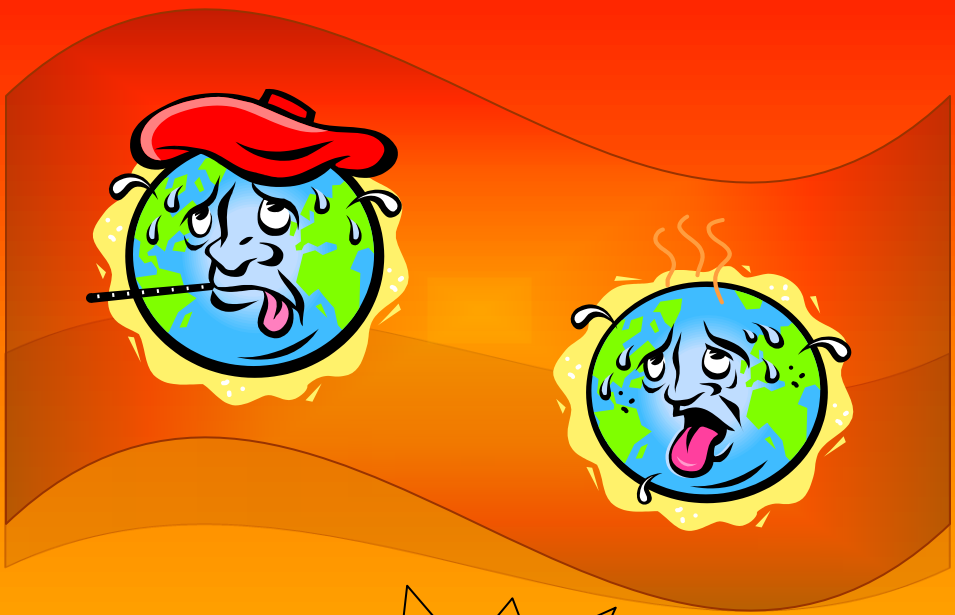
جامعة الأمم المتحدة

جامعة الخليج العربي

الدفء العالمي وتغير المناخ



نسخة محدثة جزئيا

وهيب عيسى الناصر

أستاذ الفيزياء التطبيقية بجامعة الخليج العربي

ورئيس القسم العربي للجمعية العالمية للطاقة الشمسية (ألمانيا)

الدفء العالمي وتغير المناخ

أ. د. وهيب عيسى الناصر

أستاذ الفيزياء التطبيقية بجامعة الخليج العربي

رئيس القسم العربي للجمعية العالمية للطاقة الشمسية (ألمانيا)

walnaser @agu.edu.bh alnaserw@gmail.com

رقم الإيداع في إدارة المكتبات العامة: د. ع. 3742 / 2003

رقم الناشر الدولي: ISBN 99901-06-25-8

جميع الحقوق محفوظة

مطبعة مؤسسة الأيام

مملكة البحرين

Photo and Figure Credit: Global Warming by Fred Pearce (Dorling Kindersley); Global Warming by Mark Maslin (Colin Baxter Photograpy); Global Environmental Outlook 3 by UNEP (Earthscan Publication); Environmental Science by Wright, R.T. and Nebel, B.j. (Pearson Education.

شكر وتقدير

قال سبحانه وتعالى (وفوق كل ذي علم عليم)، وهي آية كثيراً ما يرددها عليّ والدي وزرعها، مشكوراً، في ذهني ووجداني؛ الأمر الذي جعلني أبحث كثيراً لأتعلم من علوم الغير وذلك لأصل بالقارئ إلى أكبر كمّ من المعلومات المبسطة والمهمّة في دفء الأرض، فلذا أجد نفسي ممتناً كثيراً لله سبحانه وتعالى على نعمة العلم التي وهبني جزءاً يسيراً منها، كما إنني أدين لوالديّ بالعرفان والفضل؛ لغرزهما المبادئ والقيم الإسلامية في تكويني ولصبرهما ورعايتهما الكريمة المستمرة التي أوصلتني إلى مستوى التأليف. والشكر لأسرتي جميعا لدعمهم المعنوي، وخصوصاً زوجتي التي تحملت مشكورةً عناء طباعة هذه المادة العلمية وإخراجها.

كما أشكر جامعة الأمم المتحدة، طوكيو، اليابان، ممثلةً في الدكتور أيمن خليل، ممثل جامعة الأمم المتحدة في منطقة الخليج العربي لدعمها المعنوي ولمساندتها ولإعتبار هذه المادة العلمية كأول إصدار علمي باللغة العربية لجامعة الأمم المتحدة في مجال العلوم. وكذلك الشكر الوفير لمعالي الشيخ عيسى بن علي آل خليفة، وزير النفط ورئيس مجلس إدارة ألبا، وللأخ الفاضل الأستاذ محمود محمد الديلمي، نائب الرئيس التنفيذي للعمليات في شركة المنيوم البحرين (ألبا)، والعضو الخارجي في مجلس كلية العلوم بجامعة البحرين، الذي كان همزة الوصل بين ألبا وبيني لأحظى بدعم سخي منها لطباعة هذا الكتاب؛ الأمر الذي يعكس اهتمام هذه الشركة الناجحة بالبيئة على المستوى العالمي والمحلي. كما لا أنسى الدعم المعنوي من سعادة رئيسة جامعة البحرين الدكتورة مريم بنت حسن آل خليفة، فلها مني وافر التقدير.

أما على الصعيد العلمي فإنني أتوجه بالشكر إلى الأستاذ الدكتور عبدالحميد الشعراوي، رئيس تحرير مجلة البيئة القياسية (Environmetrics)، أمريكا، والأستاذ الدكتور علي الصايغ، رئيس تحرير مجلة الطاقات المتجددة (Renewable Energy) العالمية، بريطانيا، والأستاذ الدكتور عادل أحمد جرار، الجامعة الأردنية، والأخ الدكتور مصطفى معرفي، أستاذ الفيزياء المشارك بجامعة الكويت وعضو هيئة تحرير مجلة عالم الفكر، الكويت، لمراجعتهما العلمية للكتاب. كما أشكر زميلي الدكتور محمد قيصرون ميرزا، رئيس قسم الفيزياء بجامعة البحرين، لإعداده رسومات نتائج عوامل الطقس في مملكة البحرين، والسيد عبدالمجيد حسين عيسى، مدير إدارة الأرصاد الجوية، مملكة البحرين، ورئيس الاتحاد الاقليمي الثاني (آسيا) بالمنظمة العالمية للأرصاد الجوية WMO، و كذلك للأستاذ الدكتور أسامة طه الرفاعي، أستاذ النحو بجامعة البحرين على تصويباته اللغوية والإملائية.

والشكر موصول لك عزيزي القارئ إذ أن طروحاتك وإستفساراتك شجعتني على إصدار مثل هذه المادة العلمية التي أتمنى أن تنال إستحسانك.

الأستاذ الدكتور وهيب عيسى الناصر

المحتوى

الفصل	الموضـــوع	الصفحة
1	توطئة	1
2	المقدمة	4
3	ما هو الدفء العالمي؟	6
	1-3 غلاف الأرض الطبيعي الحابس للحرارة	6
	الهيئة العالمية البين-حكومية للتغيرات المناخية	6
	2-3 ثاني أكسيد الكربون في الجو	9
	3-3 الوقود الاحفوري	9
	دورة الكربون	10
	4-3 المناخ وأهميته	11
	5-3 مناخ الماضي ودور ثاني أكسيد الكربون	11
	كيف تؤثر الغازات الحابسة للحرارة على مناخ الأرض	12
	6-3 ارتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو في الحقبة الصناعية	13
	دور ثاني أكسيد الكربون في التحكم في درجة حرارة بعض الكواكب	15
	دورة ثاني أكسيد الكربون بالأرقام	16
4	نبذة تاريخية عن الانحباس الحراري	17
	1-4 خلفية تاريخية	17
	طرق تقدير مناخ الأرض في الماضي	19
	2-4 تأخر الاعتراف بنظرية الانحباس الحراري	20
	ما هي كمية الوقود المتبقية؟	22
5	من المسئول عن دفء الأرض؟	24
	انبعاثات CO_2 من العمليات الصناعية في قارات الأرض	25
	التلوث ضريبة المدنية	27
6	الدليل على دفء الأرض	28
	1-6 تقلبات درجات الحرارة، والهواطل، ومستوى البحار على الأرض	28
	2-6 انصهار الغطاء الجليدي	29
	3-6 تغير الطقس	30
	4-6 تزايد تكرار تيارات "إل نينيو" (El-Niño)	31
	ما هي ظاهرة إل نينيو - Elniño	34
7	عواقب وآثار دفء الأرض	35
	1-7 صعوبة التخطيط للمستقبل	35
	2-7 درجات الحرارة العالية ومستوى البحار في المستقبل	36

	3-7 السواحل	37
	4-7 عواصف وفيضانات المستقبل	39
	غاز الميثان	40
	5-7 التنوع البيولوجي	41
	التأثيرات البشرية في إنتاج غازات الدفيئة	42
	الهجرة أو الموت	43
	ابيضاض وضياع لون المرجان	45
	6-7 الزراعة	46
	7-7 المياه العذبة	46
	صحارى الأمازون	47
	تجربة برادة الحديد	48
	8-7 الأمراض	48
	9-7 تغيرات في طبقة الأوزون	50
	رقم قياسي في ثقب الأوزون على القطب الجنوبي	50
8	تفسير فلكي للتغيرات المناخية الدورية	51
	1-8 وصف مسألة التغير المناخي	51
	2-8 محاولات للتفسير	51
	3-8 التفسير الفلكي – فرضية ميلانكوفيتش	52
	التغيرات الفلكية الدورية للأرض	53
	4-8 خصائص الأرض الدورانية المتغيرة دورياً	54
	تمرجح ميلانكوفيتش	55
	5-8 هل تصبح أرض العرب مروجاً خضراء؟	59
	تحويل الصحارى إلى واحات خضراء تقنياً	59
	اخضرار الصحارى الكبرى	60
9	المفاجآت	61
	1-9 دورة المياه العميقة	61
	انهيار تيارات الخليج البريطاني	63
	2-9 هيدرات الغاز	64
	دور جذور الهيدروكسيد	65
	3-9 غابات الأمازون المطيرة	66
	تدهور الغطاء الأخضر في بلد الرافدين	67
10	ماذا بإمكاننا أن نفعل؟	68
	1-10 هل فشلت المحادثات حول المناخ؟	68
	كلفة اتفاقية كيوتو	69

	2-10 التكيف والتطبيق	70
	العوامل المبردة لكوكب الأرض	72
11	التفجيرات النووية وأثرها في التغييرات المناخية	73
	1-11 معايير صلاحية العناصر القنابل النووية	73
	2-11 علماء ساهموا في فهم إستغلال الطاقة النووية	73
	3-11 القنبلة النووية الأولى "الولد الصغير"	74
	4-11 القنبلة النووية الثانية "الرجل السمين"	76
	5-11 لحظة انفجار القنبلة النووية	78
	6-11 التفجير النووي وتأثيره على الإنسان	80
	7-11 التفجيرات النووية والشتاء النووي	80
	8-11 أثر التفجيرات على المناخ	80
	9-11 الشتاء النووي وأثره المدمر على المناخ التأريخ بالكربون	81 82
	10-11 مخاطر الشتاء النووي	83
	11-11 نصف الكرة الجنوبي ومناخه	83
	12-11 التأثيرات الجوية للحرب النووية	83
	13-11 التفجير النووي والآثار البيئية	85
	14-11 الصيف النووي	85
	15-11 محطات توليد الكهرباء بالطاقة النووية	86
	16-11 قياس الإشعاعات النووية	87
	17-11 مستوى الجرعات	91
	الفضل يعود لهما	91
12	تطبيقات فيزيائية حول ظاهرة دفء الأرض	92
	1-12 ظاهرة دفء الأرض فيزيائياً	97
	2-12 التلوث الحراري وارتفاع درجة حرارة مناخ الأرض	101
	3-12 ميزان الطاقة الحراري وظاهرة دفء الأرض	105
	4-12 النافذة الجوية	106
	5-12 الانعكاسية	108
	6-12 حساسية المناخ	108
	7-12 تقدير الإشعاع الشمسي	111
	8-12 التدرج في درجات الحرارة الزوالي في البحار	113
	9-12 القوى الإشعاعية	115
	10-12 تأثيرات ارتفاع مستوى سطح البحر على مناطق العالم	120
	11-12 كيف نقيس ما يعادل من ارتفاع في مستوى سطح البحر نتيجة ذوبان الجليد	122
	12-12 تحويل حجم الجليد الى ما يعادله من ارتفاع مكافئ لسطح البحر	124

	12-13 كيف نعرف ان منسوب سطح البحر قد إزداد؟	125
	12-14 أثار الدفء العالمي على الطقس 12- 15 تأثير وباء الكورونا -19 على التغير المناخي	127 128
13	دراسة حالة : تغير مناخ مملكة البحرين	129
14	الخلاصة	138
	وفرة الأشعة الشمسية في المنطقة العربية	139
	خلية وقود الهيدروجين	141
	الكهرباء في المستقبل	142
	كيف ستتأثر مناطق العالم لو ازدادت درجة حرارة مناخ الأرض 4° C ؟ مقال عن يوم البيئة العالمي 1-13 التأثيرات السلبية على البحرين من ظاهرة دفء الأرض وتغير المناخ	143 148 149
	المراجع	150

1- توطئة

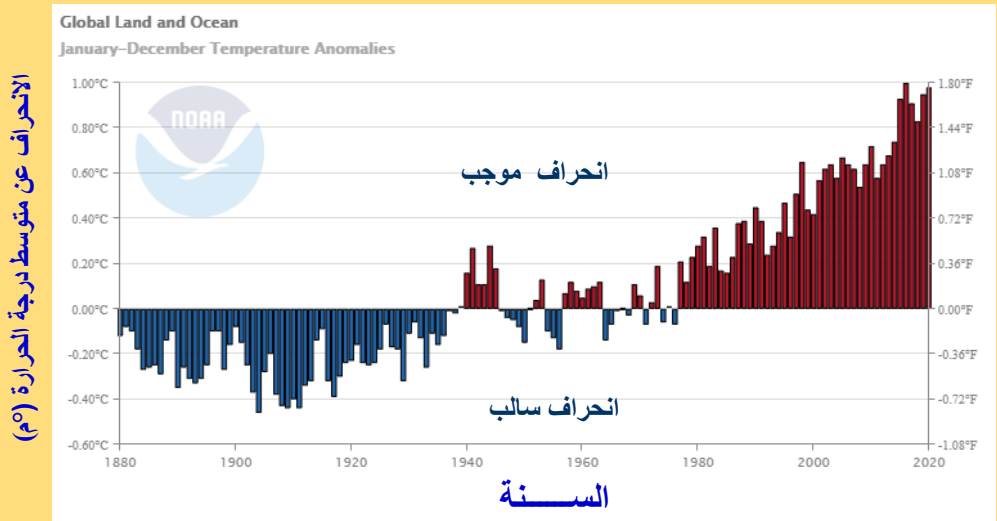
إن ظاهرة الدفء العالمي "Global Warming", أو ما تسمى أحيانا بالإحترار العالمي أو بالإنحباس الحراري, وتأثيرها هي حديث الساعة الآن؛ فلا يكاد يخلو أي مؤتمر علمي في مجال الطاقة أو البيئة أو الكوارث الطبيعية إلا وتناولها ضمن محاوره. فقبل عقد من الزمان كانت هذه الظاهرة بمثابة خيال أو وهم أو حدس فقط، أما الآن فإن مستقبل هذه الظاهرة بات وشيكاً تقريباً وأمام مرأى من أعيننا, ربما قبل أن ترف؛ فمجاعة الدببة القطبية، وهجرة الحيتان، وانصهار الجليد في شمال أمريكا شواهد كلها تنذر ببداية حدوث الكوارث الناتجة من هذه الظاهرة. لقد أصبح بنو البشر يلمسون هذه الكارثة، بدءاً بأمريكا اللاتينية وانتهاء بجنوب شرق آسيا من خلال ما يشهدونه من أعاصير قاتلة، و انزلاقات أرضية، وفيضانات. أما الأوروبيون فيلمسون هذه الظاهرة من خلال ملاحظاتهم لانصهار جزء من جليد جبال الألب، والجفاف في حوض البحر المتوسط، والعواصف الاستثنائية غير السوية. أما الباحثون فإنهم يلمسون هذه الظاهرة من خلال الدوائر في سيقان الأشجار بعد قطعها (كلما كانت سماكة هذه الدوائر أكثر عتمة عنى ذلك نمواً أسرع – أي جواً أدفأ)، ورواسب البحيرات، والمرجان التاريخي الأثري، والفقاعات المحبوسة في ألباب قطع الجليد المأخوذة من قيعان المناطق القطبية, ومن عينات الصخور المأخوذة من قيعان المحيطات، حيث من خلال معرفة نسبة ثاني أكسيد الكربون فيها يمكن معرفة ظروف المناخ آنذاك. كل ذلك، حقيقة، يكشف أن العالم لم يكن إطلاقاً بهذا الدفء مقارنة بالألف السنة الماضية، بل إن هذا الكوكب الأزرق (الأرض) لم يدفأ قط بهذه السرعة مقارنة بالمئة والعشرين ألف سنة الماضية – تلك الفترة التي كانت التأثيرات الطبيعية لمناخ الأرض تأخذ دورتها بسبب أ) البقع الشمسية، وهي إنفجارات في الشمس ينتج عنها مجال مغناطيسي قوي جداً مما يترتب عليه زيادة في طاقة الأشعة الصادرة من الشمس، علماً بأن كل دورة تستغرق 11 سنة (ب)

بسبب تغيير شكل مدار الأرض حول الشمس من دائري إلى بيضاوي، والذي تبلغ دورته 100 ألف سنة. ج) اختلاف درجة ميلان الأرض الذي تبلغ دورته 41 ألف سنة ليتغير من 21.6° إلى 24.5° (ظاهرة تباكر الأرض أو تباكر الإعتدالين – أي يكون أحياناً نصف الكرة الجنوبي يميل إلى الشمس وأحياناً نصف الكرة الشمالي يميل جهتها)، وهذا يؤثر على الغطاء الجليدي، وهذه الدورة تحدث كل 23 ألف سنة. ومع فهمنا لفيزياء ظاهرة البيت الزجاجي، أو البيت الأخضر، أو الدفيئة - منذ مطلع هذا القرن - بات من الصعب تكذيب ونكران تأثير الإنسان على هذا الكوكب. فلقد تورط الإنسان في الإخلال في جزء من تركيب غلاف الأرض الجوي، وذلك بإضافة غازات مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان وبخار الماء إلى جو الأرض (شكل1-1)؛ فلقد كان متوسط تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي للفترة من 1750 إلى 1800م هو 278 جزء من المليون (ppm). وحاليا – حتى مارس 2021 – وصل التركيز إلى 417 جزء من المليون.

تقريبا ، تشير كافة النماذج المتعلقة بالتنبؤ بمستقبل مناخ الأرض إلى احتمال زيادة حرارة الأرض، رغم أخذهم في الحسبان التغذية الرجعية السلبية Negative Feedback، ونقصد هنا التأثير التبريدي Cooling Effect على هذا الكوكب مثل امتصاص المحيطات للحرارة المنبعثة من الغلاف الجوي، وكذلك انعكاس بعض الحرارة الساقطة على هذا الكوكب من قبل بقايا الانفجارات البركانية في الجو، كانفجار بركان بيناتيوبو في الفلبين عام 1991م، ففي العام 2004 ، عند اصدار النسخة الأولى من هذا الكتاب ، كان السائد من القول أن ظاهرة الدفيئة قد أدت إلى ارتفاع حرارة الأرض بحوالي 0.6° م في الاعوام 1998 و 1999 حيث كان صيف عام 2003 كان ثالث ارتفاع حرارة على الأرض، بعد عام 1998 (الأدفأ) ثم عام 2001، حيث زاد متوسط درجة الحرارة على الكرة الأرضية بحوالي 0.45° م وفقاً للسجلات التي تحتفظ بها المنظمة للأرصاد الجوية (WMO).

أما حاليا، فقد بدأت سنة 2020 بظاهرة النينيو بدءا من أغسطس، وخلال هذا العام كانت درجات الحرارة للأشهر من يناير إلى نوفمبر هي الأدفأ مقارنة بالشهور التي سبقتها! وكانت الأشهر يناير، و مايو و سبتمبر تحمل الأرقام القياسية. كما كانت درجة حرارة اليابسة – سطح المحيط في ديسمبر ذات إنحراف بلغ 0.78° م عن متوسط درجة حرارة القرن العشرين . ويعتبر عام 2020 هو ثاني أدفأ عام مقارنة بنتائج 141 عام مضى حيث بلغت الزيادة عن المتوسط ° 0.98 م ، وهي أقل من الرقم القياسي العالمي (عام 2016 ، بفارق 0.02° م)، علما بأن الثمان السنوات الأدفأ في تاريخ الكرة الأرضية منذ بدأ الرصد (1880 إلى 2020) بدأت كلها منذ العام 2014.

شكل (1-1): تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي للفترة من 1750-2020. التغير الظاهر بدءا من عام 1958 بسبب عدم تمكن سجلات عينات لب الجليد من حبس التغير الموسمي الملاحظ في سجلات الرصد بالأجهزة. وصل التركيز في عام 2020 إلى 417 جزء من المليون أي حوالي 50% زيادة من متوسط الفترة من 1750 - 1800م .



شكل (1-2): الانحراف من متوسط درجة الحرارة على كوكب الأرض (15.1 C) حيث تشير النتائج إلى انخفاض حرارة كوكب الأرض عن المتوسط بمعدل حوالي 0.6°C حتى ما قبل سنة 1920 تقريباً، بينما ازدادت حرارة مناخ الأرض إلى حوالي 1°C حاليا. وخلال عام 2020 بلغ الإنحراف في درجة حرارة اليابسة – سطح المحيط ، في ديسمبر ، بمقدار 0.78 °C عن متوسط درجة حرارة القرن العشرين ، وكان شهر ديسمبر في عام 2020 هو ثامن شهر ديسمبر دافئ قياسي. ويعتبر عام 2020 م هو ثاني أدفأ عام مقارنة بنتائج 141 عام مضى حيث بلغت الزيادة عن المتوسط 0.98 °C ، وهي أقل من الرقم القياسي العالمي (عام 2016 ، بفارق 0.02° C).علما بأن الثمان السنوات الأدفأ في تاريخ الكرة الأرضية منذ بدأ الرصد (1880 إلى 2020) بدأ منذ العام 2014.

2- المقدمة

إن درجة حرارة كوكب الأرض آخذة في الارتفاع أسرع من أي وقت مضى خلال ألف السنة الماضية، وهناك شك في أن اللوم يقع على عاتق النشاط الإنساني. ويعتقد الكثير من العلماء أن السبب الرئيس لظاهرة الدفء العالمي مرجعه تزايد كمية الغازات الحابسة للحرارة مثل غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء و غاز الميثان الذي نطلقه في الغلاف الجوي. لقد أدى احتراق الوقود الاحفوري إلى رفع مستوى ثاني أكسيد الكربون الجوي إلى أعلى المستويات خلال العشرين مليون سنة الماضية. إن آخر تقارير الهيئة البين- حكومية للتغيرات المناخية (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC)، وهي منظمة مكونة من علماء من شتى بقع العالم مكلفين بمهمة البحث في مشكلة الانحباس الحراري، الذي بلغ حوالي 2600 صفحة من التحليل المفصل، يرفع الشك حول تعرض كوكب الأرض لانحباس حراري. لقد استغرق كتابة هذا التقرير سنتين، وتم الاستعانة بـ122 كاتباً أساسياً، و 515 كاتباً مساعداً، و450 من العلماء الآخرين الذين أوجزوا هذا التقرير قبل أن يتم نشره. ويذكر هذا التقرير أن هناك دليل واضح على حدوث ارتفاع قدره ° 0.6 م في درجة حرارة الأرض، وزيادة في مستوى سطح البحر قدرها 20 سم خلال القرن العشرين. وهناك أيضاً دليل على انخفاض قدره 40% في سماكة الثلوج في المحيط المتجمد الشمالي. كما أشار التقرير إلى أن ذوبان جبال الجليد تذوب بأسرع من أي معدل تم تسجيله قط، كما أن هناك زيادة بنسبة 40 % في نشاط العواصف في شمال المحيط الأطلنطي خلال الخمسين سنة الماضية، وأما الفيضانات وموجات الجفاف فقد أصبحت أكثر تكرراً في إنجلترا. وكان أكثر فصول الشتاء أمطاراً هو شتاء 2000/2001م حيث حدثت فيضانان من نوع لا يتكرر إلا مرة واحدة كل 30 سنة خلال شهر واحد! ويتوقع تقرير هذه الهيئة ازدياد درجة حرارة الكوكب بما يعادل ° 5.8 م بحلول عام 2100م.

لقد استقطب موضوع ارتفاع حرارة سطح الأرض، بفعل الانحباس الحراري، رجالات السينما، ربما للتوعية العلمية أو للكسب المادي. كما أنه ألهم الكتاب لإعداد سيناريوهات أقرب للخيال العلمي, ومن ضمن ذلك فيلم "اليوم التالي – The day after tomorrow" حيث يعيش المشاهد حوالي ساعة ونصف في مستقبل، نتمنى أن لا يكون، يوضح تأثير ظاهرة البيت الزجاجي على الدفء العالمي في حال استمرار غازات الاحتباس الحراري في الزيادة إلى مستويات عالية؛ فيرى المشاهد الكوارث والمآسي على وجه الأرض، بما في ذلك الإعصارات والزوابع المتكررة، والزلازل، والموجات العاتية المدمرة، والفيضانات، والولوج في بداية جديدة لعصر جليدي.

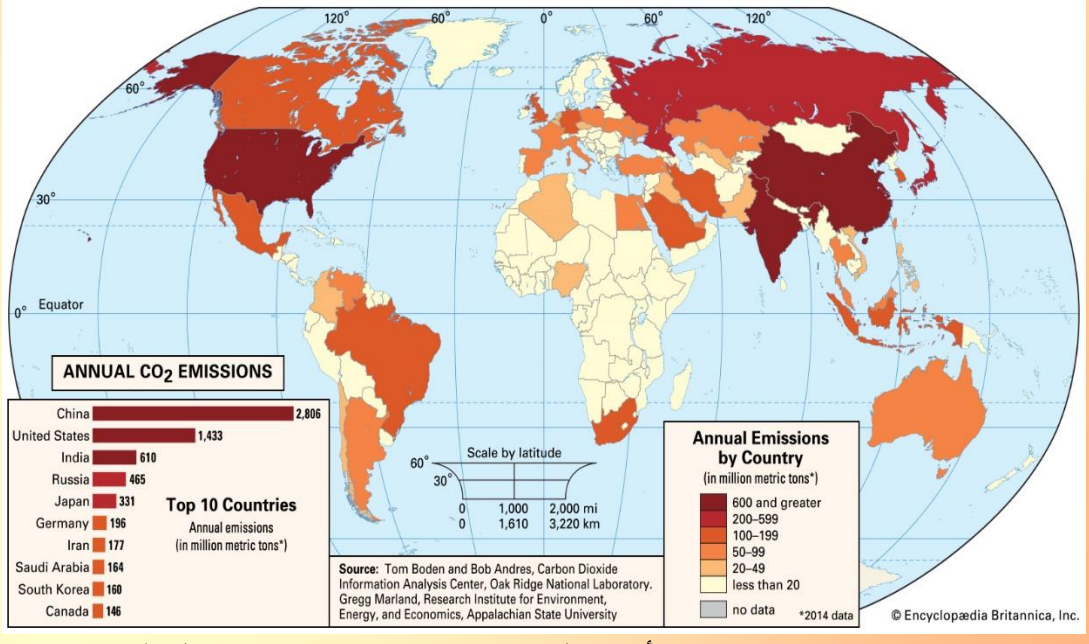
كما طالعتنا الصحف مؤخراً أن بوادر الدفء العالمي بدأت تظهر جلية في أوروبا؛ حيث ظهرت الحشرة اللاسعة الجنوبية الخضراء Southern green stinkbug (نيزارا فريدولا – Nezara Viridula) – وهي حشرة تلسع إذا تم إخافتها وتقتل النبات وتتلف الحصاد، ولكنها أكلة مفضلة عند المكسيكيين! فهذه الحشرة لا تنمو إلا في المناطق الأمريكية الدافئة وفي أفريقيا، وحسب الباحث البريطاني ماكس باركلي

(خبير الحشرات في متحف التاريخ الطبيعي، لندن) فإن هذا النوع لم يكن ينمو أبداً في بريطانيا الباردة – استناداً إلى كتاب صادر في عام 1995م يشير فيه إلى أن الطقس البارد في بريطانيا كفيل بقتل هذا النوع من الحشرات – بينما الآن هناك ثلاث فصائل من هذا النوع من الحشرات تنمو في بريطانيا، مما يؤكد ارتفاع درجة حرارة أراضي بريطانيا خلال الخمسين عام، وبدرجة أكثر السنوات الخمس الماضية.

كما أن هناك دلائل تشير إلى انخفاض قدره 40% في سماكة الجليد في محيط القطب الشمالي، إضافة إلى مشاهدات واقعية في انصهار جليد الجبال بمعدل سريع جداً عما سبق. كما تشير الأرصاد أن نشاط العواصف قد زاد في المناطق الشمالية عن الـ 50 سنة الماضية بمعدل 40%، أضف إلى ذلك تكرار الفيضانات والجفاف على المستوى العالمي؛ فقد كان شتاء بريطانيا عام 2000-2001م كان الأكثر مطراً مع حدوث فيضانات في نفس الشهر، كانا يحدثان مرة كل 30 سنة.

ويشرح هذا الكتاب ما هو الدفء العالمي، وماهو الدليل الفعلي على حدوثه. كما إنه يبحث في الآثار المدمرة المترتبة عليه، وتأثيرها على المجتمعات الإنسانية، والبيئات الطبيعية، والاقتصاد العالمي لكون هذه الآثار تنعكس على الصحة، والثروة الزراعية، ومصادر المياه، والأقاليم الساحلية، وشدة العواصف، والغابات، والحياة البرية. كما إنه يستعرض ويناقش ما صدر من علماء العلوم الأساسية والهندسية، وعلماء الاجتماع من فرضيات للعواقب المحتملة في كل من تلك المجالات.

ولإضفاء جو من التشويق والتركيز على مواضيع ذات صلة بظاهرة دفء الأرض، لاستقطاب من ليس لديهم الوقت لقراءة كل الكتاب والتركيز في مضمونه، فقط تم وضع فقرات تحت مسمى "إضاءة" تشمل عناوين وصور واضحة تتحدث عن نفسها، تم اقتباسها بترخيص من المراجع المشار اليها في الصفحة الأولى من الكتاب فقط خدمة من دور النشر ومنى لك عزيزي القارئ.



حجم انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في عام 2014 بحسب كل بلد.

3- ما هو الدفء العالمي؟

3-1 غلاف الأرض الطبيعي الحابس للحرارة

تتم المحافظة على درجة حرارة الأرض عن طريق التوازن بين طاقة الشمس الواصلة للأرض وتلك التي تفقدها في الفضاء، حيث توجد غازات جوية معينة حساسة لهذا التوازن الحراري، و هذه الغازات – كما أشرنا سابقاً - تعرف بغازات الدفيئة.

إن الطاقة المستمدة من الشمس توجد على شكل طاقة أو "أشعة" قصيرة الموجات (الضوء المرئي حتى الضوء فوق بنفسجي). وفي المتوسط، فإن ثلث الأشعة الشمسية التي تصل الأرض تنعكس مرة أخرى إلى الفضاء، والباقي يتم امتصاص معظمه بواسطة يابسة الأرض ومحيطاتها، وبذلك يصبح سطح الأرض دافئاً، ونتيجة لذلك يصدر هذا السطح أشعة ذات طول موجي عالٍ نسبياً (الأشعة تحت الحمراء)، وهي أشعة حرارية. وتستطيع الغازات الحابسة للحرارة أن تأسر وتحجز بعض هذه الأشعة الحرارية (تحت الحمراء)، وبذلك يسخن الغلاف الجوي الأرضي. إن الغازات الطبيعية الحابسة للحرارة مجتمعة (بخار الماء، وثاني أكسيد الكربون، والأوزون، والميثان، وأكسيد النيتروجين) تكّون ما يشابه بيتاً زجاجياً دافئاً حرارياً طبيعياً، يدفء الأرض بمقدار 35°م أكثر مما لو كانت من دون تواجد هذه الغازات (-18درجة م), كما في شكل 1-3 .

الهيئة العالمية البين-حكومية للتغيرات المناخية

بعد الجفاف الشديد في الولايات المتحدة عام 1988م، شكلت منظمة الأمم المتحدة هيئة علماء استشارية للتحقيق في ظاهرة الدفء العالمي (الإحترار العالمي) والخطوات الواجب اتباعها. وتقوم الآن الهيئة العالمية البين-حكومية للتغيرات المناخية "IPCC"، بإشراك أكثر من 3000 عالم، وهي تعتبر الجهة الاستشارية الرئيسية لمؤتمر الأمم المتحدة للتغيرات المناخية. إن معظم المعلومات في هذا الكتاب مستنبطة من التقرير الذي أصدرته هذه الهيئة في عام 2001م.

وعلى الرغم من أن غازات الدفئية يصفها بعضهم على أنها طبقة تحيط بالأرض، إلا أن هذا فقط ليظهر تأثيرها الغطائي، بينما هي في الواقع مختلطة بالغلاف الجوي. إن النشاط الإنساني في مجال الصناعة يتسبب في زيادة مستوى غازات الدفئية، وهذه الزيادة تلقي الآن اهتماماً كبيراً، حيث يعتقد معظم العلماء أن هذه الزيادة ستؤدي إلى تأثير متزايد للغلاف الحابس للحرارة، أو تتسبب في حدوث انحباسٍ حراريٍ، ومن ثم احترار الأرضٍ، ستؤثر عواقبه على كل شخص على سطح الكوكب، ليكون بعدها كوكبنا كالفرن، كما هو الحال في كوكب الزهرة الذي خارجه جميل وباطنه خبيث! إذ تنحبس حرارة البراكين وحرارة الشمس على سطحه, من قبل غازات ثاني أكسيد الكربون في غلافه الجوي, الغني بغاز ثاني اكسيد الكربون.

ويمكن فهم ظاهرة الدفيئة (Greenhouse) بطريقة أخرى، ألا وهي مقارنتها بأقرب كوكبين للأرض، وهما كوكبا المريخ والزهرة. إن مناخ الأرض يتحدد عن طريق كتلته، وبعده عن الشمس، ومكونات غلافه الجوي -وبالتحديد كمية غازات الغلاف الحابس للحرارة- فكوكب المريخ أصغر من الأرض، ولذلك فإن جاذبيته أقل، ومن هنا يكون غلافه الجوي أقل، إذ أن غلافه الجوي أرق بحوالي مائة مرة من غلاف الأرض الجوي، وهو يتكون أساساً من ثاني أكسيد الكربون، كما إن متوسط درجة حرارة سطح المريخ حوالي -50°م، لذلك فمعظم ما يوجد على المريخ من ثاني أكسيد الكربون هو متجمد في اليابسة.

أما كوكب الزهرة فكتلته تقارب كتلة الأرض، ولكن غلافه الجوي أكثر سماكة بكثير من الأرض، حيث يشكل ثاني أكسيد الكربون 96% منه، لذلك فإن الانحباس الحراري يكون مركزاً جداً، وهو متوقف لحد كبير على الكمية الهائلة من ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي لهذا الكوكب التي تجعل درجة حرارة سطح هذا الكوكب عالية جداً لتصل إلى+420 م (انظر الإضاءة في 3-6). إن مفعول غازات الدفيئة يشبه مفعول الزجاج أو البلاستيك في بيت الصوبا الزراعية حيث تقوم هذه الأسطح (الزجاج والبلاستيك الشفاف) بالسماح بأشعة الشمس الساقطة (قصيرة الموجة) بالنفاذ من خلالها، ولكن عندما تسخن أرضية هذا البيت الزراعي فإن الحرارة تظل أسيرة بالداخل حيث لا يمكن لأشعة الحرارة (طويلة الموجة) النفاذ من خلاله فتبقى هذه الحرارة أسيرة بداخله، وبذلك ترتفع حرارة هذا البيت؛ وهذا يفسر حاجتنا نحن في دول الخليج من الاضطرار إلى تشغيل مكيف السيارة عندما تكون مغلقة النوافذ في أوج فصل الشتاء، لأن الطاقة الشمسية الساقطة قد تّم امتصاصها من قبل مقاعد السيارة ثم تّم اشعاعها في هيئة حرارة (أشعة تحت الحمراء، ذات طول موجي عالٍ، أي ذات طاقة منخفضة), غير قادرة على النفاذ من زجاج السيارة (الذي يشبه في عمله غازات الدفيئة).

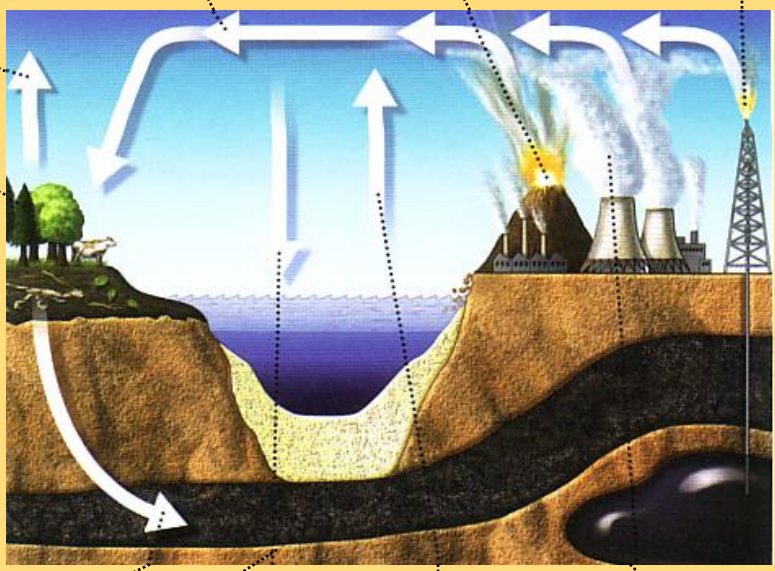
وبالمقارنة، نجد أن الغلاف الجوي للأرض مختلف جداً، وذلك بسبب تأثير الحياة على الأرض. إن غلافنا الجوي مكون من النيتروجين بنسبة 78%، والأكسجين بنسبة 21%، وغازات أخرى تشكل 1% فقط. وهذه الغازات الأخرى هي التي تعنينا ونهتم بها، حيث تضم ما هو معروف بغازات الاحتباس الحراري أو غازات الدفيئة؛ فأهم غازين حابسين للحرارة,من جملة ما أشرنا إليه سابقا, هما ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء. وحالياً، فإن نسبة ثاني أكسيد الكربون تتراوح بين 0.03% و 0.04% فقط، بينما بخار الماء يتغير من صفر إلى 2%. إن غازات الدفيئة هذه بالغة الأهمية، فهي غطاء أو لحاف جزئي للأرض، ولكنها في نفس الوقت لا تزيد من حرارة الكوكب إذا كانت مستوياتها طبيعية. وهذه التغطية تُعرف بتأثير الغلاف الحابس للحرارة الطبيعي أو "تأثير الدفيئة"، وبدون هذا الغطاء ستكون درجة حرارة الأرض حوالي -20° م. إن المقارنة بين مناخنا بمناخ كوكبي المريخ والزهرة واضحة جداً, وهذا بسبب اختلاف سمك الغلاف الجوي لكل منهما، والكمية النسبية لغازات الدفيئة بها. ومع ذلك، فإن كمية غازات الدفيئة يمكن أن تتغير، لأن مناخ الأرض غير ثابت بطبيعته، وغير متوقع, مقارنة بالكوكبين الآخرين, وذلك بسبب التدخل البشري الناشئ من الغازات الصادرة من المصانع ووسائل المواصلات وغيرها.

شكل (3-1): ظاهرة الدفيئة أو البيت الزجاجي

2-3 ثاني أكسيد الكربون CO_2 في الجو

إن كمية ثاني أكسيد الكربون في الجو أصبحت الآن معروفة بأنها سبباً في منح الدفء للأرض منذ مئات ملايين السنين. إن هذا الغاز هو الذي بات بني البشر ينفثه ويضيفه إلى الغلاف الجوي بكميات كافية محدثا بذلك تغيراً في مناخ الأرض العالمي.
وحقيقةً، هناك تبادل مستمر من هذا الغاز بين الغلاف الجوي والغلاف المائي (المحيطات). كما إنه يتم امتصاصه واطلاقه من قِبل النباتات والحيوانات على سطح الأرض. و تركيز هذا الغاز في الجو موسمي ودوري، إذ يمتص النبات هذا الغاز في كل ربيع ويطلقه في كل خريف. وفي المئتين سنة الماضية تم ملاحظة أنه في كل عام تكون ذروة الارتفاع في نسب غاز ثاني أكسيد الكربون أكثر من السنة التي سبقتها؛ وهذا سببه ازالة الغابات (رئة الأرض) وانطلاق كربوناتها في الجو. وفي الخمسين سنة الماضية، أو مايقارب ذلك، كان للحرق الجائر للوقود الاحفوري (النفط والفحم) تأثيراً كبيراً في زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو.

دورة الكربون



يتم تبادل الكربون طبيعياً بين المحيطات، والغابات، والغلاف الجوي. كما أن الانفجارات البركانية تضيف الكربون في نظام الأرض، في حين يتم احتواء ذلك في جو الأرض في هيئة فحم حجري؛ وبهذا ينظف الجو من هذه الانبعاثات. وما حدث أن الانسان قام بإرباك هذا التوازن الطبيعي من أجل تأمين الطاقة للنمو الإقتصادي وتوفير سبل الراحة والإحتياجات الأخرى.

إن حوالي نصف انبعاثات غازثاني أكسيد الكربون يتم إعادة امتصاصها من قبل المحيطات والنباتات، التي تنمو بشكل أسرع كلما كان الهواء غنياً بهذا الغاز!! ولكنه تم ملاحظة أن هناك تراكم سنوي من هذا الغاز في جو الأرض بمعدل 0.4%. ومنذ عام 1800م فإن تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي قد ارتفع من 270 جزء من المليون إلى 370 جزء من المليون، وهو مستوى يعتبره المختصون أكثر مما تّم حسابه وتسجيله منذ العشرين مليون سنة الماضية.

3-3 الوقود الاحفوري

إن الحياة غنية بعنصر الكربون الذي يلعب دوراً رئيسياً حقيقياً في كافة العمليات الكيميائية في خلايا اجسامنا. فحياتنا تستمد، مباشرة، من الشمس الطاقة، من خلال عمليات التمثيل الضوئي، وبطريقة غير مباشرة من خلال الغذاء لتشكل تلك المواد التي اساسها الكربون لتخزين هذه الطاقة الكيميائية. وعندما تموت الأجسام الحية فإنها تترسب في قيعان البحيرات أو البرك أو المحيطات أو الأراضي. ومع مرور الوقت، فإن درجة حرارة الأرض وضغطها يؤثر على هذه الأجسام الميتة المدفونة ويغيران من كيميائيتها لتكون بعدها رواسب، ومن ثم وقود إحفوري.

فالوقود الاحفوري، هو رواسب قديمة جداً غنية بالكربون، وعندما يجترق يعطي لهباً حاراً، لذلك صار أحد أهم مصادر الطاقة في القرن والنصف الماضي. والفحم، والنفط، والغاز الطبيعي هم من أنواع الوقود الاحفوري، ويتم استغلالهما بكميات كبيرة عالميا لإنتاج الطاقة للصناعة ولتحسين الاقتصاد والنمو وللتغلب على الظروف المناخية القاسية ولتسهيل سبل التنقل والتواصل، مجتمعياً وعالمياً. فهذا المصدر من الطاقة يشكل 90% من مجمل الطاقة المستخدمة للصناعة في دول العالم، وفي أمريكا وحدها يتم حرق 1 بليون طن من الفحم و 2.5 بليون برميل من النفط سنوياً.

وبتقدير الجيولوجيون فانه يتطلب مرور عشرات الملايين من السنين لتتحول الرواسب إلى وقود احفوري تحت تأثير الضغط والحرارة.

ويتشكل الفحم من طبقات فوق طبقات من النباتات التي تراكمت من حقب زمنية طويلة جداً، بينما النفط يتشكل من مواد عضوية كانت تحتوي يوماً على عوالق (Plankton) نباتية أو حيوانية، وهي كائنات ميكروسكوبية تسبح بالقرب من سطح المحيطات.

ومن المتوقع أن يتناقص الوقود الاحفوري تدريجياً إلى أن ينتهي، لذا فإنه مصدر طاقة غير متجدد، وربما يكون ذلك بعد مئات السنين.

4-3 غاز الميثان CH_4

يعتبر غاز الميثان (Methane) هو ثاني أهم غازات الدفيئة، إذ يأتي بعد غاز ثاني أكسيد الكربون وينطلق هذا الغاز في الجو بفعل النشاط الانساني. ولو قارنا جزيء بجزيئي بين هذين الغازين لوجدنا أن غاز الميثان هو أكثر حبساً للحرارة من غاز ثاني أكسيد الكربون بعشرين مرة. ويتم انتاج هذا الغاز، على نطاق واسع، من خلال عمل بعض البكتيريا التي ازدهرت ونمت لترابطها بالجنس البشري. هذه البكتريا توجد في أحشاء الحيوانات المجترة، والفضلات، والردم الأرضية و حقول الأرز.

كما أن هناك مكامن لهذا الغاز محبوسة تحت الأرض في أنابيب الغاز الطبيعي ومناجم الفحم. كما أن الخضروات المتعفنة في الخزانات الأرضية الساكنة هو أحد مصادر هذا الغاز. وفي دراسة حديثة نسبياً تبين أن الخزانات يمكن أن تساهم في انتاج خمس مجمل غاز الميثان الموجود على هذا الكوكب مما قد يسبب زيادة قدرها 7% في دفء الأرض.

وتبلغ تركيزات هذا الغاز حالياً أكثر من التركيزات المتجمعة منذ 420ألف سنة وتشير الدراسات الحالية إلى أن تركيزات هذا الغاز قد زادت بحدة منذ عام 1800م، كما هو الحال بالنسبة لغاز ثاني أكسيد الكربون. فقد بلغت نسبة هذا الغاز آنذاك 750 جزء من البليون لتصل عام 2000م إلى 1750 جزء من البليون بينما بالنسبة لغاز ثاني أكسيد الكربون فقد زاد التركيز من 280 جزء من المليون في عام 1800م إلى 360 جزء من المليون في عام 2000م.

تحولات الطاقة خلال تكوّن الوقود الإحفوري

إن الفحم, والنفط, والغاز الطبيعي يتم اشتقاقها من الكتلة الحيوية التي تم انتاجها بعد مضي ملايين السنين. هذه المصادر من الطاقة محدودة لكونها تحتاج إلى ملايين السنين لتكونها, لذا فإنها مصادر طاقة غير متجددة.

5-3 المناخ و أهميته

المناخ هو متوسط الأحوال الجوية التي يتعرض لها موقع معين، لفترة محددة من الزمن، ربما 30 سنة. والمعاملات الهامة الداخلة في المناخ ، والتي يتم معالجتها احصائيا، هي: درجة الحرارة، وكمية الأمطار والهواطل, الضغط الجوي, و سرعة الرياح واتجاهها, والاشعاع الشمسي, وكمية السحب. بالإضافة إلى رصد تكرار وخصائص حالات الطقس المتطرفة أو المفرطة (extereme weather event)، وكذلك التغيرات الموسمية.

ويصنف المناخ حسب مستواه المكاني(spatial scale)؛ على سبيل المثال, هناك المناخ الكبير(macroclimate) الذي يغطي مساحات شاسعة من الأرض, ويعتمد اساسا على حركة دوران هواء الغلاف الجوي وخط العرض الجغرافي (المناخ الشمسي) والمسافات بين المحيطات ومقدار الإرتفاع عن سطح البحر. ونظرا لأن التغير في درجة الحرارة على اليابسة أكثر بكثير من تغيرها على البحار والمحيطات خلال اليوم (diurnal temperature change), لذا فإن درجة تتغير في العروض الوسطى بمقدار 20°م بينما في المناطق الصحراوية شبه الإستوائية (القريبة من مداري السرطان والجدي- المدارية) تتغير الحرارة بمقدار 30°م , أما في المناطق السحلية فالتغير طفيف جدا؛ وبذلك يختلف مقدار التغير في درجة الحرارة فصليا ليصل إلى 65°م في مناطق سيبيريا بينما يصل إلى بضع درجات مئوية في المناطق الإستوائية.

وهناك المناخ المتوسط (mesoclimate) وهو متعلق بحالات الجو على مستوى متوسط من حيث المساحة والزمن, أي بمعنى آخر حالات المناخ الاقليمية مثل المنسون, وهو موسم أمطار في شبه القارة الهندية بسبب هبوب رياح جنوبية غربية, والأعاصير المعروفة المتكررة, وغير ذلك.

كما أن هناك المناخ الأصغري (microclimate), وهو تقريبا المناخ المحلي, إذ أننا هنا نتعامل مع نتائج من سطح الأرض حتى مئات الأمتار ارتفاعا.

وهناك ارتباط وثيق بين التغيرات المناخية وصحة الإنسان, فتغير الحرارة ليلا – نهارا تخلق بعض الأمراض المعدية وتنشطها, فتؤثر على الإنسان. كما أن معدلات التغير في التغيرات المناخية تؤثر في وفرة الغذاء والجوع – وهي مهمة لصحة الأنسان. وكذلك التغير في متوسط درجة الحرارة (الذي يؤثر في درجة التلوث الجوي ويعجل من سرعة انتشار الأمرض) واللقاحات، والرطوبة، واضطرار الناس للهجرة أو الإستعانة بماكينات تبريد أو تدفئة, وكلها تؤثر على صحة الإنسان. كما لا ننسى تأثير حالات الطقس (أو المناخ) المتطرفة أو القصوى, كحالات إل نينيو، وكذلك الإرتفاع القياسي في حرارة الأرض عام 1998, وما تلاه من أعوام, أثرت كلها على صحة الانسان وحياته.

6-3 مناخ الماضي ودور ثاني أكسيد الكربون

إن أحد أهم الأسباب التي نتعرف من خلالها على أهمية غاز ثاني أكسيد الكربون في التحكم بمناخ الكوكب هو دراسة مناخ الأرض الماضي. فعلى مدى مليون السنة

كيف تؤثر الغازات الحابسة للحرارة على مناخ الأرض ؟

يمتص سطح الأرض الأشعة الواصلة من الشمس ثم يقوم بإشعاع الطاقة الحرارية (الأشعة تحت الحمراء) للخارج. وبعض من هذه الحرارة تنطلق وتهرب إلى الفضاء, ولكن يبقى بعضها محبوساً في الغلاف الجوي، وذلك بسبب الغازات الحابسة للحرارة. وهذه الغازات تقوم بامتصاص تلك الحرارة، التي بدورها تقوم بتسخين الطبقة السفلي من غلافنا الجوي (التروبوسفير). وحقيقة، بدون هذه الغازات فإن درجة حرارة سطح الأرض سوف تنخفض إلى أقل من درجة تجمد الماء (صفر درجة مئوية)، ومع ذلك فإن سرعة تزايد هذه الغازات في الغلاف الجوي هي أكبر بكثير في الوقت الحالي من أي وقت مضى، وهذا بسبب التلوث الناتج عن بعض المصادر مثل حرائق الغابات، والغزات المنبعثة من المركبات (خصوصاً الطائرات) والمناطق الصناعية ومحيطات توليد الطاقة.

سفانتي أرينيوس

في عام 1894م، قام الكيميائي سفانتي أرينيوس- Svante Arrhenius بحساب كمية الغازات التي تضيفها الصناعة للغلاف الجوي. وفي عام 1896م، كتب أرينيوس أنه إذا تضاعفت كمية ثاني أكسيد الكربون في الجو، فسيستتبع ذلك ارتفاع في درجة حرارة الأرض بمقدار 5° إلى 6°م درجات مئوية، وهو عدد مقارب جداً للتقديرات النظرية الحالية.

والنصف الأخيرة، تأرجح مناخ الأرض بين العصور الثلجية العظمى حيث كان يزيد سمك الغطاء الثلجي حينئذ على 1.75ميلاً (3 كم) فوق شمال أمريكا وأوروبا وبين أوضاع أكثر اعتدالاً حتى يومنا هذا. هذه التغيرات كانت غاية في السرعة إذا ما قورنت بالتغيرات الجيولوجية العادية، التي تستغرق ملايين السنين، وذلك يرجع إلى حساسية نظام مناخ الأرض. ولكن كيف نعلم بأمر تلك العصور الجليدية الهائلة ودور ثاني أكسيد الكربون فيها؟ إن الدليل يأتي من لب أو قلب الجليد الذي تّم الحصول عليه من الحفر والتثقيب في كل من القارة القطبية الجنوبية وجرينلاند. فعندما يتساقط الثلج يكون خفيفاً وهشاً، ويحتوي على الكثير من الهواء، وبعد أن يتراص هذا الثلج ببطء - لتكوين الجليد - فإنه يحتجز بداخله بعض الهواء. وعن طريق استخلاص فقاعات الهواء هذه من الأعماق - من ضمن الجليد القديم المتراكم - يستطيع العلماء قياس المحتوى السابق للغلاف الجوي. ومن الممكن أيضاً قياس درجة الحرارة التي تكوّن عندها الجليد.
لقد كانت النتائج مذهلة، حيث أن كلاً من ثاني أكسيد الكربون الجوي ودرجات الحرارة قد تغيرتا على مدى الأربعمائة ألف سنة الأخيرة، وهذا يؤيد بشدة فكرة الترابط الشديد والصلة الوثيقة بين محتوى ثاني أكسيد الكربون في الجو ودرجة الحرارة للكرة الأرضية، وهذه الحقيقة العلمية تستدعي اهتمامنا الأكبر بشأن مستقبل مناخ كوكب الأرض.

إن دراسة مناخ كوكب الأرض الماضي يعطينا الكثير من مفاتيح الحل لما قد يحدث في المستقبل. إن أحد أكثر النتائج رعباً من خلال دراسة قلب الجليد، والبحيرات, ورواسب أعماق البحار هو أن مناخ كوكب الأرض الماضي تغير واختلف إقليمياً بما يعادل °3م، على الأقل، خلال عقود قليلة؛ مما يعني أن المناخ يمكن أن يتغير جذرياً خلال خط الزمن الإنساني. لذا، ومن الآن، يجب أن نتوقع حدوث تغيرات مفاجئة وجذرية عندما يصل مستوى الغازات الحابسة للحرارة مستقبلاً إلى نقطة حرجة غير معروفة حتى الآن!!

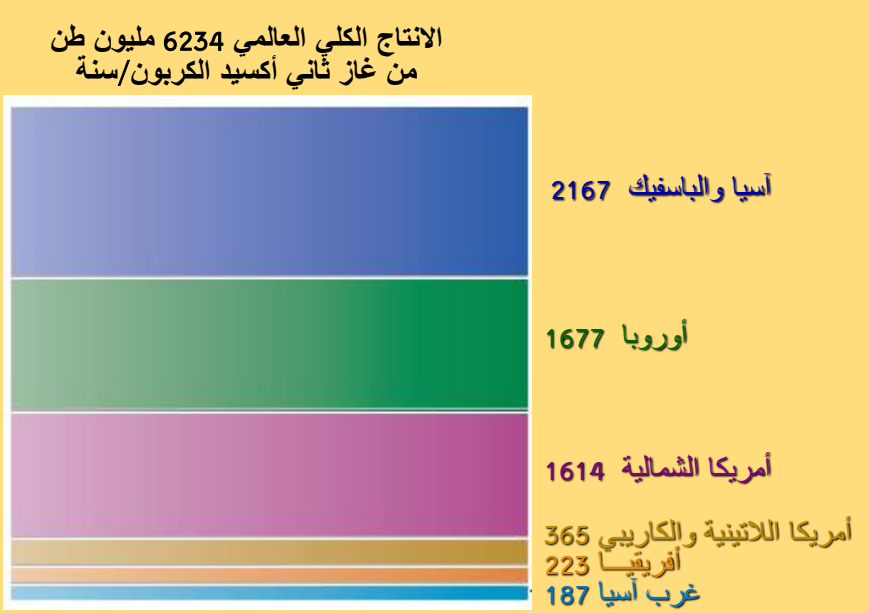
7-3 ارتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو في الحقبة الصناعية

هل يجب أن نقلق بشأن الانحباس الحراري؟ بالطبع نعم, لأنه يوجد دليل واضح على أن مستوى ثاني أكسيد الكربون الجوي قد أخذ في الارتفاع منذ بداية الثورة الصناعية في القرن الثامن عشر. فأول محاولات قياس تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي قد بدأت منذ عام 1958م، وكانت هذه القياسات على ارتفاع يبلغ حوالي 13000 قدم (4000 متر) عن سطح البحر، فوق قمة جبل مونالوا في هاواي، وذلك حتى تكون بعيدة عن مصادر التلوث المحلية.

لقد بينت تلك المحاولات، وبوضوح، أن التركيزات الجوية لثاني أكسيد الكربون قد ارتفعت عن سنة 1958م، وإن معدل التركيز البالغ حوالي 316 جزءًا لكل مليون حجم (ج.ل.م.ح.- ppmv) في عام 1958م قد ارتفع إلى حوالي 369 ج.ل.م.ح. في عام 1988م (ارجع إلى شكل 1-1).

ولقد تّم دمج هذه البيانات من مونالوا مع الدراسات المفصلة عن قلب الجليد للوصول

إلى تقدير كامل عن مستوى ثاني أكسيد الكربون في الجو منذ بداية الثورة الصناعية. وما كشفه هذا القياس هو أن تركيز ثاني أكسيد الكربون الجوي قد زاد عن تركيزه في فترة ما قبل الصناعة من 280 ج.ل.م.ح إلى أكثر من 370 ج.ل.م.ح حالياً، وهذه الزيادة في مستوى هذا الغاز تعادل زيادة قدرها 160 مليار طن من هذا الغاز مما يمثل زيادة تبلغ 30% تقريباً! أنظر شكل (3-1).



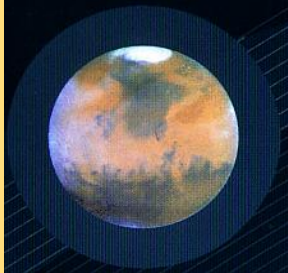
شكل (3-1): إنبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون حسب المناطق، بوحدة ملايين الأطنان من الكربون/ سنة. إن غازات الانحباس الحراري من صنع الإنسان والصادرة من المصانع وغيرها يتوزع انتاجها بطريقة متباينة من منطقة إلى أخرى، إذ يكون الانبعاث الأكثر مصدره الدول الصناعية. والأرقام المشار إليها أعلاه تضم إنبعاثات ثاني اكسيد الكربون الناتج من حرق الوقود وحرق الغاز وإنتاج الاسمنت.

وحتى نضع هذه الزيادة في بيئتها الملائمة، يجب أن ننظر إلى التغيرات الطبيعية من آخر العصور الجليدية، حيث كانت درجة الحرارة أقل بكثير، حتى فترة ما قبل الصناعة. ووفقاً للأدلة المستمدة من قياسات لب عينات الجليد المأخوذة من الأعماق، فإن مستوى ثاني أكسيد الكربون الجوي في العصر الجليدي كان حوالي 200 ج.ل.م.ح مقارنة بمستواه في حقبة ما قبل الصناعة حيث بلغ 280 ج.ل.م.ح، وهي زيادة تربو على 160 مليار طن، أي ما يعادل تقريباً حجم التلوث الحالي بثاني أكسيد الكربون الذي أنتجناه، نحن البشر، في الغلاف الجوي في فترة وجيزة نسبياً.

وقد صاحب زيادة ثاني أكسيد الكربون هذا انحباساً حرارياً بمقدار 5°م أثناء تحرر العالم من قبضة العصور الجليدية. ومن المعروف علمياً أن هناك العديد من الأسباب الأخرى وراء نهاية العصر الجليدي وارتفاع درجات الحرارة المترتبة عليه، إلا أن ثاني أكسيد الكربون قد لعب دوراً مهماً فيه، ومن هذا المنطلق فإن حجم مستوى التلوث الذي تسببنا بحدوثه خلال 200 سنة يمكن مقارنته بحجم التغيرات الطبيعية التي استغرقت آلاف آلاف السنين.

دور ثاني أكسيد الكربون في التحكم في درجة حرارة بعض الكواكب

كوكب المريخ



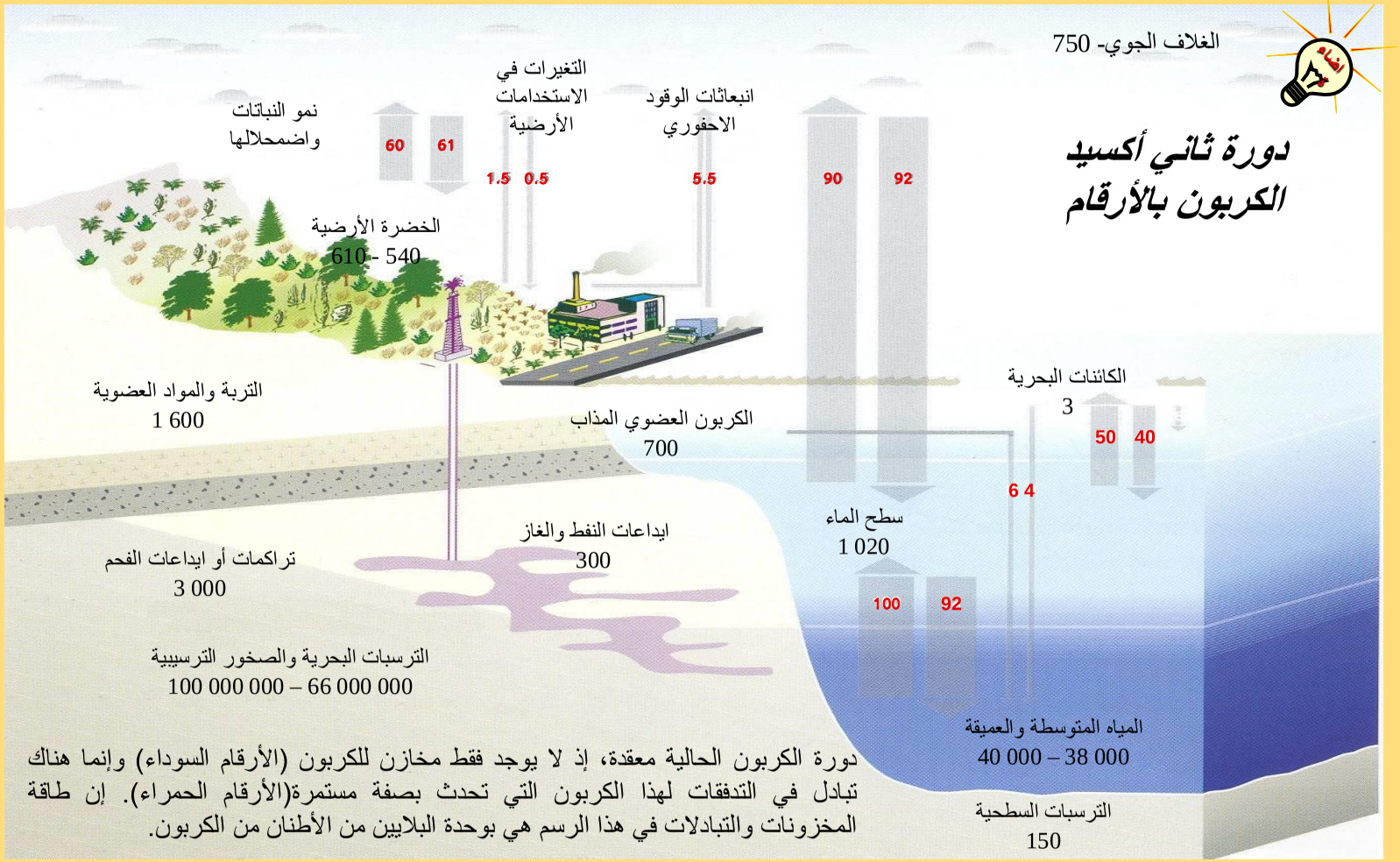
- غلاف جوي رقيق.
- تقريباً كل غاز ثاني أكسيد الكربون قابع في اليابسة.
- متوسط درجة الحرارة (- 50° م)

كوكب الأرض

- نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في جو الأرض هي 0.03%.
- متوسط درجة الحرارة (+ 15° م)

كوكب الزهرة

- غلاف جوي سميك يحوي 96% من غاز ثاني أكسيد الكربون.
- متوسط درجة الحرارة (+ 420° م)



دورة الكربون الحالية معقدة، إذ لا يوجد فقط مخازن للكربون (الأرقام السوداء) وإنما هناك تبادل في التدفقات لهذا الكربون التي تحدث بصفة مستمرة(الأرقام الحمراء). إن طاقة المخزونات والتبادلات في هذا الرسم هي بوحدة البلايين من الأطنان من الكربون.

4- نبذة تاريخية عن الانحباس الحراري

4-1 خلفية تاريخية

إن الانحباس الحراري، الذي يسبب دفء الأرض، هو من أكبر التهديدات التي تواجه البشرية، ولذلك فمن المهم فهم تاريخ هذه النظرية (نظرية الانحباس الحراري) والأدلة التي تدعمها. إن مشكلة الانحباس الحراري معروفة منذ مائة سنة تقريباً، ولكنها لم تؤخذ بجدية حتى نهاية الثمانينات، لأسباب قد تكون سياسية أو اقتصادية أو علمية!

لقد قام عالم سويدي يدعى سفانتي أرلينيوس Svante Avehenius بعمل رائد في عام 1896م، حيث تمكن من التوصل إلى أن النشاط الإنساني يمكنه فعلياً أن يتسبب في تسخين مناخ الأرض وذلك بإضافة ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوي حيث كانت هذه النتيجة مجرد استنتاج جانبي لبحثه، بينما كان هدفه الأساسي هو توفير نظرية تثبت أن خفض نسبة ثاني أكسيد الكربون يمكن أن يكون سبباً وراء حدوث العصور الجليدية، وهي نظرية مازالت قائمة حتى يومنا هذا.

لم يكن حتى عام 1987م عندما أثبتت نتائج فحص لب جليد فوستوك (Vustok Ice Core) في القطب الجنوبي الدور المهم الذي لعبه ثاني أكسيد الكربون الجوي في التحكم في مناخ الأرض في الماضي. ومع ذلك، لم يهتم أحد بالموضوع مما جعل أرهينيوس يتوجه إلى مسببات أخرى، وقد كان ذلك لأن علماء تلك الفترة شعروا أن هناك العديد من المؤثرات الأخرى التي تؤثر على مناخ الأرض، مثل البقع الشمسية ودورة المحيطات، حيث إن التأثيرات الثانوية التي يسببها الإنسان لا يمكن مقارنتها بالقوى الفلكية والجيولوجية الهائلة. ولقد تأثرت هذه الفكرة بدراسات قديمة تعود إلى الأربعينات من القرن العشرين مثل تطور إحدى النظريات التي تنص على أن تغير مسار الأرض حول الشمس ينتج عنه نمو واضمحلال العصور الجليدية العظيمة، أما الجانب الآخر من هذا النقاش فيتمثل في أن هناك كمية من ثاني أكسيد الكربون موجودة في المحيطات تعادل خمسين مرة تلك الكمية الموجودة في الغلاف الجوي، وكان يعتقد أن البحر يعمل كموازن حراري وبيئي ضخم، أي أن المحيطات يمكنها التخلص من التلوث الذي نسببه نحن البشر بفعل الغازات المنبعثة من المصانع ووسائل المواصلات وغيرها.

لقد انتشرت وجهة النظر هذه في أربعينات القرن العشرين عندما حدث تطور ملحوظ في التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء، وهي الطريقة التي كانت متبعة لقياس الأشعة ذات الطول الموجي العالي، إلا أن تجارب هذه الفترة أشارت إلى أن ثاني أكسيد الكربون يمنع الأشعة تحت الحمراء ذات الطول الموجي العالي (الأشعة الحرارية) المنبعثة من الأرض من الانتقال إلى الفضاء. ومع ذلك، فإن التجارب أظهرت أن هناك تغيراً بسيطاً في كمية الأشعة المحصورة إذا ما تضاعفت أو تناصفت كمية ثاني أكسيد الكربون، مما يعني أنه حتى الكميات القليلة من ثاني أكسيد الكربون يمكنها أن تحبس الأشعة تماماً مما يجعل إضافة المزيد من الغاز يحدث اختلافاً بسيطاً. إضافة إلى ذلك، فقد وجد أن بخار الماء، الذي هو أكثر وفرة من ثاني أكسيد الكربون،

له القدرة على حبس الأشعة الحرارية بنفس الطريقة التي يقوم بها غاز ثاني أكسيد الكربون مما يجعله أكثر أهمية.

في التجارب الأصلية تم استخدام الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر، ومع ذلك، فإنه كلما ارتفعنا علواً في الجو قل وزن الهواء، فانخفض الضغط الجوي، وهذا الانخفاض في الضغط يعني أن جزيئات الهواء تكون متباعدة مما يسمح للأشعة (الطاقة) بالمرور. ولذلك فإنه عندما تزداد كمية ثاني أكسيد الكربون، في الغلاف الجوي فإنها تستطيع أن تمتص أشعة حرارية أكثر. إضافة إلى ذلك، فإن الاعتقاد بأن بخار الماء يحتل أهمية أكثر من ثاني أكسيد الكربون قد تم دحضه عندما تم اكتشاف أن الطبقات العليا للغلاف الجوي جافة تماماً.

لقد تم دمج هذا العمل بواسطة الحسابات التي قام بها جلبرت بلاس Gilbert Plass في عام 1955م الذي استنتج منها أنه إذا ما وجدت كمية أكبر من ثاني أكسيد الكربون في الجو فإن ذلك يعني أن الغلاف الجوي يستطيع حصر كمية أكبر من الأشعة تحت الحمراء ومنع فقدها إلى الفضاء، وبذلك يسخن كوكبنا الأزرق (كوكب الأرض).

ولكن ما زال الجدل قائماً حول المحيطات وقدرتها على إذابة غاز ثاني أكسيد الكربون الزائد الذي ينتجه الإنسان. لقد ظهر أول دليل جديد في الخمسينات من القرن العشرين حيث أظهر أن معدل بقاء جزئ ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، قبل ذوبانه في البحر، يبلغ عشر سنوات، وبما أن انقلاب (Over-turning) المحيطات يستغرق عدة مئات من السنين فقد تم افتراض أن ثاني أكسيد الكربون الزائد يمكن أن ينحصر في المحيطات بصورة آمنة. ولكن روجر ريفل Roger Revelle، مدير معهد سكريبس (Scripps) لدراسة علم المحيطات في كاليفورنيا في الخمسينات من القرن العشرين، أدرك أنه من الضروري ليس فقط معرفة أن جزيئات ثاني أكسيد الكربون قد تم امتصاصها بعد عشر سنوات، ولكن السؤال عما يحدث بعد ذلك، وهل استقرت هناك أم انفصلت وعادت إلى الغلاف الجوي؟ وكم من ثاني أكسيد الكربون الزائد تستطيع أن تتحمله المحيطات؟ وتظهر حسابات ريفل أن تعقيد كيمياء سطح المحيطات يعيد بسرعة الكثير من ثاني أكسيد الكربون المعقد الذي يمتصه المحيط. كان ذلك إلهاماً ووحياً، فبسبب كيمياء المحيطات الفريدة، فإن المحيطات ليست حوضاً يمرر كل كميات ثاني أكسيد الكربون التي ينتجها الإنسان ($Anthropogenic\ CO_2$). ومازال هذا المبدأ قائماً على الرغم من أن تحديد كمية ثاني أكسيد الكربون الذي ينتجه البشر أو تمتصه المحيطات، لا يزال موضع جدل، ولكنه يقدر بحوالي ملياري طن، أي ما يقارب فقط ثلث المجموع السنوي من الإنتاج البشري لثاني أكسيد الكربون.

لقد جاء تشارلز كيلينج Charles Keeling، الذي عمل لدي روجر ريفل، بخطوة تالية نحو الأمام، وقد كانت مهمة بالنسبة لمشكلة الانحباس الحراري. ففي أواخر الخمسينات وبداية الستينات من القرن العشرين، استعمل كيلينج أحدث التقنيات الموجودة لقياس تركيز ثاني أكسيد الكربون الجوي في القارة القطبية الجنوبية (Antarctica) وفي مونالوا (Mauna Loa)، وأخذت منحنيات ثاني أكسيد الكربون الناتجة لدى كيلينج في الصعود منذ أول القياسات عام 1985م بشكل ينذر بسوء، وأصبحت تلك المنحنيات واحدة من أهم علامات الانحباس الحراري. لقد كان يتم

طرق تقدير مناخ الأرض في الماضي

إن تسجيلات درجات الحرارة الماضية، وكمية الغازات في الغلاف الجوي تغطي بضع مئات من السنين فقط. ويستطيع العلماء الإتيان بتسجيلات أطول بواسطة دراسة الظواهر الطبيعية التي تتغير بحسب تغير درجة الحرارة، وكذلك في التغيرات في الغلاف الجوي. وتعرف هذه التسجيلات بالتسجيلات "المفوّضة- Proxy". ومن ضمن الخصائص التي تم دراستها هي دراسة حلقات الأشجار، وفقاعات الهواء المحبوسة بداخل لب الجليد.

(أ) حلقات الأشجار- Tree Rings

كل حلقة في الشجرة تتناسب مع عمر الشجرة السنوي- فكلما زاد سمك الحلقة كان مدلول ذلك أن معدل النمو كان أسرع في تلك السنة. ويستطيع العلماء استخدام هذه الحلقات لتحديد السنوات الأسرع نمواً، في السنوات الأكثر دفئاً.

(ب) لب الجليد- Ice Cores

إن تحليل فقاعات الهواء في لب الجليد، وكذلك تحليل المرجان، والمواد العضوية البحرية القديمة، تكشف التغير في مستوى ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.

مقارنة كل الحقائق العلمية حول ثاني أكسيد الكربون الجوي المتزايد والانحباس الحراري المحتمل مع أبحاث نهاية الخمسينات وبداية الستينات من القرن العشرين. وحقيقة، نشر جلبرت بلاس مقالة علمية عام 1959م في مجلة "أميركا العلمية - Scientific America" معلناً فيها أن درجة حرارة الأرض سوف ترتفع حوالي 3°م مع نهاية القرن العشرين، ونشر محرر المجلة صورة مصاحبة لدخان فحم يتصاعد من بعض المصانع مع تعليق يقول: "إن الإنسان يفسد توازن العمليات الطبيعية بإضافة مليارات من الأطنان من ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوي في كل عام". وكان ذلك يشابه ما نُشر في آلاف المجلات، ونشرات الأخبار، والأفلام الوثائقية التي بدأنا نراها منذ نهاية ثمانينات القرن العشرين. لماذا إذن كان هناك تأخير بين علم الانحباس الحراري، الذي تم قبوله علمياً في أواخر الخمسينات، وبين الاعتراف بالخطر المفاجئ الحقيقي الذي يشكله الانحباس الحراري الذي أعلن عنه في أواخر الثمانينات؟

2-4 تأخر الاعتراف بنظرية دفء الأرض

إن السر في تأخر الاعتراف بخطر الانحباس الحراري يكمن في عدم اكتمال جمع نتائج درجة الحرارة المسجلة، حيث تم حسابها باستخدام درجات الحرارة المسجلة لليابسة ولسطح البحر. فمنذ عام 1940م حتى منتصف السبعينات من نفس القرن أخذ منحنى درجة حرارة الأرض طابع الهبوط والانخفاض مما أثار الجدل لدى العلماء حول ما إذا كانت الأرض على أعقاب العصر الجليدي التالي. وتفاقم هذا الخوف جزئياً بسبب الوعي المتزايد في السبعينات من القرن العشرين حول كيفية تنوع المناخات على الأرض في العصور السابقة. لقد أثار الموضوع المتفرع من دراسات المحيطات السابقة، من خلال دراسة رواسب أعماق البحار، إلى أن هناك 32 دورة جليدية وبين-جليدية (حارة- باردة)، على الأقل، في مليوني السنة والنصف الأخيرة، وليس أربعة ملايين كما تم افتراضها سابقاً. ولكن نتائج فواصل الزمن للبيانات المبكرة كانت عبارة عن نقطة معلومة واحدة كل ألفي سنة! مما يجعلها منخفضة جداً بحيث لا يمكن تقدير سرعة قدوم وذهاب العصور الجليدية، ولكن مدى انتظامها فقط. لقد دفعت تلك النتائج العديد من العلماء ووسائل الإعلام إلى إهمال الثورات العلمية في الخمسينات والستينات من القرن العشرين، معتمدين على برودة مناخ الكرة الأرضية حيث لخصها "بونت Ponte" كالتالي: منذ أربعينات القرن العشرين، والنصف الشمالي من الكرة الأرضية آخذ في البرودة بسرعة فائقة، وبدأ أثر ذلك يظهر في الولايات المتحدة بنفس الطريقة، حتى بدت وكأن كل مدينة قد التقطت بواسطة أيد ضخمة ونقلت نحو القطب الشمالي بحوالي 100ميل! وحذرت أكاديمية العلوم الوطنية عام 1975م بأنه إذا استمرت وتيرة التبريد هذه على هذا المنوال فإننا قد نشهد بداية عصر جليدي جديد. ويتبين لنا من هذا أن بعضنا قد يعيش ليرى حقولاً هائلة من الثلج باقية على مدار السنة في الأقاليم الشمالية للولايات المتحدة وأوروبا. ومن المحتمل أن نرى مجاعات عالمية خلال حياتنا، حتى خلال عقد واحد. فمنذ عام 1970م عانى نصف مليون إنسان في شمال أفريقيا وآسيا من المجاعة بسبب الفيضانات وموجات القحط التي سببها تبريد المناخ".

وحقيقةً، لم يأخذ منحنى درجات الحرارة السنوي على الكرة الأرضية في الصعود

بشكل جاد إلا مع نهاية ثمانينات القرن العشرين، وكل الأدلة التي تم نسيانها منذ نهاية الخمسينات وبداية الستينات قد بعثت من جديد، وأخذت نظرية الانحباس الحراري في استعادة نشاطها. إن أكثر المناصرين لفكرة الانحباس الحراري كانوا هم أنفسهم ممن عبروا عن قلقهم من العصر الجليدي وشيك الحدوث. وفي عام 1976م، أكد ستيفن شايدر (Stephen Scheider)، المتخصص في علوم المناخ، أن موجة تبريد الأرض قد بدأت، أما الآن فهو نفسه يتقدم جماعة المؤيدين لفكرة الانحباس الحراري!! ففي عام 1990م، صرح قائلاً "بأن معدل التغير (الانحباس الحراري) هو سريع جداً إلى حد لا أتردد في وصفه بأنه كارثة محتملة للأنظمة البيئية".

إذن، لماذا هذه الهستيريا؟ لقد وصف جون جريبون (John Gribbon) هذا التحول بكل دقة ولباقة فقال:

"كان من الممكن في عام 1981م التوقف للنظر بإمعان إلى البيانات المسجلة منذ عام 1880م حتى 1980م.... وفي عام 1987م تم تحديث بعض الأشكال والرسومات البيانية حتى عام 1985م، وذلك تحرياً للدقة بإضافة نصف عقد إلى البيانات المسجلة.... ولكن مع بداية عام 1988م فإن البيانات الخاصة بسنة واحدة فقط استحقت النشر في شهر أبريل، وذلك بعد آخر القياسات لعام 1987م بأربعة أشهر فقط. وقد أوضحت البيانات الرقم القياسي الجديد لمستوى درجة الحرارة التي تم تسجيلها. حتى هناك، فإن هنسن Hensen (يقصد بذلك جيمس هنسن، رئيس فريق الناسا الذي يعمل على دراسة تقلبات حرارة الأرض) وليبيديف Lebedeff كانا حذرين بخصوص وضع علاقة لتأثيرات الغازات الحابسة للحرارة، ولكنهما اكتفيا بقولهما على إنها مسألة تتجاوز هذا التقرير".

وفي خلال أربعة أشهر تمت طباعة بيانات عام 1987م، وتغير العالم مرة أخرى، وبعد بضعة أسابيع أخذ هنسن يُصرّح لمجلس الشيوخ الأمريكي بأن أول خمسة شهور من عام 1988م كانت أكثر حرارة من أي فترة أخرى منذ عام 1880م، وأن الغازات الحابسة للحرارة كانت تؤثر على الأرض".

يبدو أن موضوع الدفء العالمي، بشكل عام، قد تأثر بالارتفاع الحاصل في مجموعة بيانات معدل درجات الحرارة السنوية للكرة الأرضية التي كانت مفاجئة، لأنه في الثمانينات من القرن العشرين، كان العلماء ما زالوا يعتقدون بأن البيانات كانت خاطئة لأسباب منها: 1) أن العديد من محطات الرصد الأرضية كانت محاطة بالمناطق المدنية، وبذلك ارتفعت درجات الحرارة المسجلة وفقاً للتأثير الحراري في هذه المدن. 2) حدثت تغييرات في طرق قياس درجة حرارة مياه البحر بواسطة السفن. 3) ليس من الممكن التنبؤ بأن موجات البرودة والحرارة في السبعينات من القرن العشرين كانت جزءاً من التغير الطبيعي أو أن سببها هو النشاط الإنساني. ومع ذلك، استخدمت الهيئة العالمية البين- حكومية للتغيرات المناخية (IPCC) في تقريرها العلمي لعام 2001م مجموعة كبيرة من البيانات لتوضح بشكل أساسي أن التقلبات في درجات الحرارة صحيحة، وأن موجة الحرارة هذه قد استمرت حتى يومنا هذا. ونحن في الحقيقة نعلم أن عامي 1997م و 1998م كانا أكثر الأعوام حرارة، عند الرجوع إلى درجات الحرارة المسجلة.

إن التحسن والتقدم في بيانات معدلات درجات الحرارة السنوية للكرة الأرضية لم يكن هو السبب الوحيد لظهور قضية الانحباس الحراري، فخلال الثمانينات من القرن العشرين، كان هناك توجه مكثف نحو فهم التغيرات المناخية في العقود الماضية. إن أهم الانجازات في هذا المجال تمثلت في الحصول على قياسات المناخ السابق من خلال عينات صخور أعماق البحار وألباب الجليد، حيث ارتفعت النتائج الزمنية إلى معلومة واحدة، على الأقل، لكل عقد مضى، وأحياناً لكل بضع سنين. وبهذه الطريقة، تم إدراك الحقيقة بأن العصور الجليدية، أو فترات الجبال الجليدية، تستغرق عشرات الآلاف من السنين. والسبب الأساسي هو أن الغطاء الثلجي (Ice sheets) بطئ جداً في التكون، وهو بطبيعته غير ثابت، وعلى العكس من ذلك، فإن التحول إلى فترات أكثر دفئاً أو بين-جليدية، كوقتنا الحاضر، يحدث بسرعة فائقة جيولوجياً، أي في غضون ألفي سنة فقط. وسبب ذلك أنه بمجرد أن يبدأ الغطاء الثلجي بالانصهار فهناك عدد من العوامل التي تعجل هذه العملية مثل ارتفاع مستوى البحر الذي يمكنه أن يصدع ويدمر أغطية الثلج الكبيرة.

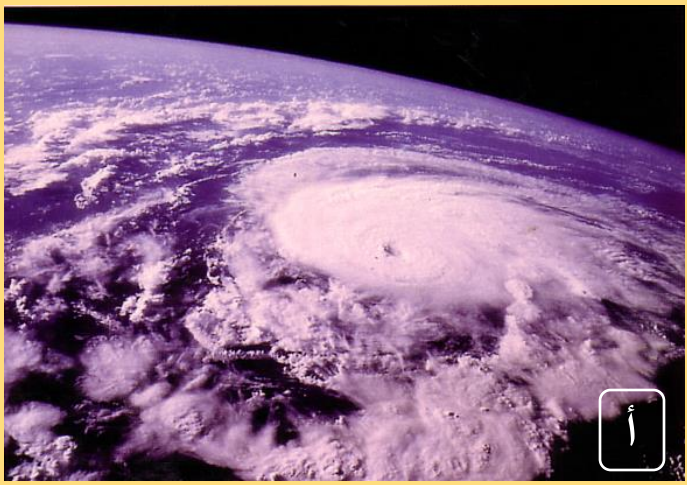
ماهي كمية الوقود المتبقية؟

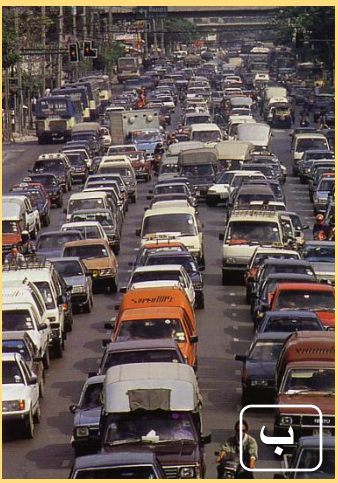
خلال المئة وخمسين سنة منذ بدء الثورة الصناعية، أطلقنا نحن البشر في الهواء الجوي حوالي 290 مليار طن من الكربون من جراء حرق الوقود الأحفوري، بما في ذلك 217 مليار طن منذ عام 1950م. وبصفة إجمالية هناك ما لا يقل عن 14 ضعفاً من الكربون (4000 مليار طن) مازالت مخزونة في باطن الأرض. وهناك اعتقادات بوجود حوالي 300 مليار طن فقط من الغاز الطبيعي والنفط، في باطن الأرض لذا فالخطر الحقيقي لمستقبلنا - وفقاً للدراسات التي قام بها بعض محللي المناخ - هو ما تبقى من احتياطي الفحم الذي قد يزيد غالباً عن 3000 مليار طن. والنوعية النادرة من الوقود الأحفوري، مثل الزيت الصخري (Oil Shales) ورمال القطران (الرمل القار Tar Sand) قد تضيف 700 مليار طن. ومع نفاد النفط، فإن الحكومات سوف تواجه خياراً قاسياً بين أمرين, وهما: إما استثمار مصادر طاقة عالية المحتوي في الكربون ، أو اتخاذ طريق مصادر طاقة منخفضة في اصدارها لغازات الكربون مثل مصادر الطاقة المتجددة (Renewable Energies) كطاقة الرياح، والشمس، والهيدروجين!

إن إدراك حقيقة أن الانحباس الحراري أسهل وأسرع بكثير من التبريد قد ساهم في اخماد فكرة العصر الجليدي المحتمل القادم. ومع تأثر الفترات الجليدية والبين- جليدية (Glacial-interglacial periods) في المليوني سنة ونصف الأخيرة بالتغيرات في مسار الأرض حول الشمس، فمن الممكن التنبؤ بموعد العصر الجليدي القادم، إن لم يكن هناك أي تأثيرات إنسانية. والحقيقة، أننا سوف لن نشهد عصراً جليدياً لمدة خمسة آلاف سنة على الأقل. إضافة إلى ذلك، فإن آخر الدراسات حول نتائج تحليل لب الجليد ورواسب وصخور أعماق البحار تشير إلى أن التغيرات المناخية الإقليمية، البالغة بضع درجات مئوية على الأقل، يمكنها أن تحدث في غضون عقود؛ فنظام المناخ الأرضي ليس هادئاً وإنما هو في غاية النشاط، وهو خاضع لتغيرات شديدة السرعة.

لذلك فإنه بدمج علم الانحباس الحراري، والارتفاع في مجموعة بيانات درجة حرارة الأرض، ومعرفتنا المتزايدة بكيفية ردة فعل المناخ في الماضي للتغيرات في نسبة ثاني أكسيد الكربون الجوي، والتفجر الهائل للحركة البيئية والسياسية في نهاية الثمانينات من القرن العشرين، نجد أننا نصل إلى قمة إدراك خطر الانحباس الحراري. ولكن من الذي ينتج التلوث؟ وما الدليل على الانحباس الحراري؟ وماذا ستكون تأثيراته على الكوكب؟ هذه كلها أمور سنتطرق لها لاحقاً.

دفء الأرض والأعاصير





من عواقب ظاهرة الدفء العالمي هو زيادة حدوث أعاصير وزوابع مدمرة (صورة أ)، حاضراً ومستقبلاً. فقد زادت حالات دمار الممتلكات بفعل العواصف والزوابع في الولايات المتحدة عشر مرات خلال الثلاثين سنة الماضية. ومن أسباب هذه الظاهرة الزيادة المطلقة في وسائل المواصلات، بسبب نفثها غازات الدفيئة (صورة ب) وحرق الوقود الاحفوري (صورة جـ).

5 - من المسئول عن دفء الأرض؟

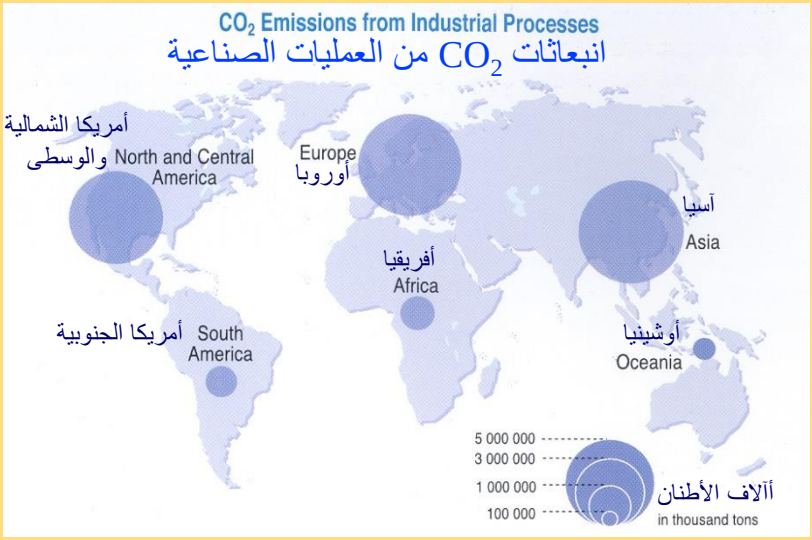
في شهر يوليو من عام 2001م، اجتمع رؤساء العالم في بون في ألمانيا، وأصدروا أول اتفاق علمي حول تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الكرة الأرضية. وعلى الرغم من ذلك، فإن هذا الاتفاق لم يضم الولايات المتحدة، كما أن مستويات ثاني أكسيد الكربون المقترحة هدفاً لتقليل نسبة التلوث الحراري كانت منخفضة جداً. إن انبعاثات الوقود الإحفوري (Fossil Fuel) غير موزعة بشكل متناسق حول العالم، بسبب التوزيع الصناعي غير المتساوي! فهناك كمية كبيرة من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون تأتي من إنتاج الطاقة، والعمليات الصناعية، والمواصلات. وحتى الآن هناك العديد من الدول التي تعتقد بأن الاتفاقية قد تؤثر على اقتصاد دول معينة أكثر من غيرها. إن الدول الصناعية الكبرى يجب أن تتحمل المسؤولية الكبرى في سعيها لتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، فكل من أمريكا الشمالية، وأوروبا، وآسيا تبعث بأكثر من 90% من ثاني أكسيد الكربون الذي يصدره الإنسان في العالم!

إن ثاني أهم أسباب زيادة ثاني أكسيد الكربون في الجو مرتبط بتغيرات استغلال الأراضي، وبشكل رئيسي قطع الأشجار من أجل الزراعة، والتعمير، وإنشاء الطرق؛ فعندما تقطع مساحات كبيرة من أشجار غابات المطر (rain forest) يقل تبعاً لذلك الغطاء الأخضر للأرض، ونتيجة لذلك تقل قدرتها على تخزين ثاني أكسيد الكربون الصادر من المصانع والطائرات والسيارات...الخ. إن من أهم النقاط التي تّم الاتفاق عليها في اتفاقية إطار عمل الأمم المتحدة للتغيرات المناخية ,عند انعقاد اجتماعها في بون سنة 2001م,هي أن تغيرات الأراضي التي تزيد من تخزين ثاني أكسيد الكربون يمكن أن يقابلها حصة (quota) الانبعاثات المسموح بها لدولة معينة. هذه الزيادات في تخزين الكربون في التربة تسمى بـ "ائتمان اعتماد الكربون Carbon Credit". فإذا استطاعت دولة ما تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تم الاتفاق عليها - ومازالت هي تمتلك اعتماداً أو ائتماناً زائداً من الكربون - فإنه بإمكانها أن تبيع مخزون الكربون الزائد لدولة لم تصل إلى هدفها بعد. فمثلاً، استطاعت الولايات المتحدة من أن تدفع للبرازيل لكي تعيد زراعة غابات المطر لتقليل نسبة ثاني أكسيد الكربون الجوي، مما قد يعني أن الولايات المتحدة لن تضطر لتقليل انبعاثاتها مثل البرازيل!

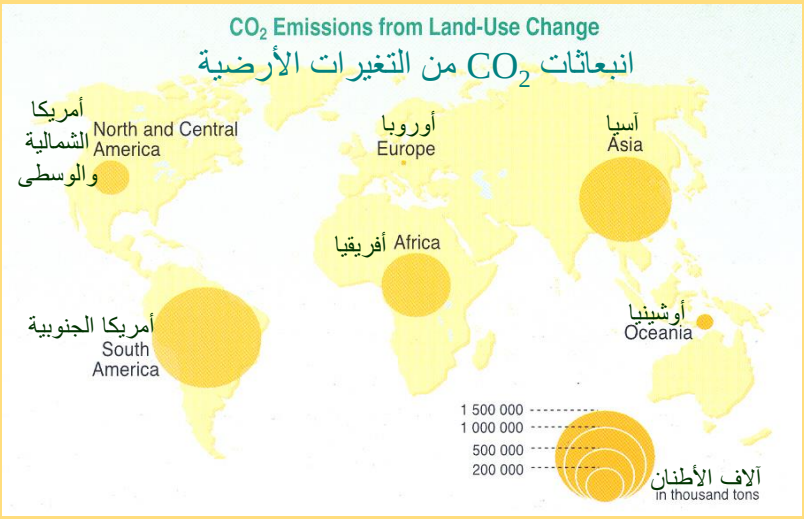
لقد قامت دول العالم الغنية والصناعية بإنتاج معظم الغازات الحابسة للحرارة التي ينتجها الإنسان، وذلك منذ بداية الثورة الصناعية في النصف الآخر من القرن الثامن عشر، لذا فالقضية الأساسية التي يدور حولها النقاش هي تقاسم المسؤولية؛ فالدول غير الصناعية تكافح من أجل زيادة مستوى معيشة شعوبها، وبالتالي فإنها ستزيد من انبعاثات الغازات الحابسة للحرارة، نظراً لأن التطور الاقتصادي له علاقة وطيدة بإنتاج الطاقة. وبذلك، فإن مستوى ثاني أكسيد الكربون سوف يرتفع في هذه الدول، وبالتالي عالمياً.

على الرغم من الجهود المبذولة لتقليل انبعاثات غاز ثاني اكسيد الكربون في الدول الصناعية إلا أن صراع الدول في تنمية اقتصادها وتوفير مستلزمات الحياة المريحة

انبعاثات CO_2 من العمليات الصناعية في قارات الأرض



يتم انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون، المسبب للدفء العالمي، عن طريق العمليات الصناعية. وهذا الانبعاث لا يتوزع بالتساوي في مناطق الأرض؛ فعلى سبيل المثال تنتج أمريكا الشمالية وأوروبا وأسيا 95% من هذا الغاز بسبب العمليات الصناعية!

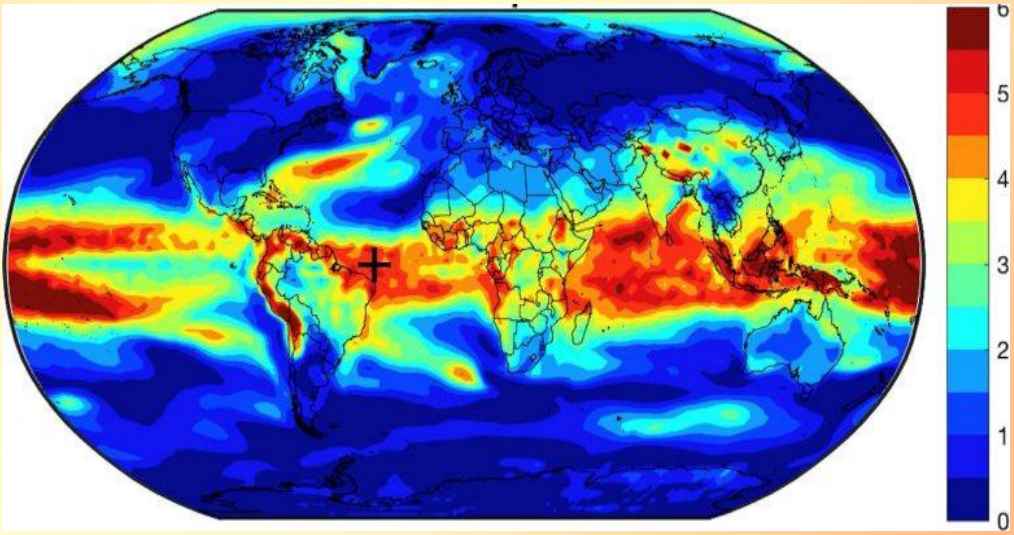


ونقيض ذلك، هناك 95% من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون تحدث في أمريكا الجنوبية، وأفريقيا، وأسيا بسبب التغيرات في الاستخدامات الأرضية. هذه التغيرات في الأساس هي ناتجة من إزالة الغابات للزراعة أو التوطين أو إنشاء الطرق.

لمواطنيها يعوق مثل هذه الجهود. مثلاً، تعتبر جمهورية الصين ثاني أكبر دولة تبعث غاز ثاني أكسيد الكربون في العالم إلا أن مستوى الانبعاث فيها ,بالنسبة لكل فرد,أقل عشر مرات عن تلك الصادرة من الولايات المتحدة، والتي تتصدر القائمة. وهذا يعني أن كل شخص في الولايات المتحدة ينتج ويلوث الهواء بثاني أكسيد الكربون أكثر بعشر مرات مما يلوثه الفرد في الصين.

لقد تأسست الهيئة العالمية البين-حكومية للتغيرات المناخية (IPCC) في عام 1988م، بالتعاون مع الهيئة البيئية للأمم المتحدة ومنظمة الأرصاد الجوية العالمية، والهدف من تأسيس هذه الهيئة هو التقييم المستمر لمعرفة الأحوال الأنية للمفاهيم المتعددة لتغير المناخ، وعلومه، وآثاره البيئية، والاجتماعية-الاقتصادية، واستراتيجيات الاستجابة لذلك.وتتميز الهيئة البين-حكومية للتغيرات المناخية (IPCC) بأنها أكثر الجهات تقنية، وعلماً, وسلطة للتحدث عن التغيرات المناخية، وإن آرائها كان لها عظيم الأثر على المتفاوضين في هيئة إطار عمل الأمم المتحدة حول التغيرات المناخية (United Nation Framework Convention on Climate Change - UNFCCC) وحول بروتوكول كيوتو Kyoto الذي من خلاله وضعت الاتفاقيات العالمية العامة لوقف التلوث بثاني أكسيد الكربون. أما الاجتماعات في كل من هاغ Hague، في نوفمبر 2000م، وفي بون Bonne في يوليو 2001م، فقد كانا ثاني وثالث المحاولات للتصديق على البروتوكولات المقترحة في كيوتو عام 1998م.

ويأسف البيئيون من قيام الرئيس الأمريكي جورج بوش بالانسحاب من المفاوضات في مارس 2001م وتكرر الانسحاب في عهد الرئيس ترامب، ولكن عادت الولايات المتحدة مؤخرا للالتزام بالاتفاقية في عهد الرئيس الحالي بايدن (عام 2021 م). ومع ذلك، قامت أكثر من 180 دولة أخرى بتغييرات مهمة في يوليو 2001م عن طريق الاتفاق على أكبر معاهدة متكاملة، وبعيدة المدى، يشهدها العالم.



خارطة توضح التغير في شكل الحرارة المكاني ، كنسبة مئوية، حيث يظهر بوضوح أن أكثر اختلاف مشهود هو عند خط الإستواء (6 %) و أقله عند القطبين.

https://scitechdaily.com/apparent-atlantic-warming-cycle-likely-an-artifact-of-climate-forcing-by-humans-and-volcanos/

التلوث ضريبة المدنية:

صورة تم التقاطها بالقمر الصناعي لإضاءات المدن على الكرة الأرضية حيث تّم تركيبها بعد تجميع سلسلة من صور الأرض في الليل لفترات طويلة الأمد.

ونرى بوضوح أن شرق الولايات المتحدة الأمريكية، وأوروبا، واليابان هي الأكثر إضاءة من الدول الأخرى. أما داخل قارة أفريقيا، وآسيا، وأمريكا الجنوبية، وأستراليا، وشمال أمريكا فهي مظلمة.

الغريب في الصورة هو امتلاء شبه القارة الهندية بالإضاءة رغم فقرها في انتاج الطاقة ومصادرها.

إن التمدن، والعيش الرغيد، وتوفير الطاقة للنمو الصناعي، والتقدم التقني سمة يجب أن تتحلى بها كافة الدول، ولكن ثمن ذلك هو الإضرار بالبيئة. إن الدول الأكثر تقدماً في الصناعة هي الأكثر مساهمة في تلويث البيئة.

6 - الدليل على دفء الأرض

6-1 تقلبات درجات الحرارة، والهواطل، ومستوى البحار على الأرض

من أهم الدلائل على الدفء العالمي وتعرضنا إلى الانحباس الحراري، أو ظاهرة الدفيئة، هو متابعة أرصاد درجات الحرارة المسجلة، ومستوى الامطار (أو الهواطل)، ومستوى سطح البحار. فلقد قامت الهيئة العالمية البين-حكومية للتغيرات المناخية (IPCC) بتجميع نتائج ورصد درجة حرارة الأرض – سطح الهواء، وكذلك حرارة سطح البحر (بالدرجات المئوية) منذ 1861م وحتى 1998م، ثم عرض هذه البيانات بنسبتها إلى متوسط درجة الحرارة بين عامي 1861م و 1990م. وعندها تّم ملاحظة ارتفاع مفاجئ في درجة الحرارة منذ بداية الثمانينات من القرن العشرين فصاعداً؛ إذ ارتفع متوسط درجة حرارة سطح الأرض بحوالي °0.3 م و °0.6م منذ نهاية القرن التاسع عشر، وحوالي °0.2م إلى °0.6م خلال الأربعين سنة الأخيرة، وهي الفترة التي وردت فيها أكثر البيانات المعتمدة. وكانت السنوات الأخيرة من أكثر السنوات ارتفاعاً في درجة الحرارة منذ عام 1860م، وهي الفترة التي توفرت فيها أجهزة القياس الدقيقة. وكان هذا الارتفاع واضحاً في درجات الحرارة المسجلة في كل من البحر والبر.

لم يكن الارتفاع في درجة الحرارة منتظماً عالمياً; فأعظم الارتفاعات في درجة الحرارة ,مؤخراً, كان بين خطي العرض °40 شمالاً و °70 شمالاً (شمال تركيا حتى أقصى شمال حدود روسيا والنرويج)، مع أن هناك بعض المناطق مثل شمال المحيط الأطلنطي قد شهدت انخفاضاً في درجة الحرارة في العقود الأخيرة! لقد اقترح بعض العلماء أن جزءاً من ارتفاع درجة الحرارة خلال الثلاثين سنة الأخيرة هو بسبب زيادة الطاقة الصادرة من الشمس (النشاط الشمسي) ولكن هذا لم يكن كافياً لشرح الارتفاع الملموس البالغ °0.5م، ومن هنا لدينا الدليل على الانحباس الحراري بفعل الإنسان!

لقد قضت الهيئة العالمية البين- حكومية للتغيرات المناخية (IPCC) العشر السنوات الأخيرة محاولةً جمع إحصاءات الهواطل والسواقط (كالأمطار والضباب وغيرها) حول العالم، ولكن -ممّا يؤسف له - أنّ إحصاءات الأمطار والثلوج ليست موثقة جيداً كدرجات الحرارة، ولا تعود إلى زمن بعيد، ولكن مع ذلك، استطاعت الهيئة أن تقارن التقلبات العامة للمتساقطات منذ القرن العشرين. ويبدو أن الهواطل قد ازدادت في الأراضي الواقعة على خطوط العرض الشمالية العالية في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، وخصوصاً خلال الموسم البارد، بينما حدث انخفاضاً في الهواطل بعد الستينات من القرن العشرين في المناطق الاستوائية من أفريقيا حتى إندونيسيا. وتتناسب هذه التغيرات مع القليل من البيانات حول التغيرات الحاصلة في تدفق الأنهار، ومستوى البحيرات، وسطح التربة. إن معدل المتساقطات فوق سطح الأرض قد ارتفع منذ بداية القرن لدرجة إن معدل المتساقطات فوق سطح الأرض ارتفع منذ بداية القرن حتى 1960م، ولكنه انخفض منذ حوالي 1980م ,ولكننا ما زلنا نجد فجوة هائلة في المعلومات المتوافرة لدينا،خصوصا المتساقطات فوق المحيطات.

كما قامت الهيئة العالمية البين - حكومية للتغيرات المناخية (IPCC) أيضاً بجمع كل

البيانات المتوافرة حول مستوى البحار التي أوضحت، بشكل عام، أنه خلال المائة سنة الأخيرة ارتفع مستوى سطح البحر، حوالي 10 إلى 25سم.

لقد تم اشتقاق التغيرات النسبية لمستوى البحر أساساً من بيانات قياسات المد والجزر. وفي نظام المد والجزر التقليدي، يكون مقياس مستوى البحر مرتبطاً بعلامة معينة ذات مقياس مد وجزر بناء على مقياس محدد من اليابسة. والمشكلة الأساسية هي أن اليابسة تشهد حركات عمودية مثل التخلص المستمر من الغطاء الثلجي، والهزات الأرضية، والترسبات في قاع البحار والبحيرات، وهذه الحركات تتضافر وتترابط لتؤثر في القياسات. ومع بعض الوسائل المتطورة لقياس آثار حركات الأرض العمودية على المدى الطويل، ومع فهم أفضل لإحصاءات قياس المد والجزر، فإن العلماء باتوا متأكدين من أن مستوى مياه المحيطات آخذ في الارتفاع. ولكن، من المرجح أن الزيادة في مستوى البحر قد بلغت 4 إلى 10سم خلال مائة السنة الأخيرة, وسببها الارتفاع في درجات الحرارة الأرضية. وتأسيساً على هذا المقياس الزمني فإن الارتفاع في درجة الحرارة، وما يلحقه ويعقبه من تمدد حراري للمحيطات، يمكن أن يؤثر بحوالي 2 إلى 7سم من الارتفاع الملحوظ لمستوى سطح البحر، بينما التراجع الملحوظ في كمية الثلوج وغطاء الجليد يمكنه أن يؤثر بحوالي 2 إلى 5سم، أما العوامل الأخرى فهي أكثر صعوبة في تحديد كميتها.

إن معدل الارتفاع الملحوظ في مستوى سطح البحر ينبئ بإنصهار الغطاء الجليدي الهائل الموجود في جرينلاند والقارة القطبية الجنوبية.وللأسف فإن الملاحظات المدونة حول الغطاء الجليدي لا تسمح حتى الآن بوضع تقديرات وكميات معقولة حول تأثير هذا الإنصهار منفردا، وعليه يبقى الغطاء الجليدي مصدراً أساسياً غامضاً لحساب التغيرات السابقة في مستوى البحر، وذلك بسبب البيانات غير الكافية حولها خلال المائة سنة الأخيرة.

2-6 انصهار الغطاء الجليدي

إن أحد أكبر مجاهيل الانحباس الحراري هو ما إذا كان الغطاء الجليدي الهائل على جرينلاند والقارة القطبية الجنوبية سينصهر أم لا؟

إن أحد أهم مؤثرات تمدد أو تقلص هذه الأغطية الجليدية هو مقدار ما يحيط هذه الأغطية من بحار؛ فحالة الطبقة الجليدية Cryosphere (جليد الأرض) هي في غاية الأهمية، فانصهارها يسبب ارتفاع مستوى البحر. إن انزياح أو انحسار، جليد البحارهو حقيقةً عبارة عن انصهار جزء من الجليد الذي ينغمر تحت البحر، وعليه فإنه لفهم تأثيرات ارتفاع مناخ الأرض العالمي على الطبقة الجليدية يتوجب علينا قياس كمية الجليد المنصهر في الأقاليم القطبية. وبمقارنة البيانات الواردة حول انحسار جليد البحار، التي تم تدوينها بواسطة جولات الغواصات بين عامي 1993م و 1997م وبيانات مشابهة تم تدوينها في الفترة من 1958م إلى 1967م، اتضح أن معدل انحسار الجليد مع نهاية الموسم قد انخفض بحوالي 4 أقدام (1.3م)، وذلك في أكثر مناطق المياه عمقاً في المحيط المتجمد الشمالي، ومن 10 أقدام (3.1م) في الفترة من 1958م إلى 1967م، و إلى 6 أقدام (1.8م) في التسعينات من القرن العشرين.

وباختصار، فإن انحسار أو تراجع الجليد في التسعينات من القرن العشرين يفوق 3أقدام تضاؤلاً في السماكة منه مقارنة بتراجعه قبل عقدين إلى أربعة عقود ماضية، وقد انخفض الانحسار الرئيسي من أكثر من 10 أقدام (3م) في بعض المناطق إلى أقل من 6 أقدام و 6 بوصات (2م) في مناطق أخرى، حيث بلغ مستوى الانخفاض حوالي – بصفة عامة - 40%. وبالإضافة إلى ذلك، ففي عام 2000م، ولأول مرة في التاريخ، تكونت فتحة كبيرة في جليد البحر الموجود في القطب الشمالي بحيث يمكن رؤيتها من الفضاء، مما يقدم لنا دليلاً آخر على أنّ درجة حرارة العالم في ارتفاع متزايد!

أما الدليل الآخر على الانحباس الحراري فإنه يأتي من المناطق الواقعة على ارتفاع عالٍ من سطح البحر، وكذلك على خط عرض عال، حيث تكون البرودة شديدة بحيث تتجمد الأرض صلابة إلى عمق كبير، وهذه الأرض المتجمدة تسمى بالجليد الدائم الدائم (Permafrost). وخلال أشهر الصيف فقط تدفأ الثلاثة الأقدام (1م) العليا الأولى بحيث تسمح لها بالانصهار، وتسمى هذه بالطبقة النشطة (Active Layer). وقد حدث بالفعل في ألاسكا انخفاض في درجة الحرارة بلغ 3°م للثلاثة الأقدام الأولى (1م)، على الأقل خلال الخمسين سنة الأخيرة، مما يظهر أن الطبقة النشطة أصبحت أكثر عمقاً. ومع الزيادات الهائلة المتوقعة مستقبلاً لثاني أكسيد الكربون في غلاف الجوي فإنه من الممكن جداً حدوث زيادات في سمك الطبقة النشطة الموجودة ضمن الجليد الدائم، أو اختفاء هذا الجليد تماماً من بعض المناطق، وذلك خلال القرن القادم.

إن هذا النقص والانحسار المتفاقم للجليد الدائم سوف يخلق العديد من المشاكل في المناطق المحلية، حيث إنه سوف يحفز من التعرية (Erosion) أو الترسب (Subsidence)، ويغير من العمليات المائية (الهيدرولوجية)، كما إنه سيتسبب في تحرير نسبة أكثر من ثاني أكسيد الكربون والميثان المحتجزان في الطبقات المتجمدة - وهما من المواد العضوية- وينطلقان إلى الغلاف الجوي. إن التغيرات في الجليد سوف تقلل من ثبات المنحدرات، وبذلك ستزيد من حدوث الانهيارات الثلجية. كما أن نشاط الغطاء الجليدي سوف يزيد من الأخطار التي تواجه الناس، وإتلاف المباني، وحلقات التواصل. كما أن الشوارع، و خطوط أنابيب النفط والغاز، ووصلات الاتصالات هي الاخرى مهددة في كل من ألاسكا وسيبيريا.

3-6 تغير الطقس

هناك الكثير من الدلائل عن حدوث تغير في أنماط الطقس؛ فخلال السنوات الأخيرة، اجتاحت عواصف عنيفة، وفيضانات تابعة لها، كلا من الصين، وإيطاليا، وإنجلترا، وكوريا، وبنغلادش، وفنزويلا، والهند، وموزمبيق. كما أنه كان شتاء 2000/2001م من أكثر الأشهر المسجلة رطوبة (مطراً) في بريطانيا منذ بدء الإحصاءات في القرن الثامن عشر. بالإضافة إلى ذلك، تعشش الطيور البريطانية مبكرة بمعدل أسبوعين عن الثلاثين سنة الماضية. كما إن فصائل الحشرات بما فيها النحل والنمل الأبيض، التي تحتاج في معيشتها إلى طقسٍ دافئٍ، أصبحت تتجه إلى الشمال، وقد بلغ بعضها إنجلترا قادمة من فرنسا. إن الجليد في أوروبا في تراجع، خصوصاً في جبال الألب في أيسلندا؛ فإحصاءات الغطاء الجليدي تظهر أن موعد الاعتدال الربيعي (21 مارس)

للنهر المتجمد يحدث الآن قبل شهر من الموعد المحدد مقارنة ببداية الإحصاءات في عام 1693م.

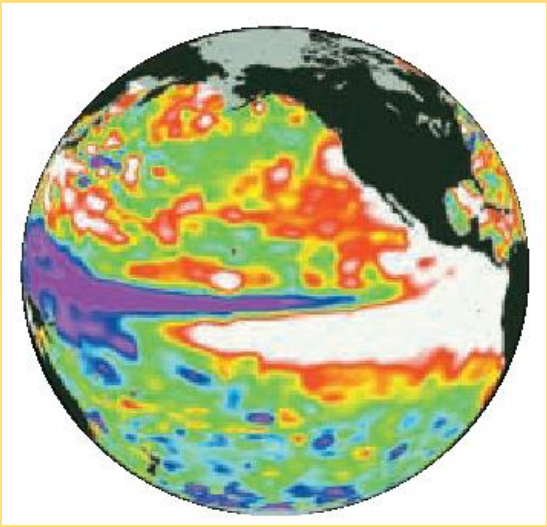
هناك أيضاً دليل على وجود عواصف أكثر في شمال الأطلنطي؛ فلقد تم رصد ارتفاع الموج في شمال المحيط الأطلنطي منذ بداية الخمسينات من القرن العشرين، وذلك بواسطة السفن الصغيرة ومحطات طقس المحيطات، ومؤخراً بواسطة الأقمار الصناعية. وبين الخمسينات والستينات من القرن العشرين زاد معدل ارتفاع الموج من 8 أقدام إلى 11 قدماً و6 بوصات (2.5 إلى 3.5م)، وكانت الزيادة بحوالي 40%. إن شدة العواصف هي المتحكم الرئيسي في ارتفاع الموج، لذا فهناك دليل واضح على زيادة كبيرة في التيارات البحرية وفي نشاط العواصف خلال الأربعين سنة الأخيرة. ولقد تم تأكيد هذا بواسطة حقيقة علمية مذهلة، فقد وجد العلماء ألآلمان أن أمواج المحيطات، التي تولدها العواصف وتصطدم باستمرار بسواحل أوروبا، تنتج اهتزازات ذات طول موجي عالٍ تقوم بالتقاطها أجهزة حساسة مصنوعة لتسجيل الهزات الأرضية، ومن هذه البيانات قاموا بحساب عدد أيام العواصف في شهر خلال فصل الشتاء. ويبدو أنه خلال الخمسين سنة الأخيرة ازداد عدد الأيام من 7 إلى 14 يوماً في الشهر، مما يقدم لنا دليلاً آخراً على أن العواصف قد أصبحت أكثر شدة وتكراراً في شمال المحيط الأطلنطي.

من الأخبار السارة هو أنهً لا يوجد حاليا دليل خلال المئة سنة الأخيرة على زيادة في عدد الأعاصير Hurricanes أو الزوابع العنيفة Cyclones، إلا أنه ومع ذلك، فقد ارتفعت خسائر الممتلكات في الولايات المتحدة وحدها إلى عشرة أضعاف تلك خلال الثلاثين سنة الأخيرة. ويعود السبب الرئيسي في ذلك إلى التركيز المتزايد في إنشاء ممتلكات قيمة وبنية تحتية في الأقاليم الساحلية المنخفضة.و مع زيادة الانحباس الحراري سوف يكون من السهل الوصول إلى درجات الحرارة الحرجة التي تتطلبها المحيطات لتكوين الأعاصير، بحيث تزود هذه الحرارة العديد من الاعاصير بطاقة أكبر لتتحرر بعدها باتجاه سواحلنا؛ فالبحر الكاريبي والولايات المتحدة في عالمنا "الحابس للحرارة" هما الأكثر عرضة لعواصف أكبر وأعنف.

4-6 تزايد تكرار تيارات "إل نينيو" (El Niño)

إن أحد أكثر العناصر أهمية وغموضاً في ظاهرة ارتفاع مناخ الأرض هو التبادل الدوري لاتجاه وتركيز تيارات المحيطات والرياح في المحيط الهادي، وتعرف بـ "إل نينيو" (المسيح الوليد بالأسبانية) حيث إنها تظهر عادة في فترة ذكرى عيد ميلاد المسيح عليه السلام، وتعرف هذه الظاهرة الآن بتقلبات إل نينيو الجنوبية (ENSO). وتحدث هذه الظاهرة بوضوح كل ثلاث إلى سبع سنوات، وتستمر من عدة أشهر إلى أكثر من سنة. لقد كانت تيارات إل نينيو التي حدثت في سنتي 1997م و1998م هما أشد ما تم تسجيله، وقد تسببت في حدوث جفاف في الولايات المتحدة الجنوبية، وشرق أفريقيا، والهند الشمالية، وشمال شرق البرازيل، وأستراليا؛ كما إنه اندلعت حرائق الغابات في إندونيسيا، وذلك بسبب حالات الجفاف الشديدة من وقع ظاهرة إل نينيو، بينما حدث عكس ذلك في كاليفورنيا، وأجزاء من جنوب أمريكا,

وسيريلانكا، ووسط أفريقيا حيث كان هناك أمطار غزيرة وفيضانات مدمرة. إن تقلبات إل نينيو الجنوبية (ENSO) هي التأرجح بين مناخين، الحالة الطبيعية وحالة إل نينيو. فقد تم ربط حالات معينة إلى إل نينيو بالتغيرات في فترات الرياح الموسمية، مثل العواصف وموجات القحط التي تسود العالم. كما ربطت حالة تقلبات إل نينيو الجنوبية أيضاً بموقع حدوث العواصف في المحيط الأطلنطي. ويعتقد الكثير بأن التقدبرات المحدودة حول مكان بلوغ الإعصار ميتش Hurricane Mitch لليابسة في 1998م كان بسبب عدم الأخذ بحالات تقلبات إل نينيو الجنوبية – انظر شكل (6-1).



شكل (6-1): صورة بالأقمار الصناعية لتسجيلات مستوى سطح المحيط الهادئ (الباسفيكي) في 10 نوفمبر 1997م، أثناء ذروة ظاهرة إل نينيو. ومن خواص هذه الظاهرة ارتفاع مستوى سطح البحر في الجانب الأمريكي الجنوبي في جنوب المحيط الهادئ (المناطق الحمراء والبيضاء) بينما يتدنى مستوى سطح البحر في الجانب الآخر (المناطق الزرقاء).

هناك أيضاً مخاوف من أن تقلبات إل نينيو الجنوبية قد تأثرت بظاهرة الانحباس الحراري؛ فهي من منطلق الرذم الطبيعي يجب أن تحدث مرة واحدة كل ثلاث إلى سبع سنوات، ولكنها حالياً تحدث كل ثلاث سنوات من أصل أربع، وهي الأعوام: 1991-1992م، 1993- 1994م، 1994- 1995م، ومرة أخرى في 1997- 1998م، محدثة فوضى عارمة في الطقس العالمي. ولقد قام العلماء في جامعة كولورادو بأمريكا بحفر لب من الشعب المرجانية في غرب المحيط الهادي الذي له أرشيف لدرجة حرارة سطح البحر إلى ما قبل 150 عاماً، أي قبل كثير من السجلات التاريخية. وتظهر درجة حرارة سطح البحر انحرافاً في تيارات المحيطات يصاحبها انحرافاً في مسار إل نينيو الجنوبية. و تشير الوقائع أن هناك تغييران أساسيان في تكرار وشدة حالات إل نينيو؛ فقد حدث التغير الأول في بداية القرن العشرين، من دورة تكررت كل 10 إلى 15 عاماً إلى دورة تكررت كل 3 إلى 5 أعوام! والتحول الثاني كان بداية حادة في عام 1976 عندما تغيرت التقلبات تغيراً ملحوظاً فأصبحت حالات إل نينيو أكثر شدة وتكراراً.

وتشير نتائج النماذج الرياضية, التي تأخذ في الحسبان كوارث وتقلبات الطقس العنيفة بسبب إل نينيو في السنوات القليلة الماضية, أن حالات إل نينيو المرتفعة يمكنها أن تحدث انحرافاً في أنماط الطقس بصفة دائمة، فمثلاً، يبدو أن الأقاليم الجافة في الولايات المتحدة من المحتمل جداً أن تتجه أو تمتد إلى الشرق.

إن حالات حدوث ظاهرة إل نينيو تحدث غالباً في المحيط الهادي، ولكن مع ذلك فإن تأثيرها يعم الكرة الأرضية، خصوصا مع تعرض الأرض إلى الإحترار العالمي (الدفء العالمي)، لذا فإن عواقب هذه الظاهرة سيكون أكثر انتشاراً وأكثر عموميةً. فحالات إل نينيو تؤثر في اتجاه الأعاصير Hurricanes والزوابع Cyclones، كما أنها تتسبب في جفاف المناطق في جنوب الولايات المتحدة الأمريكية، وشرق أفريقيا، وشمال الهند، وشمال شرق البرازيل واستراليا. أما الأمطار الغزيرة والفيضانات الرهيبة فإنها ستتمركز على كليفورنيا، وجنوب أمريكا، وسيرالانكا، وشرق وسط أفريقيا. وخير مثال على ذلك هو فيضان أفريقيا في عام 1998م حيث غرقت قرية برمتها بالقرب من مدينة جارسن Garsen بسبب فيضان نهر تانا Tana كما في الصورة أدناه (شكل 6-2).

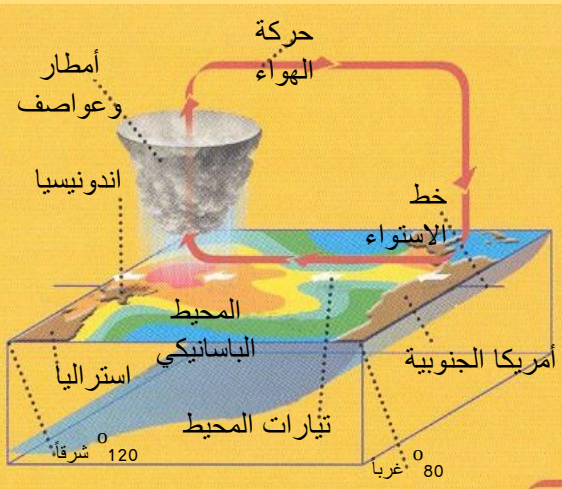
شكل (6-2) صورة لأثر الفيضان المدمر الذي أغرق احدى القرى في القارة الأفريقية في عام 1998م بسبب ظاهرة إل نينيو.

ما هي ظاهرة إل نينيو - Elniño

ظاهرة إل نينيو هي إحدى الدلائل العلمية على ترابط كوكب الأرض بالإضرار التي تجري في منطقة ما وتأثيرها على مناطق أخرى، هي ظاهرة توضح كيف أن التغيرات المناخية مرتبطة ببعضها البعض. وهي ظاهرة طبيعية عبارة عن انعكاس، أو انقلاب، دوري في الرياح وتيارات البحر عبر المحيط الهادي الاستوائي حيث يستمر ذلك لمدة تتفاوت من تسعة أشهر إلى سنة كاملة، وهذا بدوره يقوم بسحب نظم الأمطار من آسيا مسبباً في ذلك الجفاف في المناطق الرطبة بطبيعتها، مثل إندونيسيا وبعض أجزاء أستراليا. وفي الوقت الراهن، تشهد جزر البحر الجنوبي العواصف، رغم طبيعتها الهادئة، كما يحدث إثر ذلك عواصف وفيضانات في ساحل أمريكا المطل على المحيط الهادي الذي عادةً ما يكون جافاً جداً.

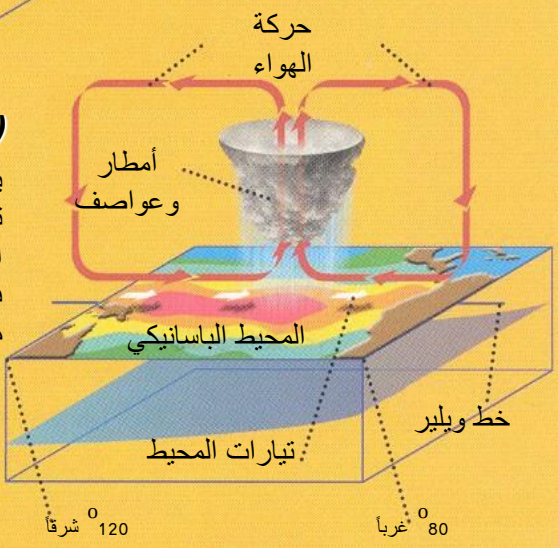
(أ) الظروف الطبيعية

تتدفق عادةً تيارات المحيط والرياح من الشرق إلى الغرب، أي من الأمريكيتين باتجاه آسيا، وهذا يسبب تراكماً للمياه الدافئة (تبدو في الرسم باللون الوردي) حول جزر إندونيسيا مثيرة بذلك حدوث أمطار غزيرة.



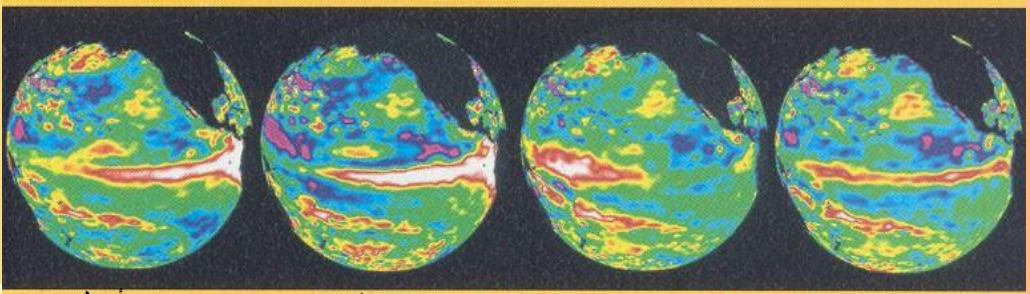
(ب) ظروف إل نينيو

يصبح الوضع "الطبيعي" غير ثابت حيث تنقلب أو تنعكس بعض تيارات المحيط السائدة مع اتجاه وتحرك المياه الدافئة (تبدو في الرسم باللون الوردي) شرقاً مصطحبة معها في ذلك الرياح والأمطار.



(ج) إل نينيو عام 1997م

الترتيب التالي يبين كيفية توزيع المياه الدافئة (وردي/أحمر)، من الغرب إلى الشرق عبر المحيط الهادي.



7 - عواقب وآثار دفء الأرض

إن انبعاثات الغازات الحابسة للحرارة التي ينتجها الإنسان، كما عرفنا ذلك من الفصول السابقة، قد بدأت تغير في مناخنا، ويتوقع منها أن تؤدي إلى تغيرات بيئية واجتماعية مهمة في القرن الواحد والعشرين, وما بعده. هذه التغيرات يحتمل أن يكون لها آثار واسعة في البيئة الطبيعية واقتصاديات الإنسان. لقد وضع العلماء تقديرات حول الآثار المباشرة والعواقب المحتملة على أجزاء مختلفة من مجتمعنا، ولكن على أرض الواقع قد تكون تلك العواقب أكثر تعقيدًا بسبب تعقيد أنظمة العالم السياسية والاقتصادية.

ولتقدير الآثار المحتملة، فإنه من الضروري تقدير شدة التغيرات المناخية وحجمها، خصوصاً على المستويات الوطنية والمحلية. لقد نشرت الهيئة العالمية البين-حكومية للتغيرات المناخية (IPCC) مؤخراً توقعاتها للتغيرات المناخية في الولايات المتحدة التي تتناول الآثار على أساس كل إقليم يلو الآخر. وعلى الرغم من التطور الملحوظ الذي أحرزه البشر في فهم النظام المناخي والتغيرات المناخية، إلا أنه يجب أن نتذكر أن انعكاسات التغيرات المناخية وآثارها لا زالت تحوي العديد من الفرضيات، خصوصاً على المستويات الإقليمية والمحلية.

7-1 صعوبة التخطيط للمستقبل

ولنتمكن من التنبؤ بآثار الانحباس الحراري، فإننا نحتاج لفهم دورة الكربون الحالية. إن دورة كربون الأرض شديدة التعقيد من حيث مصادر مغاطس أو مصارف ثاني أكسيد الكربون، والمخطط في صفحة 17 يوضح احتياطي الكربون العالمي بوحدة ألف مليون (مليار) طن، وتدفقه، أي الصادرات والواردات بوحدة جيجا طن (GTC/ Year-ج. ط. ك/ سنة) – كل جيجا طن يعادل ألف مليون طن. وتحتوي هذه المخططات على المعدلات السنوية خلال الفترة من 1980 وحتى 1989م، ولكن يجب التذكر بأن الدورات المكونة تم تبسيطها، وأن المخططات تستعرض فقط معدل القيم، فكمية الكربون الذي ينتقل بواسطة الأنهار -وخصوصاً الحصة التي ينتجها الإنسان- معروفة حالياً بشكل سطحي وهي غير ظاهرة هنا، والأدلة تتزايد على أن العديد من عمليات تبادل الكربون يمكن أن تتعقد بشكل ملحوظ من سنة لأخرى. وعلى العكس من مظهر التوازن الذي يتضح من خلال هذه المخططات، فإن نظام الكربون نشط ومتوافق مع نظام المناخ على الفترات الزمنية الموسمية، والسنوية, والعقدية. وأكثر المخططات المثيرة للاهتمام هو الذي يبين أن سطح المحيطات تستطيع أن تخزن فقط أقل من نصف ثاني أكسيد الكربون الناتج من الصناعة لكل سنة، ومع ذلك فهو يعتبر من المخططات المعروفة بشكل سطحي جداً، ولا زال هناك جدل كبير حول إذا ما كانت المحيطات ستتواصل كونها مصرفاً ضخماً للتلوث الذي تصدره أم لا.

إن إحدى أعظم المفاجآت، كما سنرى لاحقاً، هو ذلك الامتصاص الهائل غير المتوقع أبداً لثاني أكسيد الكربون الجوي بواسطة غابات المطر في الأمازون، و السؤال المهم هو، إلى متى سوف يستمر ذلك؟

وما يزيد الأمر تعقيداً هو أن هناك أيضاً آثاراً لغازات تعمل على تبريد المناخ –أي غازات وعوامل مبردة - وهي تضم كميات الدخان في الجو، التي يأتي بعضها من التلوث الإنساني، مثل انبعاثات غازات الكبريت من محطات الطاقة. إن لهذه الغازات تأثيرات مباشرة على كمية أشعة الشمس التي يتعرض لها سطح الأرض، كما أنها تعكس طاقة الشمس إلى الفضاء قبل أن تصل إلى الأرض. أما الأدخنة فلها آثارها المحلية والإقليمية الواضحة على درجة الحرارة. وفي الحقيقة، فقد قام مكتب المملكة المتحدة للأرصاد الجوية بوضع مخططات خاصة به في أجهزة الكمبيوتر تبين الانحباس الحراري، وقد شرح كيف أن المناطق الصناعية على كوكب الأرض لم ترتفع درجة حرارتها بمثل المقدار الذي كان يتوقع لها أن تكون في السابق؛ فبخار الماء غاز حابس للحرارة، ولكن في نفس الوقت - تعكس الطبقة البيضاء العليا للغيوم الأشعة الشمسية إلى الفضاء، وهذا الانعكاس يسمى بالانعكاسية أو الألبيدو (Albedo). إن للغيوم والثلوج قدرة عالية على عكس الأشعة الشمسية – أي معامل انعكاسيتها عالٍ - وعليه فهي تعكس كميات ضخمة من الأشعة الشمسية التي تصل إلى سطح الأرض، وإن توقع ما سيحدث لكميات وأنواع الغيوم، وحجم ثلوج الأرض في المستقبل، يترتب عليه صعوبات هائلة في حساب التأثير الفعلي للانحباس الحراري. فمثلاً، إذا انصهر الغطاء الجليدي القطبي، فإن انعكاس الأشعة بواسطة بياض هذا الجليد الذي له انعكاسية عالية (ألبيدو عالٍ) سوف يقل بصورة ملحوظة؛ فالمسطحات المائية تمتص الحرارة، بينما الثلج والجليد الأبيض تعكسها، وهذا سيؤدي إلى زيادة آثار الانحباس الحراري.

وثالث المشاكل التي تواجه التنبؤ بمناخ المستقبل هو التنبؤ بكمية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي سوف ننتجها في المستقبل، وسوف يتأثر مستوى هذا الانبعاث بالنمو السكاني، والنمو الاقتصادي، واستخدام الوقود الأحفوري، ونسبة التصحر، وكذلك على مدى قدرتنا للوصول إلى اتفاق عالمي لوقف الانبعاثات أم لا؟ لقد وضعت الهيئة العالمية البين- حكومية للتغيرات المناخية (IPCC) نموذجاً لأسوأ الأحوال في المستقبل وأفضلها. وأسوأ الأحوال تدل على زيادة بنسبة **220%** في ثاني أكسيد الكربون الجوي مقارنة بمستواه في فترة ما قبل الصناعة، وأفضل الأحوال هي زيادة بنسبة **75%** فقط!حتى وإن ثبتت أو انخفضت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي ينتجها الإنسان فإن مخزون ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي سوف يستمر في الازدياد حتى مائة سنة قادمة!

2-7 درجات الحرارة العالية ومستوى البحار في المستقبل

باختبار جميع الأحوال المحتملة حول انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لعام 2001م، وفقاً للهيئة العالمية البين - حكومية للتغيرات المناخية (IPCC)، فقد تم حساب متوسط التغير في درجة الحرارة العالمية لسنة 1990م حتى عام 2100م. وتظهر هذه النماذج المناخية أن متوسط درجة حرارة سطح الأرض العالمية يمكن أن ترتفع بحوالي 1.4°م إلى 5.8°م مع حلول عام 2100م. وإن أكثر المنحنيات ارتفاعاً تفترض تركيزات مستمرة من الهباء (Aerosol) لما بعد عام 1990م، وحساسية مناخية عالية، وزيادة بحوالي 5.8° م مع حلول عام 2100م، بينما أقل المنحنيات ارتفاعاً

تفترض تركيزات مستمرة من الهباء لما بعد عام 1990م، ولكنها أيضاً تفترض حساسية مناخية أقل بكثير وزيادة بحوالي °1.4م. إن ما يقلق حقا أنه لا زال هناك فرق في درجة الحرارة بحوالي °3.4م، في أكثر الافتراضات القائمة، على ما يعتقده العلماء من شدة حساسية النظام المناخي.

وباستخدام السيناريوهات المختلفة أيضاً لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون، قامت الهيئة العالمية البين-حكومية للتغيرات المناخية (IPCC) بعمل اسقاطات لمتوسط مستوى سطح البحر عالمياً حتى عام 2100م حيث أشارت النتائج إلى زيادة في متوسط مستوى سطح البحر عالمياً من 20 إلى 88 سم, وذلك بعد الأخذ في الحسبان مدى حساسية المناخ التي تم افتراضها ومعاملات انصهار الجليد واحتمالات انبعاثات الكربون. تجدر الملاحظة هنا بأنه خلال النصف الأول من هذا القرن، كان سيناريو خيار الانبعاث ذو أثر قليل على اسقاطات الزيادة في مستوى سطح البحر إذ إن معظم الزيادة في مستوى سطح البحر كانت للقصور الذاتي الحراري (Inertia) لنظام المحيط – الجليد - والغلاف المناخي. قد يكون حالياً تأثير الانبعاثات على زيادة مستوى البحار قليل نسبياً إلا أنه في الجزء الأخير من هذا القرن سيكون هذا التأثير كبيراً ومتزايداً، وذلك بسبب عدم التأكد والدقة من كيفية استجابة الغطاء الجليدي للحرارة الناتجة من هذه الانبعاثات الحابسة للحرارة. إضافة إلى ذلك، فإن مستوى البحار سوف يستمر في الزيادة لقرون عديدة فيما بعد عام 2100م، حتى وإن كانت تركيزات الغازات الحابسة للحرارة ثابتة آنذاك. إن ما لم تأخذه حسابات مستوى البحار في الحسبان هو الانصهار المحتمل للغطاء الجليدي، فإذا انصهرت كل الطبقات الجليدية، فإن إسهاماتها في رفع مستوى البحار ستكون على النحو التالي: انصهار جليد الجبال يساوي زيادة في مستوى البحر قدرها 30سم، وانصهار منطقة جرينلاند يساوي 7م، وانصهار الغطاء الجليدي الغربي للمحيط المتجمد الجنوبي يساوي 8.5م، وذوبان الغطاء الجليدي الشرقي للمحيط المتجمد الجنوبي يساوي 65م! إن ما يبعث القلق حقاً هو أن قياسات الأقمار الصناعية لوكالة ناسا الأمريكية لأبحاث الفضاء تشير إلى تقلص الغطاء الجليدي في كل من جرينلاند وغرب المحيط المتجمد الجنوبي. وعليه، فإذا كانت كمية الجليد المنصهر كبيرة جداً، فإننا سوف نشهد الكثير من المفاجآت التي يخبئها لنا المستقبل, ومن ضمنها اختفاء بعض الجزر, وربما بعض الدول!

3-7 السواحل

تتنبأ الهيئة العالمية البين-حكومية للتغيرات المناخية (IPCC) بأنه استناداً إلى مبدأ السيناريو المعروف بـ الأعمال الاعتيادية (أي الزيادة المستمرة في إحراق الوقود الأحفوري) فإنه يمكن لمستوى البحار أن يزداد بما قدره 20 إلى 88 سم خلال المائة سنة القادمة. وهذا يتوقف بشكل أساسي على التمدد الحراري للمحيطات. هذا الأمر يعتبر الشغل الشاغل لكل المناطق الساحلية، حيث إنه سوف يقلل من فاعلية الإجراءات الدفاعية ضد الفيضانات الساحلية، كما أنه يزيد من زعزعة الجروف والشواطئ الرملية؛ ففي بريطانيا والولايات المتحدة كانت الاستجابة لخطر ازدياد مستوى سطح البحر تتمثل في إضافة بضعة أقدام أخرى لرفع الأسوار البحرية حول الممتلكات

الساحلية، وعزل بعض الأراضي الفقيرة زراعياً بالقرب من البحر (حيث إنها لم تعد تستحق كلفة حمايتها)، وإضافة حماية قانونية أخرى للأراضي الطينية الساحلية.

أما بالنسبة لشعوب الجزر الصغيرة، مثل جزر المالديف في المحيط الهندي وكذلك جزر مارشال في المحيط الهادي، فإن زيادة مستوى البحر بمقدار 1م سوف يغرق حوالي 75% من اليابسة مما يجعل هذه الجزر غير صالحة للعيش، ومع ذلك يمكن لهذه الحقيقة أن تتخذ اتجاهاً آخر بالنسبة لشعوب الدول التي تطل معظم أجزائها على دلتا الأنهار مثل بنغلاديش، ومصر، ونيجيريا، وتايلاند. لقد خلص تقرير البنك الدولي لعام 1994م إلى أن النشاطات الإنسانية الأخرى على ضفاف الدلتا تزيد من تفاقم آثار الانحباس الحراري حيث أنها تسبب طمي تلك مناطق. وبالنسبة لجمهورية بنغلادش، فإن أكثر من ثلاثة أرباع البلاد يقع ضمن منطقة الدلتا المتكونة بواسطة التقاء روافد نهر الغانغ، وبرامايوترا، وميغنا. إن أكثر من نصف مستوى أراضي بنغلادش أقل من 5م فوق مستوى البحر مما يجعل حدوث الفيضان أمراً شائعاً، إذ غطى الفيضان ربع البلاد خلال الفترة الموسمية الصيفية، ولكن هذه الفيضانات كفيضانات النيل تجلب معها الحياة والدمار معاً، حيث يتدفق الماء فيغذي الطمي التربة. إن دلتا نهر البنغال يدعم أكثر مناطق العالم كثافة سكانية، ما يفوق 110مليون شخص في 140000كم^2، ولكن الفيضانات الموسمية أخذت تزداد سوءاً خلال تسعينات القرن العشرين؛ فكل سنة يصل إلى كل 100كم^3 من الماء العذب في دلتا نهر البنغال أكثر من مليار طن من الرواسب. وتقوم هذه الرواسب بموازنة التعرية التي تحدث لمنطقة الدلتا بواسطة العمليات الطبيعية والنشاط الإنساني. ومع ذلك، لقد تم تحويل نهر الغانغ Ganger River في الهند إلى قناة "هوجلي" Hooghly Channel لأجل استغلالها للري. إن انخفاض نسبة الرواسب تسبب انخفاض (خفقان Subside) منطقة الدلتا، وما يزيد من تفاقم هذه المشكلة هو استخلاص الماء العذب من الدلتا لاستخدامه لأغراض الزراعة أو للشرب. ففي الثمانينات من القرن العشرين، تم حفر 100 ألف بئر أنبوبي و 20 ألف بئر عميق مما زاد من كمية المياه العذبة المستخلصة إلى ستة أضعاف، وكان كلا المشروعين يهدفان إلى رفع مستوى المعيشة للناس الذين يعيشون في تلك الأقاليم، ولكنهما أنتجا خفقان وهبوط في أراضي الدلتا تصل إلى حوالي بوصة واحدة (2.5سم) لكل سنة، وهي تعتبر إحدى أعلى النسب في العالم.

لقد افترض تقرير البنك الدولي، بالاستعانة بأحد أسوأ احتمالات معدل خفقان أو هبوط الأراضي وارتفاع مستوى سطح البحر بفعل الانحباس الحراري، إنه مع حلول منتصف القرن الواحد والعشرين فإن مستوى البحر في بنغلاديش يمكن أن يزداد بما يعادل 1.8م، وقد افترض أن هذا سوف ينتج عن ذلك فقدان ما يصل إلى 16% من الأرض التي تؤمن الحياة لـ 13% من السكان وتنتج 12% من أموال الإنتاج المحلي الإجمالي الحالي (GDP) الذي لا يمكن لبنغلاديش الاستغناء عنه، وهذا الاحتمال لا يضع في الحسبان تدمير غابة المنغروف (Mangrove) والأسماك التى تتغذى على وجودها، كالربيان مثلاً. إضافة إلى ذلك، فإن تزايد المياه المالحة الداخلة على الأراضي سوف يزيد من إتلاف جودة المياه والزراعة. ومع أن بنغلادش تعتبر أسوأ حالة عالمياً، إلا أن هناك تغيرات مشابهة ملحوظة في كل أقاليم الدلتا الرئيسية.

أما نهر النيل فإنه يعتبر مثالاً آخر على السواحل المهددة، إذ يعتبر واحداً من أقدم المساحات المحروثة والمزروعة على سطح الأرض، وهو شديد الكثافة السكانية، حيث تصل الكثافة السكانية إلى 1600نسمة/كم^2، بينما تحيط الصحاري بالأرض الخصبة المنخفضة التي تغمرها مياه الفيضان، وهناك 2.5% من أراضي مصر، دلتا النيل ووادي النيل، هي فقط المناطق الملائمة لتركيز الزراعة فيها، بينما معظم قطاع الأرض، بعرض 50كم، على طول ضفة النيل, هي أقل من 2م فوق مستوى سطح البحر، وهذا القطاع محمي من الفيضان فقط بحزام رملي ساحلي عريض يبلغ من 1 إلى 10كم، تشكّل بواسطة تفريغ فرعي روست ودمياط لنهر النيل. إن تآكل الحزام الرملي الواقي لهو مشكلة حقيقية، ولقد زاد هذا التآكل منذ إنشاء سد أسوان جنوب مصر.

إن ارتفاع مستوى البحر قد يدّمر الأجزاء الضعيفة من الحزام الرملي، الذي يعتبر أساسياً لحماية البحيرات الضحلة والأراضي المنخفضة المستصلحة، وسوف تكون الآثار بالغة الخطورة من هذه الكارثة، فحوالي ثلث مصائد الأسماك في مصر توجد في البحيرات الضحلة (lagoons)، لذا فارتفاع مستوى البحر سوف يغيّر من جودة المياه، ويؤثر على معظم أسماك المياه العذبة، وسوف يغمر هذا الماء المالح الأجاج الأراضي الزراعية الغنية. كما إن بعض التجهيزات في المناطق المنخفضة في كل من الإسكندرية وبورسعيد سوف تكون مهددة هي الأخرى بالتلف بسبب الفيضان. كما أن مرافق شواطئ الاستجمام المهمة للسياحة سوف تكون معرضة هي الأخرى للخطر، بالإضافة إلى تلف المياه الجوفية بسبب تسرب الماء المالح لها. إن السدود، والتدابير الوقائية، ربما تمنع، على أكثر تقدير، الفيضانات التي يصل مستوى البحر فيها إلى 50سم، ولكنها من جانب أخر قد تسبب ملوحة شديدة في المياه الجوفية، ناهيك عن تأثير أضرار حركة الموج المتزايدة.

4-7 عواصف وفيضانات المستقبل

نحن نعلم من السجلات التاريخية أنه خلال فترات التغير المناخي السريع تصبح تقلبات الطقس غريبة ويزداد عدد العواصف. وأحد الأمثلة على ذلك هو العصر الجليدي الأصغر، الذي استمر منذ نهاية القرن السادس عشر حتى بداية القرن الثامن عشر، حيث طفى الجليد على نهر التايمز في لندن وصار متجمداً آنذاك. ومع ذلك، فإن ما لا يتذكره الناس هو أنه أثناء الولوج في العصر الجليدي الأصغر والخروج منه كان هناك بعض العواصف الغامضة؛ فمثلاً، مع ارتفاع درجة حرارة المناخ أخيراً في عام 1703م، أي مع نهاية العصر الجليدي الأصغر، كان هناك أسوأ العواصف المسجلة في التاريخ البريطاني حيث قضت هذه العواصف على حياة أكثر من 8000 شخص.

إن العواصف والفيضانات ما بين عامي 1951م و1999م كانت مسؤولة عن 76% من الخسائر العالمية المؤمن عليها، و 58% من الخسائر الاقتصادية، و52% من ضحايا الكوارث الطبيعية. وهناك دليل قوي على أن عواصف الأرض آخذة في الازدياد، مما ينتج عنها زيادة في الخسارة الاقتصادية والضحايا، خصوصاً أن الانحباس الحراري هو أمر سيء بالنسبة لعدد الأعاصير وشدتها. وحتى نتخيل قدر الأعاصير التدميرية

وقوتها، ففي شهر أغسطس من عام 1992م وقع الإعصار أندرو Hurricane Andrew في الولايات المتحدة مسبباً أضراراً جسيمة خسائرها المادية تقدر بحوالي عشرين مليار دولار. كما أنه في عام 1998م، وقع الإعصار ميتش Hurricane Mitch في أمريكا الوسطى وقضى على 20ألف شخص على أقل تقدير، وشرّد مليوني شخص آخرين، وأوقف النمو الاقتصادي للإقليم لعقود طويلة.

فالأعاصير، وأبناء عمومتها من الزوابع Cyclones والأعاصير الاستوائية Typhoons، تتشكل في المناطق الاستوائية عندما تكون درجة حرارة سطح البحر – على الأقل – 26°م إلى عمق 60م من السطح، وكل ما تحتاجه عندئذ مزيداً من الارتفاع في درجة حرارة سطح البحر تصل إلى 1°م، لخفض الضغط الجوي بشكل يكفي لبدء نشاط خلية تيارات الحمل، وهو عمود هواء يرتفع بسرعة جداً ويمتص الهواء الموجود عند سطح البحر، وينتج عند ذلك دوامة إعصار قوية جداً.

ومع تزايد الانحباس الحراري، الذي سيؤدي إلى الوصول إلى درجات الحرارة الحرجة في المحيطات بطريقة أسهل بكثير من السابق، فإنه ينتج عن ذلك أعاصير أكثر وذات طاقة أكبر تتعرض لها سواحلنا. إن توقعات مارك سوندرز Mark Saunders من مركز بنفيلد غريغ لأبحاث المخاطر Benfield Greig Hazard Research Center في لندن تدل على أنه بحلول عام 2050م سوف يكون من الممكن أن تزداد الأعاصير التي تتعرض لها السواحل بحوالي 50%.

ومما سبق نستنتج أن منطقة الكاريبي والولايات المتحدة وأمريكا الوسطى، في عالمنا الحابس للحرارة، هي مناطق أكثر عرضة للأعاصير العاتية العنيفة المتكررة. والمشكلة الإضافية هي أن اتجاه تلك الأعاصير صار يصعب التنبؤ به.

إن توقع حدوث إعصار جلبرت Hurricane Gilbert في عام 1988م كان دقيقاً للغاية حيث إنه عندما أصاب جامايكا، كانت عمليات الإجلاء نافعة، إذ مات فقط 44 شخصاً، وعند مقارنة ذلك باعصار ميتش Hurricane Mitch عام 1998م ,الذي كان بنفس حجم وقوة الإعصار جلبرت، حيث كان من المتوقع أن يتجه شمالاً، إلا أنه أربك العلماء واتجه غرباً بدلاً من ذلك، فأصاب أمريكا الوسطى، وكبّدها خسارة أرواح أكثر من عشرين ألف شخص!

ومستقبلاً، علينا تقبل حقيقة أن المناطق الساحلية سوف تكون معرضة بشكل أكبر للأعاصير، وأننا بحاجة إلى الاستعداد بقوة، لنواجه مستقبلاً عاصفاً. وقد يكون من غير الممكن، من الآن، البناء في مواقع أساسية معرضة للمخاطر بسبب دفء الأرض العالمي مثل ساحل فلوريدا، حيث يجب السماح لها بالعودة إلى الأرض الطينية، التي هي أفضل وسيلة دفاع طبيعية ضد غضب الإعصار.

5-7 التنوع البيولوجي

سوف يكون لظاهرة الدفء العالمي أثر ملحوظ في البيئة الطبيعية، ويتركز القلق في تأثيرها على التنوع البيولوجي أو الحيوي، حيث إن موقع كل نوع من النباتات يعتمد على درجة الحرارة ومنسوب المياه. ومن الأمثلة الجيدة على كيفية تأثير الدفء

التأثيرات البشرية في إنتاج غازات الدفيئة

لقد وضع علماء اللجنة العالمية بين الحكومية جدولاً للتغيرات المناخية (IPCC) لتحديد غازات الدفيئة الرئيسية، ومصادر إنتاجها، وجهد تدفئتها لكوكب الأرض حيث تمّ حساب ذلك بافتراض أن جهد ثاني أكسيد الكربون في تدفئة مناخ الأرض يساوي 1. لاحظ أن هناك غازات دفيئة أكثر خطورة من ثاني أكسيد الكربون ولكن تركيزاتها، لحسن الحظ، قليلة جداً في الغلاف الجوي كما هو مبين ادناه.

غاز الدفيئة	الصيغة الكيميائية	التركيزات قبل الفترة الصناعية	التركيزات عام 1994	المصدر البشري	جهد التدفئة العالمية
ثاني أكسيد الكربون	CO_2	278 ppmv	358 ppmv (زيادة30%)	الوقود الأحفوري، والمحروقات، وتغيرات في استخدام الأراضي، وإنتاج الأسمنت.	1
الميثان	CH_4	700 ppbv	1721 ppbv (زيادة240%)	الوقود الأحفوري، وحقول الرز، وأكوام مخلفات المواشي والدواجن والدواب	21
أكسيد النيتروز	N_2O	ppbv 275	311 ppbv (زيادة15%)	السماد، والعمليات الصناعية، والوقود الأحفوري، والمحروقات.	310
الكلوروفلورو كربون-12 (فريون 12)	CCI_2F_2	0	0.503 ppbv	سوائل التبريد والإسفنج	6600
الهيدروفلورو كربون-22 (فريون 22)	$CHCIF_2$	0	0.105 ppbv	سوائل التبريد	1350
بيرفلورميثان	CF_4	0	0.070 ppbv	إنتاج الألمنيوم	6500
هيكسا فلورايد الكبريت	SF_6	0	0.032 ppbv	سوائل العوازل الكهربائية	24,000

العالمي Global Warming على النباتات هو أثر المناخ الدافئ في الغابات؛ فالغابات الموسمية قد تتجه شمالاً إلى المواقع ذات خط العرض العالي لتحل محل الغابات الصنوبرية في مناطق عديدة. بذلك قد تظهر مشكلتان رئيسيتان من جراء هذا النزوح وما يلازمها من هجرات بيولوجية أخرى. الأولى هي إذا كان التغير المناخي شديد التسارع، فإن نزوح Migration الأشجار، الذي يستغرق العادة عقوداً طويلة، سوف لن يتمكن من مواكبة هذا التغير، وإن حدث ذلك، فقد تستبدل بعض الأصناف من الأشجار كلياً، معرضة بذلك التنوع البيولوجي للخطر في عدة أماكن. والمشكلة الثانية هي أن أصنافاً عديدة سوف تحاول الهجرة إلى مناطق يتحكم فيها التوسع المدني والزراعة، مما يخلق ذلك حاجزاً يمنع حركة الأصناف الرئيسية للاستجابة للتغير المناخي. ويشير نموذج شجرة الزان الأمريكي الشمالي أنه مع حلول عام 2050م قد يكون هذا الشجر قد اختفى من الولايات المتحدة ليتوجه، بعد ذلك، نموها باتجاه الشمال، وربما تحديداً إلى شمال شرق كندا.

الهجرة أو الموت ؟

نظرياً، تستطيع الكائنات الحية (Species)، والأنظمة البيئية(Ecosystems) الهجرة عندما يتغير المناخ، ولكن عملياً، هناك العديد من الكائنات الحية التي تواجه صعوبة في الحركة عندما يحدث التغير في بيئتها سريعاً. فالطيور، والحشرات الطائرة قد تستطيع الحركة بسهولة، بينما النباتات التي تتغذى عليها هذه الطيور والحشرات الطائرة لا تستطيع الحركة. إن الحيوانات والنباتات لا تحتاج إلى ظروف مناخية معينة لتتمكن من العيش فحسب، وإنما تحتاج كذلك إلى التربة، وإلى فضاء بعيد عن العمران البشري، وإلى ممرات في مناطق مناسبة للهجرة من خلالها.

وفي عالمنا هذا المزدحم، حيث الموطن الطبيعي مقسم إلى مدن وشوارع ومزارع، فإنه من المرجح أن تنشأ بعض الفصائل العدائية والمتكيفة تقوم باحتلال وغزو مناطق جديدة، مشكّلة بذلك نظاماً معيشياً هجيناً وجديداً New Mongrel Ecosystems في أراضي الأشجار الصغيرة غير

ستنقرض الفصائل الأخرى بكل بساطة. ومن الفصائل المهددة بالانقراض الغوريلا في جبال أفريقيا الوسطى، ودب الأنديز ذو العلامة اللونية المميزة، والنمر البنغالي، الموضوع تحت الحماية في مستنقعات المنغروف (شجر القرم) في سندربان Sundarbans المعروف بخليج البنغال.

كما يمكن للتغيرات المناخية والنباتية أن تحدث أيضاً في المناطق الجبلية؛ فالجبال تغطي حوالي 20% من قارات الأرض، وهي تعتبر مصدراً هاماً للماء الذي يرفد معظم الأنهار الرئيسية. إن إحصاءات النباتات والمناخ قد دلت على أنه خلال مراحل سابقة من ارتفاع درجة حرارة مناخ الأرض، انتقلت المساحات النباتية إلى ارتفاعات أعلى، مما نتج عنها خسارة بعض الأصناف والأنظمة البيئية. كما دلت بعض محاكات السيناريوهات لمواقع الجبال في المناطق الباردة على أن ارتفاع درجة الحرارة المتواصل يمكن أن يكون له نفس العواقب السابقة. إن الأصناف والأنظمة البيئية ذات المدى المناخي المحدود قد تختفي، كما أن مساحة وعمق الجليد، ومساحة الجليد الدائم، والغطاء الثلجي الموسمي سوف تنخفض كلها في معظم مناطق الجبال. كما أن التغيرات المصاحبة في نسبة الأمطار (الهواطل) يمكن أن تؤثر في ثبات التربة، وكلا الأمرين يمكنه أن يؤثر بشكل مأساوي في النشاط الاجتماعي – الاقتصادي، إذ بدأ تأثير ذلك بدأً من إجازات التزلج على الجليد, والزراعة، والطاقة المستحصلة من مساقط المياه، ووصولاً إلى وفرة الأخشاب الصالحة للتدفئة وللاستعمالات الأخرى.

ابيضاض وضياع لون المرجان

إن الارتفاع المفاجئ في درجة حرارة مياه البحر يسبب مقتل الطحالب التي تعطي للمرجان لونه.

إن المرجان ليس حجراً، بل إنه كائن حي يتكون من مستعمرات من الحيوانات اللافقارية الصغيرة. وعندما يموت المرجان فإن هيكله الحي يكوّن تشكيل الحيد البحري Reef، الذي ينمو عليه مرجاناً جديداً. وعندما يكون المرجان حياً فإنه يعتمد على الطحالب الدقيقة التي تعيش بداخله حيث إنها توفر معظم احتياجاته من الغذاء والطاقة - وكذلك اللون. ومن المعروف أن المياه الدافئة تقتل الطحالب مما يسبب ذلك فقدان المرجان للونه، وهذه الظاهرة تعرف بـ"الابيضاض- Bleaching".

إن الابيضاض من وقت لآخر، مع عودة اللون الطبيعي، هي سمة طبيعية للعديد من أماكن الحيد البحري للمرجان، ولكن إذا دام الابيضاض لأكثر من شهرين فإن المرجان يموت جوعاً، ومع موت المرجان يتهاوى بناء الحيد البحري بكامله! وقد حدث ذلك فعلاً في مساحات شاسعة من المحيطين الهندي والهادي في عام 1998م. ومع ضعف المرجان وموته، فإنه لا يمكن حماية السواحل من المّد المتزايد مضيفاً بذلك تأثيرات ارتفاع سطح البحر.

كما إن مواقع الشعب المرجانية هي أيضاً مهددة نتيجة ظاهرة الدفء العالمي. هذه الشعب هي موارد اقتصادية قيمة لصيد الأسماك، والاستجمام، والسياحة، والحماية الساحلية. إضافة إلى ذلك، فإن أماكن الشعب المرجانية هي إحدى أكبر المخازن العالمية للتنوع البيولوجي البحري، فهي ذات موارد لحظية ولا تنضب إن كانت بيئتها طبيعية ومتزنة. إن التكلفة العالمية لخسارة الشعب المرجانية تقدر بمئات المليارات من الدولارات في كل سنة. فقد شهدت السنوات القليلة الأخيرة تراجعاً لم يسبق له مثيل في سلامة هذه الشعب المرجانية؛ ففي عام 1998م، كانت عواصف "إل نينيو" مصاحبة لارتفاع ملحوظ في درجة حرارة سطح البحر، كما صاحبها كذلك تبييض الشعب المرجانية الذي يحدث عندما تكون الشعب المرجانية بعيدة عن الطحالب التي تعيش فيها، وتعتبر ضرورية لبقائها. ففي بعض الأقاليم، مات 70% من الشعب المرجانية خلال موسم واحد. كما حدثت كذلك زيادة مفاجئة في نوعية أمراض الشعب المرجانية حيث مات الكثير منها في فلوريدا وأجزاء كثيرة من إقليم البحر الكاريبي. بالإضافة لذلك، فإن تزايد تركيزات ثاني أكسيد الكربون الجوي قد قلّل من معدلات التكليس في بناء الحيود المرجانية البحرية منتجاً هياكل مرجانية أضعف، ومعدلات نمو منخفضة، وقابلية متزايدة للتعرية. وتدل النتائج المفترضة أن هذه الآثار قد تكون أكثر جسامة في أطراف توزيع الشعب المرجانية الحالية. ومما يؤسف له، فإن الدفء العالمي هو نذير سوء لمناطق الشعب المرجانية.

6-7 الزراعة

إن أحد أهم المخاوف المتعلقة بالتغير المناخي المستقبلي هو أثره في الزراعة عالمياً وإقليمياً. والسؤال الذي يطرح نفسه هو، هل يستطيع العالم تأمين غذائه تحت ظروف الانحباس الحراري المتوقعة مستقبلياً؟ إن توقعات إنتاج الحبوب لعام 2060م تدل على أنه لازال هناك افتراضات إذا ما كان تغير المناخ سوف يقلل أو يزيد من الإنتاج الزراعي العالمي. وتبين الفرضيات الموضوعة أنه من المتوقع لهذا التغير، على المستوى العالمي، أن يكون صغيراً أو متوسطاً، وهذا يخفي التغيرات الكبيرة التي سوف تحدث في أقاليم مختلفة (المستفيدة منها والخاسرة)، والدول الأشد فقراً – وهي أقل استطاعة لتحمل آثار التغيرات المناخية – هي التي سوف تكون خاسرة.

ونتائج هذه الدراسات تعتمد بشكل رئيسي على نماذج التجارة المفترضة وقوى السوق في هذه النماذج؛ فالإنتاج الزراعي لا يتعلق كثيراً بتأمين الغذاء لسكان العالم ولكنه على علاقة وطيدة بالتجارة والاقتصاد، لذا فإن لدى الاتحاد الأوروبي مخازن مليئة بالطعام، بينما العديد من الدول النامية الفقيرة تكتفي بتصدير المحاصيل، مثل السكر، والكاكاو، والبن، والمطاط، ولكنها لا تستطيع تأمين الغذاء الكافي لسكانها، وفي هذه النماذج – التي تحاكي المستقبل بالحاسوب – فإن الأسواق قد تعزز الفرق بين التأثيرات البيئية على الزراعة في الدول المتقدمة والنامية. وبالاعتماد على نموذج التجارة المستخدم، فإن المصدرين الزراعيين قد يجنون المال حتى ولو انخفضت الإمدادات وذلك نتيجة للأسعار العالمية المرتفعة عندئذ.

والعنصر الآخر غير المعروف هو مدى تكييف زراعة دولة ما؛ فعلى سبيل المثال،

تفترض النماذج أن مستوى إنتاج الدول النامية سوف يهبط أكثر مقارنة بالدول المتقدمة، لأن قدراتهم الافتراضية على التكيّف أقل من الدول المتقدمة، ولكن هذا مجرد فرضية أخرى ليس لها مثيل في الماضي!

وأحد الأمثلة على المشاكل الإقليمية الحقيقية التي يمكن أن يسببها ارتفاع حرارة مناخ الأرض هي مشكلة زراعة البن في أوغندا، حيث أن مجموع المناطق الملائمة للزراعة سوف تنخفض بشكل كبير إلى أقل من 10% مع ارتفاع في درجة الحرارة قدرها 2°م. إن المناطق الأكثر ارتفاعاً هي التي ستبقى قابلة للاستصلاح أما الأخرى فإنها ستغدو شديدة الحرارة بشكل غير ملائم لزراعة البن فيها، وهذا يوضح سهولة تعرض الدول النامية لآثار ظاهرة الدفء العالمي Global Warming، حيث أن اقتصادها يعتمد بشكل رئيسي على نوع أو نوعين من المنتجات الزراعية.

7-7 المياه العذبة

في أيامنا هذه، يشكل عدد السكان المتزايد، والكثافة المتزايدة في المناطق الحضرية، بالتحديد، عبئاً ثقيلاً على موارد المياه. وتداعيات التغير المناخي – بما فيها التغيرات في درجة الحرارة ومنسوب المياه، ومستوى البحر - هو حدوث عواقب متنوعة في وفرة المياه حول العالم. فمثلاً، التغيرات في مجاري الأنهار سوف يؤثر على كمية مياه الأنهار، ومخزون المياه الجوفية، وإمداداتها. كما أن زيادة نسبة البخر سوف تؤثر أيضاً على إمدادات المياه مما سوف يساعد على تملح الأراضي الزراعية المرتوية. أما زيادة مستوى البحر فقد يسبب غزو الملوحة للخزنات المائية الساحلية. إن ما يقارب 1.7 مليار شخص، أي ما يعادل ثلث سكان العالم، يعيشون في بلاد تفتقر للمياه؛ والدول العربية كلها فقيرة مائياً فقراً شديداً ماعدا العراق وسوريا ولبنان. وتوقعات الهيئة العالمية البين-حكومية للتغيرات المناخية IPCC تدل على أنه مع التزايد السكاني العالمي والتغير المناخي، وبافتراض طرق الاستهلاك المائي الراهنة، فإنه سوف يتعرض 5 مليار شخص (عدد سكان الأرض حالياً 6 مليار نسمة) لنقص المياه مع حلول 2025م! يبدو أن تداعيات وعواقب التغير المناخي كبيرة جداً في

تجربة برادة الحديد

نجح فريق عالمي من العلماء في "تخصيب أو تسميد - Fertilized"، منطقة محيط جنوب نيوزيلندا، وذلك بنشر ثمانية أطنان من برادة الحديد Iron Filings فوق مساحة مربعة طولها 8 كيلومتر. هذه البرادة أنتجت زيادة قدرها ستة أضعاف في نمو العوالق المائية Plankton، وهذه تبلغ ستة أضعاف التي انتشرت على منطقة شاسعة واستمرت لعدة أسابيع. وكلما نمت العوالق كلما امتصت كمية أكبر من ثاني أكسيد الكربون من الماء حيث يؤدي ذلك إلى زيادة قدرة المحيط على امتصاص كمية أكبر من ثاني أكسيد الكربون من الهواء ليعوض ما فقده. وكانت نتيجة هذه التجربة انخفاض في كمية ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي! ومن أجل زيادة فعالية هذه التجربة فإنه يتطلب تكرار هذه العملية على فترات منتظمة.

الدول التي تستخدم نسبة عالية من المياه تفوق تقريباً الإمدادات المتوافرة. إن الأقاليم ذات إمدادات المياه الوفيرة سوف تحصل على أكثر مما تحتاجه مع هذا التزايد الضخم للفيضانات. وتتنبأ نماذج الحاسوب بهطول أمطار أشد غزارة، ولهذا مشاكل عديدة منها فيضانات شديدة في أوروبا. ومن الغامض والمتناقض، أن الدول شحيحة المياه والواقعة في الفقر المائي المطلق - 100متر مكعب لكل فرد سنويا (مثل تلك التي تعتمد على تحلية المياه كدول الخليج العربي) - قد لا تتأثر نسبياً. إنها تلك الدول التي تتوسط الحالتين التي ليس لها تاريخ أو بنية أساسية حول التعامل مع نقص المياه، هي التي سوف تكون الأشد تأثراً؛ ففي آسيا الوسطى وشمال أفريقيا وجنوب أفريقيا سوف يتناقص فيها مستوى الأمطار، وستتراجع جودة المياه فيها بشكل كبير من خلال ارتفاع الحرارة والأنهار الجارية الملوثة، وبذلك سيسود القحط الشديد أفريقيا، والفيضانات العنيفة أوروبا، أما الولايات المتحدة وجنوب شرق آسيا فستكون من ضمن المناطق المعتدلة في المستقبل!

صحاري الأمازون

تشير الدراسات في مكتب الأرصاد البريطانية إلى أنه مع تزايد الحرارة والجفاف في البرازيل فقد تندلع إثر ذلك الحرائق الهائلة في هذه الغابات الممطرة دون أن تتمكن من العودة لما كانت عليه آنذاك. ومع انحسار الغطاء النباتي، فإن الإقليم سوف يستمر في الجفاف بينما سوف تتآكل التربة الرقيقة، وستكون النتيجة تحول هذه الغابات لما يشبه الصحراء.

فقدان التنوع البيولوجي

إن انقسام المَواطِن أو المحميات في غابات الأمازون المطيرة قد بات يهدّد العديد من الفصائل؛ فالتغير الكلي في المواطن، مثل التصحر، سوف يقضي على المزيد من تلك الفصائل.

فقدان الغابات المطيرة

لقد قلل النشاط الإنساني من غابات الأمازون المطيرة وأدى ذلك إلى انحسار هذه الغابات، وبذلك زادت نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. وإن اختفت كل الغابات فإن درجة حرارة الأرض سوف ترتفع بمقدار ˚2م (3.6 ف).

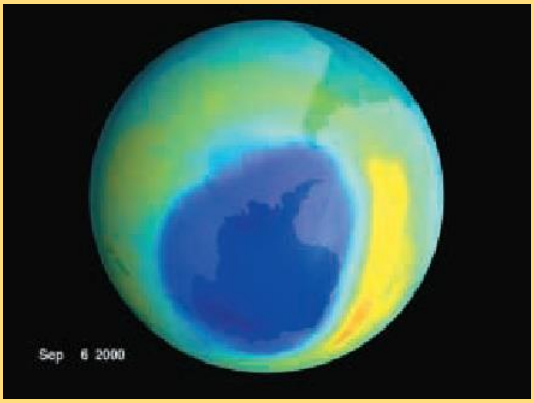
8-7 الأمراض

يتأثر انتشار العديد من الأمراض المعدية بالعوامل المناخية؛ فالجراثيم الخبيثة والكائنات الحية الناقلة للأمراض تكون حساسة لدرجة الحرارة، وسطح الماء، والرطوبة، والرياح، ورطوبة التربة، وتغير توزيع الغابات. وهذا ينطبق تحديداً على الأمراض المحمولة التي تحملها كائنات حية أخرى، مثل الملاريا الذي تحمله حشرة البعوض. لقد تبين أن التغير المناخي وشكل الطقس المتغير قد يؤثران طولاً وعرضاً على مدى حدود، وكثافة، وموسمية العديد من الأمراض المحمولة وغيرها من الأمراض المعدية. وعموماً، فالزيادة في الدفء والرطوبة نتيجة الانحباس الحراري سوف تزيدان كثيراً من انتشار الأمراض وتحدث الكوارث الصحية.

الجدير بالذكر أن قدرتنا في السيطرة على الأمراض سوف يتغير أيضاً، فهناك تطعيمات جديدة أو مطورة من المتوقع أن يتم اكتشافها، ويمكن التحكم في بعض أصناف الكائنات الحية الناقلة للأمراض باستخدام المبيدات، ولكن هناك أيضاً فرضيات ومخاطر أخرى قد تعترضنا، فمثلاً، استخدام المبيدات الطويلة المدى يولد أجيالاً مقاومة تقضي على العديد من مضادات الحشرات. وأهم الأمراض المحمولة هي الملاريا؛ فهو مسؤول عن إصابة ملايين من البشر عالمياً، مما يعادل ضعف سكان الولايات المتحدة. وجرثومة البلازموديوم فيفاكس وبعوضة الملاريا هما عنصران ناقلان، وهما كائنان حيان التي يسببان الملاريا. وكلنا يعلم أن ارتفاع درجة الحرارة والتغير في منسوب المياه هي أهم العناصر المناخية التي تؤثر على احتمال نقل الملاريا من تجمعات البعوض. إن مخاطر الملاريا يجب أن يتم تفسيرها على أساس الظروف البيئية المحلية، وآثار التطورات الاجتماعية الاقتصادية، وبرامج أو إمكانيات مكافحة الملاريا؛ فحدوث الإصابة هو أمر حساس للتغيرات المناخية في المناطق التي في جنوب شرق آسيا، وأمريكا الجنوبية، وأجزاء من أفريقيا. سوف يوفر الدفء العالمي الظروف الملائمة للبعوض، وللمرة الأولى، لوضع البيض في جنوب إنجلترا، وأوروبا، وشمال الولايات المتحدة!

رقم قياسي لثقب الأوزون على القطب الجنوبي

لقد سجل ثقب الأوزون على القطب الجنوبي رقما قياسيا، وذلك في 6 سبتمر 2000.

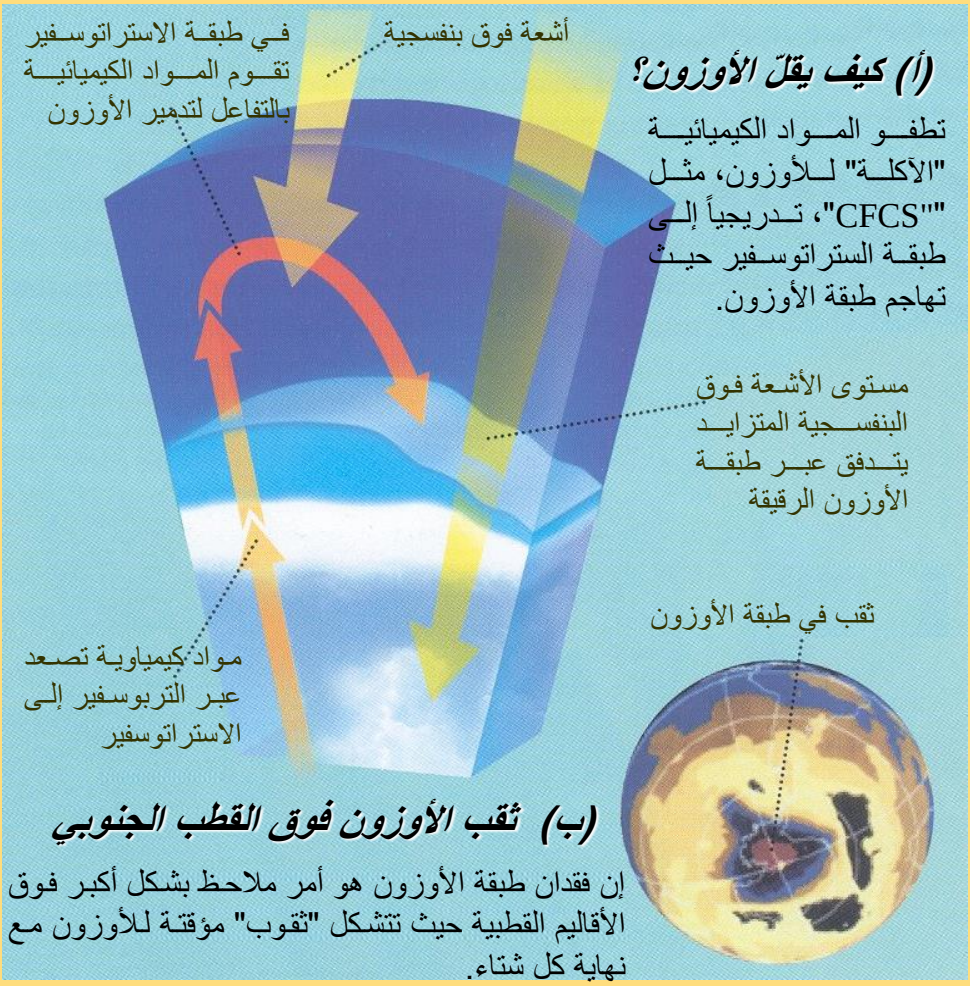


فقد بلغت مساحة الثقب 38.3 مليون كم مربع (أكبر من مساحة مملكة البحرين بحوالي 60000 ألف مرة أو أكبر من مساحة الولايات المتحدة الأمريكية بحوالي 3 مرات).

المساحات ذات اللون الأزرق ترمز إلى مستويات عالية من تآكل طبقة الأوزون. وكلنا ندرك الآن الإرتباط بين الأوزون والتغير في مناخ الأرض.

9-7 تغيرات في طبقة الأوزون

في جزء من الاستراتوسفير (الجزء الأعلى من الغلاف الجوي على ارتفاع حوالي 25-30كم) تحمي طبقة الأوزون سطح الأرض من الأشعة فوق البنفسجية الضارة، القادمة من الشمس. وهناك بعض المركبات الكيميائية، من صنع الإنسان، تحتوي على الكلورين Chlorine والبرومين Bromine، قد تنطلق عالياً لتصل إلى طبقة الاستراتوسفير، حيث تقوم بعد ذلك بتدمير طبقة الأوزون. وممّا يؤسف له، أنه كلما كانت طبقة الأوزون أقل سماكة كلما سمحت لمزيد من الأشعة فوق البنفسجية باختراقها والوصول إلى التربوسفير (الجزء الأسفل من غلافنا الجوي - الطبقة التي فيها الغيوم والسحاب وعناصر الجو الأساسية) مما لذلك أثر بسيط على ارتفاع درجة الحرارة. وبعض هذه المواد الكيميائية تعتبر من الغازات الحابسة للحرارة لتزيد بذلك من دفء الأرض، وهذه المركبات تتلف طبقة الأوزون، وذلك عن طريق أسر وحبس الحرارة بالقرب من سطح الأرض، وبذلك تقوم هذه الغازات الحابسة للحرارة بتبريد طبقة الاستراتوسفير، مهيأة بذلك الظروف المثالية لتدمير أكثر للأوزون (شكل 7-9).



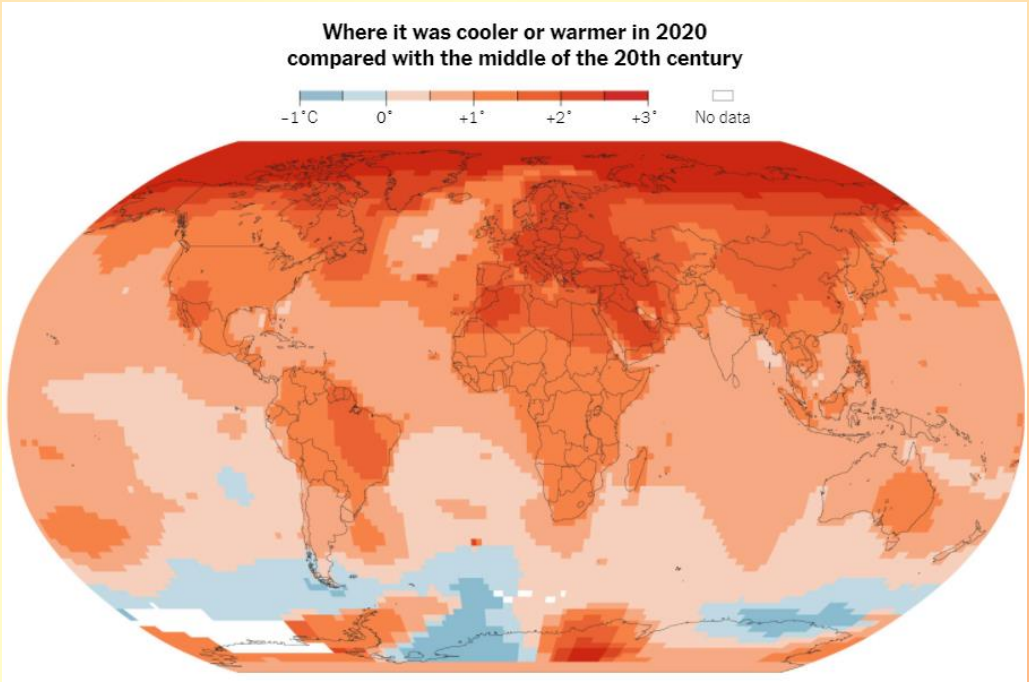
شكل (7- 9) : آلية تآكل طبقة الأوزون في الجو.

10-7 زيادة ثورات البراكين

إن الدفء العالمي سيتسبب، كما أشرنا إلى ذلك سابقاً، في زيادة حالة التطرف الجوي، أي ستزداد المناطق الممطرة أمطاراً أكثر والجافة جفافاً أكثر. ومؤخراً جداً اكتشف علماء البراكين أن الأمطار الغزيرة يمكنها استثارة أخطر أنواع الثورات البركانية المسمى "انهيار القبة"؛ الأمر الذي قد يساعد على التنبؤ بموعد ثوران البراكين التي تسببت في وقوع أكبر عدد من الوفيات على مدى قرن من الزمان.

ونقلت مجلة نيوساينتست عن أدريان ماتيوس من جامعة شرق إنجليا قوله إن الثوران البركاني الذي وقع على الجزيرة يوم 29 يوليو2001م جاء بعد أن ضرب إعصار باري الاستوائي الجزيرة. ويرى ماتيوس أن الأمطار ربما لعبت دورا في استثارة براكين أخرى أيضا .

وقال العلماء إن آخر ثلاث ثورات بركانية حدثت بجزيرة مونتسيرات في الكاريبي لها علاقة بالمناخ, وجاءت في أعقاب أمطار غزيرة أدت إلى انهيار قبة الحمم البركانية المدفوعة من باطن الأرض. ورغم وجود علاقة إحصائية بين أكثر أوقات العام هطولا للأمطار وبين ثورات براكين جبل إتنا وجبل سينت هيلينز إلا أن العلماء يقولون إن العلاقة ليست قطعية بعد .وقالت روزاليند هيلز من مكتب الإحصاء الجيولوجي الأميركي في فرجينيا إن حساب هطول الأمطار كعنصر أساسي يزيد من دقة التنبؤ بثورات البراكين، لكنها أضافت أن الأمطار لن تكون هي سبب استثارة كل بركان. ولا يعلم العلماء كيف تزيد الأمطار الغزيرة من انهيار قبة البركان وحدوث انفجار هائل، لكنهم يشتبهون أن الأمطار تتسبب بطريقة ما في خلخلة القبة.



تشير بعض التقارير أن درجة حرارة سطح الأرض قد إزدادت 1.2°C منذ عام 1880 م؛ وحسب الخارطة فقد وصلت الزيادة إلى حوالي 3°C في بعض المناطق مثل دول الخليج العربي و الأقطاب بينما هناك انخفاض في المحيط الهادي بمقدار 1°C-.

https://www.nytimes.com/article/climate-change-global-warming-faq.html

8 - تفسير فلكي للتغيرات المناخية الدورية

تناول الدكتور عبدالقادر عابد، من قسم الجيولوجيا بالجامعة الأردنية، موضوع التغيرات المناخية سابقاً وحاضراً ومستقبلاً، مستنداً بذلك إلى المراجع المهمة، وكذلك بعض الأحاديث النبوية، وإنني هنا أوجز بعض ما عرضه، لما لذلك من فائدة لعموم الناس.

8-1 وصف مسألة التغير المناخي

ساد الأرض في ملايين السنوات الماضية من تاريخها تعاقب نوعين من أنواع المناخ. أحدهما بارد، وندعوه "الفترات الجليدية" حيث درجة الحرارة أدني بشكل واضح مما هي عليه الآن، وثانيهما دافئ حيث درجة الحرارة مثل ما هي عليه الآن، أو أعلى من ذلك بقليل، وندعوه "الفترات الدافئة" أو "بين - الجليدية". وقد أدى المناخ البارد في الفترات الجليدية إلى أن يكون الهطول على شكل ثلوج في شمال الأرض وجنوبها وعلى الجبال العالية بحيث غطى الجليد في هذه الفترات الجليدية أكثر من 30 مليون كيلو متر مربع "مساحة الجليد" من سطح الأرض، ومعظمها كان نحو خطوط العرض الشمالية. وأنخفض سطح البحر لأكثر من 100م عن مستواه الحالي بحيث كانت بريطانيا وفرنسا متصلتين براً، بعد أن اختفت القناة الإنجليزية. وكانت الجزر الإندونيسية حينها متصلة مع قارة أسيا براً، واختفى مضيق "برنغ" لتتصل أسيا وأمريكا الشمالية براً، بمعنى أن اليابسة تزداد مساحتها على حساب البحار والمحيطات. ثم تأتي فترة دافئة بعد ذلك فيذوب معظم الجليد، وتعود المياه إلى المحيطات، ويرتفع سطحها من جديد، وقد صاحب هذه التغيرات الدورية تغيرات واضحة في مواقع وجود أشكال معينة من الكائنات الحية على القارات وفي المحيطات.

وقد أوضحت الدراسات الجيولوجية في قارتي أوروبا وأمريكا الشمالية أن الفترات الجليدية والدافئة قد تكررت أربع مرات، أي أنه قد حدثت أربع فترات جليدية مفصولة بأربع فترات دافئة في ملايين السنوات الماضية من تاريخ الأرض. وقد كانت الفترة الواحدة تدوم مئة ألف سنة في الفترات القصيرة أو أربعمائة ألف سنة في الفترات الطويلة، هذا على اليابسة. غير أن الدراسات الأحدث التي أجريت على رسوبيات قيعان المحيطات, حيث السجل الصخري مكتمل وغير ناقص، قد أوضحت دون شك أن الفترات الجليدية والدافئة قد تعاقبت 20 مرة، أي أن هناك 20 دورة مناخية في الفترة ذاتها.

8-2 محاولات للتفسير

يقول الباحث أنه بدأت دراسات الرسوبيات الجليدية على اليابسة في أوروبا وأمريكا الشمالية منذ القرن التاسع عشر، والمتتبع للتاريخ الجيولوجي في هذا الموضوع يجد فيه العديد من الفرضيات التي وضعت في محاولة لتفسير مناخ العصور الجليدية كما وصفناه قبل قليل.

ومن ذلك ,على سبيل المثال, "الفرضية السديمية" التي تقضي بمرور سديم بشكل دوري بين الأرض والشمس يؤدي إلى إنقاص كمية الإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض في الفترات الجليدية، ثم تعود الأرض إلى الدفء بعد ذهاب هذا السديم! ولم تصمد هذه الفرضية للنقاش العلمي إذ ليس من السهل أن نأتي بسديم بشكل منتظم كما وصفناه، كما أن التاريخ الجيولوجي الطويل للأرض لا يوحي بذلك.

ومن الفرضيات أيضا ,الفرضيات البركانية التي تقضي بوجود ثوران لبراكين في الفترات الجليدية يؤدي رمادها المتناثر في جو الأرض إلى إنقاص الإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض. ولكن الواقع الجيولوجي في العصور الجليدية لا يؤدي ذلك لأن الصخور البركانية يمكن تأريخ أعمارها بدقة بالنظائر المشعة، ولم يتم اثبات أن البراكين كانت تثور فقط في الفترات الجليدية.

ونكرر هنا أنه لم يصمد من بين جميع تلك الفرضيات حتى الآن غير فرضية واحدة هي فرضية ميلانكوفيتش Milankovitch، التي تفسر مناخ العصر الجليدي، والدورية فيه، بالتغيرات المنتظمة في مدار الأرض، وميل محورها، أي أنه فسّرها فلكياً، كما سيرد أدناه.

3-8 التفسير الفلكي- فرضية ميلانكوفيتش

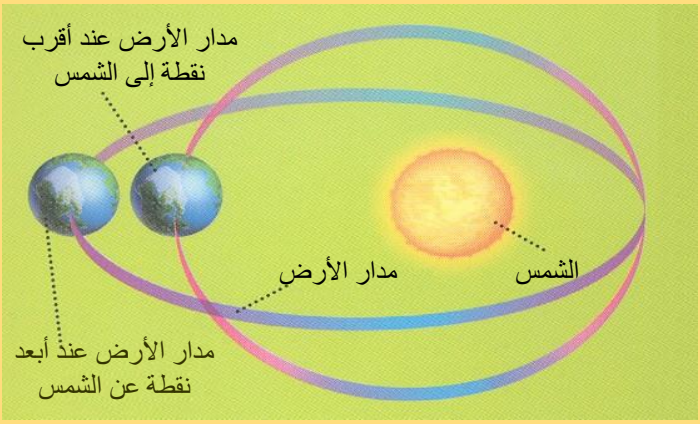
وضع عالم الرياضيات التشيكي "ميلوتين ميلانكوفيتش Milutin Milankovitch"، فرضيته المشهورة في كتابه الذي صدر عام 1941م، بعنوان"Magnum Opus" حيث ضمنه النموذج الرياضي، والحسابات التي وضعها لحساب العلاقة بين المتغيرات الفلكية وتراكم الجليد أو ذوبانه. ولم يكن ميلانكوفيتش أول من دعا إلى مثل هذه الأفكار فقد سبقه خلق كثير، غير أن عمله كان أوفاها وأكثرها قربا من الواقع، لذا عرفت الفرضية باسمه واشتهرت بذلك. وحددت الفرضية ثلاث خصائص دورانية للأرض تتغير بشكل دوري منتظم - أي إلى فترات زمنية منتظمة التكرار.

ويبدو أن هذا التغير الدوري المنتظم ناتج عن علاقات الجذب المتبادل بين الأرض والشمس والقمر، وبشكل أقل بين الأرض والكواكب الأخرى. هذه الملاحظة الأخيرة منسجمة مع الدراسات الفلكية الحديثة التي دلت على أن بقاء محور الأرض عبر تاريخها الطويل مائلاً بمقدار 23.5 درجة تقريباً عن مستوى دورانها مرده, وبدرجة كبيرة, لوجود القمر كجرم كبير نسبياً بجانب الأرض، ولولا ذلك لكان ميل محورها متغيرا بشدة تصل إلى 85 درجة، ولأصبحت المناطق المدارية مناطق قطبية باردة، ولأصبحت التغيرات المناخية شديدة التفاوت، ولأصبحت الحياة على الأرض في أوضاع كارثية في فترات دورية قصيرة نسبياً عبر تاريخها.

التغيرات الفلكية الدورية للأرض

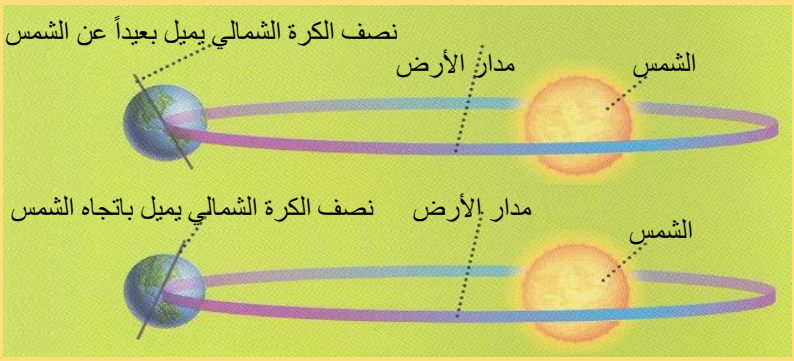
(أ) مدار الأرض البيضاوي - Elliptical Orbit

نعلم أن مدار الأرض بيضاوي بعض الشيء، فالتغيرات في شكل مدار الأرض البيضاوي (الشواذ، أو الحيود في كروية الدوران حول الشمس - Eccentricity)، مع مرور الوقت يسبب تغيرات دورية في مناخنا. فكل دورة لهذا التغير مدتها 100ألف سنة، وهي متزامنة مع التغيرات الجليدية الرئيسية المهمة.



(ب) تباكر وتبادر مبادرة الاعتدالين - Precession of the Equinoxes

وهذه دورة طبيعية تتكرر كل 23 ألف سنة حيث يكون، في كل مرة، نصف الكرة الشمالي من الأرض في أبعد نقطة له من الشمس ثم يدنو مرة أخرى، وهذا يؤثر على تراكم وذوبان طبقة الجليد على الأرض.



(ج) الميل المحوري Axial Tilt

يتغير ميل محور الأرض الذي تدور عليه الأرض خلال دورة تبلغ 41 ألف عام، وهذا يحدث تأثيراً على شدة وحدة الفصول التي نشهدها.

4-8 خصائص الأرض الدورانية المتغيرة دورياً

أ- الشذوذ في مدار الأرض حول الشمس (Eccentricity) أو الاقتراب والابتعاد عن الشمس:

لا يبقى مدار الأرض حول الشمس ثابتاً بالضبط كما هو طوال الوقت بل يتغير بين صفر تقريباً (لا شذوذ)، إلى 0.06 (الشذوذ الأقصى)، وهذا يحدث كل 100 ألف سنة، في المعدل، مع نبضتين واضحتين كل 99 ألف سنة و 123 ألف سنة. وقد دلّت الحسابات الفلكية أن نبضات مركبة لها تحدث أيضاً كل 400 ألف سنة، وأقل من ذلك كل 1.30 مليون سنة إلى 2 مليون سنة، ولا نحتاج هنا إلى تفسير كيفية تأثير الشذوذ في المدار على مقدار التغيرات في الإشعاع الشمسي الذي يصل الأرض (ارجع إلى فقرة الإضاءة في الصفحة السابقة)

ب- تغير ميل محور الأرض (Obliquity):

نعلم الآن أن ميل محور الأرض على مستوى دورانها هو 23.5° تقريباً، غير أن مقدار الميل هذا ليس ثابتاً أبداً بل يتغير بشكل دوري، بين حد أدنى هو 22°، وحد أقصى هو 24.5°، وتدوم هذه الدورة 41ألف سنة. ويبرز تأثير هذه الخاصية في مناخ المناطق الواقعة في شمال وجنوب الأرض - أي عند خطوط العرض العالية التي تقع على خط عرض أكبر من 40° شمالاً أو جنوباً، وتشترك معها خاصية شذوذ المدار.

ج- تقدم الاعتدالين (Precession):

تشير هذه الخاصية إلى الكيفية التي يلف أو يدور Spinning بها محور الأرض، فلا يشير إلى نقطة واحدة في الفضاء بل يكون "أهليليجياً". فهو الآن يشير إلى نجم القطب الشمالي، وقد كان يشير قبل قرابة 4000 سنة إلى نجم الثعبان. ويتراوح معدل هذه الدورة بين 18 ألف سنة و 22 ألف سنة، ونتيجة لذلك، فإن نقطتي الاعتدال الربيعي والخريفي تدوران على دائرة البروج حتى تعودا إلى ما كانت عليه كل 20 ألف سنة, وهو متوسط الرقمين السابقين. وكلنا يعرف علاقة الاعتدالين بمناخ الأرض، وبخاصة المناطق المدارية، وبتوزيع الإشعاع الشمسي على هذه المناطق في الصيف والشتاء. ومن جراء ذلك تتأثر المناطق الأخرى مثل خط الاستواء الحراري, إذ يسقط عليها أعلى قدر من الإشعاع الشمسي. وقد ظهر أثر ذلك من النتائج المستنتجة والمسجلة، علماً بأن كل 5 دورات من تقدم الاعتدالين تساوي دورة واحدة من شذوذ مدار الأرض حول الشمس.

إن فرضية ميلانكوفيتش الفلكية في تفسير التغيرات المناخية على الأرض ليست مقتصرة على مناخ العصر الجليدي بل العكس هو الصحيح، إذ أن تطبيقاتها على الصخور الأقدم من العصر الجليدي (مئات ملايين السنين)، أصبحت أكثر انتشاراً.و هناك حقيقة يجب أن نعّيها جيداً, وهي أن اختلاف المناخ يؤدي إلى تنوع البيئات؛ حيث تتميز إثر ذلك كل بيئة بكائناتها الحيوانية والنباتية، لذلك فإن وجود مناخ استوائي

(حار ورطب نسبياً، مع تساقط الأمطار طوال اليوم تقريباً، وتساوي فيه عدد ساعات النهار مع عدد ساعات الليل)، ومناخ معتدل (بين المنطقة الاستوائية والدائرتين القطبية، ذات مناخ حار وجاف صيفاً وبارد شتاءً)، ومناخ قطبي (شديد البرودة، ست أشهر من الليل الدائم وستة أشهر أخرى من النهار الدائم)، لها تأثير في انتقال الرياح وتغير الضغط الجوي والحرارة، وكلها عوامل مهمة جداً في أحوال الطقس والمناخ.

تمرجح ميلانكوفيتش- *Milankovitch Wobbles*

درس عالم الرياضيات التشيكي (ميلوتين ميلانكوفيتش) ثلاثة أنواع من التمرجحات في مدار الأرض. وهذه تؤثر بشكل طفيف على كمية أشعة الشمس التي تصل للأرض، وبشكل أكبر على توزيع هذه الأشعة الواصلة لسطح الأرض، مما قد يغير مناخ الأرض ببطء على المدى الطويل. وفي الأقاليم القطبية، تسمح هذه الدورات الطبيعية من التمرجح بتغير كمية شمس الصيف بنسبة 10%. إن التغيرات في أشعة الشمس قد تتضخم عن طريق "التغذية الراجحة" على الأرض، مما قد يؤثر على كمية الأشعة المنعكسة في الفضاء.

والخلاصة،أن هناك ثمة عوامل أخرى تساهم في التغيرات المناخية مثل نشاط البقع الشمسية، واصطدام المذنبات أو الكويكبات بسطح الأرض، وحدوث تغير في حركة الأرض حول محورها.

ويقول علماء المناخ إن حدوث تغير في مناخ الأرض أمر يحدث بصورة طبيعية منذ نشأة كل من الأرض وغلافها الهوائي، وكان العلماء على دراية منذ زمن طويل بوجود دورات زمنية طويلة يحدث في إثنائها ارتفاع في متوسط درجة حرارة الأرض ليعقب ذلك زيادة في معدل برودتها. وربما هي فرصة هنا لنستذكر تفسير حلم ملك مصر, أيام سيدنا يوسف عليه السلام, بسبع سنوات جافة قاحطة (عجاف) وأخرى مثلها ممطرة خضراء. إن دراسة التاريخ الجيولوجي للأرض تفيد كثيراً في هذا الشأن؛ فعلى سبيل المثال منذ 55 مليون سنة - أي في "عصر الأيوسين" - كانت المناطق القطبية أكثر دفئاً مما هي عليه الآن، ثم بدأت في الدفء بعد نهاية "العصر الجليدي الأخير" - أي منذ 18 ألف سنة. ولكن الاضطرابات المناخية التي سادت الأرض خلال الثلاثين عاماً الماضية، التي تزداد بصورة تصاعدية، أكدت لبعض العلماء أن هذه الدورات المناخية لم تعد تسير وفقاً لنظامها الطبيعي بل بدأ يعتريها الخلل والاضطراب بسبب التدخل البشري في النظم البيئية والنشاط الصناعي الذي يقوم به الإنسان على سطح الأرض. وقد عزا هؤلاء العلماء هذا الخلل إلى تراكم بعض الغازات الناجمة عن الصناعة، مثل ثاني أكسيد الكربون, والميثان، وأكسيد النيتروز، ومركبات الكلوروفلوروكربون، والأوزون، وهي كما أسلفنا، غازات تتسبب في دفء الأرض. (ارجع إلى الاضاءة في الفصل 7-6).

يرى أغلب الباحثين، وتحديداً الجيولوجيون والفيزيائيون والمهندسون المتخصصون في علوم الأرض، أن هناك مغالاة من قبل وسائل الإعلام في بيان الآثار الناجمة عن

غازات الاحتباس الحراري. فإنه لا يوجد حتى الآن إجماع بين علماء الأرصاد الجوية على أن ارتفاع تراكيز غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي هي المسؤولة الوحيدة، أو الرئيسة، عن حدوث التغيرات المناخية التي شهدها العالم في السنوات الأخيرة. وهناك من يرد سبب ذلك إلى التغيرات في كمية الإشعاع الشمسي التي ترد إلى سطح الأرض، والتي تزداد بسبب نشاط البقع الشمسية وتأثير ذلك على الأشعة الكونية الواصلة لجو الأرض والتي لها ارتباط بتكون الغيوم وما يتبع ذلك.

وهناك كذلك من عزا التغيرات المناخية الأخيرة إلى الاختلافات في المغناطيسية الأرضية؛ فمنذ العام 1925م، تناقصت القوى المغناطيسية، واتضح ذلك من خلال قياسات أجريت في كل من المكسيك وكندا والولايات المتحدة الأمريكية. وهناك ارتباط عكسي شديد بين التغيرات في المجال المغناطيسي الأرضي والمناخ. وثمة فريق من العلماء رد التغيرات المناخية إلى خصائص الأرض الدورانية المتغيرة دورياً (المشار إليها في قسم 8-4).

وحتى بالنسبة للقائلين بأن غازات الاحتباس الحراري هي السبب في حدوث الارتفاع الملحوظ في معدل المتوسط العام لدرجة الحرارة في العالم فهم يسلمون بأنه لا تزال هناك بعض الأمور غير المؤكدة في الفرضية التي يدافعون عنها. ولما كانت التغيرات المناخية ظاهرة تكررت بصورة طبيعية خلال فترات مختلفة من تاريخ الأرض الطويل فإن هذا لا يجعلنا نتعجل الحكم بصحة الآراء التي تدعو إلى ضرورة خفض انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون،لا سيما أن هناك كثيراً من الأمور غير الثابتة والمعروفة حول ميزان هذا الغاز في الغلاف الحيوي- أي مقدار ما يصعد منه إلى الغلاف الجوي، وما تمتص مياه المحيطات منه، وما تثبته الأحياء المختلفة من الكربون في عظامها .. الخ.

ويعزز المهندس محمد عبدالقادر الفقي، رأيه - كأحد المؤيدين - إلى أن تغير مناخ الأرض هي ظاهرة طبيعية باتخاذ تناوب ظروف مناخ شبه الجزيرة العربية، كأحد الأمثلة المهمة. فقد مرت الأرض خلال تاريخها الطويل بالعديد من البيئات؛ فقبل 600 مليون سنة مثلاً، كانت سلطنة عمان، تقع على خط عرض قريب من القطب الجنوبي وكانت مغطاة بالثلوج، وعندما تحرك موقعها باتجاه الشمال ذابت هذه الثلوج، وعبقت الرواسب الثلجية أسفل المياه المذابة مكونة صخوراً، ويمكن رؤية مثل هذه الصخور في "وادي بني خروص" و"وادي مستال". وبعد تلك الحقبة مرت المنطقة بعصور ذات مناخات متباينة؛ فتارة تكون يابسة وتارة أخرى تغطيها الثلوج، ومن يقف اليوم على قمة "جبل الشمس" (أعلى قمة في سلطنة عمان) يمكن أن يشاهد أحافير لأحياء بحرية كانت تعيش يوماً ما في المياه الضحلة للمحيط الاستوائي.

ولقد كانت شبه جزيرة العرب في "عصر البلايستوستين"، مثلاً، مزدهرة بالخضرة والأنهار. وفي هذا الصدد تدل الدراسات الجيولوجية التي أجراها الباحثون أن مكة المكرمة، وما حولها في شبه الجزيرة العربية، كانت مروجاً خضراء آهلة بالسكان لأن غيوم الرياح الغربية الشمالية كانت تصل إلى الجزيرة العربية قبل أن تفقد رطوبتها فتنهال الأمطار على قممها العالية، وتجري في وديانها الأنهار، وتروي أراضيها وتسقي مروجها. ثم انتابت الجزيرة العربية بعد ذلك موجات الجفاف؛ "فتصحرت".

وعلاوة على ذلك؛ فإن هناك رأياً علمياً مخالفاً يقول أنصاره بأننا مقبلون على فترة من انخفاض معدل درجة الحرارة على مستوى العالم. وقد علا صوت هؤلاء في عقدي الستينات والسبعينات من القرن العشرين، ثم طغت عليه ادعاءات أنصار نظرية "الدفء العالمي أو الاحترار العالمي".

وهناك آراء تقول أن ربط تغير المناخ وارتفاع معدل درجة الحرارة على مستوى العالم بزيادة استهلاك الوقود المستخرج من النفط والفحم خاصة، ليس له سند علمي مؤكد حتى الآن، ويبدو كما لو كان الأمر ذا بُعد اقتصادي أو سياسي (والاقتصاد أبُ السياسة!). وإذا كان ثمة ارتفاع بسيط في معدل درجات الحرارة خلال بضع سنين أو حتى عقود فإن ذلك ليس مؤشراً حقيقياً على أن هذا الارتفاع يمثل ميلاً واتجاهاً عاماً إلى الارتفاع في درجة حرارة الجو؛ فلكي يكون الأمر ظاهرة لا بد من استمرار الارتفاع لقرون عدة على الأقل.

ويقول أحد المختصين في شؤون البيئة Don C. Smith، أستاذ القانون بجامعة دنفر بأمريكا، إن مستوى ثاني أكسيد الكربون في الجو قد زاد بأكثر من 30% منذ الحرب العالمية الثانية، على الرغم من أنه نافذ لأشعة الشمس الساقطة إلا أنه يقوم بامتصاص الحرارة الصادرة من الأرض، بل يقوم بإعادة إشعاعها من الجو على الأرض، مما يخلق ذلك غطاء محيطاً بالأرض يمنعها من التحرر من الحرارة فترتفع بذلك درجة حرارتها؛ فقد ارتفعت درجة حرارة كوكب الأرض خلال مئة عام ° 0.7م. وقد بدأ هذا الارتفاع جلياً منذ عام 1920م (العشرينات) حتى 1940م (الأربعينات)، ثم ظل هذا الارتفاع ساكناً من 1950م (الخمسينات) حتى 1970م (السبعينات)، حيث علمنا من خلال النتائج المسجلة أن عام 1998م كان الأكثر دفئاً، بحيث لم تسجل الأرض مثل هذه الحرارة منذ 1000 سنة مضت! هذا الارتفاع سبّب زيادة وتيرة الفيضانات، وزاد من كلفة آثارها الاقتصادية التي بلغت 40 مليار دولار. وقد أشارت دراساته إلى احتمال شبه مؤكد بانتقال مناطق الفيضان، والأمطار الشديدة في كل عام، فمن لم يكن ضحية هذا العام فإنه سيكون كذلك في الأعوام التالية!

وتساءل هذا العالم عن سبب رفض إدارة الرئيس الأمريكي بوش "الصغير" عدم دعم برنامج الاستفادة من الطاقات المتجددة (كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاقة المد والجزر) وتشجيع انتشارها لتحد من الأضرار البيئية الناجمة عن حرق الوقود. ونحن نتساءل هل كانت إدارة بوش تخطط لتأمين وتعويم النفط العراقي! بل ونفط الشرق الأوسط، تحت شعار "مكافحة الإرهاب" أو تحت مسمى آخر؟!

واقترح هذا العالم على الكونجرس الأمريكي، فرض ضريبة أو منح دعم عند شراء سيارة تقليدية حيث يكون ذلك حسب استهلاكها للوقود وكفاءة حرقها، وذلك لغرض خفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون في الجو. فإذا كانت السيارة تستهلك جالون واحد كل 40 كم، عندما تتحرك في شوارع المدينة، بينما متوسط استهلاكها المفترض هو جالون لكل 25 كم، فإنه يتم منح إعفاء ضريبي لمالك السيارة. أما لو كانت السيارة ذات متوسط استهلاك قدره 56 كم لكل جالون- كفاءة عالية - فإن المالك سيحصل على تخفيض أكثر في سعر السيارة ليصل إلى 2000 دولار! وبهذا يتم تشجيع مالكي السيارات على اقتناء سيارات ذات كفاءة حرق عالية جداً وخالية من التلوث نسبياً.

وفي مقال نشر مؤخراً في مجلة "Scientific American"- للباحثيّن روبرت بندشاولر وشارلز بنتلي يتناول دراسة سماكة الجليد في القطبي منذ 12 ألف سنة مضت، حيث برزت الأرض من العصر الجليدي، أشار إلى التالي :

1. منذ 3 أجيال حذّر كثير من خبراء العلوم القارة الجنوبية من أن صفائح الجليد في غرب القطب الجنوبي كانت في ذروة تحللها السريع، حيث يمكنها أن تسبب زيادة في مستوى سطح البحر على الكرة الأرضية بمقدار 5 أمتار في عدة قرون أو أقل من ذلك.

2. يعتقد معظم هؤلاء الباحثين الآن أن صفائح الجليد آخذة في التناقص أكثر مما كان متوقعاً أصلاً، وإن مستوى سطح البحر من المحتمل جداً أن يرتفع مستواه إلى نصف متر أو أقل في القرن القادم.

3. أن الدفء العالمي الذي لعب دوراً قليلاً جداً، أو يكون مهملاً، في غرب القطب الجنوبي سيكون له تأثير عالٍ مستقبلاً!

4. أن الجليد يمكنه إما أن يسارع أو يعارض ظاهرة الدفء العالمي، وهذا يمكن فهمه من خلال أمرين:

أ- بياض غطاء الثلج يعكس أشعة الشمس مما يجعل كوكبنا أكثر برودة، مما يعني زيادة في مسطحات الجليد على كوكب الأرض.

ب- إذا انصهر الجليد، فإن مياه البحر ستمتص حرارة الشمس أكثر من السابق، مما يعني زيادة في درجة حرارة الأرض.

5. إن الدفء العالمي إما أن يبطئ الزيادة في سطح مستوى البحر أو يسارعها! وهذا يمكن في أمرين:

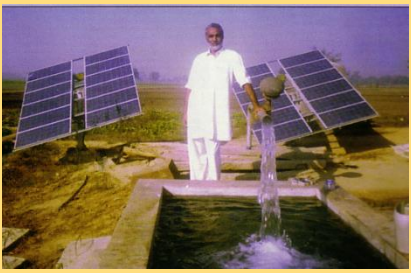
أ- يقوم الهواء الدافئ بزيادة كمية البخار حاملاً معه رطوبة أكثر مما يستطيع حمله الهواء البارد، لذا فإن زيادة درجة حرارة مناخ الأرض تعني زيادة في تبخر مياه البحر من مناطق معتدلة الحرارة، وهذا يمكن نقله إلى المناطق القطبية حيث سيهطل هذا البخار على شكل جليد. وهذه العملية سوف يتم إثراؤها كلما زادت درجة حرارة مناخ الأرض حيث سينصهر الجليد بنسبة أكثر، ونتيجة لذلك ستزيد مساحة رقعة الماء على كوكب الأرض، وعندها قد يكون الجليد الناتج أكثر من الانصهار الحاصل مما يعني إبطاء الزيادة في مستوى سطح البحر.

ب- لكن لو حدث عكس ما أشرنا إليه أعلاه - أي لو كان معدل الانصهار في صفائح الجليد أكثر من معدل هطول الثلج - فإن دفء الأرض سيكون سبباً في زيادة معدل مستوى سطح البحر.

5-8 هل تصبح أرض العرب مروجاً خضراء ؟

وخير ما نختم به موضوع التغيرات المناخية، هو حديث الرسول صلى الله عليه وسلم حيث أشار إلى أنه لن تقوم الساعة حتى تعود جزيرة العرب إلى ما كانت عليه، عندما كانت تزخر بالجنّات والعيون والأنهار؛ فعن أبي هريرة رضي الله عنه قال: قال رسول الله صلى الله وعليه وسلم، "فلا تقوم الساعة حتى تعود أرض العرب مروجاً وأنهاراً، وحتى يسير الراكب بين العراق ومكة المكرمة لا يخاف الإضلال طريقاً". وهذا يعني أن المناخ البارد ستكون له السيادة في المستقبل، والله أعلم.

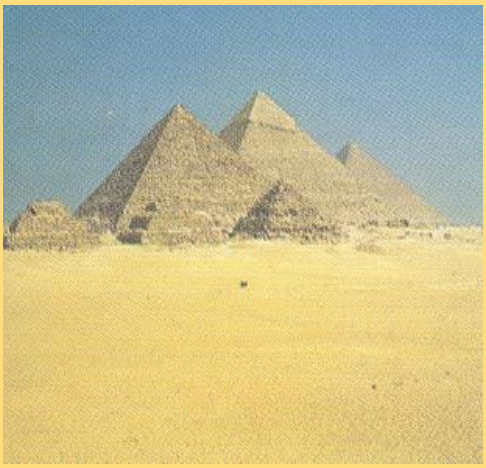
تحويل الصحارى إلى واحات خضراء تقنياً



لقد وهب الله تعالى العلم والمعرفة للإنسان، فأول ما أمر به المولى عز وجل رسوله الأمي، نبي الله محمد بن عبدالله صلى الله عليه وسلم، هو القراءة (العلم النافع). بل وإن أكثر آيات القرآن الكريم، والأديان السماوية الأخرى، هي دعوة للتدبر والتفكر في خلق الله، وبمعنى آخر هي دراسة علوم الفيزياء والكيمياء والأحياء والفلك والهندسة وغيرها. وعليه، فإنه يمكن للإنسان بما حباه الله من علم ومعرفة تحويل الصحارى إلى واحات خضراء؛ متى ما توفرت الطاقة الكهربائية، سواء باستغلال الوقود الاحفوري (الناضب) أو الطاقات المتجددة كطاقة الرياح، والشمس، وغيرها. وليرجع القراء إلى سورة القلم وتدبر توجيهاتها الكريمة وعمق فائدتها.

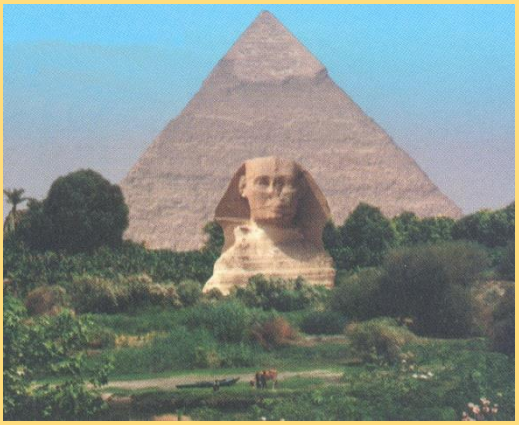
اخضرار الصحارى الكبرى

تشير صور الصخور في الصحارى الكبرى Sahara بأنها كانت في الماضي مراعي للماشية. وتبين طبقة الغبار الموجودة على الحفريات بأن هذه المناطق كانت بها غابات وأنهار وبحيرات، ولكنها تحولت بعد ذلك إلى صحراء خلال عدة عقود قبل حوالي 5.5 مليون سنة. وقد تعود هذه الصحارى إلى ما كانت عليه بنفس السرعة، وهذا ما يشير إليه بعض الباحثين. فبعض الأحاديث النبوية الشريفة تشير إلى أنه سوف لن تقوم الساعة حتى تعود شبه الجزيرة العربية خضراء. ويعيش الإقليم فترة حرجة لأن غطاءه النباتي المتواضع يعتمد على تعزيز التغذية الراجعة بين الغلاف الجوي والغطاء النباتي. إن الوضع الراهن في هذه الصحارى، حيث القليل من الغطاء النباتي، يتميز بأمطار قليلة ولكن الزيادة القليلة في تساقط الأمطار - بسبب الانحباس الحراري - وبالتالي زيادة الغطاء النباتي، قد تعيد هذه الصحارى إلى غابات!



(أ) الصحراء الكبرى اليوم

تحتوي حالياً أراضي الصحراء الكبرى القاحلة على القليل من الرطوبة، أي أن هناك القليل من التبخر دون وجود أمطار. ومعظم نماذج المناخ الرياضية تشير إلى أن الصحراء الكبرى سوف تصبح أكثر جفافاً، و ينتج عن ذلك تصحر أكثر في المناطق المجاورة.



(ب) الصحراء الكبرى مستقبلاً

إذا أصبحت الصحراء الكبرى مغطاة بالنباتات، فسوف تمتص الأرض المزيد من الرطوبة، مسببة المزيد من التبخر وغيوم خصبة بالأمطار.

9 - الفاجآت

9-1 دورة المياه العميقة

تعتبر دورة المحيطات واحدة من أهم وسائل التحكم في مناخنا العالمي. والحقيقة أنّ المحيطات العميقة هي الوحيدة القادرة على تسيير التغيرات المناخية طويلة المدى والمحافظة عليها، وذلك لمئات وآلاف السنين، بسبب كبر حجمها وسعتها الحرارية العالية وقصورها الذاتي؛ ففي شمال المحيط الأطلنطي تقوم أمواج تيار الخليج الشمالية الشرقية بحمل مياه السطح الدافئة والمالحة من خليج المكسيك إلى البحار الشمالية. وتعتمد درجة الملوحة المتزايدة، أو التملح Salinity، في تيار هذا الخليج على كمية البخر الضخمة التي تحدث في البحر الكاريبي، التي تزيل الرطوبة من سطح المياه جاعلة المياه أكثر ملوحة. ومع تدفق تيار الخليج باتجاه الشمال فإن درجة حرارته تنخفض. والتأثير المزدوج لتركيز الأملاح العالي ودرجة الحرارة المنخفضة يجعل مياه السطح أكثر كثافة وأكثر ثقلاً. وعندما يصل هذا التيار إلى المحيطات في شمال أيسلندا فإن مياه السطح تكون قد بردت بدرجة كافية جعلتها شديدة الكثافة مما يجعلها تغوص إلى أعماق المحيط. إن الشّد الذي أحدثه هذا الماء الكثيف الغائص أو الغارق يحافظ على قوة تيارات الخليج الدافئة، مؤمناً بذلك تياراً دافئاً استوائياً في شمال الأطلنطي الذي يرسل كتلاً هوائية معتدلة باتجاه القارة الأوروبية. ولقد دلت الإحصاءات على أن تيار الخليج يحمل طاقة تبلغ 27 ألف ضعف الطاقة التي تنتجها محطات الطاقة في بريطانيا جميعاً!! ومن لديه أدنى شك حول فائدة تيار الخليج للمناخ الأوروبي فما عليه إلا أن يقارن فصول الشتاء، عند نفس خط العرض، على جهتي المحيط الأطلنطي؛ على سبيل المثال مناخ لندن بمناخ لابرادور Labrador أو مناخ مدريد بمناخ نيويورك.

تقوم المياه العميقة، والمتكونة حديثاً، بالغوص في المحيط إلى عمق يتراوح بين 2000م إلى 3500م في المحيط, وتتجه جنوباً، حيث تعرف بمياه شمال الأطلنطي العميقة North Atlantic Deep Water - NADW. وفي جنوب المحيط الأطلنطي تلتقي هذه المياه بنوع آخر من المياه العميقة، تكونت في المحيط الجنوبي، وتسمى بمياه قاع المحيط المتجمد الجنوبي Antarctic Bottom Water - AABW، وتتكون هذه المياه بطريقة تختلف عن مياه شمال الأطلنطي العميقة NADW. وكلنا يعلم أنه يحيط بالقارة القطبية الجنوبية بحار جليدية, إذ أن مياه هذه البحار محتواة في ثقوب ضخمة في جليد البحر. وتصنع رياح المحيط المتجمد الجنوبي القوية جدا هذه الثقوب من جهةً، ومن جهة أخرى تبعد هذه الرياح جليد البحر عن أطراف القارة. وللعلم، تكون هذه الرياح شديدة البرودة بحيث تقوم بتبريد المياه السطحية المعرضة لها بشكل كبير، وهذا يؤدي إلى تكون المزيد من جليد البحر حيث يبقى الملح محيطاً بالجليد بينما في لب الجليد ماء عذب نسبياً (لم يستطع أحد حتى الآن تكوين مكعب ثلج مالح!)، ولهذا السبب تكون بحار هذه المناطق هي الأكثر برودة وملوحة على سطح الأرض. وبذلك تتجه مياه قاع المحيط المتجمد الجنوبي حول المحيط المتجمد الجنوبي، وتتغلغل في شمال المحيط الأطلنطي بحيث تتدفق بعدها إلى أسفل مياه شمال الأطلنطي العميقة إذ أنها

تعتبر أدفأ، ونسبياً أخف، كما أنها كذلك تتخلل المحيط الهندي والهادي ولهذا السبب تكون بحار هذه المناطق هي الأكثر برودة وملوحة على سطح الأرض. وبذلك تتجه مياه قاع المحيط المتجمد الجنوبي حول المحيط المتجمد الجنوبي، وتتغلغل في شمال المحيط الأطلنطي بحيث تتدفق بعدها إلى أسفل مياه شمال الأطلنطي العميقة إذ أنها تعتبر أدفأ، ونسبياً أخف، كما أنها كذلك تتخلل المحيط الهندي والهادي.

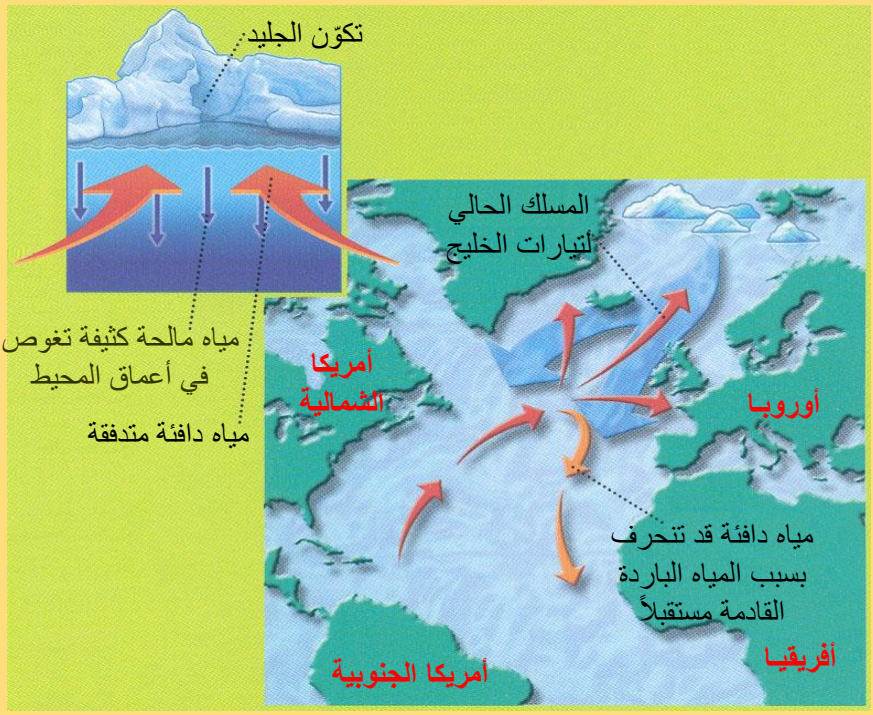
إن التوازن بين مياه شمال الأطلنطي العميقة ومياه قاع المحيط المتجمد الجنوبي أمر في غاية الأهمية للمحافظة على مناخنا الحالي، حيث إنه لا يحافظ على مرور تيار الخليج بأوروبا فحسب وإنما يحافظ على الكمية المناسبة من التبادل الحراري بين نصفي الكرة الأرضية الشمالي والجنوبي. لقد أظهر العلماء أنه يمكن اضعاف أو إيقاف دورة المياه العميقة إذا كانت هناك كمية كافية من المياه العذبة لتجعل سطح الماء خفيفاً نسبياً إلى حد يمنع هذه المياه من غوصها أو اندثارها في الأعماق. وهناك دليل على أن الاحترار العالمي يسبب انصهار طبقات الجليد القطبي بشكل ملحوظ، مما سيؤدي إلى إضافة الكثير من المياه العذبة إلى المحيطات القطبية.

إن الدفء العالمي قد يسبب انحسار مياه شمال الأطلنطي العميقة مضعفا بذلك تيار الخليج الدافئ. ومع ذلك، فإن تأثير تيار الخليج الدافئ يحدث في الشتاء بشكل رئيسي، فهو لا يؤثر على درجات الحرارة الدافئة. وإذا تراجع وفشل نشاط تيار هذا الخليج فإن درجات حرارة الصيف سوف لن تتأثر، وعليه فإن الاحترار العالمي سيظل سبباً في ارتفاعها. ولكن السيناريو المناقض والمقابل لذلك الاحتمال ينص على أنه عندما يبدأ الغطاء الجليدي للمحيط المتجمد الجنوبي بالانصهار، بشكل ملحوظ، قبل جليد جرينلاند والمحيط المتجمد الشمالي، فعندها ستكون الأمور مختلفة تماماً؛ فإذا دخلت كمية كافية من هذا الجليد المنصهر في المحيط الجنوبي فإن مياه قاع المحيط المتجمد الشمالي سوف تتقلص إلى حد كبير وتشكل خطورة، وذلك لأن نظام المياه العميقة نشاط توازني بين مياه شمال المحيط الأطلنطي العميقة ومياه قاع المحيط المتجمد الجنوبي. لذا ، فإنه إذا انخفضت كمية مياه المحيط المتجمد الجنوبي فإن مياه شمال الأطلنطي العميقة سوف تزداد وتنتشر.

وتكمن المشكلة في أنّ مياه شمال الأطلنطي العميقة أكثر دفئاً من مياه قاع المحيط المتجمد الجنوبي، ولأن تسخين السائل يؤدي إلى تمدده، فإن مياه شمال الأطلنطي العميقة سوف تحتاج سعة أكبر؛ فأي زيادة في مياه شمال الأطلنطي العميقة سوف تعني زيادة في كمية مستوى البحر بما يعادل 2.5م. والمشكلة هي إننا لا نعرف كمية المياه العذبة اللازمة لإيقاف مياه شمال الأطلنطي العميقة أو مياه قاع المحيط المتجمد الجنوبي. كما إننا لا نستطيع التنبؤ بأي المحيطين المتجمدين سوف يذوب أولاً، الشمالي أم الجنوبي. إننا متأكدون من أن هذه الأحداث قد وقعت في السابق، ولكن إذا استمر الدفء العالمي، فالنتيجة ستكون في وقت ما من المستقبل إما التغير الجذري للمناخ الأوروبي أو ارتفاع سطح البحر بمقدار 2.5°م!!

انهيار تيارات الخليج البريطاني
British Gulf Stream

إن تيارات الخليج بالقرب من بريطانيا هو جزء من نظام دوران المحيط في شمال المحيط الأطلنطي الذي يتم دفع تحركه عن طريق تكون الجليد في القطب الشمالي Arctic. وتلتف المياه الدافئة حول أوروبا الغربية، وبخاصة في الشتاء، وبذلك فهي تحافظ على بقاء حرارة هذه المنطقة أكثر من المناطق الأخرى المجاورة الواقعة على نفس خط العرض. ويتنبأ العلماء في معهد بوتسدام Potsdam لبحث أثر المناخ في ألمانيا، احتمال انهيار تيارات الخليج بسبب ظاهرة الدفء العالمي، وتداعيات ذلك حدوث برودة مفاجئة في الكثير من أجزاء أوروبا.



(أ) ميكانيكية تيارات الخليج الحالية

الشكل هو قطاع عرضي للمحيط يوضح كيف أنه مع تجمد الجليد، فإنه يترك مياه مالحة كثيفة تغوص لتصل إلى قاع المحيط (تشكيل مياه عميقة)، لتهيأ الفرصة لتدفق مياه دافئة آتية من المناطق الاستوائية.

(ب) تغيرات محتملة لمسلك تدفق تيارات الخليج البريطاني

يتنبأ العلماء أنه مع ازدياد حرارة الأرض فإن كمية الجليد المتكونة تكون أقل، وهذا مرتبط مع تدفق المزيد من المياه العذبة إلى القطب الشمالي من مساحات من اليابسة المجاورة له. وهذا قد ينهي ويحسر ميكانيكية "تكوّن المياه العميقة" التي تخلق تيارات الخليج. وفي بداية عام 2001م قدّمت بعض الدراسات في النرويج دليلاً على أن التيارات المتدفقة شمالاً في الإقليم قد انخفضت بنسبة 20% منذ عام 1950م!

2-9 هيدرات الغاز

في أسفل محيطات العالم والجليد الدائم يقبع خطر مميت!! إنه هيدرات الغاز Gas Hydrates، وهو عبارة عن خليط من الماء وغاز الميثان الذي يبقى صلباً عند درجات الحرارة شديدة الانخفاض والضغوط العالية جداً. وهيدرات الغاز هي مواد صلبة مكونة من قفص من جزيئات الماء تحمل جزيئات منفردة من الميثان. وينتج غاز الميثان - كما أشرنا سابقاً - من تحلل المواد العضوية المترسبة في أعماق المحيطات وفي التربة التي تتخلل الجليد الدائم. وخزانات Reservoirs هيدرات الغاز غير مستقرة، لدرجة أنّ زيادة طفيفة في درجة الحرارة أو ارتفاع بسيط في الضغط يمكنه أن يجعلها مضطربة لا مستقرة مشكلاً بذلك خطراً هائلاً. فالدفء العالمي سيسخن كلٌ من المحيطات والجليد الدائم، وهذا قد يسبب تحلل هيدرات الغاز لتنفث كميات كبيرة من غاز الميثان في غلافنا الجوي. وكما أسلفنا سابقاً، أن الميثان غاز حابس للحرارة بشكل كبير، ذو تأثير يبلغ 20 ضعف تأثيرغاز ثاني أكسيد الكربون. فإذا تحررت كمية كافية منه فسوف يؤدي ذلك إلى ارتفاع درجة حرارة كوكبنا إلى درجة يتحرر بعدها المزيد من هيدرات الغاز ممهدة بذلك الطريق لآثار انطلاق الغازات الحابسة للحرارة. وهناك 10 آلاف مليار طن من هيدرات الغاز المخزونة في الأرض مقارنة بـ 180 مليار طن فقط من ثاني أكسيد الكربون الموجود حالياً في غلافنا الجوي! وسبب قلق العلماء هو أن آثار انطلاق الغازات الحابسة للحرارة قد وقعت قبل 55 مليون سنة؛ فخلال تلك الفترة الحارة كان هناك 1200 مليار طن فقط من هيدرات الغاز المتحرر، ولكن هذه الكمية زادت سريعاً من التأثير الطبيعي للاحترار العالمي محدثة بذلك زيادة في حرارة كوكب الأرض بمقدار 0.5°م. وكلنا يأمل أن درجة الدفء العالمي الحالي سوف لن يكون كافياً لتسخين أعماق المحيطات بشكل يكفي لتحرير هيدرات الغازات!

كما أن هناك احتمال آخر؛ وهو أنه إذا انصهرت أجزاء كبيرة من ثلوج جرينلاند وانزاح جزء من القارة القطبية الجنوبية فسيترتب على ذلك نقص كبير في وزنها. فوزن الجليد يدفع القارات إلى أسفل، وعندما ينقص ترتفع هذه القارات تبعاً لذلك, لتعود إلى ارتفاعها الأصلي. ومازالت الجزر البريطانية تسترجع وضعها الطبيعي من آخر عصر جليدي، بينما تتجه اسكتلندا شمالاً وانجلترا جنوباً، وهذا يعني أن مستوى البحر سوف يصبح، نسبياً، أقل عند الحد القاري، وهذا بدوره يزيل الوزن والضغط على رواسب أعماق البحر. وزوال هذا الضغط يعتبر طريقة أكثر فاعلية لفقدان هيدرات الغاز وارتخائها، وبهذا فإن كميات هائلة من غاز الميثان سوف تتحرر من المحيطين المتجمدين الشمالي والجنوبي.

والمعروف أنه عندما تتحلل هيدرات الغاز فإنه يصاحبها تأثير انفجاري. والدليل أنه تسبب سابقا انطلاق هيدرات الغاز في حدوث انزلاق للصفيحة القارية Continental Shelf، وتبعا لذلك حدوث أمواج السونامي الكبيرة - وهي أمواج عملاقة تحدث كذلك عندما يقع زلزال في قاع البحر. وأكثر الإنزلاقات شهرة هو انزلاق ستوريجا النرويجي Norwegian Storegga, الذي حدث قبل 8 آلاف سنة، حيث كان بحجم جزيرة ويلز، منتجاً بذلك أمواج سونامي Tsunamis بارتفاع 15م مدمرة بذلك العديد

من القرى الساحلية الاسكتلندية. وحاليا لا يمكن تحديد حقيقة ما إذا كان الدفء العالمي يمكنه أن يؤدي إلى زيادة تكرر الموجات القاتلة الكبيرة ذات ارتفاع 15م لتهاجم سواحلنا!ولكن من الواضح أن الدول المنتشرة في أطراف المحيط الهادي هي فقط المعرضة للهزات الأرضية ولمثل تلك الكوارث، حيث أن العديد من أمواج السونامي تتحفز وتنشط بالهزات الأرضية، ولكن أمواج السونامي الناتجة من هيدرات الغاز قد تحدث في أي بقعة من المحيط!

دور جذور الهيدروكسيل- *Hydroxyl*

أحد الشكوك التي تعتري ظاهرة الدفء العالمي وتغير المناخ هو دور مركب كيميائي نادر في الهواء الجوي يسمى جذور الهيدروكسيل. ويتكون الهيدروكسيل من ذرة أكسجين وذرة هيدروجين، وهو يعمل كمنظف للغلاف الجوي. وهو يتفاعل مع عدد كبير من الملوثات، بما فيها الغازات الحابسة للحرارة، فيزيلها من الهواء. ويكمن الخوف في ارتفاع نسبة الملوثات - خصوصاً في المناطق الاستوائية, حيث يتم عندها إنتاج الهيدروكسيل بصورة طبيعية - مما قد يسبب قصوراً في كمية هذا المركب الضروري. وإن حدث ذلك, فإن كل ملوث جوي سوف يمكث مدة أطول في الهواء مسبباً ضباباً تلويثياً - أو ما يسمى بـ"الضّبخن" أو "الدُخاب" (مزيج من الضباب والدخان- Smog) معجلاً بذلك الاحترار العالمي. وفي منتصف عام 2001م أعلن العلماء في معهد ماسشوستس للتكنولوجيا في بوسطن عن وجود دليل على تناقص قدره 10% من كمية هذا الغاز في نصف الكرة الشمالي منذ عام 1980م !

سنغافورة في الدُخاب

قد يستهلك الدخاب الاستوائي غاز الهيدروكسيل، مسبباً تراكماً عالمياً للتلوث، بما في ذلك زيادة في نسبة الغازات الحابسة للحرارة.

3-9 غابات الأمازون المطيرة

في عام 1542م قاد فرانسيسكو دي أوريلانا Francisco de Orellana أول رحلة أوروبية إلى نهر الأمازون. ولم تعط هذه الرحلة الجريئة لنهر الأمازون كشف معنى اسم هذا النهر, الذي يعني "النساء المحاربات", فحسب ولكنها كشفت عن رعب غامض يلف أعظم الأنهار والغابات المطيرة في العالم. لقد تكون نهر الأمازون نتيجة لرياح الأمازون الموسمية، التي تجلب الأمطار الغزيرة كل صيف، وهذا ينتج أيضاً مساحات هائلة من الغابات المطيرة التي تدعم أكثر تنوع وأضخم عدد من أصناف الكائنات الحية في العالم.

إن غابات الأمازون المطيرة مهمة أيضاً فيما يتعلق بمستقبل الدفء العالمي؛ فهي خزان طبيعي ضخم للكربون. ولقد ساد الاعتقاد، حتى الفترة الأخيرة، أن الغابات المطيرة الراسخة مثل الأمازون قد وصلت إلى مرحلة النضج، وبهذا فهي لا تستطيع أن تتحمل كميات أكبر من ثاني أكسيد الكربون، ولكن أظهرت التجارب في قلب الغابات المطيرة أن هذا الاعتقاد خاطئ. إن الغابات المطيرة تمتص حوالي 5 أطنان من ثاني أكسيد الكربون لكل 2.5 أكر (1 هكتار) لكل سنة، وذلك راجع لردة فعل النباتات الإيجابية لكميات ثاني أكسيد الكربون المتزايدة؛ فكلما زادت نسبته كان ذلك أفضل، فهو المادة الخام للتمثيل الضوئي. لذا، فالمزيد من ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي يعمل كمخصب للتربة ويحفز نمو النباتات.

ونظراً لحجم غابات الأمازون المطيرة، فإنه يبدو أنها حالياً تمتص حوالي ثلاثة أرباع التلوث الناتج من السيارات في العالم ولكن يمكن لهذا الوضع أن يتغير؛ فمخططات المناخ العالمي تدل على أنه مع حلول عام 2050م سوف يزيد احترار الأرض في مواسم الشتاء الجافة بشكل يكفي للقضاء على غابات الأمازون المطيرة. وإن ازدياد فترات الجفاف قد يؤدي إلى حرائق الغابات، لتعيد بذلك مرة أخرى الكربون المخزون في هذه الغابات إلى الغلاف الجوي، ويزيد بذلك تسارع تأثير الانحباس الحراري، وقد يتم استبدال الغابات المطيرة بشكل تدريجي بأعشاب السافانا والأراضي العشبية التي لها قدرة أقل بكثير على تخزين الكربون الموجود في الغلاف الجوي. إن غابات الأمازون المطيرة تساهم حالياً في خفض كمية التلوث التي نبثها في الغلاف الجوي ولكنها قد تؤدي في آخر الأمر إلى تسريع وزيادة الدفء العالمي بنسبة لم يسبق لها مثيل.

خريطة المناطق البيئية في غابات الأمازون كما عينها الصندوق العالمي للطبيعة موضحة بالأبيض وحوض الأمازون موضح بالأزرق.

تدهور الغطاء الأخضر في بلد الرافدين

صور تمّ التقاطها بالقمر الصناعي USGS/EROS لسبخة مفرق نهري دجلة والفرات في جنوب العراق للفترة من 1976 إلى 2000 حيث يظهر واضحا إنهيار الغطاء الأخضر بنسبة 90% خلال 24 سنة في هذه المنطقة, إذ لم يبق إلا جزءا بسيطا من منطقة الحوزة التي تلامس حدود إيران, ومع ذلك فإنها لم تسلم من إضرار مشاريع المياه.

في الصورة الملتقطة في عام 1976 تمثل البقع الحمراء الغامقة مناطق كثيفة الخضرة بينما البقع الحمراء على طول ضفتي النهرين تمثل شجر النخيل.

ومع حلول عام 2000 اعترى هذه المنطقة، وللأسف، انهيار شبه تام في غطائها الزراعي حيث تشير الألوان الزيتونية والرمادية - البنية إلى انخفاض الخضرة على تلك الأراضي التي تتفاوت من رطبة إلى جافة.

صورة توضح الموقع الجغرافي للمنطقة التي تمّ تصويرها بالقمر الصناعي والمبينة أعلاه.

10 - ماذا بإمكاننا أن نفعل؟

10-1 هل فشلت المحادثات حول المناخ؟

إن الحل المنطقي الأمثل لحل مشكلة الانحباس الحراري هو وقف إنبعاثات غازات الاحتباس الحراري بشكل ملحوظ، ولكن ذلك يتضمن أموراً مهمة لها علاقة بالاقتصاد العالمي. لقد تأسس مؤتمر إطار عمل الأمم المتحدة للتغيرات المناخية UNFCCC في قمة الأرض في مدينة ريو بالبرازيل في عام 1992م، لمناقشة إبرام اتفاق عالمي لتقليل الغازات الحابسة للحرارة ووضع حد لآثار الانحباس الحراري.

لقد تمّ إنجاز خطوتين أساسيتين نحو الأمام خلال عشر السنوات الأخيرة: الأولى حدثت في منتصف ليلة 13 ديسمبر 1997م، عندما أُبرمت اتفاقية كيوتو، حيث نصّت على المبادئ العامة لمعاهدة عالمية لوقف انبعاثات الغازات الحابسة للحرارة. فقد نصّت الإتفاقية على أن تلتزم كل الدول الصناعية المتقدمة خفض انبعاثاتها بنسبة 5.2% من المستويات المسجلة لعام 1990م، وذلك في الفترة من عام 2008 حتى 2012م. ومع ذلك، واصلت بعض الدول زيادة انبعاثاتها بشكل ملحوظ منذ عام 1990م؛ فالولايات المتحدة الأمريكية تنتج الآن نسبة تلوث بثاني أكسيد الكربون أكثر بنسبة 30% عما كانت تنتجه في عام 1990م! لذا، فلو كانت قد وافقت أمريكا على مبادئ اتفاقية كيوتو وأقرتها، بدلاً من رفضها رسمياً، لتوجب عليها وقف انبعاثاتها بأكثر من الثلث! ولكنها ارتكنت إلى مصالحها الاقتصادية، وهي رؤية قصيرة النظر!!

أما الإنجاز الثاني فقد كان في اجتماع بون في 23 يوليو 2001م، حيث وافقت أكثر من 180 دولة على اتفاقية كيوتو، وجعلتها معاهدة قانونية. ولكن، انسحبت الولايات المتحدة، بقيادة الرئيس جورج بوش الإبن, من المفاوضات المناخية في مارس 2001م، وبذلك فهي لم توقع اتفاقية كيوتو في اجتماع بون. ومع إنتاج الولايات المتحدة لحوالي ربع تلوث العالم بثاني أكسيد الكربون فهذا يعتبر خذلاناً كبيراً للمعاهدة. كما أن الأهداف التي وضعتها اتفاقية كيوتو قد تمّ تقليلها خلال اجتماع بون لتشجيع اليابان، وكندا، وأستراليا لتنضم لها. والأهداف الموضوعة لأغنى 37 دولة متقدمة تقنياً وصناعياً تتمثل في خفض انبعاثاتها من ثاني أكسيد الكربون بنسبة 1 إلى 3% مقارنة بالمستويات المسجلة لعام 1990م. ولكن المعاهدة لا تتضمن الدول غير المتطورة (النامية)، وهذا أمر مقلق جداً،وربما فيه شرك سياسي. فإذا واصلت دول مثل الهند والصين النمو فعليها أن تنتج كميات هائلة من الطاقة، مما ينتج عنه الملوثات، وإذا وصلت نسبة عدد السيارات لكل عائلة في هذه البلدان نفس النسبة التي في أوروبا فسيكون هناك زيادة تبلغ مليارات السيارات في العالم!

إن اتفاقية كيوتو المقترحة كان يمكنها دخول حيز التنفيذ مع حلول عام 2002م لو أنه قامت على الأقل 55 دولة، تنتج أكثر من 55% من الانبعاثات, بضم هذه الاتفاقية إلى قانونها الوطني، وهذا لم يحدث لأسباب اقتصادية بحتة!

إذن، على ماذا وقّعت تلك الدول؟ لقد وافقت الشعوب الصناعية الثمانية والثلاثون على توثيق الأهداف الخاصة بتقليل انبعاثات الغازات الحابسة للحرارة، وسوف تبدأ دول

الاتحاد الأوروبي فوراً بدمج المعاهدة في قانون لجميع الدول الأعضاء، تجبرها على وقف انبعاثات الغازات الحابسة للحرارة بنسبة 8% من المستويات المسجلة عام 1990م مع حلول عام 2010م، أما هدف المملكة المتحدة القانوني فهو يتمثل في خفض الغازات بنسبة 12.5% لتعطي لدول الاتحاد الأوروبي الفقيرة مجالاً للنمو. وسوف يقدم العالم الصناعي 350 مليون جنيه (500 مليون دولار) من الموارد المالية الجديدة لكل سنة لمساعدة الدول النامية على التكيف مع التغير المناخي ولتوفير تقنيات جديدة ونظيفة. وسوف تتمكن الدول الصناعية من زراعة الغابات، واتخاذ التدابير للإكثار منها، وتغيير الممارسات الزراعية البدائية الحالية، وبذلك، يحق لها الافتخار بإزالة ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي. وقد تبدأ تجارة عالمية في الكربون، وسوف يحق للشركات التي تخزن الكربون لإقامة تقنيات نظيفة في دول أخرى، والمطالبة بمردود قد يباع على صورة أطنان من الكربون المخزن في سوق سلع عالمي، وفي الغالب ستم وضعه في لندن. وإذا فشلت الدول في الوصول لأول مجموعة من الأهداف مع حلول عام 2010م فيجب عليها إضافة هذا النقص إلى فترة الالتزام الثانية، بالإضافة لعقوبة تبلغ زيادة 30% على الأولى، وسوف يتم أيضاً إبعادها عن تجارة الكربون، كما سيتم إجبارها على تطبيق القياسات التصحيحة. إن الدفء العالمي والتغير المناخي قد يكون باهظاً جداً من الناحية المالية، فحالياً تكلف الكوارث الطبيعية شركات التأمين حوالي 10 مليار دولار سنوياً، والحقيقة أنّ الخسائر الاقتصادية هي أكثر من 100 مليار دولار. أما الخسائر المالية المتوقعة للمستقبل فهي أكبر، وغالباً ما سيتم قياسها بالنسب المئوية من الإنتاج العالمي الإجمالي. إن من سخرية القدر، كما وضحتها الدكتورة جوليان سولت من معهد بنفيلد غريغ هازارد للأبحاث في لندن، أن هذه العناصر المالية الرئيسية (شركات التأمين، والبنوك، ومسؤولو المنح المالية) هي التي سوف تتكبد هذه الخسائر بالدرجة الأولى، فهي تملك شركات النفط بمقتضى ملكيتها للأسهم، وهي نفسها الشركات التي تزيد من احترار كوكب الأرض وتسبب هذه الخسائر المالية! لذا يجب قطع هذا الارتباط السائد بين الوقود الأحفوري, المتعلق بانبعاثات ثاني أكسيد الكربون, والقطاع المالي. إن استثمار مصادر الطاقة المتجددة, التي لا تنتج ثاني أكسيد الكربون عند تشغيلها, يجب أن يبدأ على مستوى عالمي، وقد تكون البداية من شركات التأمين التي لها ثقلها المالي والسياسي.

كلفــة اتفاقية كيوتو - *Kyoto Protocol*

هل ستستهدف اتفاقية كيوتو الخاصة بانبعاث الغازات الحابسة للحرارة اقتصاديات الدول الفقيرة أو الضعيفة ؟ إن الاتحاد الأوروبي لا يعتقد ذلك؛ فلقد صرح في عام 2001م أنه يستطيع أن يحقق ضعف التزاماته بهذه الاتفاقية بتكلفة صغيرة جداً، وذلك باستخدام "مزيج" من التقنيات الجديدة المناصرة للبيئة (تقنية خضراء) التي تتناسب كلفتها مع أدائها أو مردوها (فاعلة الكلفة). وهذه التقنيات تتفاوت من استخدام الوقود البيولوجي إلى تشجيع إنشاء مباني ذات كفاءة في استهلاك الطاقة، إلى توفير الحوافز من خلال تجارة الكربون. إن تحقيق الهدف من الاتفاقية في حد ذاته قد يكلف 0.06% فقط من الناتج القومي المحلي GDP.

2-10 التكيف والتطبيق

إن أكثر الاقتراحات عقلانية لمنع أسوأ آثار الانحباس الحراري هو وقف انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ويعتقد العلماء أن وقف ما بين 60 إلى 80% هو أمر مطلوب لتفادي أسوأ آثار الانحباس الحراري. ولكن التصديق على اتفاقية كيوتو في اجتماع بون في يوليو من عام 2001م حدد كمية وقف الانبعاثات ما بين 1 إلى 3% فقط، لذا فإن ثاني أهم هدف للهيئة العالمية البين – حكومية للتغيرات المناخية IPCC هو إجراء دراسات, وتقديم تقرير حول التأثير المحتمل، والتكيف، والأضرار اللاحقة بكل بيئة وطنية وكل نظام اجتماعي اقتصادي. فإذا أدركنا فعلا الآثار السلبية الناتجة من الدفء العالمي، عندها فقط ستتمكن الحكومات الوطنية من اتخاذ الإجراءات اللازمة لوقف تلك الآثار. فمثلاً، إذا كان الفيضان سيصبح أكثر احتمالاً في بريطانيا، عندها فقط سوف يتم تفادي الأضرار في الممتلكات والخسائر في الأرواح عن طريق قوانين جديدة صارمة تحد من المباني الموجودة على الأراضي المنبسطة والمعرضة للفيضانات والسواحل المعرضة لأضرارها.

وتعتقد الهيئةالعلمية البين-حكومية للتغيرات المناخية IPCC أن هناك ستة أوضاع للتكيف مع التغير المناخي. 1) لا يمكن تفادي التغير المناخي. 2) التكيف الواقعي والوقائي له فاعلية أكثر, وهو أقل كلفة من الإجراءات الطارئة في آخر لحظة. 3) قد يكون التغير المناخي أكثر تسارعاً ووضوحاً مما تدل عليه الافتراضات الحالية، كما أن الأحداث المتوقعة - كما رأينا - تتعدى كونها مجرد احتمال. 4) يمكن كسب فوائد فورية من تكيف أفضل مع التنوع المناخي والحالات الجوية المتطرفة، مثل التنبوء بمخاطر الأعاصير، ووضع قوانين صارمة للمباني، وسبل الإجلاء الصحية. 5) يمكن أيضاً كسب فوائد فورية عن طريق إزالة السياسات والممارسات المتبناة بشكل سيء, مثل البناء فوق الأراضي والسواحل المعرضة للفيضانات وللأضرار وللكوارث. 6) التغير المناخي يحمل في طياته فوائد وأخطار، وقد ينتج من التغير المناخي فوائد مستقبلية. ولقد قدمت الهيئة العالمية البين-حكومية للتغيرات المناخية IPCC الكثير من الأفكار حول كيفية تكيف الناس مع التغير المناخي.

إن الخطر الأساسي للدفء أو الاحترار العالمي يكمن في عدم قدرتنا على توقع خطورته؛ فالإنسان يستطيع العيش في تقلبات المناخ الشديدة، من الصحاري إلى المحيط المتجمد الشمالي، ولكنه لا يستطيع التوقع – بدقة عالية - مواعيد التقلبات الشديدة للمناخ. لذا، فالتكيف هو المفتاح الحقيقي لتعاملنا مع مشكلة الاحترار العالمي، ولكن يجب البدء به من الآن؛ فتغيرات البنية التحتية تستغرق ما يعادل 50 سنة لتنفيذها. إن التكيف مع الواقع والمستقبل أمر يتطلب أموالاً يجب استثمارها الآن، ولكن هناك دولاً عديدة لا تملك تلك الأموال. كما أن الناس أيضاً غير قادرين على دفع ضرائب أكثر لحماية أنفسهم في المستقبل، فمعظمهم يعيش من أجل يومه فقط.

هناك أمور جيدة تتعلق بالانحباس الحراري، فلأول مرة تقوم 185 دولة بوضع اتفاقية مثبتة قانونياً لوقف الانبعاثات من غاز ثاني أكسيد الكربون. قد تكون الكمية التي اتفقت عليها صغيرة جداً، ولكنها على الأقل خطوة كبيرة للسير قدما في الاتجاه الصحيح.

بعد عشر سنوات من الآن سوف تكون قضية الاحترار العالمي راسخة جداً بحيث أن الجدل والنقاش حول واقع حدوثها من عدمه سوف ينتهي. وسوف يتم النظر إلى تقارير الهيئة العالمية البين-حكومية للتغيرات المناخية لعام 2001م كنقطة تحوّل لمناقشات الدفء العالمي. إن أحد أكثر المصادر غير الاعتيادية التي تعبر عن المساندة والوقوف أمام حماية البيئة من عواقب الانحباس الحراري يأتي من خلال ما سنقوم به من أعمال فاعلة وجبارة. وباستثناء شركات الولايات المتحدة لزيوت المحركات – حسب تقرير الهيئة - فإن مجتمع المال و الأعمال يتجاوب سريعاً مع قضية الاحترار العالمي؛ فخلال الخمس السنوات الأخيرة، بدأت شركات مثل فورد، وشركات البترول مثل بي بي BP وشل Shell، بإنفاق المليارات على أبحاث متعلقة بتقنيات جديدة. وتعتبر طاقة الرياح حالياً توجهاً أساسياً، والطاقة الشمسية في تطور متسارع، والسيارات الهجينة (التي تعمل بنظامين أو أكثر من مصادر الطاقة) دخلت حيز الاستخدام .أما السيارات التي تستخدم خلايا الوقود، والهيدروجين، والهواء المضغوط فإنها لم تعد مجرد أحلام وإنما واقع، وهناك أمثلة عديدة نستطيع اتباعها. إن أيسلندا يمكن اعتبارها كدولة نموذجية في هذا الشأن, فهي حالياً تحصل على 99% من الكهرباء من المياه الحارة، والخزانات الكهرومائية، ولكنها تستورد 850 ألف طن من النفط لتلبية 53% من احتياجاتها, مما يجعلها واحدة من أعلى معدلات انبعاث الكربون في العالم بالنسبة لمساحة أيسلندا. ومع ذلك، فهي ملتزمة سياسياً بأن يصبح لها أول اقتصاد هيدروجيني في العالم، جاعلة انبعاثات الغازات الحابسة للحرارة تتوقف بشكل نهائي خلال الثلاثين سنة القادمة.

إن نظرة آيسلندا المستقبلية في تطوير تقنياتها عن طريق فصل مكونات الماء إلى هيدروجين وأكسجين، واستخدام الهيدروجين كوقود، وبذلك لا تنتج تلك الغازات الضارة الحابسة للحرارة. فعندما تكون هناك إرادة وبرنامج سياسي،عندها فقط يكون من الممكن عمل شيء يغير من اعتمادنا الكلي على اقتصاد الوقود الأحفوري أو الطاقة التقليدية. وما أحوجنا في العالم العربي إلى وضع سياسة لاستغلال مصادر الطاقة المتجددة نظراً لوفرتها واستدامتها.

إن الانحباس الحراري هو أحد أعظم التهديدات التي تواجه البشرية، وهو التحدي الأكبر؛ فإيجاد مصادر تساند الوقود الأحفوري لإنتاج الطاقة أمر ممكن في نطاق تقنياتنا الحالية، حيث يمكن الاستفادة من هذا الوقود للصناعات البتروكيميائية بدلاً من حرقه كوقود إذ بذلك سيطول عمره، مما يدل على الإبداع البشري؛ فكل ما نحتاجه هو دعم سياسي عالمي قوي لنتمكن من تحقيق شيء ما. وإذا لم نفعل ذلك، ستكون العواقب مدمرة، وسيكون أشد الناس فقراً وأشدهم معاناة هم الذي سيقعون في مخاطر هذا الانحباس الحراري، ومما يؤسف له، ستكون أعدادهم حينها بالمليارات.

إن الكثير، وللأسف، يعتقد أن شركات النفط أو الدول المنتجة له، يزعجها ويغضبها رفع شعار استغلال مصادر الطاقة المتجددة، وهذا أمر غير صحيح مطلقاً، بدليل أن شركات النفط تستثمر في هذا المجال، كما أن مضخات وقود السيارات تعمل بالطاقة الشمسية والأكثر من ذلك نرى التعاون والدعم الكبير الذي تقدمه شركات النفط لمؤتمرات الطاقة المتجددة، وأذكر هنا تحديداً منظمة الأوابيك، ومقرها الكويت، ووزارة النفط في مملكة البحرين، وغيرها.

العوامل المبردة لكوكب الأرض The Cooling Factors

الهباء (الأيروسول-Aerosol):

هي جسيمات دقيقة من السائل والغبار معلقة في الغلاف الجوي وأهمها الهباء من صنع الانسان (الصناعي)، خصوصاً الكبريتات من ثاني أكسيد الكبريت.

11- التفجيرات النووية وأثرها في التغييرات المناخية

11-1 معايير صلاحية العناصر للقنابل النووية

في السادس من أغسطس 1945م، وفي الساعة الثامنة والربع صباحا، أسقطت الولايات المتحدة الأمريكية قنبلتها الذرية، أو الإنشطارية، الأولى على مدينة هيروشيما في اليابان، وهي قنبلة استخدم فيها عنصر اليورانيوم الطبيعي النادر المشع – يورانيوم 235، وهو يصلح للإستخدام مباشرة في القنابل الإنشطارية، بعكس نظيرة عنصر اليورانيوم 238، حيث يحوي الأول 92 بروتوناً و 143 نيوتروناً بينما الثاني يحوي 92 بروتوناً و 146 نيوتروناً – أي أن الاختلاف بين الإثنين عبارة عن وزن كتلة 3 نيوترونات فقط، وهي كتلة غاية في الصغر! لذلك يصعب جداً استخراج يورانيوم 235 من اليورانيوم 238 إذ يتطلب ذلك تقنية عالية جداً. وتكمن مناسبة هذا العنصر للقنابل الإنشطارية لأنه تنطبق عليه المعايير الأربعة التالية للاستخدام في إحداث تفجير قنبلة نووية، وهذه المعايير، حسب ما أوردها Bloomfield في كتابه "كيف تعمل الأشياء: فيزياء شأن كل يوم" هي:

1- يجب توفر مصدر نيوترونات ليفعّل ويحدث الإنطلاقة الأولى للتفجير النووي.

2- نواة العنصر يجب أن تكون عندها قابلية الإنشطار – أي تنشطر عندما يتم قذفها بالنيوترونات.

3- كل انشطار مستحدث يجب أن ينتج عنه عدد معين من النيوترونات يفوق على عدد النيوترونات المستهلكة.

4- أن تستخدم القنبلة النيوترونات بكفاءة عالية، بحيث كل إنشطار يجب أن يستتبعه إنشطار أكثر – في المتوسط – من الإنشطار السابق.

فاليورانيوم – 235 بالكاد يكون مستقر نوويا، وبسبب وجود عدد كبير من البروتونات في نواته فإن ذلك يتطلب قوى نووية عالية لوضعها بقرب بعض، علماً بأن نصف عمر الزمن لهذا العنصر هو 710 مليون سنة، وإن هذا العنصر عندما يرتطم به جسيم نيوترون فإنه يحرر مباشرة 2.5 نيوترون آخر.

ولكون هذا العنصر غير مستقر فإنه قد تضاءل، لتكون نسبته حالياً 0.72% من نوويات اليورانيوم الموجود في الطبيعة. أما باقي الأنوية (99.28%) فإنها من شكل عنصر اليورانيوم 238.

11-2 علماء ساهموا في فهم إستغلال الطاقة النووية

هذه القنبلة التي صنعت في أمريكا بفضل جهود علمية وبحثية من علماء من فرنسا (هنري بكيوريل 1852 - 1906)، والعالمة بولندية الأصل فرنسية المولد ماري كوري (1871 - 1924) وزوجها الكيميائي الفرنسي بيري كوري (1859 - 1906)، و العالم

الفيزيائي ايرنسيت راذرفورد (1871-1937) الذي إكتشف أن للذرات نوى، والبريطاني جيمس شادويك (1891-1974) الذي إكتشف أقسام النواة من بينها النيوترونات التي ليس لها شحنة كهربائية مما يؤهلها للإقتراب من نوى الذرات الأخرى دون أن تعاني تنافراً كهروستاسيكياً (القوى الصغيرة في النواة)، والعالم الإيطالي إنريكو فيرمي (1901-1945) مع زملائة الذي أدى إكتشافه للقنبلة النووية، إذ أخبر بأنه عند تعرض نواة ثقيلة لقصف نيوتروني فإن النواة تنشطر، حيث أكّد هذه النظرية العالمة النمساوية ليس ميتز (1878-1968) وزملاؤها أوتو فريشج (1904-1979) وأتو هان (1879-1968) وفرتنر ستراسمان (1902-1980) الذين أخبروا بأن إنشطار اليورانيوم يؤدي إلى نويات أكثر خفة، بينما استفاد معظم هؤلاء العلماء من معادلة إينشتين الشهيرة، وهي أن الطاقة تساوي حاصل ضرب الكتلة في مربع سرعة الضوء ($E = mc^2$) – أي تحول المادة إلى طاقة والطاقة إلى مادة – وهذه النظرية يتم تطبيقها في العلاج بالإشعاع النووي حالياً.

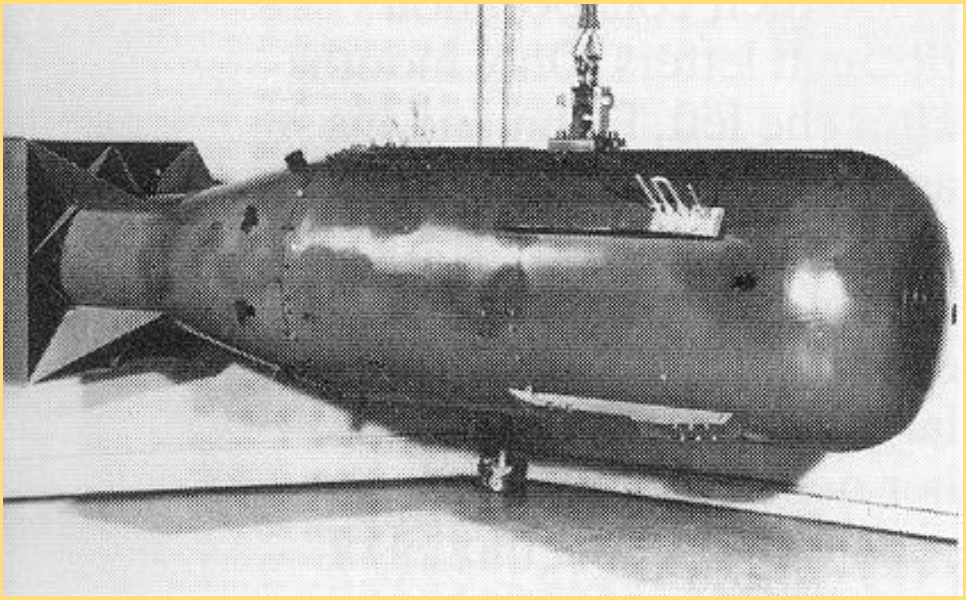
3-11 القنبلة النووية الأولى "الولد الصغير"

تسببت هذه القنبلة – المسماة "بالولد الصغير – Little Boy" (شكل11-1) في تدمير هيروشيما بما يعادل الطاقة المتحررة من تفجير حوالي 15 ألف طن من مادة TNT وذلك بعد أن حدث إنفجار نووي متسلسل، إذ إنه بعد أن فجّر اليورانيوم نفسه انشطر فقط 1.3% من نواة عنصر يورانيوم 235 في القنبلة! علماً بأن هذه القنبلة، والأخرى التي سقطت على ناكازاكي، انفجرتا في الهواء على ارتفاع 500 متر من سطح الأرض –كما يزعمون – بحيث إن الكرة النارية لم تلمس الأرض مباشرة حيث تحدث التفاعلات النووية في القنبلة في أقل من جزء من المليون من الثانية.

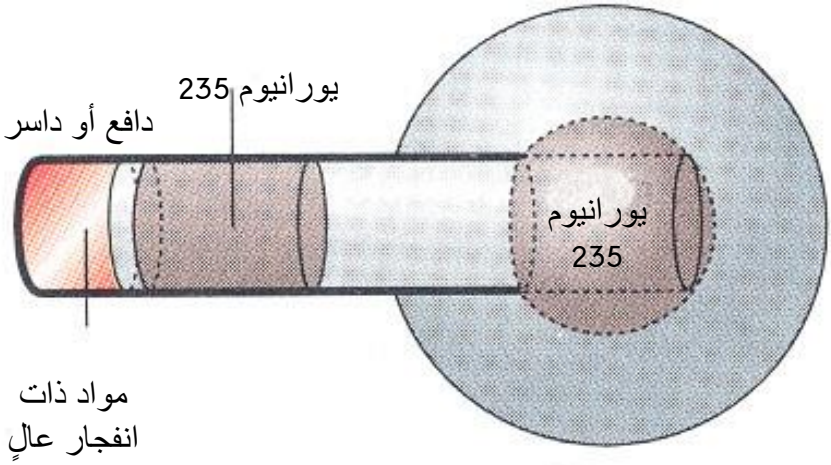
هذه القنبلة لديها كتلة حرجة، قدرها 52 كجم، على شكل كرة قطرها 17 سم، وتم زيادتها إلى 60 كجم، لتضمن حدوث تفجير متسلسل بما يسمى الكتلة الحرجة الفائقة (شكل 11-2).

طبعاً كان للإدارة الأمريكية للعلوم دوراً كبيراً في إنتاج هذا النوع من أسلحة الردع والدمار الشامل، حيث شكّلت أمريكا فريقاً من العلماء والمهندسين تحت مسمى مشروع منهاتن في عام 1945م.

بعد ذلك طوّر هذا الفريق قنبلة أخرى تستفيد من عنصري البلوتونيوم – 239 واليورانيوم 238 في نفس الوقت، وأنتجوا قنبلة "جادست Gadgest (الآلة)"، وهي قنبلة لا تستخدم عنصر يورانيوم – 235 وإنما البلوتونيوم الصناعي 239 – إذ لا يوجد هذا العنصر في الطبيعة وإنما يحضر عن طريق اليورانيوم 238 عن طريق قصفه بالتحكم بالنيوترونات.



شكل (11-1): صورة القنبلة الذرية "الولد الصغير"، التي أسقطت على هيروشيما في 6 أغسطس 1945م الساعة 8:15 صباحاً.



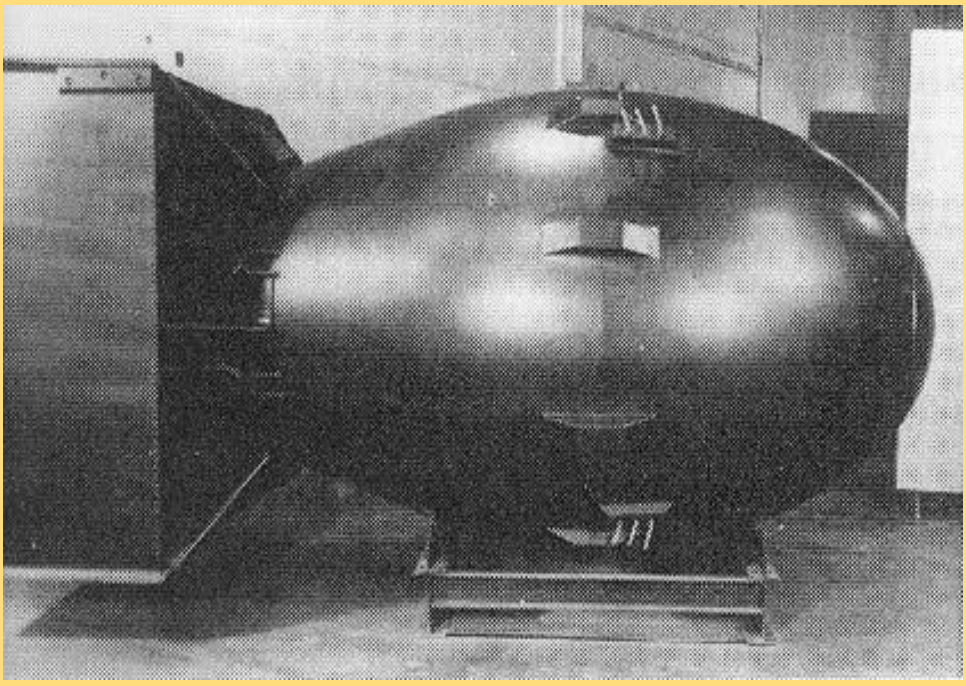
مادة راصة من مادة كاربيد التنسجتن والحديد

شكل (11-2): يوضح مبدأ عمل القنبلة الإنشطارية المسماة "الولد الصغير"، وهي عبارة عن كرة من مادة اليورانيوم 235 – كتلتها حوالي 60 كيوجرام وقطرها حوالي 17 سم (الكتلة الحرجة). يتم تجويف جزء من الكرة ليكون هذا المكون أمام دافع أو داسر شديد الإنفجار، حيث بعد الإنفجار تكتمل أجزاء الكرة، ويحدث التفاعل النووي.

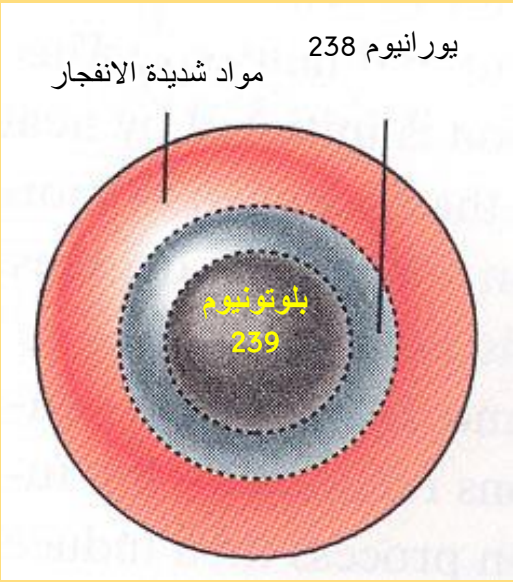
4-11 القنبلة النووية الثانية "الرجل السمين"

إن البولوتونيوم يفي بمتطلبات إنتاج قنبلة الإنشطار النووي، ولديه عمر زمني قدره 24 ألف سنة، ومع إنشطاره ينتج 3 نيوترونات زيادة في المتوسط لكل قصف نيوترون. وقد تم تجريب هذه القنبلة في 16 يونيو 1945م في الساعة 5:29 صباحاً في منطقة الاموجرادو باستخدام 2000 كجم من المتفجرات ليتم ضغط البلوتونيوم إلى كثافة عالية وليصل بسرعة إلى الكتلة الحرجة (6 كجم) – شكل (11- 3) - ليحدث من ذلك التفاعل المتسلسل حيث تمت الاستفادة من مغلف اليورانيوم 238 ليقوم بعكس النيوترونات الصادرة من البلوتونيوم مرة أخرى لنفس هذا العنصر. وتعادل طاقة تفجير هذه القنبلة حوالي تفجير 22 ألف طن من مادة TNT. وبنفس هذه الفكرة تم تصنيع القنبلة المسماة "بالرجل السمين Fat Man" – شكل (11- 4) - حيث أسقطت على مدينة ناكازاكي في 9 أغسطس 1945 في الساعة 11:02 صباحاً، وقد طالعتنا الأخبار مؤخراً وفاة الطيار الذي أسقطها وذلك في يوم الأحد 18 يوليو 2004م.

بعدها صنع العلماء والمهندسون والتقنيون قنابل شديدة الفعالية وصغيرة الحجم (كتلتها إجمالاً 22 كجم فقط!) واسمها دافي كروكت Davy Crockett، ليتم بعد ذلك إنتاج قنابل الهيدروجين- الإندماجية شكل (11-5)، والقنابل النيوترونية، وغيرها.



شكل (11-3): صورة للقنبلة الذرية "الرجل السمين" التي أسقطت على ناكازاكي في 8 أغسطس 1945م الساعة 11 صباحاً.



شكل (11-4): يوضح مبدأ عمل القنبلة المسماة "بالآلة" أو "الرجل السمين" وهي قنبلة معقدة التصيم والإنتاج. يتم وضع المواد المتفجرة بطريقة دقيقة وبعناية لتقوم بدعس كرة البولوتونيوم 239، التي بحجم كرة البيسبول، الموضوعة في غلاف عاكس للنيوترونات من مادة يورانيوم 238. وهذا البولوتونيوم يتم ضغطه لدرجة عالية ليصل إلى كثافة عالية وبسرعة يصل إلى الكتلة الحرجة الفائقة، وعندها يحدث التفاعل النووي المسلسل.

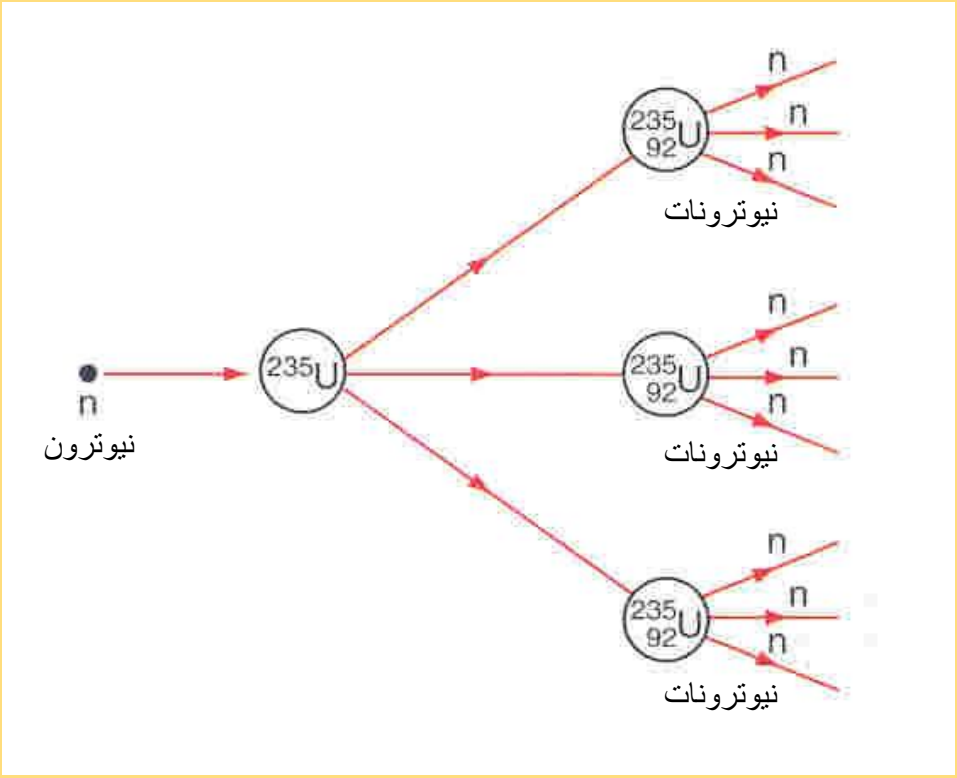
شكل (11-5): يوضح تركيب القنبلة الهيدروجينية، أو الاندماجية أو النيوترونية (النووية الحرارية). هذه القنبلة تحرر طاقة عن طريق دمج أنوية الديوتوريوم (نواته عبارة بروتون ونيوترون) والتريتيوم (نواته بروتون واحد ونيوترونين) ليتخلف من ذلك غاز الهليوم (بروتونين ونيوترونين) مع نيوترون واحد. هذا الإندماج يتم تفعيله بواسطة حرارة تصل إلى حوالي 100 مليون درجة مئوية عن طريق تفاعل نووي انشطاري (أي أنها قنبلتان نوويتان داخل قنبلة). ويتحرر من جراء هذا الاندماج النووي نيوترونات بطاقة عالية جداً، وهذه النيوترونات تحث على الانشطار النووي في اليورانيوم 238 في مادة التغليف محررة بذلك طاقة حرارية إضافية، وعندما يتعرض الترتيوم نيوترونات فإنه يتحول إلى ليثيوم – 6.

5-11 لحظة انفجار القنبلة النووية

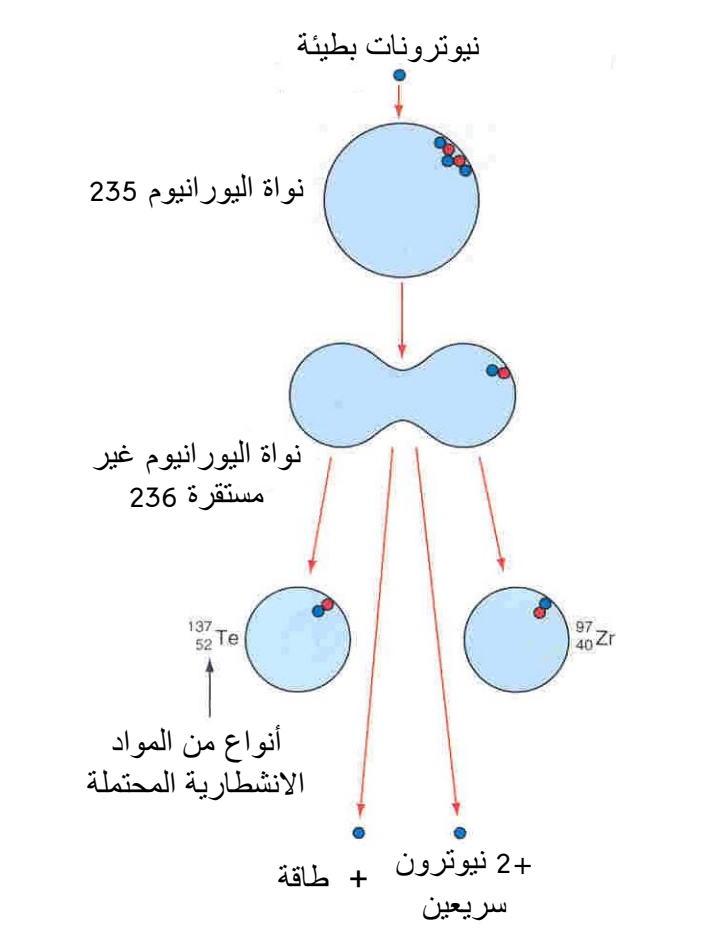
لعله من المفيد هنا استعراض ماذا يحدث مباشرة عندما تنفجر قنبلة نووية، سواء كانت انشطارية (ذرية) أو اندماجية (هيدروجينية او نووية حرارية):

أولاً: بروز عدد هائل من النويات وجسيمات تحت ذرية (بروتونات ونيوترونات و ... إلخ) من جرّاء هذا الانفجار، وتنطلق بسرعات عالية جداً؛ ومعضمها بسرعة تقارب سرعة الضوء. هذه الجسيمات ترتطم بالذرات القريبة منها، وكذلك الجزيئيات، لترفع من حرارتهما لدرجة عالية جداً منتجة بذلك كرات لهب في محيط انفجار القنبلة نفسها. كذلك يسبب ذلك حدوث دمار ناتج عن الإشعاع النووي في هذه المنطقة (شكل 11-6، وشكل 11-7).

ثانياً: انبعاث بريق هائل من الضوء من الانفجار سببه عملية الانشطار أو الاندماج النووي من ناحية وكرة اللهب فائقة الحرارة من ناحية أخرى، التي تتبع هذا الانفجار الهائل. وهذا الضوء البرّاق ليس ضوءاً مرئياً فحسب وإنما يشمل كافة أنواع الموجات، بدءاً من الموجات الحرارية وصولاً إلى الأشعة فوق البنفسجية وأشعة إكس، إنتهاءً بأشعة جاما!



شكل (11- 6) التفاعل المتسلسل في اليورانيوم 235



شكل (11- 7) انشطار نواة اليورانيوم 235

ثالثاً: هذا الإنفجار يخلق ضغطاً عارماً في الهواء حول كرة اللهب، وبعدها تنتشر موجة صدمة من مركز كرة اللهب باتجاه الخارج بسرعة تقارب سرعة الضوء تالفة كل ما يعترض طريقها حتى مسافات بعيدة. إن التمدد السريع في الكتلة الهوائية يولد ضغطاً هائلاً، ومجرد ملامسته مقدمة الأرض تنعكس موجة أخرى حيث تلحق هذه الموجة المنعكسة بالموجة الساقطة "تأثير ماخ" فتتضاعف قوتها وتندمجان مع بعض في موجة جديدة تدعى "ساق ماخ" عمودية الاتجاه، وتخلف رياحاً موازية لسطح الأرض فتزيد من فعالية القدرة التدميرية لموجة الانفجار. وعلى الرغم من أن جسم الإنسان يقاوم تأثير الضغط المرتفع، حتى دون حماية، إذ أن بعض الأجسام تتحمل ضغط يعادل 30 ضغط الهواء الجوي (30 PSI) -علماً بأن مستوى الضغط القاتل بنسبة 50% (LD50) في حدود 12 PSI- إلا أن، الوقائع التجريبية تشير إلى أن نسبة الوفيات التجريبية في المناطق المدنية عند تعرض المقيمين فيها لضغط في حدود 5 PSI تبلغ 75%.

رابعاً: الهواء الذي أصبح في وضع تخلخل وفائق التسخين يرتفع نحو الأعلى، حيث يتم حمله بقوى الطفو، مخلفاً بذلك برجاً من الغيوم يشبه المشروم. إن الحرارة الناتجة تسبب حروق بفعل الوهج، وأضرار تصيب العيون، والعمى المؤقت من الوهج الساطع. إن حروق الوهج من الدرجة الثانية تشمل 30% من الجسم، بينما الحروق من الدرجة الثانية تشمل 20%.

خامساً: بقى هنا التأثير الغادر بعد هذا الإنفجار النووي المروع، وهو الهطول النووي fallout، ونقصد هنا خلق وتحرر نوويات مشعة في الهواء؛ ففي عملية الإنشطار النووي تتحول أنوية اليورانيوم والبلوتونيوم إلى نويات أصغر، وكل نواة جديدة لديها درازن متعددة من البروتونات، وتشترك بدورها مع النيوترونات المتكونة أو الناتجة من الأنوية المنشطرة. وهذه النوويات الجديدة تجذب إليها الكترونات فتبدو وكأنها ذرات طبيعية مثل الأيودين (اليود) أو الكوبلت. وبينما تحتاج النوى الكبيرة، كعنصر اليورانيوم، إلى عدد نيوترونات أكثر لتخفيف بروتوناتها وخفض التنافر الكهروستاتيكي فيها إلا أن النويات المتوسطة والصغيرة، كعنصر اليود، لا تحتاج عدداً كبيراً من النيوترونات، وهذه النويات الجديدة ترتبط مع نيوترونات عديدة، وتكون مشعة، ولديها عمر نصف حساة زمني يتراوح من الآلاف الثواني إلى ألوف السنين! تجدر الإشارة أن المدى (البعد) الفعال لأشعة جاما الناتجة عن الانشطار والإنصهار لرأس نووي بقوة 20 kTon هو حوالي 3.2 km. لاحظ أنه عندما يصل مستوى التعرض الإشعاعي إلى 1000 Rem (رم) يحدث تلف في مخ العظام (الخطر الدموي) وتتأخر الوفاة 30 يوماً، وإذا وصل من 1000 Rem إلى 5000 Rem (رم) تكون الوفيات في غضون 7-14 يوماً، وإذا بلغت 5000 Rem فإن الوفيات تحدث في 48 ساعة مع تلف في الجهاز العصبي المركزي وتعطله.

6-11 التفجير النووي وتأثيره على الإنسان

وحتى تضمحل هذه النوويات فإنها تكون غير قابلة للتميز من الذرات الأخرى لكونها نظائر لذرات عادية يقوم جسمنا بإختزالها وإمتصاصها في الأنسجة حيث تقبع هذه النويات فيها، وتحدث تفاعلاتها الكيميائية للحصول على المواد التي يحتاجها الجسم منها، ولكن في النهاية تنقسم هذه الذرات المشعة، وتحرر طاقتها النووية الهائلة نسبياً في جسم الإنسان. ونظراً لأن كل إضمحلال نووي، يحدث بالقرب منا أو بداخل أجسامنا، يحرر طاقة ربما تعادل ملايين المرات من تلك الحادثة في الروابط الكيميائية فإن هذه الإضمحلالات تسبب تغيرات كيميائية في خلايا أجسادنا يمكنها أن تؤدي بعد ذلك إلى موت الخلايا، أو تلف المعلومات الجينية مع إحتمال إصابة الجسم بالسرطان.

ورغم وحشية هذه التقنية إلا إننا نستنتج هنا أن قوة العلم، والمعرفة، والإدارة الناجحة للمشاريع كلها أمور تكفل الثراء، والثقة بالنفس، وتجنب مخاطر ومفاسد الآخرين، وتكون الأمة حينها أمة مقبلة بدلاً من أن تكون أمة مدبرة منهزمة!

11-7 التفجيرات النووية والشتاء النووي

يشير كتاب الشتاء النووي لمؤلفه الدكتور مارك أ. هاروك وترجمة عبدالله حيدر، أن أي حرب نووية على نطاق واسع – أي انفجار 50 ألف سلاحٍ نوويٍ- قد يؤدي إلى إبادة من 300 مليون حتى مليار نسمة دفعة واحدة، وإن ملياراً أخر من المصابين سوف يحتاجون إلى عناية طبية فورية لن تكون متوافرة في معظمها. لكن، أي عالم، هو الذي سوف يواجهه الناجون؟ هل ستكون العواقب على المدى الطويل أشد وقعاً على الإنسانية وعلى بقاء سائر الأجناس، حتى من التأثيرات الفورية؟

يقول المؤلف، على لسان مترجم الكتاب، إن تفجيري هيروشيما وناكازاكي كانا بقنبلتين إنشطاريتين معزولتين وفرديتين، تعادل قوتهما التفجيرية 13 إلى 20 ألف طن (kTon) من مادة TNT، في حين أن متوسط الأسلحة الحرارية (القنبلة الهيدروجينية) اليوم، تعادل 500 kTon (كيلوطن)، وبعضها يصل إلى 20 MTon مليون طن أو (ميغاطن). وتبلغ الترسانة الحالية في العام حوالي 50000سلاحٍ نوويٍ، تعادل قوة تفجيرها نحو من 15000 MTon، وبإمكان هذه الأسلحة بلوغ أي هدف في العالم خلال دقائق.

لقد قدم الدكتور "بول كرتون" من معهد ماكس بلانك للكيمياء في ماينز بجمهورية المانيا الإتحادية والدكتور "جون بيركس" من جامعة كولورادو، حسابات عن حجم الطبقة الكثيفة في الجو التي يمكن أن تشكلها انفجارات القنابل، والمقادير الضخمة من الأدخنة والسخام الناتجة عن احتراق الغابات والمدن في الحروب النووية، التي تحول بشدة دون وصول أشعة الشمس إلى سطح الأرض. وقد خلصت هذه الحسابات إلى أن الظلام سوف يستمر عدة أسابيع، مما يجعل النشاط الزراعي في نصف الكرة الشمالي مستحيلاً علمياً إذا ما وقعت الحرب إبان نمو المزروعات.

11-8 أثر التفجيرات على المناخ

وحدثنا العالم الراحل "كارل ساغان"، من جامعة كورنل، عن دراسة كان يعدها مع أربعة علماء أمريكيين آخرين، تتناول أثر الغبار وذرات السخام نفسها، وانعكاسه على مناخ العالم حيث كان اهتمامهم بالموضوع منذ العام 1971، أثناء دراستهم المعطيات التي أرسلها إلى الأرض (القمر الإصطناعي) "مارينز – 9"، وهي أول مركبة فضائية في مدار حول المريخ، حيث كان يهب يومذاك على سطح الكوكب عواصف شديدة من الغبار، مما قادهم إلى التفكير في انخفاض الحرارة المتمادي لفترة طويلة على المريخ بسبب تلك الغيوم من الغبار. أما "ساغان" ورفاقه الأساتذة "ريتشارد توركو" و "أوين. تون" و "توماس أكرمان" و "جايمس بولاك"، فلم يفكروا بالربط بين ظاهرة المريخ، والعواقب المحتملة لحرب نووية، وعرفت دراساتهم، والتي إستغرقت سنتين، عن تأثيرات الحرب النووية على الجوبدراسات " ت ت ا ب س" (TTAPS)، وهي تمثل الحروف الأولى من أسماء مؤلفيها.

وباستخدام نماذج من الكمبيوتر، قام فريق "تتابس" بتحليل عشرات المظاهر المحتملة

للحرب النووية، وتحروا تأثيرها على جو الأرض والمناخ. لقد اعتمدوا، كأساس قياسي، حرباً بحجم 5000MTon (ميغاطن)، يفجر فيها نحو ثلث الترسانة العالمية الحالية فوق أهداف عسكرية ومدنية وصناعية مختلطة-معظمها في نصف الكرة الشمالي-والتفجير في الهواء، فوق المدن وما ينتج عنها من اشتعال المواد الملتهبة؛ فتشب الحرائق الهائلة والأدخنة السخامية، ويثير التفجير على الأرض سحباً عملاقة من الغبار الناعم، كما أن اشتعال الغابات والأعشاب من جراء الرؤوس النووية ينشر ستاراً هائلاً من السخام.

وحسب مارك هول تتجمع سحب الدخان وتتكثف وتحجب نور الشمس، وتفسد التوازن الحراري، وتعكر المناخ على مستوى الكرة الأرضية. وقد تهبط، من جراء ذلك درجة الحرارة في المناطق الداخلية من اليابسة لما تحت الصفر المئوي، حتى في عز الصيف! وإن ما يصل إلى الأرض من أشعة الشمس، المتضائلة إحتمالاً حتى الواحد من المائة، لن يكون كافياً للتخليق الضوئي في النباتات. ومن شأن الفارق في درجة الحرارة أن يدفع بجزيئات الغبار الدقيقة من نصف الكرة الشمالي نحو خط الاستواء حاملاً بذلك تبدلات مناخية إلى نصف الكرة الجنوبي؛ حتى ولو لم تفجر فيه أي قنبلة نووية. وقد ينقشع معظم تلك السحب من الغبار والسخام بعد أشهر، إلا أن أشعة الشمس العائدة سوف تحوي أشعة فوق بنفسجية شديدة تبلغ الأرض عبر طبقة الأوزون المدمرة جزئياً بسبب تصاعد الانفجارات النووية الكبرى نحو الستراتوسفير. ويحمل غبار الغيوم المتساقط مزيداً من الإشعاع الذري إلى نصف الكرة الشمالي في معظمه منتشراً في مناطق بعيدة عن الأهداف المقصوفة. هذا التضافر بين الصقيع الطويل، والظلام، والتساقط الإشعاعي، والأشعة الفوق بنفسجية، يشكل تهديداً خطيراً للناجين من الحرب النووية، أي أنه "شتاء نوويٌ قاسيٍ".

9-11 الشتاء النووي وأثره المدمر على المناخ

في أواخر نيسان 1983م، اجتمع خمسون عالماً في الأكاديمية الأمريكية للعلوم والفنون – كامبردج، مساتشوستس، لدراسة وتقييم أبحاث "تتابس" الأولية. وقد وافق الفيزيائيون بشكل عام على استنتاجات "تتابس" حول احتمال حجب أشعة الشمس عن الأرض بشكل خطير، وكذلك التغيرات المناخية القاسية، وناقشت المجموعة اخطاراً أخرى، كالتعرض لإشعاعات الغبار الذري المتساقط، وللأشعة الفوق بنفسجية، ولمعضلة الغازات السامة المتصاعدة من احتراق المواد المصنوعة. بعد ذلك قدمت استنتاجات الفيزيائيين إلى مجموعة من أربعين عالماً بيولوجياً لدراسة وقع الشروط المحتملة لما بعد الحرب النووية على مختلف أنظمة استمرار الحياة على الأرض، وكان التعليق عليها بموجب الأساس القياسي المتخذ 5000 MTon؛ فإن متوسط درجة الحرارة على اليابسة قد يهبط إلى 25° م تحت الصفر، خلال أسبوع أو اثنين، باستثناء المناطق الساحلية؛ وبأن البحريات والخزانات الداخلية قد تتجمد، وبأن نور النهار قد ينخفض بنسبة 95% أو أكثر، وأن هذه الأوضاع قد تدوم أشهراً، ونظروا كذلك في تأثير التعرض الطويل للإشعاعات المؤينة والأشعة الفوق بنفسجية وغيرها من التأثيرات لعالم ما بعد الحرب النووية. ودرس البيولوجيون مدى الأذى المترتب على ذلك مثل

البيئة الزراعية، وممالك البحار، والمياه العذبة الارتوازية. وأجمع البيولوجيون على أن الكائنات الحية في الكرة الأرضية سوف تتعرض للخطر الكبير من جراء الشتاء النووي، وأن العديد من الأجناس الحية ستباد، كما ستقع وفيات بشرية بالجملة.

11-10 مخاطر الشتاء النووي

وفي "عالم ما بعد الحرب النووية" – وهو موضوع المؤتمر الذي عقد في واشنطن أول تشرين الأول 1983م حول الأثر البيولوجي على المدى الطويل في العالم للحرب النووية – عرضت لأول مرة، وبشكل علني، الإكتشافات الخطرة عن الشتاء النووي، حيث تبين أنه حتى في حرب تقتصر على جزء يسير من ترسانات العالم النووية، فإن الوفيات المريعة، والدمار المباشر للانفجارات، والإشعاع، وغيرها من التأثيرات، لا تشكل سوى المرحلة الأولى من الدمار، وقد تتبعها كارثة مناخية، تنشر صقيعاً إلى ما دون الصفر، وحجاباً من الظلام فوق معظم نصفي الكرة الأرضية لعدة أشهر أو سنة. واستقطبت العواقب المحتملة لمثل هذا الشتاء النووي اهتمام الإعلام الوطني والدولي؛ حيث كشف للملأ أن عواقب الحرب النووية سوف تكون أشد تدميراً بكثير مما كان يعتقد. وأشار الدكتور الراحل الفيزيائي الفلكي "كارل ساغان" إلى أن أبرز النتائج غير المتوقعة لدراسة "تتابس" هي أنه حتى الحرب النووية الصغيرة نسبياً يمكن أن تكون بها عواقب مناخية مدمرة إذا ما أستهدفت المدن.

11-11 نصف الكرة الجنوبي ومناخه

يعتقد أن التأثيرات المناخية في نصف الكرة الشمالي، سوف تنتشر إلى النصف الجنوبي، وتفسد بالتالي مناخ الكرة الأرضية لعدة سنوات بعد حرب نووية. وقد لقيت دراسة "تتابس"، والتقييمات البيولوجية التي نوقشت في المؤتمر، موافقة عامة في الأوساط العلمية. والعلماء المعنيون بهذه الدراسات هم أول من يعترفون بالحاجة إلى الكثير من الأبحاث العلمية لفهم المزيد من النتائج المناخية المحتملة وعن التأثير البيولوجي للحرب النووية. وما من أحد يرغب في اللجوء إلى البرهان الوحيد القاطع – أي الحرب النووية الفعلية – كوسيلة للتحقيق من دقة دراسة "تتابس" والأوراق البيولوجية!

11-12 التأثيرات الجوية للحرب النووية

لقد قامت الأكاديمية الأمريكية للعلوم، خلال سنتين، بتمويل من وكالة الدفاع النووي الأمريكية، بدراسة التأثيرات الجوية للحرب النووية، أنجزت قبيل نهاية 1984م. وهناك دراسة أخرى، على مدى سنوات، تقوم بها اللجنة العلمية لمعضلات البيئة (SCOPE)، وهي فرع من المجلس الدولي للإتحادات العلمية. ويقيم مشروع "سكوب" كلا من التغيرات الجوية والمناخية، وتأثير الحرب النووية على النظم البيئية والإنسانية. وهذا يشمل الجهد المتضافر الذي يقوم به علماء من الولايات المتحدة، وكندا، والمملكة المتحدة، وأستراليا، واليابان، والإتحاد السوفياتي، والعديد من الدول الأخرى في شرق أوروبا وغربها، والعالم الثالث، في تحليل التأثيرات على النظم

الزراعية وعلى البيئة، ويتم ذلك بتنسيق من الدكتور هارول. ولقد كان الشتاء النووي كذلك موضوع ندوات في اجتماعات الجمعية الأمريكية لتقدم العلوم سنة 1984م، والمؤسسة الأمريكية للبيئة. كما أجرت دراسات أخرى عن التأثيرات المناخية، بإشراف الإدراة الوطنية الامريكية للمحيطات والجو (NOAA)؛ كما يقوم بدراسة مراحل موضوع الشتاء النووية أيضاً، مختبر ليفرمور الوطني في بيركلي كاليفورنيا، وهو الذي يصمم الأسلحة النووية.

ويذكر الدكتور مارك هاروك في كتابه الشتاء النووي، ترجمة عبدالله حيدر، أن التحاليل التي أجراها العلماء الفيزيائيون في دراستهم النتائج الجوية للحرب النووية على المدى البعيد تشير إلى أن إثقال الجو بالجزيئات يؤدي إلى تغيرات رئيسية في مناخ الكرة الأرضية، بشكل خاص.وحسب تقديراتهم، سوف تحجب سحب الدخان الكثيفة نور الشمس، لفترة أسابيع وأشهر، بعد الحرب النووية، بحيث لا يصل منه إلى الأرض سوى جزء يسير جداً، بحدود 1%، وعليه فإن حرارة الجو سوف تنخفض بشكل قاس إلى حدود دنيا، بعد أسابيع قليلة، لتبلغ 20 درجة مئوية تحت الصفر أو أدنى، كمتوسط لحرارة الهواء في المناطق الداخلية من نصف المرة الأرضية (بالمقارنة مع المتوسط السنوي الحالية للحرارة والبالغ 15 درجة مئوية). ومن الواضح، أن هذه التأثيرات على النظم الجوية، فيما لو كانت دقيقة، تنذر بوطأة شديدة على الإنسان والبيئة، بمستوى لم يسبق له مثيل. ويشكل هذا الاحتمال أحد المحاور الرئيسية للدراسات الحالية.

لقد استخدم بعض العلماء معطيات جديدة ونماذج منقحة، لحساب التأثيرات المناخية لغيوم الغبار والأدخنة. وهي تخلص إلى أنه بعد حرب نووية كبرى يمكن أن تغطي ألوف من هذه الغيوم نصف الكرة الشمالي، فوق خطوط العرض الوسطى، خلال فترة أيام أو أسابيع؛ وقد يؤدي هذا إلى تغييرات جوهرية في التوازن الإشعاعي لتفاعل ضوء الشمس مع الطبقة الهوائية ومع سطح الأرض بحيث تحدث اختلالات في أنماط حركة الطبقة الهوائية وكذلك في المناخ على مستوى نصف الكرة الأرضية. وبالإضافة، فإن تزايد حركة الطبقة الهوائية بين نصفي الكرة، مع إنتقال أسرع للجزيئات من نصف الكرة الشمالي إلى نصف الكرة الجنوبي عبر طبقات الجو الدنيا والعليا، (وهي ظاهرة لم تأخذ بها التقديرات السابقة) قد تؤدي جميعاً إلى تعكير المناخ بشكل أساسي للكوكب بكامله.

وتدل التحاليل الدقيقة أن طبقات السخام نتيجة الحرائق الأولية، التي تنحسر بين خطي العرض الشماليين °30-°60، في الجو القريب من الأرض سوف تتسبب ببرودة مفاجئة للهواء المجاور سطح الأرض، وتستمر لفترة قصيرة نسبياً، وإن الغبار في طبقات الجو العليا سوف يتسبب ببرودة طويلة الأمد تستمر إلى أبعد من السنة الأولى. كما أن هنالك إحتمالاً لتأثيرات مناخية ثانوية تتوسطها تبدلات في حرارة المحيطات وحركة التيارات (على الرغم من أن حرارة سطح المياه البحرية لن تتغير كثيراً)، مما يفاقم الآثار المتوقعة. والواضح من ذلك أن حرارة الهواء في المناطق البحرية لن تنخفض بمقدار الحرارة في داخل اليابسة (أي القارات)، مما يعزز احتمال طقس قاس جداً، حيث كتل الهواء سوف تندفع بحكم الفواراق الكبيرة قي المقاييس الحرارية. ويتوقع أن

تشهد حركة الطبقة الهوائية للكرة الأرضية تبدلات رئيسية، مع تداخل متزايد للكتل الهوائية فوق خط الاستواء.

وهناك تصورات أخرى حول تناقص التكثيف (أي تكثيف الأبخرة إلى أمطار) فوق داخل القارات لفترة طويلة، ولكن تفاوت الحرارة بين مناطق اليابسة والمناطق البحرية قد يسبب أمطاراً غزيرة وضباباً كثيفاً فوق المناطق الفاصلة. أما التغيرات المناخية بعيدة المدى، والناتجة عن تصاعد غاز الكربون (CO_2) وتفاعلات (NOx-O_3)، فإنها ليست بذات أهمية خاصة. غير تناقص (O_3) قد يؤدي إلى تزايد الأشعة الفوق بنفسجية (UV-B) فوق سطح الأرض بعد انقشاع الجزيئات من الجو، بمستويات تقارب الدراسات السابقة.

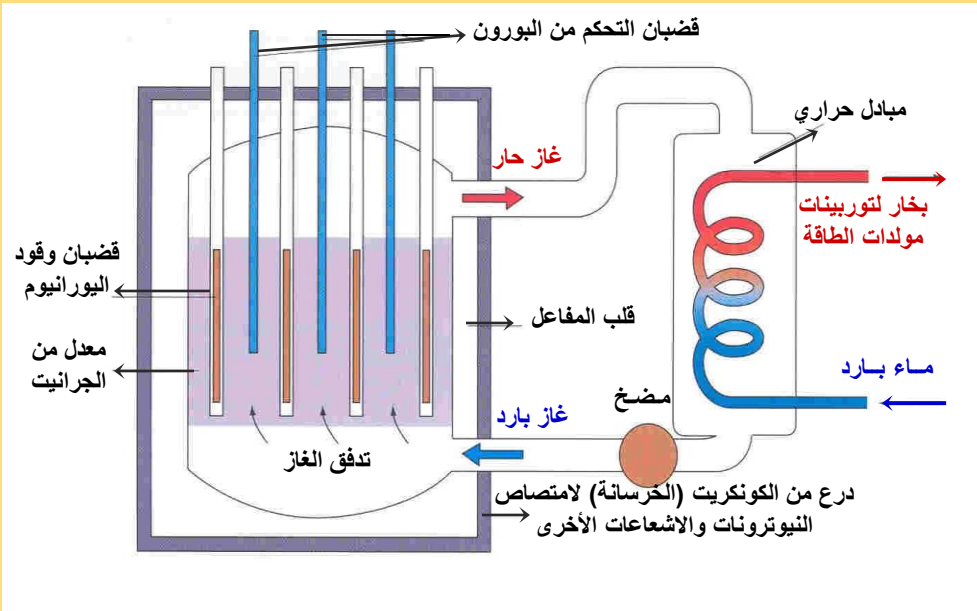
13-11 التفجير النووي والآثار البيئية

وفي تحليلات عالمية للتدمير النووي تبين أن هناك عواقب مأساوية. أولها، التأثير المباشر لانخفاض الحرارة على البشر، وخصوصاً على إنتاجية الزراعة والنظم الطبيعية حيث يمكن أن تدمّر كل إنتاجية الأرض، بما فيها إنتاج المحاصيل، إذ قد تكون معدومة طوال السنة الأولى عقب حرب نووية، مع الخطر الواضح لمجاعات البشر الجماعية في نصفي الكرة الأرضية. كما يتوقع أن يؤدي حجب الضوء إلى انخفاض كبير في الإنتاجية, وسوف يبلغ التساقط الإشعاعي النووي المحلي والعالمي (الهطول الإشعاعي)، مستويات مميتة فوق أجزاء فسيحة من نصف الكرة الشمالي. كما يبلغ الإشعاع الخفي أوالخلفي، مستويات تسبب أعراضاً صحية مزمنة. وأخيراً، قد تؤدي العواقب المجتمعية كذلك إلى تأثيرات إنسانية واسعة، لأن التزاحم السكاني على الموارد سوف ينشب بين أولئك الناجين، الذين يعانون كذلك من أعراض جسدية ونفسية، ومن فقدان الخدمات الإجتماعية المساعدة.

وتشير الدراسات كذلك أن بين مختلف العوامل التي تضر بالبشر من جّراء التفجيرات النووية الشاملة هو احتمال كون عدد الضحايا البشرية في الفترة المتوسطة والبعيدة مساوياً على الأقل لعدد الضحايا من الإنفجارات نفسها. وتقع هذه الوفيات غير المباشرة، بين الأمم غير المستهدفة، كما بين الدول المتحاربة!! لاحظ أن الجرعات المتوقعة لكامل الجسد نتيجة التعرض الخارجي للتلوث الإشعاعي من التفجير النووي قد تصل في المتوسط إلى 20Rad (راد) في نصف الكرة الشمالي خلال الأشهر القليلة التي تلي هذه الحرب العالمية المفترضة بالسلاح النووي.

14-11 الصيف النووي

أذكر هنا حديث أستاذي الأمريكي ألأستاذ الدكتور براون، الذي كان يعمل آنذاك في مختبرات فيزياء المواد في جامعة كنت بكانتربيري، ببريطانيا، حيث ذكر أنه في حال تصاعد غازات حابسة للحرارة حول الكرة الأرضية -أي في غلافها الجوي- فإن حرارة التفجيرات والحرارة المنبعثة من الأرض بفعل الإنسان أو الطبيعة، سوف يتم أسرها في جو الأرض لنشهد بذلك حالة مشابهة لكوكب الزهرة المحاط بغازات مثل



شكل (11- 8) مفاعل نووي بالغاز المبرد

ثاني أكسيد الكربون مما سيتولد عن ذلك تحول كوكبنا إلى فرن حراري مليء بالعواصف الرملية وغيرها، وهذا ليس بمستبعد!

11-15 محطات توليد الكهرباء بالطاقة النووية

يوضح شكل (11- 8) مفاعل نووي تصل الطاقة في قلبه إلى حوالي 24MW (ميجاوات). هذا المفاعل يبرد بالغاز وتكون الطاقة المتحررة من جراء الانشطار النووي في أعمدة، أو قضبان، الوقود فيه. وهي من مادة اليورانيوم في هيئة حرارة عالية جداً، وهذه الحرارة يحملها غاز ثاني أكسيد الكربون، الذي يتم ضخه في أجواء قلب المفاعل لتمتص ذرات الكربون في الغاز النيوترونات الناتجة من الإنشطار. هذا الغاز الحار يستخدم في تسخين الماء إلى بخار ليشغل بدوره هذا البخار التوربينات، ومن ذلك نحصل على الطاقة الكهربائية.

إن أعمدة أو قضبان الوقود، عبارة عن يورانيوم 238 تم تخصيبه بإضافة 3% من اليورانيوم القابل للانشطار (يورانيوم 235)، علماً بأن الأخير نادر في الطبيعة ويشكل تواجده مقارنة باليورانيوم 238 ما نسبته أقل من 0.5%!

وفي قلب المفاعل النووي هناك 1700 قضيب من اليورانيوم كل منهما بطول متر واحد وقطر 3cm، وذلك ليتسنى للنيوترونات الهروب من قضيب ما إلى نواة قضيب آخر مجاور له لتشطرها، وهكذا دواليك. هذه الأعمدة يتم غمرها في مادة الجرانيت، التي يصطلح بتسميتها المعدلات Moderator، والهدف من ذلك هو إبطاء النيوترونات الناتجة من الانشطار النووي؛ فالأنوية تنقسم بسهولة إذا ارتطم بها نيوترون بطئ.

ويتم تنظيم معدل إنتاج الطاقة عن طريق أعمدة البورون Boron Rods، فعنصر البورون هو عنصر ماص جيد للنيوترونات بكفاءة عالية، لذا فإنه مع إنزال هذه القضبان وسط قضبان اليورانيوم يتم إيقاف التفاعل النيوتروني المتسلسل نهائياً وبرفعه يحدث العكس. ويمكن تمثيل التفاعل في المفاعل النووي بالآتي:

$$ {}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}u \longrightarrow {}^{137}_{52}Te + {}^{97}_{40}Zr + 2\,{}^{1}_{0}n $$ (نيوترون)

لاحظ أن مجموع كتل عناصر الطرف الأيمن من المعادلة أخف من كتل عناصر الطرف الأيسر بمقدار 0.216u (وحدة كتلة ذرية)حيث أن:

$1u = 1.661 \times 10^{-27}\ kg$

وحسب نظرية اينشتين فإن هذا الفقد في الكتلة (m) قد تحول إلى طاقة قدرها:

$$E = m\,c^2 = 0.216 \times 1.661 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2$$
$$= 3.2 \times 10^{-11}\ J$$

حيث تمثل c سرعة الضوء. هذه الطاقة تنتج في كل تفاعل، ولكون أن لدينا ملايين التفاعلات فإن الطاقة المتحررة تكون رهيبة، علماً بأن كل كيلوجرام من اليورانيوم يعطى طاقة قدرها $10^{14}J$ (جول) وهي كافية لتزويد مملكة البحرين بالكهرباء لفترة طويلة تصل لأعوام!

16-11 قياس الإشعاعات النووية

لتقدير تأثير جرعة الإشعاع النووي على أجسامنا يتطلب معرفة مقدار الطاقة التي يمتصها كل جزء من جسم الإنسان شكل (11- 9). ومع كل ذلك فإن التلف الناتج عن الإشعاع النووي يعتمد على مقدار الطاقة التي يمتصها كل كيلوجرام من أنسجة الجسم. والوحدة المستخدمة لقياس جرعة الإشعاع النووي هي Gray (Gy). إن جرعة 1Gy تعني أن كل كيلوجرام من الأنسجة يمتص 1J (جول) من الطاقة.

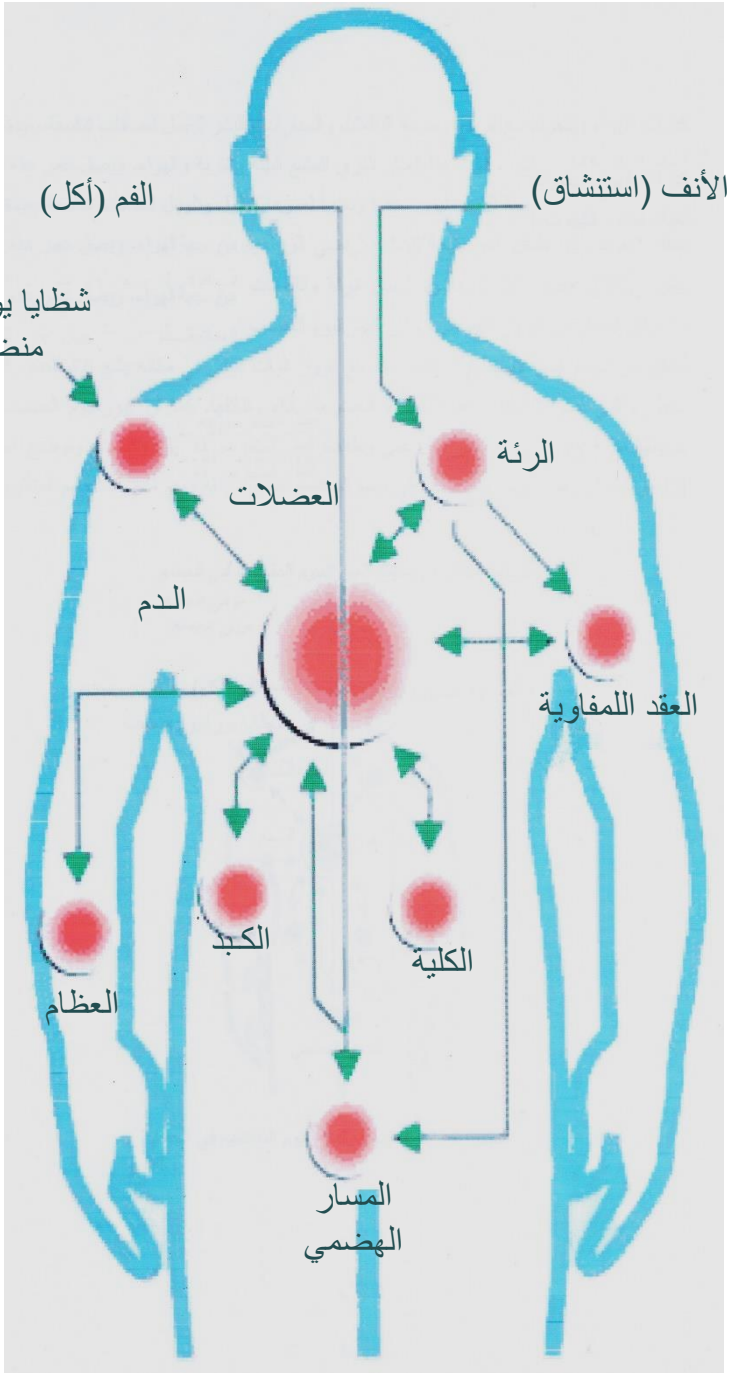
$$1\ Gy = 1\ J/kg$$

هناك إشعاعات أكثر ضرراً من نظيراتها عندما يكون لها نفس الطاقة، لذلك يستخدم المختصون مصطلح "مكافئ الجرعة dose equivalent ووحداته الـ "سفيرت Sieverts (Sv)".

وعادة ما يتم استخدام العلاقة التالية:

مكافئ الجرعة (Sv) = Q × الجرعة (Gy)

حيث تمثل العامل Q رقم يعتمد على نوع الإشعاع؛ فمثلاً أشعة ألفا هي شديدة التأين للهواء أو الوسط، فلذا تحدث تلفاً اكثر من أشعة بيت أو جاما إذا ما اكتسبت هذه الأشعة نفس القدر من الطاقة، حسب الجدول التالي:



شكل (11- 9) يوضح مناطق امتصاص المواد المشعة في جسم الأنسان

قيمة Q	نوع الإشعاع
1	أشعة بيتا / أشعة جاما
10	البروتونات والنيوترونات
20	أشعة ألفا

وغالباً، فإن الإشعاع من بيئتنا الجوية والأرضية، الذي نتعرض إليه في الطبيعة بصفة مستمرة، يصل جرعته إلى حوالي 0.001Sv (1 mSv) سنوياً.

ويستخدم العلماء كذلك وحدة الرونتجن Roentgen (R) لتقدير حجم الإشعاع أو الجرعة. ويعرف الرونتجن على أنه "مقدار الإشعاع المؤين الذي ينتج شحنة كهربائية قدرها $0.33\times10^{-3}C$ (كولومب) في السنتمتر المكعب ($1cm^3$) من الهواء تحت ظروف معيارية".

كما وأن الرونتجن يعرف على أنه مقدار الإشعاع النووي الذي يطرح طاقة قدرها 8.76×10^{-3} J (جول) في كيلوجرام من الهواء. ولقد تم استبدال وحدة الرونتجن بوحدة الراد Rad، وهي اختصار للجملة التالية:

Radiation Absorbed Dose

وعليه إن 1Rad تمثل مقدار التأين الذي يطرح طاقة قدرها 10^{-2} J في 1kg من المادة الممتصة لهذا الإشعاع.

إن وحدة Rad لا تعبر عن درجة التلف البيولوجي الناتج من الإشعاع لأنه لا يعتمد فقط على الجرعة وإنما على نوع الإشعاع، ولهذا تم استحداث معامل آخر يسمى (Relative Biological Effectiveness RBE) أي اختصار لجملة (الفعالية النسبية البيولوجية – ف ن ب) كما يوضح ذلك الجدول التالي:

الإشعاع	معامل RBE
أشعة اكس أو أشعة جاما	1.0
أشعة بيتا	1.7 –1.0
أشعة ألفا	20 –10
النيترونات البطيئة	5.0 – 4.0
النيترونات السريعة والبروتونات	10
الانوية الثقيلة	20

أخيراً تم استحداث وحدة الرم REM وهي في الحقيقة اختصار للجملة "Equivalent in Man Radiation" أي "مكافئ الإشعاع في الرجل"، وتساوي جرعة الرم التالي:

Dose in Rem = Dose in Rad ×RBE
الرم = الراد × ف ن ب

وحسب التعريف، فإن 1Rem لأي اثنين من الإشعاعات ينتج نفس قدر التلف البيولوجي، أي أن 1Rad من النيوترونات السريعة تمثل جرعة فاعلة قدرها 10 Rem، وإن 1Rad من أشعة جاما تعادل جرعة 1Rem. وللمقارنة، فإن الإشعاع النووي Background الآتي من الصخور، والتربة، والأشعة الكونية، تكون جرعتها في أجسامنا حوالي 0.13rem سنوياً، وهذا يسمى "الإشعاع الخلفي"، وهذا يختلف من موقع جغرافي إلى آخر، ولكن أعلى نسبة هي 0.5Rem سنوياً، وللعلم فإن استلام جرعة تدرها 1000Rem تعادل ابتلاع 1mCi(ملي كيوري) من مادة مشعة جداً، وإن جرعة 400Rem إلى 500Rem تحدث وفيات بنسبة 50%!

إن الإشعاع النووي يسبب إرباك أو خلل في عمل الخلية، خصوصاً عندما تنتج أيونات شديدة التفاعل(أوالمسماة بالأيونات الجذرية Radicals) من جراء التعرض النووي، فعلى سبيل المثال، فإن الهيدروجين وجذريات الهيدروكسايل hydrogen and hydroxyl radicals الناتجة من جزئيات الماء يمكنها أن تحث على إنتاج تفاعل كيماوي يمكنه أن يحطم جزئيات البروتين والجزئيات الهامة الأخرى.

إن الأشعة المؤينة يمكنها أن تؤثر مباشرة في جزئيات مهمة عن طريق إزالة الإلكترونات من تركيبها؛ فالجرعات العالية من الإشعاع خطرة جداً لأنها تتلف عدداً كبيراً من الجزئيات في الخلية مما تسبب في قتلها. فوفاة خلية واحدة لا يعتبر مشكلة وإنما المشكلة تكمن في مقتل العديد من الخلايا دون تعويض. كما أن الخلايا التي قد تنجو من الإشعاع قد تصبح مشوهه، وهذا التشوه يتكاثر عندما تنقسم هذه الخلايا مما قد يؤدي إلى السرطان. وإن تأيين الذرات في أجسامنا يعني أحداث تغيير كيميائي في الجزئيات قد يؤدي إلى إنتاج أحماض شديدة تقضي على خلايا الجسم وتدميرها.

عندما حدث تسرب إشعاعي في 26 أبريل 1986 من المفاعل النووي الأوكراني في تشرنوبيل تسبب هذا التسرب في زيادة الجرعة الإشعاعية في بريطانيا بمقدار0.1m Sv (مللي سيفرت). ومع تعرض كل فرد إلى 1Sv من الإشعاع فإن نسبة الوفاة تصل إلى 12 من بين 1000 مواطن!ولو افتراضنا أن عدد سكان بريطانيا هو 50 مليونا فإن عدد الوفيات من جراء هذه الجرعة الإشعاعية ستساوي:

عدد الوفيات = 12/1000 × 50 000 000 = 600 000

ومع ذلك، فإن جرعة 0.0001Sv من تشرنوبيل ستسبب بعد 30 سنة وفيات قدرها:

عدد الوفيات = 600 000 × 0.0001 = 60

17-11 مستوى الجرعات

جرعة عالية: وهي أي جرعة مقدارها أكثر من 10Sv، وهذه جرعة قاتلة لا محالة، بينما إذا وصلت الجرعة إلى 4Sv فإن احتمال النجاة هو 50%. وفي الحروب النووية قد يتعرض الفرد إلى إشعاع نووي أكثر من 10Sv، وهنا تتلف خلايا نخاع العظام.

جرعة متوسطة: وهي الجرعة التي تقل عن 1Sv، وهي غير قاتلة، وبسببها يحدث تلف في خلايا الجسم ولكن بمقدور الجسم إنتاج غيرها أو تعويضها. وتشير الدراسات أن الناجين من كارثة هيروشيما ونكازاكي قد أصيبوا بسرطان بعد عدة سنوات، فاحتمال الإصابة بالسرطان هو 1 من 100!

جرعة منخفضة: وهي أي جرعة أقل من 10 mSv، ومع ذلك يعتقد الكثير أن أي إشعاع نووي له ضرر مهما كان قدره!

الفضل يعود لهما ...

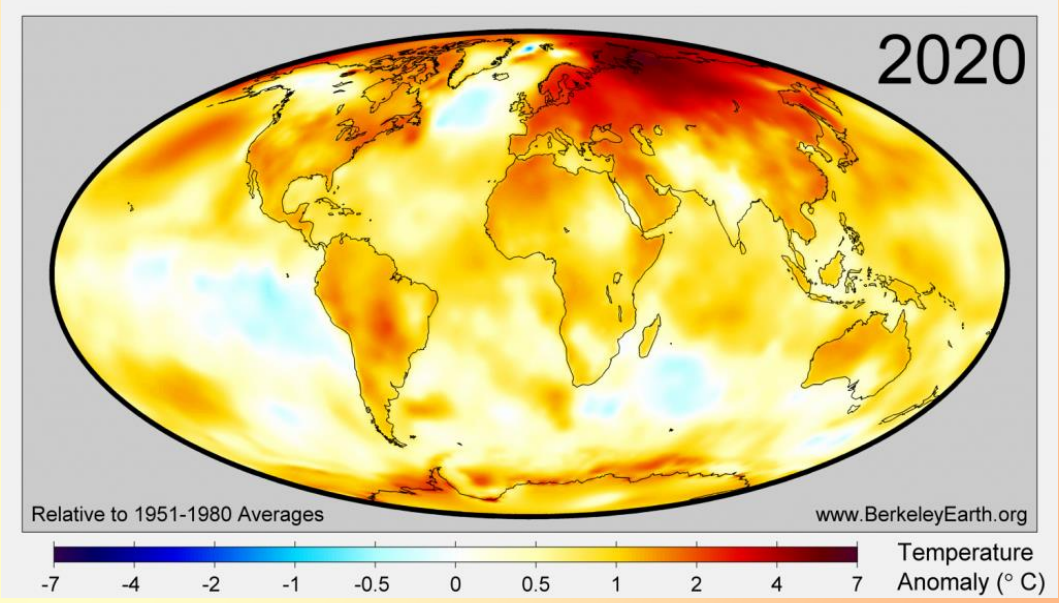
يعتبر عالم الرياضيات الفرنسي جين فورير Jean Fourier (1768-1830)، المعروف من خلال نظريته في مفهوم الحرارة، أول من أدخل فكرة الاحتباس الحراري لتوضيح الطريقة التي يتم فيها أسر الحرارة في الغلاف الجوي. وقد جادل هذا العالم كثيراً في أن الغلاف الجوي يعمل وكأنه زجاج لبيت حار، هكذا كتبها!!

وفي عام 1860م، قاس العالم الايرلندي جون تايندال John Tyndall (1820-1893) امتصاص الاشعاع الحراري من قبل غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء، وهما يعتبران الآن أهم غازات الانحباس الحراري.

12- تطبيقات فيزيائية حول ظاهرة التغير المناخي و دفء الأرض

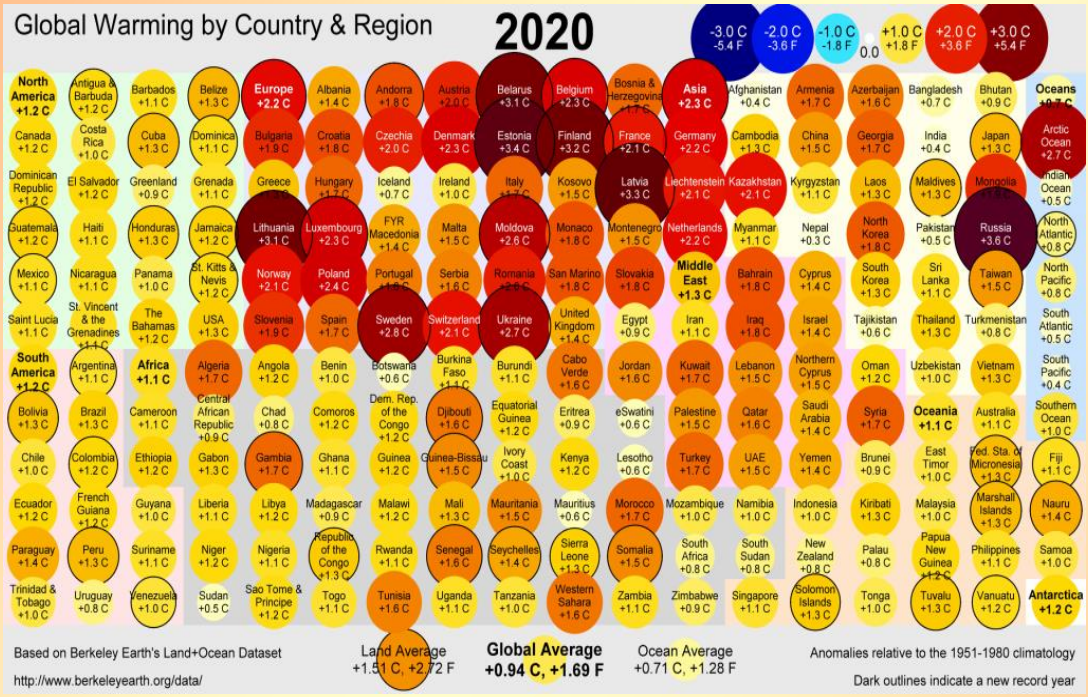
المقصود بالتغير المناخي هو التغير المحسوب إحصائيا في متوسط النظام المناخي، وهذا يشمل الغلاف الجوي، ودورة المياه، وسطح الأرض، والجليد والمكونات الحية على كوكب الأرض. ولا يشمل هذا التعريف غالبا مسببات التغيير، كالنشاط الإنساني على سبيل المثال، ولكن يتطلب التوقعات التي ممكن أن ينتج عنها هذا التغيير. وتشير التقارير العالمية إلى ضرورة أن تلتزم الدول بانبعاث صفري للغازات بحلول 2050 م ، حيث تعكف الدول حاليا على خفض انبعاثاتها بمقدار 45% في عام 2030 مقارنة بتلك الصادرة منها في عام 2010.

وحسب تقرير بيركلي إيرث Berkeley Earth فإن عام 2020 هو أدفأ عام تتعرض له الأرض منذ عام 1850م عند مقارنة القياسات ، ولكن عند أخذ نماذج التوقعات يعتبر عام 2020 م هو ثاني أدفأ عام بعد عام 2016 م بفارق 0.022 °C، وهي أقل من مقدار عدم الدقة في درجات النماذج التي تصل إلى 0.045 °C حيث كان من المتوقع أن ترتفع درجة حرارة الأرض إلى 1.27° C عن المتوسط خلال أواخر القرن 19 (الفترة من 1850إلى 1900م ، وهي الفترة التي يرجع إليها العلماء فترة ما قبل التأثير الصناعي على مناخ كوكب الأرض) . لقد كان متوسط حرارة سطح الأرض في القرن العشرين (1900 م إلى 2000 م) 13.9°C بينما بلغت الآن - على الأرجح - 14.9°C.



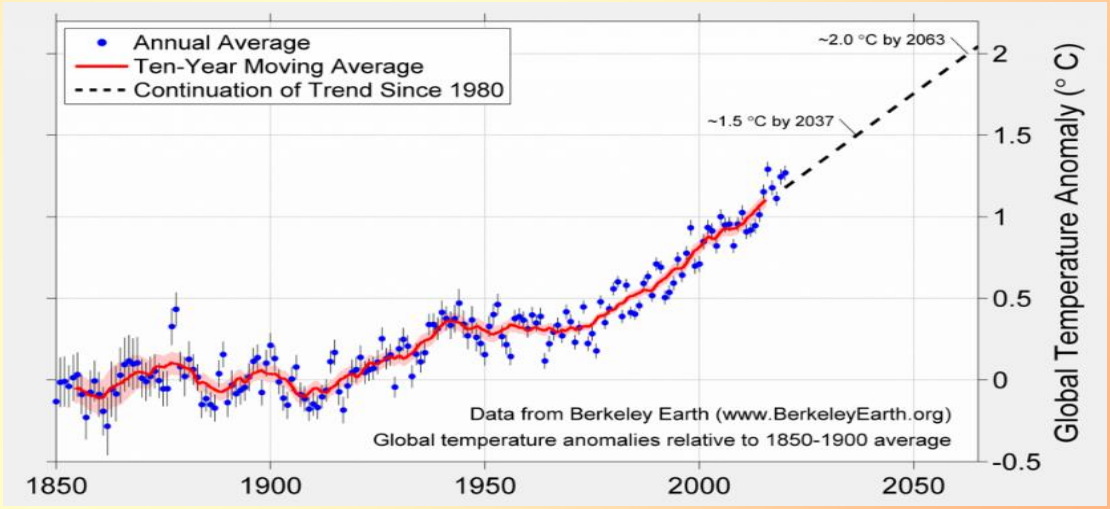
درجات الحرارة على كوكب الأرض مقارنة بمتوسط السنوات من 1951 إلى 1980 م.

وحسب الإحصائيات الصادرة من بيركلي إيرث فBerkeley Earth قد بلغت الزيادة في متوسط درجة الحرارة للفترة من 1951م إلى 1980م حوالي 0.94 ° م ، حيث زادت الحرارة في البحرين عن المتوسط بمقدار +1.8°م، والسعودية + 1.4°م، والكويت +1.7 °م ، والإمارات + 1.5°م ، وعمان+1.2 °م. أما أكثر الدول تغيرا في درجة الحرارة عن المتوسط فكانت روسيا بواقع + 3.6 ° م ، ثم استونيا + 3.4 °م ، ثم لالفيا + 3.3°م، ثم فنلندا+ 3.2 °م ، بينما منطقة الشرق ألأوسط فقد زادت عن المتوسط بمقدار+ 1.3°م ، وأسيا +3 °م ، و أوروبا + 2.2 °م.



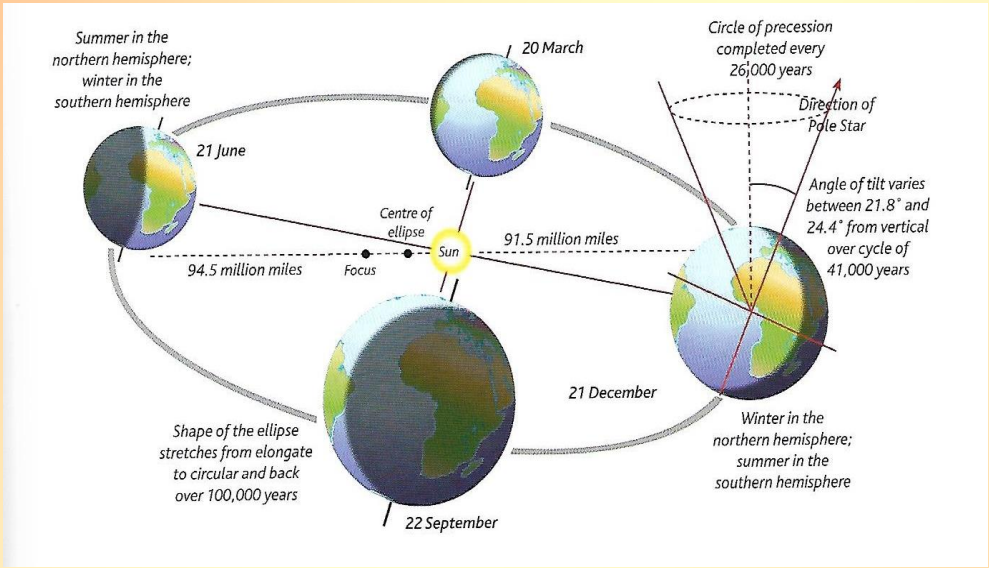
التغير في درجات الحرارة في عام 2020 مقارنة بمتوسط درجة الحرارة للفترة من 1951 إلى 1980 .

/http://berkeleyearth.org/global-temperature-report-for-2020

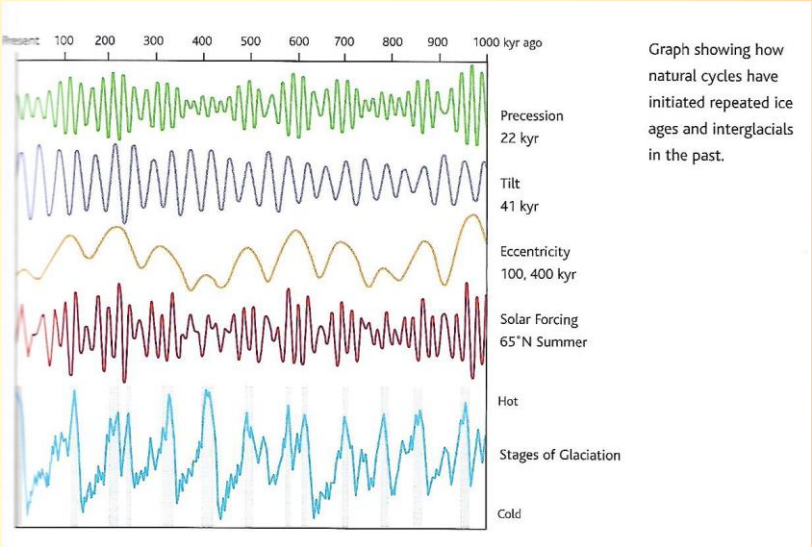


نموذج بيركلي إيرث في التنبؤ بارتفاع درجة حرارة الأرض حتى عام 2050 !

يجب ان نتذكر بأن التغيرات في شكل مدار الأرض البيضاوي (الحيود في كروية الدوران حول الشمس) مع مرور الوقت يسبب تغيرات دورية في مناخنا؛ فكل دورة لهذا التغير مدتها 100ألف سنة، وهي متزامنة مع التغيرات الجليدية الرئيسية المهمة. كما أننا بتنا نعلم أن تباكر وتبادر مبادرة الاعتداليين هي دورة طبيعية تتكرر كل 23 ألف سنة حيث يكون، في كل مرة، نصف الكرة الشمالي من الأرض في أبعد نقطة له من الشمس ثم يدنو مرة أخرى، وهذا يؤثر على تراكم وذوبان طبقة الجليد على الأرض. وأخيرا عرفنا أن ميل محور الأرض يتغير خلال دوره تبلغ 41 ألف سنة ،وهذه تؤثر على شدة وحدة الفصول الأربعة . وكل التأثيرات الثلاث على مناخ الأرض يمكن أيجازها في الرسمين أدناه



التغير الدوري في طريقة تحرك الأرض حول الشمس كان سببا في اطلاق تغيرات مناخية في الماضي وربما في المستقبل.



رسم بياني يوضح كيف خلقت التغيرات الطبيعية عصور جليدية وبين جليدية متكررة في الماضي.

للأسف ، تزداد درجة حرارة كوكب الأرض بانتظام خلال الألفية ، وهو أمر يثير الاستغراب . هناك عوامل تتحكم في درجة حرارة الأرض، وهي : شدة الإشعاع الشمي، خصائص مدار الأرض حول الشمس، دورات المحيطات و الغلاف الجوي ، الصفائح التكتانوية ، والغيوم، والجليد والثلج ، والغازات الطبيعية و الغازات الناتجة من التدخل البشري (المصنعة) ، والجسيمات و الهباء في الغلاف الجوي - بما فيها تلك المنبعثة من البراكين - وأخيرا يبقى تقدير الله عز وجل في خلقه ، أو مايسميها البعض " تأثير الحياة .

وحقيقة، فإن بعض تلك العوامل تصنف على إنها ذات تغذية راجعة سلبية negative feedbacks أي تقلل من درجة حرارة سطح الأرض بينما هناك عوامل تضخم التغير الحراري و ترفع من درجة حرارة سطح الأرض وتسمى عوامل ذات تغذية راجحة أيجابية positive feedback .

وللأسف، فإن مسار درجة الحرارة المنتظم لدرجة حرارة كوكب الأرض يشير إلى أن عوامل التغذية الراجعة الإيجابية هو المسيطر و المهيمن حاليا!

لقد كانت هناك تجارب كثيرة حول التغير المناخي أدت إلى ظهور نماذج رياضية لها القدرة على أن تقدر حالة حرارة كوكب الأرض على المدى القصير و المدى الطويل ، وهذه النماذج تسمى نماذج مناخ الأرض أو النماذج العالمية للمناخ Global Climate Models (GCMs) . هذه النماذج معقدة ، وهي خاضعة للتطوير و التحديث بسبب الفهم اليومي لفيزياء الغلاف الجوي ، وعمليات التغذية الراجعة، و حساسية المناخ . وتجدر الإشارة، إلى أنه بسبب الافتراضيات الكثيرة في تلك النماذج فإن حالة المناخ الحقيقة قد تختلف عن المتنبأ بها لدرجات عالية أحيانا.

سؤال: ما مقدار الطاقة التي يجب أن تكتسبها الأرض لترتفع درجة حرارتها بمقدار $\Delta T = 1°C$ ؟

الجواب: لو افترضنا أن متوسط كثافة الأرض ρ هو 2.7×10^3 kg/m^3 ، وأن سعة الحرارة النوعية C للبازلت (الأكثر في الأرض) هي 0.83×10^3 J/kg C، وأن نصف قطر الأرض يساوي 6.371×10^6 m ، فباستخدام العلاقة أدناه ، ستكون مقدار الطاقة تساوي 2.5×10^{27} Joule .

$$E = mC\Delta T = \rho V \Delta T$$

يكفي أن نعرف أن محطة انتاج الكهرباء بقدرة 5,000 MW تنتتج في الثانية $5X10^9$ J، وهذا يعني الطاقة المطلوبة لرفع حرارة الأرض 1°C تعادل انتاج 10^{11} من تلك المحطات!

سؤال: ما مقدار الطاقة الحرارية المحبوسة في الغلاف الجوي – بسبب غازات الإحتباس الحراري – التي تسببت في زيادة درجة حرارة جو الأرض بمقدار 1°C ($\Delta T = 1°C$) ؟

الجواب: تشير المراجع إلى أن كتلة الغلاف الجوي تصل إلى 5 كواردليون طن (m $= 5 \times 10^{18}$ kg)، وإن سعة الحرارة النوعية C للهواء تساوي 1.0×10^{3} J/kg K ، وباستخدام العلاقة أدناه، ستكون مقدار الطاقة المحبوسة تساوي 5×10^{21} Joule .

$$E = m\ C\ \Delta T$$

ونلاحظ هنا أن مقدار هذه الحرارة أقل من تلك المطلوب أن يرتفع بها سطح الأرض – بسبب سخونة الأرض - (2.5×10^{27} Joule) بمقدار مليون مرة تقريبا. وفي كل الحالتين فإن تلك الحرارة عالية جدا ، فقنبلة مثل التي سقطت على هيروشيما تحرر طاقة حرارية قدرها 1.5×10^{13} Joule ، وهذا يعني أن الحرارة الحبيسة في غلافنا الجوي تعادل تلك الصادرة من تفجير 333,333 قنبلة ! بالطبع تلك الحرارة مسبب رئيس لزيادة الانتروبيا في منظومة غلاف الجوي الأرضي ، ونقصد بالانتروبيا هو اللانظام ، أي حسب مبدأ الثرموديناميكا، من المستحيل إلى تعود الأنظمة إلى سابق عهدها و انما دائما هناك تغييرا. و يتنبأ بعض العلماء أن إنتروبيا الكون ستزيد لدرجة لا تسمح فيها العشوائية بخلق نظام مفيد. وعندما تتبقى الطاقة الحرارية فقط، يقال أن الكون سيكون قد انتهى بسبب الموت الحراري.

الإنتروبيا هي مقياس العشوائية أو الفوضى في نظام ما، وتعتمد قيمة الإنتروبيا Sعلى كتلة النظام، ووحدة قياسها هي J/K (جول/كلفن) حيث يمكن للإنتروبيا أن تكون ذات قيمة موجبة أو سالبة، وطبقًا للقانون الثاني للديناميكا الحرارية؛ **تنخفض إنتروبيا نظام ما فقط في حالة زيادة إنتروبيا نظام آخر**. و بمعنى آخر، فإن قيمة الإنتروبيا S تتغير باختلاف مقدار المادة الموجودة داخل النظام. ويمكن الاستعانة بحساب التفاضل والتكامل لإيجاد تكامل dQ/T من الحالة المبدئية حتى الحالة النهائية، وهنا تمثل dQ التغير في الطاقة مع حرارة النظام T بدرجة كلفن المطلقة. و بصياغة أخرى، فإن التغير في الإنتروبيا (ΔS) يساوي ناتج قسمة التغير في الحرارة (ΔQ) على درجة الحرارة المطلقة للنظام T:

$$\Delta S = \Delta Q / T$$

وهذا يعني أنه إذا زادت كمية الحرارة في الغلاف الجوي - بسبب زيادة تركيز الغازات الحابسة للحرارة فيه مثل CO_2 مع بقاء درجة الحرارة ثابتة فإن اللأنتروبيا (اللانظام) سيزداد حتما، و يحدث ذلك تطرفا و نمطا غير طبيعي في الطقس و المناخ!

للعلم، لو كان لدينا إناء به 1 kg من الماء عند درجة حرارة 22 °C (=295 K) وآخر عند درجة حرارة 32° C (305 K=) وخلطناهما معا، فإنه حرارة إتزان لماء ستكون 27° C (300 K) ، وعلية فإن التغير في الإنتروبيا هنا يساوي :

$$\Delta S = \Delta S_{warm} - \Delta S_{cold} = (m\ c\ \Delta T/T_{2av}) - (m\ c\ \Delta T/T_{1av})$$
$$= 41860/295 - 41860/305 = 4.65\ J/K$$

1-12 ظاهرة دفء الأرض فيزيائياً

إن متوسط درجة الحرارة على سطح الأرض هو حوالي 15˚C حيث تكون أبرد من ذلك في المناطق القطبية وأدفأ من ذلك في المناطق الاستوائية، وباستثناء المناطق التي ظروفها المناخية والطبوغرافية قاسية جداً فإن معظم كوكب الأرض يصلح للعيش فيه، فهي الحرارة المعتدلة نسبياً تساند حياة الحيوان والنبات التي بدورها تدخل في تأمين الغذاء لبني البشر.

والآن سوف نقدر درجة حرارة سطح الأرض فيزيائياً؛ ففي المتوسط، ستكون درجة حرارة سطح كوكب الأرض مساوية تقريباً لدرجة حرارة الهواء الذي يعلو سطحها مباشرة الذي يقدر بحوالي 15° C. ففي حالة الاستقرار (Steady-State) فإن مقدار الطاقة الساقطة على كوكب الأرض (من الشمس) تساوي تلك المنبعثة منها، أو بمعنى آخر:

الطاقة الساقطة = الطاقة المنبعثة (1)

فلو نظرنا إلى الطرف الأيمن من المعادلة (1)، فإنه يمكننا إهمال الطاقة الناشئة والصادرة من باطن الأرض، إذ أن مقدار تدفق الحرارة من باطن الأرض إلى سطحها (**F**) يساوي $42 \times 10^{12}\ W/m^2$ ،وعليه فإن التدفق الحراري من باطن الأرض على كل متر مربع يساوي 0.082 W (التدفق = 0.082 W/m^2)، حيث حصلنا على الرقم الأول من قسمة قيمة التدفق على مساحة سطح الأرض $4\ \pi R^2$ (R هي نصف قطر الأرض)، وهذا يعني أنه إذ تمّ إغفال الحرارة المتأتية من الشمس والاعتماد فقط على حرارة جوف الأرض فإن درجة حرارة سطح الأرض ستساوي 35K كالتالي :

$$F/(4\pi R_e^2) = \sigma T_e^4 \quad , \quad T_e = 35\ K \qquad (2)$$

حيث تمثل σ ثابت ستيفان – بولتزمان، وهذا يعني أنه في غياب حرارة الشمس، أو الطاقة الشمسية، فإن درجة حرارة سطح كوكبنا ستكون 238° C- (أي أبرد من النيتروجين السائل!)، والآن، إذا تمّ اعتبار الطاقة الشمسية مصدر حرارة للشمس، ونقصد هنا بالإشعاع الشمسي، فإننا سنحصل على درجة حرارة نظرية لسطح كوكب الأرض كالتالي :

إن كمية الإشعاع الشمسي الداخل غلافنا الجوي في كل متر مربع عمودي على سطحه تسمى الثابت الشمسي S (solar constant)، ووحداته هو وات لكل متر مربع $[Wm^{-2}]$ أو $[Js^{-2}m^{-2}]$.

وعند النظر إلى الأرض من الفضاء فإنها تبدو أن هناك جزءاً من الإشعاع، α، يسمى بالبياضية أو الألبيدو (albedo) يتشتت مرة أخرى أو يشع من الأرض ثانيةً، وعليه فإن مقدار من الطاقة قدره S (1- α) يخترق غلافنا الجوي ويصل إلى الأرض الأرض (محصلة الإشعاع)- شكل (12-1)، وعليه فإن الطرف الأيمن من المعادلة (1)

سيساوي $S\pi R^2$ (1- α)أي أن :

$$(1-\alpha)\, S\pi R^2_e = \text{الطاقة الساقطة على الأرض} \qquad (3)$$

أما الطرف الأيسر من المعادلة (1)- الطاقة المنبعثة من الأرض- فإنه يمكن تقديرها باعتبار أن كوكبنا جسم أسود (black body) ذو درجة حرارة T، وعلى حسب قانون ستيفان- بولتزمان فإن هذه الكرة ترسل إشعاعاً قدره σT^4 (Wm^{-2})، وعليه يكون مقدار الإشعاع الكلي الصادر من الأرض (الطاقة المنبعثة) يساوي $4\pi R^2\ \sigma T^4$ (لاحظ أن $4\pi R^2$ هو مساحة سطح الأرض أو الكرة)، وهذا يعني أنه يمكن كتابة المعادلة (1) كالتالي:

$$4\sigma\pi R^2_e\, T^4 = (1-\alpha)\, S\pi R^2_e \qquad (4)$$

$$(1-\alpha)\, S/4 = \sigma T^4 \qquad (5)$$

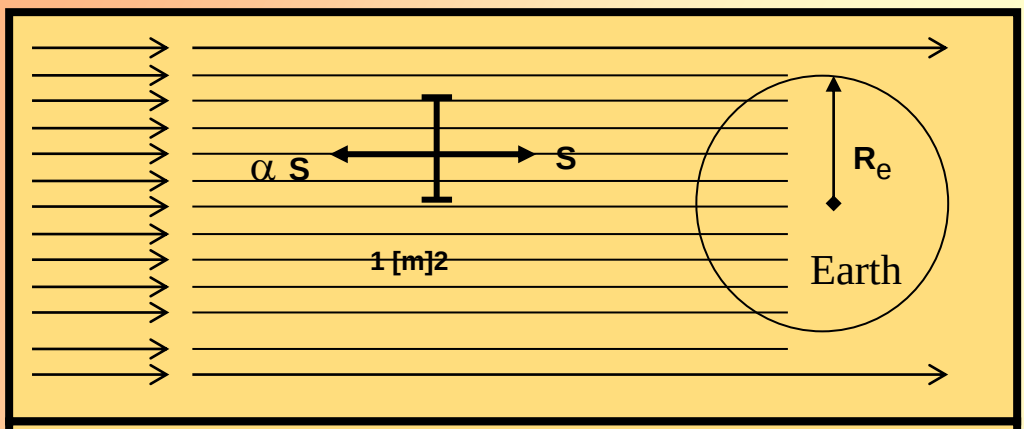
ولو عوضنا عن القيم σ ، R_e ، S ، α بالمقادير $5.67\times10^{-8}\ Wm^{-2}\ K^{-4}$ ، $6.37\times10^6\ m$ ، $1367\ Wm^{-2}$، 0.3 ، على التوالي، لحصلنا على قيمة لدرجة حرارة سطح الأرض تساوي 255 K أي حوالي (-18°C)، وهي أقل مما قلنا في بداية حديثنا عن درجة حرارة سطح الأرض على أنها تساوي تقريباً 15°C (288 K)، وهذا الفارق الذي يساوي 33 °C هو بسبب ظاهرة الاحتباس الحراري، أو البيوت الخضراء، أو الصوبة، أو البيوت الزجاجية، لذا فإننا يجب أن نكون ممتنين ومقدرين جداً لوجود غازات حابسة للحرارة كثاني أكسيد الكربون؛ فهي التي جعلت الحرارة الصادرة من الأرض ينحصر جزء منها في غلافنا الجوي ولا يهرب إلى الفضاء- بالضبط كما تعمل البيوت الزجاجية التي تسمح بدخول أشعة الشمس (قصيرة الموجة) فيها ولكنها تمنع خروج حرارتها (طويلة الموجة) منها، فغازات مثل ثاني أكسيد الكربون CO_2، وبخار الماء H_2O تمتص الأشعة الشمسية ذات الطول الموجي العالي المنبعثة من الأرض وتعيد إشعاعها إلى الأرض، فهي تمتص إشعاعات ذات أطوال موجية حتى 30 مايكروميتر (30 μm)، فالجسم الأسود يشع بشدة الحرارة أو الإشعاع ذو الطول الموجي من 5 μm حتى 30 μm ، وعليه فإن هذه الغازات سوف تشع ما امتصته من حرارة إلى غلافنا الجوي، وبهذا تكون محصلة الإشعاع الصادر من سطح الأرض أقل من تلك الصادرة من الجسم الأسود بمقدار f (أقل من 1) في الطرف الأيمن من المعادلة التالية :

$$(1-\alpha)\, S/4 = f\ \sigma T_e^4 \qquad (6)$$

لذا، فإن افتراض قيمة للمعامل f قدرها 0.61 سوف تؤدي بنا للحصول على درجة حرارة سطح الأرض قدرها 288K أي (15° C)!

ويمكننا كتابة المعادلة (5) على النحو التالي :

$$T_e = [\ (1-\alpha)S/4\sigma]^{1/4} \qquad (7)$$



شكل (12-1) : الأشعة الساقطة على الأرض (الطاقة الشمسية) والأشعة المنبعثة من الأرض (أشعة حرارية).

حيث تمثل T_e درجة الإشعاع المنبعث الفاعل Effective Radiation Emission Temperature والذي تم تعريفه بحيث يكون الانبعاث الكلي من نظام الأرض- و الغلاف الجوي يساوي الانبعاث النظري من أرض منتظمة ذات درجة حرارة قدرها T_e أو يمكن تسميتها درجة حرارة اشعاع الأرض الفاعلة أو درجة الاتزان الإشعاعي .

ويمكننا زيادة التعقيد على النموذج السابق بإضافة طبقة من الغلاف الجوي (شكل12-2) التي هي غير نافذة أو عاتمة أو حاجبة للأشعة الحرارية (الأشعة تحت الحمراء). للعلم، فإن ضوء الشمس بإمكانه تسخين هذه الطبقة العاتمة، ومن هنا فالإشعاع من أعلى الغلاف الجوي يضيع في الفضاء بينما ذلك الذي في أسفل الغلاف الجوي يشع باتجاه الأرض.

إن الإشعاع الشمسي الآتي من الشمس يجب أن يتوازن مع الإشعاع الصادر من غلاف طبقة الجو لكي يظل نظام الأرض- الغلاف الجوي، في حالة إشعاع متزن (Radiative Equilibrium)، وعليه إن :

$$T_A = T_e = 255\ K = -\ 18\ ^\circ C$$

ونشير هنا بأن T_e هي حرارة اشعاع الأرض الفاعلة (حرارة سطح الأرض المنتظمة) و T_A هي حرارة الغلاف الجوي (الهواء).

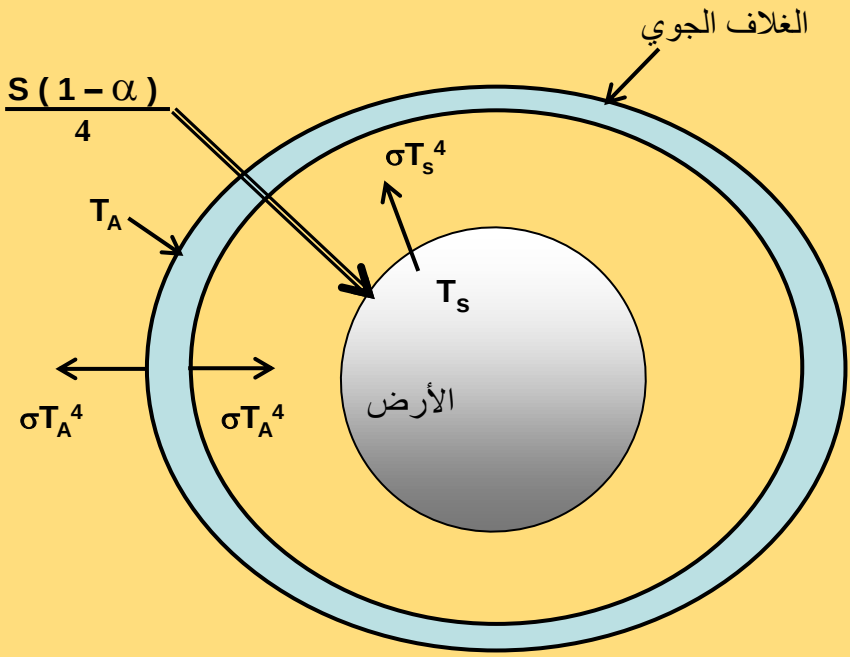
إن مجموع إشعاع الغلاف الجوي وإشعاع الشمس الواصل إلى سطح الأرض هو بالضبط ضعف مقدار الإشعاع الشمسي لوحده، لذا فإن الزيادة في التسخين من الغلاف الجوي تسبب تسخين الأرض حتى أن تصبح بالضبط ضعف الإشعاع السابق كالتالي:

$$\sigma T_s^4 = 2\ \sigma\ T_e^4 \qquad (8)$$

حيث تمثل T_s درجة حرارة سطح الأرض، أي أن :

$$T_s = 2^{1/4} \cdot T_e \qquad (9)$$

لهذا السبب، فإن عملية تسخين سطح الأرض بفعل الإشعاع المنبعث من الغلاف الجوي يسمى ظاهرة البيت الأخضر (Greenhouse Effect)، أو ظاهرة البيت الزجاجي.



شكل (12-2) : ظاهرة البيت الأخضر (البيت الزجاجي) بافتراض وجود طبقة واحدة من الغلاف الجوي. يجدر ذكر أن المسافة بين الأرض والغلاف الجوي مبالغ فيها. حقيقة، على افتراض أن نصف قطر سطح الأرض مساوٍ لنصف القطر من باطن الأرض حتى أعلى طبقة الغلاف الجوي.

مثال (1):

أحسب درجة حرارة الاتزان الإشعاعية لنظام الأرض-الغلاف الجوي T_e ؟

الجواب:

$S = 1368\ W\ m^{-2}$ (الثابت الشمسي)

$\alpha = 0.3$ (الانعكاسية أو البياضية أو الألبيدو)

Te = ? K (درجة حرارة الاتزان الإشعاعية)

نستخدم العلاقة التالية:

$$T_e = [\{(1-0.3)(1368 W m^{-2})\}/\{4(5.67 \times 10^{-8} W m^{-2} K^{-4})\}]^{1/4} \quad (10)$$

$$T_e = 255K = -18°C$$

لاحظ ان درجة اتزان الإشعاع لا تعتمد على قطر الكوكب! كما أن درجة حرارة الاتزان باردة جدا مقارنة بدرجة حرارة الأرض المحسوسة (15°C) ، مما يعني أن هذا النموذج يفتقر إلى معالجة فيزيائية مهمة!

مثال (2):

من مثال (1) ، أحسب درجة حرارة سطح الأرض عندما تكون الأرض محاطة بطبقة واحدة من الغلاف الجوي؟

الجواب:

$$T_e = 255K$$

$$T_s = \ ?\ K$$

نستخدم العلاقة التالية:

$$T_s = 2^{1/4}\, T_e$$

$$T_s = 1.189\ (255) = 303\ K = 30°C$$

هذه الحرارة أكثر بكثير من متوسط درجة حرارة كوكب الأرض (T= 15°C). وعلى الرغم من تضاعف الإشعاع الواصل للأرض إلا أن الارتفاع في درجة حرارة الأرض لم يكن كبيرا، وهذه الدرجة تعتبر دافئة مقارنة بالمحسوسة (T= 15°C).

نافذة الغلاف الجوي

ما بين الطول الموجي 8 إلى 11 مايكروميتر يكون الغلاف الجوي شبه شفاف للأشعة تحت الحمراء ، لذلك تسمى نافذة الغلاف الجوي التي تستطيع تلك الأشعة الحرارية النفاذ منها للفضاء. فلو افترضنا أن النافذة تسمح بنفاذ 10 % من الأشعة تحت الحمراء (الحراري) النفاذ للفضاء مباشرة ، من دون أن يتم امتصاصها بداية في الغلاف الجوي ، فهذا يعني أن الامتصاصية = الانبعاثية (**e**) = 90% لهذا الجو الافتراضي ، وعليه العلاقتين التاليتين - كما سيأتي لاحقا في مثال 7 :

$$T_A^4 = T_e^{\,4} / (2\text{-}e)$$
$$T_s^4 = 2T_e^{\,4} / (2\text{-}e)$$

ومن مثال 2 ، وبافتراض أن النفاذية **e** تساوي 0.9 فإن درجة حرارة الأرض ستساوي

$$T_s = \{\ 2/(2\text{-}0.9)\ \}^{1/4} = \ 296K = 23°\ C$$

2-12 التلوث الحراري وارتفاع درجة حرارة مناخ الأرض

إن محطات توليد الكهرباء الكبيرة، التي تستخدم الفحم مصدر وقود لإنتاج كهرباء قدرها 1000MW(ميجاوات)، تحرق كمية من الوقود تعادل 2800MW، ويكون الفاقد من هذه العملية هو انطلاق حرارة، عن طريق الدخان، قدرها 340، وهذا يعني أننا نحصل على طاقة 2460MW فقط لتشغيل التوربينات (الضياع أو الفاقد حوالي 12%)، مع ذلك فإن الكفاءة الحرارية للتوربينات هي فقط 42%، وهذا يعني أن 42% فقط من هذه الطاقة تشغل المولد في التوربين بينما الباقي (58%)، الذي يساوي 1430MWمن أصل 2460MW، يضيع في هيئة حرارة يتوجب خفضها عن طريق التبريد بالماء، وهذا الماء يتم دفعه إلى مياه البحر، وهذا يسبب زيادة درجة حرارتهما. ولتوضيح ذلك نستعرض المثال التالي:

مثال (3):

إذا افترضنا أن ماء التبريد يأتي من بحر بالقرب من محطة توليد الكهرباء بمعدل تدفق قدره $100 m^3/s$ (100متر مكعب في كل ثانية)، يستخدم لإزالة حرارة الفاقد من مولد التوربين في محطة إنتاج الكهرباء، فاحسب الزيادة في درجة حرارة البحر نتيجة تدفق الماء الهادر من المحطة فيه ؟

الجواب:

يمكننا عمل معادلة اتزان للطاقة للمنطقة التي بها البحر، حيث تتدفق فيها الحرارة المهدرة. دعنا نعتبر أن T_{in} هي درجة حرارة ماء البحر الداخل في المحطة، و T_{out} هي حرارة الماء الصادر من المحطة بعد أن انتزع حرارة مولد التوربين.

$$dE/dt = E_{in} - E_{out}$$

$$0 = (1430\ MW) + (m\ C\ T_{in}) - (m\ C\ T_{out})$$

الحرارة من محطة الكهرباء ماء ماء

وبإعادة الترتيب نحصل على التالي :

$$m\ C\ (T_{in} - T_{out}) = 1430\ MW$$

ماء

وللحصول على كتلة الماء فإننا نضرب قيمة تدفق مياه البحر في كثافة ماء البحر ($1000\ kgm^{-3} \sim$)، كما أن قيمة الحرارة النوعية لماء البحر يمكن اعتبارها حوالي $4184\ J\ kg^{-1}C^{-1}$، وعليه فإن مقدار الارتفاع في منطقة الماء الذي يصب فيه الماء المهدر يساوي :

$$(100\ m^3s^{-1}x1000\ kgm^{-3})(4184\ J\ kg^{-1}C^{-1})\ \Delta t = 1430x10^6 Js^{-1}$$

أي أن :

$$\Delta T = 3.4^{\circ}C$$

إن اعتبار هذه الزيادة في درجة حرارة البحر له أهمية قصوى، فحسب قانون هنري، فإن هذا يعني نقصان تركيز الأكسجين المذاب في مياه البحر الدافئة؛ الأمر الذي يضر بالمياه البحرية! وله تأثير، بطريق غير مباشر، على ظاهرة الدفيئة أو التسخين العالمي لكوكب الأرض.

مثال (4):

استخدم قانون ستيفان بولتزمان لتقدير شدة الارتفاع الشمسي الصادر من الشمس باعتبار أن الشمس جسم تام الاشعاع ودرجة حرارته . كذلك احسب الاشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض واضعاً في الاعتبار أن الاشعاع الشمسي سوف ينتشر على سطح كروي (الأرض) قطره يساوي المسافة بين الأرض والشمس، $R_{Earth\ -\ Sun}$ ، وهي تساوي (1.495×10^{11} m) مع اعتبار أن نصف قطر الشمس هو (6.96×10^{8} m) .

الجواب:

$$I = E\sigma T_s^4 \quad ; E = 1$$

$$I = 1 \times (5.67\times10^{-8})\ (5780)^4$$

$$I = 6.33 \times 10^{7}\ W/m^2$$

ولتقدير مقدار الطاقة الصادرة في كل ثانية (القدرة) فإنه نضرب هذا الارتفاع في مساحة كرة الشمس، علما بأن نصف قطر الشمس R_s يساوي 6.96×10^{8} m .

$$P = IA = (6.33 \times 10^{7})\ (4\pi R_s^2)$$

$$P = 3.85 \times 10^{26}\ W$$

ولحساب الاشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض (الثابت الشمسي) فإننا نستخدم العلاقة التالية، علما بأن متوسط المسافة بين الأرض والشمس R_{E-S} يساوي 1.495×10^{11} km :

$$P = S \times 4\pi\ R_{E-S}^2$$

$$S = P / 4\pi\ R_{E-S}^2 = \frac{3.85\times10^{26}\ W}{4\pi\ (1.495\times10^{11})^2}$$

$$S = 1376\ Wm^{-2}$$

أو نستخدم العلاقة التالية:

$$4\pi\ R_{sun}^2\ I = 4S\pi R_{E-S}^2$$

$$S = \left(\frac{R_{sun}^2}{R_{E-S}^2} \right) I$$

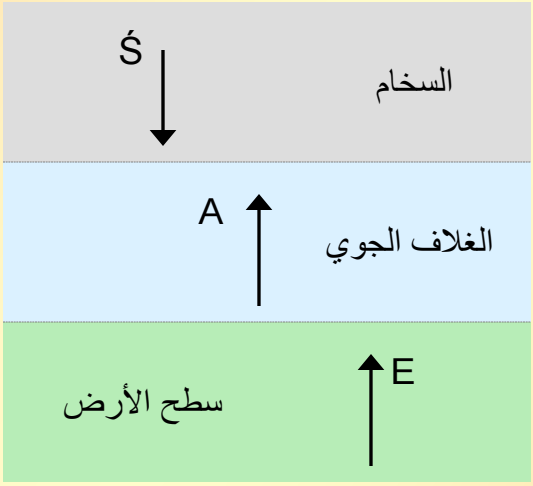
$$S = 1376\ Wm^{-2}$$

مثال (5):

في أوائل الثمانينات حذر خمسة علماء من أن وقوع حرب نووية سوف يحدث ضرراً بيئياً، وهو الشتاء النووي، وهي فترة سيكون فيها الطقس بارداً جداً. هذا البرد العميق سوف يتولد بسبب غطاء السخام (Soot) والغبار الذي سيغلف كوكب الأرض حاجباً بذلك أشعة الشمس، وهذا يعني كذلك وجود غلاف ثالث في النموذج الذي نحدثنا عنه سابقاً. ومن الجائز جداً افتراض أن هذا السخام سوف يمتص كل الشعاع الساقط من الشمس على كوكبنا ويسمح لكل الاشعاع الحراري الصادر من الأرض بالانطلاق إلى الغلاف الجوي.

احسب درجة حرارة سطح الأرض الفاعلة (Effective surface temperture).

الجواب:



$$Ś = A + E$$

ولكن هنا: $A = E,\ T_e = T_s$

$$\therefore \varepsilon' = 2\varepsilon = 2x1.0 = 2$$

$$\frac{(1-\alpha)S}{4} = \varepsilon' \sigma T_s^4 = 2\varepsilon \sigma T_s^4$$

$$\therefore T_s = \left[\frac{(1-\alpha)S}{8\sigma}\right]^{1/4}$$

وبالتعويض $\alpha = 0.3$ و $S = 1370\ Wm^{-2}$ و $\sigma = 5.67x10^{-8}Wm^{-2}K^{-4}$

نحصل على $T_s = 214\ K = -58°C$

12- 3 ميزان الطاقة الحراري وظاهرة دفء الأرض

لو أردنا حساب متوسط درجة حرارة كوكب الأرض من دون تأثير غازات الدفيئة على كوكب الأرض والتعرف بعدها على تأثير هذه الغازات على ميزان الطاقة لكوكب الأرض فإننا نستخدم المعالجات الفيزيائية التالية:

إن ميزان الطاقة يمكن كتابته بأخذ الحجم الكلي الذي يؤثر فيه هذا النظام، وهو حجم الأرض. وفي هذا النظام، فإن الهدف هو حساب المتوسط السنوي لدرجة حرارة الأرض خلال مدة تزيد أو تساوي سنة كاملة، لذا فإنه من المعقول جداً افتراض أن النظام في حالة راسخة أو ثابتة (steady-state)، وعليه فإن ميزان الطاقة (energy balance) يساوي :

$$dE/dt = 0 = E_{in} - E_{out} \qquad (11)$$

ونظراً لأن ألبيدو (الانعكاسية أو البياض) الأرض (α) يساوي 0.3، فإن كوكب الأرض يمتص 70% من أشعة الشمس (ما يعادل قيمة الثابت الشمسي S التي تساوي 1342Wm^{-2})، إذن فالطاقة الواصلة للشمس تساوي:

$$E_{in} = 0.7\ S\ \pi\ R^2_e \qquad (12)$$

أما بالنسبة للطاقة الصادرة من الشمس فإنها كما ذكرنا تساوي :

$$E_{out} = 4\pi\ R^2_e\ \sigma\ T_e^4 \qquad (13)$$

ومن معادلة (11)، (12)، (13) فإننا نحصل على :

$$4\pi\ R^2_e\ \sigma\ T^4 = 0.7\ S\ \pi\ R^2_e \qquad (14)$$

$$T^4 = 0.7\ S/4\ \sigma\ ;\ \mathbf{T_e = [\ (0.7\ S/4\ \sigma\ )]^{1/4}}$$

وعندها فإننا نحصل على درجة حرارة لسطح كوكب الأرض 255K (-18°C)، أما لو تغير مقدار الألبيدو، وزاد حجم التلوث والأغبرة والهباء في الجو، وغيرها، وأصبح الألبيدو يساوي 0.4، فإن كمية الطاقة التي تمتصها الأرض من الشمس ستنخفض، وعندها ستكون درجة حرارة كوكب الأرض 244K (-29°C!)، وهذه حرارة منخفضة جداً لا يطيق الإنسان أن يعيشها بصفة يومية، والحمد لله، فبفضل غازات الدفيئة مثل بخار الماء، وثاني أكسيد الكربون، والميثان، وأكسيد النتروجين، وغيرها، فإن الحرارة التي تشعها الأرض يتم امتصاصها وإعادة بثها للأرض عن طريق هذه الغازات.

لذا، فإنه يمكننا كتابة معادلة ميزان الطاقة لكل كوكب الأرض كالتالي :

$$0.7\ S\ \pi\ R^2_e = 4\pi\ R^2_e\ \sigma\ T^4 - E_{greenhouse} \qquad (15)$$

وتشير الدراسات أن مقدار $E_{greenhouse}$ يساوي تقريباً زيادة في تدفق الطاقة على الأرض بمقدار $2Wm^{-2}$، وكلما زاد التلوث الذي يطلقه الإنسان من فعل حرق الوقود للصناعة والكهرباء والعيش برفاهية فإن هذه القيمة ستزداد لتصل بعد خمسين سنة إلى $5Wm^{-2}$، مما يعني ارتفاع حرارة مناخ الأرض لتصل إلى أكثر مما هو عليه الآن ليكون بعدها لا يطاق، لشدة دفئه، إذ يمكن أن تزيد حرارة كوكب الأرض أكثر من المعتاد بحوالي 1ْC إلى 3.5ْ C في عام 2050م، مما سيغير كثيراً في نظام الطقس، والمناخ، والبيئة، وتحديداً في زيادة هطول الأمطار من جهة وجفاف من جهة أخرى، وعواصف، وغيرها من الكوارث!!

4-12 النافذة الجوية

في حدود الأطوال الموجية من 8 إلى 11 مايكرومتر (8 -11μm)، فإن طبقة الغلاف الجوي The atmosphere تبدو وكأنها شبه شفافة للأشعة تحت الحمراء أو الأشعة الحرارية المنبعثة من الأرض- أي أن غازات الدفيئة الطبيعية لا يمكنها أن تأسر تلك الحرارة ذات هذا الطول الموجي، وهذه تسمى "النافذة الجوية".

لو افترضنا أن هذه النافذة Atmospheric Window تسمح لحوالي 10% من الأشعة تحت الحمراء أو الأشعة الحرارية المنبعثة من الأرض أن تنفذ إلى الفضاء، من دون أن يتم امتصاصها أولاً من الغلاف الجوي، فإنه من الناحية النظرية يمكن لهذا الغلاف الجوي الافتراضي أن يكون:

الامتصاصية (absorptivity) = النفاذية e (emissivity) = 90%

ولو كان هناك غلاف جوي واحد ذو نافذة واحدة، كما في الشكل أدناه، فإن موازين الطاقة عند سطح الأرض وعند طبقة الغلاف الجوي تكون كالتالي :

$$\sigma T^4_e + e\,\sigma T^4_A = \sigma T^4_S \quad (16)$$

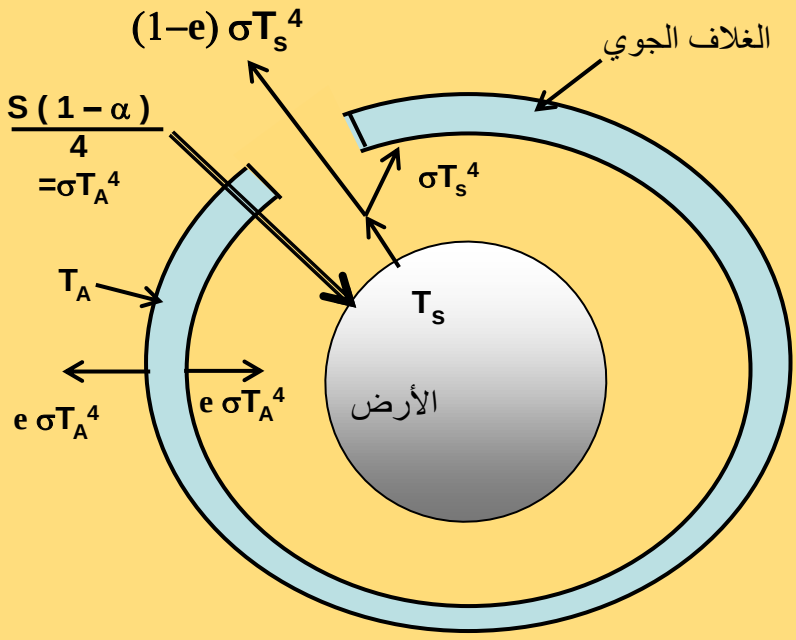
$$e\,\sigma T^4_S = 2\,e\,\sigma T^4_A \quad (17)$$

وبحل هاتين المعادلتين للغلاف الجوي (درجة حرارة الهواء TA)، ولسطح الأرض (T_S)، بمعرفة درجة حرارة الأرض نحصل على التالي :

$$T^4_A = T^4_e/(2-e) \quad (18)$$

$$T^4_S = 2\,T^4_e/(2-e) \quad (19)$$

ودرجة الحرارة المقدرة هنا تكون أبرد قليلاً وأقرب للواقع من الغلاف الجوي من دون نافذة! فإذا تراكمت غازات الدفيئة التي يطلقها بني البشر (greenhouse gases)، كثاني أكسيد الكربون (CO2)، وأكسيد النتروجين (N2O)، والميثان (CH4)، والكلوفلوريد كربون CFC-12 - (CCI2F2)، في الغلاف الجوي، فإنها لاحقاً ستغلق هذه النافذة! ونتيجة لذلك فإن درجات حرارة سطح سطح الأرض ستكون أكثر دفئاً من تلك المحسوبة في المثال السابق، وهذا هو بعينه الدفء العالمي القاتل (global warming) :



شكل (12-3) : الاتزان الإشعاعي في الطبقة الافتراضية الواحدة من الغلاف الجوي ذو نافذة للأشعة تحت الحمراء.

مثال (6):

افترض أن نفاذية الجو هي 0.9، ودرجة حرارة الأرض 255K، احسب درجة حرارة سطح الأرض.

الجواب :

$$T_e = 255\ K \quad , \quad e = 0.9$$

$$T_S = \ ?\ K$$

نستخدم المعادلة:

$$T^4_S = 2T^4_e/(2\text{-}e)$$

$$T_S = (2/\ (2\text{-}e))^{1/4}\ T_e$$

$$T_S = (2/(2\ \text{-}0.9\ ))^{1/4}\ (255) = 296K = \ 23^{\circ}C$$

حقيقة، هذا النموذج أكثر تعقيد قليلاً من النموذج السابق، ولكنه يعطي نتائج أكثر واقعية وقبول عند حساب درجة حرارة سطح الأرض، فالحرارة المقاسة عملياً لكوكب الأرض هي 15° C، وفي هذا المثال هي 23° C.

5-12 الانعكاسية

إن الانعكاسية أو بياض الأرض (Global albedo) هو خليط للعديد من الألبيدو لعدة مناطق على سطح الأرض في نموذج daisyworld الذي يفترض وجود نوعين من النبات على الكرة الأرضية (الأسود و الأبيض) ، وهما تنميان أو تموتان اعتمادا على درجة الحرارة منها سوداء، $\alpha_B = 0.25$، ومنها بيضاء، $\alpha_W = 0.75$. فإذا زادت عدد تلك النباتات فإن انعكاسية الأرض ستتغير بحسب لون الأغلبية ، وبالتالي ستتغير درجة حرارة كوكب الأرض. وعليه فإن درجة حرارة الإشعاع الفاعلة (effective radiation temperature)- بدرجة الكلفن تساوي:

$$T^4_e = q\,(1 - \alpha) \qquad (20)$$

$$T^4_e = \{L.S\,(1 - \alpha)\}/4\,\sigma \qquad (21)$$

حيث تمثل L مقدار وميض الشمس (L≈1, luminosity)، و S هي الثابت الشمسي ، وعليه تكون درجة حرارة سطح الأرض ذات طبقة غلاف جوي واحدة من دون نافذة (windowless) تساوي:

$$T^4_S = 2\,T^4_e \qquad (22)$$

وتكون درجة حرارة المناطق ذات الألبيدو الأسود T_B، والألبيدو الأبيض T_W كالتالي:

$$T^4_B = (1 - T_r).q.(\alpha - \alpha_B) + T^4_S \qquad (23)$$

$$T^4_W = (1 - T_r).q.(\alpha - \alpha_W) + T^4_S \qquad (24)$$

حيث تمثل α الإنعكاسية الكلية، وT_r معامل الانتقال الأفقي (= 0.6) ، وتتراوح قيمته من 0 (انعدام الانتقال) إلى 1 (مزج أفقي كلي). كما تمثل q نسبة القوى الإشعاعية solar forcing ratio :

$$q = L.S / 4\sigma$$

6-12 حساسية المناخ

إذا كان المناخ في حالة اتزان، وكان مخزون الإشعاع الأرضي متزناً، أي :

$$0 = S_1 - L_1$$

$$S_1 \text{ (الإشعاع الصادر)} = L_1 \text{ (الإشعاع الخارج)}$$

$$S_1 = (1 - \alpha)\,S.\pi R^2_e \qquad Wm^{-2} \qquad (25)$$

$$L_1 = \sigma.T^4_e.4\pi R^2_e \qquad Wm^{-2} \qquad (26)$$

حيث تمثل R_e نصف قطر الأرض. إن بعضاً من المؤثرات الخارجية تسبب زيادة في الطاقة الداخلة ΔN (Wm^{-2})، وعندها:

$$0 \neq S1 - L1 + \Delta N \qquad (27)$$

وعليه، فإن الفرق بين مخزون أو ميزانية الطاقة الجديدة والبدائية يساوي :

$$0 = \Delta S - \Delta L + \Delta N \quad (28)$$

ولكن التغير في S و L مرتبطان مع التغيير في درجة حرارة السطح :

$$\Delta S = \Delta S/\Delta T \, . \, \Delta T_s \quad (29)$$

وكذلك :

$$\Delta L = \Delta L/\Delta T \, . \, \Delta T_s$$

وبالتعويض، والتعديل نحصل على :

$$\Delta T_s/\Delta N = [\Delta L/\Delta T_s - \Delta S/\Delta T_s]^{-1} \quad (30)$$

وعندها، فإن النسبة بين التغيير في درجة الحرارة (استجابة المناخ) إلى القوى الخارجية تسمى "معامل حساسية المناخ" λ (climate sensitivity factor):

$$\lambda = \Delta T_s/\Delta N \quad (31)$$

وهذا المعامل (λ) وحداته هي $K/(Wm^{-2})$، ويمكن الحصول على قيم متعددة له من عمليات مختلفة تؤثر على المناخ (climate). وكلما كانت قيم λ صغيرة كانت حساسية تغيير المناخ قليلة، أي حدوث تغيير طفيف في درجة حرارة سطح الأرض. ويوضح الجدول التالي قيم λ لعدة عمليات :

جدول لقيم متعددة تقريبية لمعامل حساسية المناخ λ

العملية	$K/(Wm^{-2})(\lambda)$
باتخاذ قانون ستيفان-بولتزمان للإشعاع الحراري IR ($L \alpha T^4$)	0.27
باتخاذ أرصاد الأقمار الصناعية للإشعاع الحراري IR ($L\alpha T^4$)	0.55
زيادة بخار الماء بازدياد الحرارة	0.5
بخار الماء والغيوم	2.27 حتى 0.7
التبخير من البحار الاستوائية	0.3
التأثير البيولوجي	– 0.3

تطبيقات على معادلة حساسية المناخ λ

تستخدم المعادلة 31 لحساب مقدار التغير في درجة حرارة سطح الأرض (ارتفاعا أم انخفاضا). وهنا يتطلب علينا إعادة ترتيب العلاقة 31 لتكون على النحو التالي:

$$\Delta T_s = \lambda \, \Delta N \qquad (32)$$

مثال : نفترض أنه خلال الفترة الماضية (150 ألف سنة) يعتقد أن التغير في مدار الأرض (اقتراب الأرض من الشمس) تسبب في زيادة الإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض بمقدار $50\ W/m^2$ أو أكثر ، عند خط عرض معين . فما مقدار التغير المناخي نتيجة ذلك – أي مقدار الإرتفاع في درجة سطح الأرض؟

الجواب :نستخدم العلاقة 32 بحيث تمثل ΔN (التغير في الطاقة - سواء زيادة أو نقصان) ، وهو يساوي ΔS في العلاقة 28 . وباستخدام قيمة λ من الجدول السابق ، فإن قيمة التغير في درجة حرارة كوكب الأرض ستساوي:

$$\Delta T_s = \lambda \, \Delta N = 0.27 \ (K.W^{-1} m^2) \ (50\ W/m^2) = 13.5° C$$

هذه القيمة قريبة جدا من التقديرات التي تستخدم المعلومات المتوفرة أكثر منها عند استخدام معاملات الحساسية المشتقة من الأقمارالصناعية ($\lambda = 0.55$) – انظر الجدول في الصفحة السابقة.

مثال : ما مقدار التغير في درجة حرارة كوكب الأرض نتيجة تاثير مضاعفة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو (من 300 جزء من المليون إلى 600 جزء من المليون) ، على افتراض أنه نتج عن ذلك زيادة في امتصاص الأشعة الشمسة في الغلاف الجوي نتيجة الإحتباس الحراري ، الأمر الذي أدى إلى التغير في الطاقة الممتصة في الغلاف الجوي (ΔN) تساوي $4\ W/m^2$ ؟

الجواب: عند استخدام العلاقة 28 نحصل على التالي:

$$\Delta T_s = \lambda \, \Delta N = 0.27 \ (K.W^{-1} m^2) \ (4\ W/m^2) = 1.1° C$$

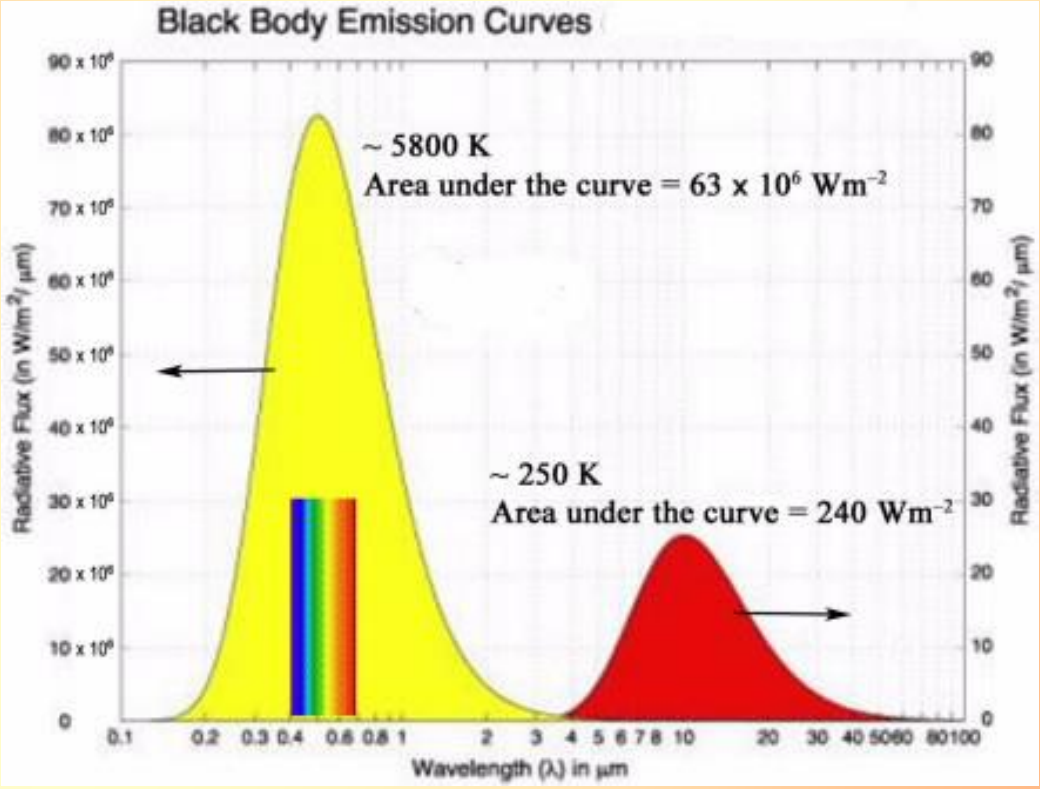
وهذا التأثير المباشر سيتم تضخيمه بسبب زيادة البخر نتيجة زيادة حرارة الكوكب؛ فلو استخدمنا قيمة λ لحساسية بخار الماء من الجدول (0.5) فستكون الزيادة في الحرارة 2 C ، وعند أخذ الحساسية الاجمالية ستكون 0.75 ستكون الزيادة 3 C . لا ننسى هنا أن زيادة الحرارة سينتج عنه بخر اكثر و بالتالي غيوم أكثر التي ستقوم بعكس الإشعاع الشمسي الساقط ، حيث زيادة 10% في البخر تحدث تغيرا سلبيا (تبريدا) بمقدار $-4\ W/m^2$ ، وبالتالي سيكون الإنخفاض في درجة الحرارة 1C- .

7-12 تقدير الإشعاع الشمسي

كما ذكرنا سابقا (مثال 4) أن الإشعاع الشمسي الهائل الصادر من الشمس I_s **($6.328x10^7$ W/m²)** عندما يصل إلى الأرض I_e فإنه يفقد الكثير من طاقته ؛ فهو يكون أقل بمقدار 460,000 مرة – أو ينخفض بمقدار $2.167x10^{-5}$، بناء على العلاقة التالية حيث تمثل R_s نصف قطر الشمس و R_{e-s} متوسط المسافة بين الأرض و الشمس :

$$I_e = I_s \, (R_s / R_{e-s})^2 \qquad (32)$$

فلو قلت المسافة بين الأرض و الشمس بحوالي 2% لأرتفعت قيمة الثابت الشمسي ($S = I_e$) – وهي قيمة أكثر اشعاع شمسي يصل متعامدا على ألأرض من دون تأثير للغلاف الجوي – من 1372 W/m² إلى 1428 W/m² أما لو قلت المسافة بمقدار 2% فإن الثابت الشمسي سيصل إلى 1317 W/m² أي كل نقصان او زيادة في المسافة يعادلها ضعف تلك النسبة في الإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض. هذا المثال يوضح كيف يكون التغير الطبيعي الدوري مؤثرا في الطقس و المناخ بنسب قليلة! تجدر الإشارة إلى أن الثابت الشمسي الذي تم قياسه بالأقمار الاصطناعية من أعلى الغلاف الجوي يساوي 1368 ± 7 W/m² .



شكل يوضح الإشعاع الصادر من الشمس و ذلك الصادر من الأرض ، مساحة المنحنى تعطي قيمة الإشعاع الصادر من الجرمين بوحة وات لكل متر مربع W/m².

لقد عرفنا من مثال 4 كيف نحسب الإشعاع الشمسي الصادر من الشمس $6.328x10^7$ (W/m^2)، ولحساب مقدار ما تشعه الأرض من حرارة E (وهي غير كافية لمنح الدفء لقاطينها من دون الإحتباس الحراري من غاز ثاني أكسيد الكربون و بخار الماء و الميثان) بوحدة W/m^2 فإننا نستخدم المعادلة التالية:

$$E = \sigma T_e \qquad (33)$$

فلو كانت درجة حرارة الأرض تساوي 255 K (أي حوالي -18 °C) فإن مقدار الإشعاع سيكون $240W/m^2$ ، وهذا اشعاع متواضع ، ويمكن محاكاته بوضع مصباح ذو قدرة 240W أمام مرآة مقعرة تقوم بعكس الحرارة المتولدة من ذلك المصباح في هيئة حزمة قطرها 1.13 m.

ولكوننا بتنا نعلم أن الثابت الشمسي S يسقط على الأرض عموديا ، دون دخوله الغلاف الجوي، ولكن مع دخول الغلاف الجوي فإنه سيفقد 12% من شدة الإشعاع . وفي حال أن الإشعاع الشمسي سقط على الأرض بميلان أي بزاوية قدرها Ψ (ارتفاع الشمس من الأفق) فإن قيمة الإشعاع الشمسي الواصلة للأرض I_e ستنخفض ، ويمكن حسابها من العلاقة :

$$I_e = 0.88\ S \sin \alpha \qquad (34)$$

وتسمى الزاوية α بزاوية ارتفاع الشمس ، وهذا يعني أن لو كان ارتفاع الشمس 90° (عمودي على رؤوسنا) لصار الإشعاع الشمسي مساويا أما لو كانت الزاوية 0° - أي لحظة شروق الشمس أو غروبها - فإن قيمة الإشعاع الواصل يساوي صفرا، أما لو كان الشمس على ارتفاع ° 45 فأن الإشعاع الشمسي الواصل للأرض سيساوي :

$$I_e = 0.88 \times 1368 \times \sin 45° = 851\ W/m$$

وهي قيمة أقل من الإشعاع الشمسي، وهذا متوقع. ولكن لو افترضنا أن حدث حريقا، وانطلق من هذا الحريق دخان كثيف ذو رقم كثافة n يساوي $10^7\ m^{-3}$، وامتصاص ذو مقطع عرضي b يساوي $10^{-9}\ m^2$، فإن الإشعاع الشمسي الواصل للأرض، سيعاني توهين attenuation عند قطعة عمود الدخان بسمك ΔS قدره 20 m ، ويمكن حسابه باستخدام العلاقة التالية:

$$I_e = 0.88 \times S \times \sin \alpha \times e^{-n.b.\Delta s} \qquad (35)$$

وسيكون مقدار الإشعاع الواصل إلى الأرض سيساوي $701\ W/m^2$ - أي بانخفاض قدره 17.6 % ، ولو كانت عمود الحريق ضعف ذلك، ورقم كثافة n يساوي $10^{10}\ m^{-3}$، وامتصاص ذو مقطع عرضي b يساوي $10^{-12}\ m^2$ لصارت قيمة الإشعاع الشمسي الواصل هي $574\ W/m^2$. لذلك فإن حرائق الغابات و مقذوفات البراكين و السخام في الجو يقلل من الإشعاع الشمسي و بالتالي الطقس و التغير المناخي.

كما قام العالم Beer بوضع علاقة تربط بين الإشعاع النافذ من السماء إلى الأرض $E_{transmitted}$ والشعاع الساقط $E_{incident}$ على النحو التالي (Beer's Law):

$$E_{transmitted} = E_{incident} \times e^{-k.\rho.\Delta s} \qquad (36)$$

حيث تمثل ρ كثافة الهواء، و κ معامل الامتصاص ، ووحداته m^2/g_{air} ، وهنا يكون التغير في الإشعاع الشمسي بسبب الامتصاص فقط ، وعليه تكون امتصاصية الطبقة a التي يمر بها الضوء (الإشعاع) تساوي :

$$a = (E_{incident} - E_{transmitted}) / E_{incident} \qquad (37)$$

8-12 التدرج في درجات الحرارة الزوالي للبحار Marine Meridional Temp. Gradient

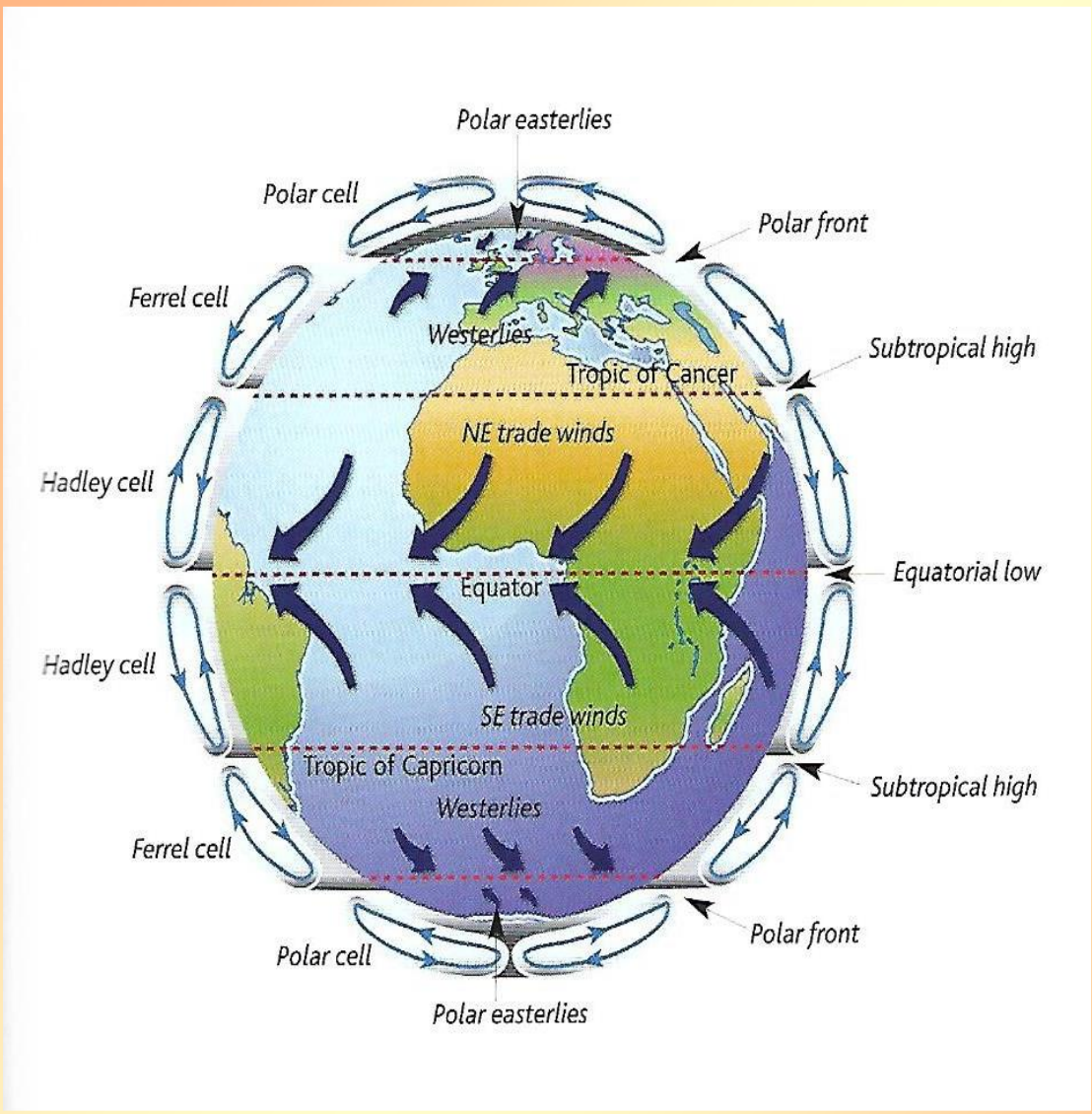
إن درجة حرارة سطح البحر تكون أكثر منها عند خط الاستواء مقارنة بتلك عند القطبين ، وذلك عند أخذ متوسط الحرارة خلال العام ، وأخذ متوسطها عبر خطوط عرض ثابتة ؛ فعند خط الاستواء تكون الحرارة 28°C بينما عند القطبين تكون الحرارة -18°C وعند خط عرض± 30° تكون درجة الحرارة 15°C وخط عرض ±60° تكون درجة الحرارة حوالي 5 °C - ، ويمكن استخدام العلاقة التالية لتقدير درجة حرارة سطح البحرين عند خطوط عرض مختلفة :

$$T_{sea\ Temperature} = a + b \,.\, [\,(3/2) \,.\, (2/3 + \sin^2 \varphi\,) \,.\cos^3 \varphi] \qquad (38)$$

وهنا تكون a = -12° C و b=40°C و φ هي خط العرض. والمعامل b يمثل اختلاف الحرارة بين خط الاستواء و القطب ، إذ يمكن كتابتها على أنها تساوي 40° C .ويكون مقدار التغير في الحرارة مع كل كيلومتر تحركا من خط الاستواء ΔT /Δy كالتالي :

$$\Delta T / \Delta y = - b \,.\, c\, [\sin^3 \varphi \,.\cos^3 \varphi] \qquad (39)$$

فعلى سبيل المثال، عند خط عرض 45° تكون حرارة البحر 12.75 C و التغير في درجة الحرارة لكل كم تساوي 0.0083 ° C/km - أي تتغير الحرارة حوالي 9°C عند الانتقال من خط عرض 40 N إلى 50 N، علما بأن كل1°خط عرض يساوي 111 كم للمسافة y - أي يكون الانخفاض في الحرارة لمقدار 1110 كم هو 9 C-.



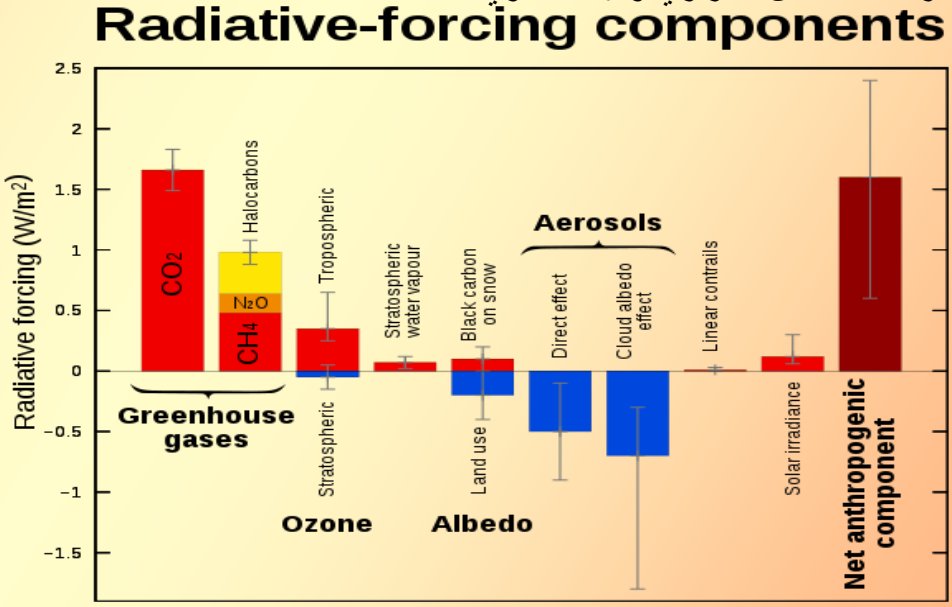
بسبب تغير درجات الحرارة على سطح الأرض عند كل خط عرض – بسبب كروية الأرض - فإن تلك الأراضي تتغير درجة حرارتها، وتبعا لذلك يخف الهواء بسبب زيادة الإشعاع الشمسي في الأراضي القريبة من خط الاستواء، فتتحرك كتل الهواء علوا، وتتكون خلايا ذات ضغوط مختلفة ، وبالتالي تنشأ الرياح وفق منظومة معينة ، ولكن بسبب الاحتباس الحراري فقد تزاد الإنتروبيا – أي الانظام – و عندها تتغير مواعيد بعض الرياح السائدة و شدتها ، و كمية الأمطار و غزارتها - أي قد يكون الطقس متطرفا : إما جافا جدا يؤدي إلى جفاف أو ممطرا كثيفا يؤدي إلى فيضان.

9-12 القوى الإشعاعية Radiative Forcing

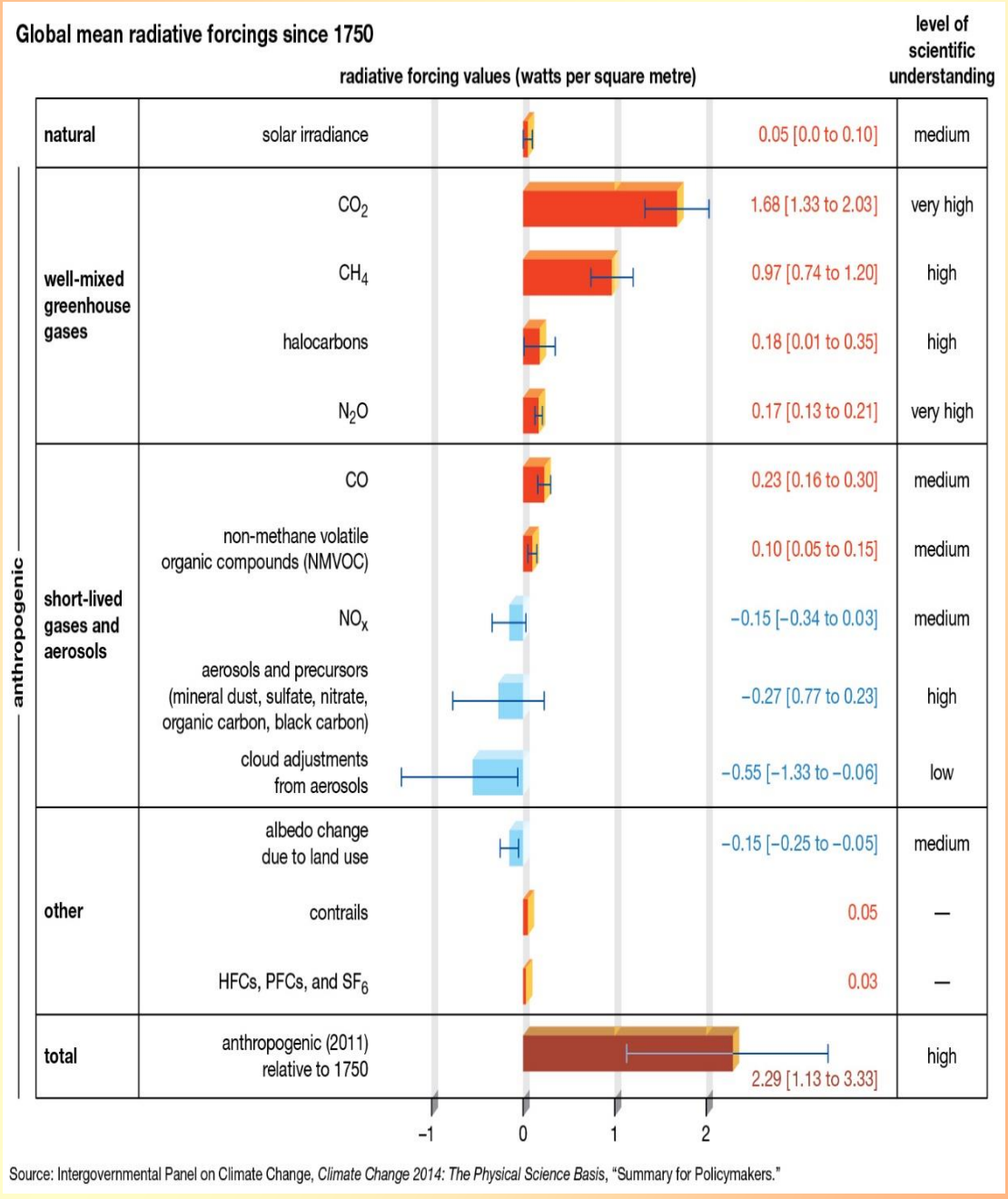
هو مصطلح يعتبر جديد نسبيا إذ اطلقه فريق IPCC ، وهو مؤشر لمعرفة ما إذا بعض العوامل تؤثر كثيرا على الاحتباس الحراري أو قليلا، وما إذا كان تلك العوامل لها تأثير إيجابي سلبي إشعاعي negative radiative forcing (أي أنها تسبب هروب الحرارة من الغلاف الجوي الأرضي فيكون الكوكب أكثر برودة) أم تأثير إيجابي اشعاعي Positive radiative forcing (أي أنها تسبب حبس الحرارة في الغلاف الجوي الأرضي فيكون الكوكب أكثر دفئا) .

ويعرف التأثير الإشعاعي (القوى الإشعاعية) الفرق بين كمية الإشعاع الذي يمتصه الغلاف الجوي الأرضي و كمية الإشعاع الطاقة الذي يشعه الغلاف الجوي إلى الفضاء. فلبقاء كوكب الأرض محتفظا بالحرارة التي اختارها الخالق بديع السموات و الأرض يجب أن تكون كمية الإشعاع الساقط على الغلاف الجوي (الامتصاص) مساويا لذلك الهارب أو الخارج منه (الانبعاث أو الإشعاع للفضاء) أي أن الفارق يساوي صفر. و تسمى التغييرات في التوازن الإشعاعي للأرض التي تسبب ارتفاع أو انخفاض درجات الحرارة خلال فترات العقد **بالقوى الإشعاعية radiative forcing** . ونكرر هاهنا بأن التأثير الإشعاعي الإيجابي يعني أن الأرض تتلقى طاقة واردة من ضوء الشمس أكثر مما تشع إلى الفضاء، وهذه المحصلة النهائية من الطاقة ستسبب الاحترار، وعلى العكس من ذلك، فإن التأثير الإشعاعي السلبي يجعل درجة حرارة سطح (غلاف الجو القريب من الأرض) أقل يجب عليه في حالة الاتزان، وبالتالي تكون الأرض أكثر برودة لكونها سوف تفقد بسبب تلك العوامل (أو المركبات) المزيد من الطاقة إلى الفضاء بأكثر مما تستقبله من الشمس ، لذا ، فإنه لتأمين التوازن الحراري يجب أن يكون التأثير الإشعاعي مساو للصفر.

ويتم تحديد التأثير الإشعاعي كميا بشكل هادف في التروبوبوز وفي الجزء العلوي من طبقة الإستراتوسفير كتدفق للوات لكل متر مربع W/m^2 من سطح الأرض، و يختلف التأثير الإشعاعي مع الإشعاع الشمسي ، والتركيزات الجوية للغازات النشطة إشعاعيًا، والمعروفة باسم غازات الاحتباس الحراري والهباء الجوي.

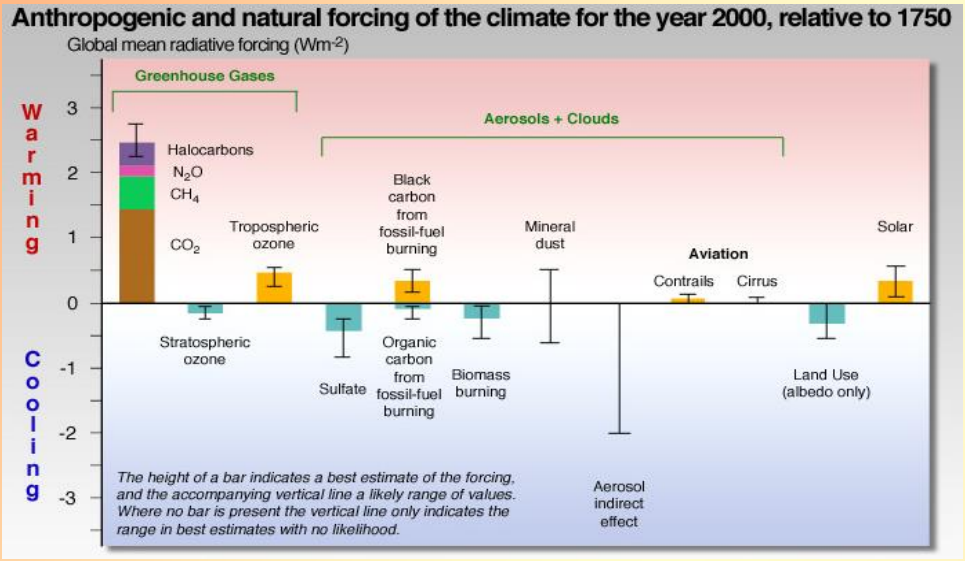


أدناه ، هو جدول يوضح القوى المناخية لبعض مكونات الغلاف الجوي و سطح الأرض، والتي تؤثر إما في تقليص الإشعاع الحراري المنبعث من الغلاف الجوي (يتسبب في دفء كوكب الأرض) أو في زيادة الإشعاع الحراري الصادر من الأرض و غلافه الجوي (يتسبب في برودة الأرض). و العمود الثاني في الجدول (من جهة اليمين) هو مقدار الإشعاع الحراري بوحدة W/m^2 ؛ فإذا كان باللون الأحمر معناه أنه مسبب لحبس الحرارة في الغلاف الجوي (دفء الأرض) وأما إن كان باللون الأخضر فإنه مسبب لهروب تلك الأشعة الحرارية (تبريد الأرض).

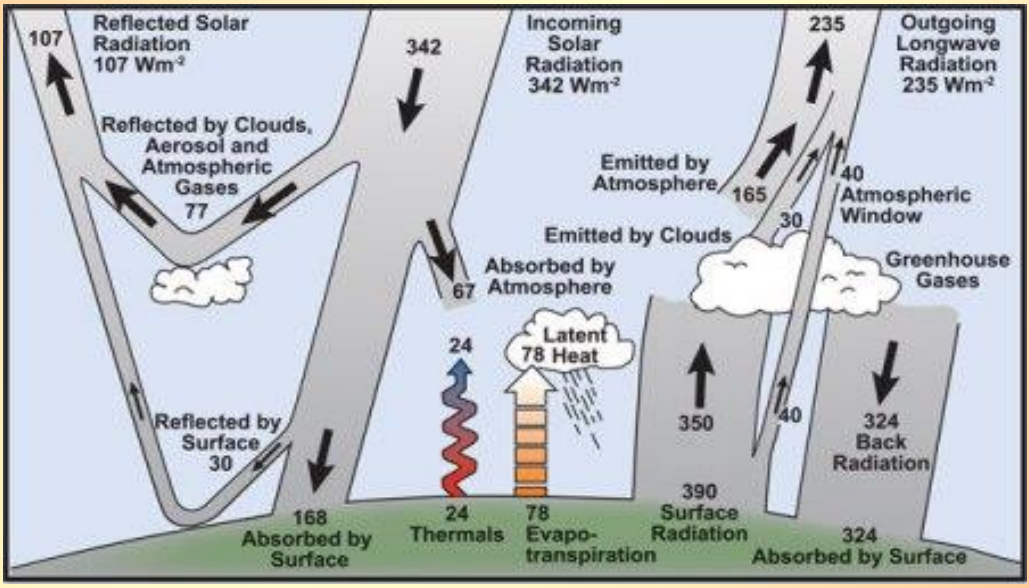


Source: Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 2014: The Physical Science Basis*, "Summary for Policymakers."

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Radiative-forcings.svg



قوى التأثير المناخي الإشعاعي (البشري و الطبيعي) في سنة 2000 مقارنة لسنة 1750؛ العوامل في الأعلى تدفء الأرض و العوامل بالأسفل تبرد الأرض.



المصدر : https://climate-woodlands.extension.org/radiative-forcing/

شكل يوضح ميزان الطاقة السنوي للأرض؛ فالأرض تستلم يوميا 342 W/m^2 من الطاقة الشمسية ، وتفقد 235 W/m^2 أشعة حرارية تطلق للفضاء و وأخرى قدرها 107 W/m^2 كأشعة منعكسة سواء من سطح الأرض أو من الغيوم و الهباء ؛ وهذا يعني إجمالا أن ألأرض تستلم يوميا 342 W/m^2 وتفقد يوميا 342 W/m^2 . لاحظ أنه من محتويات الأشعة المفقودة Negative Radiative Forcing هو أشعة حرارية Thermals ، وحرارة النتح و التبخير Evapo- Transpiration، وإشعاع صادر من سطح الأرض Surface Radiation، و نافذة الغلاف الجوي Atmospheric Window. أما من محتويات الأشعة الواصلة للأرض Positive Radiative Forcing فهي الأشعة المنبعثة من غازات الاحتباس الحراري Greenhouse Gases الحرارة الممتصة من الغلاف الجوي Absorbed by atmosphere .

فيزيائيا ، تتسبب زيادة غازات الإحتباس الحراري في الجو من زيادة إشعاع الطاقة الحرارية (الأشعة تحت الحمراء) في الغلاف الجوي (غازات ذات تأثير مناخي أو قوى إشعاعية موجبة)، وهذا الأشعة الحرارية يتم إعادة أشعاعها في الغلاف الجوي الغريب من سطح الأرض (أي طبقة التروبوسفير) – بدلا من أن تنطلق للفضاء- لكي يدفأ كوكب الأرض و يكون صالحا للعيش ، وكما ذكرنا سابقا فإن هذا يسمى القوى الإشعاعية أو التأثير المناخي Radiative Forcing .

إن كمية الطاقة الحرارية المنعكسة من سطح الأرض تعتمد على الانعكاسية أو البياضية أو الألبيدو Albedo ، وتعريفها هو جزء الإشعاع الشمسي المنعكس نسبة إلى الشعاع الشمسي الساقط ؛ فإذا كان الجسم يعكس كل الأشعة الشمسية تكون انعكاسيته (أو الألبيدو) يساوي 1 ، اما إذا لا يعكس شيئا فيساوي البيدو صفر. للعلم، فإن غطاء الجليد لديه انعكاسية أو بياضية أو ألبيدو تتراوح من 0.8 إلى 0.95 أي أنه يعكس من 80% إلى 95% ، و الرمل الجاف إنعكاسيته تساوي 0.4 ، و الغابات و النباتات الورقية 0.2 ، وسطح البحر الهادئ 0.05 , الأسفلت الأسود 0.05. وكلما زادت قيمة الألبيدو كلما زادت كمية الأشعة المنعكسة، وبذلك تكون تلك الأجسام العاكسة مساهمة في تبريد كوكب الأرض ؛ الأمر الذي يجعل القطبين درجة حرارتهما منخفضة ولا يتعرضان للذوبان.

مثال (7):

قدر علماء فيزياء المناخ أن مضاعفة غازات الإحتباس الحراري مثل ثاني أكسيد الكربون تتسبب في خفض إنبعاث الإشعة الحرارية من الغلاف الجوي إلى الفضاء مسببة في ذلك دفئا لمناخ الأررض . ولو افترضنا أن هذه الغازات قد تسببت في خفض الإشعة الحرارية المنطلقة للفضاء من $240W/m^2$ إلى $236\ W/m^2$ عند ثبات الحرارة ، فكم سيكون الزيادة في درجة حرارة الغلاف الجوي القريب من سطح الأرض (التربوسفير) ؟

الجواب:

نستخدم العلاقة الفيزيائية التالية:

$$E= \varepsilon\ \sigma\ T^4$$

حيث تمثل E كمية الأشعة المنبعثة بوحدة W/m^2، ε الإنبعاثية ($\varepsilon = 1$) و σ ثابت ستيفان – هولتزمان ، و T درجة الحرارة . فإذا افترضنا أن T1 و T2 هما درجتي الحرار قبل و بعد تغير تركيز ثاني أكسيد الكربون إلى الضعف ، فعندها نستخدم المعادلة التالية:

$$\varepsilon\ \sigma = E_1/ T_1^4 = E_2/ T_2^4$$

$$\therefore\ T_2 = [(T_1^4 \ .\ E_2) / (E_1)]^{1/4}$$

$$T_2 = [(300^4)\ (240) / (236)] = 301.16$$

$$T_2= 301.26 -300 = 1.26\ °C$$

وهذا يعني أن مضاعفة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي أدت إلى خلق ارتفاع في درجة حرارة الغلاف الجوي بمقدار 1.26° C، وهذا الحل هو تقريبي لكون أنه في الواقع هناك الكثير من العمليات المعقدة إلا أن الجواب يبدو مقبولا.

مثال (8):

لو كان تركيز ثاني أكسيد الكربون قد زاد بمقدار 4 مرات ، فكم سيكون مقدار الإشعاع الهارب او المنطلق من الغلاف الجوي بعد أن كان $240\ W/m^2$ ؟

الجواب

يتم حساب التغير في القوى الإشعاعية Radiative Forcing باستخدام العلاقة التالية:

$$\Delta F = 6.3 \ln (C/C_0)$$

حيث تمثل C التركيز الحالي، C0 التركيز الأصلي (القديم) ، وفي هذا المثال تكون C/C_0 تساوي 4 . وعليه، فإن قيمة ΔF ستساوي :

$$\Delta F = 6.3 \ln (4) = 8.7\ W/m^2$$

وهذا يعني أن مقدار الأشعة المنطلقة أو المشعة من الغلاف الجوي إلى الفضاء الخارجي قد نقصت بمقدار $8.7\ W/m^2$ أي أصبحت $231.3\ W/m^2$ ، كالتالي :

$$240\ W/m^2 - 8.7\ W/m^2 = 231.3\ W/m^2$$

لاحظ أن الانخفاض في قيمة الإشعاع المنطلق للفضاء كان قليلا ؛ فعندما تضاعف تركيز ثاني أكسيد الكربون كان الإشعاع قد انخفض بمقدار 4.4 ، وعندما زاد التركيز إلى 4 أضعاف انخفض مقدار أشعاع الهارب بمقدار 8.7 فقط ، والسبب أن العلاقة لوغاريتمية أي أن العائد من مضاعفة التركيز في ثاني أكسيد الكربون سيصل إلى حد تقريبا ثابت ؛ فعلى سبيل المثال، لو زاد التركيز 10 مرات لصار الانخفاض 14.5 فقط، ولو زاد 100 مرة لصار الإنخفاض بمقدار $29\ W/m^2$.

مثال (9):

من مثال 8 أحسب مقدار الزيادة في درجة حرارة الغلاف الجوي نتيجة زيادة التركيز بمقدار 4 مرات؟

الجواب

نستخدم العلاقة السابقة (مثال 5) ؛

$$\therefore T_2 = [(T_1^4 \cdot E_2) / (E_1)]^{1/4}$$

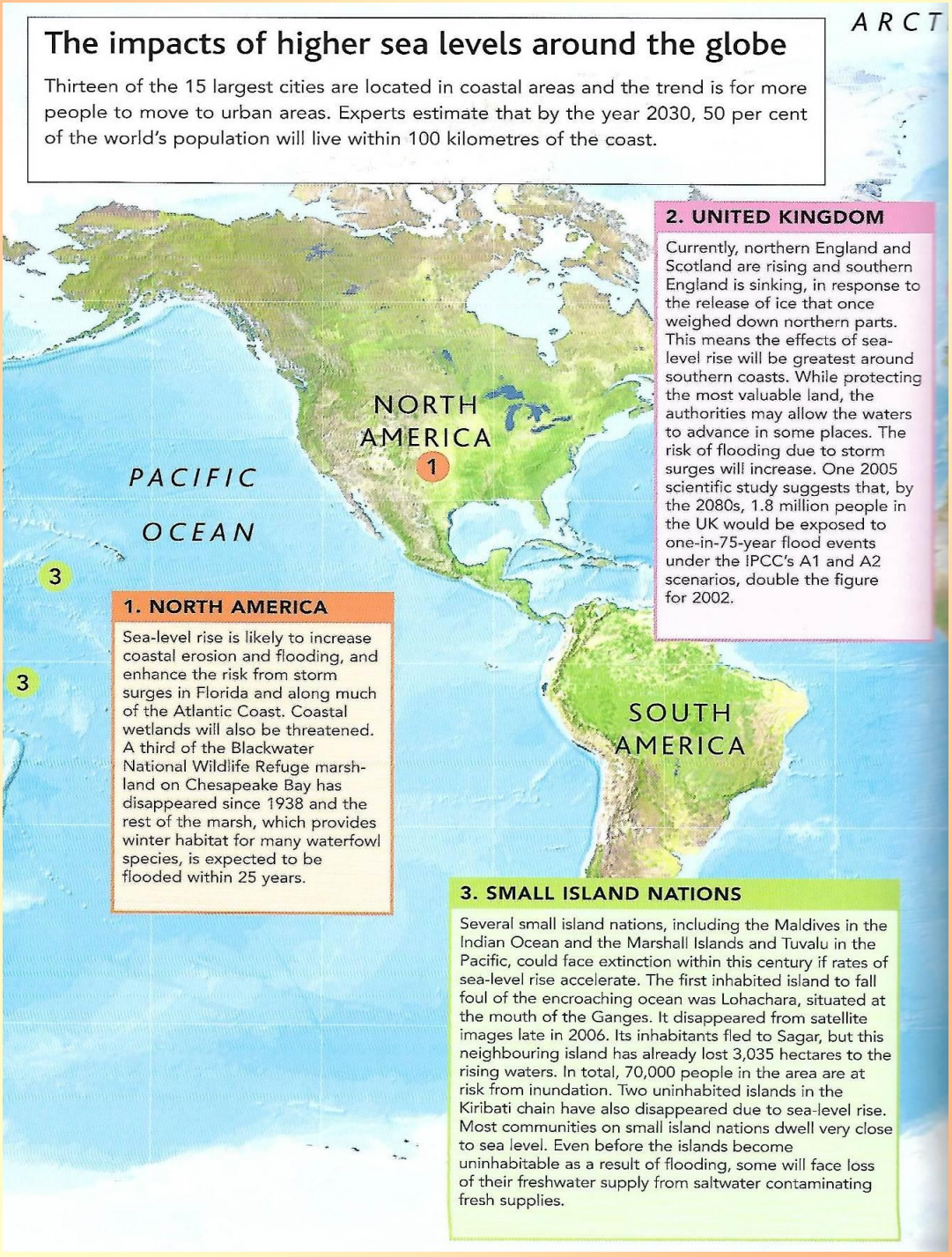
$$T_2 = [(300^4)(240) / (231.3)] = 302.7$$

$$T_2 = 302.7 - 300 = 2.7\ ^\circ C$$

وهذا يعني أن الزيادة في درجة حرارة الغلاف الجوي ستزيد بمقدار $2.7^\circ C$ فقط ، علما بأنه عندما تضاعف التركيز كانت الزيادة في درجة الحرارة تساوي 1.26° .

10-12 تأثيرات ارتفاع مستوى سطح البحر على مناطق العالم

نشرت مؤلفة كتاب « تأثير التغير المناخي : أكبر التحديات العالمية في القرن الواحد والعشرين» الباحثة (Carolyn Fry) أثنى عشر تأثيرا لارتفاع مستوى سطح البحر ، وهي مشار إليها في مربعات في الخارطة؛ فهناك 13 من أصل 15 مدينة كبيرة تقع على المناطق الساحلية – مع التوجه إلى أن ينتقل أناس أكثر من مدنهم إلى تلك المدن الساحلية . ويرى الخبراء أنه بحلول عام 2030 سيكون 50% من سكان العالم سيعشون في نطاق 100 كم من السواحل.



سيؤثر التغير المناخي في ارتفاع درجة الحرارة ، وفي مستوى سطح مياه المحيطات، و ذوبان الجليد في البحار و المحيطات ، وسيتسبب في تغير ملوحتها ، وحمضيتها، وشكل و نمط امواجها ودورات تياراتها ، وهذه بلا شك ستؤثر على صحة وتوزيع النباتات و الحيوانات، ومن أهمها الفايتوبلانكتون Phytoplankton التي تشكل الحلقة الأساسية في سلسلة الغذاء المتوفر في الحيوانات والنباتات البحرية.

7. SALINITY VALVES, GIBRALTAR

In some places the local geography causes the water between adjacent seas to be squeezed into discrete water bodies. If one body of water is saltier than the one next to it, a flux of salt nutrients and oxygen can form across the gap, producing a salinity valve. This is the case at Gibraltar. The gradients across the valve create unique ecosystems that become well-adapted to the conditions. Global warming could disrupt the water flows, bringing conditions intolerable to the delicate flora and fauna.

9. METHANE CLATHRATES, SIBERIA

The Siberian permafrost and ocean-floor sediments contain vast deposits of gas-filled ice, called clathrates. At Siberia's chilly temperatures and under the pressure of icy oceans clathrates are stable, but if the planet warms up it is possible that melting ice will relinquish its methane. Scientists say there may be as much as 10–11 trillion tonnes of carbon held in clathrates, 20 times the amount held in natural gas reserves. Because methane is a strong greenhouse gas, such a release could increase global warming by up to 25 per cent. Researchers have since discovered that a million square kilometres of ground has begun melting for the first time since forming 11,000 years ago, at the close of the last ice age.

8. TIBETAN PLATEAU, CHINA

The vast Tibetan Plateau, a quarter of China's landmass, is permanently covered by snow. Its white blanket helps reflect the sun's rays back into space, so keeping the region cool. If the ice in this region melts, the darker greys and browns of the exposed landmass will absorb much more heat, accelerating melting. In 2006, the Chinese Academy of Sciences reported that the glaciers of the Tibetan Plateau were melting so fast they were halving in volume every 10 years. The plateau has 46,298 glaciers. Each year, enough water is melting to fill the entire Yellow River.

10. INDIA'S MONSOON

India's weather heats up throughout March and April, until temperatures peak in May. The parched land generates a sharp temperature gradient between land and sea, prompting the winds to switch rapidly from seaward to landward. These winds release their burden of moisture of monsoon deluges as they cross the land. Global warming appears to be strengthening the monsoon. There has been a significant increase in the magnitude and frequency of freak rain events.

12. OZONE HOLE, ABOVE ANTARCTICA

Although scientists predict the hole in the ozone layer will close up within half a century, climate change could undo the good work of the Montreal Protocol. Signed in 1987, the agreement banned the use of CFCs that had created the hole, leading to its successful shrinkage. Global warming could cause cooling in the stratosphere where ozone forms. If this happens, it will disrupt the chemical process that prevents ozone from breaking down, so, as the world warms up, ozone will be lost. It is possible the hole would open over Europe, increasing the risk of skin cancer and blindness.

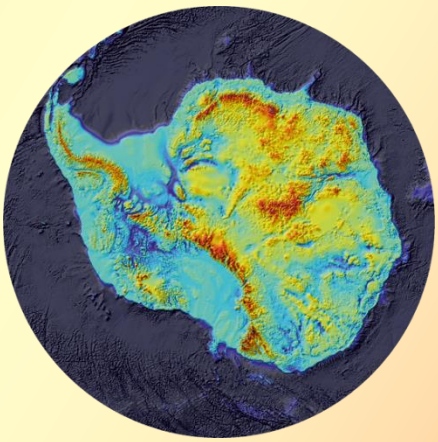
11. SAHARA DESERT, AFRICA

Parts of the Sahara could become greener as rainfall soaks its southern margins. While beneficial for communities living in newly fertile areas this may have a negative impact on other parts of the planet. Currently, Saharan dust is swept up into clouds and carried across the Atlantic where 200 million tonnes fall into the ocean. The dust provides nutrients that generate blooms of plankton, on which the marine food chain relies. A greener Sahara would produce less dust, cutting the foundations of the ocean food supply. Also, because plankton absorbs CO_2, less dust would make the ocean less effective at extracting the greenhouse gas from the air, causing more warming.

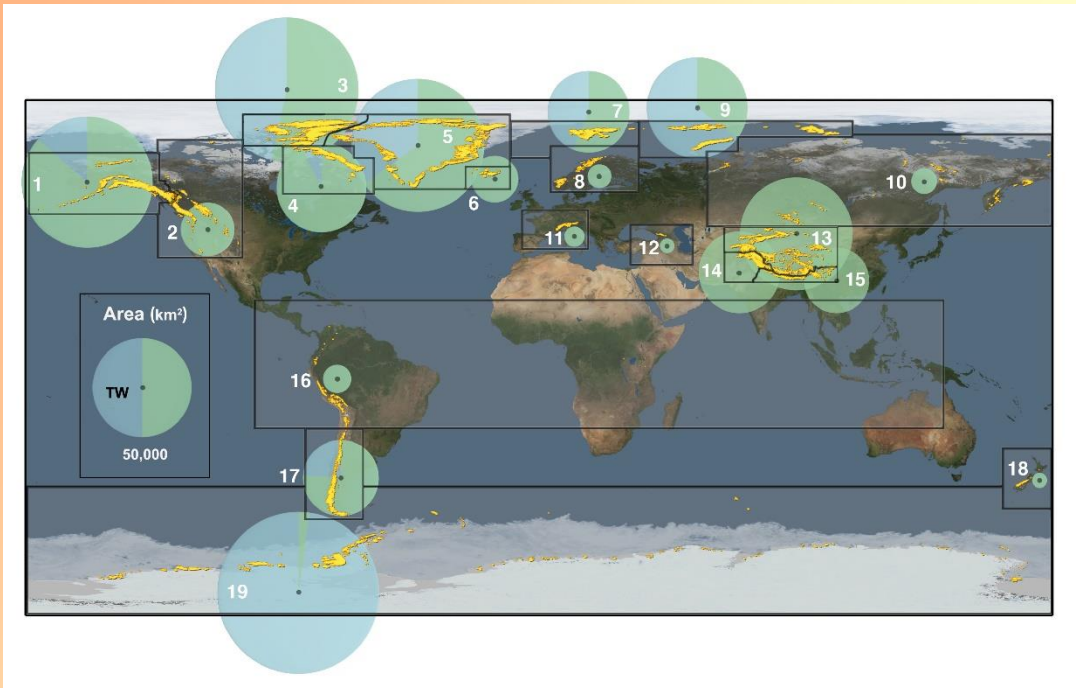
11-12كيف نقيس ما يعادل من ارتفاع في مستوى سطح البحر نتيجة ذوبان الجليد في البحار والمحيطات؟

للإجابة على هذا السؤال يجب تقدير حجم الجليد في المحيطات و البحار والأراضي. لقد طرحت IPCC، وآخرون، تساؤلات حول هذا الموضوع، وتحديدا كم سيرتفع منسوب مياه البحر نتيجة التغير المناخي؟ وكفيزيائي سيتبادر إلى ذهنك أن ذلك يكون عن طريق حساب حجم الجليد على الكرة الأرضية بوحدة (km^3) ومن ذلك سنحدد درجة حرارة المياه ثم نعرف مقدار التمدد ، وبعدها يمكن تقدير ما يعادل هذا الذوبان من ارتفاع لمستوى سطح البحر(Sea Level Rise (SLR بوحدة mm أو cm في كل عام أو عقد . ويوضح الجدول أدناه مقدار SLR الناتج من ذوبان الجليد في كل رقعة. فبحسب الجدول لو ذاب كل جليد القارة القطبية الجنوبية لوصل إلى ارتفاع 57.8 متر، والقطب الشمالي (جرينلاند) لبلغ ارتفاع 7.42 متر، أما ذوبان الجليد في البحار والمحيطات و من على قمم الجبال فسيبلغ ارتفاع المياه المعادل لذلك 32 سم فقط. والسؤال هو كيف يتم ذلك؟ على سبيل المثال ، بالنسبة للقارة القطبية الجنوبية (أنتاركتيكا) يتم الاستعانة بـ BECMAP2 و Bedmachine التي توفر حجم الجليد على تلك المنطقة، وذلك باستخدام آلاف الرادارات و الموجات السيزمية لسمك الجليد. ولقد تمكنت BECMAP2 من استخدام 25 مليون قياس للوصول إلى أن حجم هذا الجليد يساوي 27 million km^3 (2.7 x 10^{16} m^3) الذي يعادل ±57.9 m .

مكان الجليد Ice on land	ما يعادل من ارتفاع مستوى سطح البحر Sea level equivalent (m)
القارة القطبية الجنوبية Antarctic Ice Sheet	57.9
القطب الشمالي (جرينلاند) Greenland Ice Sheet	7.42
البحار والمحيطات وعلى قمم الجبال Glaciers and ice caps	0.32



شكل يوضح قاع الأرض التي تقبع عليها الكتل الجليدية في أنتاركتيكا . تقع شرائح الجليد لو ذابت فإنه سيصل ما يعادله من مستوى لسطح البحر 58.3 متر.



خارطة توضح أماكن تواجد الجليد على الكرة الأرضية . كل قطر دائرة يوضح حجم الجليد.

بداية نبدأ بحساب كتلة الجليد ، وسنستخدم وحدة جيجا طن ($10x10^{12}$ kg Gt) ، علما بأن 1 جيجا طن يشغل حجما قدره 1 km x 1km x 1 km أي $1\ km^3$. كذلك يجب مراعة كثافة الجليد والماء ، وهذه معروضة في الجدول أدناه.

Density of glacier ice	**916.7 kg/m³**	**0.9167 Gt/km³**
Density of pure water	**1000 kg/m³**	**1.000 Gt/km³**
Density of sea water	**1027 kg/m³**	**1.027 Gt/km³**

كذلك نستخدم العلاقات التالية:

$$Density\ (\rho) = Mass\ (m)\ /\ Volume\ (V)$$
$$m = V \times \rho$$
$$V = m / \rho$$

ومن الجدول أعلاه ، تساوي كتلة 1 جيجا طن من الجليد $1.091\ km^3$ ، و 1 جيجا طن من الماء النقي $1km^3$ ، و 1 جيجا طن من ماء البحر يساوي $0.9737\ km^3$. ويمكن تحويل الوحدات من حجم إلى كتلة باستخدام العلاقة أدناه:

$$M_{ice}\ (Gt) = V_{ice}\ (km^3) \times \rho_{ice}\ (Gt/km^3)$$

أي أن حجم $500\ km^3$ من الجليد سيعطي $458.3\ Gt$! ولحساب مقدار منسوب المياه المكافئ لذوبان الجليد ، يتطلب أولا إزالة كل كمية الجليد أسفل سطح الماء، لكونه قد أزاح ما يعادله من ماء ، لذا، فإنه سوف لن يتسبب في ارتفاع منسوب سطح البحر، ومع ذلك ، فإن الجليد الذي يصب في البحر ، والذي سيحمل كتل جليدية، سوف يتسبب في زيادة منسوب سطح البحر .

12-12 تحويل حجم الجليد إلى ما يعادله من ارتفاع مكافئ لسطح البحر

يتطلب هنا معرفة المساحة التي يغطيها المحيط ، وهذه تعادل $3.618\ x10^8\ km^2$ ، لذا، فإن $1\ mm$ زيادة في سطح المحيط تحتاج ($10^{-12}\ km^3$) $10^{-3}\ m^3$ لكل متر مربع (m^2) من سطح المحيط أو $10^{-12}\ Gt$، وعليه، فإنه يمكننا حساب حجم الماء المطلوب ليتسبب في زيادة منسوب المياه بمقدار $1mm$ من العلاقات التالية أدناه:

$$Volume = (3.618 \times 10^8\ km^2) \times (10^{-6}\ km)$$
$$= 3.618 \times 10^2\ km^3 = 361.8\ km^3\ water.$$

أي أن ارتفاع قدره $1\ mm$ في سطح البحر يجب أن يعادله زيادة قدرها km^3 361.8 من الماء (تعادل $394.67\ km^3$ من الجليد) ، وهذه الكمية من المياه تعادل حوالي كمية الماء في حوض بطول البحرين $50\ km$ و عرض $7\ km$ وعمق $1km$ ، تقريبا.

وعليه ، فإن $500\ km^3$ من الجليد (كتلتها تساوي $458.3\ Gt$) ، سوف يتسبب في زيادة منسوب سطح البحر إلى $1.27\ mm$ من خلال المعادلات التالية:

$$SLE = mass\ of\ ice\ (Gt) \times (1 / 361.8) = 1.27\ mm \quad (40)$$

يجب ملاحظة أن هناك سببان يؤديان إلى ارتفاع منسوب سطح البحر بسبب دفء الأرض أو الإحترار العالمي ، وهما، أولا : ذوبان الجليد ؛ فكلما دفأ الكوكب كلما ذاب الجليد ، وبالتالي يزداد مستوى سطح البحر، وثانيهما : تمدد ماء البحر كلما تم رفع حرارته لكون أن الماء الدافئ يحتاج سعة (وعاء) أكبر؛الأمر الذي يسبب زيادة منسوب سطح البحر .

ويمكننا الوصول إلى معادلة عامة نحسب منها ارتفاع منسوب ماء البحر بمعلومية مقدار التمدد في ماء البحر dV ، ومساحة حوض المحيطات ($A= 3.618x1014\ m2$)، وحجم ماء المحيطات ($2.7 \times 10^{16}\ m^3$) ، والتغير في درجة الحرارة ΔT، معامل التمدد الحراري للماء ($\beta = 1.53 \times 10^{-4}\ /C$) كالتالي:

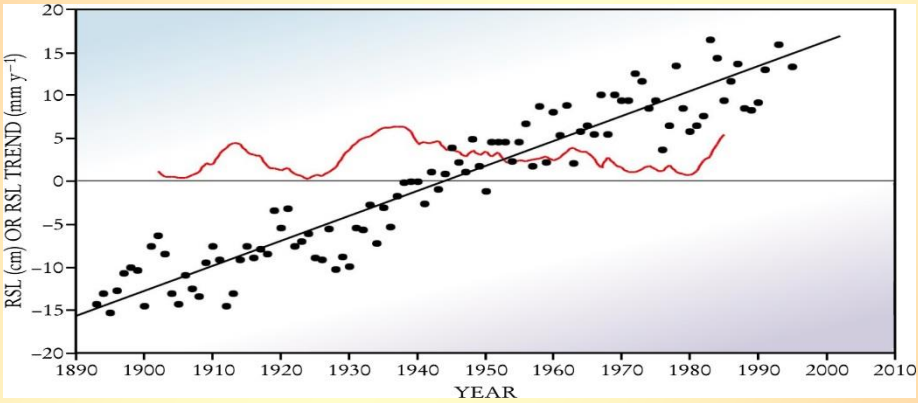
$$dV=V \times \beta \times \Delta T\ ;\ dh = dV \times A$$

$$dh\ (sea\ level\ rise\ in\ mm) = 11.4 \times \Delta T \quad (41)$$

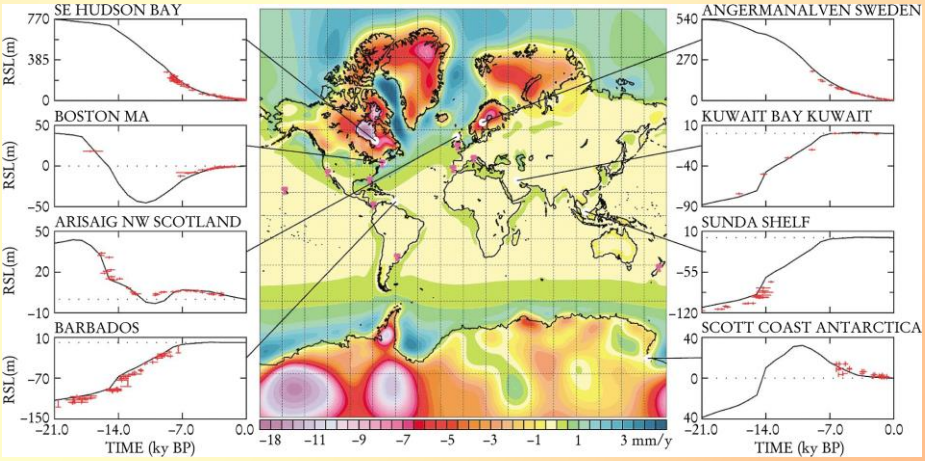
فلو كان التغير في الحرارة $1°C$ لصار ارتفاع مستوى البحر $11.4\ mm$، ولو كان $2°\ C$ لصار $22.8\ mm$.

13-12 كيف نعرف أن منسوب سطح البحر قد إزداد ؟

على الرغم أن مستوى سطح البحر – على المدى الطويل – في الألفيات السابقة كان نسبيا ثابتا – أي يساوي صفرا – إلا أنه في منتصف القرن التاسع عشر (منتصف 1850) تم ملاحظة زيادة في مستوى سطح البحر، وفي القرن العشرين تم نشر قرابة 12 بحثا أساسيا تشير إلى أن مستوى سطح البحر يزداد بمعدل 1 مم إلى 2.4 ملم كل عام (1.0 to 2.4 mm/y). ويرى بعض المختصين أن الزيادة بسبب الإحتباس الحراري يجب أن تكون أكثر من 2 mm/y لكون أن تأثير التمدد الحراري للمياه و ذوبان الجليد بسبب زيادة في حرارة الكوكب 0.6 C - سيكون مؤثرا و كافيا لإحداث منسوب 1 mm خلال 100 عام، مما يعني عدم – بالتأكيد – لم يتم الخذ في الإعتبار ذوبان المناطق القطبية . لقد أشارت قياسات مستوى سطح البحر في مدينة نيويورك للفترة من 1893 إلى 1995 م قد كانت في حدود 2.9 mm/y ، وعلى النقيض من ذلك ، فإن التغير في كل 20 سنة متباين جدا ، فهو يقع من 0 mm/y إلى 6 mm/y ، كما أن قياسات مدينة نيويورك الخاصة بالتغير في مستوى سطح البحر يتمرجح من 0.9 إلى 3.5 mm/y .



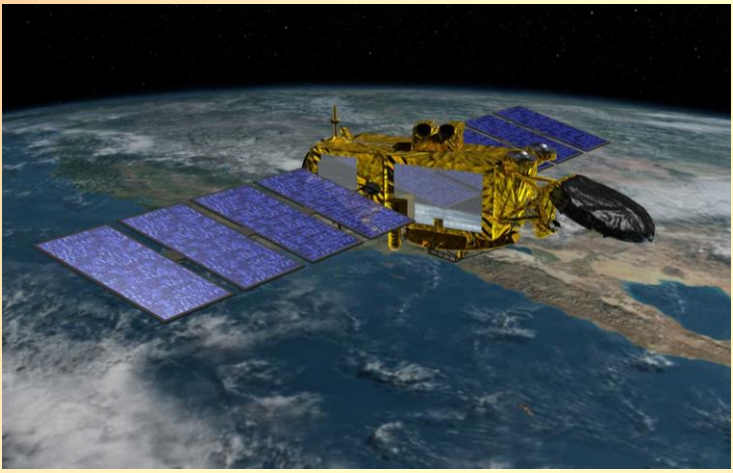
التغير النسبي في منسوب البحر في مدينة نيويرك الأمريكية. اللون الأحمر لقياسات 20 سنة .



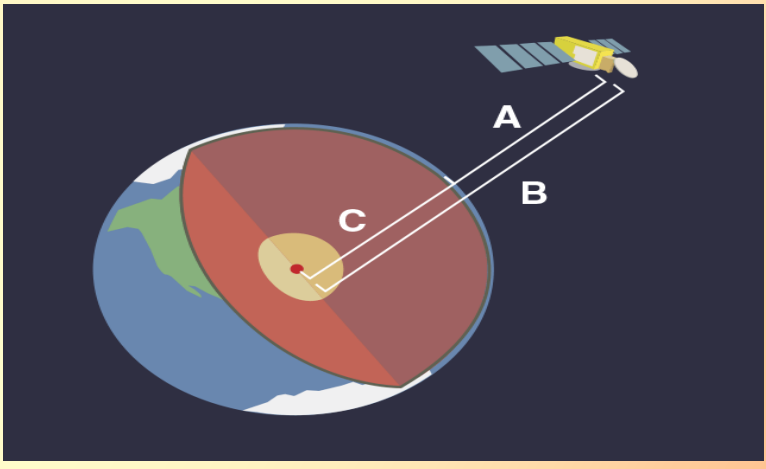
نتائج دراسة للتغير النسبي في مستوى سطح البحر، لاحظ التغير في خليج الكويت (الرسم الثاني من الجهة اليمنى).

https://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/1.1472392

إن قياس التغير في منسوب سطح البحر ليس سهلا؛ فهو ليس باستخدام مسطرة طويلة مدرجة توضع في وسط المحيط العميق! كما أن ارتفاع المنسوب يختلف من من مكان إلى أخر، وهذ يحدث بسبب الأختلاف في التضاريس، والجاذبية، و درجة الحرارة، وتيارات المحيط و المد والجزر. فالمحيطات تشكل 70 % من كوكب الأرض ، فهذا يعني أن نضع ملايين المساطر الطويلة المدرجة لقياس المنسوب ، لذا ارتأى العلماء قياس هذا المنسوب من الفضاء باستخدام الأقمار الاصطناعية.

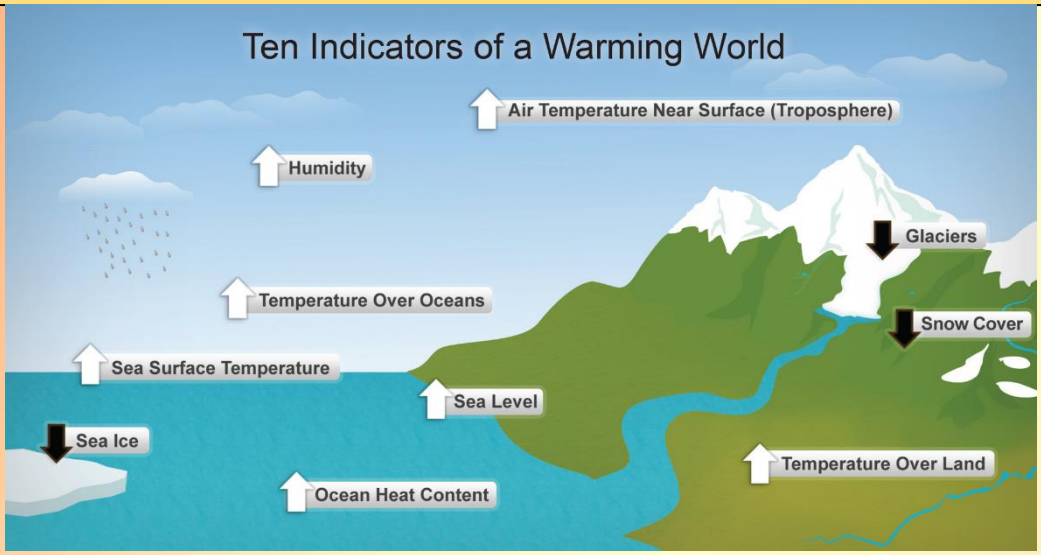


لقد قامت ناسا بوضع القمر الصناعيJason-3 الذي يحمل رادار قياس الإرتفاع radar altimeter ، وهو يستخدم الموجات الرادوية التي ترتد عند سقوطها على أسطح المحيطات. ويقوم القمر الأصطناعي يقدر الوقت المستغرق للارتداد في المكان المطلوب دراسته. هذا القمر يدور على ارتفاع 1300 كم من سطح البحر ، وقدرة القياس فيه عالية جدا فهو يستطيع أن يقيس المسافة منه إلى سطح البحر بخطا لا يزيد عن بوصة واحدة (3 سم).



هذا القمر الاصطناعي مزود بأجهزة تقيس المسافة من القمر إلى باطن الأرض! وبطرح المسافة الأولى A (بين سطح المحيط و القمر الاصطناعي) من المسافة الثانية B (من القمر الاصطناعي إلى باطن الأرض) يمكن حساب المسافة من سطح المحيط إلى مركز الأرض C . ويكرر الحساب كل 10 أيام ، ولسنوات طويلة.

14-12 آثار الدفء العالمي على الطقس



من المتوقع أن تزداد سبعة من هذه المؤشرات في ظاهرة الدفء العالمي ، وتبين الملاحظات أنها في الواقع تتزايد. ويتوقع أن تنخفض ثلاثة وهي في الواقع تتناقص.

هناك 10 مؤشرات تنبه البشر أن كوكبهم يعاني احتباسا حراريا أو دفءا عالميا ، وهي تغيرات في التالي: جليد البحر، والمحتوى الحراري للمحيطات، والحرارة على اليابسة، وغطاء الجليد، والكتل الجليدية في المحيطات، والحرارة في طبقة التربوبوز (القريبة من سطح الأرض) ، والرطوبة.

تشير تقارير التقييم الرابع للجنة الدولية للتغيرات المناخية أن هناك تغيرات محتملة في الطقس . فقد لوحظت تغييرات في كمية وكثافة ونوع هطول الأمطار ؛ فقد حدثت زيادات واسعة النطاق في هطول الأمطار الغزيرة حتى في الأماكن التي انخفض فيها مجموع كميات الأمطار ، وأن التأثيرات البشرية ساهمت في زيادة أحداث هطول الأمطار الغزيرة على النطاق العالمي. وتظهر توقعات التغيرات المستقبلية في هطول الأمطار الزيادات الإجمالية في المتوسط العالمي ولكن مع حدوث تحولات كبيرة في مكان سقوط الأمطار وهبوطها ، وتشير الإسقاطات إلى انخفاض في هطول الأمطار في المناطق شبه الاستوائية وزيادة في هطول الأمطار في خطوط العرض شبه القطبية الاستوائية ، **وبعبارة أخرى تصبح المناطق الجافة حاليا أكثر جفافا في حين أن المناطق الرطبة حاليا ستصبح عموما أكثر رطوبة.**

من المحتمل جدا أن تصبح الأيام والليالي الحارة أكثر دفئا أو أكثر تواترا، ومن المرجح جدا أن تسهم الأنشطة البشرية في هذه الاتجاهات، وقد تكون هناك تغيرات في الظروف المناخية المتطرفة الأخرى مثل الفيضانات والجفاف والأعاصير المدارية، ولكن من الصعب تحديد هذه التغيرات. وتشير التوقعات إلى احتمال حدوث تغيرات في التردد وشدة بعض الظواهر الجوية القاسية ، على المستوى قصير الأمد ، وتختلف الثقة في التوقعات مع مرور الوقت.

التوقعات على المدى القريب (2016 – 2035)

ومن المحتمل أن تكون بعض التغييرات (على سبيل المثال الأيام الأكثر اعتيادا) واضحة على المدى القريب في حين أن التغيرات الأخرى على المدى القريب (مثل الجفاف الشديد والأعاصير المدارية) أكثر تيقنا .

التوقعات طويلة الأجل (2081 – 2100)

تردد وطول وشدة موجات الحرارة تزيد على معظم مناطق اليابسة، سيرتبط النمو العالي في انبعاثات وغازات الدفيئة البشرية المنشأ بزيادة أكبر في تواتر وشدة درجات الحرارة القصوى، وبافتراض النمو المرتفع في انبعاثات غازات الدفيئة (السيناريو IPCP8.5 للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ) فإن المناطق الجافة حاليا قد تتأثر بزيادة خطر الجفاف وتخفيض رطوبة التربة، ومن المرجح جدا أن تصبح حالات هطول الأمطار الشديدة أكثر كثافة وتكرارا.

15-12 تأثير وباء الكورونا -19 على التغير المناخي

• لم تُظهر تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي أي علامات على بلوغ ذروة لا ارتفاع بعدها، واستمرت في الارتفاع إلى مستويات قياسية جديدة. لن يقلل انخفاض الانبعاثات المرتبط بالإغلاق من تركيزات ثاني أكسيد الكربون.

• ارتفعت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الأحفوري العالمية بنسبة 62٪ بين عامَي 1990 و2019. ولم يعد بالإمكان تأجيل الإجراءات التحويلية إذا أُريد تحقيق أهداف اتفاقية باريس.

• من المتوقع أن يكون متوسط درجات الحرارة العالمية للفترة 2016 - 2020 الأكثر ارتفاعاً على الإطلاق، بزيادةٍ تقارب 1.1 درجة مئوية فوق متوسط درجات الحرارة العالمية للفترة 1850 - 1900.

• يؤثر تغير المناخ بفعل الإنسان على النظم التي تحافظ على الحياة، من أعلى الجبال إلى أعماق المحيطات، مما يؤدي إلى تسارع ارتفاع مستوى سطح البحر، مع آثار متتالية على النظم البيئية والأمن البشري.

• ظهر تأثيرات تغير المناخ بشكلٍ أكبر من خلال الظروف الهيدرولوجية المتغيرة، بما في ذلك التغيرات في ديناميكيات الثلج والجليد. وبحلول عام 2050، سيزداد عدد الأشخاص المعرضين لخطر الفيضانات من مستواه الحالي البالغ 1. 2 مليار إلى 1. 6 مليار.

المصدر : https://www.un.org/ar/climatechange/science/key-findings

13- دراسة حالة: تغير مناخ مملكة البحرين

نشرت مؤخراً المجلة العالمية environmatics بحثا للأستاذ الدكتور وهيب عيسى الناصر والدكتور محمد قيصرون ميرزا، جامعة البحرين، يتناول فيه الباحثان تفسيراً محايداً لأسباب ارتفاع مناخ الأرض مستعينين بذلك بنتائج الأرصاد الجوية المسجلة في مملكة البحرين منذ عام 1900 حتى عام 2000، بالإضافة إلى نتائج لدول مجاورة للبحرين مثل الكويت والمملكة العربية السعودية وسلطنة عمان. ولقد خلص الباحثان أن هناك عوامل أخرى تؤثر في المناخ منها البقع الشمسية حيث كلما ازداد عدد هذه البقع زاد المجال المغناطيس حول الشمس الأمر الذي يسبب حيود أو ابتعاد الأشعة الكونية الساقطة على كوكب الأرض – نظراً لتأثر هذه الأشعة بالمجال المغناطيسي. ولقد وجد الباحثون أن الأشعة الكونية عامل مهم في تكوين الغيوم وتألفها، فكلما ازدادت هذه الأشعة زادت كمية الغيوم وانعكست الأشعة الساقطة على هذه الغيوم وأصبح الكوكب أكثر برودة، والعكس صحيح. ونظراً لأن البقع الشمسية – كما ذكرنا سابقاً – ظاهرة فلكية دورية إذ يقل عددها ويزداد ثم يقل في دورة مدتها 11 سنة إذ بين انعدام عدد البقع إن ذروتها فترة زمنية قدرها 6 سنوات، وعليه، فإن التغير المناخي يجب أن يكون له شكل دوري بين أعوام حارة وأعوام باردة نسبياً. إلا أن لا ينكر أحد أن انبعاثات غازات ثاني أكسيد الكربون وغازات الميثان وما ينفثه بنى البشر قد ساهم كذلك في التأثير بالمناخ الأرضي.

وفيما يلي سيتم عرض التغيرات في بعض العوامل الجوية المهمة في مملكة البحرين وهي التالي:-

1- شكل وإحصاء (13-1): الانحراف من المتوسط العام للرطوبة النسبية (65.3%) في مملكة البحرين للفترة من 1961 في 2000.

2- شكل وإحصاء (13-2): الانحراف من المتوسط العام للضغط الجوي (hPa 1009.8) في مملكة البحرين للفترة من 1961 في 1998.

3- شكل وإحصاء (13-3): الانحراف من المتوسط العام لمستوى الأمطار (6.6 mm/ month) في مملكة البحرين للفترة من 1902 حتى 2000.

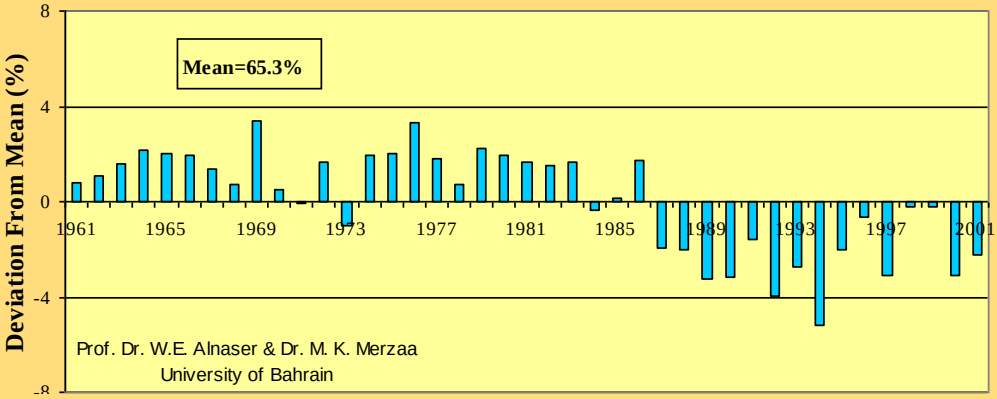
4- شكل (13-4): الانحراف من المتوسط العام لعدد ساعات طلوع الشمس (hrs 275) في مملكة البحرين للفترة من 1968 حتى 2000.

5- شكل وإحصاء (13-5) الانحراف من المتوسط العام لسرعة الرياح (knote 4.7 = 9.3 m/s) في مملكة البحرين للفترة من 1961 حتى 2000.

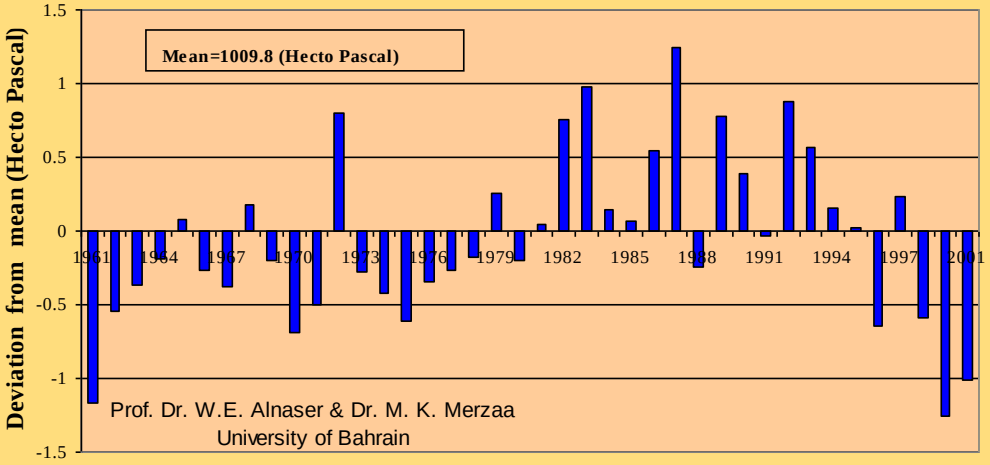
6- شكل (13-6): التغير الدوري لعدد البقع الشمسية للفترة من 1960 إلى 2000.

7- شكل (13-7): التغير الدوري للأشعة الكونية الساقطة على موسكو للفترة من 1957 إلى 2000.

8- شكل (13-8): التغير الدوري للأشعة الكونية الساقطة على بيرو للفترة من 1953 حتى 2000.



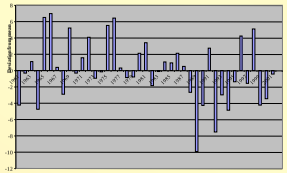
شكل ((13-1): الانحراف من المتوسط العام للرطوبة النسبية (65.3%) في مملكة البحرين للفترة من 1961 في 2000



شكل (13-2): الانحراف من المتوسط العام للضغط الجوي (1009.8 h Pa) في مملكة البحرين للفترة من 1961 في 2000

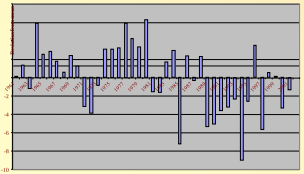
إحصاء (13-1) الإنحراف من المتوسط الشهري للرطوبة النسبية في مملكة البحرين للفترة من 1961 حتى 2000م

January



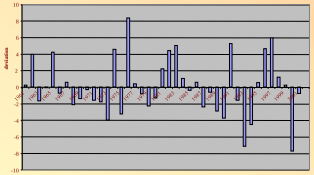
Mean= 73.8

February



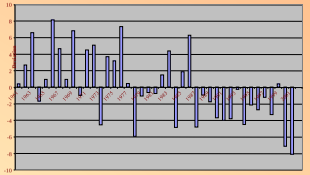
Mean= 71.4

March



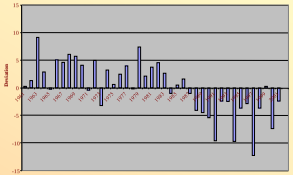
Mean=67.0

April



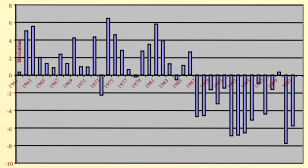
Mean= 61.6

May



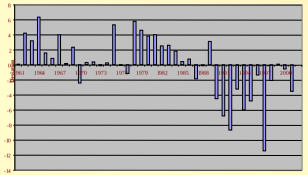
Mean= 57.0

June



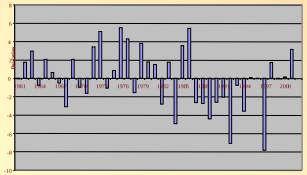
Mean= 56.1

July



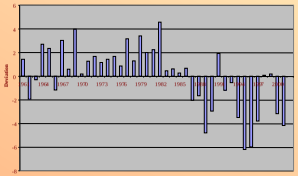
Mean= 58.7

August



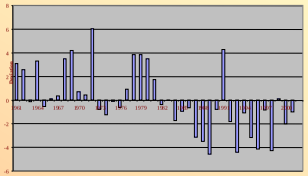
Mean=62.8

September



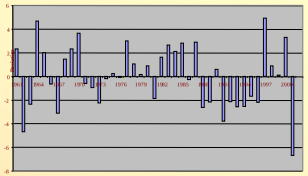
Mean= 65.4

October



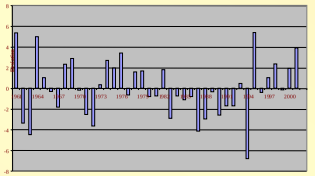
Mean= 67.1

November



Mean= 68.8

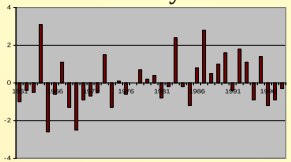
December



Mean= 72.9

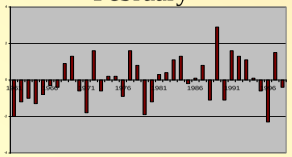
إحصاء (13-2) الإنحراف من المتوسط الشهري للضغط الجوي في مملكة البحرين للفترة من 1961 حتى 2000م

January



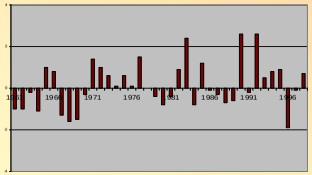
Mean= 1019mb

February



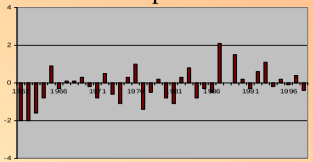
Mean= 1011mb

March



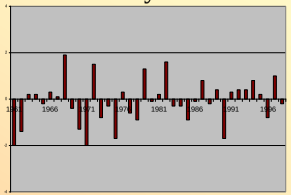
1014mb

April



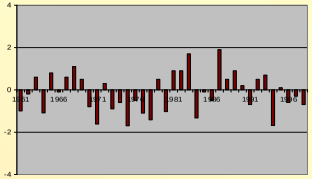
Mean= 1011mb

May



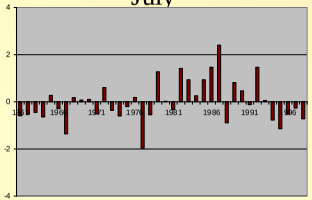
Mean= 1007mb

June



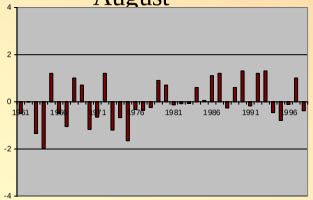
Mean= 1001mb

July



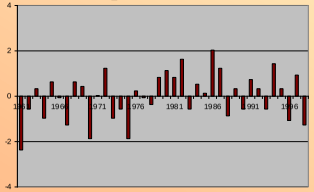
Mean= 998mb

August



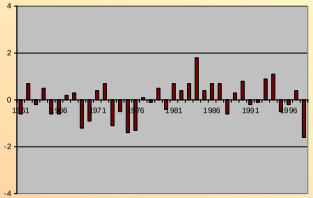
Mean= 1000mb

September



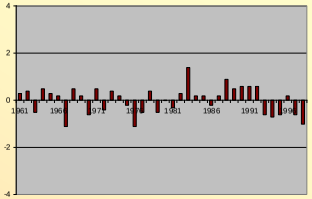
Mean= 100500mb

October



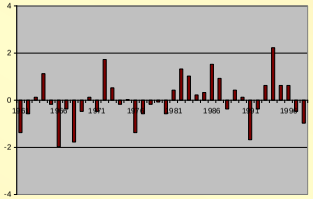
Mean= 1012mb

November

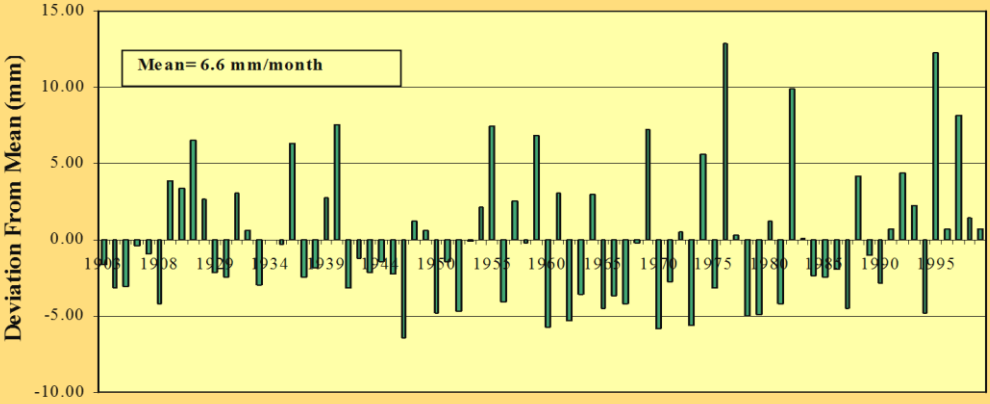


Mean= 1017mb

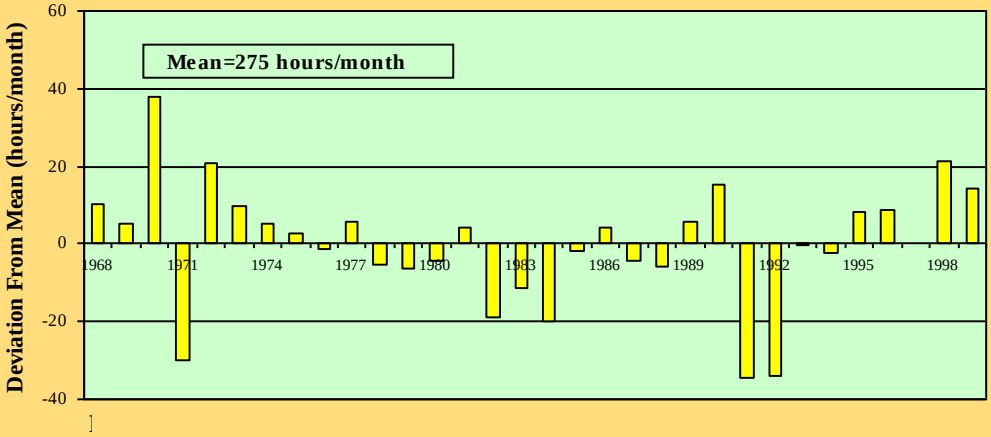
December



Mean= 1019mb



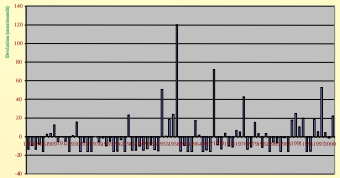
شكل (13-3): الانحراف من المتوسط العام لمستوى الأمطار
(6.6 mm/ month) في مملكة البحرين للفترة من 1902 حتى 2000



شكل (13-4): الانحراف من المتوسط العام لعدد ساعات طلوع الشمس
(275 hrs) في مملكة البحرين للفترة من 1968 حتى 2000

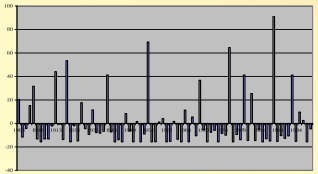
إحصاء (13-3) الإنحراف من المتوسط الشهري لمستوى الأمطار في مملكة البحرين للفترة من 1902 حتى 2000م

January



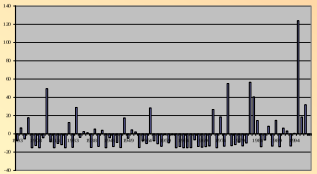
Mean= 16.0mm

February



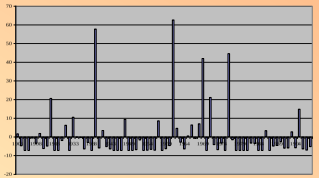
Mean= 15.8mm

March



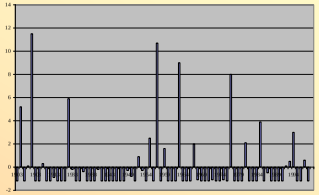
Mean= 15.3mm

April



Mean= 7.3mm

May



Mean= 1.2mm

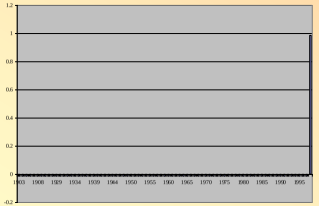
June

Mean= 0mm

July

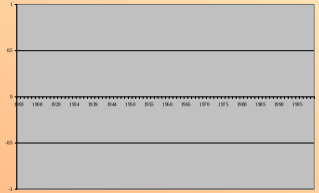
Mean= 0mm

August



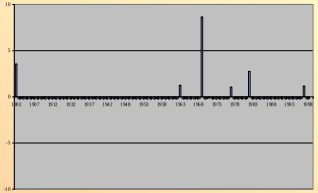
Mean= 0.01mm

September



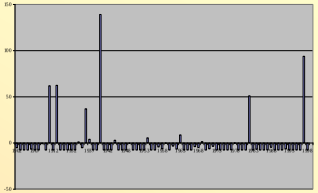
Mean= 0mm

October



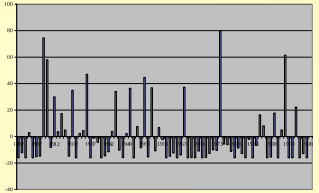
Mean= 0.24mm

November

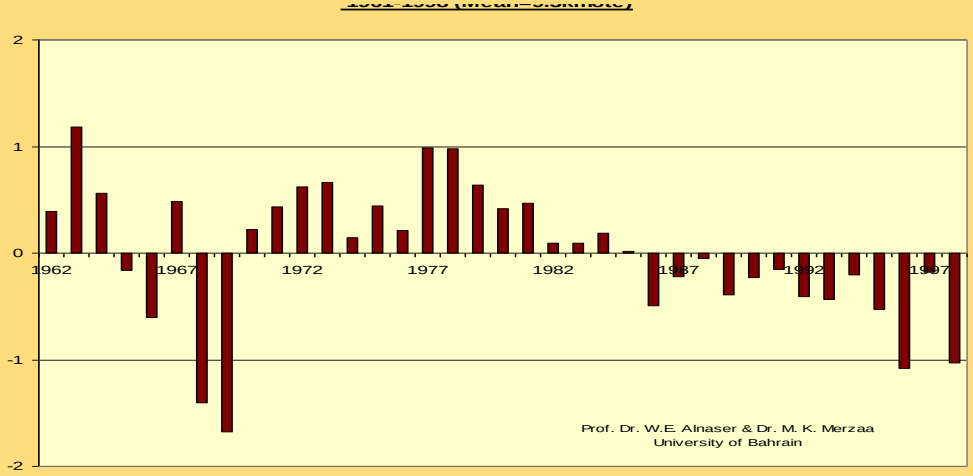


Mean= 7.7mm

December

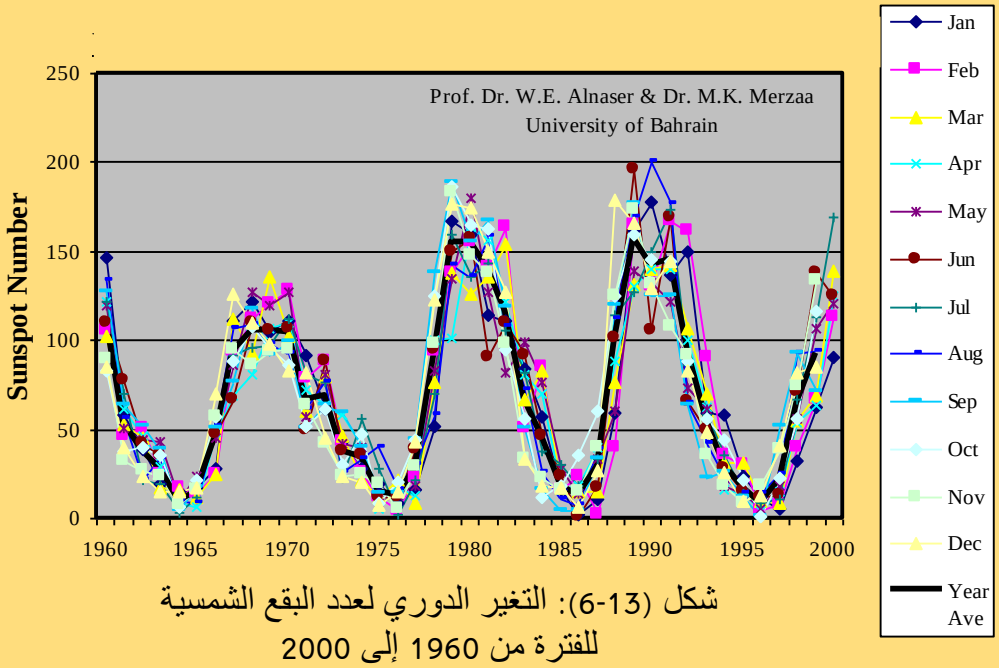


Mean= 16.2mm



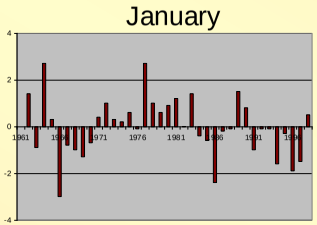
شكل (13-5) الانحراف من المتوسط العام لسرعة الرياح
(4.7 knote = 9.3 m/s) في مملكة البحرين للفترة من 1961 حتى 2000

ومع مطابقة شكل نتائج المناخ في البحرين مع نتائج الأشعة الكونية الواصلة للأرض نرى أن هناك ارتباطاً شبه وثيق بين المناخ ،من جهة، وبين البقع الشمسية والأشعة الكونية، من جهة أخرى؛ فالبقع الشمسية تولد مجالاً مغناطيسياً قويا حول الشمس فتسبب في انحراف الأشعة الكونية عن الأرض وهي – كما أثبتت الأبحاث تسبب تكوين الغيوم – وعلية تكون نسبة هطول الأمطار متدنية جداً.

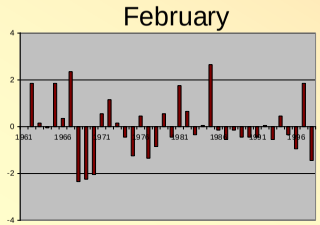


شكل (13-6): التغير الدوري لعدد البقع الشمسية
للفترة من 1960 إلى 2000

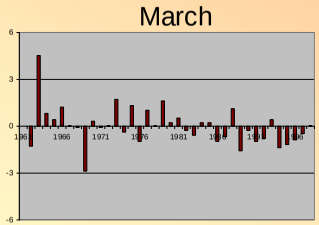
إحصاء (13-4) الإنحراف من المتوسط الشهري لمتوسط سرعة الرياح في مملكة البحرين للفترة من 1961 حتى 2000م



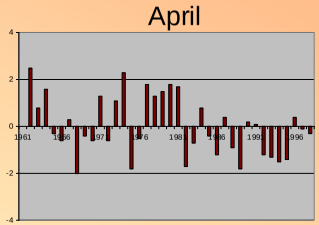
Mean= 10.1 knots



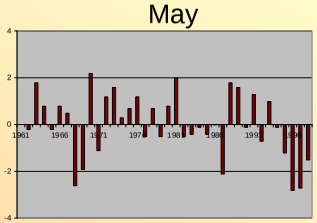
Mean= 10.4 knots



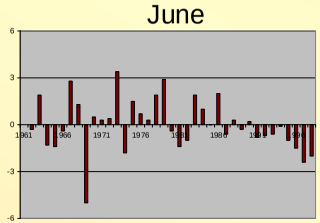
Mean= 10.2 knots



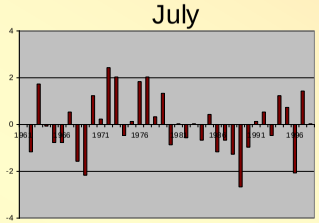
Mean= 9.4 knots



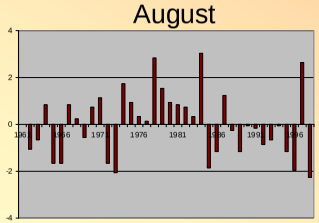
Mean=9.4 knots



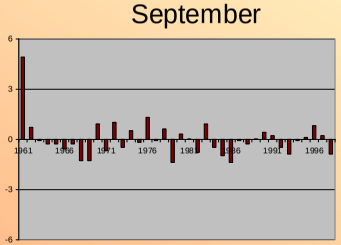
Mean=10.8 knots



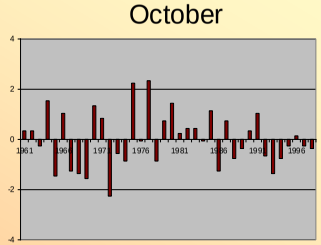
Mean= 9.2 knots



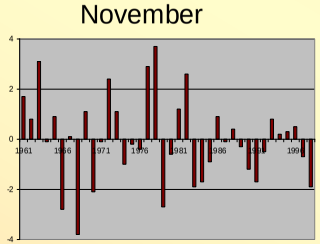
Mean= 8.3 knots



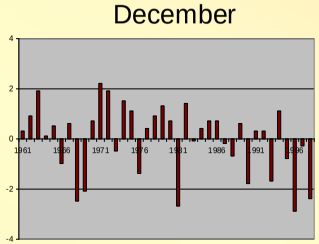
Mean=7.4 knots



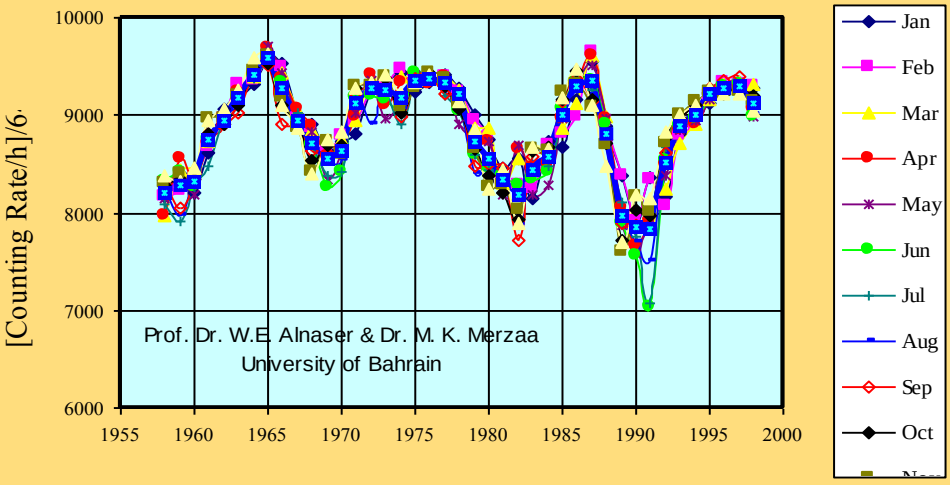
Mean= 7.6 knots



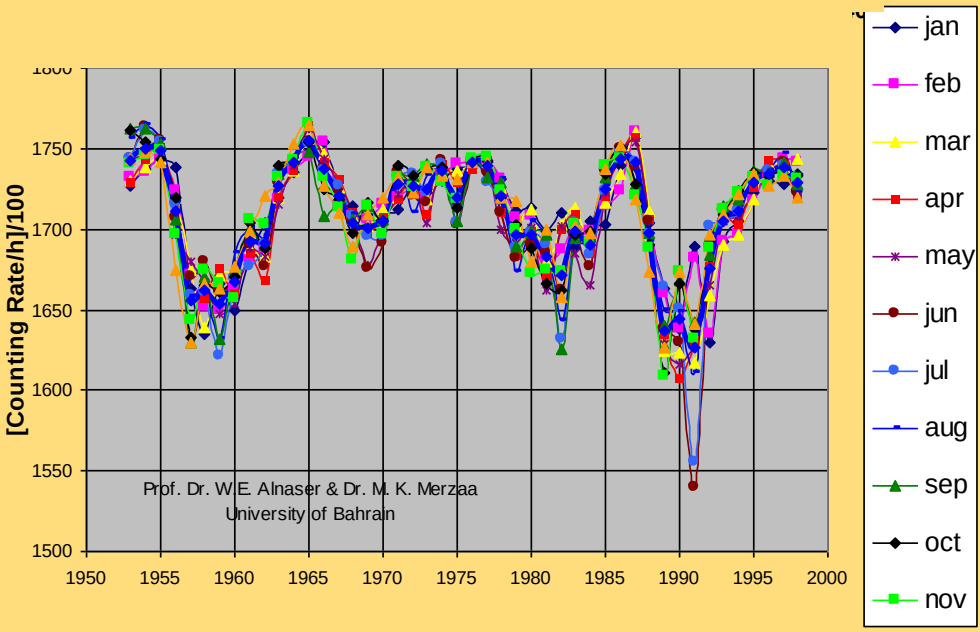
Mean= 9.1 knots



Mean= 9.8 knots



شكل (13-7):التغير الدوري للأشعة الكونية الساقطة على موسكو
للفترة من 1957 إلى 2000

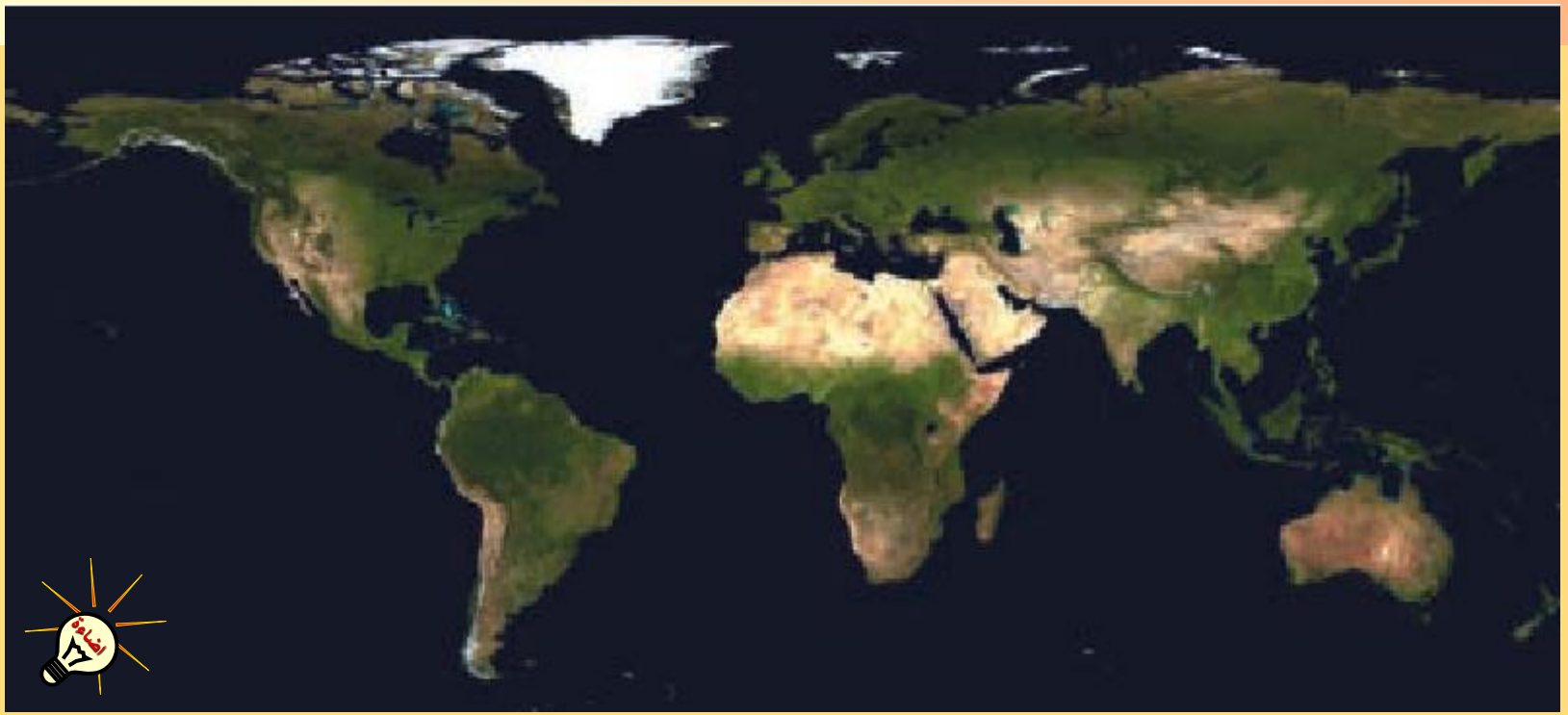


شكل (13-8):التغير الدوري للأشعة الكونية الساقطة على بيرو
للفترة من 1953 حتى 2000

14 - الخلاصة

لقد صدر مؤخراً كتاب بعنوان "نهاية للدفء الحراري An End to Global Warming" لمحررة لورنس وليامز Laurence Williams (مطبعة برجامون لعام 2002) تناول فيه نتائج تحليل الأنظمة الخاصة بدفء الأرض وما يرتبط بها بشكل مباشر أو غير مباشر. فقد تناول هذا الكتاب عرضاً حول القضايا المعاصرة للبنية التحتية للطاقة وتأثيرها في الأرض، حيث يؤكد المؤلف هنا ضرورة استبدال الوقود الاعتيادي إما بمصادر طاقة متجددة أو باستخدام تقنيات أخرى تطويرية ليكون أكثر نظافة. كما تناول خصائص الطاقات المتجددة حيث تم امتحانها لتحديد المناسب فيها لخلق نظام طاقة عالٍ جديد، وكذلك تناول المصادر المثلى للطاقة، هذه المصادر تمنح الحرارة والكهرباء من هذه الحرارة، لذا فإننا بحاجة إلى طاقة قابلة للنقل والخزن ، كما تناول أخيراً السعي نحو خلق مصدر طاقة ينعدم فيه التلوث وآثاره على الأرض وكيفية تطبيق ذلك ... وهذا يعني أن سعي الإنسان للحصول على طاقة والعيش في هناء ورخاء كان هو السبب الرئيسي في تلوث البيئة وخلق هذا الدفء غير المرغوب فيه في الأرض، واللوم يقع على الدول الصناعية كأمريكا وأوروبا فالفرد في أمريكا مثلاً يُنشيء حوالي 30 طناً من غاز ثاني أكسيد الكربون سنوياً بينما في بريطانيا 10 أطنان، ونحن في الخليج حوالي 9 أطنان سنوياً، أما باقي البلدان مثل الصين والهند وأفريقيا فان الفرد فيها – في المتوسط – يُنشيء طنين سنوياً كحد أقصى. على الدول المتقدمة مساعدة هؤلاء الدول في توفير مصادر الطاقة النظيفة سواء تعاون مادي أو علمي دون أن يتم الضغط على هذه الدول لتشتري تقنيات توليد الطاقة بكل فعالية أو خضعها للاستدانة من البنك الدولي والضغط عليها سياسياً تحت مسمى حماية كوكب الأرض فمن حق أي فرد على هذا الكوكب أن يعيش براحة وأمان واستقرار.

وإذا كان الوقود التقليدي هو المتهم، فكم تبقى من هذا الوقود؟ في الـ 150 سنة الماضية، ومنذ بداية الثورة الصناعية، فقد أطلق ونفث العالم في الهواء حوالي 290 بليون طن من غاز ثاني أكسيد الكربون من جراء حرق الوقود الاحفوري بما في ذلك 217 بليون طن منذ عام 1950م، ومجمل ذلك أن هناك، على الأقل، زيادة في الكربون بمقدار 14 ضعفاً (4000 بليون طن) مازالت تحت الأرض! ومع ذلك يُعتقد أن هناك 300 بليون طن من الغاز التقليدي والنفط قابعان في الأرض، لذلك، فالخطر الذي يهدد مستقبلنا، حسب الدراسات التي قام بها محللون في شؤون المناخ، سيكون آتياً من المخزون المتبقي من الفحم الذي تتجاوز كميته 3000 بليون طن، وكذلك من الأشكال الجديدة من الوقود التقليدي مثل مستنقعات أو طين النفط Oil shale و رمال القار tar sand الذي قد يضيف مستقبلاً حوالي 700 بليون طن. فإذا نفد النفط فإن الحكومات سوف تواجه خياراً قاسياً بين الاستثمار في مصادر الطاقة العالية في إصدار غاز الكربون وبين مصادر الطاقة المتجددة (كطاقة الرياح، وطاقة الشمس، وطاقة الهيدروجين) التي تصدر نسبة منخفضة من الكربون عند تصنيع مكوناتها، ولكن من يدري، هل هذه المصادر الأخيرة سوف لن يصدر منها ملوثات عندما يكون إنتاجها بنفس حجم الإنتاج الحالي من الكهرباء من الوقود الاحفوري، علماً بأنه عند تصنيع الخلايا الفولطاضوئية يتم نفث حوالي 60-80 جرام لكل كيلووات من الطاقة!



وفرة الأشعة الشمسية في المنطقة العربية:

صورة حقيقية, بالألوان, تحمل تفاصيل دقيقة لكوكب الأرض تم اصدارها في مارس 2002. لقد تم تجميع عدة صور ملتقطة بالأقمار الصناعية لشهور عديدة لسطح الأرض, والمحيطات, وجليد البحر, وغطاء الغيوم على كل كيلومتر مربع من الأرض. وللأسف لا تظهر منطقة القطب الجنوبي في هذه الصورة.

واضح جدا تأهل العالم العربي لإستغلال الطاقة الشمسية نظرا لخلو سمائها من الغيوم وارتفاع كمية الإشعاع الشمسي اليومي الساقط عليها والذي يبلغ, في المتوسط,حوالي400 وات لكل متر مربع.

الجهود مستمرة بين العلماء العرب والأوروبيين, بمباركة من حكومة ألمانيا, ومتابعة دؤوبة ومبادرة علمية من اللجنة العالمية TREC ,مجلس عبر المتوسط للطاقة المتجددة, المانيا, وذلك لإنتاج بليون من الماء المقطر بالطاقة الشمسية في المنطقة العربية , يستفيد منه العالم العربي- الذي يعاني من فقر مائي- بينما يتم تصدير الكهرباء إلى أوروبا لتقلل من الملوثات البيئية.

الهيدروجين) التي تصدر نسبة منخفضة من الكربون عند تصنيع مكوناتها، ولكن من يدري، هل هذه المصادر الأخيرة سوف لن يصدر منها ملوثات عندما يكون إنتاجها بنفس حجم الإنتاج الحالي من الكهرباء من الوقود الاحفوري، علماً بأنه عند تصنيع الخلايا الفولطاضوئية يتم نفث حوالي 60-80 جرام لكل كيلووات من الطاقة! والخوف يكمن كذلك في نفث غاز الميثان الذي يدخل في صناعة الخلايا الشمسية المتبلمرة. فالإنسان حقيقة أمام عدة تحديدات، لذلك فإن تظافر الجهود والتعاون ضروري جداً وواجب يتحتم علينا. كما لا يمكننا أن نطالب مجتمعاً بأن يتخلى عن مصادر إنتاج الطاقة عنده بحجة تلويث البيئة دون أن يتم معاونته ومساعدته في توفير معدات إنتاج الطاقة من مصادر متجددة، وتوفير التعليم والتدريب، ومنح سبل الاعتماد على النفس. ونحن في الدول العربية لم نعرف النفط إلا في عام 1930م تقريباً، علماً بان أمريكا عرفته منذ عام 1859م، واستفادت كثيراً من خيراته، وكذلك أوروبا، ولا زلنا نحتاج هذا النفط لتطوير بلادنا واقتصادنا وتحسين استكمال البنية التحتية، فلا نريد من يتدخل ويحطم اقتصادنا تحت ذريعة حماية البيئة العالمية، مع إيماننا الشديد بأهمية استغلال المصادر المتجددة من الطاقة، التي، ومما يؤسف له، نجهل كيفية استغلالها وتصنيعها وإنتاجها. يجب أن لا يأخذنا عنادنا إلى محاربة استغلال الطاقات المتجددة بل يجب أن تدفعنا هذه الظاهرة (ظاهرة ارتفاع درجة حرارة الأرض) إلى نشر الوعي العلمي بين طلابنا بالمدارس والجامعات في مجال هذه التقنيات، لتكون هذه المصادر مساندة ولتكون بمثابة إطار الاحتياط في السيارة نستخدمها متى سمحت مصادر الطاقة التقليدية ولنضمن بذلك طاقة مستديمة للأجيال القادمة خصوصاً ان الشمس متوافرة في المنطقة العربية حيث يصل متوسط عدد ساعات سطوع الشمس فيها 10 إلى 11 ساعة, بينما في أوروبا حوالي 5 إلى 6 ساعة، لذا يجب أن نستغل الأزمات البيئية لمزيد من التعاون مع الدول الصديقة كأمريكا وأوروبا واليابان في مجال إنتاج الطاقة من المصادر المتجددة ففيها تبادل المصالح ، والأهم من ذلك تأجيل وتوفير عمالة وطنية ماهرة في إنتاج الطاقة من مصادر متعددة ، وهذا هو الاستثمار الحقيقي في التعليم.

ويشير الكتاب الذي صدر حديثاً بعنوان "الدليل لنهاية العالم A guide to the End of the World" لمؤلفة بيل ماكيور Bill McGuire (مطبعة أوكسفورد، عام 2002) إلى الحقائق التالية ذلك استناداً للتقارير الصادرة من لجنة IPCC وكذلك الأبحاث العلمية المعتمدة حول تأثير الانحباس الحراري على الوضع البيئي للكرة الأرضية.

1. مع نهاية هذا القرن فإن الأرض ستكون أكثر حرارة من أي وقت مضى خلال 150 ألف سنة الماضية.

2. مع حلول عام 2100، فإن درجة مناخ الأرض من المتوقع أن ترتفع إلى 8 درجات فوق اليابسة مع زيادة في مستوى سطح البحر قدره 88 سنتمتر.

3. قد يزداد تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو أكثر من أي نسبة سجلت (أو قدرت) خلال الـ 20 مليون سنة الماضية!

4. في عام 2000، تعرض شخص من أصل ثلاثين من السكان العالمي لكارثة طبيعية بسبب ارتفاع درجة حرارة مناخ الأرض (ظاهرة الانحباس الحراري).

5. مع حلول عام 2025 فإن 5 بليون من البشر سوف يعيشون في بلدان لا يتوفر فيها مياه صالحة للشرب.

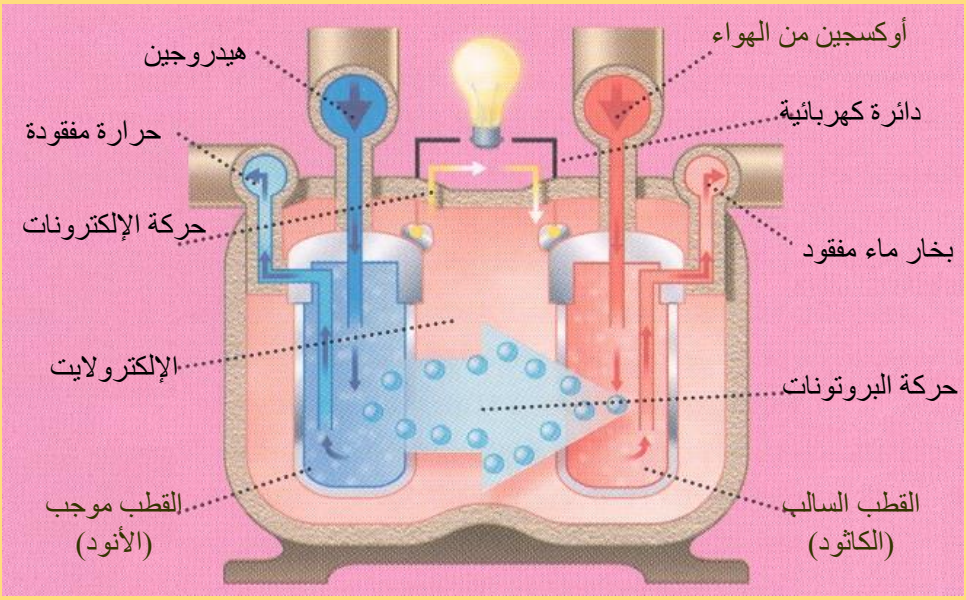
6. خلال خمسين سنة كل الشعب المرجانية والحيود البحرية العالمية العظيمة سوف تنتهي وتزول بسبب ارتفاع حرارة سطح البحر (تمدد البحر واغراقه هذه الشعب والحيود البحرية).

7. سوف تنهار رياضة الشتاء وسوف تفلس في عام 2100 بسبب انصهار معظم الجليد في المناطق السياحية وانعدام الشتاء في معظم بلدان العالم.

8. لو ذابت كل شرائح وقطع الجليد في جرينلاند، فإن كل المدن الساحلية في العالم سوف تغرق لامحالة بدءاً من نيويورك إلى لندن إلى المنامة إلى سيدني باستراليا!

خلية وقود الهيدروجين- The hydrogen fuel cell

إن خلية وقود الهيدروجين هي، في العادة، كالبطارية العادية، لها قطبان (أحدهما موجب والآخر سالب)، في وسط الكتروليتي أو محفز (وهو محلول موصل للكهرباء) حيث يتم إدخال أو تزويد الهيدروجين في أحد أطراف الخلية (الأنود) بينما الأكسجين في الطرف الآخر (الكاثود)، وعندها يحدث تفاعل كيميائي تنفصل على أثره كل ذرة هيدروجين إلى اثنتين (الكترون وبروتون)، بعدها يتم تمرير الإلكترونات المشحونة سالباً عبر دائرة كهربائية (مثل تشغيل مصباح كهربائي)، أما البروتون المشحون موجباً والمتبقي فيمر عبر غشاء خاص إلى الكاثود حيث ينضم مرة أخرى مع الإلكترون ويتحد مع الأكسجين ليتكون بخار ماء.

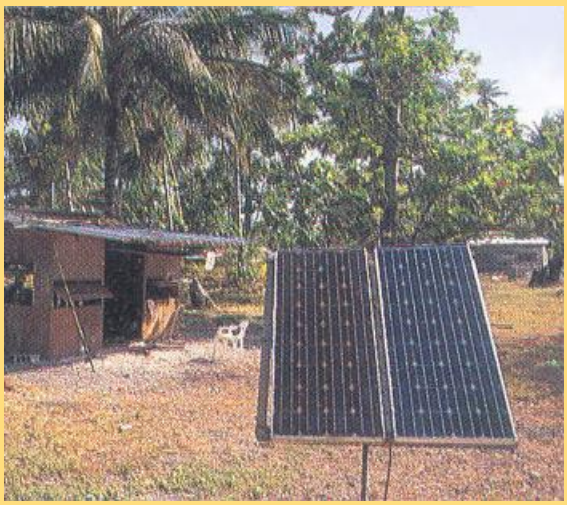


الكهرباء في المستقبل:

خلال عشر سنوات قد نتمكن جميعاً من تصنيع وبيع الكهرباء الخاصة بنا، قد يكون مستقبل توليد الكهرباء موجود في ملايين من محطات توليد الكهرباء من مصادر جديدة ومتجددة مثل طواحين الرياح، والخلايا الشمسية، وخلايا الوقود الهيدروجين، وحتى الغاز الطبيعي. من شأن ذلك تقليل التلوث، وزيادة الفعالية، والكفاءة. ووضع حدّ لانقطاع الطاقة والكهرباء، والمستفيد الأكثر من هذه المصادر هم شعوب العالم النامي من هذا "التوليد المصغر- micro generation".

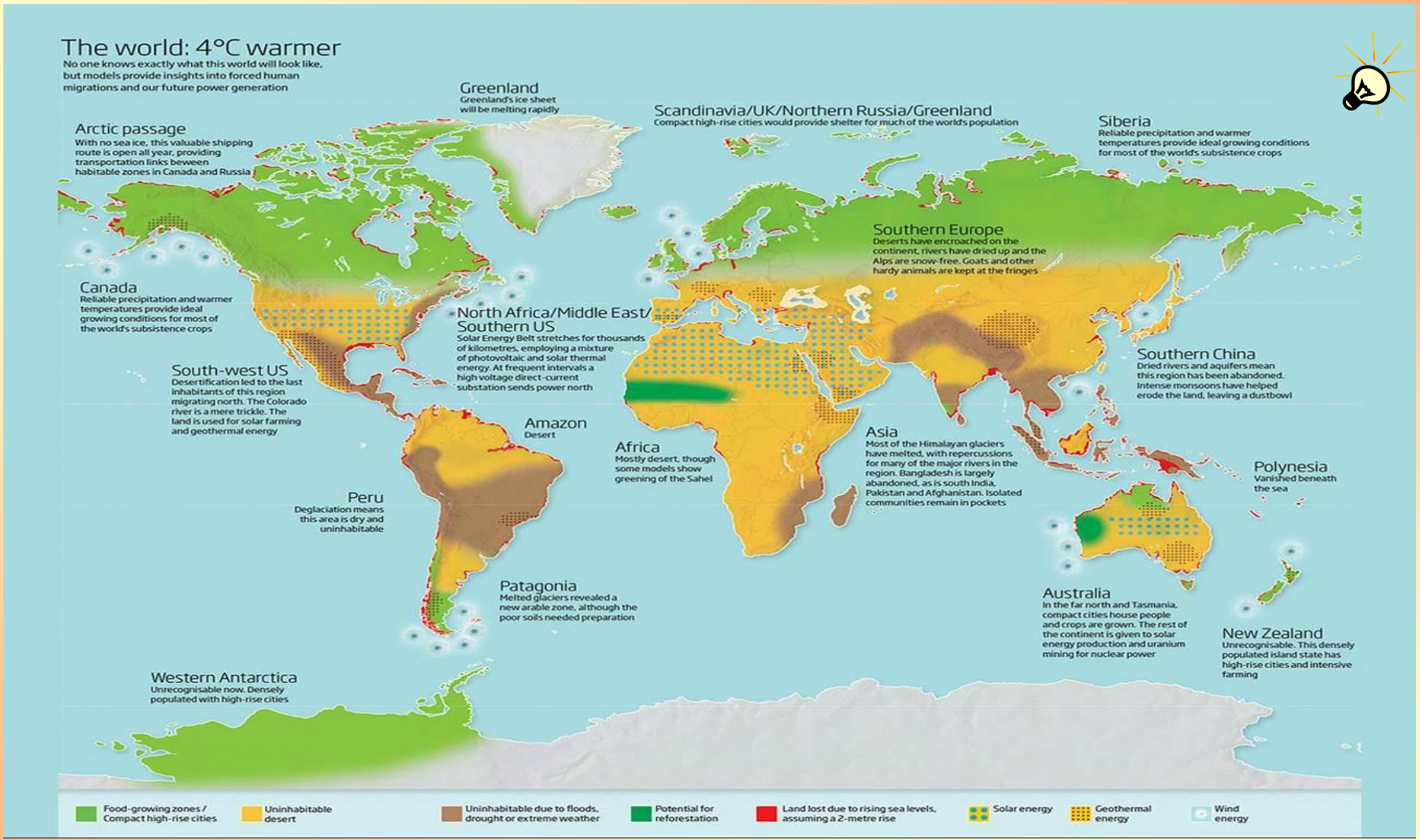
(أ) التوليد المنزلي

كل منزل جديد سوف يشمل - مستقبلاً- موّلداً مصغراً، يمكنه توليد كهرباء بسعر تلك التي تولدها محطات الطاقة الضخمة في العصر الصناعي. وحيثما يوجد ذلك، فإن المنزل سوف يصدر الطاقة الفائضة لديه في الأيام المشمسة لهذه الشبكة بينما يستوردها في ظروف الجو الغائمة.



(ب) الطاقة المحلية

تقدم شبكات الكهرباء في الدول النامية الشمسية المحلية التي تعمل بالخلايا الشمسية الكهرباء اللازمة دون الاستفادة من شبكة الكهرباء الوطنية، وهذا سيجعل توفير إنتاج الكهرباء ممكناً في العالم الثالث مع المحافظة على ثبات نسبة الغازات الحابسة للحرارة أو غازات الدفيئة.



خارطة توضح كيف ستتأثر مناطق العالم لو ازدادت درجة حرارة مناخ الأرض 4° C.

مقال ثري وهام نشره الزميل الأخ الأستاذ الدكتور محمد عبيدو ، رئيس قسم الموارد الطبيعية و البيئة بجامعة الخليج العربي في جريدة أخبار الخليج بتاريخ 8 يونيو 2021 بمناسبة اليوم العالمي للبيئة (5 يونيو).

اليوم العالمي للبيئة.. وجهة نظر

بقلم:
د. محمد سليمان عبيدو ○

غـــدت أيـــام البـيـئـة وموضوعاتها كثيرة جداً وإن دل ذلـك عـلـى شـيء فإنما يـدل عـلـى حـجـم الـمـشـاكـل التي تواجهها البشرية. لقد مضى قرن من تدمير البيئة بأشكال مختلفة بدأت بالثورة الصناعية وبالاعتقاد الخاطئ بأن التكنولوجيا قادرة على حل مشكلات البيئة مهما عظمت. وما زاد الأمر تعقيداً جشع رأس المال الذي بنى امبراطوريات مـن الـصـنـاعـات الـزراعـيـة والصناعية التي أتت على حيز كبير من مساحة الأرض والتي عرفت فيما بعد بأنها نظم بيئية يجب حمايتها وتوخي الحذر في التعامل معها. لقد دمر الكثير من النظم البيئية من مصبات للأنهار ومناطق رطبة وساحلية وحتى صحراوية لبناء مدن وإقامة منشآت صناعية وسياحية وتكنولوجية، كما استغلت الغابات بشكل جائر سعيا وراء منتجاتها المادية المباشرة دون النظر إلى فوائدها الأخرى، وما زاد الأمر سوءا بطء الاستجابة لحل كثير من هذه المشكلات على المستوى العالمي أو حتى على مستوى الأفـراد، والأمـثـلـة عـديـدة تـبـدأ مـع مشكلتنا الكبرى التي نتقاذف أسبابها ونتعثر في حلولها وهي التغير المناخي وسبقتها مشكلات عدة كمشكلة تلوث البحار بالزئبق والتصحر وفقدان التنوع البيولوجي، والآن نشكو جميعا من تلوث المحيطات بالبلاستيك الذي مازال يستعمل على نطاق واسع على وجه البسيطة.

لقد آن أوان أن ندرك أن كوكب الأرض بما عليه من يابسة ومياه ليس إلا كيانا واحدا وما يؤثر في هذا الكيان في أي جزء منه ستظهر آثـاره في أجـزاء وأمـاكـن أخـرى لأنـه ببساطة مكون من مجموعة من النظم البيئية المترابطة والمفتوحة على بعضها البعض. ولا نريد التذكير بفوائد نظم البيئة المـبـاشـرة وغـيـر المـبـاشـرة والمعدل الذي نخسر به هذه النظم وأهمية استعادتها، لكن الأمر المهم أن نتذكر أن آثار بعض المشكلات العالمية قد بدأت بالظهور: فقد قلت الأمـطـار في أمـاكـن عـدة من العالم وزادت وتيرة الجفاف وشدته ولنا في منطقة شرق المتوسط خير مثال على هذا التغير الذي بدأ يهدد إنتاج المحاصيل وينذر بشح في موارد المياه ما قد يفضي إلى مشكلات بين الدول وقلاقل في مجتمعات هذه المنطقة.

لا يقتصر الأمر على التغير المناخي: فقد تكون تبعات تدهور النظم البيئية وفقدان التنوع البيولوجي أكبر بكثير مما نعتقد. وربما نشهد في العقود القادمة آثار أفعال ترتكب تحت مسميات التنمية تحت وطأة ازدياد عدد السكان وتوفير أمنهم الغذائي والمائي والسعي لتحقيق الرفاه الإنساني.

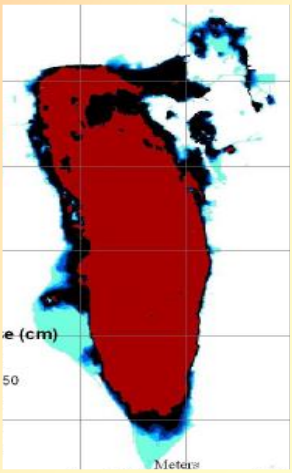
في مناسبة يوم البيئة العالمي، لا يسعنا إلا الدعوة إلى مزيد من الحذر في التعامل مع النظم البيئية سواء أكانت تربة، أم غابة، أم مرعى. فالتربة نظام بيئي حي متوازن يستجيب للمؤثرات بردود أفعال كما الغابة والمرعى، والحذر يوجب اتباع نهج احترازي يلم بأبعاد استعمالات هذه الأراضي والتمعن بآثار استعمالاتها وليكن عنوان عملنا الرفق بموائلنا وأماكن معيشتنا التي تكتنز مقومات وجودنا ورفاهنا.

○ أستاذ بكلية الدراسات العليا
- جامعة الخليج العربي

1-14 التأثيرات السلبية على البحرين من ظاهرة الدفء العالمي و تغير المناخ

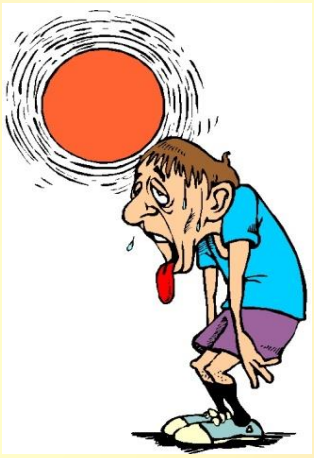
Precipitation +10%

زيادة الأمطار 10%



Loss of 17% of land 125 km²

خسران 17 % من الأراضي (125 كم²)



Temperature +4°C

زيادة حرارة الجو 4 ° م

Broke people

إفلاس الناس

No Electricity and Power

لا كهرباء ولا طاقة

No food

نفاد الطعام

Eating Bugs

أكل الحشرات

No drinkable Water

لا يوجد ماء للشرب

Disappearance of artificial islands

اختفاء بعض الجزر الاصطناعية

المراجـع

1) محمد عبدالقادر الفقي، 2002م، الاحتباس الحراري والتغيرات المناخية، البيئة والمجتمع، العدد الرابع، ديسمبر ، ص38-43، جائزة زايد الدولية للبيئة، الإمارات العربية المتحدة.

2) عبدالقادر عابد، 2000م، مجلة الدراسات الأردنية، العدد 42، الفضاء والفلك، ص59-62، المملكة الأردنية الهاشمية.

3) د. هارول، مارك أ، ترجمة عبدالله حيدر، 1986, الشتاء النووي، تأثيرات الحرب النووية على الإنسان والبيئة، دار الرقي، بيروت،.

4) وهيب عيسى الناصر، 2004, الدفء العالمي، عالم الفكر، مجلد 32، الكويت،.

4) Bill McGuire, 2002, A Guide to the End of the World, Oxford University Press, U.K.

5) Mark Maslin, 2003, Global Warming, Colin Baxter Publication, Scotland, U.K.

6) Fred Pearce, 2002, Global Warming, Dorling Kindersley Publication, London.

7) Roland B. Stal, 1995, Meteorology Today for Scientists and Engineers, West Publication Co., U.K.

8) Egbert Boeker and Rienk Van Grondelle, 2001, Environmental Science, John Wiley, New York, USA.

9) Laurence O. Williams, 2002, An End To Global Warming, Pergamon- The Import to Elsevier Science, Amsterdam, U.K.

10) Robert A. Bindschadiler and Charles R. Bentley, 2002, On thin Ice , Scientific American, December 2002, pp- 66/73, USA.

11) Don C. Smith, 2002, Science Considers Global Climate Change, REFOCUS Magazine, November 2002, pp- 50/53, USA.

12) Sky and Telescope, 1998, Thank The Moon, You are Here, News Note, March Issue, pp-20/21, USA..

13) Bloomfield, Louis A, How things work: The Physics of Everyday life, 2nd Edn., John Wiley, New York, 2001.

14) Alnaser, W. E. & Merza, 2003 ,M. K. Profile of the climate change in Bahrain, Environmetrics, Vol. 14 pp.761-773,.

15) UNEP,2002,Global Environment Outlook3, Earth Scan Publications Ltd,London,Sterling,VA.

16) McMichael,AJ,Haines,A,Slooff,R,and Kovats.S,1996,Climate Change and Human Health,WHO Publication,Geneva.

17) Wright, R.T. and Nebel, B.J., 2002 Environmental science, 8th Edition, Pearson Education, N. Jersey, U.S.A.

المؤلـف في سطـــور

الاسم	الأستاذ الدكتور وهيب عيسى الناصر.
الجنسية	بحريني، من مواليد الإثنين 4 مايو 1959م الموافق 25 شوال 1378هـ، الحد، مملكة البحرين.
المناصب الوظيفية	 أستاذ مساعد بقسم الفيزياء من 1986 حتى 1989م. رئيس قسم الفيزياء من 1989 حتى 1993م. عميد البحث العلمي 1995 حتى 1997م. عميد كلية العلوم من 1997 حتى 2004م. نائب الرئيس للتخطيط والتطوير 2010 حتى 2013. نائب الرئيس للبرامج الأكاديمية والدراسات العليا 2014 حتى 2020 . أستاذ بقسم المواد التطبيقية والبيئة، كلية الدراسات العليا ، جامعة الخليج العربي ، بدءا من فبراير 2021 حتى تاريخه.
المناصب التطوعية	رئيس قسم العربي للجمعية العالمية للطاقة المتجددة، ألمانيا. رئيس الشرق الأوسط للمنظمة العالمية للطاقة، جنيف، سويسرا. رئيس سابق للجمعية الفلكية البحرينية، ونائب رئيس للجمعية حالياً، مملكة البحرين. مستشار الشبكة العالمية للطاقة المتجددة، المملكة المتحدة. أمين عام جمعية كليات العلوم في الجامعات العربية أعضاء اتحاد الجامعات العربية،المملكة الأردنية الهاشمية. رئيس لجنة تحكيم لجوائز البيئة، مملكة البحرين. عضو المجلس التنفيذي للمنظمة الإسلامية حول التعاون العلمي والتكنولوجي، الكومستيك، باكستان. عضو مجلس إدارة شركة نفط البحرين (بابكو).
الإنتاج العلمي	نشر 140 بحثاً عالمياً في مجال فيزياء المعادن، والطاقة المتجددة، والفيزياء الفلكية والبيئية والطبية. تأليف أكثر من 60 كتابًا في مجال الفيزياء، والفلك، والطاقة المتجددة. إصدار العديد من التقاويم الفلكية على المستوى المحلي والإسلامي. إعداد منهاجٍ عالمي لبكالوريوس الطاقة المتجددة للمنظمة الإسلامية للتربية والعلوم والثقافة (الأيسيسكو). إنجاز ابتكار محطة توليد كهرباء متنقلة تعمل بطاقتي الرياح والشمس (2 كيلووات). المشاركة في إنجاز محطة تحلية متنقلة لمياه البحر تعمل بالطاقة الشمسية (250 جالون). المساهمة في وضع العديد من الحلول الفيزيائية لبعض المشاكل التقنية بمملكة البحرين، وخارجها.
التحكيم والتحرير العالمي	التحكيم العالمي للعديد من المجلات العالمية المحكمة المرموقة في مجالات متعددة في الفيزياء . تحرير كتب لمؤتمرات عالمية في مجال الطاقة، وعلوم الفضاء، وفيزياء الجوامد. رئيس تحرير سابق لمجلة اتحاد الجامعات العربية للعلوم الأساسية والتطبيقية. المشاركة الفاعلة في إعداد أطلسي الشمس،والرياح، للمنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم (الأليسكو). أعداد التقويم الإسلامي الهجري الموحد لمملكة البحرين . عضو مجلس التحرير لمجلة الخليج العربي للبحوث العلمية.
التعليم العالي	حائز على البكالوريوس من جامعة الملك سعود، في الفيزياء- تربية عام 1979م، المملكة العربية السعودية. حائز على دبلوم عالٍ في تعليم العلوم الصحية من كلية العلوم الصحية عام 1980م، مملكة البحرين. حائز على الماجستير من جامعة أستن ببرمنجهام، في طرق التحليل الفيزيائية عام 1982م، المملكة المتحدة. حائز على الدكتوراه من جامعة كنت بكانتربيري، في فيزياء المواد عام 1986م، المملكة المتحدة.
الجوائز و الشهادات التقديرية	جائزة الدولة للعمل الوطني، في عام 1993م، مملكة البحرين. جائزة أفضل باحث على مستوى جامعة البحرين، عام 1998م، مملكة البحرين. جائزة المنظمة الإسلامية للتربية والعلوم والثقافة، (الأيسيسكو)، في مجال الفيزياء عام 1998م، المغرب. جائزة شومان للعلماء العرب الشباب، في مجال الفيزياء عام 1999م، المملكة الأردنية الهاشمية. جائزة التميز في خدمة المجتمع على مستوى جامعة البحرين، في عام 2000م، مملكة البحرين. شهادة تكريم الرواد المبدعين بجزيرة المحرق، نادي المحرق، في عام 2000م، مملكة البحرين.
خدمات مجتمعية	تمثيل مملكة البحرين في العديد من الملتقيات العامة على المستوى الوزاري. عضو في الوفد الرسمي لمملكة البحرين في اجتماعات التعليم العالي والشئون الإسلامية (الفلك الشرعي). تقديم العديد من البرامج التلفزيونية والإعلامية، في مجال الفيزياء، والفلك، والطاقة المتجددة، والبيئة.