161Kg eq- CO_2 / tone، في حين بلغت هذه الانبعاثات من المكب المفتوح 448 Kg CO_2 - eq / tonne ومن الطمر دون استرجاع الغاز 925 Kg CO_2 eq/ tone [126]، أما في المملكة المتحدة فقد أجريت دراسة لتحديد نسبة التخفيض الحاصل في انبعاث الميثان عند معالجة الجزء العضوي بيولوجياً وتحويله إلى كمبوست بدلاً من طمره، وقد زادت نسبة التخفيض الحاصل عن 74 % .

وتتعلق نسبة هذا التخفيض الحاصل في انبعاث الميثان بمدة المعالجة البيولوجية، ففي ميلانو سمح معمل المعالجة الميكانيكية الحيوية MBT بالحد من احتمالية تشكل الغاز الحيوي بنسبة 56 % بعد أربعة أسابيع من المعالجة، وبنسبة 79 % بعد 12 أسبوعاً من المعالجة وعند أخذ عينات من النفايات المعالجة بيولوجياً

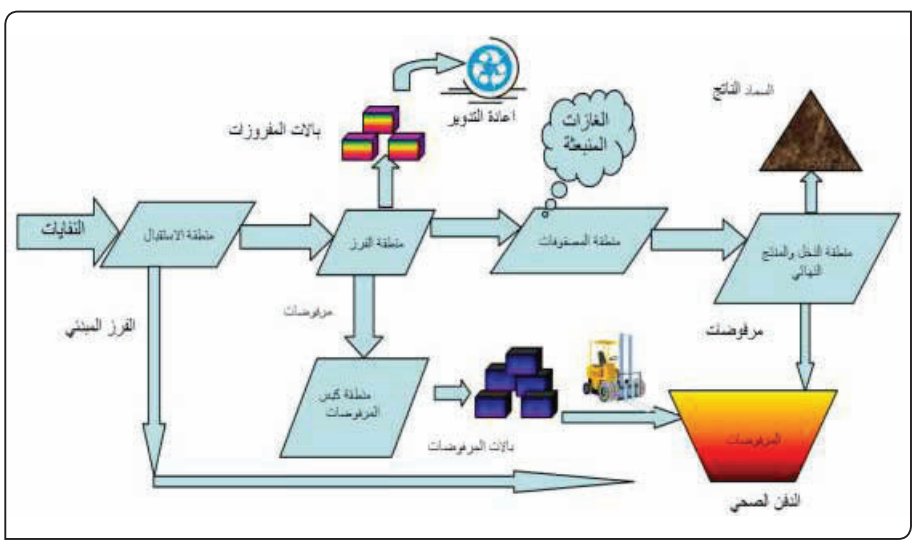
في معمل المعالجة الميكانيكية الحيوية MBT، فقد كانت نسبة التخفيض الحاصل في احتمالية تولد غاز الميثان 67 % بعد المعالجة لمدة 8 أسابيع و 83% بعد 15أسبوعاً من المعالجة. [127]

وقد تم اعتماد المعالجة الميكانيكية الحيوية للنفايات البلدية الصلبة في محافظة طرطوس في سورية (معمل وادي الهدة) مع تحويل الجزء العضوي من النفايات إلى كمبوست. ويبين الشكل (17-3) مخطط لمراحل معالجة النفايات داخل المعمل.[128]

الشكل 17 - 3

مخطط لمراحل معالجة النفايات الصلبة داخل معمل وادي الهدة

(مدينة طرطوس في سورية)



17-5-1 تدوير النفايات الصلبة العضوية (تحويل النفايات إلى كمبوست)

تدوير النفايات العضوية وتحويلها بالتحلل الهوائي إلى كمبوست (محسنات التربة) هو عملية مكروبيولوجية طبيعية تفكك فيها البكتريا الجزيئات العضوية المعقدة وتحرر بخار الماء وثاني أوكسيد الكربون الناتج في المواد العضوية والمواد المغذية المعدنية لكي تستخدم لتطوير الترب.

إن ناتج العملية البيولوجية هي مادة أو منتج يسمى كمبوست ويعد هذا المنتج آمن وجاهز للاستخدام فوق الترب المحلية ورائحته تشبه رائحة التراب. إنه ليس بسماد لأن محتوى المواد المغذية فيه أقل.

اعتمدت صناعة الكمبوست من النفايات كمكون من مكونات أنظمة إدارة النفايات الصلبة في عدد من الدول العربية كالجزائر، مصر، لبنان، المغرب وسورية وعلى مقياس أقل أو مشاريع نموذجية في دول أخرى.

ويعد تحويل النفايات إلى كمبوست أحد الصناعات العضوية والحيوية، وهناك إمكانية لإنتاج الكمبوست يدوياً بدون استخدام تجهيزات ميكانيكية وذلك على مستوى الحدائق الخاصة باللجوء إلى صناديق صغيرة الحجم مفتوحة من الأسفل يتم وضعها على الأرض الترابية المرصوصة مباشرة في الحديقة أو في الحقل، وتكون هذه الصناديق حرة الحركة من أحد جوانبها لتسهيل عملية تحريك النفايات وتقليبها [129]، و يمكن أن يتم إنتاج الكمبوست بشكل نصف آلي تدخل المكننة في بعض مراحله، حيث تكون كمية المخلفات الزراعية والحيوانية المعدة للتحويل كبيرة نسبياً، وبالتالي تصعب عملية التقليب اليدوي ويلجأ إلى التهوية القسرية للنفايات في الصناديق قسرياً إما عبر التحريك أو عبر ضخ الهواء بمنافيخ لإتمام عملية التحلل الهوائي بدون الحاجة إلى إخراج الكتلة الاحيائية لتقليبها، وقد ينتج الكمبوست انطلاقاً من النفايات البلدية العضوية بإنشاء معامل متطورة فيها الكثير من التجهيزات الميكانيكية وتنتج كميات كبيرة من الكمبوست القابل للتسويق.

أ-الخطوات الأولية لتخطيط وتصميم مشروع التحويل إلى كمبوست:

الكمبوست هو الأكثر طلباً في قطاع الزراعة. لذلك فإنه من الحكمة أن تصمم نظام إدارة نفايات الصلبة البلدية الذي يعتمد على تحويل المادة العضوية في النفايات إلى كمبوست الذي يعطي إمكانية جيدة لتسويق المنتج. مع ملاحظة تدريب الإدارة والكادر الفني و عدم استخدام المواد غير المضبوطة والتحكم بعملية صناعة الكمبوست.

الإجراءات الوقائية للتخفيف من الأثار البيئية والأثار على الصحة العامة يمكن اخذها بعين الاعتبار اثناء التصميم وأثناء مراحل تنفيذ المشروع.

من التوصيات المفيد اخذها بعين الاعتبار هي:

- إقامة المشروع بعيداً عن الأراضي الرطبة أو مبسطات السيول.
- تجنب المناطق السكنية ذات الكثافة العالية والمناطق الخدمية مثل المشافي، المدارس.
- إقامة المشروع بالتوافق مع المخططات التنظيمية العمرانية وتنظيمات المناطق.
- تجنب إقامة المشروع فوق المطامر التي تحوي النفايات بالأسفل أو حيث تم التخلص من النفايات السامة مسبقاً.
- اختيار المواقع بحيث تحوي مناطق حاجزة تفصل المشروع عن المناطق المجاورة مثل الهضاب، الأشجار، السياج.
- الابتعاد عن المواقع التي فيها المياه الجوفية قريبة من السطح/ طبقات الغضار/ الأرض الصخرية يجب أن تكون على الأقل 1 إلى 1.5 متر.
- إقامة المشروع في جهة بعكس اتجاه الريح السائدة عن المناطق السكنية لتجنب شكاوي الروائح الممكنة.
- المشروع يجب أن يحمل شاخصة عند المدخل تشير إلى نوع المرفق وساعات التشغيل.
- المشروع على أو بالقرب من طريق يمكن الوصول إليه في مختلف أجواء الطقس.

ب- أقسام ومراحل العمل في معمل التحويل إلى كمبوست:

ونميز في معمل تحويل النفايات البلدية إلى محسنات التربة عدة أقسام [130]:

أ – وزن النفايات الواصلة.

ب- تفريغ وتخزين النفايات الخام.

ج- فصل المواد غير القابلة للتحلل الحيوي (المرفوضات) وخاصة المعادن والزجاج والمواد اللدنة القابلة للاسترجاع.

د- فرم النفايات القابلة للتحلل الحيوي بهدف زيادة السطح النوعي للمواد العضوية وبالتالي تسهيل وتسريع مهمة الأحياء الدقيقة في تفكيك المادة العضوية.

هـ- التخمير الهوائي للنفايات المفرومة، ويتم بتأمين الهواء اللازم وأحياناً الماء حتى تتمكن الأحياء الدقيقة من انجاز عملية التحلل بكفاءة عالية.

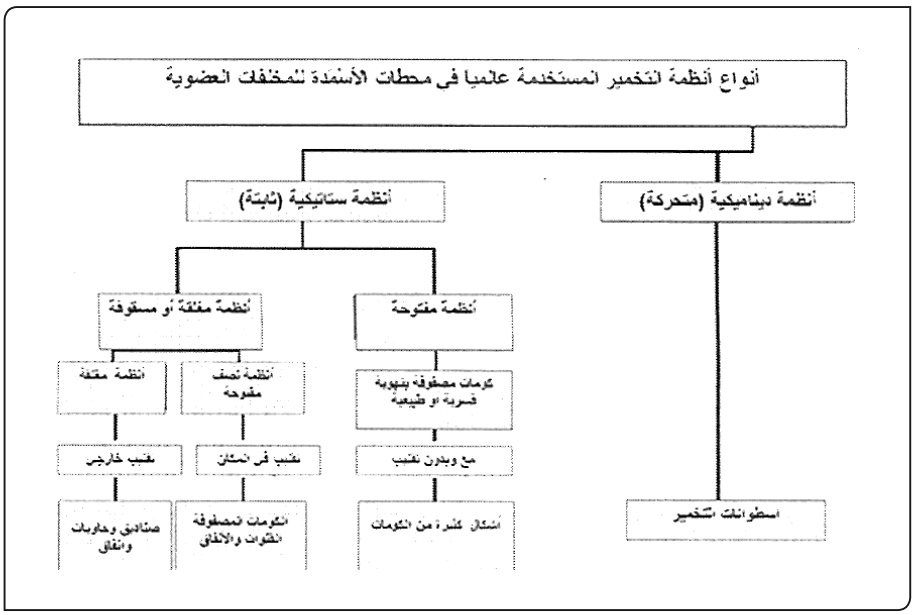
ج- طرائق التخمير الهوائي وفقاً لحركة ومكان إجراء عملية التحويل

يمكن تصنيف طرائق التخمير الهوائي وفقاً لحركة ووصف مكان إجراء عملية التحويل إلى كمبوست وفق المخطط في الشكل (17-4).

الشكل 17 - 4

أنظمة التخمير المتبعة في محطات

تحويل النفايات العضوية إلى كمبوست.

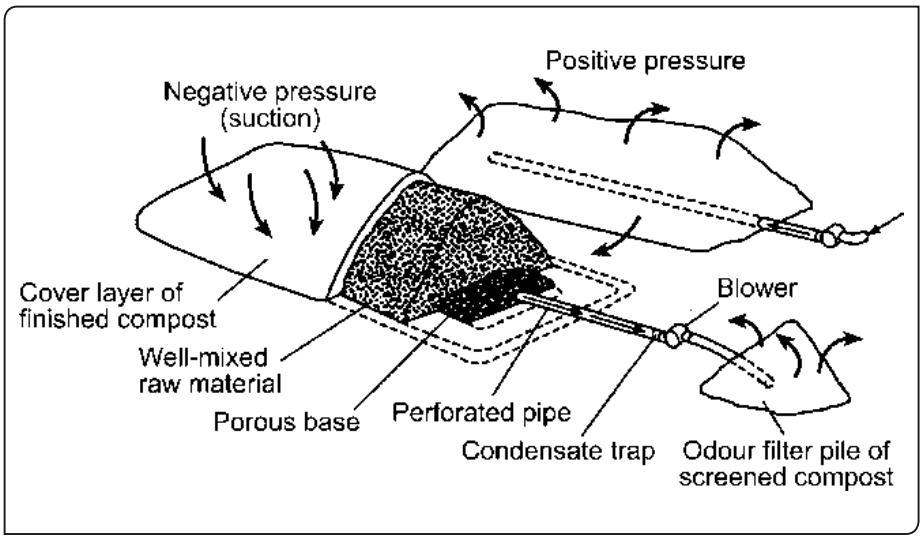


في حالة المكدسات الطويلة التي يزيد ارتفاعها عن 1.5م وعرض قاعدتها عن 3 م يتم تعزيز ودعم التهوية من خلال تقليب المكدسات بوساطة الجرافات وآلات التقليب بشكل دوري لمنع تشكل بؤر لاهوائية في قلب الكومة وبالتالي انتشار الروائح المزعجة. أما المكدسات المنعزلة المهواة قسرياً فيتم ضخ الهواء إلى داخل الكومة من خلال منافيخ هواء (Blowers) موضوعة في أسفل الكومة وتعمل بطريقتين إما بسحب الهواء بفضل مضخة انفراغية أو بضخ الهواء بفضل منفاخ. كما في الشكل (17-5)

الشكل 17 - 5

المكدسات المنعزلة المهواة قسرياً بسحب الهواء

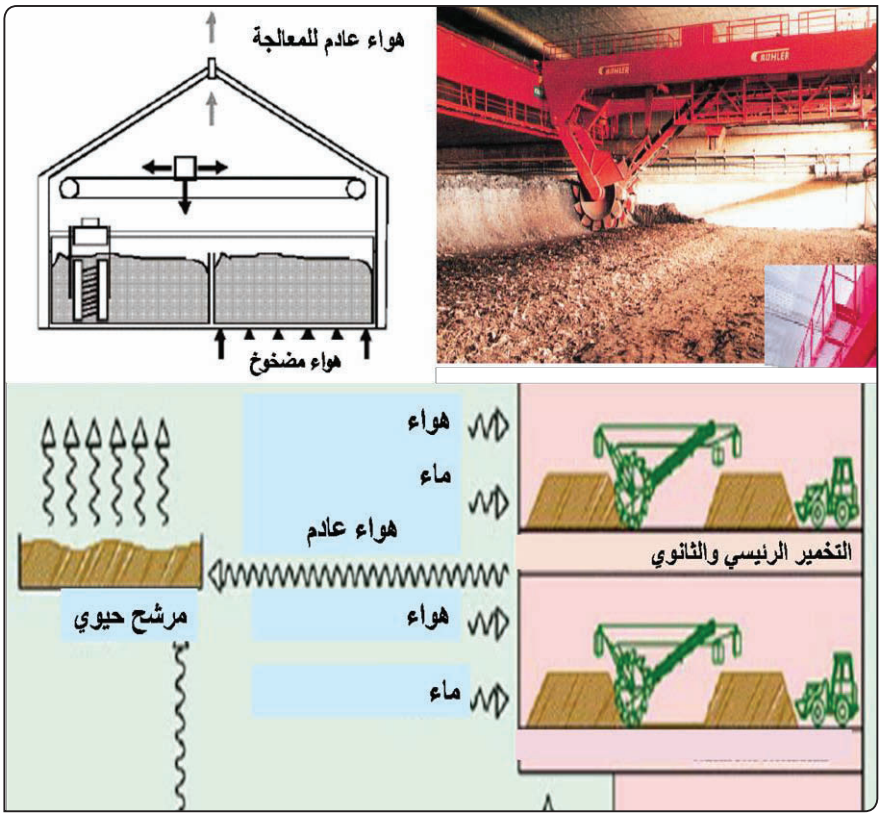
أو بضخه أو كليهما.



أما في طريقة المكدسات المنعزلة الموضوعة في صالات كبيرة مغلقة فيتم استخدام سحب الهواء وضخه عبر الثقوب الموجودة في الأرضية الخرسانية، حيث يتم تهوية المكدسات وكذلك الصالة بأكملها، وقد يتم تقليب المكدسات التي تكون في الأغلب على شكل متوازي مستطيلات باستخدام آلات تقليب عملاقة تقوم أيضاً بطحن ومجانسة المواد ضمن الصالة، كما في الشكل (17-6).

الشكل 17 - 6

نظام المكدسات المهواة قسرياً والموضوعة في صالة مغلقة مع أنظمة تقليب.



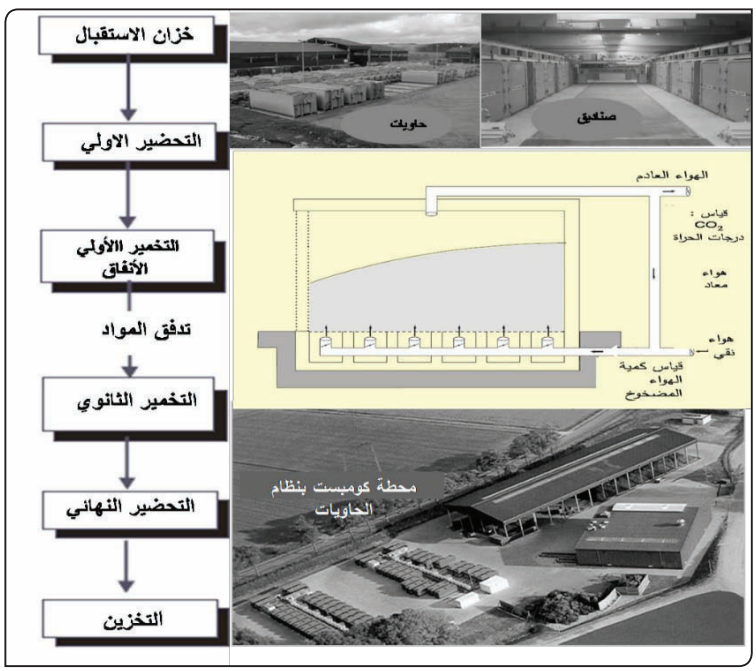
كما في كل طرائق التحويل إلى كمبوست يجب تامين إعداد جيد للمواد الداخلة في عملية التحويل من حيث الرطوبة والمسامية والقلوية وغيرها. ولقد ظهرت تقنيات خاصة كثيرة للتحويل إلى كمبوست، منها المكدسات المهواة المغطاة برقائق نصف نفوذة والتي طورت من قبل العديد من الشركات والعاملين في مجال التحويل إلى كمبوست.

وقد تعمل محطة التحويل بنظام الصناديق والحاويات المغلقة حيث يتشابه مخطط سير العمليات، وتنجز مرحلة التحلل الرئيسي في حجرات مغلقة مع تهوية

قسرية (الشكل 17-7) ويتم سحب الهواء المضخوخ ليصار إلى استخدامه ثانية أو تنقيته عبر المرشح الحيوي أو بطرائق أخرى.

الشكل 17 - 7

نموذج تقنية الصناديق والحاويات لمحطات التحويل إلى كمبوست مع مخطط سير العمليات.



بعد ملء الحاويات أو الصناديق يتم تهوية المواد عبر عمليات ضخ/أو سحب الهواء من خلال أنابيب أو أرضيات مثقبة تثبت فيها منافيخ للهواء (Blowers) موضوعة في أرضية أو سقف كل منها، ومن ثم سحبه من الأعلى أو من الأسفل ليذهب بعدها إلى المرشح الحيوي او يعاد استخدامه وذلك عبر نظام تهوية متكامل لكل المحطة.

وقد تكون محطة التحويل تعمل بنظام أسطوانات التخمير الدوارة حيث يتم خلط النفايات ومجانستها وحتى أحيانا تقطيعها وبنفس الوقت يتم تهويتها إما قسرياً في حالة المحطات الكبيرة أو طبيعياً من خلال ثقوب في الأسطوانات في

حالة المحطات ذات الكميات الصغيرة. ويمكن استخدام أسطوانات التخمير فقط للتخمير الرئيسي، حيث تستمر فترة بقاء المواد في الأسطوانة من 1 إلى 7 أيام. يبين الشكل (17-8) نموذج من نظام الأسطوانات الدوارة في محطات التحويل إلى كمبوست. ويمكن أن تسير العمليات وفق خطين مختلفين حتى مرحلة الإنضاج وذلك تبعاً للشركات المصممة لهذا النموذج.

الشكل 17 - 8
نموذج لنظام الاسطوانة الدوارة لتحويل النفايات
إلى كمبوست.

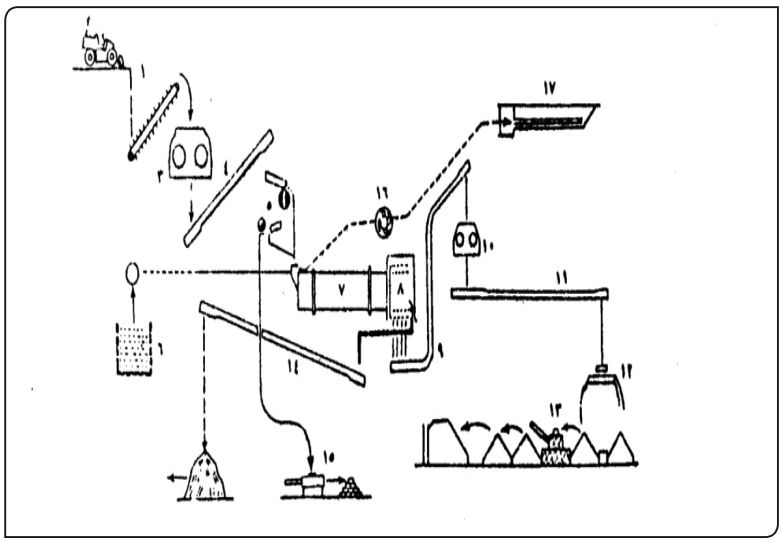


كما تضاف في بعض الحالات الحمأة الناتجة عن محطات تنقية مياه الصرف الصحي إلى النفايات المعدة للتحويل إلى كمبوست لزيادة نسبة مركبات النتروجين، كما في الشكل (17-9).

الشكل 17 - 9

المكونات الأساسية لمحطة تحويل النفايات إلى كمبوست

بنظام الأسطوانة الدوارة.



1. محطة الاستلام 2 . ناقل ذو عوأرض 3. مطحنة مطرقية بمحورين 4. نأقل سلسلي 5. مزيل المعادن المغناطيسي 6. خزان لحمأة مياه الصرف الصحي 7. الأسطوانة الدوارة 8 -غربال محوري 9. نأقل سلسلي 10. مطحنة مطرقية بمحورين 11. نأقل سلسلي 12. نأقل حزامي 13. مازج هوائي دوار 14. نأقل سلسلي للمرفوضات 15 . ضاغط المواد الحديدية 16 . مروحة 17 . مصفاة

و- انضاج نهائي لمحسنات التربة الناتجة (الكمبوست) لإيصالها إلى استقرار في درجة الحرارة والتخلص من الروائح ولتحويل كامل الأمونيوم إلى نترات، ولخفض حاجتها للأكسجين.

ز- تخزين الكمبوست الناتج وقد يتم فرز المادة الناتجة (الكمبوست) بالنخل والجزء ذو الأبعاد الكبيرة يعتبر منتوج من الدرجة الثانية.

د- احتياجات الهواء اللازمة لتحويل النفايات إلى كمبوست

في العمليات المصحوبة بتهوية قسرية مثل الأكوام الساكنة المهواة والمفاعلات الأسطوانية الدوارة، يكون احتياج الهواء الكلي ومعدل تدفق الهواء عاملين أساسيين في التصميم. وسنبين طريقة تحديد احتياج الهواء في التحويل إلى محسنات التربة.

بأهمال وجود الكبريت فإن المواد العضوية المعدة للتحويل إلى كومبوست تعطى بالصيغة CaHbOCNd، وباعتبار أن المنتوج النهائي يعطى بالصيغة CwHxOyNz فإن كمية الأكسجين اللازمة لتحقيق التثبيت الهوائي للمكونات العضوية في النفايات الصلبة البلدية يمكن تقديرها باعتماد المعادلة التالية:

$$CaHbOCNd + 0.5(ny+2s+r-c)\,O_2 \rightarrow CwHxOyNz + s\,CO_2 + r\,H_2O + (d-nx)\,NH_3$$

حيـــث

$$r=0.5(b-nx-3(d-nz))$$

$$s=a-nw$$

إذا تم التحويل الكامل للمادة العضوية فإن الصيغة الموافقة هي:

$$CaHbOCNd + (a+0.25b-0.5c-0.75d)\,O_2 \rightarrow a\,CO_2 + (0.5b-1.5d)\,H_2O + d\,NH_3$$

في كثير من الحالات يتأكسد النشادر الناتج إلى نترات وتدعى هذه العملية بالنترجة.

تطبيـــق عـــددي(17-1):

أحسـب الهواء اللازم لأكسدة 1 ton من النفايات ذات الصيغة الكيميائية التقريبية C50 H100 O40 N أكسدة كاملة لتحويلها إلى كومبوست.

علماً أن نسبة الأكسجين إلى الهواء هي 23.15 %، وأن كثافة الهواء1.2928 Kg/m^3.

الأوزان الذرية للعناصر هي: N=14 O=16 H=1 C=12

الحـــــل:

$$C50\ H100\ O40\ N + 54.25\ O2 \rightarrow 50\ CO_2 + H_2O + NH3$$

1354	1736	17
1000	X	Y

وينتـــج

$$NH_3 = Y = 12.56 Kg/ton \ ، \ O_2 = X = 1282\ Kg/ton$$

حساب الأكسجين اللازم لأكسدة الأمونيا:

$$NH3 + 2\ O_2 \rightarrow HNO_3 + H_2O$$

17 64

12.56 Z

وينتـــــج:

$$O_2 = Z = 47.3\ Kg/ton$$

حساب حجم الهواء اللازم:

كمية الأكسجين اللازمة:

$$1282 + 47.3 \rightarrow 1329.3\ Kg/ton$$

كمية الهواء اللازمة:

$$M = \frac{1329.3 \times 100}{23.15} \approx 5742\ Kg/ton$$

حجم الهواء اللازم:

$$V = \frac{5742\ (Kg/ton)}{1.2928\ (Kg/m^3)} = 4442\ m3/ton$$

هـ-تحديد أبعاد منشأة تحويل النفايات إلى كمبوست بالمكدسات الطويلة:

تتألف منشأة التحويل بشكل أساسي من حفرة استلام النفايات، ومن أجهزة فرم النفايات ومن سطوح التخمر والإنضاج النهائي.

- **سعة تخزين حفرة استلام النفايات:**

تصمم حفرة استلام النفايات لتستوعب من ضعف إلى ضعفي حجم النفايات الواصلة يومياً من البلدة. إذا لم تتوافر حفرة طبيعية فيمكن إنشاء وعاء بحجم يصل إلى 150م^3، أو تنشئ حفرة خرسانية مع آلية للنقل.

- **تـدفـق المنشـــأة:**

للأخذ بعين الاعتبار عدد ساعات العمل الأسبوعية في مصنع تحويل النفايات إلى محسنات التربة نحدد التدفق الساعي الأصغري الواجب معالجته في المنشأة خاصة في أجهزة الفرم.

نحصل على التدفق الساعي الأصغري اعتماداً على كمية النفايات الواصلة أسبوعياً وفق العلاقة:

$$QH = 1.2 \times \frac{tm_s}{DS}$$

حيث:

tm_s: كمية النفايات الواصلة أسبوعياً (طن).

DS: عدد ساعات تشغيل المصنع أسبوعياً وتحسب من العلاقة:

$$DS = 8M.N$$

حيث M : عدد أيام العمل في الأسبوع.

N: عدد ورديات العمل يومياً.

أما العامل 1.2 فيمثل مختلف التوقفات المحتملة (أعطال في جهاز الفرم... إلخ)، بينما في حالة التوقفات الطويلة المدة فيلجأ إلى تفريغ النفايات في مقلب مراقب مُنشَأ بجوار مصنع التحويل إلى كمبوست ويستلم المقلب المراقب أيضاً في حالة التشغيل الفعلي للمصنع، المرفوضات غير القابلة للتحلل الحيوي، والتي لم تسترجع لإعادة استغلالها، والتي تتراوح نسبتها بين (20-40)% ومن كتلة النفايات الواصلة.

- **مساحة السطوح اللازمة للتخمير والإنضاج في حالة المكدسات الطويلة:**

تتبع مساحة السطوح اللازمة لأسلوب التهوية، وعدد السكان، وكمية النفايات للشخص الواحد باليوم، كمية المواد العضوية التي تخضع للتحويل، الكتلة الحجمية للنفايات القابلة للتحلل يومياً، عرض الكومة، الحمولة المسموحة للنفايات في واحدة المساحة (متر مربع واحد) من مساحة التخمير، ولزمن المكوث على السطح.

تتراوح مدة التحلل في حالة التهوية الطبيعية للخطوط الطولية للنفايات بين شهرين وستة أشهر.

تعطى مساحة سطح التخمير بالعلاقة:

$$S = \frac{m.\ n}{Q}$$

حيث : m :كتلة النفايات اليومية المعدة للتحويل إلى محسنات التربة (طن).

n : عدد أيام مكوث النفايات في ساحات التخمير.

Q : الحمولة المسموحة (طن/م^2).

في حالة التهوية الطبيعية تأخذ Q قيمة مساوية (0.75) طن/م 2 أثناء مرحلة التخمير، وفي مرحلة الانضاج تقبل حمولة مسموحة قدرها (1.5) طن/م^2. أما في حالة التهوية القسرية فيتراوح زمن مكوث النفايات بين (4-15) يوماً، وتؤخذ الحمولة المسموحة بقيمة (1)طن/م^2، وفي مرحلة الانضاج فتقبل حمولة مسموحة قدرها (1.5)طن/م^2.

تطبيــق عــددي (17-2):

أحسب مساحة الساحة اللازمة لاستيعاب مكدسات النفايات التي يخلفها سكان بلدة لتنفيذ تحويل النفايات إلى محسنات التربة باعتماد أسلوب التهوية الطبيعية بالتقليب الطولي ثم بالتقليب العرضي، علماً أن عدد سكان البلدة 60 ألف نسمة ويخلف الشخص الواحد 1 25Kg/day منها 1.00 كيلو غرام في اليوم مواد عضوية تفصل لتخضع للتحويل، الكتلة الحجمية للنفايات القابلة للتحويل $0.375ton/m^3$، تنفذ مكدسات النفايات بعرض 4m عند القاعدة والحمولة المسموحة للنفايات في واحدة المساحة من مساحة التحلل الهوائي، $0.75ton/m^2$.

الحـــل:

نحسب كمية النفايات القابلة للتحويل والتي يخلفها سكان البلدة يومياً:

$$60000 \times 1 = 60 \text{ ton}$$

المساحة الأساسية اللازمة للمكدسات يومياً = $\frac{\text{• كتلة النفايات القابلة للتحلل يومياً}}{\text{• الحمولة المسموحة}}$

$$= \frac{60}{0,75} = 80 \text{ m}^2$$

لنحسب ارتفاع الكومة = $\frac{\text{• الحمولة المسموحة بالمتر المربع}}{\text{• الكتلة الحجمية للنفايات}}$

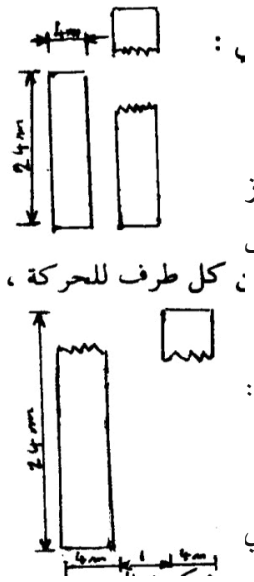
$$\frac{0,75}{0,375} = 2 \text{ m}$$

لنحسب طول الكومة الأساسي اللازم يومياً = $\frac{\text{• المساحة اللازمة يومياً}}{\text{• عرض الكومة}}$

$$= \frac{80}{4} = 20 \text{ m}$$

بما أن عرض الكومة في القمة أدنى من عرض الكومة في القاعدة لذلك يجب زيادة طول الكومة الأساسي بنسبة 20 % لتعويض هذا الفارق في العرض.

الطول الأساسي يصبح $1.20 \times 20 = 24$ m



آ. حالة التقليب الطولي للمكدسات

في هذه الحالة يضاف لطول الكومة 5 أمتار لإنجاز التقليب الطولي. ويضاف أيضاً للطول 7 متر من كل طرف لتسهيل الحركة،

وبالتالي يصبح الطول الكلي اللازم للكومة اليومية:

$24 + 5 + 2 \times 7 = 43$ m

لنحسب العرض الكلي اللازم لإنجاز التقليب الطولي للمكدسات.

بما أن عرض الكومة الواحدة 4m ويضاف للعرض مسافة 1m بين الكومة والأخرى فيصبح العرض اللازم 5m، وبما أن مدة التخمر في الساحة 30 يوم فيكون العرض اللازم: $30 \times 5 = 150$ m

يضاف لهذا العرض مسافة 7m من كل طرف ليصبح العرض الكلي:

$150 + 2 \times 7 = 164$ m

أي أن المساحة اللازمة لساحة التخمير في حالة التقليب الطولي:

$43 \times 164 = 7052$ m^2

ب. حالة التقليب العرضي للمكدسات:

طول الكومة الكلي = طول الكومة الأساسي 24 m + 7 أمتار من كل طرف للحركة، أي طول الكومة الكلي: $24 + (2 \times 7) = 38$ m

عرض الكومة الكلي = عرض الكومة الأساسي + المسافة بين الكومتين،

أي عرض الكومة الكلي: $4 + 1 = 5$ m

بما أن مدة المكوث للتخمر في الساحة 30 يوم فيلزم إذن 30 كومة ويضاف 4 مساحات مكدسات لتحقيق التقليب العرضي. فيكون العرض:

$$34 \times 5 = 170 \text{ m}$$

ويضاف للعرض مسافة 7m من كل طرف لسهولة التشغيل فيصبح العرض الكلي:

$$170 + 2 \times 7 = 184 \text{ m}$$

فتكون المساحة اللازمة لساحة التخمير في حالة التقليب العرضي:

$$38 \times 184 = 6992 \text{ m}^2$$

17 - 5 - 2 تحويل النفايات الصلبة إلى الغاز الحيوي بالهضم الميكروبي اللاهوائي

إن معالجة النفايات الصلبة الحاوية على مواد عضوية هوائيا وتحويلها إلى كمبوست يترافق مع استهلاك للطاقة حيث أن إزالة كل كيلوغرام من التلوث الكربوني تتطلب حوالي 2 كيلوغرام من الأكسجين، يمكن معالجة النفايات الصلبة بالهضم اللاهوائي الذي ينتج أيضا مادة جافة تستخدم كمحسنات للتربة، إضافة لإنتاج الغاز الحيوي الذي. يتم استرجاعه والإفادة منه كمصدر للطاقة.

ينتج عن الهضم اللاهوائي لكل طن من المادة الجافة في النفايات كمية من الغاز الحيوي تتراوح بين 350 ـ 700 م^3 تبعاً لنسبة المركبات العضوية في النفايات. القيمة الحرارية الدنيا لغاز الميثان تبلغ حوالي 6500 كيلو كالوري/ م^3.

أ-ميزات تكنولوجيا الهضم اللاهوائي للنفايات الصلبة

تتعامل تكنولوجيا الهضم اللاهوائي مع نفايات عضوية التي تحمل ميكروبات ممرضة، والمعالجة بالهضم اللاهوائي يتميز بـ القضاء على تلوث البيئة الناتج عن التخلص العشوائي من النفايات.

الحصول على كميات كبيرة من الغاز الحيوي يمكن بوساطتها تشغيل عنفات غازية، وتوليد طاقة كهربائية تسأهم في حل مشكلة الطاقة.

الحصول على سماد ذي قيمة تخصيبية عالية حيث يمكن تجفيفه وبيعه، وهذه الفائدة تجعل المشروع اقتصاديا، وتعود العملية على الاقتصاد الوطني بفوائد جمة.

القضاء على الأضرار الصحية للنفايات حيث يقضي الهضم اللاهوائي على نسبة % 99.9 من الجراثيم والطفيليات الموجودة في النفايات قبل هضمها.

توفير فرص عمل جديدة في عملية انشاء وصيانة منشآت الهضم اللاهوائي.

ب-مراحل تكوين الميثان في الهضم الميكروبي اللاهوائي للنفايات

ينتج غاز الميثان عن الهضم اللاهوائي بفضل تعايش تكافلي بين عائلتين من الأحياء الدقيقة هما البكتريا الصانعة للحموض Acidogenes والبكتريا الصانعة للميتان.Methanogenes

يوصف التعايش التكافلي بين هذان النوعان من الأحياء الدقيقة بمرحلتي تطور.

-حل المواد العضوية وتشكيل حموض عضوية

يتم في البداية حل المادة العضوية بوساطة بكتريا خاصة فتتحول السكريات العديدة إلى سكريات أحادية وثنائية وتتحول البروتينات إلى أحماض أمينية وتتحول الدهون إلى حموض دهنية طويلة، بعد ذلك تقوم البكتريا الصانعة للحموض Acidogenese بتحويل المواد المنحلة إلى حموض عضوية طيارة (حمض النمل، حمض الزبدة، حمض الخل...) واسيتات

تحويل الحموض العضوية والاسيتات إلى غاز الميثان

تستخدم الحموض العضوية الطيارة كركيزة Substrate للبكتريا الصانعة للميتان Methanogenese وينتج غاز الميثان، كما يظهر في الشكل أدناه (17-10)

الشكل 17 - 10

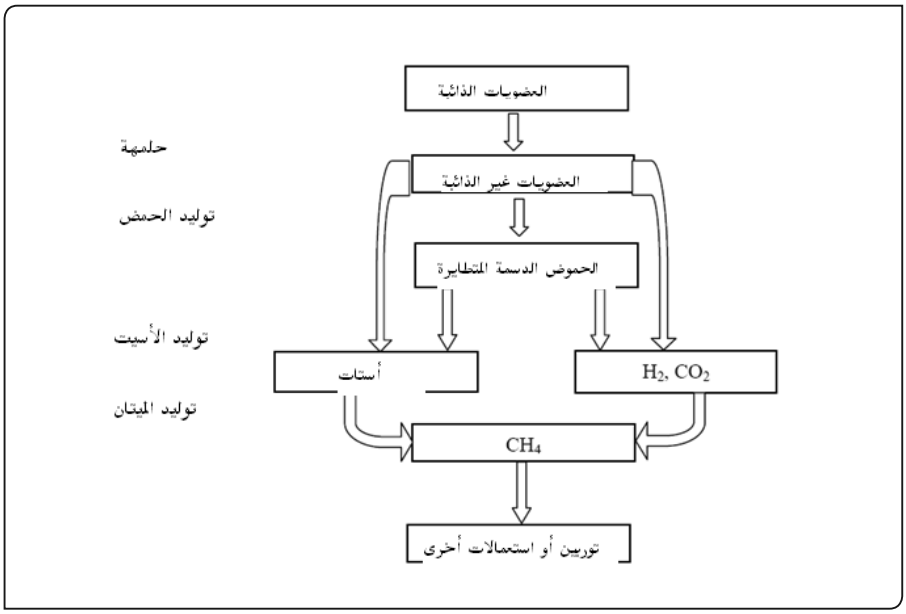
مراحل تكوين الميثان في

الهضم الميكروبي اللاهوائي للنفايات

وتلخص هذه المراحل بالمعادلة التالية:

بكتريا ميتانية بكتريا حمضية

$$C6H12O6 \rightarrow 3\,CH_3COOH \rightarrow^{\circledR} 3\,CH_4 + 3CO_2$$



ينفذ الهضم الميكروبي اللاهوائي ضمن أوعية معزولة عن الهواء تدعى هاضمات. إن كل خلل في التوازن بين سرعتي تصنيع الحموص العضوية الطيارة وتفكيكها يضر بالتشغيل الجيد للهاضمة خاصة وأن البكتريا الصانعة للميتان حساسة جداً للشروط الحامضية ويتم الحفاظ على التوازن بين هاتين السرعتين بتوفير شروط دقيقة ومناسبة للوسط البيولوجي.

ج-إنتاج الغاز الحيوي من النفايات الصلبة

توصف عملية هضم النفايات العضوية بأن المدخلات هي المادة العضوية

والماء والمخرجات هي المادة العضوية المتبقية وغاز الميثان وغاز ثاني أكسيد الكربون وغاز النشادر.

ومن أجل الأغراض العملية كل تحولات المكونات العضوية من النفايات الصلبة إلى ميتان وثاني أكسيد الكربون والنشادر يمكن أن تعطى بالمعادلة التالية:

$$CaHbOCNd \rightarrow n\ CwHxOyNz + m\ CH_4 + c\ CO_2 + r\ H_2O + (d - nx)\ NH_3$$

- حيث :

$$R = c - ny - 2s$$

$$s = a - nw - m$$

- إن الصيغة CaHbOCNd تمثل المادة العضوية الداخلة إلى عملية الهضم والتحلل اللاهوائي، أما الصيغة CwHxOyNz فإنها تمثل المادة العضوية الناتجة في نهاية الهضم.

- وإذا تم تحليل مجمل المادة العضوية الداخلة في التفاعل فإن التفاعل يعطى بالعلاقة التالية:

$$CaHbOCNd + (a - 0.25b - 0.5c - 0.75d)\ H2O \rightarrow (0.5a + 0.125b - 0.25c - 0.375d)\ CH4 + (0.5a - 0.125b + 0.25c + 0.375d)\ CO2 + d\ NH3$$

تطبيــق عــددي(17-3)

عين الكمية النظرية الكلية للغازات (الميثان وثاني أكسيد الكربون) التي يمكن أن تنتج عن هضم لا هوائي لواحدة الوزن من النفايات الصلبة، إذا علمت أن الصيغة الكيميائية للمادة العضوية الداخلة إلى الهاضمة بإهمال عنصر الكبريت وبدون ماء $C60H94.3O37.8N$، وزن المادة العضوية الكلية متضمنة الرطوبة في 100 ليبرة نفايات صلبة هو 79.5 ليبرة، ووزن المادة العضوية بدون الرطوبة 58.1 ليبرة.

الحـــل

تحديد الكمية الكلية من النفايات العضوية الجافة القابلة للتحلل بفرض أن 5 % من المواد القابلة للتحلل تبقى كرماد.

- $= (1 - 0.05)\ 58.1\ Lb = 56.0\ Lb$
- بما أن الصيغة الكيميائية المعطاة للنفايات العضوية

$C60H94.3O37.8N$

- فإن قيمة $a = 60$، $b = 94.3$، $c = 37.8$، $d = 1$

حساب كمية الغازات الناتجة:

تطبيق العلاقة:

$$CaHbOCNd + (a - 0.25b - 0.5c - 0.75d)\ H_2O \rightarrow (0.5a + 0.125b - 0.25c - 0.375d)\ CH4 + (0.5a - 0.125b + 0.25c + 0.375d)\ CO_2 + d\ NH3$$

أي

$$C60H94.3O37.8N + 18.28\ H_2O \rightarrow 31.96\ CH4 + 28.04\ CO_2 + NH3$$

نقوم بحساب الأوزان الجزيئية للمركبات الداخلة في التفاعل والناتجة عن التفاعل:

$$C60H94.3O37.8N + 18.28\ H_2O \rightarrow 31.96\ CH4 + 28.04\ CO_2 + NH_3$$

$$1433.1 + 329 \rightarrow 511.4 + 1233.8 + 17$$

$$56.0 + x \rightarrow y + z +$$

أي كمية غاز الميثان الناتجة عن هضم 56.0 ليبرة من المادة العضوية القابلة للتحلل .

$$y = (56.0).\ 511.4/1443.1 = 20.0\ Lb = 9.1\ Kg$$

وكمية غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن هضم 56.0 ليبرة من المادة العضوية القابلة للتحلل .

$$z = (56.0).\ 1233.8\ /1443.1\ = 48.2\ \ Lb = 21.9\ \ Kg$$

لنقوم بتحويل أوزان الغازات الناتجة عن الهضم إلى حجوم بفرض أن الوزن النوعي للميتان 0.0448 ليبرة/قدم مكعب، ولثاني أكسيد الكربون 0.1235 ليبرة/ قدم مكعب.

- حجم الميثان الناتج = الوزن/ الوزن النوعي

$$CH_4 = 20.0\ /0.0448\ = 446.4\ ft3$$

- حجم ثاني أكسيد الكربون الناتج = الوزن/ الوزن النوعي

$$CO_2 = 48.2\ /0.1235\ = 390.3\ \ ft3$$

- لنحسب النسبة المئوية للميتان في المزيج الغازي الناتج (الميثان+ ثاني أكسيد الكربون).

$$\%CH_4 = 446.4\ /446.4 + 390.3\ = 53.3\%$$

- ونسبة غاز ثاني أكسيد الكربون

$$\%CO_2 = 100 - 53.3 = \ 46.7\%$$

حساب الكمية الكلية للغاز المتولد (الميثان+ ثاني أكسيد الكربون) في واحدة الوزن من النفايات العضوية.

- بالاعتماد على الوزن الجاف للمادة العضوية في النفايات

$$(CO_2 + CH_4) = (\ 446.4 + 390.3)\ ft3\ /56\ Lb\ = 14.9\ ft3\ /Lb$$

- أي 0.93 متر مكعب/ كيلو غرام.

- بالاعتماد على وزن النفايات الصلبة الجافة (100 ليبرة)

$(CO_2 + CH_4) = (446.4 + 390.3)\ ft3\ /100\ Lb = 8.4\ ft3\ /Lb$

أي 0.52 متر مكعب/ كيلو غرام.

د- مراحل معالجة النفايات الصلبة ذات الرطوبة غير العالية في منشأة الهضم اللاهوائي

يتضمن معمل تحويل النفايات البلدية بأسلوب الهضم اللاهوائي ثلاثة مراحل رئيسية:

استلام النفايات الواصلة والمعالجة المسبقة، وتشمل هذه المرحلة عملية فرم النفايات وفصل للنفايات غير القابلة للتحلل الحيوي.

تحضير النفايات المفرومة وهضمها ضمن المفاعل اللاهوائي، وتتضمن هذه المرحلة تخزين مؤقت للنفايات العضوية المفرومة ضمن صومعة لتأمين تغذية مستمرة منتظمة لمفاعل الهضم اللاهوائي.

وبفضل التغذية المستمرة يمكن الحصول على معدل ثابت تقريباً من الغاز الحيوي طوال فترة تشغيل الهاضمة، وتكون نوعية الغاز الناتج ثابتة تقريباً، وقد ترفع نسبة رطوبة النفايات المفرومة المخزنة في الصومعة بوساطة السائل الناتج عن عملية نزح الماء عن المادة المهضومة المستخلصة في نهاية المفاعل للوصول إلى قيمة الرطوبة المثالية (65 %) لتسهيل إقلاع الهضم اللاهوائي. ويقدم الخليط بوساطة مضخة ويمر بمبادل حراري لرفع درجة الحرارة إلى القيمة المثالية (حوالي 60 درجة مئوية). ويدخل الخليط إلى مفاعل الهضم وتستمر عملية الهضم اللاهوائي للخليط لمدة 15 يوماً.

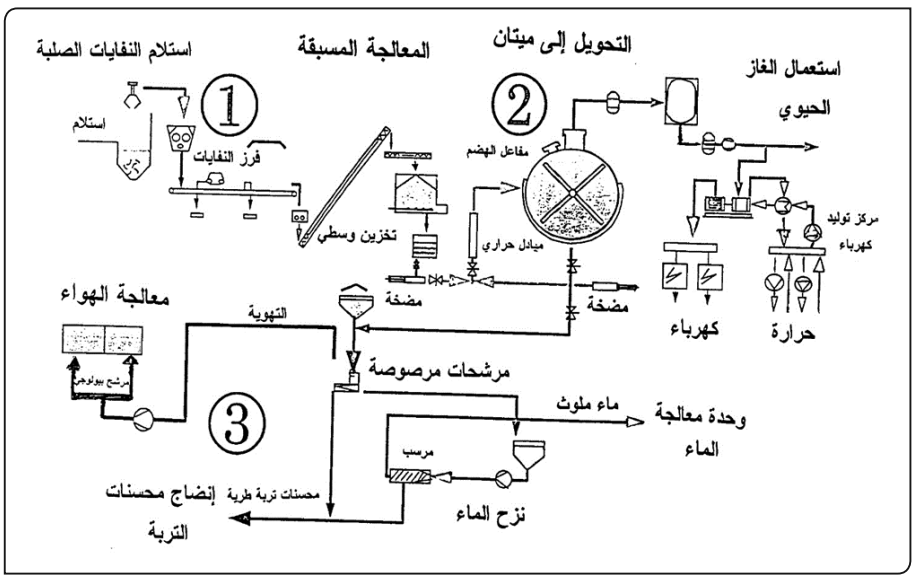
المعالجة اللاحقة، وتتضمن نزح الماء عن المادة المهضومة الخارجة من المفاعل

لتخفيض نسبة رطوبتها، ويمكن تحقيق ذلك باستخدام مرشحات مرصوصة كما في الشكل أدناه (17-11).

الشكل 17 - 11

مراحل معالجة النفايات الصلبة ذات الرطوبة غير العالية

في منشأة الهضم اللاهوائي



للتخفيف من إصدار الروائح في أماكن نزح الماء عن المادة المهضومة تنفذ عملية تهوية ويعالج الهواء الصادر عن هذه الأماكن باستخدام مرشحات بيولوجية. كما ويعالج الماء الناتج عن عملية النزح لتحسين نوعيته، ويخضع المنتج المنزوح الماء إلى إنضاج نهائي لتحسين مواصفاته، وتتبع تكنولوجيا ومدة الإنضاج لدرجة التثبيت المطلوبة للمادة العضوية.

17 - 6 تصميم نظام تصريف الغاز من مطامر النفايات
(Gas Venting System Design)

تعتبر مطامر النفايات مصدرا مهمًا لانبعاثات غازات الدفيئة، ويمكن بصفة خاصة التقاط الغاز الحيوي، و إن استرجاع الغاز الحيوي من مطامر النفايات ليس

مفيداً للبيئة فقط كونه يساعد في التخفيف من تغير المناخ، ولكنه يعد مصدراً للطاقة يشمل تطبيق غاز المطامر LFG الاستخدام المباشر في المراجل والاستخدامات الحرارية في الأفران (كالإسمنت والفخار والقرميد)، ومجففات الحمأة، وتبخير عصارة المكبات، وتوليد الكهرباء.

تختلف نوعية وكمية الغازات المتولدة في مواقع طمر النفايات المنزلية من موقع لآخر بل تختلف داخل الموقع الواحد من مكان لآخر، إلا أن غازات مواقع طمر النفايات المنزلية غالباً ما تتكون من أربعة غازات رئيسية هي غاز الميثان، وغاز ثاني أكسيد الكربون، وغاز النيتروجين، وغاز الأكسجين، وتقاس هذه الغازات بنسبة ما يشغله حجمها في الهواء، وتتولد بجانب الغازات الأربعة السابقة عدد آخر من الغازات والمكونات الكيميائية التي قد يتراوح عددها ما بين 100 إلى 1000 وتتواجد ضمن مجموعة غازات المواقع بتراكيز قليلة جداً أقل بكثير من الحدود المسموح بها وتقاس بجزء من المليون ppm أو بجزء من المليار ppb، ومنها (Volatile(VOC Organic Compounds مجموعة من المركبات العضوية المتطايرة، والمركبات الهيدروكربونية الحلقية أو الكلورية، كما أنها تحتوي أيضاً على نسبة من الأحماض العضوية وغير العضوية وكبريتيد الهيدروجين....الخ، وتعتمد إمكانية التعرف على المكونات على طرائق وأجهزة القياس والتحاليل المستخدمة.

وتختلف تراكيز ونوعية الغازات والفترة الزمنية لاستمرار تولدها بمواقع طمر النفايات المنزلية على عدة عوامل، منها ما يلي:

- كمية ونوعية مكونات النفايات التي يتم ردمها بالموقع، خاصة نسبة المواد العضوية بالنفاية فتولد كل من غاز الميثان أو غاز ثاني أكسيد الكربون يعتمد على تركيب ومكونات النفاية نفسها، فالنفايات الورقية عند تحللها ينتج عنها 51% غاز ميثان بالإضافة إلى 49 % غاز ثاني أكسيد الكربون، بينما يتولد عن النفايات الدهنية Fats غازات تتكون من 71% غاز الميثان بالإضافة إلى 29 % غاز ثاني أكسيد الكربون أي أن مكونات الغازات المتولدة يعتمد على معدل التحلل لكل مكون من مكونات النفاية على حدة.

- أسلوب الطمر المتبع، ونوعية المواد المستخدمة كطبقات عازلة بين طبقات النفايات في عملية الطمر اليومي.
- الرطوبة النسبية للنفايات بالمواقع حيث أن عملية تحلل النفايات تكون لاهوائية Anaerobic وتتأثر بنسبة الرطوبة فيها، فكلما زادت الرطوبة ضمن حدود كلما زادت عملية التحلل وزادت معها معدلات تولد الغازات، وعندما تصل الرطوبة النسبية في النفايات لحوالي 40 % تكون مناسبة لعملية التحلل.
- الرقم الهيدروجيني pH للنفايات لأن عملية التحلل تتم بواسطة البكتريا التي تعيش في الوسط المناسب لها، فمثلاً غاز الميثان يتولد عند رقم هيدروجيني بالنفايات يتراوح ما بين 6.4-7.4.
- تتم عملية التحلل البكتيري عند درجات الحرارة المناسبة والتي تتراوح ما بين 29-37 درجة مئوية.
- نسبة الأكسجين بالمواقع حيث إن زيادة نسبة الأكسجين بالمواقع يحول عملية التحلل البكتيري من تحلل لاهوائي إلى تحلل هوائي مما يقلل من معدلات التحلل. ومن العوامل التي قد تزيد من نسبة الأكسجين بالمواقع إمكانية دخوله للمواقع أثناء عملية استخلاص الغازات، أو أثناء إعادة العصارة المتولدة بالمواقع وذلك بعد معالجتها للمواقع مرة أخرى حيث تحتوي هذه العصارة على كمية من الأكسجين.

17-6-1 مراحل تولد غازات مواقع طمر النفايات المنزلية:

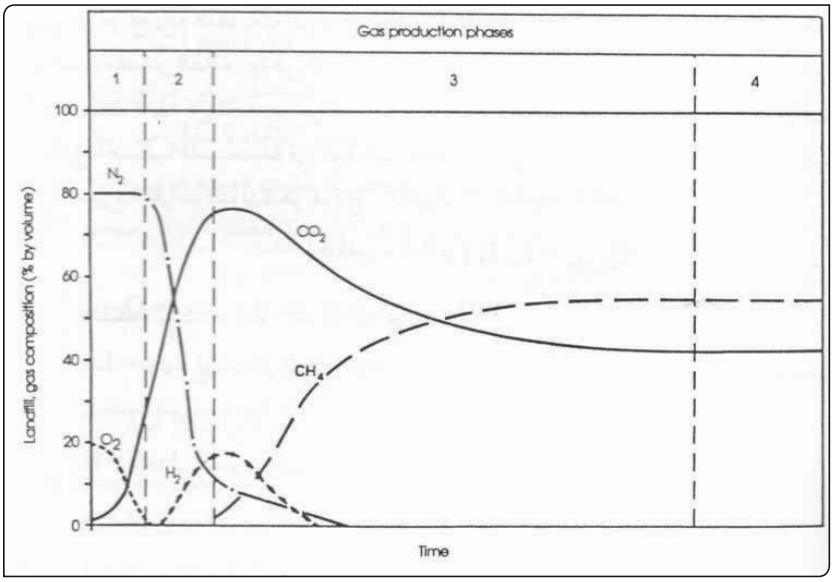
- **تولد غازات مواقع طمر النفايات المنزلية وفقاً لمنحنى تولد الغازات على عدة مراحل وكما هي مبينة بالشكل أدناه (17-12) على النحو التالي:**
  - **المرحلة الأولى:** تبدأ بعد عملية الردم حيث تكون عملية التحلل هوائية لاستهلاك الأكسجين بالهواء الموجود بين مسام النفايات، حيث يبدأ هذا الهواء في التحول وبسرعة إلى غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء.
  - **المرحلة الثانية:** خلال الشهور الأولى وبعد استهلاك الأكسجين من المواقع

تبدأ كمية من النفايات في التحلل لاهوائياً، ويتولد في هذه المرحلة زيادة من غاز ثاني أكسيد الكربون، وغاز الهيدروجين، ونسبة قليلة جداً من غاز الميثان، لأن أي زيادة في نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون سوف يقابلها نقص في كمية غاز الميثان، وتصل تراكيز غاز الهيدروجين خلال الشهور الأولى إلى حوالي 20 % من الحجم الكلي للغازات المتولدة بالمواقع.

- **المرحلة الثالثة:** هذه المرحلة تبدأ بعد فترة تتراوح من 6-12 شهر وهي مرحلة تحلل لاهوائي غير مستقرة، يحدث فيها نقص في كمية غاز ثاني أكسيد الكربون والهيدروجين يقابلها زيادة في كمية غاز الميثان، ونسبة غاز الميثان في هذه المرحلة وكما هو مبين بالمنحنى تتراوح ما بين 45-60%، وتزيد تراكيز غاز الميثان إلى أن تصل لحوالي 65% من الحجم الكلي للغازات المتولدة بالمواقع وتقل غازات ثاني أكسيد الكربون.
- **المرحلة الرابعة:** عندما تصل تراكيز غاز الميثان لأقصى حد فإنه يكون هناك حالة من استقرار الموقع وتستمر هذه الحالة في تولد خليط من غاز الميثان وثاني أكسيد الكربون لعدة سنوات، وتتوقف الفترة الزمنية لتولد غاز الميثان بأقصى حد على كمية ونوعية ومساحة وعمق الموقع، وترجع الروائح الأخرى الموجودة بالمواقع لتولد غاز كبريتيد الهيدروجين، أو رائحة حمض الكربوكسليك Carboxylic Acids الموجودة في العصارة وبكميات قليلة جداً في الغازات المتولدة بالمواقع.

الشكل 17 - 12

منحنى تولد الغازات في مطمر نفايات تبعا للزمن.



ولقد بينت نتائج بعض الدراسات التي أجريت على الغازات المتولدة من مواقع طمر النفايات المنزلية الصلبة، أن كمية غازات المطمر LFG المتولدة بالمواقع تتراوح ما بين 0.6-8.7 لتر من الغاز /كيلو غرام نفاية/السنة، وقد أوضحت نتائج إحدى الدراسات على غاز الميثان المتولد من المواقع أن معدل تكونه بالمواقع يتراوح ما بين 60-170لتر غاز/لكل كغ نفاية جافة، وقد تستمر المواقع في تولدها لهذا الغاز وبهذه الكمية لفترة زمنية تتراوح من 10-20 سنة، أو قد يستمر الموقع لأكثر من مائة عام حسب مساحته وعمقه ونسبة المواد العضوية في النفايات. وأثبتت نتائج الدراسات أن الغازات المنتشرة من جوانب موقع طمر النفايات والمنبعثة إلى الهواء من خلال الطبقة السطحية المغطاة للمواقع تتراوح ما بين 390-630 كغ غاز /م^2/السنة.

ونظراً لأن غاز الميثان كثافته أقل من كثافة الهواء الجوي حيث تبلغ الكثافة النوعية لبخاره لحوالي 60% كثافة الهواء الجوي، لذا فإنه يصعد للأعلى ويتواجد في الطبقات العليا من مواقع طمر النفايات، ويكون من السهل تجميعه والتخلص منه بانبعاثه Vented للهواء الجوي، أو حرقه باستخدام شعلة احتراق Flare أو الاستفادة منه كإحدى مصادر الطاقة.

أما غاز ثاني أكسيد الكربون فتكون حركته لأسفل لأن كثافته أثقل من كثافة غاز الميثان والهواء الجوي معاً، وتكون تراكيزه عالية في الطبقات السفلى من مواقع طمر النفايات المنزلية، وقد يبقى بها لعدة سنوات وربما تستمر حركته في الاتجاه لأسفل حتى يصل لطبقة المياه الجوفية المتواجدة بالمنطقة، مما يجعلها حمضية بسبب ذوبانه فيها مكوناً حمض الكربونيك الذي يسبب عسراً للمياه ويؤدي لإذابة الأحجار الجيرية أو أي صخور أخرى وزيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة في المياه.

وهناك العديد من النماذج الحسابية والدراسات التي أجريت لتقدير كمية الغازات المتولدة بمواقع طمر النفايات المنزلية وخاصة غاز الميثان وذلك لأهمية استرجاعه والاستفادة منه كأحد مصادر الطاقة. ولكن عملية الدقة في تقدير وحساب الكمية تتفاوت من نموذج لآخر وذلك لتداخل العديد من العوامل التي تؤثر في العملية، ولكن من أشهر وأفضل النماذج الحسابية المستخدمة في الولايات المتحدة الأمريكية لحساب معدل تولد غاز الميثان من مجموع الغازات المتولدة هو نموذج «كانيون» Scholl Canyon المبين :

$$QCH4 = LoR \{e-(kc)-e-(kt)\}$$

QCH4= معدل تولد غاز الميثان في زمن (t) م ^{3} ميثان/السنة.

Lo= جهد تولد غاز الميثان بالنفاية م ^{3} ميثان/طن نفاية.

(يعتمد على نسبة المواد العضوية القابلة للتحلل بالنفاية)

R= المعدل السنوي للنفايات التي تم ردمها بالموقع طن نفايات/السنة.

K= ثابت معدل حركة تولد الميثان سنة -1

t = تاريخ تشغيل الموقع سنة

c = تاريخ إغلاق الموقع سنة

يجب التحديد منذ البداية فيما إذا كان سيستخدم نظام سلبي أو فعال من أجل تصريف الغاز، ولاختيار نظام أو آخر يجب اعتبار النقاط التالية:

1. **تصميم حقل الطمر:** احتمال تسرب الغاز من حقول طمر ذات نموذج تنقية طبيعية هو أكبر منه في حقول ذات نموذج محجوز.

2. **نوع التربة المحيطة بحقل الطمر:** يمكن أن يحصل تسرب الغاز خلال التربة الرملية بسهولة أكبر من التربة الغضارية.

3. **بعد المكان المغلق الممكن استخدامه** (البيوت، المخازن....) القريب من الحقل، يمكن أن يتسرب غاز الحقل إلى مسافة (150m(500 ft أو أكثر، وأي مكان مغلق ممكن استخدامه ضمن مجال (300m(1000ft من الحقل يجب أن يزود بجهاز إنذار لتركيز غاز الميثان.

4. **احتمال الاستعمال المستقبلي للحقل.**

5. **نوع النفايات:** يعتمد توليد الغاز على نوعية المخلفات.

17 - 6 - 2 التقاط غاز المطامر

تتضمن عملية التقاط غاز مطامر النفايات تغطية جزئية لمكب النفايات وإدخال أنظمة الالتقاط.

يتم سحب الغاز من آبار التجميع إلى رأس المجموعة وإرسالها إلى المعالجة في اتجاه المصب بمساعدة منفاخ. اعتمادًا على معدل تدفق الغاز والمسافة إلى عمليات التكرير، سيختلف عدد المنافيخ أو حجمها أو نوعها. سيتم حرق الغاز الزائد في ظروف مفتوحة أو مغلقة.

أ- نظام التصريف السلبي (Passive Venting System)

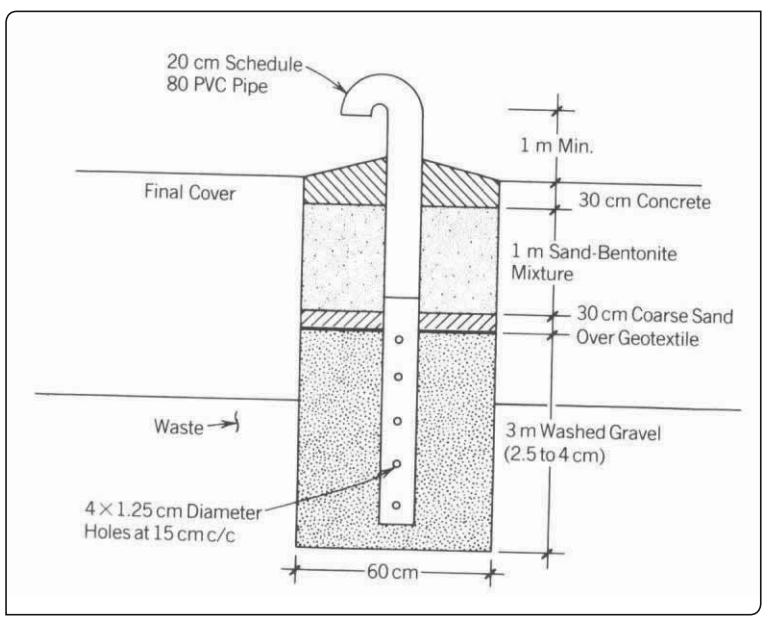
تركب مثل هذه الأنظمة عندما يكون تولد الغاز ضعيفاً وهجرة أو تسرب الغاز إلى مكان بعيد غير متوقع، وبشكل أساسي فإن التصريف السلبي ملائم لحقول طمر النفايات البلدية الصغيرة ($40\ 000\ m^3$) ولمعظم حقول الطمر المحجوزة وغير البلدية.

يمكن أن يتألف نظام التصريف من سلسلة من فتحات الغاز المفردة كما يظهر في الشكل أدناه 17 - 13، ولا يوجد نهج تصميمي متوفر من أجل حساب عدد الفتحات المطلوب، ولكن ثقب واحد لكل ($7500m^3$ ~ 10000yd3) من النفايات يكون كافياً.

في بعض الأحيان تتصل هذه الثقوب المعزولة بأنبوب مثقب مطمور في طبقة التسوية، كما في الشكل أدناه (17-13).

الشكل 17 - 13

تفصيل نموذجي لمصرف غاز معزول.

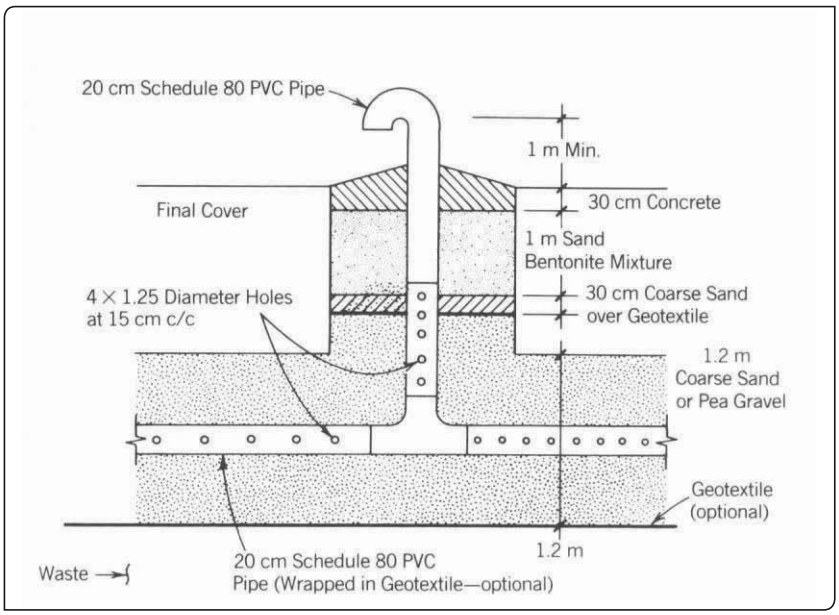


ب-نظام التصريف الفعال (Active Venting System)

يتألف نظام التصريف الفعال من سلسلة من آبار الاستخراج العميقة التي تتصل بأنبوب رئيسي إلى منفاخ، حيث يحول الغاز أيضاً من أجل إعادة استخدام الطاقة أو ينقل إلى محرق بعيد أو يطلق ببساطة إلى الجو كما في الشكل أدناه (17-14). [131].

الشكل 17 - 14

تفصيل نموذجي لنظام تصريف الغاز مع أنبوب رئيسي.



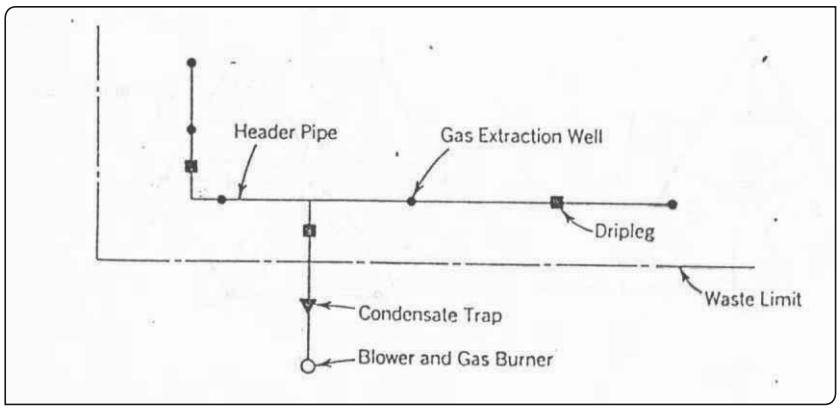
تعتمد إمكانية إطلاق الغاز إلى الجو بدون حرق على ما يلي:

1. **المكونات الكيميائية للغاز:** إذا كانت ملوثات الهواء الخطرة مثل كلورايد الفينيل أو البنزين (Viny1 Chloride or Benzene) موجودة فإن حرق الغاز هو الخيار الأفضل، وإذا كانت هذه الملوثات غير موجودة فإن إطلاق الغاز إلى الجو ربما يكون مقبولاً في بعض الحالات وليس في كلها، وعلى كل فإن الوكالة المنظمة تقرر فيما إذا كان إحراق الغاز إلزامياً.
2. **موقع حقل الطمر:** إذا وقع حقل الطمر قرب أو ضمن تجمع عمراني فعندئذٍ يكون حرق الغاز ضرورياً لإن للميتان رائحة خاصة به ربما تسبب حالة مؤذية أو مزعجة.

يبين الشكل أدناه (17-15) مخطط نظام تصريف غازات فعال، حيث يتضمن عناصر النظام، أما تصميم هذه العناصر فهو موجود في الفقرات التالية.

الشكل 17 - 15

تخطيط نموذجي لعناصر نظام التصريف الفعال للغاز الحيوي.

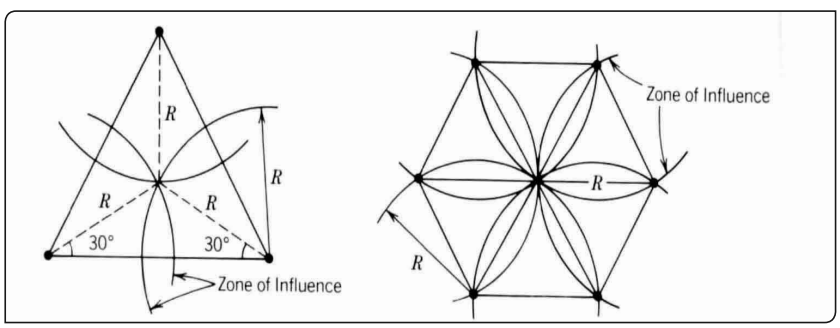


بئر الاستخراج Extracting well : التباعد بين آبار الاستخراج هو المسألة الرئيسية في استخراج غاز حقل الطمر بشكل كاف، ويجب أن تتباعد الآبار إلى حد تداخل مناطق تأثيرها، كما هو موضح في الشكل (17–16) يمكن تحقيق تداخل بنسبة 27 % بتركيب آبار الاستخراج في زوايا مثلث متساوي الأضلاع بطول 1.73 R للضلع، ويمكن تحقيق تداخل بنسبة 10 % بتركيب آبار الاستخراج على زوايا مسدس منتظم بطول R للضلع، كما يعطي نظام المربع تداخل بنسبة 60 % وهكذا، فإن التباعد بين آبار الاستخراج يعطى بالعلاقة:

$$\text{Spacing} = (2\text{-}O_I / 100)\, R$$

الشكل 17 - 16

توضع آبار استخراج الغاز من أجل تداخل كامل.



a- نظام مثلثي.

b- نظام مسدسي. تشير النقاط (الدوائر) المجسمة إلى مواضع آبار استخراج الغاز .

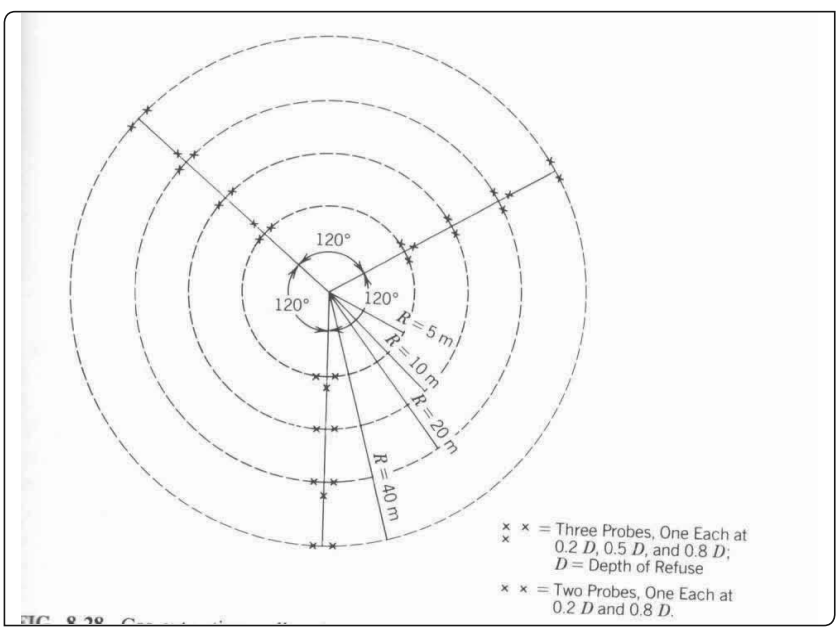
حيث R- نصف قطر التأثير لآبار استخراج الغاز و O_I التداخل المطلوب.

يجب أن تحدد منطقة تأثير نظام استخراج الغاز من الدراسة الحقلية الفعلية، ويجب أن يركب بئر الاستخراج داخل حقل الطمر مع مسابر غاز (Gas Probes) على مسافات منتظمة من البئر (الشكل 17-17) وتجري اختبارات دورية قصيرة (Short – term tests) و/أو اختبارات دورية طويلة (Long– term tests) لتصميم نظام الاستخراج الفعال، تجري اختبارات الاستخراج القصيرة عادة من أجل 48hours إلى عدة أيام، وتكون فعالة عندما يكون المفهوم هو تصميم نظام استخراج لتقليل أو تسرب أو هجرة غاز حقل الطمر.

الشكل 17 - 17

ترتيب بئر استخراج الغاز مع مجموعة المسابر

من أجل تحديد منطقة التأثير.



يستخدم الاختبار الدوري الطويل لمحاكاة شروط المشروع بشكل كامل، وتباعد المسابر المقترح موضح في الشكل (17-17) أما آبار الاستخراج فيجب أن تتغلغل إلى 80 %-90 % من سماكة المخلفات أو أقل من 70 %-80 % من البئر فيجب أن يثقب، ويجب أن يضخ البئر كل 48hours على الأقل وبعدئذ يراقب الضغط على كل المسابر لثلاثة أيام متوالية وعلى الأقل مرتين في اليوم، والمسابر الأقرب إلى البئر تظهر الضغط السالب الأعظمي والذي ينخفض بسرعة تبعاً للبعد.

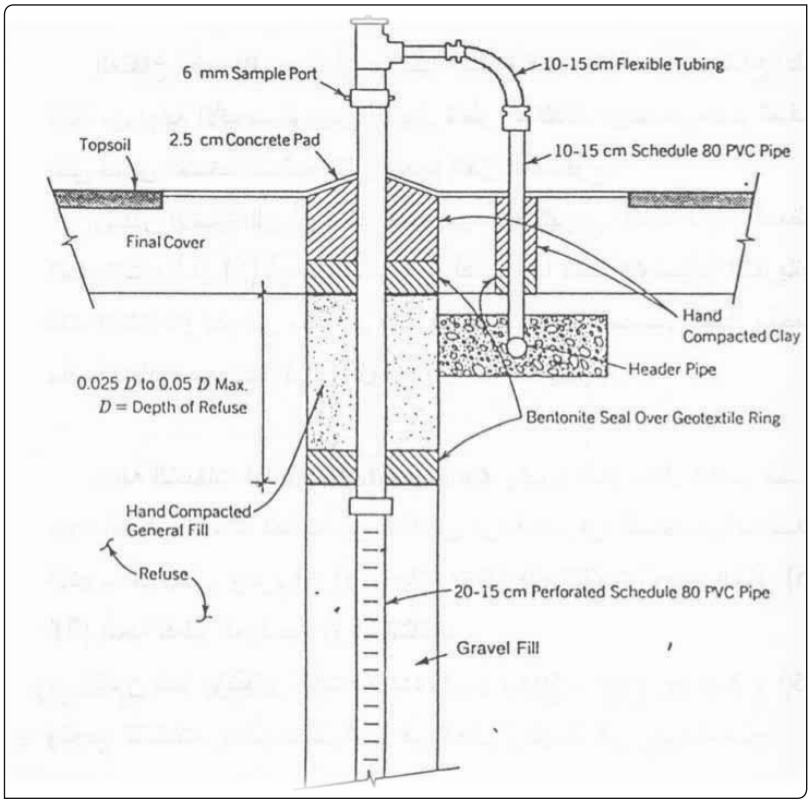
نصف قطر التأثير هو نصف القطر الذي يكون عنده الضغط مساوياً الصفر تقريباً، وفي حال غياب معطيات تجريبية فإنه يمكن استخدام نصف قطر تأثير مساوياً (150 ft) 45m.

يظهر الشكل أدناه (17-18) تفصيلات بئر استخراج غاز نموذجي ويستخدم بئر مع ترتيبات لفصل العصارة عندما يتوقع تعاظم ارتفاعها نسبياً (4 ft) 1.2 m أو أكثر.

الأنبوب الرئيسي Header Pipe تستخدم أنابيب بلاستيكية غير مثقبة (Non perforated) بقطر (15-20Cm) لتصل آبار الاستخراج إلى المنفاخ (Blower) وربما يزداد قطر الأنبوب لإنقاص الضياع الرئيسي الناشئ عن الاحتكاك، وتطمر هذه الأنابيب في خنادق مملوءة بالرمل كما في الشكل أدناه (17-19)، وإذا تم استخراج العصارة من الحقل مع استخراج الغاز، عندئذ يمكن أن يطمر أنبوب تصريف العصارة في نفس الخندق، تستخدم أنابيب PVC أو أنابيب HDPE للأنابيب الرئيسية. والأنابيب الرئيسية يجب ألا تكون مثقبة فالضياع الرأسي من خلال هذه الثقوب مرتفع وسيحتاج إلى منفاخ ذي طاقة مرتفعة بشكل كبير بدون زيادة كبيرة من حجم الغاز المستخرج.

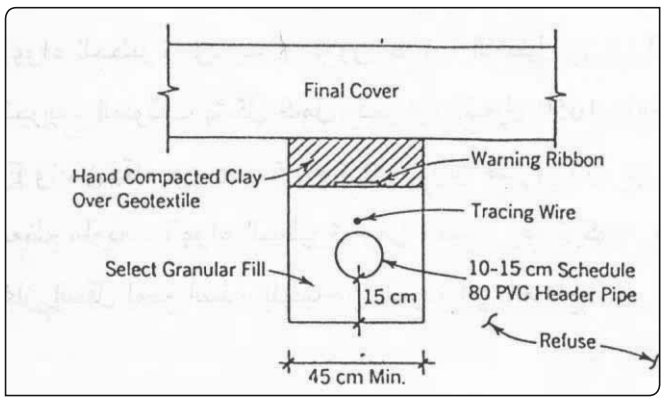
الشكل 17 - 18

نموذج تفصيلي لبئر استخراج الغاز.



الشكل 17 - 19

نموذج تفصيلي للأنبوب الرئيسي لاستخراج الغاز وخندق.



المنفاخ Blower : يجب أن يركب المنفاخ في سقيفة على ارتفاع أعلى قليلاً من نهاية الأنبوب الرئيسي لتسهيل تقطر المكثفات، ويصمم حجم المنفاخ على أساس الضغط السالب الكلي وحجم الغاز المستخرج.

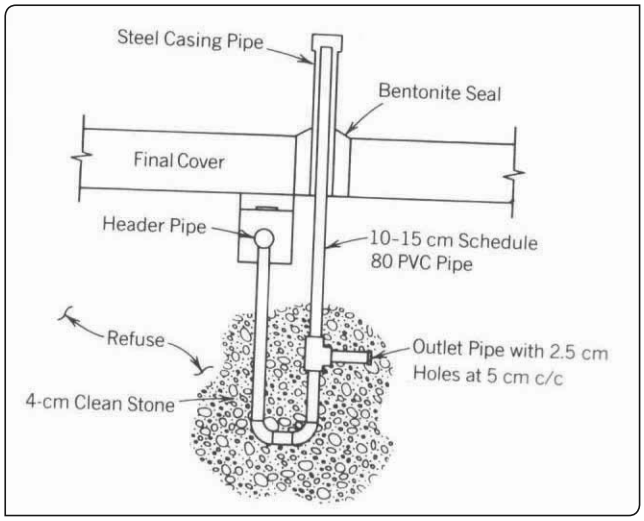
وتجدر الإشارة إلى أن هناك حاجة لتوصيلة كهربائية بثلاثة فازات لمعظم المحركات بطاقة (5) أحصنة بخارية أو أكثر، وإذا كانت التوصيلة الكهربائية ذات الثلاثة فازات غير متاحة في الموقع عندئذ يجب تصميم النظام بأجهزة ماصة تتطلب محركات قوتها أقل من (5) أحصنة بخارية.

إزالة التكثفات Condensate Removal : يكون غاز حقل الطمر مشبعاً حيث تتشكل التكثفات الناشئة عن انخفاض درجة الحرارة أثناء تحركها خلال الأنبوب الرئيسي، ويلزم إجراء ترتيبات لإزالة هذه التكثفات، ويبين الشكل أدناه (17–20) شعبة تقطير نموذجية لإزالة التكثفات.

تكون شعب التقطير عادة متباعدة ما بين (500–750 ft) 150–230 m وتجمع التكثفات وتعالج بشكل أولي في الحقل أو ترسل إلى وحدة المعالجة.

الشكل 17 - 20

نموذج تفصيلي لشعبة تقطير لإزالة التكثفات.



تعتبر معالجة الرطوبة والجسيمات والشوائب الأخرى الموجودة في غاز المطامر LFG ضرورية، لكن نمط المعالجة والمدى سيعتمدان على نوع استعادة الطاقة المستخدم والخصائص الخاصة بالموقع. يمكن استخدام الحد الأدنى من المعالجة للمراجل ومعظم أنظمة الاحتراق الداخلي، في حين أن أنظمة الاحتراق الداخلي الأخرى وتوربينات الغاز وتطبيقات التوربينات الدقيقة تتطلب إجراءات أكثر تطوراً مع أسرة الامتصاص (absorption beds)، وأجهزة التنظيف البيولوجية وغيرها، لإزالة المواد مثل كبريتيد الهيدروجين.

المشعل Burner : يصبح الموقف ضرورياً من أجل احتراق كامل لملوثات الهواء الخطيرة، ويجب أن تكون حرارة التشغيل وزمن البقاء في المشعل كافيين لتخريب الملوثات بشكل كامل، فحرارة تشغيل 815–900C وزمن بقاء من 0.3-0.5 Sec يعتبران ضروريان من أجل تخريب أو تدمير معظم ملوثات الهواء الخطيرة.

17 - 7 إعادة تأهيل المكبات العشوائية للنفايات وتقليل انبعاثات غازات الدفيئة

ما زالت تستخدم مكبات عشوائية للتخلص من نفايات العديد من التجمعات السكانية في الدول النامية، هذه المكبات التي تبقى كبؤرة تلوث خطرة على تلك التجمعات مالم يتم أغلاقها وتأهيلها بما يضمن وقف مخاطر التلوث، وعملية الاغلاق لا تعني التخلي عنها ونسيانها وانما هناك ضرورة قصوى لوضع خطط محكمة لمرحلة ما بعد الاغلاق، باعتبار ان عمليات تحلل المادة العضوية تبقى قائمة لعقود من الزمن، وبالتالي تبقى الخطورة قائمة، الامر الذي يستدعي معه وجود التخطيط المناسب والكافي، والطويل الأجل الذي يضمن وجود برنامج مراقبة وصيانة دائمين للمكب.

تأتي أهمية إعادة تأهيل المكبات العشوائية من كونها موجهة لتحسين الوضع البيئي لمناطق المكبات، كما أن ذلك يعني بالضرورة إعادة المساحات التي شُغلت من قبل تلك المكبات لزمن طويل إلى سابق عهدها لتلغي بذلك فوات المنفعة الحاصل من تغيير في استخدامات الأراضي، وذلك من خلال خطة تأهيل مبنية على دراسة معمقة لوضعها، حيث تكون الحلول المقترحة متوافقة مع حالة النفايات وطبيعتها إضافة إلى خصوصية كل منطقة.

أن مشروع إعادة تأهيل المكبات في مدينة أو أقليم يجب أن يسير وفق تسلسل منطقي يبدأ من خلال إجراء:

1- دراسة تتضمن كمية النفايات الصلبة الموجودة في الموقع مع تحديد نوعية النفايات وطبيعتها من حيث استقرارها من عدمه.

2- بيان التأثيرات البيئية لكل حل من الحلول المقترحة للمعالجة، بحيث تظهر إمكانية استخدام الموقع لأغراض أخرى وفق التقنيات المقدمة للمعالجة.

3- تقديم الحل المناسب من النواحي البيئية والفنية والاقتصادية للتخلص من النفايات المتراكمة في المكبات[132]، حيث تقتضي إجراءات عملية إعادة التأهيل تقديم المخططات اللازمة والخاصة بكل مكب من المكبات، للوصول إلى المعرفة الكاملة ببيئة المكب وجواره والتعرف على شبكة الطرق الموجودة في المنطقة، مع تبيان شبكة الطرق القائمة والمقترحة للوصول إلى كل مكب بشكل يتيح النقل إلى كل منها بأفضل احتمال من حيث استخدام الطرق المتوفرة حالياً واعتماد أقصر المسافات الممكنة وبما يتوافق مع المعايير البيئية المطلوبة وبيان البنية التحتية المتوفرة أو اللازمة لكل موقع.

4- ضرورة توثيق جميع مكبات النفايات العشوائية مع بيان الحلول الممكنة للتعامل مع نفايات كل مكب وبيان أماكن المعالجة المقترحة وتوثيق وتوقيع مواقعها.

5- أن تنفيذ أي حل من الحلول المقترحة سيتطلب اجراء المسوحات الطبوغرافية لبيان حدود المكبات بما يمكن من وضع المخططات التفصيلية لأي إجراء لاحق (معالجة في المكان، وطبيعة التجهيزات والآليات المطلوبة ومواقعها، ترحيل كامل، ترحيل جزئي،...الخ)

أن طبيعة المكبات وطبيعة النفايات المتراكمة تحدد طبيعة الأعمال الهندسية الإضافية التي من المفروض أجراؤها (سبور لتحديد أعماق طبقة العصارة وتحضير تقرير ميكانيك التربة)، تلك الأعمال التي ستكون عوناً لتنفيذ الأعمال الخاصة بأية منشآت يحددها الحل التصميمي في الموقع.

بالطبع سيتمخض عن الدراسات التفصيلية حلول مختلفة تتناسب وحالة كل مكب وبالتالي من الضروري العمل على هذا الجانب (طريقة العزل المقترحة وطريقة جمع ومعالجة العصارة وطريقة التعامل مع الغازات المنبعثة).

ويوجد عدد من النقاط يلزم أخذها بعين الاعتبار عند وضع خطط اعادة تأهيل المكبات العشوائية:

1. إن الأساس في استراتيجية إعادة التأهيل يتمثل في إيجاد الحلول الفنية والبيئية والاقتصادية للمكبات العشوائية بحيث يتم إغلاقها بشكل كامل ووضع الخطط الهادفة إلى إعادة استخدام مواقعها لأغراض أخرى وذلك وفقاً لخصوصية كل منها.

2. إن النفايات الصلبة المرحلة إلى مطامر النفايات نفايات فقيرة بالمواد ذات القيمة الاقتصادية (البلاستيك، الألمنيوم، الحديد، الكرتون والورق)، وذلك لعوامل عديدة (وجود النباشين ودورهم في فرز كل ما يمكن بيعه مسبقا)، في الوقت الذي نجد فيها محتوى عضوي عالي يمكن الاستفادة منه للحصول على السماد العضوي ضمن الاشتراطات والقواعد الناظمة، والكثير من المرفوضات غير القابلة للتحلل الحيوي (محروقات مشتقة من النفايات RDF) التي تمتلك قيمة حرارية يمكن الاستفادة منها فيما لو استخدمت في معامل الاسمنت.

3. بالنظر إلى الكلف الاقتصادية الكبيرة لعمليات النقل فإن عمليات ترحيل النفايات من المكبات يجب أن تكون في الحدود الدنيا، بحيث تقتصر على المرفوضات والتي يمكن ترحيلها ضمن بالات معزولة. في الوقت الذي تنفذ في بعض المكبات خلايا طمر صحية مخصصة للنفايات، عندما تسمح المساحات والوضع الطبوغرافي والجيولوجي بذلك.

4. قد يحدث أن تكون النفايات المتراكمة في المكب العشوائي رطبة عندها سيكون من الصعوبة بمكان اجراء الحفر ضمن طبقة النفايات، حيث من الصعوبة فرزها في هذه الحالة والتجارب العالمية تقترح مرور على الأقل

15 عاماً ليصار فيما بعد إلى حفرها وفرزها. مع الإشارة إلى أن الواقع الفعلي للمكبات يظهر وجود كميات كبيرة من النفايات على السطح غير مخلوطة بالتراب، تلك النفايات التي يمكن التعامل معها من خلال فرزها باستخدام منظومة فرز وغربلة منقولة، ويكون ذلك معتمداً عندما تكون عمليات النقل غير مجدية اقتصادياً لتلك النفايات المتراكمة، حيث سينتج عن منظومة الفرز المنقولة نفايات قابلة للتحلل الحيوي ومرفوضات قابلة للحرق، وعليه قد يلجأ إلى تجهيز مكان في المكب لمصفوفة تخمير هوائية وخلية طمر للمرفوضات (في حال توفر الظروف الملائمة).

5. تتباين مكبات النفايات المدروسة في الخطط التي ستعتمد في إعادة التأهيل وهذا التباين يعود إلى مدى الحاجة للمكان وقيمته الاقتصادية والبيئية، وبالتالي فإن هذه القيمة تكون محددة وأساسية عند اتخاذ خطط اعادة التأهيل، في المقابل نجد أن تأهيل المواقع الأخرى يرتبط بإجراءات تقنية طويلة الأمد (منظومة جمع ومعالجة العصارة، منظومة التخلص من الغازات، إجراءات محفزة لتسريع التحلل العضوي للنفايات، خلية طمر للمرفوضات...إلخ)

6. بالطبع قد تتضمن خطة إعادة التأهيل تطبيق اجراءات عملية التخمير الهوائي ومتطلباته، تلك العملية التي ستجري ضمن فترات زمنية قصيرة نسبياً تستقر خلالها هذه النفايات وتصير صالحة لاستخدامها في طبقات تغطية المطمر، أو قد تستخدم في عمليات تخصيب الترب إذا كان الكمبوست الناتج محققاً للمعايير المطلوبة.

7. أن عمليات الحفر ضمن طبقات النفايات المخلوطة مع التربة ستكون محدودة ويكون جل الاهتمام منصب على النفايات المكشوفة والموجودة على السطح وتلك الموزعة على جوانب الطرقات المؤدية إلى المكب وقربه. وهذه النفايات ومحتواها ستكون الأساس في حساب خلايا الطمر في حال وجودها.

8. لما كانت النفايات المرحلة إلى المكبات غير مفروزة بالأساس، الأمر الذي يرجح إمكانية احتوائها على نفايات خطرة، من هنا فإن عمليات إعادة التأهيل يجب أن تلحظ إيجاد مكان لتجميعها وترحيل النفايات الخطرة إلى الأماكن الخاصة بها.

9. تعتبر مياه الأمطار السبب الرئيسي في غسل ملوثات المكب، الأمر الذي يدفع باتجاه تأمين حماية لمواقع المكبات المؤهلة من الهطولات المباشرة وغير المباشرة وذلك من خلال التغطية الترابية المدروسة (المدرجات والميول، منظومات التصريف الملائمة)، إضافة إلى إجراءات حماية لحدود المكب الخارجية للحيلولة دون إنجراف تربة المكب ودخول مياه المسيلات المائية إلى الموقع.

10. أن عملية الغربلة والفرز في المكان سيتولد عنهما مرفوضات والبقايا الخشنة، تلك التي سيصار إلى تشكيلها ضمن بآلات معزولة، وقد يلجأ إلى تحديد أحد المكبات المناسبة لترحيل هذه البالات آليه مع ضرورة الإشارة إلى أن الكميات التي سترحل إلى تلك المكبات ستكون محدودة، كما ستكون عمليات الترحيل ضمن فترة زمنية محدودة أيضاً ومرتبطة ارتباطاً وثيقاً بخطة إعادة التأهيل التي ستعتمد في كل مدينة أو أقليم.

17 - 7 - 1 خطوات أغـلاق المكبات العشوائية للنفايات

خطوات إعادة التأهيل تكون متسلسلة ومتتابعة بما يضمن نجاح هذه العملية واستدامتها.

- التخطيـط للإغـلاق

يظهر من خلال خطة الإغلاق أدوار ومسؤوليات أولئك الذين يتأثرون بالإغلاق، حيث من الضروري إعلام كافة الجهات المرتبطة بنشاطات المكب بخطة الإغلاق والبدائل المتاحة للتخلص من النفايات.

-عناصر خطة الإغلاق

خطة الإغلاق تظهر كافة تفاصيل الأنشطة المختلفة التي ستنفذ، تلك التفاصيل والعناصر التي ستنجم عن الدراسة (تثبيت المنحدرات الشديدة لمنع مخاطر التعرية، تركيب منظومة العصارة وجمع الغاز الحيوي، تصميم الغطاء النهائي. منظومة الحماية من الجريانات السطحية، ترحيل العائلات التي تعمل في نبش القمامة، تركيب آبار المراقبة، إجراءات الأمان ومنع دخول غير المصرح لهم إلى موقع المكب المغلق وذلك من خلال إقامة سور مزود بكل لوائح الدلالة والتحذيرات اللازمة.

- برنامج إدارة المكب في مرحلة ما بعد الاغلاق

سوف يؤدي التحلل البيولوجي للنفايات العضوية في المكبات العشوائية إلى تشكل العصارة والغاز وذلك بعد فترة طويلة من الإغلاق وبالتالي ستوضع خطة تضمن استمرار صيانة الموقع ورصده لمدة لا تقل عن عشر سنوات.

- متطلبات الاغلاق الأساسية واعادة التأهيل اللاحق

تشمل المتطلبات الأساسية لإغلاق المكبات العشوائية توفر طبقة التغطية النهائية، وطبقة الغطاء النباتي، إدارة نظام الصرف، ونظم إدارة جمع العصارة والغاز، والمراقبة البيئية وأمان الموقع. أما إدارة ما بعد الإغلاق، فتتطلب برنامج صيانة لضمان حسن سير مرافق البنية التحتية (مثل الغطاء النهائي، ومرافق الصرف السطحية، ونظم إدارة جمع العصارة والغاز، وذلك لفترة لا تقل عن عشرة سنوات بعد الاغلاق.

أن المتطلبات السابقة، هي المتطلبات الأساسية التي يجب ان تتوفر وهي بكل تأكيد الحدود الدنيا لما هو مطلوب. بالطبع قد تكون هناك إجراءات إضافية متعلقة بخصوصية المكب والمنطقة وبالتالي هناك ضرورة للأخذ بها وإجراء التعديلات المطلوبة بما ويتناسب والحالة المدروسة.

وهنا لا بد من الإشارة إلى أن مكبات القمامة العشوائية تختلف بشكل كبير عن مطامر النفايات الصحية باعتبارها غير مخطط لها، وتعمل بشكل عشوائي، ولا تملك ضوابط بيئية. ولذلك، ينبغي أن تكون المعايير التي يتعين تكييفها أو تطبيقها فيما يتعلق بإغلاقها ورعاية ما بعد الإغلاق مماثلة لتلك التي تطبق في المطامر الصحية، او لنقل أكثر صرامة، من مطامر النفاية الصحية لأن الملوثات التي تنبعث منها أكبر وأكثر خطورة.

17 - 17 -2 استرجاع الغاز الحيوي من مطمر نفايات انتهى ملؤه :

بما أن تحلل النفايات يستمر لعقود بعد امتلاء المطمر، لذلك يلزم جمع الغاز الحيوي وعلى الأقل حرقه لتحويله إلى ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء حيث إن الميثان أسوأ بـ 22 مرة من ثاني أكسيد الكربون في ظاهرة الإحترار العالمي. ويتم جمع الغاز الحيوي عن طريق حفر عدة آبار التقاط شاقولية يتراوح البعد بين بئرين متتاليين من 60- 80 م ويجمع الغاز الحيوي من هذه الآبار بوساطة شبكة أفقية مطمورة أو جوية [133].

ينجز حفر الآبار بوساطة آلة ثقب بقطر 300 مم حتى أسفل طبقة فضلات في المقلب، وتوضع أنابيب داعمة لتجنب انهيار فتحة البئر، ويدخل في الثقب عمود من الـ P.V.C. بقطر 150مم. تتكون أعمدة الـ P.V.C. من أنابيب مليئة في رأس البئر ومن أنابيب ذات ثقوب بقطر 4 مم، كما في الشكل أدناه أو فتحات محيطية عرضية على باقي الطول، عرض كل ثقب عرضي في أنابيب الـ P.V.C. 4 مم.

يتم وصل الأنابيب المثقبة أو ذات الفتحات المحيطية عن طريق الشد بلولب، وتمتلئ المسافة الحلقية بين فتحة البئر وعمود الـ P.V.C. بحجارة وحصى لفلترة الغاز قبل وصوله إلى الأنبوب الشاقولي المثقب.

الشكل 17 - 21

نموذج من الأنابيب ذات الثقوب لجمع الغاز الحيوي.



بيد أنه عندما يكون المقلب مشبع بماء حفر الطمر مع إمكانية غمر مجمل أو جزء من آبار الالتقاط، ينبغي حفر آبار بأقطار 700 مم ومجهزة بأعمدة P.V.C. بقطر 400 مم للسماح بوضع مضخة غاطسة لسحب الماء تتوقف أعمدة الـ P.V.C. في حالة شبكة الجمع الأفقية الجوية على مسافة مترين فوق أرضية المقلب كما في الشكل أدناه (17–22).

الشكل 17 - 22

رأس أنبوب جمع الغاز الحيوي المزود بفتحة مع طوق حماية.



أما في حالة جمع الغاز من آبار الالتقاط بوساطة شبكة أفقية مطمورة فيجب أن تكون مادة الشبكة مقاومة ميكانيكياً كالبولي ايتيلين عالي الكثافة، كما يجب أن تحمى الشبكة بوساطة رمل ناعم لتجنب أي خطر انثقاب في الأنابيب.

17 - 8 إدارة النفايات السائلة (مياه الصرف الصحي) وتخفيف انبعاثات غازات الدفيئة

نتيجة استعمال المياه في المباني والمنازل تدخل ملوثات مختلفة إلى الماء وتتحول المياه إلى مياه صرف صحي، لتقليل تأثيرات مياه الصرف الصحي على الصحة العامة يتم جمع مياه الصرف في شبكة مجاري Sewreg لتنقل إلى محطة معالجة مياه الصرف (Treatement Plant Water Waste WWTP) بهدف تقليل الملوثات الموجودة في مياه الصرف والحصول على مياه معالجة يمكن تدويرها في عملية الري الزراعي أو طرحها في المستودعات المائية دون تأثير كبير على جودة المياه في المستودع المائي.

في محطات معالجة مياه الصرف الصحي (WWTPs) تتحول الملوثات الموجودة في مياه الصرف إلى رواسب (حمأة) وغازات تنطلق في الهواء ومنها غازات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وأكسيد النتروز (N_2O)، لذلك تم اعتبار محطات معالجة مياه الصرف الصحي أحد المصادر الرئيسية لانبعاثات غازات الدفيئة (GHG) . تنتج محطات معالجة مياه الصرف الصحيWWTPs مباشرة ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وأكسيد النتروز (N_2O) والميثان(CH_4) نتيجة لإجراءات المعالجة وتسأهم بشكل إضافي في انبعاثات CO_2 و CH_4 من خلال استهلاك الطاقة اللازمة لتشغيل المحطة.

في السنوات الماضية تركزت معظم الجهود المبذولة لتحسين أداء محطات معالجة مياه الصرف الصحي (WWTPs) للحصول على جودة جيدة لمياه الصرف المعالجة، ومع ذلك في الوقت الحاضر هناك تحديات جديدة موجهة لضمان استدامة محطات معالجة مياه الصرف الصحي من حيث جدواها الاقتصادية وتأثيرها البيئي. حيث يعتبر استهلاك الطاقة وانبعاثات غازات الدفيئة (GHG) من بين

الجوانب التي أصبحت من العوامل الرئيسية المتعلقة بالأداء العام لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي. حددت الدراسات الحديثة محطات معالجة مياه الصرف الصحي كمصادر محتملة لانبعاثات غازات الدفيئة بشرية المنشأ sources of anthropogenic، والتي تسأهم في تغير المناخ وتلوث الهواء [134]. تنتج محطات معالجة مياه الصرف الصحي ثاني أكسيد الكربون (CO_2) والميثان (CH_4) وأكسيد النتروز (N_2O) أثناء عمليات المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي وينبعث ثاني أكسيد الكربون أيضاً أثناء إنتاج الطاقة اللازمة لتشغيل المحطة. يمكن تقليل ثاني أكسيد الكربون المنبعث بسبب الطلب على الطاقة بشكل مباشر من خلال تعزيز كفاءة الطاقة energy efficiency في محطات معالجة مياه الصرف الصحي، وبهذه الطريقة يمكن الحد من التأثيرات البيئية وتقليل تكاليف المعالجة ويمكن تقليل انبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن عملية المعالجة لمياه الصرف دون تدهور جودة مياه الصرف المعالجة بتنفيذ استراتيجيات تحكم محددة [135].

17 - 8 - 1 استهلاك الطاقة وإنتاج غازات الدفيئة في محطات معالجة مياه الصرف

في كثير من الحالات كانت تُمارس إدارة مياه الصرف الصحي بطريقة غير مستدامة باستخدام خطط معالجة تتطلب طلباً كبيراً على الطاقة، ولها بصمة كربونية كبيرة وتسأهم بشكل كبير في تغير المناخ، في الولايات المتحدة الأمريكية يبلغ متوسط الاستهلاك السنوي المحدد للطاقة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي حوالي 29كيلو واط ساعة/ شخص مكافئ 29kWh/population equivalent (PE)، ويتراوح حسب (Stillwell وآخرون 2010) من 16 إلى kWh/PE71 [136].

أما في أوروبا فإنَّ الاستهلاك السنوي النوعي للطاقة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي يتراوح بين 20 و120 كيلو واط ساعة/ شخص مكافئ، وفقًا لما ذكره Jonasson (2010) [137]، و يبلغ استهلاك الطاقة السنوي النوعي من محطات معالجة مياه الصرف الصحي في المملكة المتحدة والسويد والنمسا حوالي 38 و 42 و 23كيلو واط ساعة/ شخص مكافئ، على التوالي، وبالمثل ذكر Krampe (2013) [138] أن الاستهلاك السنوي النوعي للطاقة من بيانات

مجموعة من 11 محطة معالجة مياه الصرف الصحي في جنوب أستراليا تراوح من 30 إلى 120 كيلو واط ساعة/ شخص مكافئ بمتوسط وبقيمة وسطية 60 كيلو واط ساعة/ شخص مكافئ. في معظم محطات معالجة مياه الصرف الصحي المتوسطة والكبيرة التي تستخدم أنظمة الحمأة المنشطة للمعالجة الثانوية، تمثل تهوية مياه الصرف في محطة المعالجة عادةً ما يقرب من (50–60 %) من إجمالي استهلاك الكهرباء، تليها معالجة الحمأة (15–25 %)، أما الترسيب الثانوي بما في ذلك مضخات إعادة التدوير فتمثل (15 %).

تتراوح القيم المبلغ عنها لانبعاثات غازات الدفيئة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي التقليدية بالحمأة المنشطة مع إزالة المغذيات من(0.9 إلى 2.2 ($kgCO_2e/m^3$) Flores-Alsina et al. 2011 [139]

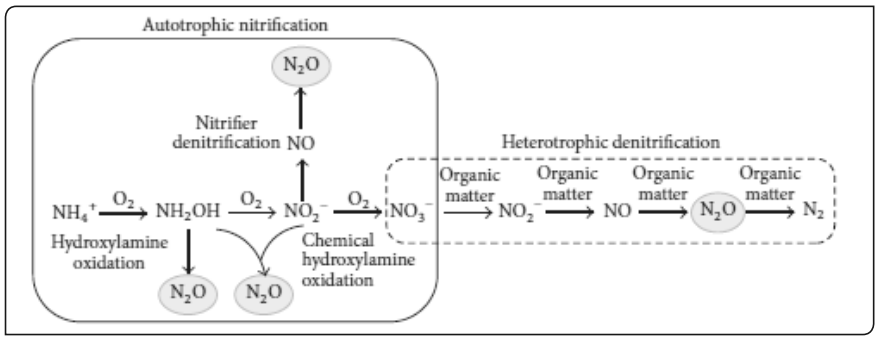
من بين غازات الدفيئة الناتجة عن محطات معالجة مياه الصرف الصحي يعد أكسيد النتروز الناتج عن عملية النترجة ونزع النتروجين من مياه الصرف من أقوى الغازات، لذلك من المهم التركيز على تقليل انبعاثات أكسيد النتروز في عملية المعالجة لمياه الصرف .

يبين الشكل (24-17) المسارات البيولوجية والكيميائية لإنتاج أكسيد النتروز N_2O في عمليتي النترجة ونزع النتروجين[140].

الشكل 17 - 23

المسارات المختلفة لإنتاج أكسيد النتروز O_2N

في عمليتي النترجة ونزع النتروجين



إن البكتيريا الآزوتية Nitrifying bacteria ذاتية التغذية قادرة على إنتاج أكسيد النتروز تحت ظروف هوائية أو منقوصة الأوكسجين(anoxic)، في الظروف منقوصة الأوكسجين تستطيع كل من البكتيريا المؤكسدة للأمونيا والنتريت إنتاج أكسيد النتروز، في حين أن البكتيريا المؤكسدة للأمونيا فقط تفعل ذلك في الظروف الهوائية، في الحالة الأخيرة يتم تحفيز إنتاج أكسيد النتروز من خلال وجود تركيزات منخفضة من الأكسجين المنحل ووجود النتريت (NO_2^-) أو مادة عضوية في الأوساط السائلة. يمكن إنتاج أكسيد النتروز أيضاً من التفاعلات الكيميائية التي تحدث في وجود هيدروكسيل أمين hydroxylamine والنتريت [141].

من الناحية العملية ينبعث أكسيد النتروز في محطة معالجة مياه الصرف الصحي (WWTP) بالدرجة الأولى في خزان تهوية مياه الصرف، و يمكن إنتاج أكسيد النتروز في المرحلة منقوصة الأوكسجين ومن ثم فصلها إلى الطور الغازي في الحُجرة الهوائية. تم تحديد البكتيريا المؤكسدة للأمونيا على أنها أحد المنتجين الرئيسيين لأكسيد النتروز بينما مسأهمة البكتريا عضوية التغذية المحللة للمواد الآزوتية heterotrophic denitrifying bacteria تكون متعلقة فقط بوجود النتريت و/ أو الأكسجين في المرحلة منقوصة الأكسجين. وفي ظل ظروف التشغيل الشائعة يحدث إنتاج N_2O بشكل رئيسي عن طريق نزع النتروجين عن طريق البكتيريا الآزوتية، ومع ذلك فإن مسار أكسدة الهيدروكسيل أمين يمكن أن يكون العملية الرئيسية المسؤولة عن إنتاج انبعاثات أكسيد النتروز بتراكيز عالية من الأمونيا (NH_4^+) وتراكيز منخفضة من النتريت، عند وجود نشاط استقلابي مرتفع للبكتيريا المؤكسدة للأمونيا عند تركيز أكسجين منحل من 2 إلى 3mg O_2/L [142].

من بين غازات الدفيئة الناتجة عن محطات معالجة مياه الصرف الصحي يعد أكسيد النتروز الناتج عن عملية النترجة ونزع النتروجين من مياه الصرف من أقوى الغازات، لذلك من المهم التركيز على تقليل انبعاثات أكسيد النتروز في عملية المعالجة لمياه الصرف .

فيما يتعلق بانبعاثات الميثان CH_4، لقد تبين أنّ المصادر الرئيسية للميثان

مرتبطة بوحدات خط الحمأة التي تتم فيها عملية الهضم اللاهوائي anaerobic digestion: ومكثف الحمأة الأولي، والطرد المركزي، وغاز العادم لمحطة التوليد المشترك، وخزان عازل للحمأة المهضومة، وخزان تخزين الحمأة المنزوعة الماء. تسأهم هذه الوحدات في حوالي 72%من انبعاثات غاز الميثان من محطات معالجة مياه الصرف الصحي بينما تأتي الانبعاثات المتبقية من المفاعلات البيولوجية ويمكن أن تُعزى بشكل أساسي إلى غاز الميثان المنحل في مياه الصرف الذي لا يتم إزالته بالكامل بواسطة المعالجة البيولوجي.

فيما يتعلق بغاز ثاني أكسيد الكربون، يتم في التيار الرئيسي لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي دمج الكربون العضوي لمياه الصرف إما في الكتلة الاحيائية أو يتأكسد إلى ثاني أكسيد الكربون، وفي خط الحمأة يتم تحويله بشكل أساسي إلى CO_2 وCH_4 أثناء الهضم اللاهوائي، وأخيراً يتأكسد الميثان إلى CO_2 أثناء احتراق الغاز الحيوي.

الطرائق الممكنة للحد من انبعاثات غازات الدفيئة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي، منها سيناريوهين محتملين: الأول: الحفاظ على مخطط تشغيل محطة معالجة مياه الصرف الصحي وتعديل ظروف التشغيل (التقليل minimization) أو تنفيذ وحدات الالتقاط والمعالجة للتدفقات الغازية (المعالجة treatment) والثاني: تغيير مخطط التشغيل وتنفيذ عمليات جديدة تنتج انبعاثات أقل لغازات الدفيئة مقارنة بتلك الانبعاثات الحالية (المنع prevention).

17 - 8 - 2 التقليل من انبعاثات غازات الاحتباس في محطات معالجة مياه الصرف:

ربما تكون الطريقة الأكثر فعالية من حيث التكاليف لتقليل انبعاثات غازات الدفيئة هي تعديل ظروف التشغيل لوحدات محطات معالجة مياه الصرف الصحي ولكن هذا ليس ممكناً دائماً بسبب القيود التشغيلية للوحدات المركبة، في الأقسام التالية تقدم بعض التوصيات حول الإجراءات الممكن تطبيقها عملياً لتشغيل محطات معالجة مياه الصرف الصحي WWPT من أجل تقليل انبعاثات غازات الدفيئة.

أ-تقليل إنتاج أكسيد النتروز N_2O Production:

تُظهر البيانات التي تم الحصول عليها من تشغيل محطات معالجة مياه الصرف الصحي واسعة النطاق مجموعة واسعة من القيم لجزء النيتروجين المنبعث كأكسيد النتروز (0 – 14.6 % من حمل النيتروجين) [143]. يمكن أن يكون هذا الاختلاف الكبير مرتبطاً بظروف التشغيل المختلفة المفروضة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي، ومع أخذ ذلك في الاعتبار فإن تقليل كميات أكسيد النتروز المنبعثة من عمليات الحمأة المنشطة يمثل إمكانية كبيرة للتحسين من خلال تجنب ظروف التشغيل التي تم تحديدها على أنها مسؤولة عن إنتاجه. بعض الشروط المحددة هي:

- انخفاض تركيز الأكسجين المذاب في مرحلة النترجة ووجود الأكسجين في مراحل نزع النتروجين.
- تركيزات عالية من النتريت في كل من مرحلتي النترجة ونزع النتروجين.
- انخفاض نسبة COD/N في مرحلة نزع النتروجين.
- التحولات المفاجئة في الأس الهيدروجيني والأكسجين المذاب وتركيزات الأمونيا والنتريت.
- الشروط الهوائية ومنقوصة الاكسجين في ظروف الحالة العابرة.

لذلك لتقليل انبعاثات أكسيد النتروز يجب تشغيل محطات معالجة مياه الصرف الصحي البيولوجية عند قيمة عالية لعمر الحمأة (SRT) للحفاظ على تراكيز منخفضة من الأمونيا والنتريت في الوسط، علاوة على ذلك يوصى بأحجام كبيرة من المفاعلات الحيوية للتخلص من الأنظمة القادرة على تخزين التحميل المؤقت وتقليل مخاطر استبقاء الأوكسجين العابر. يمكن أيضاً تقليل انبعاثات أكسيد النتروز عن طريق التهوية لأن الميكروبات سيكون لديها المزيد من الوقت لاستهلاكه [143].

ب- تقليل إنتاج غاز الميثان CH4 Production:

يمكن تقليل انبعاثات الميثان إلى أدنى حد إذا تم تغطية خزانات الحمأة السميكة وخزانات التخلص من الجمأة لتجنب تسرب الغاز ويتم التقاط انبعاثاتها بواسطة، أغطية يمكن حرق الغاز الحيوي الزائد بوساطة الشعلة، إلى جانب الميثان الناتج في محطة المعالجة نفسها يدخل الميثان أيضاً إلى محطة المعالجة من الخارج عبر مياه الصرف الواصلة للمحطة نظراً لاحتوائها على CH4 المتشكل أثناء انتقالها في شبكة المجاري. تم تقدير حمل الميثان على أنه 1 % من حمل الطلب الكيميائي للأوكسجين (COD) المؤثر ويتأكسد بشكل أساسي في خزانات الحمأة المنشطة (80%)، والتي يمكن استغلالها كوسيلة لتقليل انبعاثات الميثان من معالجة مياه الصرف الصحي.

ج- تقليل إنتاج ثاني أكسيد الكربون CO_2 Production:

تعتبر أكسدة المادة العضوية في المفاعلات البيولوجية واحتراق الميثان مسئولين عن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المباشرة بينما تُعزى الانبعاثات غير المباشرة إلى استهلاك الطاقة لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي. إنَّ عمر الحمأة (زمن استبقاء المادة الصلبة SRT) المطبق على المفاعل البيولوجي هو عامل التشغيل الرئيسي الذي يؤثر على انبعاثات CO_2. يعمل تشغيل نظام الحمأة المنشطة بقيم عالية من SRT على تعزيز التنفس الداخلي للكتلة الحيوية مما يزيد من كمية الطلب الكيميائي للأوكسجين COD إلى ثاني أكسيد الكربون ويقلل من إجمالي إنتاج الحمأة، يشير الانخفاض في إنتاج الحمأة إلى انخفاض في إنتاج الميثان، وبالتالي انخفاض في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة باحتراقه. كلا الاتجاهين يتعارض مع بعضهما البعض وتبقى القيمة المضافة لكلتا الكميتين ثابتة تقريباً، علاوة على ذلك يتضمن تخفيض SRT أيضاً زيادة كفاءة الطاقة في محطة معالجة مياه الصرف الصحي، وبالتالي انخفاض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون غير المباشرة، لذلك يجب تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عن طريق تطبيق أقل قيمة ممكنة لعمر الحمأة (زمن استبقاء المادة الصلبة SRT) دون التأثير سلباً على جودة مياه الصرف المعالجة.

يمكن قياس تأثير SRT على إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي التقليدية من خلال إجراء موازين الكتلة والطاقة وفقاً للمنهجية التي وصفها [140] وباستخدام البارامترات الواردة في الجدول (17-1).

الجدول 17 - 1

القيم المخصصة للبارامترات المستخدمة لتقدير

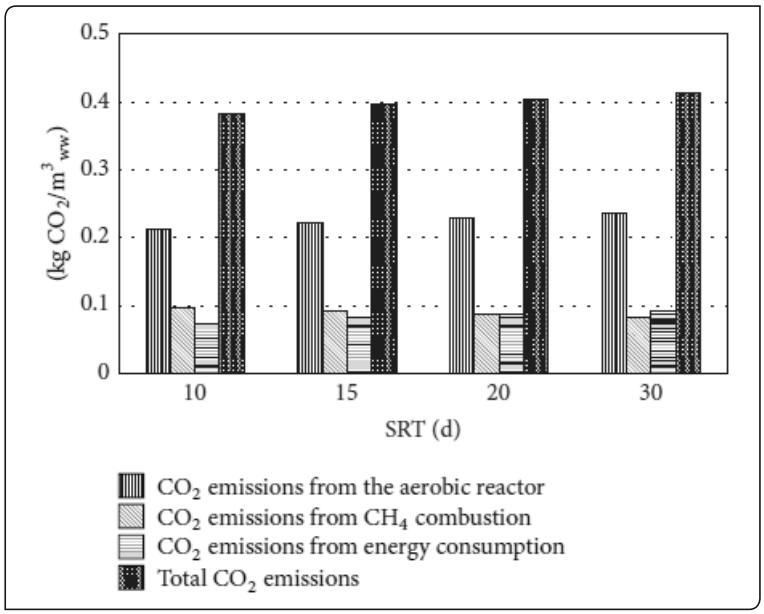
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن محطات

معالجة مياه الصرف الصحي [144]

البارامتر Parameter	الوحدات Units
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO_2 من استهلاك الطاقة	0.391 kg CO_2/kW.h
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO_2 من أكسدة الـ COD	0.08 kgCO_2/kg COD
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون CO_2 من احتراق الميثان	3.5 kg CO_2/Nm3 CH4

تراوحت قيم SRT المختبرة من 10 إلى 30 يوماً من أجل ضمان نترجة مستقرة. أظهرت النتائج أن زيادة SRT من 10 إلى 30 يوماً يفترض زيادة بنسبة 7.6 % من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (الشكل 17-24).

الشكل 17-24
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التقديرية
لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي بالحمأة المنشطة التقليدية
التي تعمل بقيم مختلفة لعمر الحمأة TRS



17-8-3 معالجة غازات الدفيئة الناتجة عن محطات معالجة مياه الصرف:

لتقليل انبعاثات غازات الدفيئة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي يمكن التقاط هذه الغازات ومعالجتها. يبيد أن معالجة أكسيد النتروز N_2O والميثان CH_4 وثاني أكسيد الكربون CO_2 من محطات معالجة مياه الصرف الصحي صعبة، من ناحية أخرى فإن تكاليف رأس المال المطلوبة لتغطية الخزانات المختلفة والتقاط انبعاثات الغازات الدفيئة مرتفعة نسبياً.

أ- إزالة أكسيد النتروز N_2O Removal:

تم في الآونة الأخيرة طوير العديد من العمليات الحيوية المختلفة باستخدام البكتيريا الآزوتية ونزع النتروجين أو الطحالب الدقيقة، للتحكم في انبعاثات غازات أكاسيد النيتروجين .NOx تم استخدام التقنيات القائمة على عملية نزع

النتروجين بنجاح لإزالة أكسيد النتروز بكفاءات 75–99% [145]، ومع ذلك فإنَّ انخفاض قابلية الانحلال بالماء للغازات الدفيئة هذا يحد من معدل نقل الكتلة من تدفق الهواء إلى الطور السائل، وبالتالي يلزم وجود زمن مكوث هيدروليكي عال (HRT hydraulic retention times) لتحقيق كفاءة عالية في إزالة أكسيد النتروز. البديل الآخر هو جمع التيار الغازي الخارج من أعلى وحدة الآزوت المحتوية على أكسيد النتروز، واستخدامه كمؤكسد لحرق الميثان الناتج عن هضم الحمأة والرواسب لاهوائياً.

ب- إزالة غاز الميثان CH_4 Removal:

العديد من العمليات البيولوجية قادرة على أكسدة الميثان وتحويله إلى ثاني أكسيد الكربون (1 mol إلى 1 mol) مما يسمح بتقليل إجمالي انبعاثات الغازات الدفيئة من حيث مكافئات ثاني أكسيد الكربون لأن عاملالإحترار العالمي لثاني أكسيد الكربون أقل من غاز الميثان. في الظروف الهوائية يتأكسد الميثان بواسطة بكتيريا ميثانوتروفيك بوجود الأكسجين. يعتمد خيار آخر على تطبيق الظروف اللاهوائية واستغلال نشاط البكتيريا و لأكسدة الميثان باستخدام السلفات أو النتريت أو النترات أو $\boxed{Mn^{+4}}$ أو $\boxed{Fe^{+3}}$ كمستقبلات إلكترونية [146]:

$$CH_4 + SO_4^{-2} \longrightarrow HCO_3^- + HS^- + H_2O \quad (1)$$
$$\Delta G = -16.6\,\text{kJ/mol}$$

$$3CH_4 + 8NO_2^- + 8H^+ \longrightarrow 3CO_2 + 4N_2 + 10H_2O \quad (2)$$
$$\Delta G = -928\,\text{kJ/mol}$$

$$5CH_4 + 8NO_3^- + 8H^+ \longrightarrow 5CO_2 + 4N_2 + 14H_2O \quad (3)$$
$$\Delta G = -765\,\text{kJ/mol}$$

$$CH_4 + 4MnO_2 + 7H^+ \longrightarrow HCO_3^- + 4Mn^{+2} + 5H_2O \quad (4)$$
$$\Delta G = -556\,\text{kJ/mol}$$

$$CH_4 + 8Fe(OH)_3 + 15H^+ \longrightarrow HCO_3^- + 8Fe^{+2} + 21H_2O \quad (5)$$
$$\Delta G = -270\,\text{kJ/mol}$$

كما في حالة غاز أكسيد النتروز فإنَّ قابلية الانحلال المنخفضة للميثان تعني ضرورة تشغيل المرشحات الحيوية عند قيم عالية لزمن المكوث (2-30دقيقة) [147]، لهذه الأسباب في الوقت الحاضر ازداد الاهتمام لإزالة الميثان مباشرة من الطور السائل قبل أن يتم تجريده في الغلاف الجوي، لإنجاز هذه الإزالة تقترن أكسدة الميثان اللاهوائية بعملية نزع النتروجين كما في المعادلتين ((2) - (3)) التي تستخدم الميثان كمانح للإلكترون، في هذه الحالة يتم إزالة الميثان والنتريت والنترات من مياه الصرف الصحي، علاوة على ذلك لا يتم إزالة الغازات الدفيئة فحسب بل تتضاءل أيضاً متطلبات مانح الإلكترون لعمليات نزع النتروجين مما يقلل من تكاليف الإضافة المحتملة لمصدر الكربون الخارجي، بعد العمليات البيولوجية يمكن تقديم الميثان المتبقي في التيار الغازي لغازات العادم لعملية ما بعد الاحتراق.

ج- إزالة غاز ثاني أكسيد الكربون:

تعتبر زراعة الطحالب الدقيقة في الوقت الحاضر بديلاً ممتازاً لسحب غاز ثاني أكسيد الكربون. يمكن استخدام الطحالب الدقيقة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي WWTPs لالتقاط ثاني أكسيد الكربون قبل الاحتراق كطريقة اقتصادية لتنقية الغاز الحيوي [148] أو لالتقاط ثاني أكسيد الكربون بعد الاحتراق من أجل زيادة إنتاج الطحالب الدقيقة لاستخدامها كسماد حيوي أو كركيزة لزيادة إنتاج الغاز الحيوي

4. المنـــع Prevention:

تركز معظم الجهود المبذولة لتحسين أداء محطات معالجة مياه الصرف الصحي على الجوانب الاقتصادية المتعلقة بخفض استهلاك الطاقة، وتقليل إنتاج الرواسب والحمأة، وزيادة كمية ونوعية الغاز الحيوي المتولد، مواجهة هذه المواضيع مهم ليس فقط من حيث تكاليف التشغيل ولكن أيضاً من حيث الآثار البيئية لأنه يسمح بتقليل انبعاثات غازات الدفيئة المباشرة وغير المباشرة.

في الوقت الحاضر يتم تحويل حوالي 35-45 % فقط من الطاقة الموجودة

في مياه الصرف الخام كمركبات عضوية إلى ميثان أثناء الهضم اللاهوائي للحمأة الأولية والثانوية، يُهدر الجزء المتبقي في الظروف الهوائية بسبب استخدام عمليات النترجة التقليدية ونزع النتروجين لإزالة النيتروجين والمواد العضوية في وقت واحد [149]. البديل هو تطبيق عمليات التغذية الذاتية لإزالة النيتروجين مثل تلك القائمة على الجمع بين النترجة الجزئية بالإضافة إلى عمليات الأكسدة اللاهوائية Anammox أو استخدام الطحالب الدقيقة وحتى تطبيق العمليات الكيميائية الحيوية، وبهذه الطريقة يمكن إزالة كل من المواد العضوية ومركبات النيتروجين في عمليات منفصلة حيث أن الأول ليس مطلوباً لنزع النتروجين ولكنه موجه إلى الهضم اللاهوائي لإنتاج الغاز الحيوي، وبالتالي يتم تقليل متطلبات الأوكسجين مع زيادة إنتاج الميثان إلى الحد الأقصى [150].

الفصل الثامن عشر

التوقعات المستقبلية لتغير المناخ



الفصل الثامن عشر
التوقعات المستقبلية لتغير المناخ

18 - 1 مقـدمـــة

لقد فاقم الإنسان من ظاهرة تغير المناخ بشكل كبير نتيجة القضاء على مساحات من الغابات

وتغيير طبيعة الأراضي باستخدامها للبناء والزراعة وأثرت هذه التغيرات على قوى الإشعاع، التي تسأهم في تغير المناخ. ونتيجة الاستعمال المفرط للموارد الطبيعية وخاصة الموارد الطبيعية غير المتجددة كالوقود الأحفوري، والتي يترتب عن استخراجها وتكريرها واستعمالها انطلاق كميات هائلة من غاز ثاني أكسيد الكربون التي تطرح في الجو وتغير من تركيب الغلاف الجوي، ما يؤدي إلى تذبذب وبصفة مستمرة للمناخ.

وتم تحديد انبعاثات غازات الدفيئة التي ينتجها الإنسان من قبل الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ والغالبية العظمى من علماء المناخ باعتبارها المحرك الرئيسي لتغير المناخ.

أي أن توقعات تغير المناخ تتصل بالفعاليات البشرية التي تصدر انبعاثات غازات الدفيئة.

من المتوقع أن تتزايد شدة المخاطر مع تزايد درجات الحرارة. فعند بلوغ الاحترار العالمي حوالي 1.5 درجة مئوية من المتوقع أن تكون المخاطر من جراء شح المياه في الأراضي الجافة، وأضرار حرائق الغابات، وتدهور التربة الصقيعية، وعدم استقرار الإمدادات الغذائية عالية (ثقة متوسطة). أما عند بلوغ الاحترار العالمي حوالي درجتين مئويتين فمن المتوقع أن تكون المخاطر من جراء تدهور التربة الصقيعية وعدم استقرار الإمدادات الغذائية عالية جدا (ثقة متوسطة).

وإضافة إلى ذلك، عند بلوغ الاحترار العالمي حوالي 3 درجات مئوية من المتوقع أن تكون المخاطر من جراء فقدان الغطاء النباتي، وأضرار حرائق الغابات، وشح المياه في الأراضي الجافة عالية جدا (ثقة متوسطة). وتزيد في آن واحد بين الاحترار البالغ 1.5 درجة مئوية والاحترار البالغ 3 درجات مئوية المخاطر من جراء حالات الجفاف، والإجهاد المائي، والظواهر المرتبطة بالحرارة من قبيل موجات الحر، وتدهور الموائل (ثقة منخفضة).

ومن المتوقع أن يقل استقرار الإمدادات الغذائية مع تزايد حجم وتواتر ظواهر الطقس المتطرفة التي تسبب خللاً في السلاسل الغذائية (ثقة عالية). كما أن زيادة مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي قد تؤدي إلى انخفاض النوعية التغذوية للمحاصيل (ثقة عالية). وفي المسار SSP2، تتوقع النماذج المحصولية والاقتصادية العالمية حدوث زيادة متوسطة نسبتها 7.6%)يتراوح النطاق بين (1 % و 23 %) في أسعار الحبوب في عام 2050 نتيجة لتغيّر المناخ (مسار التركيز النموذجي 6.0، مما يؤدي إلى ارتفاع أسعار الأغذية وزيادة مخاطر عدم الأمن الغذائي والجوع (ثقة متوسطة). وسيكون تأثُّر أضعف الناس بذلك أشد من غيرهم (ثقة عالية).

وفي الأراضي الجافة، من المتوقع أن يؤدي تغيّر المناخ والتصحر إلى حدوث انخفاضات في إنتاجية المحاصيل والماشية (ثقة عالية)، وتعديل مزيج أنواع النباتات، والحد من التنوع الأحيائي (ثقة متوسطة). وفي إطار المسار SSP2، من المتوقع أن يبلغ عدد سكان الأراضي الجافة المعرّضون للإجهاد المائي، وشدة الجفاف، وتدهور الموائل 178 مليوناً بحلول عام 2050 عند بلوغ الاحترار1.5 درجة مئوية، وهو عدد يرتفع إلى 220 مليوناً عند بلوغ الاحترار درجتين مئويتين، وإلى 277 مليوناً عند بلوغ الاحترار 3 درجات مئوية (ثقة منخفضة).

ومن المتوقع أن يكون في آسيا وأفريقيا أكبر عدد من الأشخاص المعرضين للتأثر بزيادة التصحر. وسيتزايد التعرض لحرائق الغابات في أمريكا الشمالية، وأمريكا الجنوبية، ومنطقة البحر الأبيض المتوسط، والجنوب الأفريقي، ووسط آسيا. ومن المتوقع أن تكون المناطق المدارية والمناطق دون المدارية أكثر تعرّضاً

لانخفاض غلات المحاصيل. كما أنه من المتوقع أن يؤدي تدهور الأراضي الناجم عن مزيج من ارتفاع مستوى سطح البحر واشتداد الأعاصير إلى تعريض الأرواح وسُبل العيش للخطر في المناطق المعرّضة للأعاصير (ثقة عالية جداً). وبين السكان، فإن النساء وصغار السن والمسنين والفقراء هم الأكثر تعرضاً للمخاطر (ثقة عالية).

وقد تؤدي التغيرات في المناخ إلى زيادة الهجرة البيئية داخل البلدان وعبر الحدود على حد سواء (ثقة متوسطة)، مما يعكس العوامل الدافعة المتعددة للتنقل وكذلك تدابير التكيف المتاحة (ثقة عالية). وقد تؤدي ظواهر الطقس والمناخ المتطرفة أو الظواهر التي تبدأ ببطء إلى زيادة النزوح، وإحداث اضطراب في السلاسل الغذائية، وتهديد سُبل العيش (ثقة عالية)، وقد تسهم في عوامل الإجهاد المسببة للنزاعات (ثقة متوسطة)[55].

وقد أدت الإدارة غير المستدامة للأراضي إلى آثار اقتصادية سلبية (ثقة عالية). ومن المتوقع أن يؤدي تغيّر المناخ إلى تفاقم هذه الآثار الاقتصادية السلبية (ثقة عالية).

18 - 2 سيناريوهات تغير المناخ

بما أن غاز ثاني أكسيد الكربون هو الغاز الأكثر إصدراً من بين هذه الغازات، والذي ينبعث من استعمال الوقود الأحفوري، لذلك فإن سيناريوهات تغير المناخ ربطت توقعات تغير المناخ باستهلاك الطاقة المستقبلي وبشكل أساسي الاستعمال المستقبلي للوقود الأحفوري.

لقد قامت بعض الجهات والمؤسسات الحكومية والدولية خلال السنين القليلة الماضية بأبحاث ودراسات حول مستقبل استهلاك الطاقة العالمية خلال القرن الحادي والعشرين، وعرضوا مسارات محتملة للتحولات البيئية والاقتصادية نتيجة لذلك. **من أهم تلك الجهات الدولية:**

- التقرير التقييمي الرابع للجنة الحكومية الدولية حول تغير المناخ IPCC، 2007، AR4.

- المجلس العالمي للطاقة WEC الذي أصدر التقرير الخاص حول مسارات الانبعاثات عام 2013 .
- تقرير الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA 2013 .
- تقرير اللجنة الحكومية الدولية حول تغير المناخ التقرير التقويمي الخامس.
- تقرير الوكالة الدولية للطاقة IEA 2014.
- تقرير شركة شل الهولندية الملكية Shell 2013.

18 - 2 - 1 لتقرير التقييمي الرابع للجنة الحكومية الدولية حول تغير المناخ

أنجز التقرير التقييمي الرابع للجنة الدولية للتغيرات المناخية IPCC AR4 في عام 2007. وهدف إلى تقييم المعلومات العلمية والتقنية والاجتماعية والاقتصادية المتعلقة بتغير المناخ وآثاره المحتملة، وخيارات التكيف والتخفيف.

توقع هذا التقرير الرابع [151] عائلات سيناريوهات فردية بمواضيع مشتركة. عائلات السيناريوهات الست التي تمت مناقشتها في تقرير التقييم الثالث للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (TAR Third Assessment Report) والتقرير التقييمي الرابع (Fourth Assessment Report AR4) هي A1FI و A1B و A1T و A2 و B1 و .B2.، كما يظهر في الجدول (18-1).

الجدول 18 - 1

عائلات سيناريوهات تغير المناخ حسب التقرير التقييمي الرابع.

المزيد من التركيز على البيئة	المزيد من التركيز على الاقتصاد	AR4 التقرير الرابع
B1 الاستدامة البيئية العالمية 1.1 - 2.9 °C	**A1** نمو اقتصادي سريع (groups: A1T; A1B; A1Fl) 1.4 - 6.4 °C	عالم أكثر تكاملاً عالم متجانس

2 **B** الاستدامة البيئية العالمية 1.4 - 3.8 °C	**A2** النمو الاقتصادي ذي توجه إقليمي C° 5.4 - 2.0	توجه أقليمي عالم غير متجانس

لم تذكر الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ أن أياً من سيناريوهات التقرير الخاص SRES كان من المرجح أن يحدث أكثر من سيناريوهات أخرى، وبالتالي لا يمثل أي من سيناريوهات التقرير الخاص SRES أفضل تخمين للانبعاثات المستقبلية.

تستند أوصاف السيناريوهات في تقرير التقييم الرابع (Fourth Assessment Report AR4) AR4 وتتطابق مع تلك الموجودة في تقرير التقييم الثالث TAR .

A1: **سيناريوهات A1 هي عالم أكثر تكاملاً. تتميز مجموعة السيناريوهات A1 بما يلي:**

- النمو الاقتصادي السريع.
- عدد سكان العالم الذي يصل إلى 9 مليارات عام 2050 ثم يتراجع تدريجياً.
- الانتشار السريع للتقنيات الجديدة والفعالة.
- عالم متقارب - يتلاقى الدخل وأسلوب الحياة بين المناطق. تفاعلات اجتماعية وثقافية واسعة النطاق في جميع أنحاء العالم.

هناك مجموعات فرعية لعائلة A1 بناءً على تركيزها التكنولوجي:

A1FI التركيز على الوقود الأحفوري (Fossil Intensive).

A1B تركيز متوازن على جميع مصادر الطاقة.

A1T التركيز على مصادر الطاقة غير الأحفورية.

A2 : **سيناريوهات A2 هي عالم أكثر انقسامًا. تتميز عائلة سيناريوهات A2 بما يلي:**

- عالم من الدول العاملة المستقلة والاعتماد على الذات.
- الزيادة السكانية بشكل مستمر.
- تنمية اقتصادية ذات توجه إقليمي.
- انبعاثات عالية.

B1 : **سيناريوهات B1 هي عالم أكثر تكاملاً وأكثر صداقة للبيئة. تتميز سيناريوهات B1 بما يلي:**

- نمو اقتصادي سريع كما في A1، ولكن مع تغيرات سريعة نحو اقتصاد الخدمات والمعلومات.
- ارتفاع عدد السكان إلى 9 مليارات عام 2050 ثم انخفاضه كما في A1
- تخفيضات في كثافة المواد وإدخال تقنيات نظيفة وذات كفاءة في استخدام الموارد.
- التأكيد على الحلول العالمية للاستقرار الاقتصادي والاجتماعي والبيئي.

B2 : **سيناريوهات B2 هي عالم أكثر انقسامًا، ولكنه أكثر صداقة للبيئة. تتميز سيناريوهات B2 بما يلي:**

- زيادة عدد السكان بشكل مستمر، ولكن بمعدل أبطأ مما هو عليه في A2.
- التركيز على الحلول المحلية وليس العالمية للاستقرار الاقتصادي والاجتماعي والبيئي.
- المستويات المتوسطة للتنمية الاقتصادية.
- تغيرات تكنولوجية أقل سرعة وأكثر تجزئة مما كانت عليه في A1 و B1.

18 - 2 - 2 تقرير المجلس العالمي للطاقة 3102 CEW

توقع التقرير أحد مسارين محتملين لاستهلاك الطاقة العالمي حتى عام 2050 كلأهما يعتمدان على مراعاة ثلاثة أركان للنمو العالمي، هي [152] :

- **آمن توفر وحركة الطاقة:** لكلا المنتجين والمستهلكين.
- **الإنصاف في تأمين الطاقة:** من خلال أسعار في متناول الجميع.
- **الاستدامة البيئية:** من خلال تخفيض كبير في انبعاثات غازات الدفينة والتوسع في استخدام الطاقة المتجددة والطاقة النظيفة.

هذان المساران هما:

1- **المسار الإنفرادي** JAZZ **ويعتمد على:**

- نمو سريع في استهلاك الطاقة العالمية خاصة في الدول محدودة الدخل.
- تحرير الأسواق من خلال الحد من تدخل الحكومات.

2 - **المسار التناغمي او المتسق** SYMPHONY: **ويعتمد على التنسيق بين متطلبات النمو والمتطلبات البيئية من خلال خطط وسياسات منسقة بين دول العالم.**

يبين الجدول (18-2) بعض مؤشرات هذين المسارين المذكورين في تقرير المجلس العالمي للطاقة WEC 2013 حتى عام 2050.

الجدول 18 - 2
بعض مؤشرات المسارين المذكورين في
تقرير المجلس العالمي للطاقة CEW 2013 حتى عام 2050.

المؤشر	مسار انفرادي	مسار متسق
استهلاك الطاقة الأولية	879	696
انبعاثات CO_2، (GT)	44	19
احتجاز (واستعمال) الكربون وتخزينه $CC(U)S.(GT\ CO_2)$	1،4	6.9
عدد سكان العالم المتوقع بدون خدمات كهرباء (مليون)	319	530

* إشارات الدراسة المشمولة في هذا التقرير إلى ان المسار 450 لا يمكن الوصول اليه دون اتخاذ إجراءات عاجلة وفعالة لانقاص انبعاثات CO_2 إلى الجو المحيط وتوقعت الدراسة ان التخفيضات من انبعاثات CO_2 يمكن ان تبلغ القيم التالية بحلول عام 2050 (من اصل تخفيض إجمالي قدره 43 جيجا طن): تحسين المردود 17-استعمال وقود حيادي الكربون (وقود احيائي)5-التوسع في الطاقة لمتجددة 6-التوسع في الطاقة النووية 3-التوسع في استخدام السيارات الكهربائية والهجينة وخلايا الوقود 4- التوسع في استعمال الوقود منخفض الكربون 3-احنجاز (واستعمال) وتخزين الكربون.

18 - 2 - 3 تقرير الوكالة الدولية للطاقة الذرية AEAI 3102

لم يتوقع هذا التقرير الصادر بعنوان «تقديرات الطاقة والكهرباء والقدرة النووية خلال الفترة حتى 2050، أي مسار محدد لإدارة الطاقة خلال الفترة حتى 2050. بدلا من ذلك قدم تقديرات متوقعة لاستهلاك الطاقة والقدرة في مختلف ارجاء العالم. يعرض الجدول (18-3) بعض النتائج المتوقعة التي توصل إليها تقرير الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA 2013 حتى 2050.

يعرض الجدول (18-3) بعض النتائج المتوقعة التي توصل اليها تقرير الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA 2013 حتى 2050[153].

الجدول 18 - 3

بعض النتائج المتوقعة التي توصل إليها

تقرير الوكالة الدولية للطاقة الذرية AEAI 2013 حتى 2050.

الموقـــع	استهلاك الطاق إكسا جول (EJ)	استهلاك الكهرباء (ك و س/نسمة/سنة)
اميركا الشمالية	103	12700
الشرق الأوسط وجنوب اسيا	453	7900
افريقيا	1900	3400
اجمالي عالمي (وسطي عالمي)	1554	8200

كما توقع التقرير المذكور ان يصل الاستهلاك العالمي من الكهرباء عام 2050 إلى حوالي 76412 تيرا واط ساعي،حصة الطاقة النووية منها 8% والطاقة الشمسية المركزة CSP 11% والخلايا الضوئية الشمسية PV إلى 16 %.

18 - 2 - 4 تقرير اللجنة الحكومية الدولية حول تغير المناخ التقرير التقويمي الخامس

توقع في هذا التقرير IPCC،2014، AR5أحد مسارات أربعة محتملة للطلقة العالمية خلال القرن الحالي،تنعكس في تراكيز مختلفة لغازات الدفيئة GHGS في الجو القريب،حيث ان التغيير في حرارة الجو السائدة في موقع معين (من منظومة الأرض/الجو) ولحظة معينة يعتمد على اختلال التوازن بين الطاقة الواردة والطاقة الصادرة بالنسبة للموقع الموصوف. وهذا الاختلال يسببه تغيير تركيز غازات الدفيئة GHGS الجوي في الموقع (معبراً عنه بمكافئ ثاني أكسيد الكربون CO_2e) مسبباً ما يدعى بـ «الاختلال الاشعاعي RF» الذي يعطى بواحدة واط/متر مربع. لقد تغيرت قيمة RF من حوالي واط/متر مربع عام 1750 (بداية

عصر الصناعة حيث كان تركيز GHGS الجوي حوالي 280 جزء بالمليون حجماً إلى حوالي 2.08 و/م^2.عام 2014 حيث وصل تركيز غازات الدفيئة GHGS الجوي إلى حوالي 400 جزء بالمليون [154].

دعيت المسارات المتوقعة : «مسارات التراكيز التمثيلية RCPS تختلف فيما بينها بقيم GHGS المحتملة في مختلف فترات القرن الحالي ويصل الاختلال الاشعاعي (و/م^2) بنهاية القرن الحالي إلى القيم المبينة في المسارات المذكورة التالية:

- RCP2.6:يفترض ازدياد انبعاثات GHGS إلى قيمة عظمى عام 2050. ثم انخفاضها بعد ذلك تدريجياً حتى نهاية القرن الحالي.
- RCP4.5 : يفترض ذروة انبعاثات GHGS بحلول عام 2040 ثم انخفاضها بعد ذلك تدريجيا حتى نهاية القرن الحالي.
- RCP6 : يفترض ذروة انبعاثات GHGS بحلول 2080، ثم انخفاضها بعد ذلك تدريجيا حتى نهاية القرن الحالي.
- RCP8.5 : يفترض ازدياداً مستمراً في انبعاثات غازات الدفيئة GHGS على طول القرن الحالي.

يبين الجدول (18-4) بعض مؤشرات المناخ العالمي حسب المسارات الأربعة المذكورة في تقرير اللجنة الحكومية الدولية حول تغير المناخ، التقرير التقويمي الخامس 2014.

الجدول 18-4

بعض مؤشرات المناخ العالمي حسب المسارات الأربعة المذكورة

في تقرير اللجنة الحكومية الدولية حول تغير المناخ،

التقرير التقويمي الخامس 2014 .

المسار	تركيز CO_2 في عام 2100/2050 بواحدة PPM	ازدياد درجة الحرارة في عام 2100/2050 مقارنة مع عام 1750، C	ارتفاع سطح البحر (متر) 2050/2100
RCP2.6	420/455	1/1	0.4/0.24
RCP4.5	570/530	1.8/1.4	0.47/0.26
RCP 6	730/510	2.2/1.3	0.48/0.25
RCP8.5	1230/630	3.7/2	0.63/0.3

18 - 2 - 5 **تقرير الوكالة الدولية للطاقة** AEI 4102

توقع هذا التقرير الصادر بعنوان «استشراف الطاقة العالمية WORLD ENERGY OUTLOOK» احد المسارات الثلاثة التالية لاستهلاك الطاقة حتى 2050 [155]:

1- **مسار الخطط (السياسات) الجديدة** NEW POLICIES SCENARIOSويدعى أيضاً المسار المركزي :حيث تم تبني دول العالم منتصف العام 2014 خططا وسياسات لتطبيقها حتى عام 2050 توقعت عند ذلك التاريخ الأوضاع التالية:

- سيكون استهلاك الطاقة الأولية موزعا بالتساوي بين الفحم والنفط والغاز الطبيعي والطاقة المتجددة.
- سيبلغ اجمالي استهلاك الطاقة الأولية حوالي 799 اكساجول.
- ستزداد انبعاثات CO_2 بحوالي 20%مقارنة مع انبعاثات عام 2014.
- ستزداد درجة الحرارة العالمية خلال القرن الحالي بحوالي 4 درجات مئوية، مقارنة مع عام 1750.

2 -**مسار الخطط (السياسات) الحالية** CURRENT POLICIES SCENARIO : **يفترض استمرار أنماط استهلاك الطاقة التي كانت سائدة في عام** 2010 **دون اتخاذ أية إجراءات إضافية ويتوقع المسار التحولات التالية بحلول** 2050:

- استهلاك الطاقة الأولية سيصل إلى 910 اكساجول.
- ستزداد درجة الحرارة العالمية خلال القرن الحالي بحوالي 6 درجات مئوية مقارنة مع عام 1750.

3 - **مسار** 450، scenario450 :**يتوافق هذا المسار مع ضبط ازدياد درجة الحرارة العالمية (باحتمال** 5%) **تحت** 2 **درجة مئوية خلال القرن الخالي مقارنة مع عام** 1750. **مع توقع استقرار تركيز ثاني أكسيد الكربون في طبقة التربوسفير على حوالي** 450 **جزء في المليون.**

نشرت الوكالة الدولية للطاقة في ذات العام 2014 تقريراً بعنوان «منظورات تقنيات الطاقة – استغلال الطاقة الكهربائية»، أكدت فيه على الخطوات التالية:

- استعمال موارد الطاقة منخفضة الكربون.
- تعزيز دور الطاقة الشمسية والغاز الطبيعي.
- تخزين الطاقة المتجددة.

وقد توقع هذا التقرير ثلاثة مسارات محتملة حسب الزيادة في درجة الحرارة العالمية مقارنة مع عام 1750، وهي:

مسار 2 **درجة مئوية** (2DS) : (**يتوافق مع مسار** 450):

- انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عام 2050 لاتتجاوز 15 جيجا طن.
- ازدياد درجة الحرارة العالمية خلال القرن الحالي حوالي 2 درجة مئوية مقارنة مع عام 1750.

مسار 4 درجة مئوية (4DS) : (يتوافق مع مسار الخطط الجديدة):

- تفعيل الالتزامات الحديثة التي أقرتها معظم الدول لإنقاص انبعاثاتها على المدى البعيد.

تحسين مردود الطاقة.

- ازدياد درجة الحرارة العالمية خلال القرن الحالي حوالي 4 درجة مئوية مقارنة مع عام 1750.

مسار 6 درجة مئوية (6DS) : (يتوافق مع مسار الخطط الحالية)

- استهلاك الطاقة العالمية الإجمالي سيبلغ عام 2050 حوالي 1012 إكسا جول انبعاثات ثني عام 2050 لاتتجاوز 15 جيجا طن.
- ازدياد درجة الحرارة العالمية خلال القرن الحالي حوالي 6 درجة مئوية مقارنة مع عام 1750.

من المتوقع أن يبلغ الانقاص الإجمالي التراكمي لانبعاثات مكافىء ثاني أكسيد الكربون المطلوب حسب مسار 2 درجة مئوية مقارنة مع مسار 6 درجة مئوية خلال الفترة 2014 – 2050 حوالي 738 جيجا طن. وهذا يمكن تحقيقه من خلال تقنيات مبتكرة في المجالات التالية (% من الانقاص الإجمالي): الطاقة الكهربائية 40 %، الصناعة 21 %، النقل 19 %، المباني 12 %، أخرى 8 %.

18 - 2 - 6 تقرير شركة شل الملكية الهولندية Shell 2014

عرض هذا التقرير المنشور تحت عنوان «مسارات من منظور جديد» أحد مسارين محتملين لاستهلاك الطاقة حتى عام 2100 من منظورين مختلفين [156]، كما يظهر في الجدول (18– 5)هما:

الجدول 18 - 5

المسارين المحتملين لاستهلاك الطاقة حتى عام 2100

حسب تقرير شركة شل.

المـؤشـــر	منظور عام	منظور خاص
استهلاك الطاقة الأولية (إكسا جول)	902	976
استهلاك الإجمالي للكهرباء (إكسا جول)	155	208
الانبعاثات الصافي لثاني أكسيد الكربون (جيجا طن)	28	40

- **منظور عام** « Mountains» : استهلاك الطاقة العالمية من منظور شامل: يتضمن تدخل وتوجيه الحكومات، وكذلك في استعمال الغاز الطبيعي في قطاع النقل.
- **منظور محلي أو قاعدي** «Oceans» : يترك الحرية لقوى السوق في توجيه وتعزيز النمو الاقتصادي. مع زيادة حصة الطاقة المتجددة في إجمالي الطاقة المستهلكة إلى 33%.

وقد أعطى التقرير المذكور بعض مؤشرات المسارين المحتملين حتى عام 2050، منها:

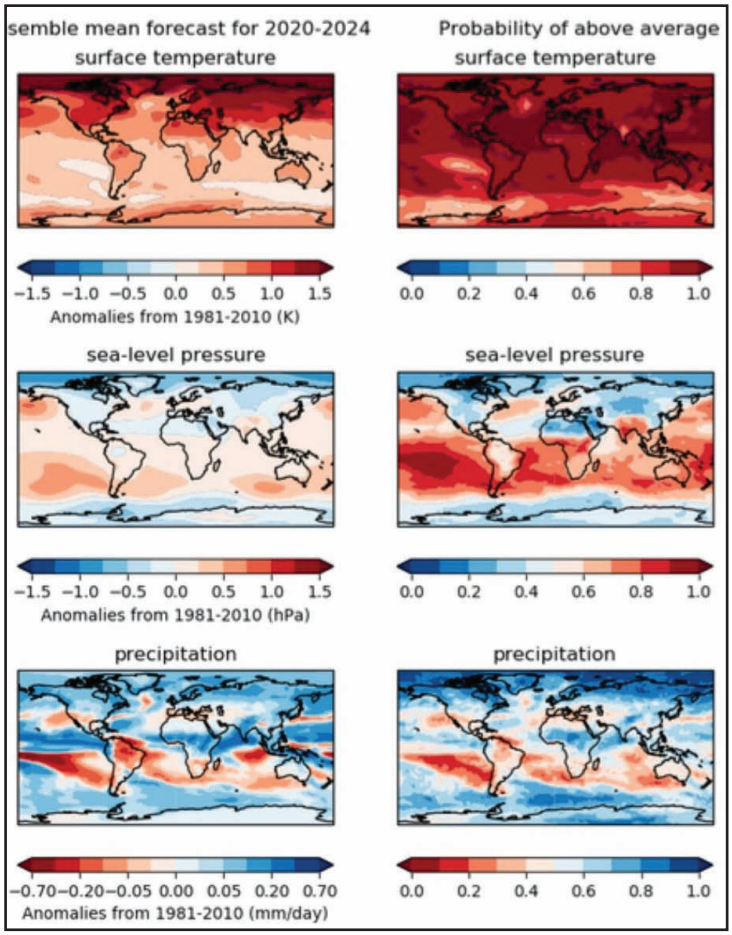
فيما يتعلق بالنشاطات الاقتصادية، والتوسع في مشاريع التقاط واستعمال الطاقة وتخزينها وحسب مجموعات البيانات المستخدمة، يظهر أن متوسط درجة الحرارة العالمية السنوية في عام 2019 كان «أكثر ارتفاعاً بمقدار 1.1 درجة مئوية عن المتوسط في الفترة ما بين 1850 و 1900» وهي الفترة المستخدمة لتمثيل ظروف مناخ ما قبل الثورة الصناعية.

18 - 3 توقعات تغير المناخ في الفترة (2020 - 2024) :

اشارت توقعات مناخية جديدة صادرة عن المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO 2020) إلى أن من المرجح أن يتجاوز المتوسط السنوي لدرجات الحرارة العالمية مستويات ما قبل العصر الصناعي (1850–1900) بمقدار 1 درجة مئوية على الأقل في كل من السنوات الخمس القادمة (2020–2024) كما يظهر في الشكل (18–1) مع احتمال قدره 20 % أن تتجاوز هذه الزيادة 1.5 درجة مئوية في عام واحد على الأقل [157].

الشكل 18 - 1

التوقعات المناخية خلال السنوات (2020 - 2024).



وتبين أن التباطؤ الصناعي والاقتصادي الناجم عن فيروس كورونا (COVID-19) خلال عام 2020 لم يظهر انخفاضاً واضحاً في تركيز ثاني أكسيد الكربون رغم انخفاض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون نظراً إلى طول عمر ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، وتركيزات ثاني أكسيد الكربون هي المسبب الرئيسي في ارتفاع درجات الحرارة العالمية وتغير المناخ.

ثمة احتمال بنسبة قريبة من 70 % أن يشهد شهر واحد أو أكثر خلال السنوات الخمس المقبلة زيادة بمقدار 1.5 درجة مئوية على الأقل قياساً بمستويات ما قبل العصر الصناعي. ثمة احتمال بنسبة قريبة من 20% أن تشهد سنة واحدة أو أكثر خلال السنوات الخمس المقبلة زيادة بمقدار 1.5 درجة مئوية على الأقل قياساً بمستويات ما قبل العصر الصناعي، مع العلم بأن هذا الاحتمال يزداد مع مرور الوقت.

من المستبعد للغاية مع احتمال 3 % أن يتجاوز متوسط درجة الحرارة لفترة الخمس سنوات المقبلة (2020–2024) مستويات ما قبل العصر الصناعي بمقدار 1.5 درجة مئوية، ومن المرجح أن تكون جميع المناطق تقريباً، باستثناء أجزاء من المحيطات الجنوبية، أكثر دفئاً من الماضي القريب، ويرجح أيضاً أن تكون المناطق الواقعة في خطوط العرض العليا ومنطقة الساحل أكثر مطراً من الماضي القريب، في حين تصبح الأجزاء الشمالية والشرقية من أمريكا الجنوبية أكثر جفافاً. وخلال الفترة 2020–2024، توحي حالات الشذوذ في الضغط على مستوى سطح البحر بأن المنطقة الشمالية من المحيط الأطلسي الشمالي قد تشهد زيادة في قوة الرياح الغربية يمكن أن تسفر عن مزيد من العواصف في غرب أوروبا.

18 - 4 التوقعات المستقبلية لتغير درجات الحرارة

منذ ما قبل العصر الصناعي، ارتفعت درجة حرارة الهواء السطحي على اليابسة بما يقرب من ضعف ارتفاع المتوسط العالمي لدرجات الحرارة السطحية (ثقة عالية). وقد أثّر تغيّر المناخ، بما في ذلك الزيادات في تواتر الظواهر الجوية المتطرفة وشدتها، تأثيراً سلبياً على الأمن الغذائي والنظم الإيكولوجية الأرضية وسأهم أيضاً في التصحر وتدهور الأراضي في كثير من الأقاليم (ثقة عالية).

منذ ما قبل العصر الصناعي (1850 – 1900) ارتفع المتوسط الملحوظ لدرجات حرارة الهواء السطحي على اليابسة أكثر كثيراً من ارتفاع المتوسط العالمي لدرجات الحرارة السطحية الأراضي والمحيطات (GMST) (ثقة عالية). فمن الفترة 1850 – 1900 إلى الفترة 2006 – 2015 زاد متوسط درجات حرارة الهواء السطحي على اليابسة بمقدار 1.53 درجة مئوية (والنطاق المرجح إلى حد كبير هو ما بين 1.38 درجة مئوية و 1.68 درجة مئوية) بينما زاد المتوسط العالمي لدرجات الحرارة السطحية (GMST) بمقدار 0.87 درجة مئوية (والنطاق المرجح هو ما بين 0.75 درجة مئوية و 0.99 درجة مئوية)

وقد أدى الاحترار إلى زيادة تواتر الظواهر المرتبطة بالحر، بما في ذلك موجات الحر، وشدتها ومدتها في معظم مناطق اليابسة (ثقة عالية). فقد زاد تواتر وشدة حالات الجفاف في بعض الأقاليم من بينها البحر الأبيض المتوسط، وغرب آسيا، ومناطق كثيرة من أمريكا الجنوبية، ومعظم أنحاء أفريقيا، وشمال شرق آسيا(ثقة متوسطة) وحدثت زيادة في شدة ظواهر الهطول الغزير على نطاق عالمي (ثقة متوسطة).

بين تقرير متحدون في العلم United in Science 2020 [158] أن تركيزات غازات الدفيئة – التي وصلت بالفعل إلى أعلى مستوياتها منذ 3 ملايين عام – استمرت في الارتفاع، لتصل إلى مستويات قياسية جديدة في عام 2020 رغم انخفاض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون نتيجة أن العديد من جوانب حياتنا قد تعطلت بسبب فيروس كورونا (كوفيد 19) وذلك نتيجة العمر الطويل لثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، واستمر تغير المناخ حيث شهدت مساحات شاسعة من سيبيريا موجة حارة مطولة خلال النصف الأول من عام 2020، والتي كانت تكاد تكون مستحيلة بدون تغير المناخ البشري المنشأ. وكانت الفترة 2016–2020 هي أدفأ فترة خمس سنوات مسجلة.

بين التقرير United in Science 2020 [158] أن تركيزات غازات الدفيئة الرئيسية مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النتروز استمرت في الزيادة في

عامي 2019 و 2020. ووصلت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الأحفوري العالمية إلى مستوى قياسي جديد بلغ 36.7 جيجا طن في عام 2019، بزيادة 62% عن عام 1990. استمرت انبعاثات الميثان العالمية من الأنشطة البشرية في الازدياد خلال العقد الماضي. وللأسف لا تتوافق الانبعاثات الحالية لكل من ثاني أكسيد الكربون والميثان مع مسارات الحد من انبعاثات غازات حتى لايصل الإحترار العالمي عند 1.5 درجة مئوية أو أقل بكثير من 2 درجة مئوية فوق مستويات ما قبل الصناعة، وهو هدف اتفاقية باريس.

وتوقع برنامج الأمم المتحدة للبيئة فجوة الانبعاثات في عام 2030 بنحو 12-15 جيجا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون للحد من الإحترار العالمي إلى أقل من درجتين مئويتين فوق مستويات ما قبل العصر الصناعي بحلول نهاية القرن الحادي والعشرين. اما بالنسبة للهدف الطموح 1.5 درجة مئوية، فقدر البرنامج الفجوة بـ 29-32 جيجا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون.

ويتوقع أن يعيش أكثر من 3 مليارات شخص في مناطق درجات الحرارة فيها قد توصف بأنها «غير صالحة للحياة» بحلول عام ،2070 حيث متوسط درجات الحرارة يتجاوز 29 درجة مئوية، إذا لم تسجل انبعاثات الاحتباس الحراري تراجعا. وتوصف هذه الظروف البيئية بأنها خارج «الإطار» المناخي الذي عاش فيه البشر خلال الـ6 آلاف عام الماضية [159] .

بالنظر إلى ما بعد الإطار الزمني لعام 2030، هناك حاجة إلى حلول تكنولوجية جديدة وتغيير تدريجي في أنماط الاستهلاك على جميع المستويات إذ لم يعد من الممكن تأجيل التكيف التحويلي.

18 - 5 التوقعات المستقبلية لتغير هطول الأمطار وظواهره المتطرفة

هناك تأثير مباشر للاحترار العالمي على التغيرات في هطول الأمطار. تؤدي زيادة الاحترار إلى زيادة التبخر وبالتالي تجفيف سطح اليابسة، وبالتالي زيادة شدة الجفاف ومدته. ومع ذلك، فإن قدرة الهواء على الاحتفاظ بالماء تزداد حيث

يزداد تركيز بخار الماء في الغلاف الجوي الذي يوفر الماء من أجل هطول الأمطار بمعدل حوالي 6–7 % لكل درجة ارتفاع في درجة الحرارة وفقًا لعلاقة كلاوسيوس–كلابيرون الديناميكية الحرارية. ومع ذلك، فإن التغييرات في ديناميات الغلاف الجوي مثل التوسع في اتجاه القطب لدورة هادلي Hadley cell الاستوائية يمكن أن تضعف أو تعزز التأثير الديناميكي الحراري إقليمياً وتعديل تضخيم الهطولات الشديدة. وزيادة درجة الحرارة يترافق مع زيادة بخار الماء في الغلاف الجوي. ومن ثم، فإن العواصف، سواء كانت عواصف رعدية فردية أو أمطار خارج المدارية أو عواصف ثلجية، أو الأعاصير المدارية، التي توفرها الرطوبة المتزايدة، تنتج أحداث هطول أكثر شدة لوحظ حدوثها على نطاق واسع، حتى في الأماكن التي يتناقص فيها إجمالي هطول الأمطار، وهذا بدوره يزيد من مخاطر الفيضانات.

نظرًا لاختلاف الدوافع التفاعلية للتغيرات الشديدة في هطول الأمطار، فإن التغييرات ليست موحدة في الفضاء وتختلف حسب المنطقة. وبالتالي فإن معدل التدرج للهطول الشديد مع درجة حرارة سطح الأرض ليس ثابتًا وفقًا لذلك [160].

18 - 6 التوقعات المستقبلية لارتفاع مستوى سطح البحر

ارتفع مستوى سطح البحر العالمي بحوالي 8 بوصات (20سم) منذ بدء الحفظ الموثوق للسجلات في عام 1880. ويعتمد مقدار ارتفاع مستوى سطح البحر في المستقبل على معدل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والاحتباس الحراري. بالعلاقة في الغالب مع معدل ذوبان الجليد والصفائح الجليدية.

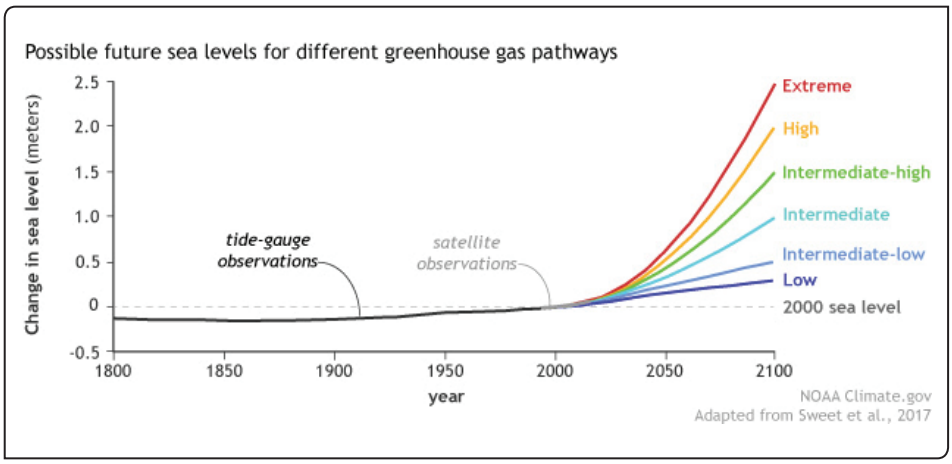
لقد تم مراجعة كل من الاحتمالات المنخفضة و «الأسوأ» صعودًا في عام 2017 بعد مراجعة من قبل فريق العمل الأمريكي المشترك بين الوكالات المعنية بارتفاع مستوى سطح البحر.

ويمكن أن يرتفع مستوى سطح البحر في عام 2100 تحت ستة سيناريوهات مستقبلية محتملة (خطوط ملونة) الشكل (2–18) [161]. تختلف السيناريوهات بناءً على المعدلات المستقبلية المحتملة لانبعاثات غازات الدفيئة والاختلافات في المعدلات المعقولة لفقدان الأنهار الجليدية والغطاء الجليدي.

السيناريو الأعلى للأسوأ – وهو أمر غير مرجح للغاية، ولكن لا يمكن استبعاده – يرجع إلى حد كبير إلى الملاحظات الجديدة والنمذجة حول فقدان الجليد من القارة القطبية الجنوبية وجرينلاند.

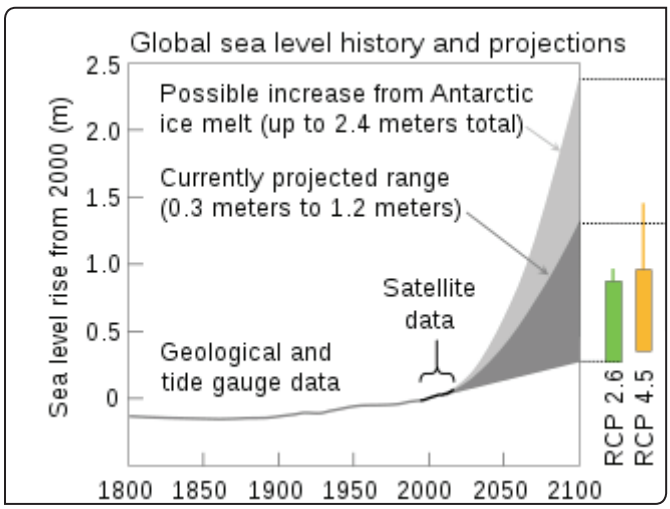
الشكل 18 - 2

توقعات ارتفاع مستوى سطح البحر حتى عام 2100.



من المتوقع أن يرتفع منسوب سطح البحر 30سم فوق مستويات عام 2000، في حالة اتباع انبعاثات غازات الدفيئة مساراً منخفضاً نسبياً في العقود القادمة RCP2.6 [162]، وقد يصل الارتفاع إلى 240سم بحلول عام 2100 في حالة المسار الأسوء CP8.5، كما يظهر في الشكل (18-3)[163]، وهذا نتيجة المياه المضافة من ذوبان الجليد الأرضي وتمدد مياه البحر مع ارتفاع درجة حرارتها.

الشكل 18 - 3
ارتفاع منسوب مستوى سطح البحر في حالة
المسار المنخفض وحالة المسار الأسوء.



18 - 7 التوقعات المستقبلية في مجال الزراعة والحراجة واستعمالات الأراضي

مع تزايد الاحترار يتوقع أن تنتقل المناطق المناخية في اتجاه القطب بدرجة أكبر في خطوط العرض المتوسطة والمرتفعة (ثقة عالية). وفي أقاليم خطوط العرض المرتفعة، من المتوقع أن يؤدي الاحترار إلى زيادة الاضطراب في الغابات الشمالية، بما يشمل الجفاف وحرائق الغابات وتفشي الآفات (ثقة عالية). أما في الأقاليم المدارية، فمن المتوقع، في ظل سيناريوهات انبعاثات غازات الاحتباس الحراري المتوسطة والمرتفعة، أن يؤدي الاحترار إلى نشوء أحوالا مناخية غير مسبوقة بحلول منتصف القرن الحادي والعشرين حتى أواخر ذلك القرن (ثقة متوسطة) [55].

وتستخدم النماذج العالمية وقوائم الجرد الوطنية لغازات الاحتباس الحراري أساليب مختلفة لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون البشرية المنشأ وعمليات إزالتها فيما يتعلق بقطاع الأراضي. وتنتج كلتأهما تقديرات متوافقة إلى حد كبير فيما يتعلق بتغيّر استخدام الأراضي الذي يشمل الغابات (مثلاً، إزالة الغابات، وزراعة الغابات)، وتختلفإن فيما يتعلق بالغابات المدارة. فالنماذج العالمية تعتبر

الأراضي التي خضعت لحصاد غابةً مدارةً في حين تعرّف قوائم الجرد الوطنية لغازات الاحتباس الحراري الغابةً المدارةً تعريفاً أوسع نطاقاً، اتساقاً مع الخطوط التوجيهية لهيئة (IPCC) وفيما يتعلق بهذه المساحة الأكبر، يمكن أيضاً أن تعتبر قوائم الجرد الاستجابة الطبيعية من الأراضي للتغيرات البيئة البشرية المنشأ استجابة بشرية المنشأ، في حين يُعامل نهج النماذج العالمية هذه الاستجابة بوصفها جزءاً من البالوعة غير البشرية المنشأ.

يتم استكشاف آثار التنمية الاجتماعية -الاقتصادية المستقبلية على التخفيف من تغير المناخ والتكيف معه واستخدام الأراضي باستخدام المسارات الاجتماعية -الاقتصادية المشتركة (SSPs) وتشمل تلك المسارات طائفة من التحديات التي تواجه التخفيف من تغير المناخ والتكيف معه.

ينطوي المسار SSP1 على بلوغ عدد السكان ذروته وانخفاضه إلى 7 مليار نسمة تقريباً في عام 2100، ودخل مرتفع وانخفاض أوجه عدم المساواة، وتنظيم فعال لاستخدام الأراضي، واستهلاك أقل كثافة للموارد، بما في ذلك إنتاج الأغذية في نظم قليلة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري ووجود هدر أقل للأغذية، وتجارة حرة، وتكنولوجيات وأساليب حياة مراعية للبيئة. وينطوي هذا المسار، بالنسبة إلى المسارات الأخرى، على تحديات منخفضة فيما يتعلق بالتخفيف وعلى تحديات منخفضة فيما يتعلق بالتكيف (أي قدرة تكيفية عالية)

ينطوي المسار SSP2 على نمو سكاني متوسط (9 مليار نسمة تقريباً في عام 2100)، ودخل متوسط؛ وتقدم تكنولوجي، وأنماط إنتاج واستهلاك تمثل استمراراً للاتجاهات الماضية، وحدوث انخفاض تدريجي فقط في عدم المساواة. وينطوي المسار SSP2، بالنسبة إلى المسارات الأخرى، على تحديات متوسطة فيما يتعلق بالتخفيف من تغير المناخ وعلى تحديات متوسطة فيما يتعلق بالتكيف (أي قدرة تكيفية متوسطة).

ينطوي المسار SSP3 على وجود عدد مرتفع من السكان (13 مليار نسمة تقريباً في عام 2100)، ودخل منخفض، واستمرار أوجه عدم المساواة، وأنماط

استهلاك وإنتاج كثيفة الاستخدام للمواد، وحواجز أمام التجارة، ومعدلات تغيّر تكنولوجي بطيئة.

وينطوي المسار SSP3، بالنسبة للمسارات الأخرى، على تحديات كبيرة فيما يتعلق بالتخفيف وتحديات كبيرة فيما يتعلق بالتكيف (أي قدرة تكيفية منخفضة).

ينطوي المسار SSP4 على نمو سكاني متوسط (9 مليار نسمة تقريباً في عام 2100)، ودخل متوسط، ولكن مع وجود قدر كبير من عدم المساواة داخل الأقاليم وبينها. وينطوي المسار SSP4، بالنسبة إلى المسارات الأخرى، على تحديات منخفضة فيما يتعلق بالتخفيف، ولكنه ينطوي على تحديات كبيرة فيما يتعلق بالتكيف (أي قدرة تكيفية منخفضة).

ينطوي المسار SSP5 على بلوغ عدد السكان ذروته وانخفاضه (7 مليار نسمة تقريباً في عام 2100)، ووجود دخل مرتفع، وأوجه عدم مساواة أقل، وتجارة حرة. وينطوي هذا المسار على أنماط إنتاج واستهلاك وأساليب حياة كثيفة الاستخدام للموارد. وينطوي المسار SSP5، بالنسبة إلى المسارات الأخرى، على تحديات كبيرة فيما يتعلق بالتخفيف، ولكنه ينطوي على تحديات منخفضة فيما يتعلق بالتكيف (أي قدرة تكيفية عالية).

ويمكن الجمْع ما بين المسارات الاجتماعية -الاقتصادية المشتركة SSPs مع مسارات التركيز النموذجية (RCPs) التي تنطوي على مستويات تخفيف مختلفة، مع وجود أثر لذلك فيما يتعلق بالتكيف. ولذا، قد تكون المسارات الاجتماعية -الاقتصادية المشتركة SSPs متسقة مع المستويات المختلفة لارتفاع المتوسط العالمي لدرجات الحرارة السطحية على النحو الذي تتوقعه توليفات مختلفة من المسارات الاجتماعية -الاقتصادية المشتركة SSPs ومسارات التركيز النموذجية RCPs بيد أن بعض تلك التوليفات ليست ممكنة، فعلى سبيل المثال، لا يتسنى في المسار SSP3 ضمْن المسارات المنمذجة وجود مسار التركيز النموذجي 2.6 ومستويات أقل لارتفاع المتوسط العالمي لدرجات الحرارة السطحية في المستقبل مثلًا، بمقدار 1.5 درجة مئوية.

يتوقف استخدام الأراضي في المستقبل، جزئياً، على النتائج المناخية المنشودة ومجموعة خيارات تدابير الاستجابة المنشورة (ثقة عالية). وتتطلب جميع المسارات المنمذجة التي جرى تقييمها وتقصر الاحترار على 1.5 درجة مئوية أو أقل كثيراً من درجتين مئويتين تخفيفاً قائماً على الأراضي وتغيراً في استخدام الأراضي، مع اشتمال معظمها على توليفات مختلفة من إعادة زراعة الغابات، وزراعة الغابات، والحد من إزالة الغابات، واستخدام الطاقة الأحيائية (ثقة عالية). ويحقق عدد صغير من المسارات المنمذجة احتراراً يبلغ 1.5 درجة مئوية مع تحويل أقل للأراضي (ثقة عالية) ومن ثم عواقب أقل فيما يتعلق بالتصحر، وتدهور الأراضي، والأمن الغذائي (ثقة متوسطة).

ولا تأخذ هذه المسارات المنمذجة في الاعتبار تأثيرات تغيّر المناخ على الأراضي أو التخصيب بثاني أكسيد الكربون. وإضافة إلى ذلك، لا تتضمن هذه المسارات سوى مجموعة فرعية من خيارات تدابير الاستجابة التي جرى تقييمها (ثقة عالية)، ويمكن أن يخفّض إدراج خيارات إضافية للاستجابة في النماذج الحاجة المسقطة إلى الطاقة الأحيائية أو إزالة ثاني أكسيد الكربون CDR التي تؤدي إلى زيادة الحاجة إلى الأراضي.

وتُسقط المسارات المنمذجة التي تقصر الاحترار العالمي على 1.5 درجة مئوية ودرجتين مئويتين ما يتراوح بين انخفاض مساحة الغابات بمقدار مليونين من الكيلومترات المربعة وزيادتها بمقدار 12 مليوناً من الكيلومترات المربعة في عام 2050 بالنسبة إلى عام 2010 (ثقة عالية)؛ أما مسارات 3 درجات مئوية فهي تُسقط مساحات أقل من الغابات، تتراوح بين انخفاض بمقدار 4 ملايين كيلومتر مربع وزيادة بمقدار 6 ملايين كيلومتر مربع (ثقة عالية).

وتتباين مساحة الأراضي اللازمة للطاقة الأحيائية في المسارات المنمذجة تبايناً كبيراً تبعاً للمسار الاجتماعي – الاقتصادي، ومستوى الاحترار، والمواد الأولية ونظام الإنتاج المستخدمَين (ثقة عالية). فالمسارات المنمذجة التي تقصر الاحترار العالمي على 1.5 درجة مئوية تستخدم ما يصل إلى 7 ملايين من الكيلومترات المربعة

لأغراض الطاقة الأحيائية في عام 2050، وتكون مساحة الأراضي المخصصة للطاقة الأحيائية أقل من المساحة المخصصة في مسارات درجتين مئويتين ما يتراوح بين 0.4 و 5 ملايين من الكيلومترات المربعة(ومسارات الثلاث درجات مئوية)ما يتراوح بين 0.1 و 3 ملايين من الكيلومترات المربعة (ثقة متوسطة). وقد تنطوي المسارات ذات المستويات الكبيرة لتحويل الأراضي على آثار جانبية مناوئة تؤثر على شح الأراضي، والتنوع الأحيائي، وتدهور الأراضي، والتصحر، والأمن الغذائي، في حالة عدم إدارتها إدارة وافية وتتسم بالعناية، في حين يمكن أن تكون لتنفيذ أفضل الممارسات على النطاقات المناسبة فوائد مشتركة، من قبيل إدارة ملوحة الأراضي الجافة، وتحسين المكافحة البيولوجية والتنوع البيولوجي، وتحسين عزل الكربون في التربة (ثقة عالية).

وتشمل المسارات المنمذجة التي تقصر الاحترار العالمي على 1.5 درجة مئوية عدداً من مسارات التخفيف القائمة على الأراضي أكبر من المسارات ذات مستوى الاحترار الأعلى (ثقة عالية)، ولكن تأثيرات تغيّر المناخ على نظم الأراضي في هذه المسارات أقل شدة (ثقة عالية).

ومعظم مسارات التخفيف تتضمن نشراً كبيراً لتكنولوجيات الطاقة الأحيائية. ويقصر عدد صغير من المسارات المنمذجة الاحترار على 1.5 درجة مئوية مع الحد من الاعتماد على الطاقة الأحيائية وعلى الطاقة الأحيائية مع احتجاز الكربون وتخزينه BECCS مساحة الأراضي تقل عن مليون كيلومتر مربع في عام 2050 وخيارات أخرى لإزالة ثاني أكسيد الكربون CDR (ثقة عالية). وهذه المسارات تعتمد اعتماداً أكبر من ذلك على حدوث تحوّلات سريعة وبعيدة المدى في مجالات الطاقة والأراضي والنظم الحضرية والبنى التحتية، وعلى حدوث تغيّرات في السلوك وأساليب الحياة، مقارنةً بمسارات 1.5 درجة مئوية الأخرى.

وفيما يتعلق بالمسارات الاجتماعية – الاقتصادية المشتركة SSPs المسقطة ذات عدد سكان منخفض، وتنظيم فعال لاستخدام الأراضي، وإنتاج الأغذية في نظم منخفضة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وفواقد الأغذية وهدرها الأقل

المسار SSP1، يحدث الانتقال من المخاطر المنخفضة إلى المخاطر المتوسطة فيما يتعلق بالأمن الغذائي وتدهور الأراضي وشح المياه في الأراضي الجافة بين إنتاج كيلومتر مربع واحد من الطاقة الأحيائية أو الطاقة الأحيائية مع احتجاز الكربون وتخزينه (BECCS) وإنتاج 4 ملايين من الكيلومترات المربعة من أيهما (ثقة متوسطة). وعلى العكس من ذلك، في المسارات ذات العدد السكاني المرتفع، والدخل المنخفض، ومعدلات التغير التكنولوجي البطيئة المسار SSP3، يحدث الانتقال من المخاطر المنخفضة إلى المخاطر المتوسطة بين 0.1 و 1 مليون كيلومتر مربع (ثقة متوسطة) [55].

وتُسقط المسارات المنمذجة التي تقصر الاحترار العالمي على 1.5 درجة مئوية ودرجتين مئويتين ما يتراوح بين انخفاض مساحة الغابات بمقدار مليونين من الكيلومترات المربعة وزيادتها بمقدار 12 مليوناً من الكيلومترات المربعة في عام 2050 بالنسبة إلى عام 2010 (ثقة عالية)؛ أما مسارات 3 درجات مئوية فهي تُسقط مساحات أقل من الغابات، تتراوح بين انخفاض بمقدار 4 ملايين كيلومتر مربع وزيادة بمقدار 6 ملايين كيلومتر مربع (ثقة عالية).

وتتباين مساحة الأراضي اللازمة للطاقة الأحيائية في المسارات المنمذجة تبايناً كبيراً تبعاً للمسار الاجتماعي – الاقتصادي، ومستوى الاحترار، والمواد الأولية ونظام الإنتاج المستخدمَيْن (ثقة عالية). فالمسارات المنمذجة التي تقصر الاحترار العالمي على 1.5 درجة مئوية سيستخدم نحو 7 ملايين من الكيلومترات المربعة لأغراض الطاقة الأحيائية في عام 2050 ؛ وتكون مساحة الأراضي المخصصة للطاقة الأحيائية أقل من المساحة المخصصة في مسارات درجتين مئويتين ما يتراوح بين 0.4 و 5 ملايين من الكيلومترات المربعة (ومسارات الثلاث درجات مئوية) ما يتراوح بين 0.1 و 3 ملايين من الكيلومترات المربعة (ثقة متوسطة). وقد تنطوي المسارات ذات المستويات الكبيرة لتحويل الأراضي على آثار جانبية مناوئة تؤثر على شح الأراضي، والتنوع الأحيائي، وتدهور الأراضي، والتصحر، والأمن الغذائي، في حالة عدم إدارتها إدارة وافية وتتسم بالعناية، في حين يمكن أن تكون لتنفيذ أفضل

الممارسات على النطاقات المناسبة فوائد مشتركة، من قبيل إدارة ملوحة الأراضي الجافة، وتحسين المكافحة البيولوجية والتنوع البيولوجي، وتحسين عزل الكربون في التربة (ثقة عالية).

من المتوقع أن يؤثر التغير المناخي في كل من الزراعة البعلية والزراعة المروية وسيؤدي التغيير المناخي إلى تغيير الزراعة في شتى أنحاء العالم، وانتقال الإمكانات إلى مناطق خطوط العرض القطبية، في الوقت الذي ستؤدي فيه حالات الجفاف والفيضانات المتواترة والشديدة إلى الإضرار بزراعة الكفاف في المناطق شبه القاحلة في خطوط عرض المنطقة الاستوائية ومن ثم تؤدي إلى تدهور الظروف المعيشية للسكان الريفيين الذين يعتمدون على الزراعة لكسب العيش. وتواجه المجتمعات الريفية ولا سيما تلك التي تعيش بالفعل في بيئات هشة، خطرًا مباشرا وآخذًا في التزايد بشكل مستمر لزيادة حالات فشل المحاصيل أو فقدان الماشية أو فقدان التربة السطحية الخصبة جرّاء الحت المتزايد للتربة.

وتواجه نظم زراعية عديدة وكثيفة السكان في البلدان النامية مخاطر ناجمة عن آثار التغير المناخي . ويُتوقع حدوث انخفاضات شديدة في الجريان السطحي لمياه الأنهار وتغذية طبقات المياه الجوفية في حوض البحر المتوسط والمناطق شبه القاحلة في الجنوب الأفريقي، وأستراليا، والأمريكيتين، مما يؤثر على توافر المياه في مناطق مجهدة بالفعل .وتواجه المناطق الكبيرة المتاخمة للأراضي المروية والمرتبطة بدلتا الأنهار خطرًا يتمثل في مزيج من التدفقات الداخلية المنخفضة وتغير دورات الفيضانات السنوية، وزيادة الملوحة، وارتفاع مستوى مياه البحر. وبالنسبة لنظم الري التي تعتمد على الجليديات الجبلية المرتفعة للحصول على المياه، سوف تتقدم فترات الجريان السطحي الشديدة صوب مطلع الربيع، عندما يكون الطلب على مياه الري لا يزال منخفضاً . [المياه، التغيرات المناخية والكوارث 2010 الأمم المتحدة / 64/ A 695] وبالإضافة إلى ذلك، سيزيد ارتفاع درجات الحرارة من الطلب على مياه المحاصيل.

18 - 8 التوقعات المستقبلية لتغير المناخ في المنطقة العربية

تصدر منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا حاليًا انبعاثات غازية أعلى من المتوسط العالمي للفرد، مع وجود معظم البلدان العشرة الأولى من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للفرد في الشرق الأوسط. تعتمد دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا بشكل كبير على الوقود الأحفوري لتوليد الكهرباء، حيث تحصل على نسبة كبيرة من طاقتها من النفط والغاز الطبيعي. ويعد استخراج الوقود الأحفوري وإنتاجه وتصديره أيضًا عنصرًا مهمًا في العديد من الاقتصادات داخل منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا التي تمتلك 60 % من احتياطيات النفط العالمية و 45 % من احتياطيات الغاز الطبيعي المعروفة.

تم الاعتراف من قبل الأمم المتحدة والبنك الدولي ومنظمة الصحة العالمية بأن التغير الحاد في درجات الحرارة العالمية ومستوى سطح البحر، وتغير أنماط هطول الأمطار، وزيادة تواتر الظواهر الجوية المتطرفة هي من بعض الآثار الرئيسية لتغير المناخ كما حددتها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC). ومنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا معرضة بشكل خاص لمثل هذه الآثار بسبب بيئتها القاحلة وشبه القاحلة، حيث تواجه تحديات مناخية مثل قلة هطول الأمطار، وارتفاع درجات الحرارة، وجفاف التربة. وتتوقع الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) أن الظروف المناخية التي تعزز مثل هذه التحديات في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا ستزداد سوءًا خلال القرن الحادي والعشرين. إذا لم يتم تقليل انبعاثات غازات الدفيئة بشكل كبير، فإن جزءًا من منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا معرض لخطر أن يصبح غير صالح للسكنى قبل عام 2100.

من المتوقع أن يفرض تغير المناخ ضغوطًا كبيرة على الموارد المائية والزراعية الشحيحة بالفعل في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، مما يهدد الأمن القومي والاستقرار السياسي لبلدان الشرق الأوسط وشمال إفريقيا [164]. وقد دفع ذلك بعض هذه الدول إلى التعامل مع قضية تغير المناخ على المستوى الدولي من خلال الاتفاقات البيئية مثل اتفاقية باريس. كما يتم وضع السياسة على المستوى الوطني بين دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، مع التركيز على تنمية الطاقات المتجددة.

بينت المبادرة الإقليمية والتوقعات الصادرة بشأن تغيُّر المناخ في المنطقة العربية العمل المزمع تنفيذه دعماً للإطار الاستراتيجي العربي للتنمية المستدامة الذي اعتمده مجلس الوزراء العرب المسؤولين عن شؤون البيئة في عام 2014. وتتم الأنشطة المنفذة بموجب هذه المبادرة أيضاً بتكليف من مجلس إدارة المركز العربي لدراسة المناطق القاحلة والأراضي الجافة الذي يضم وزراء الزراعة العرب، ومن الدورة الوزارية للإسكوا ولجنة الموارد المائية في الإسكوا. وتشكل الخلاصات والمخرجات المنبثقة عن هذه المبادرة مصدر معلومات مكمّل للعمل الذي تضطلع به الوكالة الألمانية للتعاون الدولي في إطار مشروع التكيف مع آثار تغيُّر المناخ في قطاع المياه في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (MENA)، وذاك الذي تنفذه منظمة الأغذية والزراعة (FAO) بموجب المبادرة الإقليمية لندرة المياه، فضلاً عن الأنشطة الأخرى التي تتولى تنسيقها جامعة الدول العربية.

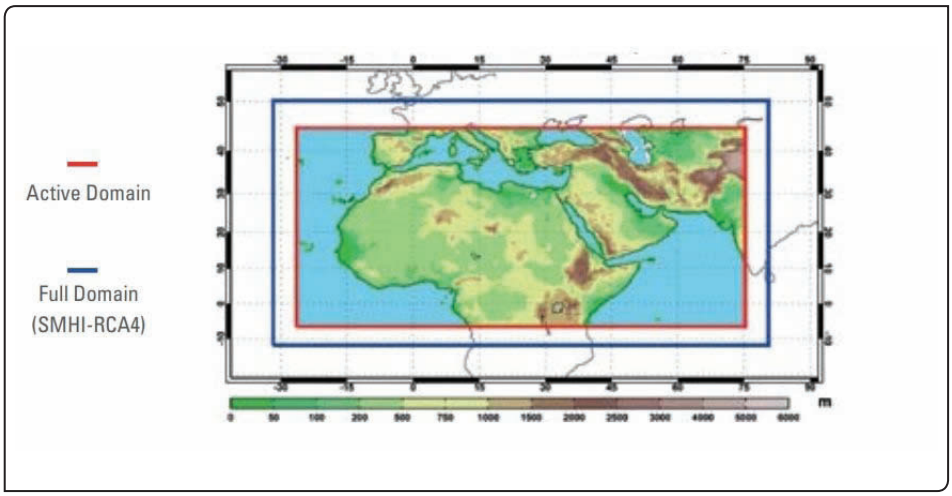
وفي إطار عملية تقييم الأثر في المبادرة الإقليمية، تم إنشاء نطاق عربي من أجل وضع إطار خاص بتطبيق النماذج المناخية الإقليمية، وذلك عملاً بالخطوط التوجيهية المنصوص عليها في تقليص النطاقات الإقليمية المنسقة (كورديكس CORDEX) التابعة للبرنامج العالمي للأبحاث المناخية المدعوم من قِبل المنظمة العالمية للأرصاد الجوية.

تستند النتائج المعروضة في التوقعات المناخية ومؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة في المنطقة العربية إلى مخرجات النماذج المناخية الإقليمية الصادرة عن المعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا باستخدام نموذج الغلاف الجوي الإقليمي التابع لمركز روسبي (RCA4) الذي تتداخل فيه ثلاثة نماذج عالمية رئيسية هي EC-Earth و CNRM و CORDEX GFDL-ESM وقد جرى إعداد مجموعة من المخرجات الخاصة بمسارين إثنين من أربع مسارات التراكيز التمثيلية (RCPs) هما مسار التركيز التمثيلي 4.5 (سيناريو الحالات المتوسطة) ومسار التركيز التمثيلي 8.5 (سيناريو الحالات الأسوأ) وتتم تسمية هذه السيناريوهات بحسب اختلالاتها الإشعاعية المتوقعة التي تُقاس بالواط في المتر المربع (واط/م^2)،

وقد جاء اختيار هذيْن المساريْن والدقة الأفقية المطبقة 50x50 كلم للحصول على مخرجات النموذج المناخي الإقليمي تماشياً مع الجهود المبذولة في إطار تجربة كورديكس لتشجيع التعاون وتبادل المعلومات حول وضع النماذج المناخية الإقليمية ضمن النطاقات الإقليمية المعتمدة وخارجها، استناداً إلى مجموعة مشتركة من السيناريوهات وبروتوكولات البيانات. والجدير بالذكر أن جزر القمر غير مدرجة ضمن النطاق العربي على الرغم من كونها دولة عربية نظراً لموقعها الجغرافي. ويمكن إجراء دراسات حول جزر القمر استناداً إلى نماذج مناخية عالمية عالية الدقة أو مخرجات النماذج المناخية الإقليمية التي تغطي النطاق الأفريقي [165].

يبين الشكل (18-4): نطاق الشرق الأوسط وشمال أفريقيا/النطاق العربي من نطاقات كورديكس 50x50 (كلم)

الشكل 18 - 4
نطاق الشرق الأوسط وشمال أفريقيا/النطاق العربي
من نطاقات تجربة تقليص النطاقات الأقليمية لسنملقة كورديكس.



18-8-1 التوقعات المستقبلية لتغير درجة الحرارة في المنطقة العربية

حسب الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) سيرتفع متوسط درجات الحرارة العالمية بأكثر من 1.5 درجة بحلول نهاية القرن الحادي والعشرين . وتم تحديد منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا كنقطة ساخنة للتغيرات المستقبلية في درجات الحرارة بسبب ظروفها البيئية القاحلة. في حين أن معدلات الإحترار المتوقعة خلال أشهر الشتاء منخفضة، فمن المتوقع أن تشهد المنطقة زيادات شديدة في درجات الحرارة خلال فصل الصيف. وأن تتفاقم ارتفاعات درجات الحرارة بشكل أكبر من خلال الانخفاض في هطول الأمطار وما يرتبط بذلك من استنفاد رطوبة التربة، مما يحد من التبريد التبخيري [166] . نتيجة لذلك ستزداد درجات الحرارة الشديدة بشكل كبير تواترا وشدة عبر منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. وفقًا للدراسات التي نشرها معهد ماكس بلانك للكيمياء، تضاعف عدد الأيام الحارة جدًا في المنطقة بين سبعينيات القرن الماضي ووقت نشر التقرير (2016).

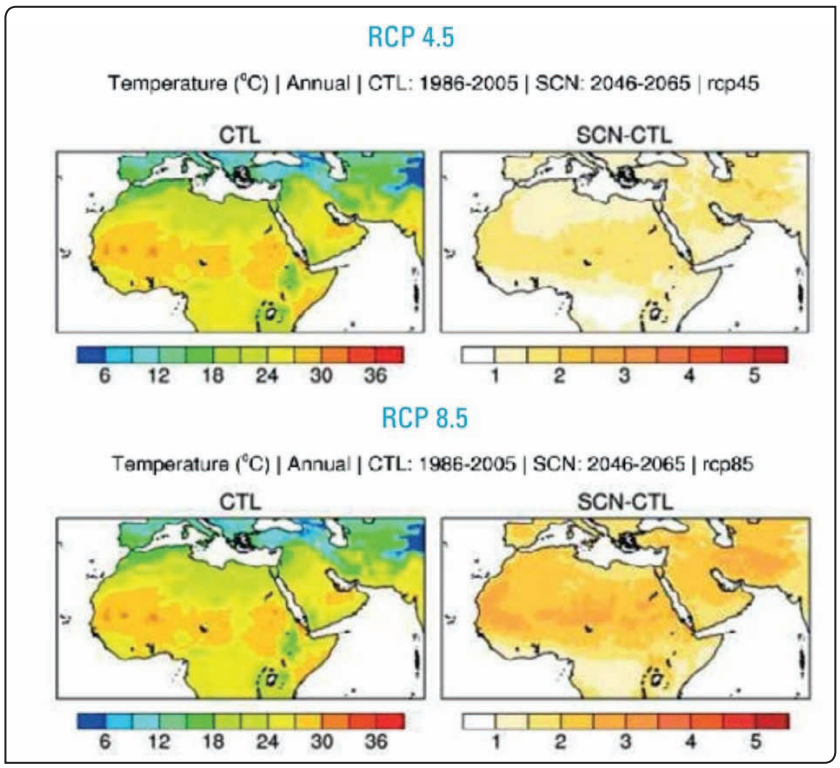
وأشارت الدراسة أيضًا إلى أن موجات الحر ستحدث لمدة 80 يومًا في العام بحلول عام 2050 و 118 يومًا بحلول عام 2100. إلى جانب زيادة العواصف الرملية المرتبطة بفترات الجفاف الأطول، وذلك سيجعل أجزاء كبيرة من المنطقة غير صالحة للسكن بحلول عام 2100.

أ- التغيرات في درجة الحرارة في المنطقة العربية منتصف القرن الحادي والعشرين

يبين الشكل (18-5) التغيرات في درجة الحرارة في الفترة الزمنية الممتدة من عام 2045-2065 مقارنة مع الفترة الزمنية الأساسية CTL الممتدة من عام 1986 إلى عام 2005 لمسار التركيز التمثيلي RCP4.5 (سيناريو الحالات المتوسطة) ومسار التركيز التمثيلي RCP8.5 (سيناريو الحالات الأسوأ)[165].

الشكل 18 - 5

التغيرات في درجة الحرارة في الفترة الزمنية الممتدة
من عام 2045 - 2065 مقارنة مع الفترة الزمنية الأساسية LTC
الممتدة من عام 1986 إلى عام 2005 لمسار التركيز التمثيلي
4.5 (سيناريو الحالات المتوسطة) ومسار التركيز التمثيلي
8.5 (سيناريو الحالات الأسوأ).



تظهر التغيُّرات العامة في درجات الحرارة في منتصف القرن ارتفاعاً يتراوح بين 0.3 و 2.4 درجة مئوية بالنسبة لمسار التركيز التمثيلي RCP4.5 ، وبين 1.1 و 3.4درجة مئوية بالنسبة لمسار التركيز التمثيلي RCP8.5 ويبدو أن معدل الارتفاع الأعلى هو في المناطق غير الساحلية، مع توقعات بأن تكون نسب الارتفاع الأقصى من نصيب منطقة الصحراء الكبرى.

ب- التغيرات في درجة الحرارة في المنطقة العربية نهاية القرن الحادي والعشرين

يبين الشكل (18-6) التغيرات في درجة الحرارة في الفترة الزمنية الممتدة من عام 2081-2100 مقارنة مع الفترة الزمنية الأساسية CTL الممتدة من عام 1986 إلى عام 2005 لمسار التركيز التمثيلي RCP4.5 (سيناريو الحالات المتوسطة) ومسار التركيز التمثيلي RCP8.5 (سيناريو الحالات الأسوأ) [165].

الشكل 18 - 6

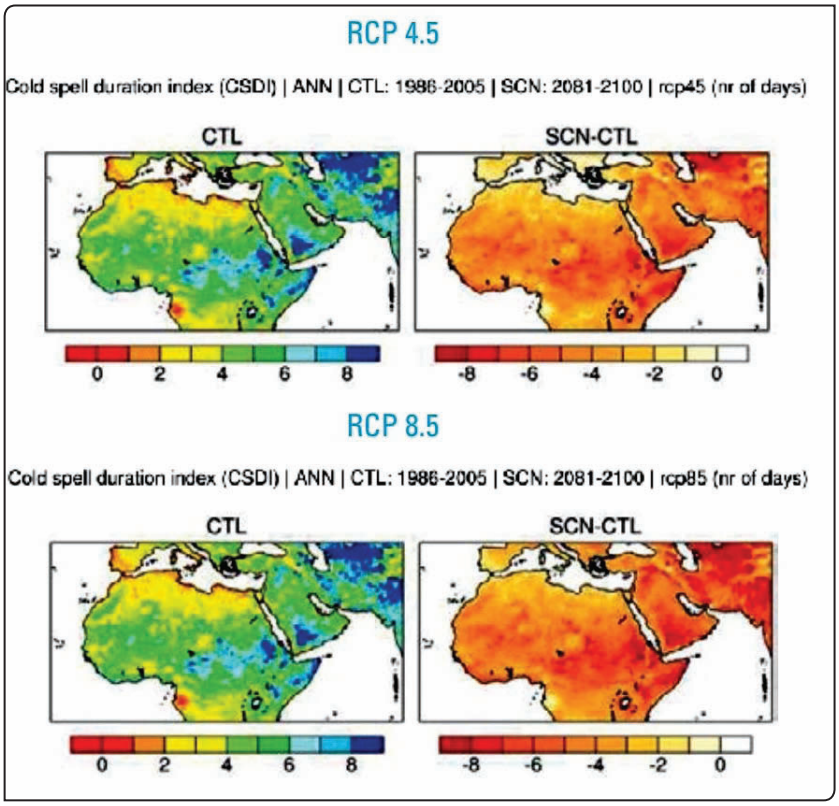
التغيرات في درجة الحرارة في الفترة الزمنية الممتدة

من عام 2081 - 2100 مقارنة مع الفترة الزمنية الأساسية LTC الممتدة

من عام 1986 إلى عام 2005 لمسار التركيز التمثيلي 4.5

(سيناريو الحالات المتوسطة) ومسار التركيز التمثيلي 8.5

(سيناريو الحالات الأسوأ).



تظهر التغيُّرات العامة في درجات الحرارة في نهاية القرن الحادي والعشرين ارتفاعاً يتراوح بين 1 درجة مئوية و 3 درجات مئوية بالنسبة لمسار التركيز التمثيلي 4.5، وبين درجتين و 5 درجات مئوية بالنسبة لمسار التركيز التمثيلي. 8.5 والمناطق التي تسجل معدل الارتفاع الأعلى هي في الصحراء الكبرى شمالي وشرقي أفريقيا، بما في ذلك المغرب وموريتانيا.

والجدير بالذكر أن إشارات ارتفاع درجات الحرارة على طول السواحل الغربية في اليمن والمملكة العربية السعودية في إطار مسار التركيز التمثيلي 8.5 أقوى من تلك المسجلة في سياق مسار التركيز التمثيلي 4.5 مقارنة مع باقي أنحاء شبه الجزيرة العربية.

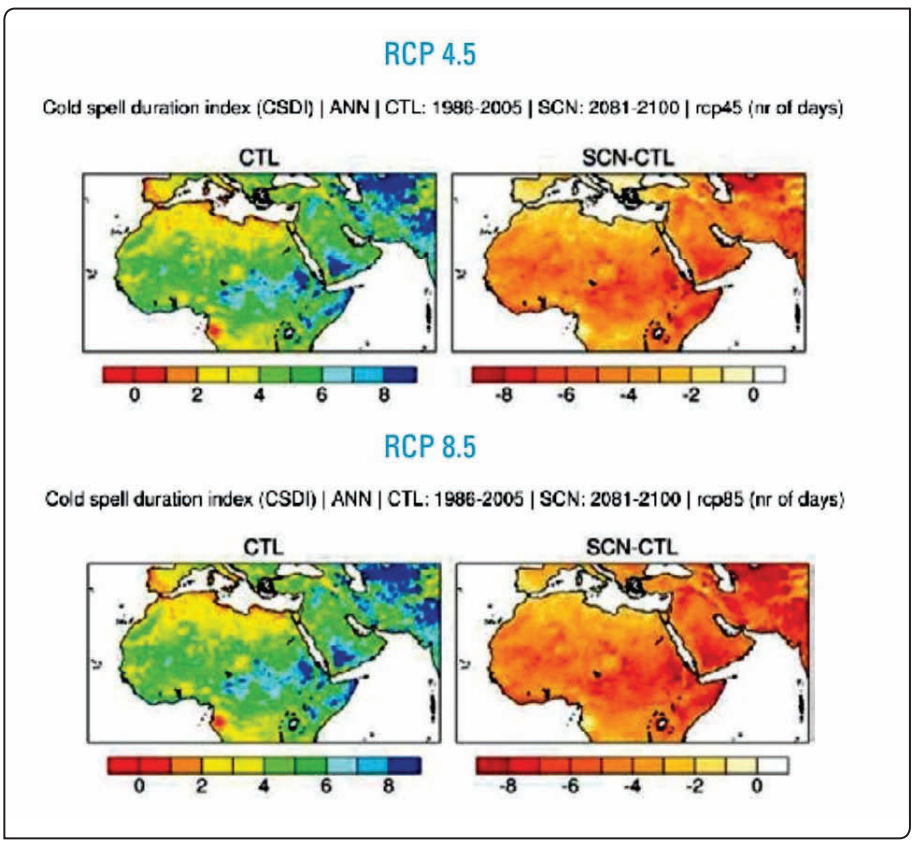
تستند معظم الإسقاطات المناخية على منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا إلى نماذج الدوران العامة (GCMs)، القادرة على محاكاة السمات المناخية على نطاق واسع، ولكنها لا تعيد إنتاج بعض الجوانب المهمة للتقلبية المحلية. كما ورد في تقرير التقييم الرابع Christensen et al IPCC AR4، 2007)، وفقًا لمجموعة النماذج المتعددة AR4 (Fourth Assessment Report (AR4)) لإسقاطات GCM في إطار سيناريو SRES A1B الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، 2000 (Special Report on Emissions Scenarios (SRES)) فوق المنطقة الصحراوية الفرعية، فإن متوسط الزيادة في درجة الحرارة يقع بين 3 درجات مئوية و 4 درجات مئوية، أي ما يقرب من 1.5 مرة من متوسط الاستجابة العالمية. وفقًا لتقرير (Niang et al IPCC AR5.، 2014)، من المتوقع أن يتجاوز متوسط درجة حرارة الهواء في إفريقيا نطاق التباين في القرن العشرين بحلول عام 2069 في إطار مسار التركيز التمثيلي 4.5 (Moss et al.) (RCP4.5، 2010) وبحلول عام 2047 بموجب RCP8.5 .

ج- التغيُّرات في مؤشر نوبات البرد

يبين الشكل (18-7) التغيُّرات في مؤشر مدة نوبات البرد في الفترة الزمنية الممتدة من 2081 إلى 2100 مقارنةً مع الفترة الزمنية الأساسية الممتدة من1986

إلى 2005 لمسار التركيز التمثيلي4.5 RCP ومسار التركيز التمثيلي RCP8.5 [165].

الشكل 18 - 7
التغيُّرات في مؤشر مدة نوبات البرد في الفترة الزمنية الممتدة من 2081 إلى 2100 مقارنةً مع الفترة الزمنية الأساسية الممتدة من 1986 إلى 3005 لمسار التركيز التمثيلي 4.5 ومسار التركيز التمثيلي 8.5.



تُظهر النتائج تراجعاً في نوبات البرد في مختلف أنحاء المنطقة العربية .ويتم رصد تراجع أكبر بالنسبة لمسار التركيز التمثيلي 8.5 مع تسجيل معدلات قياسية في المنطقة الواقعة جنوب غرب شبه الجزيرة العربية وعند منابع أحواض نهر النيل ونهريّ دجلة والفرات.

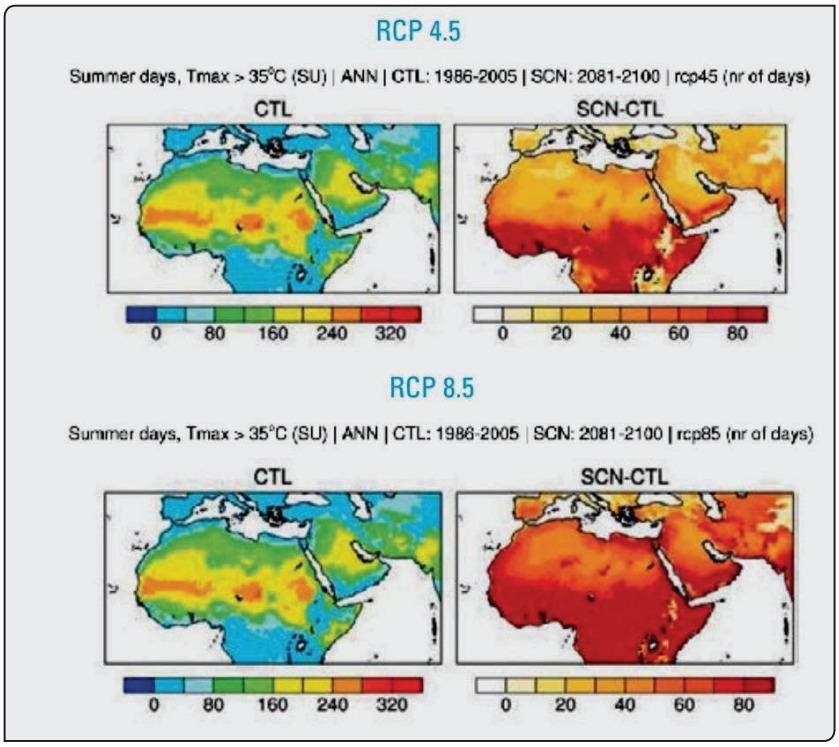
د-التغيُّرات في درجات الحرارة المرتفعة

استناداً إلى تحليل النتائج التي تم التوصل إليها والأنشطة التي جرى تنفيذها في إطار المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغير المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية، تم وضع مؤشريْن إضافيين حول تغير المناخ، وهما عدد الأيام الحارة فوق 35 درجة مئوية SU35 وعدد الأيام شديدة الحرارة فوق 40 درجة SU40 .

والهدف من ذلك إعطاء صورة أوضح عن الخصائص الإقليمية المرتبطة بدرجات حرارة أعلى في المنطقة العربية، بما أن مؤشر أيام الصيف المعتمد من قبل فريق الخبراء المعني برصد تغير المناخ والمؤشرات ذات الصلة كان يكتفي باحتساب عدد أيام الصيف التي تتخطى فيها درجة الحرارة القصوى اليومية 25 درجة.

يبين الشكل (18-8) التغيُّرات في أيام الصيف حيث تكون درجة الحرارة القصوى اليومية أعلى من 35 درجة مئوية SU35 في الفترة الزمنية الممتدة من 2081إلى 2100 مقارنةً مع الفترة الزمنية الأساسية الممتدة من 1986 إلى2005 لمسار التركيز التمثيلي 4.5ومسار التركيز التمثيلي 8.5 [165].

الشكل 18 - 8
التغيُّرات في أيام الصيف



حيث تكون درجة الحرارة القصوى اليومية أعلى من 35 درجة مئوية في الفترة الزمنية الممتدة من 2081 إلى 2100 مقارنةً مع الفترة الزمنية الأساسية الممتدة من 1986 إلى 2005 لمسار التركيز التمثيلي4.5 ومسار التركيز التمثيلي 8.5.

تُظهر النتائج توجهاً ملحوظاً نحو الإحترار في كلا السيناريوهين RCP4.5 و RCP8.5حيث وصل عدد الأيام الحارة SU35 إلى 80 يوماً في جنوب شبه الجزيرة العربية والساحل الغربي لأفريقيا بالنسبة لمسار التركيز التمثيلي8.5 .

هـ-التغيُّرات في درجات الحرارة المرتفعة كثيراً

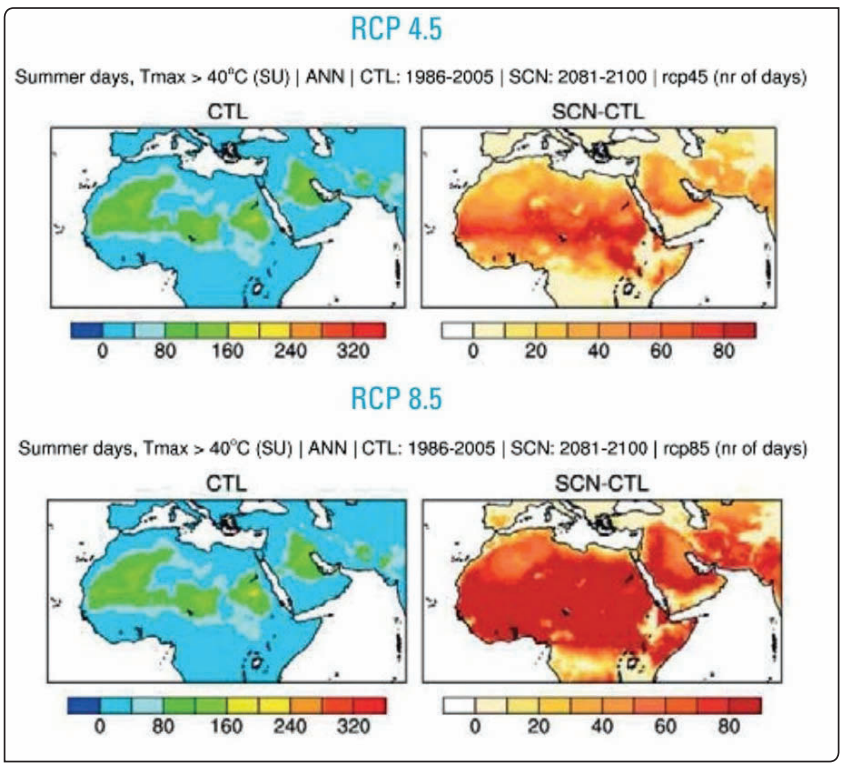
كان متوسط درجة الحرارة العظمى خلال الأيام الأكثر سخونة خلال الثلاثين

عامًا الماضية 43 درجة مئوية [168]. توقع الكيميائي الهولندي للغلاف الجوي يوهانس ليليفيلد أن تصل درجات الحرارة القصوى إلى ما يقرب من 50 درجة مئوية في ظل سيناريوهات المناخ الحالية التي وضعتها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ [169]، ويتوقع كذلك أن يرتفع متوسط درجات الحرارة في الصيف بنسبة تصل إلى 7 % في جميع أنحاء منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، وما يصل إلى 10 % في المناطق شديدة التحضر، وسيزداد تعرض الأفراد للإرهاق والنوبات القلبية والوفاة [170]. وتوقع عالم المناخ علي أحمد علي بور أن معدلات الوفيات المرتبطة بالحرارة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا ستصل إلى 20 مرة أعلى من المعدلات الحالية بحلول نهاية القرن الحادي والعشرين [171].

يبين الشكل(18-9) التغيُّرات في أيام الصيف حيث تكون درجة الحرارة القصوى اليومية أعلى من 40 درجة مئوية SU40 في الفترة الزمنية الممتدة من 2081 إلى 2100 مقارنةً مع الفترة الزمنية الأساسية الممتدة من 1986 إلى2005 لمسار التركيز التمثيلي 4.5 ومسار التركيز التمثيلي 8.5[165].

الشكل 18 - 9
التغيُّرات في أيام الصيف

حيث تكون درجة الحرارة القصوى اليومية أعلى من 40 درجة مئوية SU40 في الفترة الزمنية الممتدة من 2081 إلى 2100 مقارنةً مع الفترة الزمنية الأساسية الممتدة من 1986 إلى 2005 لمسار التركيز التمثيلي 4.5 ومسار التركيز التمثيلي 8.5 .



تُظهر النتائج المتوقعة احتراراً كبيراً في منطقة الصحراء الكبرى ووسط شبه الجزيرة العربية بالنسبة لمسار التركيز التمثيلي8.5 ، في إشارة إلى أن الزيادة في درجات الحرارة القصوى في المناطق الساحلية ستكون أدنى من تلك التي ستسجلها الأجزاء الوسطى في المنطقة بالنسبة لكليّ السيناريوهين.

كما أظهرت النتائج توقعات بارتفاع عدد الليالي الاستوائية Tropical nights) أي عندما لا تنخفض درجة حرارة في اليوم إلى ما دون 20 درجة مئوية) في الفترة الزمنية الممتدة من 2081 إلى 2100 مقارنةً مع الفترة الزمنية الأساسية

الممتدة من 1986 إلى2005 ، لاسيما في وسط أفريقيا والمناطق الواقعة جنوب شبه الجزيرة العربية، على الأخص بالنسبة لمسار التركيز التمثيلي 8.5 .

18 - 7 - 2 توقعات هطول الأمطار في المنطقة العربية

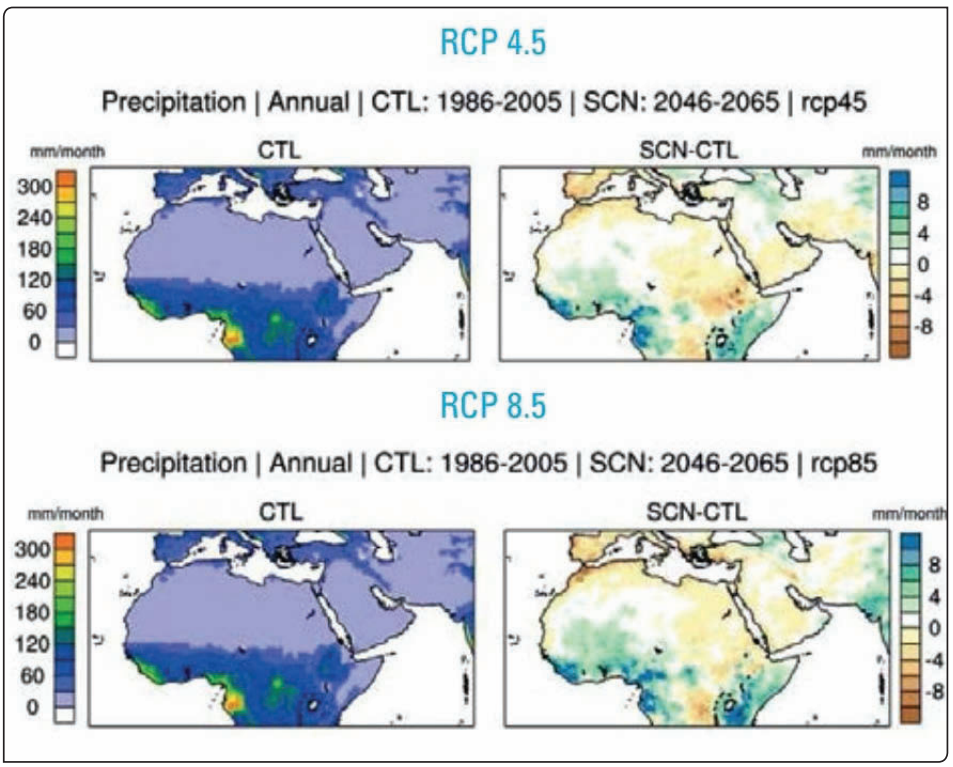
توقعات هطول الأمطار غير مؤكدة أكثر من توقعات درجات الحرارة وتبدي اعتمادًا مكانيًا وموسميًا أعلى من توقعات درجات الحرارة. مجموعة (CMIP5 Taylor et al.، 2012) من المحتمل جدًا حدوث انخفاض في متوسط هطول الأمطار السنوي فوق منطقة البحر الأبيض المتوسط بشمال إفريقيا في منتصف وأواخر القرن الحادي والعشرين وفق المسار RCP8.5 . ليليفيلد وآخرون (2016) قاموا بالتحقيق في تغير المناخ ودرجات الحرارة القصوى في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا بتطبيق النتائج المجمعة لنماذج CMIP5 بموجب سيناريو RCP4.5 وسيناريو RCP8.5، اكتشفوا أن ارتفاع درجة حرارة المناخ يكون أقوى في الصيف، لم يتم تقديم أي توقعات مناخية إقليمية حول مجال CORDEX-MENA في المراجع العلمية. Terink et alأجروا (2013) تصغيرًا إحصائيًا للنطاق CORDEX-MENA لمجموعة من تسعة نماذج GCM من CMIP3 في إطار سيناريو الانبعاثات SRES A1B، مع الأخذ في الاعتبار الفترات المستقبلية 2020-2030 و2040-2050. و قاموا بتحليل التغيرات في هطول الأمطار والتبخر، ووجدوا أن مجموع هطول الأمطار السنوي سينخفض في غالبية البلدان، إلى جانب متوسط زيادة في التبخر. ستؤدي الزيادات في درجات الحرارة، إلى جانب الانخفاض الكبير في هطول الأمطار و زيادة التبخر، إلى إجهاد موارد المياه بشدة.

أ-التغيرات في الهطولات منتصف القرن الحادي والعشرين في المنطقة العربية

يبين الشكل (18-10) التغيرات في المتوسط الشهري للهطولات في الفترة الزمنية الممتدة من عام 2045-2065 مقارنة مع الفترة الزمنية الأساسية CTL الممتدة من عام 1986 إلى عام 2005 لمسار التركيز التمثيلي 4.5 (سيناريو الحالات المتوسطة) ومسار التركيز التمثيلي 8.5 (سيناريو الحالات الأسوأ) [165].

الشكل 18 - 10
التغيرات في المتوسط الشهري للهطولات
في الفترة الزمنية الممتدة من عام 2045 - 2065

مقارنة مع الفترة الزمنية الأساسية CTL الممتدة من عام 1986 إلى عام 2005 لمسار التركيز التمثيلي 4.5 ومسار التركيز التمثيلي 8.5 .



يمكن رصد الاتجاهات التنازلية في معظم أنحاء المنطقة العربية. ويُظهر الشكل تراجعاً في متوسط الهطولات الشهري يبلغ 8 ملم في جبال الأطلس في إطار مسار التركيز التمثيلي RCP 8.5.

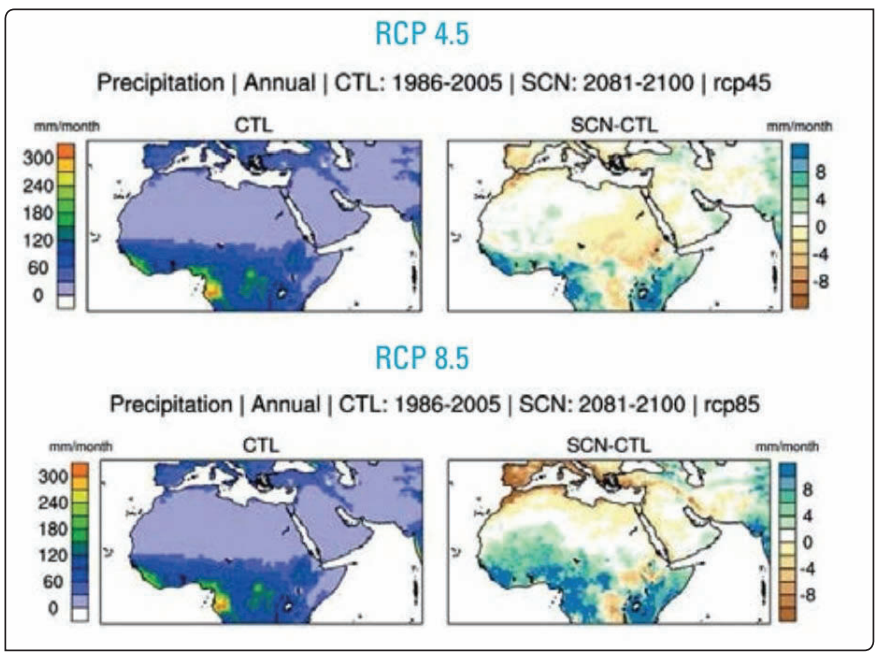
ب- التغيرات في الهطولات نهاية القرن الحادي والعشرين في المنطقة العربية

يبين الشكل (18-11) التغيرات في المتوسط الشهري للهطولات في الفترة الزمنية الممتدة من عام 2081-2100 مقارنة مع الفترة الزمنية الأساسية CTL

الممتدة من عام 1986 إلى عام 2005 لمسار التركيز التمثيلي 4.5 (سيناريو الحالات المتوسطة) ومسار التركيز التمثيلي 8.5 (سيناريو الحالات الأسوأ)

الشكل 18 - 11
التغيرات في المتوسط الشهري للهطولات
في الفترة الزمنية الممتدة من عام 2081 - 2100

مقارنة مع الفترة الزمنية الأساسية CTL الممتدة من عام 1986 إلى عام 2005 لمسار التركيز التمثيلي 4.5 (ومسار التركيز التمثيلي 8.5).



يظهر السيناريوهان تراجعاً في معدل الهطولات الشهري يتراوح ما بين 8 و10ملم في المناطق الساحلية المشمولة في النطاق، لا سيما في محيط جبال الأطلس غرباً، وفي أعلى أحواض نهريّ دجلة والفرات شرقاً.

ج-التغيُّرات في نوبات الجفاف وغزارة الهطولات

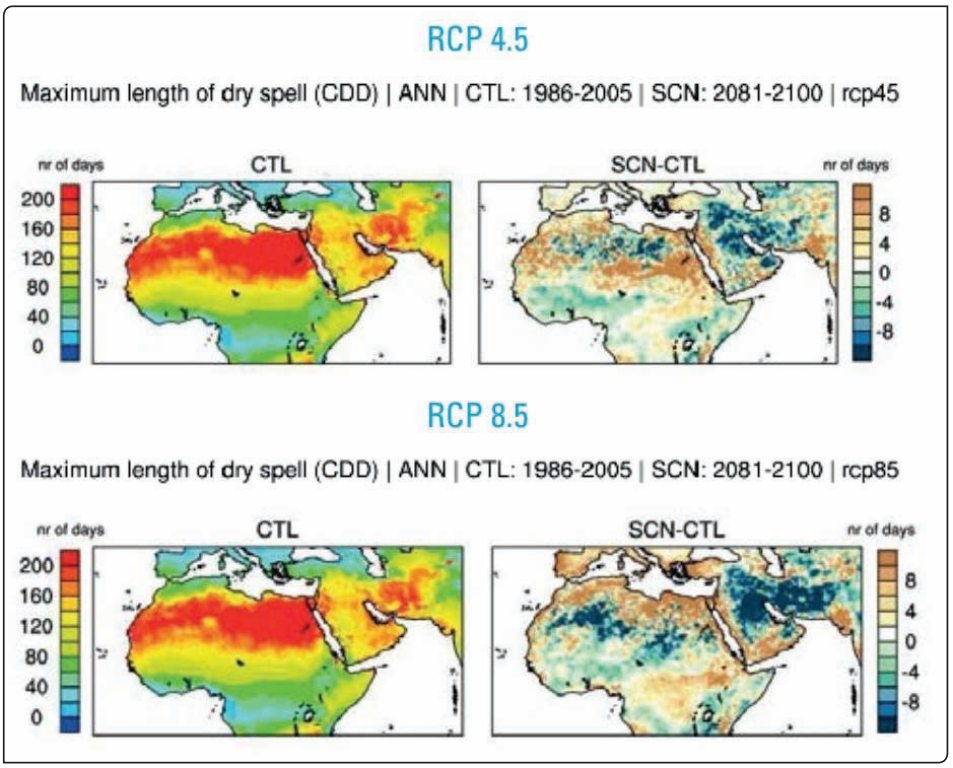
تم تقييم الاتجاهات المناخية عبر الزمن في المنطقة العربية، حيث توقع زيادة نوبات الجفاف في المنطقة العربية [172].

ويبين الشكل (18-12) التغيُّرات في المدة الأقصى لنوبات الجفاف في الفترة الزمنية الممتدة من 2081 إلى 2100 مقارنةً مع الفترة الزمنية الأساسية الممتدة من 1986إلى 2005 لمسار التركيز التمثيلي4.5 ومسار التركيز التمثيلي8.5 [165].

الشكل 18 - 12

التغيُّرات في المدة الأقصى لنوبات الجفاف

في الفترة الزمنية الممتدة من 2081 إلى 2100



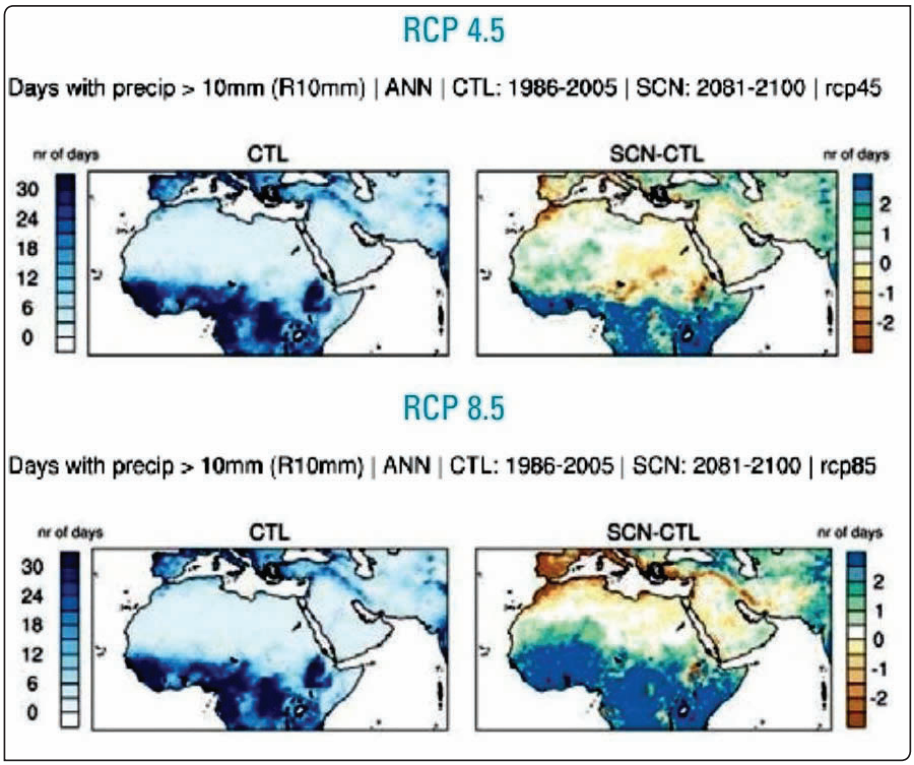
مقارنةً مع الفترة الزمنية الأساسية الممتدة من 1986 إلى 2005 لمسار التركيز التمثيلي 4.5 ومسار التركيز التمثيلي 8.5 .

تُظهر التوقعات توجهاً نحو ظروف أكثر جفافاً مع زيادة في عدد أيام الجفاف، لا سيما في منطقة المتوسط والأجزاء الغربية والشمالية من شبه الجزيرة العربية بحلول نهاية القرن. ويعكس ذلك زيادة في مدة موسم الجفاف (الصيف) في هذه المناطق بشكل خاص.

ويبين الشكل (18-13) التغيُّرات في الأيام ذات الهطول المطري الغزير في الفترة الزمنية الممتدة من2081 إلى 2100 مقارنةً مع الفترة الزمنية الأساسية الممتدة من 1986 إلى 2005 لمسار التركيز التمثيلي 4.5 ومسار التركيز التمثيلي 8.5 [165].

الشكل 18 - 13
التغيُّرات في الأيام ذات الهطول المطري الغزير
في الفترة الزمنية الممتدة من 2081 إلى 2100

مقارنةً مع الفترة الزمنية الأساسية الممتدة من 1986 إلى 2005 لمسار التركيز التمثيلي 4.5 ومسار التركيز التمثيلي 8.5.

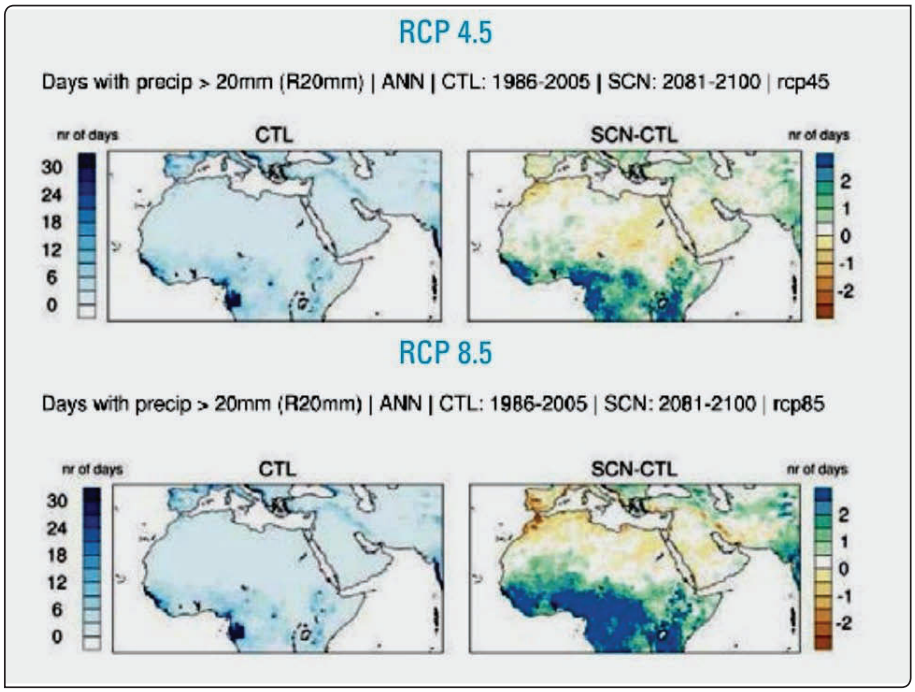


يظهر تراجع في إجمالي عدد الأيام الممطرة التي تتخطى فيها كمية الهطولات 10ملم في المنطقة العربية.

ويبين الشكل (18-14) التغيُّرات في الأيام ذات الهطول المطري البالغ الغزارة في الفترة الزمنية الممتدة من 2081إلى 2100 مقارنةً مع الفترة الزمنية الأساسية الممتدة من 1986 إلى 2005 لمسار التركيز التمثيلي 4.5 ومسار التركيز التمثيلي 8.5[165].

الشكل 18 - 14
التغيُّرات في الأيام ذات الهطول المطري البالغ الغزارة
في الفترة الزمنية الممتدة من 2081 إلى 2100

مقارنةً مع الفترة الزمنية الأساسية الممتدة من 1986 إلى 2005 لمسار التركيز التمثيلي 4.5 ومسار التركيز التمثيلي 8.5.



النتائج مشابهة لتلك الخاصة بالأيام ذات الهطول المطري الغزير وهي تعكس منحى تنازلياً وتراجعاً إجمالياً في عدد الأيام الممطرة التي تتخطى فيها كمية الهطولات 20 ملم في المنطقة العربية.

18 - 7 - 3 توقعات ارتفاع مستوى سطح البحر في المنطقة العربية

في جميع أنحاء منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، كان 60 مليون شخص يسكنون المناطق الساحلية في عام 2010، وهو عدد السكان الذي توقع البنك الدولي أن يرتفع إلى 100 مليون بحلول عام 2030. نتيجة لذلك، من المتوقع أن يتأثر سكان منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا بشكل كبير بارتفاع مستوى سطح البحر الناجم عن تغير المناخ.

وحذر تقرير للوكالة الأوروبية للبيئة بأن المناطق الساحلية في البحر الأبيض المتوسط هي بالتحديد عرضة للتأثر بازدياد خطر الفيضان من جراء ارتفاع منسوب مياه البحر واحتمال ازدياد المد العاصفي. وحسب البنك الدولي، قد يؤثر ارتفاع منسوب سطح البحر على 43 مدينة ساحلية منها 24 مدينة في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا [173].

تمثل إحدى نتائج ارتفاع مستوى سطح البحر في فقدان الأراضي الرطبة الساحلية، وهي مورد طبيعي مسؤول عن خدمات النظام الإيكولوجي مثل مقاومة العواصف والحفاظ على جودة المياه وعزل الكربون. تتنبأ دراسة أجراها البنك الدولي أن منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا ستفقد أكثر من 90 % من أراضيها الرطبة الساحلية وأراضيها العذبة إذا حدث ارتفاع في مستوى سطح البحر بمقدار متر واحد.

في شمال إفريقيا، من المتوقع أن تتأثر مصر أكثر من غيرها بالتغيرات في مستوى سطح البحر[174]

ثلث دلتا النيل وأجزاء كبيرة من الإسكندرية، تقع تحت مستوى سطح البحر العالمي [175]. تم تجفيف هذه المناطق للأغراض الزراعية وخضعت للتنمية الحضرية، حيث يتم منع الفيضانات بواسطة الجدران البحرية والسدود [175]. ومع ذلك، يمكن أن تؤدي حالات الفشل التي تحدث في هذه الهياكل وعرام العواصف والظواهر الجوية المتطرفة إلى غمر هذه المناطق في المستقبل إذا استمرت مستويات سطح البحر في الارتفاع. تتعرض المناطق الزراعية في مصر للخطر بشكل خاص،

حيث يؤدي ارتفاع مستوى سطح البحر بمقدار متر واحد إلى غمر 12-15% من إجمالي الأراضي الزراعية في البلاد [176]. وتشير التقديرات إلى أن هذا يؤدي إلى نزوح 6.7 مليون شخص في مصر ويؤثر على ملايين آخرين ممن يعتمدون على الزراعة للحصول على دخل [176]. من المتوقع أن تؤدي زيادة معتدلة بمقدار 50 سم في مستوى سطح البحر إلى تشريد 2 مليون شخص وتسبب 35 مليار دولار أمريكي من الأضرار [177].

18 - 7 - 4 التوقعات بخصوص الموارد المائية في المنطقة العربية

أشارت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ إلى أن التوزيع العالمي لهطول الأمطار يتحول حاليًا استجابة لزيادة انبعاثات غازات الدفيئة، مع زيادات في المناطق الرطبة في خطوط العرض العليا والوسطى وانخفاض في المناطق الاستوائية الجافة مثل منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا.

تستقبل المنطقة العربية مصبات وتدفقات للمياه العذبة من مناطق تجميع المياه المجاورة عبر الأنهار مثل نهر النيل والفرات، ودجلة، ويمكن للعديد من المناطق الانتفاع من احتياطي المياه الجوفية التي نتجت عن الفترات الأكثر مطراً ورطوبة فيما مضى. لقد قدر أحد تقارير مجلس المياه العربي الموارد المائية المتجددة في المنطقة العربية بحوالي 335كم مكعب سنويا، أكثر من نصفها ينبع من خارج المنطقة، وتستخدم المنطقة 250كم مكعب من أصل300كم مكعب من المياه العذبة المتوفرة سنوياً لأغراض الزراعة (85 %)، واستخدامات البلديات 7 %، والاستخدامات الصناعية (8 %)، في حين يتبقى أجزاء بالمائة (كسور) للتدفقات الطبيعية. إلا أن هذه الأرقام التي تأتي على مستوى المنطقة تخفي تباينات واسعة من دولة لأخرى، في حين أن بعض الدول (الصومال والسودان) لا تستخدم سوى كميات محدودة من المياه السطحية المتاحة و تعتمد سلطنة عمان والمملكة العربية السعودية على المياه الجوفية لأكثر من 90 % من إمداداتها، وأما بعض دول الخليج كالكويت وقطر، فتسهم تحلية المياه بتوفير أكثر من 40 % من مجموع مياهها العذبة. وقدرت برامج النمذجة الحديثة أن المنطقة تعاني من عجز في المياه يبلغ حوالي 43كم مكعب في السنة، وعلاوة على ذلك فإنه مع ازدياد عدد السكان وزيادة الاستخدام الفردي،

يتوقع للطلب أن يرتفع بنسبة 60 % بحلول عام 2045 وحتى بدون وجود تغير المناخ يمكن للعجز أن يزيد إلى 222كم مكعب بحلول عام.2045 وعندما تم أخذ تغير المناخ في الحسبان، فإنه حتى السيناريو المتفائل (مطير) يقدر عجزاً بمقدار 104كم مكعب في عام 2045، في حين أن السيناريو الأكثر واقعية (جاف) يتوقع حدوث عجز بمقدار 305كم مكعب. كما تشير نماذج المناخ" إلى زيادة التغيرات في هطول الأمطار.

تشير التوقعات إلى أن تدفقات المياه العذبة الرئيسية في المنطقة ستتأثر بشكل مختلف، فمن المتوقع لتدفقات نهري الفرات ودجلة أن تقل نتيجة قلة هطول الأمطار في مناطق تجميعُ مياهها، في حين يتوقع لتدفقات النيل أن تزداد، مما من شأنه أن يضع ضغوطا متزايدة على اتفاقات المياه الخاصة بالأنهار التي تنبع من خارج حدود الدول العربية.

أشارت دراسة أجرتها وكالة ناسا إلى أن جفاف 1998–2012 في الشرق الأوسط كان أسوأ ما حدث خلال الـ 900 عام الماضية [178]. يقترح عالم المناخ كولين كيلي أن تغير المناخ كان مساهماً هاماً في زيادة شدة الجفاف الأخير في المنطقة. وذكر بأن احتمالية حدوث مثل هذا الجفاف أكثر بثلاث مرات بسبب التأثير البشري على المناخ. تؤثر فترات الجفاف المتزايدة على الدخل الزراعي، وتضعف الصحة العامة، ويضعف الاستقرار السياسي في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا.

18 - 7 - 5 التوقعات في الزراعة البعلية (المطرية) في المنطقة العربية

سيؤثر تغير المناخ أيضاً على الزراعة البعلية والرعي. إذ تشير نماذج المناخ إلى أن المنطقة العربية تعد حاليا جافة جداً للزراعة البعلية، ويمكن أن يتوسع نطاقها لمسافة 75كم إلى الشمال بحلول نهاية القرن، وسيؤدي هذا بشكل ملحوظ إما إلى زيادة الطلب على مياه الري أو تناقص مناطق زراعة المحاصيل. بالإضافة إلى ذلك، فإن موسم الجفاف الذي تعاني فيه المواشي من فقر المراعي ومحدودية مياه الشرب، يمكن أن تزداد مدته الزمينة بمقدار شهرين.

لقد طورت المنطقة الكثير من قدراتها في إقامة السدود الكبيرة، وتوفير نصيب فردي كبير من طاقة تخزين المياه خصوصاً في مصر والعراق(لكنها تعاني من ارتفاع خسائر التبخر من مياه السدود. ومن المرجح لمعدلات تبخر المياه أن تزداد في ظل تغير المناخ، ومع ذلك فإن سعة التخزين تعد غير كافية في الكثير من البلدان. فدول الخليج، على سبيل المثال، لديها إمكانيات عالية لتحلية المياه، لكن سعة التخزين الموجودة محدودة للغاية، ويجري حالياً استخدام خزانات المياه الجوفية كاحتياطي استراتيجي للمياه المحلاة.

ومن المرجح لإدارة المياه الجوفية أن تصبح محل نزاع في ظل استنزاف معظم منابع وخزانات المياه الجوفية بما يزيد على المعدلات الطبيعية للتجديد والتغذية. وتعد معظم المياه الجوفية مواردا أحفورية تنعدم فيه تقريباً إعادة التغذية (تجديد المياه) وفي وقتنا الحاضر فإن الاستهلاك غير المراقب أو المقنن للمزارعين وسكان المناطق الحضرية حد من استدامة سبل العيش ومصادر الرزق المتوفرة [179].

ومن المرجح أيضاً أن يخفض تغير المناخ من الإنتاج الزراعي في البلدان العربية، إذ تشير التوقعات إلى أن معدل الزيادة في الإنتاج الزراعي سيتباطأ على مدى العقود القليلة القادمة، وربما يبدأ في الانخفاض بعد حوالي عام 2050 [179]، ويتوقع لمعظم منطقة البحر الأبيض المتوسط، والتي تدعم 80 % من الإنتاج، أن تشهد انخفاضاً في هطول الأمطار وسط ظروف أعلى حرارةً وأكثر تقلّباً. وهذا من شأنه أن يزيد من استخدام المياه ويحد من إنتاجية بعض المحاصيل. أما مناطق أخرى مثل دلتا النيل، فيتعين عليها أن تتعامل مع تسرب المياه المالحة من البحر. وسيواجه المزارعون المزيد من المشاكل الناجمة عن درجات الحرارة المرتفعة، إذ قد لا يتم استيفاء المتطلبات اللازمة لتبريد بعض الفواكه، أو من الممكن أن تظهر آفات جديدة، كما يرجح لخصوبة التربة أن تتراجع وتتدهور[179].

الفصل
التاسع عشر

التوصيات من أجل تنمية مستدامة خالية من الكربون تقلل من مخاطر تغير المناخ



الفصل التاسع عشر
التوصيات من أجل تنمية مستدامة خالية من الكربون تقلل من مخاطر تغير المناخ

19 - 1 مقدمة

إن استقرار مستوى تغير المناخ يتطلب خفض صافي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون إلى مستوى الصفر قبل نهاية القرن الحادي والعشرين. لأن الانبعاثات تبقى في الغلاف الجوي لمئات السنين. وما دامت انبعاثاتنا الغازية تزيد عما نقوم باحتجازه أو معادلته من خلال بالوعات الكربون الطبيعية (كالغابات)، فإن تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي ستواصل ارتفاعها، وستستمر حرارة المناخ في الارتفاع.

19-2 مبادئ لمستقبل خال من الكربون

لمواجهة توقعات مخاطر تغير المناخ يوصى باتباع ثلاثة مبادئ في الجهود لبناء مستقبل خالٍ من الكربون:

أ- التخطيط المسبق من أجل مستقبل خال من الانبعاثات؛

ب- تحديد التكاليف الحقيقية للانبعاثات الكربونية ووضع السياسات المناسبة؛

ج- تسهيل المرحلة الانتقالية وحماية الفقراء.

19 - 3 توصيات لتخفيض صافي الانبعاثات الغازية إلى مستوى الصفر قبل عام 2100

الفصل التاسع عشر التوصيات من أجل تنمية مستدامة خالية من الكربون تقلل من مخاطر تغير المناخ

يلزم من البلدان مرتفعة الدخل وبلدان الاقتصادات الصاعدة (كالصين والهند وجنوب أفريقيا) لتخفيض صافي الانبعاثات الغازية إلى مستوى الصفر قبل عام 2100 أن تحد من انبعاثاتها الكربونية الناتجة عن إنتاج الكهرباء بحلول منتصف القرن الحالي، والدول النامية لديها زمن أطول من ذلك.

- استبدال استعمال الوقود الأحفوري في إنتاج الكهرباء بوسائل أخرى منخفضة الكربون من شأنه أن يخفض الانبعاثات المسببة للاحتباس الحراري بنسبة كبيرة في القطاعات التي تتطلب استخداما كثيفا للطاقة، كالنقل والبناء والصناعة. وقد أصبحت التكنولوجيات الحديثة، كالسيارات الكهربائية والسيارات الهجينة، والمواقد الكهربائية، والمضخات الحرارية، والأفران الكهربائية، أكثر كفاءة في استخدام الطاقة مقارنة بالبدائل الأخرى المستخدمة للوقود الأحفوري، وستؤدي إلى خفض الانبعاثات عند استخدامها للكهرباء النظيفة.

- تعزيز كفاءة استخدام الطاقة يساهم في الحد من الانبعاثات الغازية، ويسهل إنتاج الكهرباء، ويخفض قيمة فاتورة استهلاك الطاقة . ويتيح تعزيز كفاءة استخدام الطاقة فرصا كبيرة لقطاعات البناء والنقل والصناعة. وفي قطاع الزراعة والغابات، يساهم تحقيق كفاءة استخدام الطاقة في الحد من الفاقد والهدر في المواد الغذائية، وزيادة إمدادات المنتجات الأقل كثافة للانبعاثات الغازية، كما يساهم في تغيير الطلب على المواد الغذائية والتوجه نحو المنتجات الغذائية المنخفضة الكربون يساهم بشكل أكثر في الحد من التغيرات المناخية.

- تحسين إدارة المناطق الطبيعية للمساعدة في زيادة قدرة بالوعات الكربون، من خلال إعادة زراعة الغابات أو تحسين إدارة التربة .

- تحديد الأولويات من قبل واضعي السياسات بناء على الجهود الرامية لخفض صافي الانبعاثات الغازية إلى الصفر مع وضوح الهدف النهائي. إن الطريق الأسهل هو القيام بإجراءات هامشية منخفضة التكلفة وسهلة التنفيذ، لكن ذلك يتيح إمكانات محدودة (كتحسين كفاءة استخدام الطاقة في مصافي النفط مدة خمس سنوات). ويمكن اتخاذ إجراءات أكثر طموحا - كالاستثمار في شبكات المترو والقطارات والمجاري المائية - ذات تكلفة أعلى ويستغرق تنفيذها وقتا أطول يصل إلى عشر سنوات. ويلزم النظر ليس فقط إلى الاجراءات الأقل تكلفة للحد من الانبعاثات، ولكن أيضا للخيارات الأكثر تكلفة المطلوبة للوصول بمستوى الانبعاثات الكربونية إلى الصفر. ولتفادي الوقوع في شرك الأنشطة كثيفة الانبعاثات الكربونية والندم على ذلك في غضون بضعة عقود، يمكن للبلدان العربية استخدام أهداف قطاعية قصيرة الأجل لحفز التقدم ورصد جهود الحد من الانبعاثات الكربونية. ومن شأن القيام بذلك أن يضمن ليس فقط تحقيق القدر المناسب من تخفيضات الانبعاثات في الأمد القصير، ولكن أيضا أن تكون نوعية هذه الإجراءات التخفيفية مناسبة، مما يعني أنها تضع البلد على مسار فعال من حيث التكلفة نحو الحد من الانبعاثات الكربونية.

- التخطيط المسبق للنمو وتحقيق التنمية مع أخذ بصمتها الكربونية بعين الاعتبار. والعمل على ما يتيح منافع مشتركة ويحقق التضافر وستستغرق بعض إجراءات التخفيف وقتاً طويلاً لتحقيق المنافع المرجوة منها، مثل إقامة بنية تحتية للنقل النظيف، وتطوير تكنولوجيات جديدة. وفي هذه الحالات، ينبغي تنفيذ الإجراءات الضرورية للوصول إلى الهدف النهائي المتعلق بالحد من الانبعاثات الكربونية بشكل كامل.

- تسريع تحرك الحكومات لأن تكاليف تغير المناخ سترتفع ارتفاعاً كبيراً أمام الأجيال المقبلة كلما طال تأخير اتخاذ ما يلزم من تدابير.

وللمساعدة في وضع البلدان على مسار سلس ومنظم نحو الحد من انبعاثات الكربون في عملية التنمية نورد التوصيات التالية:

- التخطيط لتحقيق الهدف النهائي بدلاً من المعالم قصيرة الأجل حيث يمكن للحكومات اتخاذ خيارات مسبقة تضع الأسس اللازمة للتنمية في المستقبل وتتفادى الوقوع في شرك أنماط التنمية والاستثمارات المضرة التي يمكن أن تصبح عديمة الجدوى في عالم تخضع فيه انبعاثات الكربون للقيود. فعلى سبيل المثال، يشكل تصميم المدن بحيث تتضمن وسائل نقل عام جزءا مهما من التخطيط من أجل المستقبل في البلدان التي تتصف بالتوسّع العمراني. كما يكتسي الاستثمار في البحوث والتكنولوجيات التي سيحتاج إليها العالم في العشرين أو الخمسين عاماً المقبلة أهمية بالغة على مستوى العالم.

- إنجاز تحولات هيكلية ومكانية للاقتصاد، وعلى الصعيد الفني، خفض صافي الانبعاثات إلى الصفر أمر ممكن التحقيق في إطار النمو الاقتصادي القوي وجيد التخطيط الذي يؤكد على أربعة عناصر:

أ- يبدأ العمل بالتحول من الاعتماد على الوقود الأحفوري لتوليد الكهرباء إلى استخدام الطاقة النظيفة التي تحد من الكربون في إنتاج الكهرباء. ومع زيادة كميات الطاقة النظيفة، يمكن حينئذ أن يؤدي التحول الهائل في التزويد بالكهرباء إلى زيادة فرص الحصول على الطاقة النظيفة واستبدال أنواع الوقود الملوثة.

ب- زيادة كفاءة استخدام الطاقة تساعد في الحد من الطلب.

ج- الحفاظ على سلامة بالوعات الكربون الطبيعية من خلال تحسين الإدارة الرشيدة للغابات والأراضي من شأنه المساعدة على معادلة الانبعاثات المتبقية عبر امتصاص الكربون وتخزينه.

د- تحويل الاستثمارات وأساليب التفكير باتجاه النمو منخفض الكربون، وذلك بتحديد التكاليف الحقيقية للانبعاثات في إطار مجموعة شاملة من السياسات تتيح حوافز لضمان تنفيذ خطط النمو منخفض الكربون وتمويل المشاريع.

ويعالج تسعير الكربون من خلال تطبيق ضرائب الكربون أو أنظمة الحدود القصوى على الانبعاثات إخفاق الأسواق لدمج تكلفة الأضرار البيئية الناشئة عن انبعاثات غازات الدفيئة. ويمثل ذلك وسيلة تتسم بالكفاءة لزيادة الإيرادات، ويشجع في الوقت نفسه على تخفيض الانبعاثات، ويمكن إدارتها بسهولة، ويصعب التهرب منها مقارنة بالضرائب الأخرى. ويُعد تسعير الكربون عنصراً مهماً، لكنه غير كاف في حد ذاته ما لم تتخذ الحكومات سياسات تكميلية. ويمكن أن تتضمن مجموعة السياسات التكميلية التي تضمن تقديم حوافز من أجل تطوير تكنولوجيات خضراء ونشرها على نطاق واسع، مثل معايير الأداء المتعلقة بكفاءة استخدام الطاقة، وتقديم خصومات على السيارات الأكثر كفاءة في استخدام الوقود، ومعايير حوافظ الطاقة المتجددة التي تلزم منتجي الكهرباء بتوليد نسبة مئوية محددة من إنتاجهم من مصادر متجددة، وتتيح جميعها حوافز من أجل الخيارات منخفضة الكربون.

كما يمكن لواضعي السياسات كذلك خفض الرسوم المفروضة على السلع منخفضة الكربون كألواح الطاقة الشمسية والمصابيح الموفرة للطاقة.

19 - 4 التوصيات المتعلقة بالمنطقة العربية

- إنشاء مركز معرفة أقليمي لتغير المناخ في المنطقة العربية يعزز آلية إقليمية لتبادل المعرفة.
- تنظيم حلقات عمل إقليمية لدعم بناء قدرات صانعي السياسات والمفاوضين العرب.
- إنشاء برامج أقليمية للتكيف والحد من تغيرات المناخ.

- إنشاء آلية تنسيق بين مختلف الجهات التابعة لجامعة الدول العربية التي تختص بموضوعات تتعلق بتغير المناخ [181].

- تعزيز المرونة والقدرة على الصمود في مواجهة الأخطار المرتبطة بالمناخ والكوارث الطبيعية في جميع البلدان العربية، وتعزيز القدرة على التكيف مع تلك الأخطار.

- إدماج الاجراءات المتعلقة بتغير المناخ في السياسات والاستراتيجيات والتخطيط على الصعيد الوطني وتحسين التعليم وإذكاء الوعي والقدرات البشرية والمؤسسية للتخفيف من تغير المناخ، والتكيف معه، والحد من أثره والإنذار المبكر به[182].

- تدبير موارد مالية إضافية لدعم البرامج من خلال تعزيز التعاون مع صندوق المناخ الأخضر والجهات التمويلية الأخرى.

- دعم التواصل بين الدول العربية وصندوق المناخ الأخضر لتنفيذ مشروعات التكيف والتخفيف.

- نقل التكنولوجيا لمساعدة الدول العربية في التصدي للتغير المناخي وبناء القدرات.

ونظراً لأهمية الأمن المائي والأمن الغذائي في الدول العربية فإننا نوصي :

- دراسة حساسية الموارد الطبيعية، ولاسيما المياه والتربة، تجاه آثار تغير المُناخ، وتحديد المناطق الأكثر هشاشةً [183] .

- تعزيز النهج التكاملي الشامل لكل القطاعات المعنية، بتغير المُناخ، من مياه وتربة وإنتاج زراعى وبيئة واجتماع واقتصاد، عند وضع وتنفيذ الاستراتيجيات، المتعلقة بالتكيف مع آثار تغير المناخ.

- نشر تقانة حصاد مياه الأمطار، وإعادة تأهيل الأراضى المتدهورة، واستنباط أصناف المحاصيل المتحملة لظروف الجفاف، والملوحة،

والزراعة الحافظة، واستخدام المياه غير التقليدية في الزراعة في البلدان العربية.

- -تطبيق الرى التكميلى للحد من تأثير التغيرات المناخية وتحسين ظروف تطبيق الإدارة المتكاملة للموارد المائية، والعمل على تطوير نظم الري، ولاسيما على مستوى الحقل، وتعظيم العائد المستدام من الزراعة البعلية (المطرية)، والاهتمام بالإرشاد المائي، والإدارة المزرعية المتكاملة.

المصادر والمراجع



المـراجــع

[1] - Roger G. Barry and Richard J. Chorley . "Atmosphere, Weather and Climate " EIGHTH EDITION, Routledge, New York 2003.

[2] – د.عبد الحكيم بنود و د.محمد هيثم حبوب 2003 «حماية البيئة» منشورات جامعة حلب 2003.

[3] –William L DONN "Meteorology " Mc Graw-Hill, New York 1965.

[3] – المنظمة العالمية للأرصاد الجوية 2019 «تركيزات غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي تصل إلى مستوى قياسي جديد»، بيان صحفي جنيف، 25 تشرين الثاني/ نوفمبر – 2019.

[5] - Michael ALLABY.2007 "ENCYCLOPEDIA OF WEATHER AND CLIMATE", Revised Edition, Facts On File, Inc.,New York 2007.

[6] – نادر محمد صيام 2018 «حالات الغلاف الجوي، الطقس والمناخ»، غلاسكو – المملكة المتحدة 2018.

[7] - Ghenadii Korotcenkov 2014"Handbook of Humidity Measurement Methods Materials and Technologies "CRC Press, New York 2014.

[8] – حسام حسن الزعبي 2018،«علم الطقس والمناخ والارصاد الجوية»، 2018

[9] – حسن أبو سمور1995 «الجغرافيا الحيوية»، دار الفجر للنشر والتوزيع1995.

[10] – د.أدهم السفاف، 1981،«المناخ والأرصاد الجوية»، منشورات جامعة خلب.

[11]- Mel Goldstein 2002, Ph.D., «Weather: Forecasting from the Beginning», the Complete Idiot›s Guide to Weather, 2nd edition, Alpha Books, 2002.

[12] - أفراح إبراهيم شمخي الحلاوي 2012، «الكتل الهوائية»، جامعة بابل كلية التربية للعلوم الإنسانية نظام 2012.

[13] - د.جهاد علي الشاعر، 2011، «تغير المناخ وأثره في الصحة البشرية»، منشورات جامعة دمشق 2011.

[14] - د.إبراهيم بن سليمان الاحيدب، 2000، «المدخل إلى الطقس والجغرافيا المناخية»، الرياض2000.

[15] - موسى صلاح بشير، 2005،«المناخ الطبيعي»، المكتب الجامعي الحديث، الإسكندرية 2005.

[16]-Battan Louis1984, Fundamental meteorology Prentice-hall, Inc, Newjersy.

[17] - ويكبيديا «ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي للأرض»، بيانات من

carbon dioxide information, "CO_2 and Greenhouse Emissions analysis centre.

[18] - ويكبيديا 2019 «قائمة الدول حسب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون».

[19] - D. Yogi Goswami.2015" Principles of Solar Engineering, Third Edition", by CRC Pres.

[20] – Wikipedia " Albedo" Wikipedia.org .

[21] - سوزان سولومون ورفاقها 2007، الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ « تقرير التقييم الرابع WGI »، الأسئلة.

[22] – ROZ PIDCOCK 2014 " Albedo" In brief: How much do volcanoes influence the climate?" Carbon brief 2014.

[23] - أنهار حجازي، 2010، «تغير المناخ وتحديات التنمية في المنطقة العربية منظور عام»، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا، أسكوا 2010.

[24]- P. Friedlingstein et al.: Global Carbon Budget 2019 “ Global Carbon Budget 2019” Earth Syst. Sci. Data, 11, 1783–1838, 2019 .

[25] – Hannah Ritchie and Max Roser 2017 “CO_2 and Greenhouse Gas Emissions” https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions.

[26] - ويكبيديا الموسوعة الحرة 2019 «قائمة الدول حسب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون».

[27] - برنامج الأمم المتحدة للمستوطنات البشرية، التقرير العالمي للمستوطنات البشرية لعام 2011 «المدن وظاهرة تغير المناخ :توجهات السياسات العامة».

[28] - منظمة العفو الدولية «التغير المناخي»،

www.amnesty.org › what-we-do climate-change .

[29] –IPCC 2019 “ Climate change and land Summary for Policymakers.

[30] – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) 2019 “ Climate change and land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems

[31] – Nationalgeographic “ urban-heat-island “ nationalgeographic.org / encyclopedia/

[32]– Déoux, S., Déoux, P. (2004) “Guide de l›Habitat” Sain. Medieco Editions, 2004.

[33] - م. هبة قبلاوي، سمر قدو و محمد أحمدو(2016)،«الأسطح الخضراء في المباني»، مشروع ماجستير في إدارة الطاقة في المباني بإشراف د. عبدالحكيم بنود، ود.فاطمة الصالح-جامعة حلب.2016

[34]– Mélissa Giguère 2009, “Urban Heat Island Mitigation Strategies” Institut national de santé publique du Québec Direction de la santé environnementale et de la toxicology.

[35]– Antonio G. M. La Viña, Gretchen Hoff, and Anne Marie DeRose 2003”THE OUTCOMES OF JOHANNESBURG: ASSESSING THE WORLD SUMMIT ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT” Journal of International Affairs, Winter-Spring 2003 Issue (Volume XXIII, Number 1)

[36]– Wikipedia 2012, “United Nations Conference on Sustainable Development” From Wikipedia, the free encyclopedia.

[37]– Wikipedia 2012, “Sustainable Development Goals” From Wikipedia, the free encyclopedia.

[38]– Wikipedia 2015 “Paris Agreement ” From Wikipedia, the free encyclopedia.

[39] –IPCC 2016 “SPECIAL REPORTGlobal Warming of 1.5 ºC Summary for Policymakers.

[40] – د.مهدي سهر غيلان، و ا.م.د.فايق جزاع ياسين و م.م.شيماء رشيد محيسن 2012» دراسة تحليلية لأكم مؤشرات التنمية المستدامة في البلدان العربية والمتقدمة»، جامعة كربلاء، كلية الإدارة والاقتصاد.

[41] - Frank Ackerman 2008 ” Carbon Markets and Beyond: The Limited Role of Prices and Taxes in Climate and Development Policy” UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT . No. 53, December 2008

[42] – روبرت ايفإنز «شحن مستقبلنا بالطاقة»، ترجمة د. فيصل حردان، المنظمة العربية للترجمة، بيروت 2011.

[43] – البنك الدولي الصندوق العالمي للحد من الكوارث والتعافي من آثارها،

واشنطن 2014، بناء المرونة دمج أحداث المناخ ومخاطر الكوارث في عملية التنمية دروس مستفادة من خبرات مجموعة البنك الدولي.

[44] - Noble, I.R., S. Huq, Y.A. Anokhin, J. Carmin, D. Goudou, F.P. Lansigan, B. Osman-Elasha, and A. Villamizar, 2014: Adaptation needs and options. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects.

[45] - Ellina Levina and Dennis Tirpak,2006 " ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE: KEY TERMS" Organisation for Economic Co-operation and Development.

[46] - د. عبد الحكيم بنود 2014 «التقانات البديلة في زيادة المياه العذبة»، منشورات جامعة حلب..2014

[47] - UNFCCC.2011 «Transitional Committee for the design of the Green Climate Fund».

[48] - مرصد الصحراء والساحل- الهيئة العامة للبيئة ليبيا 2019؛ «دليل المراحل الرئيسية للوصول إلى الصندوق الأخضر للمناخ ـ ملخص».

[49]– Jonathan Samet 2010 "Public health: adapting to climate change" . reasources for the future 2010 .

[50]– JOSE LUIS IRIGOYEN2016 "climate-smart transport is a key piece of the sustainable development puzzle " World Bank.

[51]– Abdul Quium 2015 "Transport Infrastructure -Adaptation to climate change and extreme weather impacts", 2015 Regional Seminar on Safe, Climate Adaptive and Disaster Resilient Transport for Sustainable Development17-18 November, Kathmandu, NepalTransport.

[52]– Alan Nicol and Nanki Kaur 2009 "adapting to climate change in water sector 2009. Overseas development institute .

[53] - موهوبون دوت نت «الزراعة تعريفها وتاريخها وماضيها وحاضرها ومستقبلها ومجالاتها وفوائدها – علوم الزراعة – اقتصاديات الزراعة – النماء الزراعي»، موقع المخترعين العرب.

[54] - منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة 2020 «حالة الأمن الغذائي والتغذية في العالم لعام 2020»، تقرير للأمم المتحدة، فاو، روما 2020.

[55] - فاليري ماسون ديلموت ورفاقها 2019 «تغير المناخ والأراضي»، تقرير خاص للهيئة (IPCC) عن تغيّر المناخ، والتصحر، وتدهور الأراضي، والإدارة المستدامة للأراضي، والأمن الغذائي، وتدفقات غازات الاحتباس الحراري في النظم الإيكولوجية الأرضية ملخص لصانعي السياسات.

[56]– Zhu, X., Clements, R., Haggar, J., Quezada, A., & Torres, J. (2011). Technologies for Climate Change Adaptation - Agriculture Sector. Danmarks Tekniske Universitet, Risø National laboratory et for Bæredygtig Energi. TNA Guidebook Series.

[57]– David L. Spittlehouse and Robert B. Stewart 2003) («Adaptation to climate change in forest management «BC Journal of Ecosystems and Management-Volume 4, Number 1, 2003.

[58]– Risto Seppälä, Alexander Buck and Pia Katila. (eds.). 2009 "Adaptation of Forests and People to Climate Change" A Global Assessment Report. IUFRO World Series Volume 22. Helsinki.

[59]– Philip R. Berke and Mark R. Stevens) 2016 (« Land Use Planning for Climate Adaptation: Theory and Practice « Journal of Planning Education and Research 2016, Vol. 36(3) 283–289.

[60]– Lobell, D. B., Schlenker, W. & Costa-Roberts, J) 2011 («Climate trends and global crop production since 1980 « Science 333, 616–620 (2011).

[61]– World Bank 2017"Adaptation to Climate Change in Coastal Areas

of the ECA Region. A contribution to the Umbrella Report on adaptation to climate change in ECA".

[62]– Joseph Njoroge 2015,"Climate change and tourism adaptation" Tourism and Hospitality Management, Vol. 21, No. 1, pp. 95-108, 2015.

[63]– INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY VIENNA, 2019"" ADAPTING THE ENERGY SECTOR TO CLIMATE CHANGE".

[64]– William E. Easterling and Brian H. Hurd , 2004" Coping with Global climate change The Role of Adaptation in the United States ", Pew Center on Global Climate Change.

[65]– The European Union ,The Climate Policy Info Hub European 2018" Climate Change Adaptation: Options and Mechanisms under the UNFCCC " .

[66]– Juan-Carlos Ciscar, Paul Dowling , 2014"Integrated assessment of climate impacts and adaptation in the energy sector ", Pew Center on Global Climate Change Energy Economics: PP531-538

[67]- مؤتمر التعدين العالمي (CMWCOI 4102.) «بيانات التعدين العالمي».

[68]– The Geography of 2019" World Energy Consumption, 1965-2018" , transportgeography.org chapter4.

[69]– Herbert B. Lammers, Thomas F. Lammers (coauthors)2011,"Steam Plant Operation" (2011). 9th edition, Everett B. Woodruff, McGraw-Hill Professional .

[70]– Norshahrizan NORDIN, Mohd Mustafa Al Bakri ABDULLAH, Muhammad Faheem Mohd TAHIR3, Andrei Victor SANDU, and Kamarudin HUSSIN" UTILIZATION OF FLY ASH WASTE AS CONSTRUCTION MATERIAL", INTERNATIONAL JOURNAL OFCONSERVATION SCIENCE, Volume 7, Issue 1, January-March 2016: 161-166.

[71]– European Environment Agency 2008 (EEA)" Air pollution from electricity-generating large combustion plants", Copenhagen:, 2008, ISBN 978-92-9167-355-1

[72]– US EPA Clean Energy—Gas

[73] - نوري عياد زريبه - م. سعد فتحي الصلابي «فرص ترشيد استهلاك الطاقة في الدول العربية» مؤتمر الطاقة العربي العاشر، أبوظبي من 21 إلى 23 كانون الأول /ديسمبر 2014.

[74] - مباشر السعودية 2014 «دراسة: 45 برميل نفط معدل استهلاك الفرد من الطاقة سنوياً بالمملكة»، في 2 آب/أغسطس 2014 .

[75] - عباس علي النقي (2019) «تطور استهلاك الطاقة الأولية في الإمارات وآفاقه المستقبلية»، منظمة الأقطار العربية المصدرة للنفط (أوابك) 3 أيلول/سبتمبر 2019.

[76]-IEA Renewable Energy Working Party (2002). Renewable Energy... into the mainstream.

[77] - الياس أبوجوده «2012 الطاقة المتجددة وتداعياتها الاجتماعية والاقتصادية» مجلة الدفاع الوطني اللبناني، العدد -80 نيسان 2012.

[78] - د.عبد الحكيم بنود 2014 «التقانات البديلة في زيادة المياه العذبة»، منشورات جامعة حلب 2014 .

[79] - اسمهان بوعشة 2019 «جدوى استغلال الطاقة الشمسية كطاقة متجددة وإمكانية استخدامها في التبادلات التجارية الخارجية..دراسة حالة الجزائر»، رسالة دكتوراه في جامعة محمد خيضر بسكرة.

[80]- Ren 21, 2016. Renewable Energy.. 2016 Global Status Report - REN21www.ren21.net gsr-2016.

[81] - د.باسل اليوسفي وعلي القره غولي 2007 «جدوى اقتصادية وبيئية من استغلال الطاقة المتجددة في المنطقة العربية»، العدد 108 آذار (مارس) 2007 .

[82]- Claud Acket, Jacques Vaillant2011, «les énergies renouvelables «édition technip, paris, 2011.

[83]- World Nuclear Association2010. "Another drop in nuclear generation "World Nuclear News, 05 May 2010.

[84] - هانس هولغر روغنر، فيرينتس ل. توت، والان ماكدونالد 2010 «احكموا على الطاقة النووية بحسب جدارتها» مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية، 2-51، نيسان/أبريل.2010

[85]- Hassan Nazhad Damati2013 "PRINCIPLES IN GREEN ARCHITECTURE: AN INQUIRY INTO THE EVALUATION CRITERIA OF GREEN AWARDS", Sevda M.Arch, Department of Architecture, A THESIS SUBMITTED TO THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES OF MIDDLE EAST TECHNICAL UNIVERSITY

[86] - د.عبد الحكيم بنود و د.سعد زيتون «الاستراتيجيات التصميمية وتقليل انبعاثات غازات الدفيئة في المباني» مجلة بحوث جامعة حلب، سلسلة العلوم الهندسية.

[87] - د.عبد الحكيم بنود و د.سعد زيتون «حفظ المياه في المباني» مجلة بحوث جامعة حلب، سلسلة العلوم الهندسية.

[88] - غالب بنود 2018 «العمارة الشمسية» مجلة المهندس العربي، العدد 218.

[89] - عبد الحكيم بنود 2014 «العزل الحراري وحفظ الطاقة في المباني»، ورقة بحثية منشورة في مجلة المدينة العربية التابعة لمنظمة المدن العربية، العدد 162عام 2014 .

[90]- Reducing CO2 emissions from passenger cars». ec.europa.eu..

[91] - ويكيبيديا، الموسوعة الحرة «الأثر البيئي للنقل».

[92]- CO2 emissions from passenger transport . eea.europa.eu.

[93]- Christy Mihyeon Jeon and Adjo A. Amekudzi-Kennedy 2005,"Addressing Sustainability in Transportation Systems: Definitions, Indicators, and Metrics" , Journal of Infrastructure Systems 11,2005.

[94] - عبد جبيل الدلفي 2013، جغرافية النقل الاقتصادي، كلية التربية الإنسانية، جامعة بابل، 2013 .

[95] - مختار بن باحان، حسين طيبي،«دراسة حول النقل الجماعي بولاية باتنة- اقتراحات من اجل نقل مستدام، enatt،2009 .

[96] - وليام هاي، «مقدمة في هندسة النقل »، ترجمه دكتور سعيد عبد الرحمن وأني عبد هللا ، جامعة الملك سعود، السعودية،1999.

[97] - محمود حمدان 2019 « كيف تصدرت هذه المدن الآسيوية استخدام وسائل النقل الخضراء» القبس الإلكتروني تشرين الأول /أكتوبر 2019 .

[98] - عماد سعد «2005 النقل المستدام في الدول النامية» أبوظبي شباط (فبراير) 2005/ عدد 83 .

[99] - حسين المشهداني «2019» دور النقل المستدام والنقل الذكي في تخفيف مشاكل النقل في امارة دبي»، المؤتمر العلمي الدولي العاشر «التحديات الجيوفيزيائية والاجتماعية والإنسانية والطبيعية في بيئة متغيرة،26 - 25 يوليو – تموز 2019 - اسطنبول – تركيا.

[100] - محمد نور 2019 «ارتفاع الإنتاج في الصناعة التحويلية بنسبة 2%»،الوطن أون لاين الجمعة / 23 / محرم / 1442 هـ، 11 سبتمبر 2020

[101] - د.إبراهيم جاويش «ترشيد استهلاك الطاقة نحو اقتصاد أفضل وبيئة آمنة» مجلة جامعة دمشق المجلد السادس عشر – العدد الأول – 2000م،

[102] - د.عبد الحكيم بنود و د.ندى التنجي2016 «تقانات إعادة التدوير» منشورات جامعة حلب 2016.

[103] - رانيا لوقا 2019 «الموضة ثاني أكثر عامل تلويثا للأرض، تحالف ماركات» العربية نت www.alarabiya.net › scienc/8/26

[104] - د. نوري عياد زريبه - م. سعد فتحي الصلابي 2014 «فرص ترشيد استهلاك الطاقة في الدول العربية» مؤتمر الطاقة العربي العاشر، أبوظبي من 2014كانون الأول/ديسمبر 23 – 21.

[105] - حسن الطريف 2011،«التلوث الغازي الذي تسببه معامل الأسمنت وطرق الحد من تأثيرات هذا التلوث» منتديات ستار تايمز 24 كانون الأول 2011 .

[106] - مدحت عادل 2019 «مصر في صدارة الدول العربية المنتجة للحديد»، اليوم السابع 17 تشرين الأول/اكتوبر 2019

[107] - الاقتصادية «الاستمرار في التنمية المستدامة يستدعي الترشيد في الطاقة صناعياً»، الاقتصادية الالكترونية، 1 أيار/مايو 2009.

[108] - د.محمد قرضاب2006 «ترشيد استخدام الطاقة في القطاع الصناعي في الدول العربية» مؤتمر الطاقة العربي الثامن، عمان من 14-17 أيار/مايو 2006.

[109] - أدهم بلان 2012 «إجراءات عملية لترشيد استهلاك الطاقة في المنشآت الصناعية» البوابة 13 شباط/فبراير 2012 .

[110] - منظمة الأغذية والزراعة في الأمم المتحدة 2012 «انبعاث عوادم الدفيئة من قطاع الزراعة يتزايد»، الفاو 2012.

[111] - منظمة الأغذية والزراعة في الأمم المتحدة 2012 «انبعاثات غازات الدفيئة المتأتية من الزراعة، والغابات، والاستخدامات الأخرى للأراضي»، الفاو.2012

[112] - زكريا فؤاد رمزي 2020 «الزراعة الذكية بيئيا من أجل جودة حياة مستدامة»، شبكة مصر24، 23 أيلول/سبتمبر 2020.

[113] - نيكوليتا باتيني 2019 «حصاد ما تزرعه أيدينا -إجراء تعديلات ذكية على أساليب الزراعة ونوعية الطعام الذي نتناوله يمكن أن يكون ذا تأثير كبير على كوكبنا»، مجلة التمويل والتنمية ديسمبر 2019 .

[114] - نيكوليتا باتيني 2020 «تعديلات ذكية على أساليب الزراعة 3» جريدة الاقتصادية 11 شباط/فبراير 2020.

[115]- Antony, J R., Lal, S.B. (2013).," Forestry Principles And Applications. p. 166.

[116]- Wikipedia.," Sustainable forest management" From Wikipedia, the free encyclopedia.

-[117] Valérie Masson-Delmotte Panmao Zhai 2020.," Climate chang and land " - Summary for Policymakers

[118] - الأمانة العامة لمنظمة الفاو 2001 «معايير ومؤشرات الإدارة المستدامة لجميع أنواع الغابات، والآثار المترتبة على ذلك فيما يتصل بإصدار الشهادات والتجارة»، لجنة الغابات في الفاو 2001 .

[119] - عبدالهادي نجار «الزراعة الذكية كربونياً .بين زيادة الإنتاج ومواجهة تغيُّر المناخ. جريدة الشرق الأوسط 2020، 21 يونيو/تموز 2020م رقم العدد [15181] .

[120] - الوكالة الدولية للطاقة الذرية2017 «الزراعة الذكية،- الحد من انبعاثات غازات الدفيئة» IAEA 2017.

[121] - منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة 2014 «انبعاث عوادم الدفيئة من قطاع الزراعة يتزايد»، الفاو 11 نيسان/ ابريل 2014.

[122] - د.عبد الحكيم بنود «معالجة نفايات المناطق الريفية بالهضم اللاهوائي» مجلة المهندس الأردني العدد 86، حزيران 1998.

[123]- Seidel, C., 2009. Waste-to-Energy in a Zero Waste World. Recycling ouncil of Alberta, Canada, Retrieved From: http:// www. Saskawastereduction.ca/forums/fall-09-NB/fall-09.

[124] - د عبد الحكيم بنود «النفايات الصلبة في مدينة حلب»، دراسة قدمت ضمن إطار مشروع مسح الحالة البيئية في مدينة حلب، حلب كانون الثاني 2000

[125]- Morris, J., 2008. "Discarded Resources Management: An Environmental & Economic Comparison of Recycling, Composting, & Disposal (with energy recovery)". Retrieved from: http: //www. recycquebec. gouv.qc.ca/ Upload/

[126]-MENIKPURA, S.; ARUN, J.; BENGTSSON, M. Mechanical Biological Treatment as a Solution for Mitigating Greenhouse Gas Emissions from Landfills in Thailand. The ISWA World Solid Waste Congress, Florence, Italy, September 2012.

[127]-GIOANNIS, G.;, MUNTONI,A.; CAPPAI, G.; MILIA,S. Landfill gas generation after mechanical biological treatment of municipal solid waste. Estimation of gas generation rate constants. Waste Management, Vol. 29, Issue 3, Cagliari, Italy, March 2009, Pages 1026–1034.

[128] - د.هيثم شاهين كوكب حربا ريما حسن 2016 «تخفيض انبعاث الميثان من مطامر النفايات البلدية» الصلبة باستخدام المعالجة الميكانيكية البيولوجية (حالة الدراسة: معمل وادي الهدة، طرطوس)، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد 38 العدد 3، 2016،

[129] – د.عبد الحكيم بنود و د.الهام بدور 2013 «إدارة النفايات الصلبة وطرق معالجتها»، منشورات جامعة حلب 2013.

[130] – د.عبد الحكيم بنود و د.مفيد شرحولي 2019 «التقانات الحيوية في معالجة التربة الملوثة والنفايات الصلبة»، منشورات جامعة حلب 2019.

]131 -[Landfill Gas Primer - An Overview for Environmental Health Professionals"Chapter 5: Landfill Gas Control Measure"

[132]-K. Thanasekaran,"Dumpsite Rehabilitation Manual"PUBLISHED BY Centre for Environmental Studies Anna University - Chennai, Chennai-600 025, India.

[133] – د.عبد الحكيم بنود 2021 «معالجة نفايات الصناعات الغذائية»، قيد الطباعة منشورات جامعة حلب 2021.

[134]- C. Sweetapple, G. Fu and D. Butler, 2014"Identifying sensitive sources and key control handles for the reduction of greenhouse gas emissions from wastewater treatment," Water Research, vol.62, pp. 249–259,.

[135]- L. Yerushalmi, O. Ashrafi, and F. Haghighat, "Reductions in greenhouse gas (GHG) generation and energy consumption in wastewater treatment plants," Water Science and Technology,vol. 67, no. 5, pp. 1159–1164, 2013.

[136] - Stillwell, A. S., Hoppock, D. C. & Webber, M. E. 2010 Energy recovery from WWTPs in the United States: a case study of the energy–water nexus. Sustainability 2, 945–962.

[137] -Jonasson, M. 2010 Energy Benchmark for Wastewater Treatment Processes – A Comparison between Sweden and Austria. Masters Thesis, Innsbruck University, Austria.

[138] - Krampe, J. 2013 Energy benchmarking of South Australian WWTPs. Water Science and Technology 67 (9), 2059–2066.

[139] - Flores-Alsina, X., Corominas, L., Snip, L. & Vanrolleghem, P. A.

Including greenhouse gas emissions during benchmarking of wastewater treatment plant control strategies. Water Research 45, 4700–4710.

[140]-J. L. Campos, D. Valenzuela-Heredia,1 A. Pedrouso, A. Val del Río,M. Belmonte, and A.Mosquera-Corral, 2016"Greenhouse Gases Emissions from Wastewater Treatment Plants: Minimization, Treatment, and Prevention" Journal of Chemistry Volume 2016, Article ID 3796352.

[141] -A. Soler-Jofra, B. Stevens, M. Hoekstra et al., "Importance of abiotic hydroxylamine conversion on nitrous oxide emissions during nitritation of rejectwater," Chemical Engineering Journal, vol. 287, pp. 720–726, 2016.

[142] -P.Wunderlin, J.Mohn, A. Joss, L. Emmenegger, and H. Siegrist, "Mechanisms of N2O production in biological wastewater treatment under nitrifying and denitrifying conditions," Water Research, vol. 46, no. 4, pp. 1027–1037, 2012.

[143] -M. J. Kampschreur, H. Temmink, R. Kleerebezem, M. S. M.Jetten, and M. C. M. van Loosdrecht, "Nitrous oxide emission during wastewater treatment," Water Research, vol. 43,no. 17,pp.4093–4103, 2009.

[144]- P. Atkins, D. Colbourne, M. Dieryckx et al., "Methologies," in Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System: Issues Related to Hydrofluorocarbons and Perfluorocarbons, B.Metz, L. Kuijpers, S. Solomon et al., Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2005.

[145]- O. D. Frutos, G. Quijano, R. P´erez, and R. Mu˜noz, "Simultaneous biological nitrous oxide abatement and wastewater treatment in a denitrifying off-gas bioscrubber," Chemical Engineering Journal, vol. 288, pp. 28–37, 2016.

[146] M. Cui, A.Ma, H. Qi, X. Zhuang, and G. Zhuang, "Anaerobic oxidation of methane: an 'active' microbial process," Microbiology Open,vol. 4, no. 1, pp. 1–11, 2015.

[147] M. Veillette, M. Girard, P. Viens, R. Brzezinski, and M. Heitz, "Function and limits of biofilters for the removal of methane in exhaust gases from the pig industry," Applied Microbiology and Biotechnology, vol. 94, no. 3, pp. 601–611, 2012.

[148] L. Meier, R. P´erez, L. Az´ocar, M. Rivas, and D. Jeison, "Photosynthetic CO2 uptake by microalgae: an attractive tool for biogas upgrading," Biomass and Bioenergy, vol. 73, pp. 102–109, 2015.

[149] N. Morales, ´ A. Val del R´ıo, J. R. V´azquez-Pad´ın, R. M´endez,A. Mosquera-Corral, and J. L. Campos, "Integration of the Anammox process to the rejection water and main stream lines of WWTPs," Chemosphere, vol. 140, pp. 99–105, 2015.

[150] Y. D. Scherson, S.-G. Woo, and C. S. Criddle, "Production of nitrous oxide from anaerobic digester centrate and its use as a co-oxidant of biogas to enhance energy recovery,"Environmental Science and Technology, vol. 48, no. 10, pp. 5612–5619, 2014.

[151] - Andy Reisinger, Richard Nottage, Prima Madan 2007 "AR4 Fourth Assessment Report IPCC Climate Change 2007 Synthesis Report"

[152] - Otto Koskinen2016 "EVALUATION OF THE MAIN ENERGY SCENARIOS FOR THE GLOBAL ENERGY TRANSITION" Master's Thesis,LAPPEENRANTA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY LUT, School of Energy Systems Energy Technology.

[153] - INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY VIENNA, 2020"ENERGY, ELECTRICITY AND NUCLEAR POWER ESTIMATES FOR THE PERIOD UP TO 2050".

[154] - R.K. Pachauri and L.A. Meyer 2014. "IPCC, 2014 Synthesis Report contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, Geneva, Switzerland, 2014.

[155] - International Energy Agency IEA2014 "WORLD ENERGYOUTLOOK",

13 Nov 2014.

[156] - Jeremy Bentham 2014 "The scenario approach to possible futures for oil and natural gas" Energy Policy 64 (2014) 87–92.

[157] – WMO 2020 "New climate predictions assess global temperatures in coming five years"

[158] – WMO 2020 " United in Science 2020" UN 2020.

[159] – الكويت برس « ثلاث مليارات شخص سيعيشون في حر شديد بحلول 2070»، ثقافة وعلوم2020/29/05 .

[160] –HosseinTabari2020"UnitedinScience2020"Climatechangeimpact on flood and extreme precipitation increases with water availability" , Scientific Reports volume 10, Article number: 13768 (2020)

[161] – Rebecca Lindsey 2021 " United in Science 2020" Climate Change: Global Sea" , NOAA-gov, January 25,2021.

[162] – USGCRP (2017) «Climate Science Special Report. Chapter 12: Sea Level Rise». science2017.globalchange.gov.

[163] –Wikipedia, the free encyclopedia» Sea Level Rise».

[164] –World Bank 2017 "Global Economic Prospects 2017 - Middle East & North Africa: A Fragile Recovery".

[165] – المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغير المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية 2015 «التوقعات

[166] –Wikipedia, the free encyclopedia "Climate change in the Middle East and North Africa (MENA)".

[167] –Edoar do Bucchignan Paola Mercogliano Hans-Jürgen Panitz Myriam Montesarchioab 2018 "Climate change projections for the Middle East–North Africa domain with COSMO-CLM at different spatial resolutions"Advances in Climate Change Research,Volume 9, Issue 1, March 2018, Pages 66-80.

[168] –Ahmadalipour, Ali; Moradkhani, Hamid 2020 «Drought and heat-stress mortality risks: Assessing the role of climate change, socioeconomic vulnerabilities, and population growth». Egu General Assembly Conference Abstracts: 21415.

[169] –Nairn, John; Ostendorf, Bertram; Bi, Peng (2018-11-08). «Performance of Excess Heat Factor Severity as a Global Heatwave Health Impact Index». International Journal of Environmental Research and Public Health. 15 (11): 2494

[170] – «17 Countries, Home to One-Quarter of the World›s Population, Face Extremely High Water Stress». World Resources Institute. 2019-08-06. Retrieved 2020-04-24.

[171] – «International Decade for Action ‹Water for Life› 2005-2015. Focus Areas: Water scarcity». www.un.org. Retrieved 2020-04-24.

[172] –M. G. Donat T. C. Peterson and M. Brunet 2014 " Changes in extreme temperature and precipitation in the Arab region: long-term trends and variability related to ENSO and NAO", International Journal of Climatology Volume34, Issue3 , Pages 581-592.

[173] – Shafi, Neeshad.2020 «Can fighting climate change bring the Arab world closer together?». World Economic Forum. Retrieved 1 June 2020.

[174] – Amir Khafagy2019 «. Will Sea-Level Rise Claim Egypt's Second-Largest City?."

[175] – Kahia, Montassar; Aïssa, Mohamed Safouane Ben; Lanouar, Charfeddine (2017). «Renewable and non-renewable energy use - economic growth nexus: The case of MENA Net Oil Importing Countries». Renewable and Sustainable Energy Reviews.

[176] – Ferroukhi, R., Khalid, A., Hawila, D., Nagpal, D., El-Katiri, L., Fthenakis, V. and Al-Fara, A., 2016. Renewable Energy Market Analysis: The GCC Region. International Renewable Energy Agency: Abu Dhabi, UAE.

[177] – IRENA (2015), Africa 2030: Roadmap for a Renewable Energy Future. IRENA, Abu Dhabi. www.irena.org/remap.

[178] – Ellen Gray " NASA Finds Drought in Eastern Mediterranean Worst of Past 900 Years " NASA 2016.

[179] – World Bank 2012 "Adaptation to a Changing Climate in the Arab Countries".

[180] – Ellen Gray " NASA Finds Drought in Eastern Mediterranean Worst of Past 900 Years " NASA 2016.

[181] - د.عائشة السريحي و د.ماري لومي2019 «حوكمة تغير المناخ والتعاون حوله في المنطقة العربية» أكاديمية الإمارات الدبلوماسية.

[182] - الأمم المتحدة 2014 « تقرير موجز عن الحوار الثاني المتعلق بالمادة 6 من الاتفاقية الإطارية بشأن تغير المناخ» SBI/2014/15 / FCCC .

[183] - ورشة عمل 2020 «التغيرات المُناخية وتأثيراتها في قطاعي الزراعة والمياه بالمنطقة العربية «عز النوبي 2020» الزراعة تقدم 9 توصيات لمواجهة تأثيرات التغيرات المناخية» 1 شباط 2021 .

الملاحق



الملحق A

وحدات القياس في النظام الدولي

International System of Units

لقد دفع التطور الصناعي المذهل الذي كان أساسه تبادلية المنتجات الصناعية إلى توحيد نظم القياس على المستوى الدولي بدلا من استخدام انظمة مختلفة كنظام الوحدات البريطاني وغيره .

يتضمن النظام الدولي وحدات قياس أساسية on International System Units Base، اتفق عليها في المؤتمر الدولي للقياسات في سنة 1960 م.

يبين الجدول A-1 وحدات القياس ع الأساسية المبينة في النظام الدولي .

الجدول A-1

وحدات القياس الأساسية في النظام الدولي

Units Base on International System

Symbol	الرمز	SI unit	الوحدة	Quantity	الكمية الفيزيائية
m	م	meter	متر	Length	الطول
kg	كغ	kilogram	كيلو غرام	Mass	الكتلة
s	ث	second	ثانية	Time	الزمن
A	أ	ampere	أمبير	Electric current	التيار الكهربائي
K	ك	kelvin	كلفن	Thermodynamic temperature	درجة الحرارة
mol	مول	mole	مول	Amount of substance	كمية المادة
cd	قد	candela	قنديلة	Luminous	شدة الإضاءة

لكل وحدة من الوحدات الأساسية معيار دولي معرف بدقة متناهية و محفوظ من طرف المنظمة العالمية للمقاييس International Standards Organization ISO . يستعمل هذا المعيار الدولي لمعايرة المعايير الوطنية الموجودة على مستوى مختلف دول العالم و المحفوظة من طرف الهيئات الوطنية للمقاييس و المواصفات .

حسب المواصفات الدولية (ايزو) رقم 1000 لعام 1992 أدخلت وحدتان مكملتان (الراديان والستيراديان).كما يبين الجدول A-2 .

الجدول A-2

وحدات القياس المكملة في النظام الدولي

Symbol	الرمز	SI unit	الوحدة	Quantity	الكمية
rad	راد	radian	راديان	Plane angle	الزاوية المستوية
sr	سر	steradian	ستراديان	Solid angle	الزاوية المجسمة

الوحدات المشتقة Derived Units on International System

من الوحدات الأساسية يمكن اشتقاق وحدات عملية أخرى تسمى بالوحدات المشتقة. تشتق هذه الوحدات عن طريق القوانين الفيزيائية التي تحكم الكمية المدروسة. يبين الجدول A-2 بعض الوحدات المشتقة التي نستعملها بكثرة في واقعنا الصناعي.

يبين الجدول A-3 وحدات القياس المشتقة في النظام الدولي .

الجدول A-3 :

وحدات القياس المشتقة في النظام الدولي

Units Base on International System

Symbol	الرمز	SI unit	الوحدة	Quantity	الكمية
m^2	$م^2$	square meter	متر مربع	Area	المساحة
m^3	$م^3$	cubic meter	متر مكعب	Mass	الحجم
Kg/m^3	$كغ/م^3$	Kilogram/cubic meter	كيلوجرام/ المتر المكعب	Mass density	الكثافة
m/s rad/s	م/ث ر	meter/second rad/second	متر/ثانية راد/ثانية	Velocity Angular velo.	السرعة الخطية السرعة الزاوية
m/s^2	$م/ث^2$	Meter/second^2	متر/ثانية^2	Acceleration	التسارع

الجدول A-4

الوحدات المشتقة الأسمية (ذات الأسماء الخاصة)

Symbol	الرمز	SI unit	الوحدة	Quantity	الكمية
Hz	هز	hertz	هرتز	Frequency	التردد
N	ن	newton	نيوتن	Force. Weight	القوة، الوزن
Pa	با	pascal	باسكال	Pressure Stress	الضغط الإجهاد
J	ج	joule	جول	Energy. Work. Heat	الطاقة، الشغل، كمية الحرارة
W	و	watt	وات	Force.	القدرة
C	كل	coulomb	كولوم	Electric charge	الشحنة الكهربائية
V	ف	volt	فولت	Electric potential. Elect. pot. difference. electromotive force	الجهد الكهربائي، فرق الجهد، القوة الدافعة
F	فر	farad	فاراد	Capacitance	السعة الكهربائية

Ω	أوم	ohm	أوم	Electrical resistance	المقاومة الكهربائية
Wb	ف ب	weber	فيبر	Magnetic flux	التدفق المغناطيسي
T	ت	tesla	تسلا	Magnetic flux density	كثافة التدفق المغناطيس
H	هـ	henry	هنري	Inductance	الحث
lm	لم	lumen	لومن	Luminous flux	التدفق الضوئي
lx	لك	lux	لكس	Luminous emittance	شدة الإضاءة

العزم (Torque) = ن م (N m)

الجدول A-5
مكونات الوحدات الأساسية للوحدات المشتقة الأسمية
(ذات الأسماء الخاصة)

الكمية	الوحدة المستخدمة	الوحدة المستخدمة بالوحدات الأساسية
التردد	هرتز	1 هز = 1/ث
	hertz	1 Hz = 1/s
القوة	نيوتن	1 ن = 1 ج/م = 1 كغ م/ث^2
	newton	1 N = 1 J/m = 1 kg m/s^2
الضغط، الأجهاد	باسكال	1 با = 1 ن/م^2 = 1 كغ/م ث^2
	pascal	1 Pa = 1 N/m^2 = 1 kg/m s^2
الطاقة، الشغل، كمية الحرارة	جول	1ج = 1 ن م = 1 كغ م^2/ث^2
	joule	1 J = 1 N m = 1 kg m^2/s^2
القدرة	وات	1 و = 1 ج/ث = 1 ن م/ ث = 1 كغ م^2/ث^3 1 و = 1 ف أ = 1 ف^2/أوم = 1 أ^2 أوم
	watt	1 W = 1 J/s = 1 N m/s = 1 kg m^2/s^3 1 W = 1 V A = 1 V^2/Ω = 1A^2 Ω

الجهد الكهربائي، فرق الجهد، القوة الدافعة	فولت	1 ف = 1 أ أوم = 1 و/أ = 1 كغ م^2/أ ث^3
	volt	1 V = 1 A Ω = 1 W/A = 1kg m^2/A s^3
الشحنة الكهربائية	كولوم	1 كل = 1 أ ث
	coulomb	1 C = 1 A s
السعة الكهربائية	فاراد	1 فر = 1 أ ث/ف = 1 و ث/ف^2 = 1 كل/ف = 1 ث/أوم = 1 ث^4 أ^2/م^2 كغ
	farad	1 F = 1 A s/V = 1 W s/V^2 = 1 C/V = 1 s/Ω = 1 s^4 A^2/m^2 kg
المقاومة الكهربائية	أوم	1 أوم = 1 ف/أ = 1 كغ م^2/ث^3 أ^2
	ohm	1 Ω = 1 V/A = 1 kg m^2/s^3 A^2
التدفق المغناطيسي	فيبر	1 فب = 1 ف ث = 1 ت م^2 = 1 كغ م^2/ث^2 أ
	weber	1 Wb = 1 V s = 1 T m^2 = 1 kg m^2/s^2 A
كثافة التدفق المغناطيسي	تسلا	1 ت = 1فب/م^2 = 1 ف ث/م^2 = 1 كغ/أ ث^2
	tesla	1 T = 1 Wb/m^2 = 1 V s/m^2 = 1 kg/A s^2
الحث	هنري	1 هـ = 1 فب/أ = 1 ف ث/أ = 1 أوم ث = 1 م^2 كغ/ث^2 أ^2
	henry	1 H = 1 Wb/A = 1 s^2/F = 1 Ω s = 1m^2 kg/ s^2 A^2
التدفق الضوئي	لومن	1 لم = 1 قد سر
	lumen	1 lm = 1 cd sr
شدة الإضاءة	لكس	1 لكس = 1 لم/م^2 = 1 قد سر/م^2
	lux	1 lx = 1 lm/m^2 = 1 cd sr/m^2

جدول A-6
وحدات من خارج النظام الدولي
ويسمح باستخدامها مع الوحدات العالمية

Symbol	الرمز	SI unit	الوحدة	Quantity	الكمية
min	د	minute	دقيقة	Time	الزمن
h	سا	hour	ساعة		
o	o	degree	درجة	Angle	الزاوية المستوية
‘	‘	minute	دقيقة		
“	“	second	ثانية		
L، l	ل	liter	لتر	Volume	الحجم
t	طن	tonne	طن متري	Mass	الكتلة
rev/min	لفة/د	rev/min	دورة/دقيقة	Angular velocity	السرعة الزاوية
bar	بار	bar	بار	Pressure	الضغط
×atm	جوي	atm	جوي		

× 1 atm pressure = 1.01325 bar = 1.01325×10^5 Pa = 1.01325×10^5 N/m

× 1 Pa = 1 N/m^2 = 10^{-5} bar = 10.197×10^{-6} at = 9.8692×10^{-6} atm

عملياً تستعمل بعض أجزاء أو مضاعفات وحدة القياس و هي مبينة في الجدول A-6

الجدول A-6

مضاعفات وأجزاء الوحدات الأساسية المعتمدة

معامل الضرب	الرمز	Prefix	اسم المعامل
10^{12}	T	Tera	التيرا
10^{9}	G	Giga	الجيكا
10^{10}	M	Mega	الميجا
10^{3}	K	Kilo	الكيلو
10^{-2}	C	Centi	السنتي
10^{-3}	m	milli	الميلي
10^{-6}	μ	micro	الميكرو
10^{-9}	n	nano	النانو
10^{-12}	p	pico	البيكو

الملحق B

مسرد المصطلحات

A

Abrupt climate change - تغير المناخ المفاجئ

قد تؤدي لاخطية النظام المناخي إلى تغير المناخ على نحو مفاجئ يسمى أحيانا «التغير المناخي السريع» أو «الأحداث المفاجئة» أو حتى «المفاجآت المناخية». وغالباً ما تشير كلمة «مفاجئ» إلى نطاق زمني يتسم بسرعة أكبر من سرعة النطاق الزمني العادي لعملية التأثير التي يعزى إليها ذلك. إلا أن التأثير الخارجي غير ضروري لإحداث جميع التغيرات المناخية المفاجئة إذ تنطوي بعض التغيرات المفاجئة المحتملة المفترضة على إعادة تنظيم بالغة للدوران المدفوع بقوة التباين الحراري والملحي، والانحسار الجليدي السريع والذوبان الكبير للتربة الصقيعية أو ازدياد تنفس التربة مما يؤدي إلى تغيرات سريعة في دورة الكربون. وقد تكون أحداث أخرى غير متوقعة بالفعل وتنتج عن عمليات تأثير قوية وسريعة التغير لنظام لاخطي.

Absorption، scattering and emission of radiation- الامتصاص والانحراف (الاستطارة) وانبعاث الإشعاع

قد يتفاعل الإشعاع المغناطيسي الكهربي بطرق متنوعة مع المادة سواء أكانت في شكل ذرّات وجزيئات من الغاز (مثل الغازات الموجودة في الغلاف الجوي) أم في شكل مادة جُسيمية صلبة أو سائلة (مثل الأهباء) والمادة ذاتها تنبعث إشعاعا وفقاً لتكوينها ودرجة حرارتها. وقد تمتص المادة الإشعاع بحيث يمكن تحويل أو إعادة انبعاث الطاقة الممتصة. وأخيراً، فإن الإشعاع قد يُحرف أيضاً عن مساره الأصلي (يُسْتطار) من جرّاء التفاعل مع المادة.

الأنشطة المنفذة تنفيذاً مشتركاً - Activities Implemented Jointly (AIJ)

هى المرحلة التجريبية من التنفيذ المشترك، بحسب تعريفه الوارد في المادة 4.2 (أ) من اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ التي تتيح تنفيذ أنشطة المشروعات في ما بين البلدان المتقدمة (وشركاتها) وبين البلدان المتقدمة والبلدان النامية (وشركاتهما). أما الهدف من الأنشطة المنفذة تنفيذا مشتركا فهو إتاحة الفرصة للأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ لاكتساب الخبرات في أنشطة المشروعات المنفذة تنفيذا مشتركا. ولا تؤدي النشاطات في مرحلتها التجريبية إلى أي أرصدة، ومازال يتعين اتخاذ قرار بشأن مستقبل أنشطة المشروعات المنفذة تنفيذاً مشتركاً، وكيفية ربطها بآليات كيوتو. وتمثل الأنشطة المنفذة تنفيذاً مشتركا وغيرها من الخطط المعتمدة على السوق، باعتبارها شكلاً مبسطاً من تراخيص الاتجار بالانبعاثات، آليات محتملة مهمة للتشجيع على تدفق موارد إضافية لتقليص الانبعاثات.

التكيــف - Adaptation

المبادرات والتدابير التي ترمي إلى الحد من تعرض النظم الطبيعية والبشرية لتأثيرات تغير المناخ الحالية أو المتوقعة. ويمكن التمييز بين أنواع عديدة من التكيف، مثل التكيف الاستباقي والتفاعلي، والتكيف الخاص والعام، والتكيف المستقل والمخطط. ومن الأمثلة عليه، إنشاء السدود على الأنهار أو مصدات الفيضانات على السواحل، واستبدال المنشآت الحساسة بمنشآت أكثر مقاومة للحرارة والصدمات، وما إلى ذلك.

التكيّف التراكمي – Incremental adaptation

إجراءات التكيّف التي يكون هدفها المحوري هو الحفاظ على جوهر وسلامة نظام أو عملية على نطاق معيّن.

Transformational adaptation - **التكيّف التحويلي**

تكيّف يغيّر الخواص الأساسية لنظام استجابة للمناخ وتأثيراته.

Adaptation assessment - **تقييم التكيف**

ممارسة لتحديد خيارات للتكيّف مع تغيّر المناخ وتقييم تلك الخيارات من حيث معايير من قبيل التوافر والفوائد والتكاليف والفعالية والكفاءة والصلاحية للتنفيذ.

Adaptation autonomous - **التكيف الذاتي**

التكيف الذي يحدث استجابة للمناخ المعهود وتأثيراته، بدون تركيز التخطيط صراحة أو بوعي على التصدي لتغيّر المناخ. ويُشار إليه أيضاً بتعبير adaptation spontaneous التكيّف التلقائي.

Adaptation benefits - **منافع التكيف**

ما يجري تفاديه من تكاليف ناشئة عن الأضرار أو ما يعود من منافع نتيجة لاعتماد وتنفيذ تدابير التكيف.

Adaptation costs - **تكاليف التكيّف**

تكاليف تخطيط تدابير التكيف، والإعداد لها، وتيسيرها، وتنفيذها، بما في ذلك تكاليف الانتقال.

Adaptive capacity - **القدرة على التكيّف**

مجموع القدرات والموارد والمؤسسات الموجودة في بلد أو منطقة لتنفيذ تدابير تكيف فعالة.

Adaptation deficit -**عجز التكيف**

الفجوة بين الحالة الراهنة لنظام وحالة تقلل إلى أدنى حد من الآثار المعاكسة الناجمة عن الأحوال المناخية القائمة وتقلبية المناخ.

Adaptation limit -**حد التكيف**

النقطة التي لا يمكن عندها تأمين أهداف جهة فاعلة (أو احتياجات نظام) منّ المخاطر التي لا يمكن تحملها من خلال إجراءات تكيفية.

Hard adaptation limit –**الحد الصارم للتكيّف**

عدم إمكانية اتخاذ إجراءات تكيّفية لتجنب مخاطرلا يمكن تحملها.

Soft adaptation limit- **الحد غير الصارم للتكيّف**

عدم توافر خيارات في الوقت الراهن لتجنب مخاطر لا يمكن تحملها من خلال إجراءات تكيّفية.

Adaptation needs -**احتياجات التكيف**

الظروف التي تقتضي اتخاذ إجراءات لضمان سلامة السكان وأمن الأصول استجابة للتأثيرات المناخية.

Adaptation opportunity -**فرصة التكيف**

العوامل التي تيسر تخطيط وتنفيذ إجراءات للتكيفّ، أو توسع خيارات التكيف أو توفر فوائد مشتركة مساعدة.

Adaptation- options **خيارات التكيف**

مجموعة الاستراتيجيات والتدابير المتاحة والملائمة لتلبية احتياجات التكيف. وهي تشمل طائفة واسعة من الإجراءات التي يمكن تصنيفها بأنها إما إجراءات هيكلية أو مؤسسية أو اجتماعية.

Adaptive capacity -**القدرة التكيفية**

قدرة النظم والمؤسسات والبشر والكائنات الأخرى على التكيّف مع الضرر المحتمل، أو على الاستفادة من الفرص، أو الاستجابة للتأثيرات.

Adaptive management -**الإدارة التكيفية**

عملية تخطيط وتنفيذ وتعديل استراتيجيات بصورة متكررة لإدارة الموارد في مواجهة عدم اليقين والتغيّر. وتنطوي الإدارة التكيفية على تعديل النهج استجابة لعمليات رصد تأثيرها وللتغيرات في النظام الذي يحدث نتيجة للتأثيرات التفاعلية الناجمة عن ذلك ولمتغيرات أخرى.

Adaptation constraint -**معوقات التكيف**

العوامل التي تجعل من الصعب تخطيط وتنفيذ إجراءات التكيّف أو التي تقيِّد الخيارات.

Aerosols - **الأهباء الجوية**

مجموعة من الجسيمات الصلبة أو السائلة التي يحملها الهواء ويتراوح حجمها عادة بين 0.01 ميكرومتر و10 ميكرومتر، وتبقى هذه الجسيمات في الغلاف الجوي لعدة ساعات على الأقل. وقد تكون الأهباء الجوية طبيعية أو بشرية المنشأ. وقد تؤثر في المناخ بطريقتين اثنتين: إما مباشرة من خلال استطارة وامتصاص الإشعاع أو بصورة غير مباشرة من خلال العمل في شكل نويات تكثيف لتكوينات السحب أو تعديل الخصائص البصرية للسحب وفترة بقائها.

Afforestation - **التشجير**

غرس أشجار جديدة في أراض لم تكن فيها غابات في الماضي (منذ خمسين سنة على الأقل). ولمناقشة مصطلح «الغابة» وما يتصل به من مصطلحات مثل «التشجير» و«إعادة التشجير» و«إزالة الأشجار»،

Aggregate impacts -**التأثيرات الإجمالية**

مجموع التأثيرات الشاملة للقطاعات و/أو الاقاليم. ويتطلب إجمال التأثيرات

وجود معرفة (أو افتراضات) بشأن الأهمية النسبية للتأثيرات المختلفة. وتشمل مقاييس التأثيرات الإجمالية، مثال، مجموع عدد الناس المتأثرين، أو مجموع التكاليف الاقتصادية، وهذه المقاييس تكون عادة محددة زمنياً ومكانياً و/أو قطاعياً.

Albedo – البياض (معامل الانعكاسية)

الجزء من الإشعاع الشمسي الذي يعكسه سطح أو جسم، ويعبر عنه عادة بنسبة مئوية. وللسطوح المغطاة بالثلوج عادة بياض شديد. ويتراوح بياض التربة بين شديد ومنخفض، وأما السطوح المغطاة بالنباتات والمحيطات فلها بياض منخفض. والبياض الأرضي يختلف أساسا نتيجة لتباين درجة التغيم والثلوج والجليد ومناطق الأوراق والتغيرات في الغطاء الأرضي.

Albedo feedback – معلومات راجعة بشأن البياض

هي معلومات مناخية مرتدة تتعلق بالتغيرات التي يشهدها بياض الأرض. وتتعلق عادة بالتغيرات التي تحصل في الغلاف الجليدي الذي يعد البياض فيه أوسع بكثير (~0.8) من معدل البياض الكوكبي (~0.3). وفي مناخ يتعرض للاحترار، يتوقع أن يتقلص الغلاف الجليدي فينخفض بياض الأرض الإجمالي ويزداد امتصاص الطاقة الشمسية لاحترار الأرض.

Algal bloom – تكاثر الطحالب

انفجار تكاثر الطحالب في البحيرات أو الأنهار أو المحيطات.

Annex I countries – البلدان المدرجة في المرفق الأول :

مجموعة البلدان المدرجة في المرفق الأول (بموجب تعديل عام 1998) باتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، بما فيها جميع البلدان الأعضاء في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي والاقتصادات التي تمر بمرحلة انتقالية. ووفقاً للمادتين 4.2 (أ) و4.2 (ب) من الاتفاقية،

تلتزم البلدان المدرجة في المرفق الأول فرديا أو مجتمعة التزاماً محدداً بهدف إعادة مستويات انبعاثات غازات الدفيئة إلى مستويات 1999 وذلك بحلول 2000. ولذلك يُشار إلى البلدان الأخرى، بأنها البلدان غير المدرجة في المرفق الأول. وللاطلاع على قائمة البلدان المدرجة في المرفق الأول، انظر http:// unfccc.int.

Annex II countries – **البلدان المدرجة في المرفق الثاني**

مجموعة البلدان المدرجة في المرفق الثاني باتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، بما فيها جميع البلدان الأعضاء في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي في عام 1990. ووفقاً للمادة 4.2(ز) من الاتفاقية، يتوقع من هذه البلدان توفير الموارد المالية لمساعدة البلدان النامية على الامتثال لالتزاماتها كإعداد التقارير الوطنية. كما يتوقع من البلدان المدرجة في المرفق الثاني تعزيز نقل التكنولوجيا السليمة بيئياً إلى البلدان النامية. للاطلاع على قائمة البلدان المدرجة في المرفق الثاني، انظر: http://unfccc.int.

Annex B countries – **البلدان المدرجة في المرفق باء**

هى البلدان المدرجة في المرفق باء في بروتوكول كيوتو التي وافقت على الرقم المستهدف لانبعاثات غازات الدفيئة فيها بما في ذلك جميع البلدان المدرجة في المرفق الأول (بموجب تعديل 1998) باستثناء تركيا وبيلاروس.Anomaly – الشذوذ

انحراف متغير عن متوسط قيمته على مدى فترة مرجعية.

Anthropogenic – **بشري المنشأ**

ناتج عن الأنشطة البشرية أو من صنع الإنسان.

Anthropogenic emissions – **الانبعاثات البشرية المنشأ**

انبعاثات غازات الدفيئة، وسلائف غازات الدفيئة، والهباء ذات الصلة

بالنشاطات البشرية، بما فيها حرق الوقود الأحفوري، وإزالة الغابات، والتغيرات في استخدام الأراضي، والمواشي، والتخصيب، وما إلى ذلك.

Arid region- منطقة قاحلة

منطقة أرضية يتدنى مستوى هطول الأمطار فيها، «والتدني» المقبول على نطاق واسع، يعني المستوى الذي يقل عن 250 مم في السنة.

Atmosphere- الغلاف الجوي

هو الغلاف الغازي المحيط بالكرة الأرضية. ويتألف الغلاف الجوي الجاف بصورة كلية تقريباً من النيتروجين (نسبة الخلط الحجمية 78.1 في المائة) والأكسجين (نسبة الخلط الحجمية 20.9 في المائة)، إلى جانب عدد من الغازات النزرة.

B

Barrier – الحاجز

هو أي عائق يعترض تحقيق هدف أو إمكانية تكيف أو تخفيف ويمكن التغلب عليه أو الحدّ منه من خلال سياسة أو برنامج أو تدبير. وتشمل إزالة الحواجز عملية تصحيح إخفاقات السوق بصورة مباشرة أو تقليص تكاليف المعاملات في القطاعين العام والخاص، بطرق مثل تحسين قدرات المؤسسات والحد من المخاطر وعدم اليقين، وتيسير معاملات السوق، وتطبيق السياسات التنظيمية.

Baseline – خـط الأسـاس

هو المرجع للكميات القابلة للقياس التي يمكن على أساسها قياس نتيجة بديلة، فسيناريو عدم التدخل مثلاً يُستخدم كمرجع لتحليل سيناريوهات التدخل.

Basin – الحـوض

منطقة صرف مياه مجرى أو نهر أو بحيرة.

Biodiversity – التنوع الأحيائـي

إجمالى تنوع الكائنات والنظم الإيكولوجية كافة على مختلف المستويات المكانية (من الجينات وصولاً إلى الوحدات الأحيائية الكاملة).

Bioenergy – الطاقة الاحيائية

الطاقة المستمدة من أي شكل من أشكال الكتلة الاحيائية من قبيل الكائنات التي كانت حيّة مؤخراً أو منتجاتها الفرعية الأيضية.

Biofuel – الوقـود الاحيائـي

وقود في شكل سائل عموما يُنتج من مادة عضوية أو من زيوت قابلة للاحتراق تولدها نباتات حية او كانت غير حية مؤخرا تشمل امثلة الوقود الاحيائي الكحول (الايثانول الحيوي) والسائل الأسود الذي ينجم من عملية صناعة الورق وزيت فول الصويا.

Biomass – الكتلة الأحيائية

مجموع كتلة الكائنات الحية في مساحة معينة من الأرض أو في مياه من حجم معين، وكثيراً ما تندرج المواد النباتية الميتة حديثا فيها باعتبارها كتلة أحيائية ميتة. أما كمية الكتلة الأحيائية فيعبر عنها بالوزن الجاف أو بالطاقة أو محتواها من الكربون أو النيتروجين.

Biome – وحـدة أحيائيـة

عنصر إقليمي رئيسي ومميز في المحيط الحيوي، يتألف عادة من عدة أنظمة إيكولوجية (مثل الغابات والأنهار والبرك والمستنقعات ضمن منطقة ذات مناخ مشابه). وتتميز الوحدات الأحيائية بمجموعات نباتية وحيوانية خاصة بها.

Biosphere (terrestrial and marine) – الغلاف الحيوى (أرضي وبحري)

الجزء من نظام الأرض الذى يتألف من جميع النظم الإيكولوجية والكائنات الحية في الغلاف الجوي، وعلى الأرض (الغلاف الحيوى للأرض)، أو في المحيطات (الغلاف الحيوي البحري)، بما في ذلك المادة العضوية الميتة الناشئة من كائنات حية مثل النفايات والمادة العضوية الموجودة في التربة ومخلفات المحيطات.

Biota – **الكائنات الحية**

كل الكائنات الحية التي تعيش في منطقة ما، وتعتبر النباتات والحيوانات وحدة واحدة.

Black carbon – **الكربون الأسود**

نوع محدد عملياً من أنواع الهباء الجوي استناداً إلى قياس امتصاص الضوء والتفاعل الكيميائي و/أو الاستقرار الحراري، ويتألف من السناج والفحم و/أو المادة العضوية غير القابلة للصهر والماصة للضوء.

Bog – **السبخة، المستنقع**

أرض رطبة حمضية تتألف من الخث المتراكم.

Bottom-up models – النماذج المصممة من أسفل إلى أعلى تعكس هذه النماذج الواقع بجمع خصائص أنشطة وعمليات معينة آخذة في الاعتبار التفاصيل التكنولوجية والهندسية وتفاصيل التكاليف.

Business as usual (BAU) – **سير الأمور كالمعتاد**

تستند إسقاطات سير الأمور كالمعتاد إلى افتراض بقاء الممارسات والسياسات التشغيلية كما هي في الوقت الحاضر. ومع أن سيناريوهات خط الأساس يمكن أن تتضمن بعض السمات المحددة لسيناريوهات سير الأمور كالمعتاد (مثال، وجود حظر مفروض على تكنولوجيا محددة) فإن سيناريوهات سير الأمور كالمعتاد تعني ضمناً عدم وجود أي ممارسات أو سياسات غير الممارسات والسياسات الحالية الموجودة.

C

Carbon (Dioxide) Capture and Storage (CCS)
احتجاز (ثاني أكسيد الكربون) وتخزينه

عملية مكونة من فصل ثاني أكسيد الكربون عن المصادر الصناعية والمرتبطة بالطاقة، ونقله إلى موقع تخزين، وعزله عزلا طويل الأجل عن الغلاف الجوي.

Carbon cycle – دورة الكربون

يستخدم هذا المصطلح في وصف تدفق الكربون (في أشكال مختلفة مثل ثاني أكسيد الكربون) من خلال الغلاف الجوي، والمحيطات، والغلاف الحيوي الأرضي، والقشرة الأرضية.

Carbon dioxide (CO_2) fertilization التخصيب بثاني أكسيد الكربون

تعزيز نمو النباتات نتيجة لزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. وتعد بعض أنواع النباتات الخاصة بالتمثيل الضوئي، أكثر حساسية من سواها للتغيرات الطارئة على تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، وذلك وفقاً لآليتها الخاصة بالتمثيل الضوئي.

Carbon intensity – كثافة انبعاثات الكربون

كمية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لكل وحدة من الناتج المحلي الإجمالي.

Carbon leakage – تسرب الكربون

الجزء من تخفيضات الانبعاثات في البلدان المدرجة في المرفق باء الذي يمكن تعويضه بزيادة الانبعاثات في البلدان غير المقيدة بما يزيد عن مستويات خط الأساس لديها. ويمكن أن يحدث ذلك من خلال (1) نقل الإنتاج الكثيف

الاستخدام للطاقة إلى تلك المناطق غير المقيدة؛ (2) وزيادة استهلاك الوقود الأحفوري في تلك المناطق من خلال خفض الأسعار الدولية للنفط والغاز نتيجة لانخفاض الطلب على أنواع الطاقة هذه؛ (3) والتغيرات في الدخل (وبالتالي في الطلب على الطاقة) بسبب تحسن معدلات التبادل التجاري.

Catchment – مستجمع مياه

منطقة لتجميع مياه المطر وصرفها.

Clean Development Mechanism (CDM)– آلية التنمية النظيفة

آلية معرفة في المادة 12 من بروتوكول كيوتو يمكن من خلالها للمستثمرين (الحكومات أو الشركات) من البلدان المتقدمة النمو (البلدان المدرجة في المرفق باء) تمويل مشاريع الحد من انبعاثات غازات الدفيئة أو إزالتها في البلدان النامية (البلدان غير المدرجة في المرفق باء)، والحصول على وحدات خفض معتمدة للانبعاثات للقيام بذلك، يمكن أن تحتسب فيما يتعلق بالتزامات البلدان المتقدمة النمو المعنية. والمقصود بآلية التنمية النظيفة هو تيسير الهدفين المتمثلين في تعزيز التنمية المستدامة في البلدان النامية ومساعدة البلدان الصناعية على الوصول إلى هدف التزاماتها المتعلقة بالانبعاثات بطريقة فعالة من حيث التكلفة.

Climate - altering-pollutants) CAPs) – الملوثات المغيِّرة للمناخ

الغازات والجسيمات التي تصدر من الأنشطة البشرية وتؤثر على المناخ إما مباشرةً، من خلال آليات من قبيل القسر الإشعاعي الناجم عن حدوث تغيرات في تركيزات غازات الدفيئة، أو بطريقة غير مباشرة، مثلا بالتأثير على تكون سحب أو مدة بقاء غازات الدفيئة في الغلاف الجوي. وتشمل الملوثات المغيِّرة للمناخ الملوثات ذات التأثير الاحترازي على الغلاف الجوي، من قبيل ثاني أكسيد الكربون، والغازات ذات التأثير التبريدي، من قبيل الكبريتات.

Climate-carbon cycle coupling – الاقتران بين المناخ ودورة الكربون

تغير المناخ الذي تحدثه في المستقبل انبعاثات غازات الدفيئة في الغلاف الجوي سوف يؤثر في دورة الكربون العالمية. والتغيرات في دورة الكربون العالمية سوف تؤثر بدورها في ذلك الجزء من غازات الدفيئة البشرية المنشأ الذي يبقى في الغلاف الجوي ويؤدي إلى مزيد من تغير المناخ. وهذه المعلومات المرتدة تسمى الاقتران بين المناخ ودورة الكربون. ويشير الجيل الأول من نماذج الاقتران بين المناخ ودورة الكربون إلى أن الاحترار العالمي سوف يزيد نسبة ثاني أكسيد الكربون البشرية المنشأ التي تبقى في الغلاف الجوي.

Climate change commitment – التزام (أو حتمية) تغير المناخ

نتيجة للقصور الذاتي الحراري للمحيطات والعمليات البطيئة التي يشهدها كل من الغلاف الجليدي وأسطح الأراضي، سيستمر المناخ في التغيّر حتى وإن تم الحفاظ على ثبات تركيب الغلاف الجوي عند القيّم السائدة حالياً. وتؤدي التغيرات السابقة في تركيب الغلاف الجوي إلى تغيّر مناخي محتم، يستمر طيلة استمرار اللاتوازن الإشعاعي وإلى أن تتكيف جميع مكونات النظام المناخي مع الحالة الجديدة. وإذا ظلت التغيرات الأخرى في درجات الحرارة بعد إبقاء تركيب الغلاف الجوي ثابتاً فإنها تسمى حتمية درجة الحرارة الثابتة للتكوين أو ببساطة حتمية الاحترار أو التزام الاحترار. ويضم التزام تغيّر المناخ تغيرات مستقبلية أخرى، مثال في الدورة الهيدرولوجية، وفي ظواهر الطقس المتطرفة، وفي ظواهر المناخ المتطرفة، وفي تغيّر مستوى سطح البحر. أما حتمية الانبعاثات الثابتة فهي تغيّر المناخ المحتم الذي ينتج عن إبقاء الانبعاثات البشرية المنشأ ثابتة في حين أن حتمية الانبعاثات الصفرية هي حتمية تغيّر المناخ عند إبقاء قيمة الانبعاثات عند صفر

Climate feedback – التأثير التفاعلي في المناخ

تدعى آلية التفاعل بين العمليات في النظام المناخي التأثير المناخي التفاعلي

عندما تؤدي نتيجة أية عملية أولية إلى إحداث تغيرات في عملية ثانية تؤثر بدورها على العملية الأولية. والتأثير التفاعلى الإيجابي يعزز العملية الأصلية، بينما يقللها التأثير التفاعلى السلبي.

Climate change Impacts – تأثيرات تغير المناخ

هي آثار تغير المناخ على النظم الطبيعية والبشرية. وإذا أخذ التكيف في الاعتبار، أمكن التمييز بين الآثار المحتملة والآثار المتبقية:

- **التأثيرات المحتملة:** هي كل التأثيرات التي قد تحدث بالنظر إلى التغيرات المتوقعة في المناخ دون أخذ التكيف في الاعتبار.
- **التأثيرات المتبقية:** هي تأثيرات تغير المناخ التي قد تحدث بعد عملية التكيف.

Climate model –النموذج المناخي

عرض عددي للنظام المناخي يقوم على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لعناصره وتفاعلاتها وعمليات التأثير التفاعلي، ويمثل كل خصائصه المعروفة أو بعضها. ويمكن أن يُمثَّل النظام المناخي بنماذج تختلف درجات تعقيدها، أي أنه يمكن تحديد هيكل هرمي من النماذج لأى عنصر من عناصره أو لمجموعة من تلك العناصر. وهذه النماذج تختلف في بعض الجوانب مثل عدد الأبعاد المكانية، ومدى تمثيل العمليات الفيزيائية أو الكيميائية أو البيولوجية تمثيلا واضحا أو المستوى الذي يتم عليه أخذ عمليات تحديد البارامترات في الاعتبار. وتوفر النماذج التي تجمع بين الغلاف الجوي والدوران العام في المحيطات تمثيلا للنظام المناخي يقارب نهاية الطيف الحالي الأكثر شمولا. وهناك تطور نحو نماذج أكثر تعقيدا تشمل التفاعل بين الكيمياء والبيولوجيا (انظر الفصل 8 في تقرير الفريق العامل الأول) وتطبق النماذج المناخية كأداة من أدوات البحوث، لدراسة ومحاكاة المناخ وتستخدم أيضا في الأغراض العملية بما فيها التنبؤات المناخية الشهرية والفصلية وتلك الخاصة بفترات ما بين السنوات.

Climate prediction – التنبؤ بالمناخ

التنبؤ بالمناخ أو توقع المناخ هما نتيجة لمحاولة وضع تقدير للتطور الفعلي للمناخ في المستقبل، قد تكون عموما تنبؤات ذات طابع احتمالي. وبما أن تطور النظام المناخي في المستقبل قد يكون شديد الحساسية إزاء الظروف الأولية فإن هذه التنبؤات عادة ما تكون احتمالية بطبيعتها.

Climate projection – إسقاطات المناخ

إسقاط استجابة النظام المناخي لسيناريوهات الانبعاثات أو تركيزات غازات الدفيئة والأهباء الجوية أو سيناريوهات المؤثر الإشعاعي، هو إسقاط يستند في معظم الأحيان إلى عمليات محاكاة بواسطة النماذج المناخية. ويقصد بتمييز إسقاطات المناخ عن تنبؤات المناخ التوكيد على أن إسقاطات المناخ تعتمد على سيناريو الانبعاثات /التركيز/ المؤثر الإشعاعي الذي يستخدم والذي يعتمد على افتراضات تتعلق مثلاً، بالتطورات الاقتصادية – الاجتماعية والتكنولوجية المستقبلية التي قد تتحقق أو لا تتحقق والتي تخضع تالياً لقدر كبير من عدم اليقين.

Climate scenario – سيناريو المناخ

تمثيل معقول، ومبسط في معظم الأحيان، للمناخ الذي سيسود في المستقبل استناداً إلى مجموعة متسقة داخلياً من العلاقات المناخية التي وضعت للاستخدام الصريح في تحري العواقب المحتملة لتغير المناخ البشري المنشأ والتي تستخدم في كثير من الأحيان كمدخلات لنماذج التأثر. وإسقاطات المناخ تستخدم في الغالب كمادة خام لوضع سيناريوهات المناخ، إلا أن هذه السيناريوهات تحتاج عادة إلى معلومات إضافية مثل المعلومات عن المناخ الحالى المرصود. وسيناريو تغير المناخ هو الفارق بين سيناريو المناخ والسيناريو الحالي.

Climate sensitivity – حساسية المناخ

في تقارير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، تشير «حساسية المناخ للتوازن» إلى التغير التوازني في المتوسط السنوي العالمي لدرجة الحرارة السطحية، بعد مضاعفة تركيزات ثاني أكسيد الكربون المكافئ في الغلاف الجوي. ونظراً إلى صعوبة التقديرات، غالباً ما تقدر حساسية المناخ للتوازن في نموذج مناخي بتطبيق نموذج للدوران العام في الغلاف الجوي مقترناً بنموذج محيطي مختلط الطبقات، لأن حساسية المناخ للتوازن تُحدد معظمها عمليات الغلاف الجوي. ويمكن إحداث التوازن بنماذج فعالة بوجود محيط دينامي.

أما الاستجابة المناخية العابرة فهي تغير درجة الحرارة السطحية العالمية محسوب كمتوسط درجات الحرارة في فترة 20 سنة تقريباً ويحدث عند مضاعفة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي أي في السنة 70 في اختبار لزيادة مركب ثاني أكسيد الكربون بنسبة 1 في المائة سنوياً، وهو اختبار مقترن بنموذج للمناخ العالمي. وهي مقياس لقوة استجابة الحرارة السطحية وسرعتها تجاه تأثير غازات الدفيئة.

Climate shift – تحول المناخ

تحول مفاجئ أو ارتفاع مفاجئ في قيم الوسط التي تشير إلى تغير في النظام المناخي (انظر: أنماط تقلبية المناخ). ويستخدم هذا المصطلح على أوسع نطاق فيما يتعلق بتحول المناخ في 1976/1977 الذي يبدو أنه يوازى تغيراً في سلوك ظاهرة النينيو – التذبذب الجنوبي.

Climate system – نظـام المنـاخ

هو نظام شديد التعقيد الذي يتألف من خمسة عناصر رئيسية هي : الغلاف الجوي، والهيدروسفير، والغلاف الجليدي، وسطح الأرض، والمحيط الحيوي،

والتفاعلات بينها. ويتطور نظام المناخ عبر الزمن بتأثير ديناميته الداخلية الخاصة وبسبب تأثيرات خارجية مثل ثورات البراكين، والتباينات الشمسية، والتأثيرات بشرية المنشأ مثل تغير تكوين الغلاف الجوي وتغير استخدام الأراضي.

Climate variability – **تقلبية المناخ**

تشير تقلبية المناخ إلى التباينات في متوسط حالة المناخ وغيره من الإحصاءات المناخية (مثل الانحرافات المعيارية، وحدوث الظواهر المتطرفة وما إلى ذلك بجميع النطاقات الزمنية والمكانية التي تتجاوز نطاق الظواهر الجوية الإفرادية. وقد تعزى التقلبية إلى عمليات داخلية طبيعية في إطار نظام المناخ (التقلبية الداخلية) أو إلى تباينات في المؤثر الإشعاعي الخارجي الطبيعي أو البشري المنشأ (التقلبية الخارجية).

Climate extreme (extreme weather or climate event)– ظاهرة مناخية متطرفة (ظاهرة طقس أو مناخ متطرفة)

Climate governance – **حوكمة المناخ**

آليات وإجراءات هادفة ترمي إلى توجيه النظم الاجتماعية صوب الحيلولة دون المخاطر التي يمثلها تغيّر المناخ أو التخفيف منها أو التكيّف معها (Stripple 2003.Jagers)

Climate model (spectrum or hierarchy) –**المناخي النموذج (الطيف أو الهيكل الهرمي)**.

تمثيل عددي للنظام المناخي يقوم على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لعناصره وتفاعلاتها وعمليات التأثير التفاعلي ويمثل بعض خواصه المعروفة. ويمكن أن يمثل النظام المناخي بنماذج تختلف درجات تعقيدها، أي أنه يمكن تحديد هيكل هرمي من النماذج لعنصر من عناصره أو

لمجموعة من تلك العناصر. وهذه النماذج تختلف في بعض الجوانب مثل عدد الأبعاد المكانية، ومدى تمثيل العمليات الفيزيائية أو الكيميائية او البيولوجية تمثيلا واضحا، أو المستوى الذي تتم عليه عمليات تحديد البارامترات التجريبية وتوفر النماذج المقترن و الدوران العام للغلاف الجوي فوق المحيطات تمثيلا للنظام المناخي يقارب نهاية الطيف الحالي الأكثر شمولاً. وهناك تطور نحو نماذج أكثر تعقيداً تشمل التفاعل بين الكيمياء الببيولوجيا. وتستخدم النماذج المناخية كأدلة من ادوات البحوث لدراسة ومحاكاة المناخ وتستخدم أيضاً في الأغراض العملية بما فيها التنبؤات المناخية الشهرية والفصلية وتلك الخاصة بفترات مابين السنوات .

Climate- resilient pathways – **المسارات الصامدة في مواجهة المناخ**

عمليات تكرارية لإدارة التغيّر داخل نظم معقدة من أجل الحد من الاختلالات وتعزيز الفرص المرتبطة بتغيّر المناخ.

Climate – velocity **سرعة المناخ**

السرعة التي تنتقل بها خطوط التساوي الخاصة بمتغيّر مناخي محدد عبر المناظر الطبيعية أو المناظر البحرية نتيجة لتغيّر المناخ. فعلى سبيل المثال، سرعة المناخ الخاصة بدرجة الحرارة هي السرعة التي تنتقل بها خطوط التساوي نتيجة لتغيّر المناخ (كم/سنة) وتحسب على أساس أنها التغيّر الزمني في درجة الحرارة (درجة مئوية/سنة) مقسوماً على التدرج المكاني الحالي في درجة الحرارة (درجة مئوية/كم). ويمكن حسابها باستخدام متغيرات مناخية إضافية من قبيل كمية الأمطار أو يمكن أن تستند إلى المجموعة المناخية من الكائنات الحية.

Climatic driver (climate driver) **دافع عامل مناخي**

جانب متغيّر من جوانب نظام المناخ يؤثر على مكون نظام بشري أو طبيعي.

CMIP3 و – CMIP5 المرحلة الثالثة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة والمرحلة الخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة المرحلتان الثالثة والخامسة من مشروع المقارنة بين النماذج المناخية المتقارنة (CMIP3 و CMIP5) اللتان يجري فيهما تنسيق وأرشفة عمليات محاكاة بنماذج مناخية مستندة إلى مدخلات نماذج مشتركة مقدمة من أفرقة نمذجة من مختلف أنحاء العالم. وتشمل مجموعة بيانات النماذج المتعددة الخاصة بالمرحلة الثالثة إسقاطات باستخدام سيناريوهات التقرير الخاص عن سيناريوهات الانبعاثات (SRES) . أما مجموعة بيانات المرحلة الخامسة فهي تشمل إسقاطات باستخدام مسارات التركيز النموذجية.

حشر السواحل – Coastal – squeeze

انضغاط النظم الإيكولوجية والمنافع الساحلية (مثل الشواطئ والمستنقعات الملحية والمنغروف والسهول الطينية والرملية) المحصورة بين الخطوط الساحلية التي تتراجع في اتجاه اليابسة (نتيجة لارتفاع مستوى سطح البحر و /أو النحر)والخطوط الساحلية المحددة طبيعياً أو اصطناعياً بما في ذلك التحصينات الهندسية (مثل الاسوار البحرية) مما يمكن أن يتسبب في اختفاء النظم الايكولوجية أو المنافع.

التكيف المجتمعي الاهتمام – Community-based adaptation

التكيف المحلي الموجه مجتمعياً ويركز التكيّف المجتمعي الاهتمام على تمكين وتعزيز القدرة التكيفية لدى المجتمعات المحلية. وهو نهج يعتبر سياق المجتمعات المحلية وثقافتها ومعرفتها وفاعليتها وأفضلياتها مواطن قوة.

المنافع المشتركة – Co-benefits

المنافع الناشئة عن سياسات تنفذ لأسباب متنوعة في وقت واحد، وفي هذا تسليم بأن معظم السياسات التي ترمي إلى تناول التخفيف من آثار غازات

الدفيئة تتخذ مبررات أخرى خلاف التخفيف لا تقل أهمية عنه في معظم الأحيان (مثل المبررات المتصلة بأهداف كالتنمية، والاستدامة، والإنصاف).

(Combined Heat and Power (CHP

توليد الحرارة والطاقة المشترك

الاستفادة من الحرارة المهدورة في المحطات الحرارية لتوليد الكهرباء. وهذه الحرارة هي على سبيل المثال الحرارة المكثفة التي يطلقها توربين بخاري أو غازات المداخن الساخنة المنبعثة من توربينات غازية، يمكن استخدامها لأغراض صناعية أو في تدفئة المباني أو المناطق. وهو يسمى أيضاً التوليد المشترك.

Compliance – **الامتثال**

يعني الامتثال تقيد البلدان أو عدمه بأحكام الاتفاقات ومدى التقيد. وهو يعتمد على تطبيق السياسات المرسومة وعلى ما إذا كانت التدابير تتابع متطلبات هذه السياسات. والامتثال هو درجة قيام الأطراف الفاعلة التي يستهدف الاتفاق سلوكها، مثل وحدات الحكم المحلي والشركات والمنظمات والأفراد بالوفاء بالتزاماتها المتعلقة بالتنفيذ.

Confidence – **الثقة**

صحة استنتاج المستندة إلى نوع ومقدار ونوعية واتساق الأدلة (مثل الفهم الميكانيكي، والنظرية، والبيانات، والنماذج، وتقدير الخبراء) وإلى درجة الاتفاق.

Contextual vulnerability (Starting-point vulnerability) –**القابلية للتأثر المرتبطة بالسياق (القابلية للتأثر الأولية)**

انعدام القدرة الحالية على التأقلم مع ضغوط أو تغيّرات خارجية، من قبيل تغيّر الأحوال المناخية. والقابلية للتأثر المرتبطة بالسياق هي من سمات النظم

الاجتماعية والإيكولوجية التي تنشأ نتيجة لعوامل وعمليات متعددة. (O'Brien وآخرون 2007).

Convection – الحمـل الحـراري

حركة عمودية تدفعها قوى طفو ناشئة عن انعدام الاستقرار الستاتيكي، تنجم عادة عن تبريد قرب السطح أو زيادة في الملوحة في حالة المحيطات وعن الاحترار القريب من السطح أو التبريد الإشعاعي أعلى السحب في حالة الغلاف الجوي. وفي الغلاف الجوي يؤدي الحمل الحراري إلى تراكم السحب وسقوط الأمطار ويكون فعالّ على الأنواع الكيميائية والمتنقلة عموديا على حد سواء. وفي المحيطات، يمكن أن يحمل الحمل الحراري المياه النقية إلى العمق داخل المحيطات.

Coping- التعـايـــش

استخدام ما هو متوافر من مهارات وموارد وفرص للتصدي للظروف المعاكسة وإدارتها والتغلب عليها، وذلك بهدف أداء الأشخاص والمؤسسات والمنظمات والنظم لوظائفهم الأساسية في الأجلين القصير والمتوسط.

capacity Coping - القدرة على التعايش

قدرة الأشخاص والمؤسسات والمنظمات والنُظم، باستخدام ما هو متوافر من مهارات وقيم ومعتقدات وموارد وفرص، على التصدي للأحوال المعاكسة وإدارتها والتغلب عليها في الأجلين القصير والمتوسط.

Cryosphere -الغلاف الجليدي

جميع المناطق الموجودة على وتحت سطح الأرض والمحيطات حيث تكون المياه في حالة تجمد، بما يشمل الجليد البحري، وجليد البحيرات، والجليد النهري، والغطاء الثلجي، وأنهار الجليد، وصفحات الجليد، والأراضي المتجمدة (التي تشمل التربة الصقيعية).

Cultural impacts – التأثيرات الثقافية

التأثيرات على الجوانب المادية والإيكولوجية للثقافة وللتجربة المعاشة للثقافة، بما في ذلك أبعاد من قبيل الهوية، والتماسك والانتماء المجتمعيين، والإحساس بالمكان، والرؤية العالمية، والقيم، والتصورات، والتقاليد.

وترتبط الآثار الثقافية ارتباطا بالآثار الإيكولوجية، لا سيما فيما يتعلق بالأبعاد الرمزية والنموذجية للأنواع والمناظر الطبيعية. وتحدد الثقافة والممارسات الثقافية أهمية وقيمة آثار التغيّر، وتشكل صلاحية ومقبولية خيارات التكيّف، وتوفر المهارات والممارسات التي تيسر التكيف.

Dead zones - المناطق الميتة

مناطق في المحيطات والبحيرات تعاني من نقص شديد في تركيز الأكسجين المذاب وتنجم عن إدخال كميات مفرطة من العناصر الغذائية من أنشطة بشرية مقرونة بعوامل أخرى تؤدي إلى نضوب الأكسجين اللازم لمد كائنات حية بحرية كثيرة موجودة في مياه القاع أو على مقربة من القاع بأسباب الحياة.

Decarbonization –التقليل من الكربون

العملية التي ترمي بها البلدان أو كيانات أخرى إلى تحقيق اقتصاد منخفض الكربون، أو التي يرمي بها الأفراد إلى الحد من استهلاكهم للكربون.

Desertification–التصحر

تردي الأراضي في المناطق القاحلة وشبه القاحلة والمناطق الجافة شبه الرطبة نتيجة لعوامل مختلفة، من بينها التغيرات المناخية والأنشطة البشرية. وتردي الأراضي في تلك المناطق هو انخفاض أو فقدان الإنتاجية البيولوجية والاقتصادية والتعقد البيولوجي أو الاقتصادي لأراضي المحاصيل البعلية، أو أراضي المحاصيل المروية، أو مراعي الماشية، أو أراضي الرعي، أو أراضي

الحراج، والغابات بسبب استخدامات الأراضي أو بفعل عملية أو مجموعة من العمليات، من بينها عمليات تنجم عن الأنشطة البشرية وأنماط السكن، من قبيل (i)تحات التربة بسبب الرياح و/أو المياه؛ و(ii)تردي الخصائص الفيزيائية أو الكيميائية أو البيولوجية أو الاقتصادية للتربة؛ و(iii) الفقدان الطويل الأجل للغطاء النباتي الطبيعي .

Detection of impacts of climate change - **كشف آثار تغير المناخ**

هو تحديد تغيّر عن خط أساس محدد لنظام طبيعي أو بشري أو مدار.

ويصف خط الأساس السلوك في حالة عدم حدوث تغيّر في المناخ وقد يكون (ثابتاً أو غير ثابت) (مثلاً، نتيجة لتغيّر استخدام الأراضي).

Disadvantaged populations-**السكان المحرومون**

قطاعات المجتمع المهمشة، نتيجة في كثير من الأحيان لعوامل من قبيل الوضع الاجتماعي والاقتصادي المتدني، أو انخفاض الدخل، أو عدم الحصول على الخدمات الأساسية من قبيل الصحة أو التعليم، أو انعدام السلطة، أو العرق، أو الجنس، أو الديانة، أو ضآلة الوصول إلى تكنولوجيات الاتصال.

Disaster -**كارثـــة**

تغيّرات شديدة في الأداء المعتاد لمجتمع محلي أو مجتمع عام نتيجة لتفاعل ظواهر فيزيائية خطرة مع ظروف اجتماعية هشة، تفضي إلى تأثيرات بشرية أو مادية أو اقتصادية أو بيئية معاكسة واسعة النطاق تقتضي استجابة طارئة فورية لتلبية الاحتياجات البشرية البالغة الأهمية وقد تقتضي الحصول على دعم خارجي من أجل التعافي.

management Disaster -**إدارة الكوارث**

عملية اجتماعية لتصميم وتنفيذ وتقييم استراتيجيات وسياسات وتدابير

تعزز وتحسن ممارسات التأهب للكوارث والاستجابة لها والتعافي منها على مستويات تنظيمية ومجتمعية مختلفة.

مخاطر حدوث كارثة – risk Disaster

أرجحية حدوث كارثة في غضون فترة زمنية محددة.

إدارة مخاطر الكوارث – Disaster risk management (DRM)

عمليات تصميم وتنفيذ وتقييم استراتيجيات وسياسات وتدابير لتحسين فهم مخاطر الكوارث، والعمل على الحد من مخاطر الكوارث ونقلها، والتشجيع على تحقيق تحسن متواصل في ممارسات التأهب للكوارث والاستجابة لها والتعافي منها، بغرض صريح هو رفع مستوى الأمن، والرفاه، ونوعية الحياة للإنسان، وتحقيق التنمية المستدامة.

الحد من مخاطر الكوارث – DRR (Disaster risk reduction)

يشير إلى غاية أو هدف على صعيد السياسات، والتدابير الاستراتيجية والفعالة التي تستخدم من أجل التكهن بمخاطر كارثة في المستقبل؛ والحد مما هو موجود من تعرض أو خطر أو قابلية للتأثر؛ وتحسين القدرة على التعافي.

الخصم – Discounting

عملية رياضياتية تجعل المبالغ النقدية (أو غيرها) المستلمة أو المنفقة في أوقات مختلفة (سنوات) متماثلة عبر الزمن. ويستخدم من يقوم بعملية الخصم معدل خصم ثابتاً أو قد يكون متبايناً زمنياً(<0) من سنة إلى أخرى يجعل القيمة في المستقبل أقل مما هي الآن.

Disturbance regime -**نمط الاضطرابات**

وتيرة وكثافة وأنواع اضطرابات النظم الإيكولوجية، من قبيل الحرائق، وحالات تفشي الحشرات أو الآفات، والفيضانات، وحالات الجفاف.

Diurnal temperature range -**نطاق درجات الحرارة اليومية**

الفرق بين درجة الحرارة العظمى ودرجة الحرارة الصغرى خلال فترة 24 ساعة.

Downscaling -**تقليـص النطاقات**

تقليص النطاقات هو طريقة لاشتقاق المعلومات في النطاق المحلي إلى الإقليمي (10 كم إلى 100 كم) من تحليلات نماذج أو بيانات أوسع نطاقاً وله طريقتان رئيسيتان: التقليص الديناميكي للنطاقات والتقليص التجريبي/ الإحصائي للنطاقات. وتستخدم الطريقة الديناميكية مخرجات النماذج المناخية الإقليمية، أو النماذج العالمية ذات الاستبانة المكانية المتغيرة، أو النماذج العالمية الشديدة الاستدامة. أما الطريقة التجريبية/الإحصائية فهي تقيم علاقات إحصائية تربط متغيرات الغلاف الجوي الواسعة النطاق بالمتغيرات المناخية المحلية/الإقليمية. وفي جميع الحالات، تظل نوعية المعلومات المقلصة النطاق مرتبطة ارتباطاً مهما بنوعية النموذج الدافع.

Drought- **الجفـــاف**

فترة طقس جاف بشكل غير عادي تدوم مدة طويلة تكفي للتسبب في خلل خطير في التوازن المائي. والجفاف مصطلح نسبي، ولذا فإن أي مناقشة لنقص كميات الأمطار يجب أن تشير إلى النشاط المعين ذي الصلة بكميات الأمطار والذي يكون قيد المناقشة. فعلى سبيل المثال، يؤثر نقص الأمطار أثناء موسم الزرع على إنتاج المحاصيل أو على وظيفة النظم الإيكولوجية بوجه عام (نتيجة لجفاف رطوبة التربة، الذي يسمى أيضاً الجفاف الزراعي)،

ويؤثر أثناء موسم السيح (أو الجريان) والتأثير أساساً على إمدادات المياه (الجفاف المائي). وتتأثر أيضاً التغيرات في تخزين رطوبة التربة والمياه الجوفية بحدوث زيادات في التبخر النتحي الفعلي إضافة إلى الانخفاضات في كميات الأمطار. وتعرف الفترة التي تتسم بنقص غير عادي في كميات الأمطار بأنها جفاف جوي. أما الجفاف الضخم فهو جفاف طويل الأمد إلى حد كبير، يدوم مدة أطول من المعتاد، تبلغ عادة عقداً أو أكثر.

Dynamic global vegetation model (DGVM) –**نموذج الغطاء النباتي العالمي الدينامي**

نموذج يحاكي تطور وديناميات الغطاء النباتي عبر المكان والزمان، حسبما تدفعهما التغيرات المناخية والتغيرات البيئية الأخرى.

Early warning system – **نظام الإنذار المبكر**

مجموعة القدرات اللازمة لإنتاج ونشر معلومات إنذار مناسبة التوقيت ومجدية لتمكين الأفراد والمجتمعات المحلية والمنظمات المهددة بخطر من التهيؤ للتصرف فوراً وعلى نحو ملائم للحد من إمكانية الضرر أو الخسارة.

Earth System Model (ESM) – **نموذج نظام الأرض**

نموذج متقارن للدوران العام للمحيطات والغلاف الجوي يوجد فيه تمثيل لدورة الكربون، مما يتيح التقدير التفاعلي لثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي أو الانبعاثات المتناسبة. وقد يتضمن أيضاً عناصر إضافية (مثال، كيمياء الغلاف الجوي، والصفحات الجليدية، والغطاء النباتي الدينامي، ودورة النيتروجين، النماذج الحضرية أو المحصولية).

Ecophysiological process – **عملية إيكولوجية فسيولوجية**

عمليات تستجيب فيها الكائنات الحية الفردية باستمرار لتقلبية البيئة

أو تغيّرها، من قبيل تغيّر المناخ، على نطاق مجهري عادة أو على نطاق الأعضاء الفرعية للكائنات. وتدعم الآليات الإيكولوجية الفسيولوجية قدرة الكائنات الفردية على تحمل الإجهاد البيئي، وتتألف من مجموعة واسعة من الاستجابات التي تحدد أقصى درجات تحمل الأفراد للأحوال البيئية. وقد يتسع نطاق الاستجابات الإيكولوجية الفسيولوجية بحيث تتحكم في النطاقات الجغرافية للأنواع.

approach Ecosystem- نهج النظام الإيكولوجي

استراتيجية الإدارة المتكاملة للأراضي والمياه والموارد الحية تعزز صيانتها واستخدامها المستدام على نحو منصف. ويستند نهج النظام الإيكولوجي إلى تطبيق منهجيات علمية تركز على مستويات التنظيم البيولوجي، التي تضم الهياكل والعمليات والوظائف الأساسية للكائنات الحية وبيئتها والتفاعلات بين الكائنات الحية وبيئتها. ويسلم هذا النهج بأن البشر يشكلون، بتنوعهم الثقافي، جزءاً لا يتجزأ من نظم إيكولوجية كثيرة. ويتطلب نهج النظام الإيكولوجي إدارة تكيّفية للتعامل مع الطابع المعقد والدينامي للنظم الإيكولوجية وعدم توافر معرفة أو فهم كاملين للكيفية التي تعمل بها تلك النظم. أما الأهداف ذات الأولوية فهي الحفاظ على التنوع البيولوجي وعلى هيكل النظام الإيكولوجي وعمله، من أجل الحفاظ على خدمات النظم الإيكولوجية.

Ecosystem based adaptation- التكيف المستند إلى النظام الأيكولوجي

استخدام التنوع الحيوي وخدمات النظم الإيكولوجية كجزء من استراتيجية تكيّف عامة لمساعدة الاشخاص على التكيف مع تأثيرات تغيّر المناخ المعاكسة. ويستخدم التكيف المستند إلى النظام الإيكولوجي مجموعة من الفرص لإدارة النظم الإيكولوجية والحفاظ عليها وترميمها بطريقة مستدامة كي توفر الخدمات التي تمكن الأشخاص من التكيف مع آثار تغيّر المناخ.

وهدف هذا التكيف هو الحفاظ على قدرة النظم الإيكولوجية والأشخاص على الصمود وزيادة قدرتهم هذه والحد من ضعف النظم الإيكولوجية والأشخاص في مواجهة تأثيرات تغيّر المناخ المعاكسة. والأنسب هو أن يكون التكيف المستند إلى النظام الايكولوجي مدمجاً في استراتيجيات أوسع نطاقاً للتكيف والتنمية.

Ecosystem services– خدمات النظم الايكولوجية

العمليات أو الوظائف الإيكولوجية ذات القيمة النقدية أو غير النقدية للأفراد أو للمجتمع عموما وهي تقسم في ذلك إلى (i) خدمات داعمة من قبيل صيانة الإنتاجية أو التنوع البيولوجي، و (ii) خدمات الإمداد من قبيل الغذاء أو الألياف أو الأسماك، و (iii) خدمات تنظيمية من قبيل تنظيم المناخ أو تنحية الكربون، و(iv) خدمات ثقافية من قبيل السياحة أو إدراك وتقدير النواحي الروحية والجمالية.

Emergent risk – مخاطر ناشئة

مخاطر تنشأ من تفاعل ظواهر في نظام معقّد، مثل المخاطر التي تنجم عندما تؤدي تحولات جغرافية لدى السكان من البشر استجابة لتغيّر المناخ إلى زيادة ضعف وتعرض السكان في المنطقة المستقبلة لهم.

Environmental migration –الهجرة البيئية

تنطوي الهجرة البشرية على التحرك على امتداد مسافة ومدة كبيرين. أما الهجرة البيئية فهي تشير إلى هجرة البشر حيثما تلعب المخاطر البيئية أو التغيّر البيئي دوراً كبيراً في التأثير على اتخاذ قرار بالهجرة وعلى جهة المقصد. وقد تشمل الهجرة فئات متميزة من قبيل النزوح المباشر وغير الطوعي والمؤقت نتيجة لكوارث ذات صلة بالطقس؛ أو الانتقال الطوعي عندما تصبح المستوطنات والاقتصادات أقل قدرة على الاستمرار؛ أو إعادة التوطين

المخططة التي تشجع عليها إجراءات أو حوافز حكومية. وجميع القرارات المتعلقة بالهجرة هي قرارات متعددة الأسباب ومن ثم لا يجدي وصف أي تدفق لمهاجرين بأن دافعه الوحيد هو أسباب بيئية.

Eutrophication – الإثراء الغذائي

اتخام مفرط للمياه بعناصر مغذية من قبيل النيتروجين والفوسفور. وهو أحد الأسباب الرئيسية لاضمحلال جودة المياه. وأشد عرضين من أعراض الإثراء الغذائي هما نقص الأكسجين المذاب (أو نفاده) وانتشار الطحالب الضارة.

adaptation Evolutionary– التكيف التطوري

هو تغيّر، لدى سكان أو نوع، في خصائص وظيفية يحدث نتيجة لعملية انتقاء للخصائص القابلة للتوريث. ويتوقف التكيف التطوري على عوامل من قبيل قوة الانتقاء، ومدة تجدد الأجيال، ودرجة التهجين الخارجي (على العكس من التوليد الذاتي).

Exposure – التعرض

وجود أشخاص أو سبُل عيش أو أنواع أو نُظم إيكولوجية أو خدمات وموارد بيئية أو بنية تحتية أو أصول اقتصادية أو اجتماعية أو ثقافية في أماكن قد تتأثر تأثراً معاكساً.

External forcing –القسر الخارجي

يشير القسر الخارجي إلى عامل مؤثر من خارج النظام المناخي يسبب تغيراً في هذا النظام. وتعتبر حالات ثوران البراكين والتغيرات الشمسية والتغيرات البشرية المنشأ المؤدية إلى تغيرات في تركيب الغلاف الجوي والتغيّرات في استخدام الأراضي عوامل قسر خارجية.

Externalities / external costs / external benefits– **العوامل الخارجية/ التكاليف الخارجية/ الفوائد الخارجية**

تنشأ العوامل الخارجية نتيجة لنشاط بشري عندما لا يراعي تماماً المسؤولون عن النشاط آثاره على إمكانيات الإنتاج والاستهلاك الخاصة بجهات أخرى، ولا يوجد تعويض عن هذه الآثار. وعندما تكون الآثار سلبية فإنها تكون تكاليف خارجية. أما عندما تكون الآثار إيجابية فإنها تكون فوائد خارجية.

Extratropical cyclone – **إعصار خارج المدارين**

عاصفة واسعة النطاق (في حدود 1000 كم) تحدث في خطوط العرض ولها جبهات منخفضة الوسطى أو العليا ويكون ضغطها المركزي منخفضا ذات انحدارات أفقية قوية في درجة الحرارة والرطوبة.

وهي سبب رئيسي من أسباب سرعات الريح الشديدة وسقوط أمطار غزيرة لاسيما في وقت الشتاء.

F

Framework Convention on Climate Change

الاتفاقية الإطارية بشأن تغير المناخ

Food chain – سلسلة غذائية

سلسلة علاقات اغتذائية تتشكل إذا تغذت أنواع عدة ببعضها البعض.

Food security –الأمن الغذائي

الوضع الذي ينشأ عندما يملك الناس سبل الحصول المضمونة على كميات كافية من الأغذية المأمونة والمغذية من أجل نموهم الطبيعي وتطورهم وعيشهم حياة نشطة وفي صحة سليمة. وينعدم الأمن الغذائي

عند عدم توفر الأغذية أو قصور القدرة الشرائية والتوزيع غير المناسب أو استخدام الأغذية بصورة غير كافية على مستوى الأسر المعيشية.

Food web– الشبكة الغذائية

شبكة العلاقات الاغتذائية في أية مجموعة إيكولوجية تضم سلاسل غذائية عديدة مترابطة فيما بينها.

Forest – الغـــابـــة

نوع من الغطاء النباتي تغلب عليه الأشجار. ويُستخدم كثير من التعاريف لمصطلح الغابة في مختلف أنحاء العالم، مما يعكس الفوارق الشاسعة في الأحوال البيولوجية – الفيزيائية، والبنية الاجتماعية، والاقتصاد.

وتنطبق معايير محددة بموجب بروتوكول كيوتو. وللاطلاع على مناقشة

لمصطلح الغابة والمصطلحات المرتبطة به مثل التشجير وإعادة التقرير الخاص للهيئة الحكومية الدولية « التشجير وإزالة الغابات، انظر المعنية بتغير المناخ بشأن استخدام الأراضي وتغيير استخدام الأراضي والحراجة». (الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، 2000) .

Fossil fuels – الوُقود الأحفوري

وُقود أساسه الكربون ناتج عن ترسبات هيدروكربونية أحفورية شاملة للفحم، والخُثّ، والنفط، والغاز الطبيعي.

Frozen ground– الأرض المتجمدة

التربة أو الصخر اللذان يتجمد في مسامهما جزء من الماء أو كل الماء وتشمل الأرض المتجمدة التربة الصقيعية. أما الأرض التي تتعرض للتجمد والذوبان سنوياً، فتسمى بالأرض الموسمية التجمد.

G

General circulation model

نموذج الدوران العام

Glacial lake – بحيرة جليدية

بحيرة تتكون من المياه الناشئة عن ذوبان مياه نهر جليدي، وتقع إمّا أمام النهر (فتعرف باسم بحيرة جليدية أمامية)، أو على سطح النهر(فتعرف باسم بحيرة جليدية، عُلوية)، أو في باطن النهر (بحيرة جليدية داخلية)، أو في قاع النهر (بحيرة جليدية سفلية).

Glacier – النهر الجليدي

كتلة من الجليد الأرضي تتدفق إلى الأسفل بفعل جاذبية الأرض (من خلال التفكك الداخلي و/أو الانزلاق عند القاعدة)، ويكبحها الضغط الداخلي والاحتكاك عند القاعدة والجوانب. وتبقى الأنهار الجليدية نتيجة لتراكم الثلوج على ارتفاعات عالية، ويوازنها حدوث الذوبان على الارتفاعات المنخفضة أو تصريف المياه إلى البحر.

Global warming –الإحترار العالمي

يُقصد بظاهرة الاحترار العالمي زيادة تدريجية مرصودة أو مُسقطة في متوسط درجة الحرارة السطحية العالمية باعتبار ذلك إحدى عواقب التأثير الإشعاعي للانبعاثات البشرية المنشأ.

Globalization – العولمـــة

التداخل والترابط المتزايدان بين الدول على مستوى عالمي، إثر تزايد حجم

الصفقات العابرة للحدود وتنوعها لجهة السلع والخدمات ونتيجة تدفقات حرة للرأس المال العالمي، فضلاً عن انتشار أسرع وأوسع نطاقاً للتكنولوجيا والمعلومات والثقافة.

Governance – الإدارة الرشيدة

تغيرت الطريقة التي يفهم بها معنى الحكم استجابة للتغيرات الاجتماعية والاقتصادية والتكنولوجية التي حدثت خلال العقود الأخيرة. وهناك تحول مناظر من الحكم المحدد على وجه الدقة بالدولة – القومية إلى مفهوم جامع للإدارة الرشيدة، وهو مفهوم أكثر شمولاً يدرك ويعترف بمساهمات مختلف مستويات الحكم (العالمية أو الدولية أو الإقليمية أو المحلية)، وأدوار القطاع الخاص والجهات الفاعلة غير الحكومية والمجتمع المدني.

Greenhouse effect – ظاهرة الدفيئة

تمتص غازات الدفيئة على نحو فعال الإشعاع الحراري دون الأحمر الذي ينطلق من سطح الأرض، ومن الغلاف الجوي نفسه بسبب الغازات هذه، ومن السحب. وينبعث إشعاع الغلاف الجوي في جميع الاتجاهات، بما في ذلك إلى الأسفل نحو سطح الأرض. وهكذا تختزن غازات الدفيئة الحرارة داخل نظام السطح – التروبوسفير. ويطلق على ذلك اسم ظاهرة الدفيئة. ويقترن الإشعاع الحراري دون الأحمر بقوة مع درجة حرارة الغلاف الجوي على الارتفاع الذي ينبعث عنده. وتنخفض درجة الحرارة بصورة مطردة بصفة عامة مع ازدياد الارتفاع في التروبوسفير. أما من الناحية العملية، فإن الإشعاع دون الأحمر الذي ينبعث في الفضاء ينشأ عن ارتفاع يبلغ عنده متوسط درجة الحرارة – 19 درجة مئوية مما يتوازن مع صافي الإشعاع الشمسي الوارد، بينما تظل درجة حرارة سطح الأرض مرتفعة بصورة أكبر بكثير حيث تبلغ في المتوسط + 14 درجة مئوية. وتفضي أية زيادة في تركيز غازات الدفيئة إلى تزايد عدم الشفافية تحت الحمراء للغلاف الجوي، ومن

ثم إلى الإشعاع الفعال في الفضاء من ارتفاع أعلى عند درجة حرارة أدنى. ويؤدي ذلك إلى حدوث تأثير إشعاعي، وهو اختلال يعزز عامل الدفيئة، ويُدعى ظاهرة الدفيئة المعززة.

غازات الدفيئة – Greenhouse gas

غازات الدفيئة هي المكونات الغازية للغلاف الجوي سواء كانت طبيعية أم بشرية المنشأ وهي تمتص وتطلق الإشعاع عند أطول موجات محددة في نطاق طيف الإشعاع الحراري دون الأحمر الذي يطلقه كل من سطح الأرض والغلاف الجوي ذاته، والسحب. وتؤدي هذه الخاصية إلى تكون ظاهرة الدفيئة. وغازات الدفيئة الرئيسية الموجودة في الغلاف الجوي هي بخار الماء (H_2O) وأكسيد النيتروز (N_2O) وثاني أكسيد الكربون (CO_2) والميثان (CH_4) والأوزون (O_3) .وبالإضافة إلى ذلك، يوجد في الغلاف الجوي عدد من غازات الدفيئة البشرية المنشأ كلياً، مثل الهالوكربونات وغيرها من المواد المحتوية على الكلور والبروم التي يتم معالجتها بموجب بروتوكول مونتريال. وبالإضافة إلى ثاني أكسيد الكربون وأكسيد النيتروز والميثان، يتناول بروتوكول كيوتو سادس فلوريد الكبريت والمركبات الكربونية الفلورية الهيدرولوجية (HFCs) والمركبات الكربونية الفلورية المشبعة (PFCs) .

الإنتاج الأوّلي الإجمالي – Gross Primary Production

إجمالي الكربون الذي تثبته النبتة من خلال عملية التمثيل الضوئي.

H

Habitat

الموئل أو الموطن

الموقع الذي يعيش فيه نبات أو حيوان ما أو مجموعة من الكائنات الحية الوثيقة الارتباط بعضها ببعض.

Hadley Circulation – حركة دوران هادلي

خلية انقلابية مباشرة في الغلاف الجوي مدفوعة حرارياً تتألف من تدفق قطبي الاتجاه في طبقة التروبوسفير العليا، وتجعل الهواء ينخسف داخل الأعاصير المضادة شبه الاستوائية، وهي تدفق عائد كجزء من الرياح التجارية القريبة من السطح مصحوب بارتفاع الهواء قرب خط الاستواء فيما يسمى بمنطقة التلاقي المشتركة بين المدارات (الرياح التجارية والهطول الغزير).

Heterotrophic respiration – التنفس المتباين التغذية

تحول مواد عضوية إلى ثاني أكسيد كربون بفعل كائنات مجهرية حية أخرى غير النباتات.

Human system – نظام بشري

أي نظام تلعب فيه المنظمات البشرية دوراً رئيسياً. وكثيراً، ولكن ليس دائماً، ما يكون هذا المصطلح لكلمة «مجتمع» أو «نظام اجتماعي» مثل النظام الزراعي، والنظام السياسي، والنظام التكنولوجي والنظام الاقتصادي.

Hydrological Cycle – (دورة الماء ، الدورة الهيدرولوجية)

الدورة التي يتبخر فيها ماء المحيطات وسطح اليابسة، وينتقل فوق الأرض في دوران الغلاف الجوي في شكل بخار الماء الذي يتكثف سحباً، ويتساقط من جديد مطراً أو ثلجاً تعترضه الأشجار والغطاء النباتي، ويوفر جرياناً على سطح الأرض، ويتسرب إلى التربة، ويغذي المياه الجوفية، ويصب في الأنهار، ويتدفق أخيراً إلى المحيطات ليتبخر من جديد ويشار إلى مختلف النظم التي تشارك في دورة الماء، عادة، باسم النظم الهيدرولوجية.

Hydrosphere –الغلاف المائي الهيدروسفير

عنصر النظام المناخي المؤلف من السطح السائل والمياه الموجودة تحت سطح الأرض، مثل المحيطات، والبحار، والأنهار، وبحيرات المياه العذبة، والمياه الجوفية، وغير ذلك.

I

Ice cap

القلنسوة الجليدية

كتلة جليدية على شكل قبة، تغطي عادة منطقة مرتفعة أصغر بكثير من نطاق الصفيحة الجليدية.

Ice sheet – الصفيحة الجليدية

كتلة من الجليد الأرضي عمقها يكفي لتغطية معظم تضاريس القاعدة الصخرية التي تقع تحتها لدرجة أن شكل الصفيحة يتحدد بالدرجة الأولى من خلال ديناميتها الداخلية (أي تدفق الجليد أثناء تفككه داخلياً و/أو انزلاقه عن قاعدته). والصفيحة الجليدية تنساب نحو الخارج من هضبة وسطى عالية ذات انحدار سطحي متوسطه صغير. وتنحدر الحواف عادة بصورة حادة، وينصرف الجليد من خلال المجاري الجليدية سريعة التدفق أو من خلال الأنهار الجليدية التي تشكل منافذ، وينصرف الجليد في بعض الحالات إلى البحار أو إلى الأجرف الجليدية الطافية على سطح البحر. وفي العالم الحديث، لا توجد إلا ثلاث صفائح جليدية كبيرة، واحدة في جرينلاند، واثنتان في أنتاركتيكا هما الصفيحة الجليدية في شرق أنتاركتيكا والصفيحة الجليدية في غرب أنتاركتيكا (TAM) اللتان تفصل بينهما سلسلة الجبال العابرة، لأنتاركتيكا وقد وجدت صفائح أخرى في العصور الجليدية.

Ice shelf – الجـرف الجليــدي

صفيحة جليدية طافية ذات كثافة كبيرة تمتد من الساحل (وهو عادة ذو امتداد أفقي كبير بسطح مستو أو منحدر بصورة سلسة) وهو غالباًامتداد للصفائح الجليدية في اتجاه البحر. وتكاد تنحصر جميع الصفائح الجليدية في المنطقة القطبية الجنوبية.

Indigenous peoples – **الشعوب الأصلية**

لا يوجد تعريف للشعوب الأصلية يلقى قبولاً عالمياً. أما الخصائص المشتركة التي تطبق في أحيان كثيرة في إطار القانون الدولي ومن قبل وكالات الأمم المتحدة لتمييز الشعوب الأصلية فتضم ما يلي: الإقامة أو

الارتباط بموئل جغرافي تقليدي واضح المعالم، أو بأراضي الأجداد، ومواردها الطبيعية؛ والمحافظة على الهويتين الثقافية والاجتماعية، وعلى مؤسسات اجتماعية واقتصادية وثقافية وسياسية منفصلة عن المجتمعات والثقافات السائدة أو المسيطرة؛ والتحدر من مجموعات سكانية موجودة في منطقة معلومة وذلك في أغلب الأحيان قبل إنشاء الدول أو الأقاليم الحديثة وترسيم الحدود الحالية؛ وتعريفهم لأنفسهم على أنهم ينتمون إلى مجموعة ثقافية أصلية مميزة، ورغبتهم في التمسك بتلك الهوية الثقافية.

Infectious disease –**الأمراض المعدية**

أي مرض تسببه العوامل الجرثومية ويمكن أن ينتقل من شخص إلى شخص آخر أو من الحيوان إلى الإنسان. وقد يحدث ذلك بالتماس البدني المباشر أو بلمس شيء علقت به كائنات حية مُعدية، أو عن طريق حامل للمرض، أو المياه الملوثة أو بتناثر قطيرات تحمل العدوى في الجو نتيجة للسعال أو الزفير.

Infrastructure –**البنية الأساسية**

هي المعدات الأساسية والمرافق والمؤسسات الإنتاجية والمنشآت والخدمات التي لا غنى عنها بالنسبة لتطور وعمل ونمو منظمة أو مدينة أو بلد.

Irrigation water-use efficiency – **كفاءة استخدام المياه في الري**

إن كفاءة استخدام المياه في الري هي كمية الكتلة الأحيائية أو مردود البذور

لكل وحدة ري من المياه المستخدمة وهي تساوي عادة طناً واحداً من المادة الجافة لكل 100 مم من المياه المستخدمة.

Isostacy -التضاغط أو توازن القشرة الأرضية

يشير مصطلح توازن القشرة الأرضية إلى الطريقة المرنة واللذجة التي تستجيب بها القشرة الأرضية للتغيرات في الحمولات السطحية. وعندما تتغير حمولة القشرة الأرضية و/ أو غلاف اليابسة نتيجة تغيرات في كتلة الجليد الأرضي أو كتلة المحيطات أو الترسبات أو التحات أو الجبال، ينتج عن ذلك ضبط للتوازن الرأسي للقشرة الأرضية وذلك لتحقيق توازن الحمولة الجديدة.

K

Kyoto Protocol

بروتوكول كيوتو

اعتمد بروتوكول كيوتو الملحق باتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC) في الدورة الثالثة لمؤتمر الأطراف (COP) الاتفاقية الذي عقد في كيوتو باليابان، في عام 1997 . ويشمل البروتوكول تعهدات ملزمة قانوناً بالإضافة إلى تلك التعهدات الواردة في الاتفاقية (UNFCCC). وقد وافقت البلدان المدرجة في المرفق باء الملحق بالبروتوكول (معظم بلدان منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي والبلدان التي تمر اقتصاداتها بمرحلة انتقالية) على تخفيض انبعاثاتها من غازات الدفيئة البشرية المنشأ (ثاني أكسيد الكربون، والميثان، وأكسيد النيتروز، والهيدروفلوروكربون، والهيدروكربون المشبع بالفلور وسداسي فلوريد الكبريت) بنسبة خمسة في المائة على الأقل دون مستويات عام 1990 وذلك خلال فترة الالتزام الممتدة من 2008 إلى2012 . ودخل بروتوكول كيوتو حيز النفاذ في 16 شباط/فبراير 2005 .

L

Land use and Land use change

استخدام الأراضي وتغير استخدام الأراضي

استخدام الأراضي مصطلح يشير إلى مجموع ترتيبات، وأنشطة استخدام الأراض والمدخلات التي توضع موضع التنفيذ في نوع معين من الغطاء الأرضي(مجموعة من الأفعال البشرية). ويستعمل هذا المصطلح أيضاً بمعنى الأغراض الاجتماعية والاقتصادية المنشودة من إدارة الأراضي (مثل الرعي واستخراج الأخشاب وصيانتها) .أما مصطلح تغير استخدام الأراضي فيشير إلى تغير في استخدام أو إدارة الإنسان للأراضي قد يُفضي إلى تغير في الغطاء الأرضي. وقد يؤثر الغطاء الأرضي والتغير في استخدام الأراضي على الألبيدو، والتبخر – النتح، والمصادر، ومصارف غازات الدفيئة أو غير ذلك من خصائص النظام المناخي، ولذلك قد يولد تأثيراً إشعاعياً و/أو تأثيرات أخرى على المناخ على الصعيد المحلي أو العالمي.

Landfill – مطمر نفايات

هو موقع مطمرّ نفايات صلبة حيث يتم التخلص من النفايات على مستوى الأرض أو فوقها أو تحتها. وهو محدود بالمناطق المخصصة للنفايات مع مواد تغطية خاملة، ومراقبة للنفايات التي يتم التخلص منها وإدارة للسوائل والغازات الناتجة من تحلل النفايات.

Lapse rate –معدل التفاوت

معدل التبدل الذي يشهده أي متغير في الغلاف الجوي، وعموماً ما يكون درجات الحرارة، تبعاً للارتفاع. ويعتبر معدل التفاوت إيجابياً عندما يتناقص هذا المتغير تبعاً للارتفاع.

Latent heat flux –التدفق الحراري الكامن

التدفق الحراري المتصاعد من سطح الأرض نحو الغلاف الجوي، وهو مرتبط بتبخر أو تكثف بخار الماء على السطح، ويشكل عنصراً من عناصر ميزانية الطاقة السطحية.

Leaching – غسل التربة

إزالة عناصر التربة أو المواد الكيميائية المستخدمة بواسطة حركة المياه في التربة.

M

Marker Scenario

السيناريو الدالّ:

سيناريو نُشر أصلاً في شكل مشروع سيناريو على موقع التقرير الخاص الإلكتروني على الشبكة ليمثل أسرة معينة من السيناريوهات. واستند اختيار السيناريوهات الدّالة إلى القياسات الكمية الأولية التي تعبر أفضل تعبير عن خط الأحداث، وإلى سمات نماذج محددة. ولا تعد السيناريوهات الدّالة أرجح من السيناريوهات الأخرى، ولكن فريق كتابة التقرير الخاص يعتبرها موضحة لخط معين من الأحداث. وقد أورد ناكيسينوفيتشوسوارت (2000) السيناريوهات الدالة في شكل منقح. وخضعت هذه السيناريوهات لأدق الفحوص من جانب فريق الكتابة كله ومن خلال العملية المفتوحة لإعداد التقرير الخاص. واختيرت السيناريوهات أيضاً لتوضيح الفئتين الأخريين من السيناريوهات.

Mass balance (of glaciers، ice caps or ice sheets) – توازن الكتل(كتل الأنهار الجليدية، أو القلنسوة الجليدية، أو الصفائح الجليدية)

هو توازن بين الكتلة التي تدخل في الجسم الجليدي (التراكم) والكتلة التي يفقدها (اضمحلال الكتل أو انشعاب الجبال الجليدية). وتضم مصطلحات توازن الكتل ما يلي:

التوازن الكتلي المعيّن: صافي الزيادة أو النقصان في حجم الكتلة خلال دورة هيدرولوجية في نقطة معينة على سطح نهر جليدي. إجمالي التوازن الكتلي (للنهر الجليدي): التوازن الكتلي المعين المدمج مكانياً على كامل مساحة النهر الجليدي، ما يوازي إجمالي الكتلة التي يخسرها النهر الجليدي أو يكتسبها

خلال دورة هيدرولوجية. متوسط التوازن الكتلي المعين: إجمالي التوازن الكتلي في كل وحدة من وحدات مساحة النهر الجليدي. وإذا كان السطح معيناً (توازن كتلي سطحي معين، وما إليه) لا يؤخذ عندئذ بمساهماًت التدفق الجليدي، وإلا ضم التوازن الكتلي مساهماًت التدفق الجليدي وانشعاب الجبل الجليدي. والتوازن الكتلي السطحي المعين يكون إيجابياً في مساحة التراكم وسلبياً في مساحة الاضمحلال.

الأهداف الإنمائية للألفية – Millennium Development Goals (MDGs)

مجموعة أهداف اتفق عليها في قمة الأمم المتحدة للألفية التي عقدت في عام 2000، وهي أهداف ذات أطر زمنية محددة وقابلة للقياس، القصد منها مكافحة الفقر، والجوع، والمرض، والأمية، والتمييز ضد المرأة، وتردي البيئة.

المستنقعات – Mires

أراضٍ رطبة يتراكم فيها الخث. انظر أيضاً السبخة/ المستنقع.Bog

التخفيف – Mitigation

تغيير واستبدال تكنولوجيات للحد من الموارد التي تشكل مدخلات وتقليل الانبعاثات لكل وحدة من المخرجات. ورغم أن سياسات اجتماعية واقتصادية وتكنولوجية عديدة يمكن أن تحدث انخفاضاً في الانبعاثات، إلا أن التخفيف، في سياق تغير المناخ، يعني تطبيق سياسات للحد من انبعاثات غازات الدفيئة وتعزيز مصارف امتصاصها.

N

Net ecosystem production (NEP)

صافي إنتاج النظام الإيكولوجي

صافي إنتاج النظام الإيكولوجي هو الفرق بين صافي الإنتاج الأولي(NPP) والتنفس المتباين التغذية (الناجم في الغالب عن تحلل مواد عضوية ميتة) لذلك النظام الإيكولوجي ضمن المنطقة ذاتها.

Net primary production (NPP) – **صافي الإنتاج الأولي**

يساوي صافي الإنتاج الأولي الإنتاج الأولي الإجمالي ناقصاً الكربون المفقود نتيجة التنفس الذاتي التغذية، أي مجموع عمليات الأيض والاتزان لنمو النبتة والمحافظة عليها ضمن المنطقة ذاتها.

No-regrets policy – **سياسة لا يُندم عليها**

سياسة من شأنها أن تؤدي إلى جني منافع اجتماعية و/ أو اقتصادية صافية سواء حدث تغير مناخي بشري المنشأ أو لم يحدث.

Non-governmental Organisation (NGO) – **منظمة غير حكومية**

مجموعة أو رابطة لا تستهدف الربح، منظمة خارج إطار البنى السياسية المؤسسية لبلوغ أهداف اجتماعية و/أو بيئية معينة،أو لخدمة جمهور معين.

Non-linearity – **اللاخطية**

اسم يطلق على أيه عملية عندما لا تكون هناك علاقة تناسبية بسيطة بين السبب والنتيجة. ويتضمن النظام المناخي عمليات لاخطية كثيرة من هذا القبيل، ينجم عنها نظام يمكن أن يكون مساره معقد للغاية.

Non-market impacts -تأثيرات غير سوقية

التأثيرات التي تطال النظم الإيكولوجيةecosystems أو الرفاة البشري، ولكن ليس من اليسير التعبير عنها بمبالغ نقدية، ومن الأمثلة عليها تزايد خطر الوفاة باكراً، أو تزايد عدد الناس الذين يواجهون خطر الجوع.

O

Ozone (O_3) -الأوزون

الأوزون، الذي يتكون من ثلاث ذرات من الأكسجين(O_3) هو أحد المكونات الغازية للغلاف الجوي. وفي التروبوسفير، مكون الأوزون بصورة طبيعية وعن طريق التفاعلات الكيميائية الضوئية التي تشمل غازات ناشئة عن الأنشطة البشرية (الضباب الدخاني). وفي التروبوسفير، يعمل الأوزون عمل غاز من غازات الدفيئة. وينشأ أوزون الستراتوسفي عن التفاعل بين الإشعاع الشمسي فوق البنفسجي وبين جزيئات الأوكسجين (O_2) ويؤدي أوزون الستراتوسفير دوراً رئيسياً في التوازن الإشعاعي للستراتوسفير. ويبلغ تركيزه حده الأقصى في طبقة الأوزون.

P

Peat - الخــث

يتكون الخث من النباتات الميتة عموماً كطحالب الإسفنجوم التي تحللت جزئياً بسبب بقائها دائماً تحت سطح الماء وبوجود مواد حافظة مثل الأحماض الدبالية.

Peatland -**أرض الخــث**

أرض رطبة عادة كالمستنقع تشهد تراكماً بطيئاً للخث.

Permafrost -**التربة الصقيعية**

أرض (تربة أو صخر بما يضمّان من جليد ومواد عضوية) تظل درجة حرارتها أقل من درجة الصفر لسنتين متتاليتين على الأقل.

Phenology- **الفينولوجيا**

دراسة الظواهر الطبيعية في النظم البيولوجية، هذه الظواهر التي يتكرر حدوثها بصورة دورية (مراحل التطور والهجرة مثلاً) وعلاقتها بالمناخ وبالتغيرات الفصلية.

Photosynthesis- **التمثيل الضوئي**

عملية تمتص بها النباتات الخضراء والطحالب وبعض البكتيريا ثاني أكسيد الكربون من الهواء (أو من البيكربونات في الماء) لتكوين الكربوهيدرات. وهناك عدة طرائق للتمثيل الضوئي مصحوبة باستجابات متفاوتة لتركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.

Policies -**السياسات**

في لغة اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC) السياسات تعتمدها و/ أو تقتضي اعتمادها الحكومة بالاشتراك غالباً مع قطاعي الأعمال والصناعة داخل بلدها، أو بالاشتراك مع بلدان أخرى، لتسريع إجراءات التخفيف والتكيف. ومن الأمثلة على السياسات، ضريبة الكربون أو غيرها من ضرائب الطاقة، ومقاييس كفاءة السيارات في استهلاك الوقود، وما إلى ذلك. وتشير السياسات المشتركة أو المنسقة أو المنسجمة إلى السياسات التي تعتمدها الأطراف على نحو مشترك.

Proxy -بيانات غير مباشرة

المؤشر المناخي غير المباشر هو سجل محلي يتم تفسيره باستخدام المبادئ الفيزيائية والفيزيائية البيولوجية لتمثيل مجموعة من التغيرات المرتبطة بالمناخ في الماضي. ويُشار إلى البيانات المرتبطة بالمناخ المستمدة بهذه الطريقة بأنها بيانات غير مباشرة. ومن أمثلة البيانات غير المباشرة سجلات تحليل غبار الطلع وحلقات جذوع الأشجار والسمات المميزة للشعاب المرجانية ومختلف البيانات المستقاة من عينات من جوف الجليد.

R

Radiative forcing -التأثير الإشعاعي

التأثير الإشعاعي هو تغير صافي الإشعاع تغيراً يساوي الإشعاع النازل مطروحاً منه الإشعاع الصاعد (يقاس بالواط/ المتر المربع، و/م)2 في التروبوبوز نتيجة لتغير في مُسببِ خارجي من مسببات تغير المناخ مثل التغير في تركيز ثاني أكسيد الكربون أو في الإشعاع الشمسي. ويُحسب التأثير الإشعاعي بتثبيت جميع خصائص التروبوسفير عند قيمها غير المضطربة، وبعد الأخذ في الاعتبار تكيف درجات حرارة الستراتوسفير من جديد، إذا اضطربت، مع التوازن الإشعاعي – الديناميي. وإذا لم يؤخذ في الاعتبار أي تغير في درجات حرارة الستراتوسفير، يسمى التأثير الإشعاعي تأثيراً فورياً. ولأغراض هذه الورقة الفنية، يعرف التأثير الإشعاعي كذلك بأنه التغير بالنسبة إلى عام 1750، ويشير إلى متوسط للقيمة العالمية والسنوية ما لم يذكر خلاف ذلك.

Rangeland- المراعـــي

الأراضي المعشوشبة وأراضي الجنيبات والسافإنا والتندرا التي لا تدخل عليها أية تحسينات.

Reforestation -**إعادة التشجير**

زراعة غابات على أراض وجدت فيها غابات من قبل ولكنها تحولت إلى استخدامات أخرى. وللاطلاع على مناقشة لمصطلح الغابة وما يتصل بها من مصطلحات، مثل التشجير وإعادة التشجير، وإزالة الغابات.

Region -**الإقليـــم**

منطقة تتميز بسمات جغرافية ومناخية محددة. ويتعرض مناخ الإقليم لتأثيرات على المستويين الإقليمي والمحلي مثل الطوبوغرافيا وخصائص استخدام الأراض والبحيرات وما إليها، فضلاً عن التأثيرات البعيدة من أقاليم أخرى.

Reservoir – **خزان، مستودع**

مكان طبيعي أو مصطنع لتخزين المياه مثل البحيرات أو البرك أو مستودعات المياه الجوفية التي يمكن سحب المياه منها لأغراض مثل الري أو لتوفير إمدادات المياه.

Resilience -**المرونة**

هي قدرة نظام اجتماعي أو إيكولوجي على استيعاب الاضطرابات والاحتفاظ في الوقت ذاته بنفس البنية وطرق العمل الأساسية، والقدرة على التنظيم الذاتي، والقدرة على التكيف مع الإجهاد والتغيير.

Respiration -**التنفس**

العملية التي تحول عن طريقها الكائنات الحية المادة العضوية إلى ثاني أكسيد الكربون لإطلاق الطاقة واستهلاك الأوكسجين.

Runoff – جريـــان

ذلك الجزء من الهطول الذي لا يتبخر ولا ينتح، لكنه يتدفق على سطح الأرض ويعود إلى المجاري والمجمعات المائية.

Salinisation –التملـــح

تراكم الأملاح في التربة.

Saltwater intrusion– اقتحام الماء المالح،طغيان الماء المالح

إزاحة المياه السطحية العذبة أو المياه الجوفية العذبة بفعل تقدم المياه المالحة لكونها أشد كثافة من تلك المياه. ويحدث ذلك عادة في المناطق الساحلية أو عند مصاب الأنهار بسبب انخفاض التأثير الأرضي (إما إثر تقلص الجريان وتغذية المياه الجوفية ذات الصلة بذلك، على سبيل المثال، وإما إثر الإفراط في سحب المياه من مستودعات المياه الجوفية) أو بسبب ازدياد التأثير البحري (الارتفاع النسبي في مستوى سطح البحر، على سبيل المثال)

Savanna –السافانا

أرض معشوشبة أو أحراج مدارية أو شبه مدارية أو وحدات أحيائية مع جنيبات (شجيرات) متناثرة أو أشجار فردية أو غطاء واسع الأشجار، كلها تتميز بمناخ جاف (قاحل أو شبه قاحل أو شبه رطب)

Scenario – سيناريو

وصف معقول، وفي أغلب الأحيان مبسط، للطريقة التي قد يتطور بها المستقبل استناداً إلى مجموعة افتراضات متجانسة ومتسقة داخلياً بشأن القوى المحركة والعلاقات الرئيسية. وقد تُستمد السيناريوهات من الإسقاطات، ولكنها تستند عادة إلى معلومات إضافية من مصادر أخرى، وتقترن في بعض الأحيان بوصف قصصي.

Scenario family – **أسرة سيناريوهات:**

سيناريوهات تتشابه في سردها خط أحداث التغير الديمغرافي والاجتماعي والاقتصادي والفني. وتوجد أربع أسر من السيناريوهات في مجموعة سيناريوهات التقرير الخاص هي : ألف 1، وألف 2، وباء 1، وباء 2

Illustrative Scenario – **السيناريو التوضيحي:**

سيناريو يوضح كل فئة من فئات السيناريوهات الست الواردة في الملخص لصانعي السياسات الذي وضعه ناكيسينوفيتش وسوارت (2000). وتشمل هذه الفئات أربعة سيناريوهات دالة منقحة لفئات السيناريوهات ألف 1 باء، وألف 2، وباء 1، وباء 2، وسيناريوهين إضافيين لفئة سيناريوهات الوقود الأحفوري المركز A1FI و فئة سيناريوهات الوقود غير الأحفوريA1T وجميع فئات السيناريوهات سليمة . وصحيحة بنفس الدرجة.

Sea ice –**الجليد البحري**

أي شكل من أشكال الجليد الموجود في البحار والناشئ عن تجمد مياهها. وهو إما قطعة جليدية غير متواصلة (الطوَّف الجليدي المسطح) تحركها الرياح والتيارات على سطوح المحيطات (كتل جليدية طافية)، أو صفيحة جليدية ساكنة ملتصقة بالشاطئ (الجليد الملاصق لليابسة).

Sea–ice biome –**الوحدة الأحيائية في الجليد البحري**

هي الوحدة التي تشكل من جميع الكائنات البحرية التي تعيش في الجليد البحري العائم (ماء البحر المتجمد) أو فوقه في المحيطات القطبية.

Sea level change/Sea level rise -**تغير مستوى سطح البحر/ ارتفاع مستوى سطح البحر**

يمكن أن يتغير مستوى سطح البحر على النطاقين العالمي والمحلي نتيجة:

«1» حدوث تغيرات في شكل أحواض المحيطات، «2» وتغيرات في إجمالي ، الكتلة المائية، «3» وتغيرات في كثافة المياه. والعوامل التي تؤدي إلى ارتفاع مستوى سطح البحر في حال الاحترار العالمي تشمل الزيادات في إجمالي كتلة المياه المكونة جراء ذوبان الثلج والجليد الأرضيين، والتغيرات في كثافة المياه جراء زيادة في درجات حرارة مياه المحيطات، والتغيرات في الملوحة. ويحدث ارتفاع نسبي في مستوى سطح البحر عند حدوث زيادة محلية في مستوى المحيط بالنسبة إلى الأرض، وهذا قد يعزى إلى ارتفاع مستوى المحيطات و/ أو انخفاض في مستوى الأرض.

Sea –level equivalent (SLE) - **تكافؤ مستوى سطح البحر**

تغير في المنسوب الإجمالي لسطح البحر يحدث عند إضافة كمية من الماء أو الجليد إلى المحيطات أو إزالتها.

Semi-arid regions-**المناطق شبه القاحلة**

المناطق التي تشهد هطولاً متدنياً، لا تتمتع بإنتاج عال وعادة ما تصنف المعترف به «متوسط التدني » ضمن أراضي المراعي. أما مفهوم بشكل عام فيعني هطولاً يتراوح بين 100 و 250 مم في السنة الواحدة.

Sensitivity- **الحساسية**

مدى تأثر النظام تأثراً ضاراً أو مفيداً نتيجة تقلبية المناخ أو تغيره. وقد يكون الأثر مباشراً (كحدوث تغير في غلة المحاصيل إثر تغير في متوسط درجات الحرارة أو نطاقها أو تقلبيتها) أو غير مباشر(كحدوث أضرار ناجمة عن زيادة تواتر الفيضانات الساحلية بسبب ارتفاع مستوى سطح البحر)

Sequestration- **تنحية الكربون**

تخزين الكربون في مستودعات أرضية أو بحرية. وتشمل التنحية البيولوجية الإزالة المباشرة لثاني أكسيد الكربون CO_2 من الغلاف الجوي من خلال تغير استخدام الأراضي، والتشجير، وإعادة التشجير، وتخزين الكربون في مدافن القمامة والممارسات التي تعزز وجود كربون التربة في الزراعة.

Silviculture -**الحراجة**

زراعة الغابات وتنميتها ورعايتها.

Sink - **بالوعة، مصرف**

أية عملية أو أنشطة أو آلية تزيل غازاً من غازات الدفيئة أو هباءً من الأهباء الجوية أو أحد سلائف غاز من غازات الدفيئة أو هباءً جوياً من الغلاف الجوي.

Snow pack -**التراكم الثلجي**

التراكم الفصلي للثلوج البطيئة الذوبان.

Snow water equivalent -**المكافئ المائي للثلج**

مقدار/ حجم المياه المكافئ المتولد عند تذويب كتلة محددة من الثلج أو الجليد.

Soil moisture -**رطوبة التربة**

الماء المخزن في التربة أو على سطح الأرض والمتاح للتبخر.

Source -**المصدر**

لفظ المصدر يشير في معظم الأحيان إلى أي عملية أو نشاط أو آلية تطلق غازاً من غازات الدفيئة أو هباءً من الأهباء الجوية، أو أحد سلائف غازات الدفيئة

أو الأهباء الجوية في الغلاف الجوي. ويمكن أن يشير هذا اللفظ أيضاً إلى مصدر من مصادر الطاقة، على سبيل المثال.

النطاقات المكانية والزمنية – Spatial and temporal scales

قد يتفاوت المناخ على نطاقات مكانية وزمنية واسعة. وقد تتراوح النطاقات المكانية بين محلية (أقل من 100 000 كيلومتر مربع)، وإقليمية (بين 100 000 و 10 ملايين كيلومتر مربع) وقارية (من 10ملايين إلى 100 مليون كيلومتر مربع). وقد تتراوح النطاقات الزمنية بين موسمية وجيولوجية (تبلغ مئات الملايين من الأعوام).

سيناريوهات التقرير الخاص – SRES scenarios

سيناريوهات التقرير الخاص هي سيناريوهات الانبعاثات التي وضعها ناكيسينوفيتش وسوارت (2000) وتستخدم هي وسيناريوهات أخرى كأساس لبعض الإسقاطات المناخية الواردة في تقرير التقييم الرابع. وتساعد المصطلحات التالية على تحسين فهم هيكل مجموعة سيناريوهات التقرير الخاص وكيفية استخدامها.

الإقليم المصدري – Source Region

الإقليم المصدري هو المنطقة التي تنشأ فيها الكتل الهوائية والذي يكسبها خصائص حرارية ورطوبة متجانسة تتميز بها.

درجة حرارة سطح البحر – Sea surface temperature (SST)

يُعنى بدرجة حرارة سطح البحر مجموع درجات حرارة السوائل تحت سطح البحر مباشرة أي في الأمتار القليلة العليا من المحيط، وتقاس بواسطة السفن والمحطات الطافية الغاطسة والمحطات العائمة المنساقة. وتم اعتباراً من

الأربعينات من القرن الماضي التحول من القياس بواسطة السفن، باستعمال الدلو، إلى جمع عينات من الماء

الذي تسحبه المحركات. ويستخدم أيضاً القياس بواسطة السائل لتحديد حرارة الغشاء السطحي (الطبقة العليا، وسمكها جزئ من المليمتر) كما تستخدم لهذا الغرض الأشعة دون الحمراء أو السنتيمتر الأعلى أو الموجات المتناهية الصغر ولكن لابد من تعديلها كي تتوافق مع درجات حرارة السوائل.

Storyline – **خط الأحداث:**

وصف سردي للسيناريو (أو لأسرة من السيناريوهات) يبرز السمات الأساسية للسيناريو والعلاقات بين القوى الدافعة الرئيسة وحركة تطورها.

Stakeholder – **صاحب الشأن المصلحة**

شخص أو منظمة ممن لهم مصلحة مشروعة في مشروع أو كيان، أو ممن قد يتأثرون بإجراء محدد أو سياسة محددة.

Storm surge – **عرام العواصف**

الزيادة المؤقتة في ارتفاع البحر في مكان معين من جراء الأحوال الجوية المتطرفة (انخفاض الضغط الجوي و/أو الرياح العنيفة). ويعرف عرام العواصف بأنه القدر الزائد فوق المستوى المتوقع من تغير المد والجزر وحدة في ذلك الوقت وفي ذلك المكان.

Storm tracks – **مسارات العواصف**

مصطلح استعمل في الأصل للإشارة فقط إلى مسارات نظم الطقس الإعصاري الفردية، ولكنه يشير اليوم إلى المناطق التي تحدث فيها المسارات الرئيسية للاضطرابات فوق المدارية، بوصفها سلسلة من أنظمة ضغط متدنية (إعصاريه) وعالية (إعصاريه مضادة).

Storyline – **خط الأحداث**

وصف سردي للسيناريو (أو لأسرة من السيناريوهات) يبرز السمات الأساسية للسيناريو، والعلاقات بين القـــوى الدافعة الرئيسية وحركة تطورها.

Subsidy – **الإعانة**

مدفوعات مباشرة تؤديها الحكومة أو خفض ضريبي لطرف خاص من أجل تنفيذ ممارسة ترغب الحكومة في تشجيعها. ويتم الحفز على تخفيض انبعاثات غاز الدفيئة عن طريق خفض الإعانات المالية القائمة للممارسات التي يكون من أثرها زيادة الانبعاثات (من مثل الإعانات المالية المتعلقة باستخدام الوقود الأحفوري) أو من خلال

تقديم إعانات مالية للممارسات التي تخفِض الانبعاثات أو تعزز البالوعات (المصارف) (من أجل عزل المباني أو غرس الأشجار، على سبيل المثال).

Sustainable Development (SD) – **التنمية المستدامة**

التنمية التي تلبي احتياجات الحاضر دون أن تضعف قدرة الأجيال اللاحقة على تلبية احتياجاتها الخاصة.

T

Taiga – حزام الغابات البوريالية (الشمالية) الواقعة في أقصى الشمال والمجاورة للسهول الجرداء التندرا الكائنة في المنطقة القطبية الشمالية (أركتيكا)

Technology – **التكنولوجيا**

التطبيق العملي للمعرفة بهدف إنجاز مهام محددة، وهو تطبيق تستخدم فيه الأدوات الفنية (المعدات والأجهزة) والمعلومات (الاجتماعية) («البرامجيات» والدراية الفنية في إنتاج الأدوات واستخدامها).

Teleconnection – **الارتباط عن بعد**

هو الرابط بين التقلبات المناخية من مناطق في العالم شديدة التباعد. وتعتبر الارتباطات عن بعد، بمعناها الفيزيائي، تداعيات لحركة موجبة واسعة النطاق تنقل الطاقة من الأقاليم المصدر وعبر المسارات المعتادة في الغلاف الجوي.

Thermal expansion – **التمدد الحراري**

فيما يتعلق بارتفاع مستوى سطح البحر، يشير هذا المصطلح إلى الزيادة في الحجم) والانخفاض في الكثافة (التي تنجم عن احترار المياه. ويؤدي احترار المحيطات إلى تمدد حجمها ومن ثم إلى زيادة مستوى سطح البحر. انظر تغير مستوى سطح البحر.

Thermohaline circulation (THC) – **الدوران المدفوع بقوة التباين الحراري والملحي**

دوران واسع النطاق في المحيطات يرتهن مداه بالكثافة وتسببه الاختلافات في درجات الحرارة والملوحة ويتكون الدوران المدفوع بالتباين الحراري والملحي

في شمالي الأطلسي من مياه سطحية دافئة تتدفق باتجاه الشمال، وتتدفق مياه عميقة باردة باتجاه الجنوب مما يؤدي إلى انتقال صاف للحرارة نحو القطب وتغور المياه السطحية .

في مناطق محدودة للغاية تقع في خطوط العرض العليا. ويسمى أيضاً الدوران التقلبي الجنوبي.

Thermokarst– **الكارست الحراري**

منطقة من الأرض وعرة ومليئة بالحفر السطحية والتلال الجليدية والمنخفضات التي غالباً ما تمتلئ بالمياه (البرك) التي تنتج عن ذوبان الجليد الأرضي أو التربة الصقيعية وتعتبر عمليات الترموكارست عمليات يسببها الاحترار الذي يؤدي إلى تشكل الترموكارست.

Threshold – **العتبــة**

هي مستوى أهمية عملية نظام ما يحدث عنده تغير مفاجئ أو سريع. والعتبة هي النقطة أو المستوى الذي تظهر عنده خصائص جديدة في نظام إيكولوجي أو اقتصادي أو أي نظام آخر، تبطل التنبؤات المبنية على علاقات رياضية تنطبق على مستويات أدنى.

Transpiration – **النتح**

تبخر بخار الماء من السطح الملس لأوراق النباتات عبر فتيحات تنفس الأوراق.

Trophic relationship – **علاقة غذائية**

العلاقة الإيكولوجية الناشئة عن تغذي نوع من نوع آخر.

Tundra – **التنــدرا**

سهل منبسط ذو تضاريس غير حادة ولا أشجار فيه ويميز المناطق الواقعة في درجات حرارة متدنية وبفصول نمو قصيرة.

U

Uncertainty – عدم اليقين

تعبير يدل على درجة عدم معرفة قيمة ما)مثل حالة النظام المناخي في المستقبل(. وقد ينشأ عدم اليقين عن الافتقار إلى المعلومات أو عن عدم الاتفاق على ما هو معروف أو حتى على ما يمكن معرفته. وقد تتعدد أنواع مصادر عدم اليقين، ابتداء من الأخطاء القابلة للتقييم الكمي في البيانات وانتهاء بالتعريف الغامض للمفاهيم أو المصطلحات، أو الإسقاطات غير المؤكدة للسلوك البشري. ولذا يمكن تمثيل عدم اليقين بمقاييس كمية مثل نطاق القيم المحسوبة بنماذج مختلفة أو مثل البيانات النوعية كتلك التي تعكس حكم أي فريق من الخبراء. انظر أيضاً الأرجحية، الثقة.

United Nations Framework Convention on Climate Change ((UNFCCC

اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ اعتمدت الاتفاقية في 9 أيار/ مايو 1992 في نيويورك ووقع عليها في قمة الأرض التي عقدت في عام 1992 في ريو دي جانيرو أكثر من 150 بلداً والجماعة الأوروبية. وهدف الاتفاقية النهائي هو «تثبيت تركيزات غازات الدفيئة في الغلاف الجوي عند مستوى يمنع التدخلات البشرية المنشأ الخطرة في النظام المناخي». وتتضمن التزامات لجميع الأطراف. وبموجب الاتفاقية تستهدف الأطراف المدرجة في المرفق الأول للاتفاقية (جميع البلدان الأعضاء في منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي

في عام 1990 والبلدان التي تمر اقتصاداتها بمرحلة انتقالية العودة بانبعاثات غازات الدفيئة التي لا ينظمها بروتوكول مونتريال إلى مستويات عام 1990

بحلول عام 2000 . وقد دخلت الاتفاقية حيز النفاذ في آذار/ مارس 1994 . انظر بروتوكول كيوتوProtocol Kyoto

Urbanization – التوسع الحضري العمراني

تحويل الأراضي من حالتها الطبيعية التي تخضع للإدارة (مثل الزراعة) إلى مدن؛ وهي عملية يحركها صافي الهجرة من الأرياف إلى المدن وتأتي من خلالها نسب متزايدة باطراد من السكان في أي بلد أو منطقة للعيش في مستوطنات يطلق عليها اسم مراكز حضرية.

V

Vector – الناقل

كائن حي، مثل الحشرات، ينقل العوامل الممرضة من حاضن إلىآخر.

Vector-borne diseases – الأمراض المحمولة بالنوأقل

أمراض تحملها من حاضن إلى آخر كائنات تسمى النوأقل هي (كالبعوض أو القراد) مثل، الملاريا، وحمى الضنك وداء الليشمانيا.

Vulnerability –سرعة التأثر

مدى ما يكون النظام عرضة للآثار الضارة أو غير قادر على مواجهة تلك الآثار المترتبة على تغير المناخ، بما فيه تقلبية المناخ والظواهر الجوية المتطرفة. وسرعة التأثر تتوقف على سمات وحجم ومعدل تغير المناخ والتقلب الذي يتعرض له النظام وعلى حساسية ذلك النظام وقدرته على التكيف.

W

Water consumption – استهلاك المياه

كمية المياه المستخرجة التي تُفقد بدون رجعة في إقليم ما في أثناء عملية استخدامها (تفقد بالتبخر وإنتاج السلع). واستهلاك المياه يعادل كميات المياه المسحوبة ناقصاً منها تدفق كميات المياه العائدة إلى الأرض.

Water security – الأمن المائي

التوافر الموثوق للمياه بكميات وجودة كافيتين للمحافظة على الصحة البشرية وأسباب المعيشة والإنتاج والبيئة.

Water stress – الإجهاد المائي

يُعد البلد مُجهداً من الناحية المائية إذا كانت إمداداته المتاحة من المياه العذبة بالمقارنة مع الكميات المائية المسحوبة تشكل عقبة هامة تعيق التنمية. وفي التقييمات التي تجرى على النطاق العالمي، كثيراً ما تعرّف الأحواض المجهدة مائياً بأنها الأحواض التي تقل فيها حصة الفرد الواحد من المياه المتوفرة عن 1000 م^3 / السنة (وذلك استناداً إلى متوسط الجريان الطويل الأجل). وإذا تجاوزت كميات المياه مسحوبة نسبة 20 % من امدادات المياه المتجددة فإن ذلك يعتبر مؤشراً على الإجهاد المائي. ويعد أي محصول مُجهداً من الناحية المائية إذا قلت المياه الموجودة في التربة، وبالتالي التبخر – النتح الفعلي، عن المتطلبات المحتملة من التبخر – النتح.

Water-use efficiency – الكفاءة في استخدام المياه

هي عبارة عن كمية الكربون التي يتم ربحها في عملية التمثيل الضوئي بالنسبة لكل وحدة مائية تفقد في عملية التبخر /النتح .ويمكن قياس هذه

الكفاءة على المدى القصير، بوصفها نسبة ربح الكربون نتيجة لعملية التمثيل الضوئي حسب الوحدة من المياه المفقودة في عملية النتح أو على أساس فصلي بوصفها نسبة صافي الإنتاج الأولي أو الغلة الزراعية إلى كمية المياه المتاحة.

Wetland – الأرض الرطبة

منطقة انتقالية تتغذى بالمياه باستمرار وذات تربة تصرف صرفاً محدوداً للمياه، تتواجد عادة بين نظام إيكولوجي مائي وآخر أرضي. وهي منطقة تتغذى من مياه الأمطار أو من المياه السطحية أو الجوفية. وتتميز الأراضي الرطبة بتواجد ملحوظ للنباتات المعتادة على العيش في تربة مشبعة بالمياه.