

# الأرصاد الجوية

مجلة علمية ربع سنوية

رئيس التحرير

د. أشرف صابر زكي عبدالموجود

نواب رئيس التحرير

غادة محمد زكي أحمد

محمد الهادي قرني حسان

محمد صلاح محمد عكة

مدير التحرير

محمد عادل عبدالعظيم شاهين

سكرتارية التحرير

أحمد محمود محمد عباسي

أحمد عيد إمامي السيد

رئيس مجلس الإدارة

لواء جوي / هشام حسن طاحون

الإشراف العلمي

عبدالغفار مصطفى سيد آدم

د. عبدالله عبدالرحمن عبدالله

د. كمال فهمي محمد محمود

الإشراف المالي والإداري

عبدالله أحمد متولى سمرة

هشام محمد أنور

الإخراج الفني

عيد أحمد محمود

## محتويات العدد

- كلمة العدد ..... ٢
- مشروع الخريطة التفاعلية للتغيرات المناخية على جمهورية مصر العربية ..... ٤
- استقراره الغلاف الجوي ..... ١٦
- دور المنظمة العالمية للأرصاد الجوية ومرافق الأرصاد الجوية في الرصد البيئي ..... ٢٤
- الاختلافات التقنية في جهاز قياس اتجاه وسرعة الرياح ..... ٣٢
- الديناميكا الحرارية للغلاف الجوي ..... ٣٦
- الآثار السلبية للكوارث الطبيعية على قطاعي الأرصاد الجوية والطيران المدني وعلى وجه الخصوص جائحة كورونا ..... ٤٢

الهيئة العامة للأرصاد الجوية ش.الخليفة المأمون-كوبرى القبة القاهرة ص.ب. ١١٧٨٤

E-mail: ema.support@ema.gov.eg

http://nwp.gov.eg

الإدارة العامة لمركز المعلومات ت: ٢٦٨٣٣٦٥٣ فاكس: ٢٤٦٤٦٧١٥

ISSN 1110 - 5666



المراسلات

# كلمة العدد



لواء جوى هشام حسن طاحون  
رئيس مجلس الإدارة

## جولة فى مدينة العاشر من رمضان

فى صباح يوم الخميس الموافق ٣ ديسمبر ٢٠٢٠ ، قام الطيار / محمد منار - وزير الطيران المدنى - بجولة تفقدية لمحطة الأرصاد الجوية الجديدة بمدينة العاشر من رمضان ، يرافقه الطيار / منتصر ميهوب - نائب وزير الطيران المدنى - والسيد اللواء / هشام طاحون - رئيس الهيئة العامة للأرصاد الجوية - وليف من قيادات قطاع الطيران المدنى ، وعدد من محررى شئون الطيران. وخلال الجولة إستمع سيادته لشرح تفصيلى عن آلية عمل المحطة وإمكانياتها والمهام التى تقوم بها .

الجمهورية رقم ٢٤٩ بإنشاء مدينة «العاشر من رمضان» على طريق القاهرة الإسماعيلية الصحراوى ، والتي تبعد عن القاهرة بنحو ٤٦ كم. وذلك بهدف جذب إستثمارات رؤوس الأموال الأجنبية والعربية والمحلية ، ولإستقطاب الزيادة السكانية والخروج بها من الوادى الضيق إلى أفق أوسع وأرحب ، وأغراض أخرى عديدة...!!

الحالى ، واعتماد العديد من الجهات فى الدولة على مؤشراتهما لما لها من تأثير كبير على كثير من الأنشطة والمجالات. كما تقدم سيادته بالشكر الجزيل إلى جميع العاملين بالهيئة على الأداء المشرف خلال الفترة الماضية. ومن الجدير بالذكر.. أنه فى عام ١٩٧٧ م ، صدر قرار رئاسة

وتعد محطة أرصاد العاشر محطة أرصاد جوية سطحية ، تتضمن أجهزة دقيقة فى قياس عناصر الطقس الأساسية مثل : أجهزة قياس مدة سطوع الشمس ، وأجهزة قياس درجات الحرارة ونسبة الرطوبة ، وقياس سرعة واتجاه الرياح. وفى نهاية اللقاء أشاد وزير الطيران المدنى ، بأداء الهيئة العامة للأرصاد الجوية المصرية فى الوقت



، والرطوبة ، وسرعة واتجاه الرياح ، والظواهر الجوية المختلفة. هذا.. وقد قررت الهيئة مؤخراً نقل محطة قياس الإشعاع الشمسي ، إحدى المراكز الإقليمية التابعة للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية ، من مقر الهيئة الرئيسي بكوبرى القبة إلى محطة العاشر من رمضان. وكذا نقل محطة قياس غاز الأوزون ، والتي تمثل مركزاً إقليمياً تابعاً للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) لقياس الأوزون على مستوى القارة الإفريقية، وذلك نظراً لجودة التعريض وقلة الملوثات الهوائية هناك. وأخيراً وليس بآخر.. مازالت الهيئة تواكب تكنولوجيا الرصد والتنبؤ ، بتطوير كافة أجهزتها وامكانيات عناصرها البشرية، وإدخال تطبيقات جديدة تعمل على سرعة ودقة مخرجاتها.....

للهيئة وتوافق المكان للتعليمات الصادرة من المنظمة العالمية للأرصاد الجوية. وفى شهر يناير من عام ٢٠٠١ م ، تم الإنتهاء من بناء وتجهيز محطة العاشر من رمضان وبدء العمل بها كمحطة أرصاد سطحية ، تُستخدم فى قياس عناصر الطقس الأساسية : « الضغط الجوى ، ودرجات الحرارة

ومن ثم.. كانت الفكرة !! فقد تم تخصيص مساحة ٩٠٠٠٠ م<sup>٢</sup> « تسعون ألف متر » للهيئة العامة للأرصاد الجوية ، واستلامها فى عام ١٩٩٦م بعد طلب تعديل موقعها ، وذلك لبناء محطة أرصاد جوية. حيث تم اختيار هذا الموقع نظراً للقرب النسبى من المقر الرئيسى



# مشروع الخريطة التفاعلية للتغيرات المناخية على جمهورية مصر العربية



د. اشرف صابر زكي  
رئيس الاداره المركزيه  
لبحوث الارصاد والمناخ



المرحلة الأولى - تقرير  
الهيئة العامة للارصاد الجوية

## فريق العمل :

الاستاذ/ وائل خالد  
مدير عام البحث العلمي

دكتور/ زينب صلاح  
مدير اداره بحوث تلوث الهواء،

دكتور/ احمد جلال  
باحث بالاداره العامة للبحث العلمي

دكتور/ سامي راتب  
باحث بالاداره العامة للبحث العلمي

## 1 - المقدمة

يعتبر تغير المناخ أحد أهم التحديات التي تواجه العالم الآن حيث يؤثر تقريباً على كل جانب من جوانب حياتنا. فمنذ بداية القرن العشرين، والعلماء يلاحظون تغييراً في المناخ والذي لا يُعزى فقط إلى أي من التأثيرات «الطبيعية» في الماضي. وأن هذا التغير في المناخ، والمعروف أيضاً باسم ظاهرة الاحترار العالمي حدث أسرع من أي تغير مناخي آخر سجل من قبل البشرية. وقد أصدر الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ (IPCC) تقرير التقييم الخامس (AR5) للتغير المناخي عام 2013، والذي أظهر الإجماع العلمي واسع النطاق على أن ظاهرة احتراق النظام المناخي مؤكدة لا لبس فيها وأن التأثير البشري على نظام المناخ هو السبب الرئيس لذلك. حيث وفقاً للتقرير فإن

## نبذة عن المشروع

تحقيقاً للتنمية المستدامة لجمهورية مصر العربية بات من الضروري وضع المستجندات الناتجة عن التغيرات المناخية و تأثيراتها أمام صانع القرار بصورة واضحة تمكنه من وضع الخطط اللازمة لمجابهة تأثيرات التغيرات المناخية على مختلف قطاعات الدولة. و من هذا المنطلق فقد تم البدء في مشروع الخريطة التفاعلية للتغيرات المناخية على مصر بمشاركة جهاز شؤون البيئة و ادارة المساحة العسكرية و الهيئة العامة للارصاد الجوية و معهد بحوث التغيرات المناخية.

وتقوم الهيئة العامة للارصاد الجوية بالجزء الخاص بإعداد بيانات لمختلف العناصر المناخية كدرجات الحرارة و الأمطار و الرطوبة و الرياح و فترات سطوع الشمس على مصر بالإضافة للأحداث المناخية الجامحة على مصر حتى عام 2100 باستخدام سيناريوهات التغيرات المناخية. و ينقسم المشروع إلى ثلاثة مراحل تم الانتهاء من أولها، و يحتوي التقرير التالي على ما قامت به الهيئة العامة للارصاد الجوية في المرحلة الأولى من المشروع و عرض تفصيلي للمنهجية المستخدمة و بعض المخرجات كنموذج للمخرجات العديدة الناتجة في هذه المرحلة.

الأمراض مثل البعوض. وقد تؤدي آثار تغير المناخ أيضاً إلى الصراع أو إجبار الناس على الهجرة (على سبيل المثال من المناطق الساحلية المنخفضة الأكثر عرضة للغرق).

## 2 - المنهجية والبيانات المستخدمة

تستند التوقعات المناخية في هذا التقرير إلى مسارات التركيز التمثيلية (RCPs) وهي سيناريوهات وضعتها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) واستخدمتها في تقريرها التقييمي الخامس. وهذان المساران هما : مسار التركيز التمثيلي (سيناريو 4.5 - RCP4.5) والذي يمثل الحالات المتوسطة ، ومسار التركيز التمثيلي (سيناريو 8.5 - RCP8.5) والذي يمثل الحالات الأسوأ. وتتم تسمية هذه السيناريوهات بحسب الاختلال المتوقع حدوثه في الاتزان الإشعاعي في النظام المناخي (القسر الإشعاعي) تبعاً لتركيزات غازات الاحتباس الحراري.

وبناءً على هذه السيناريوهات قامت عدة مراكز عالمية بتشغيل نماذجها المناخية العالمية (Global Circulation Models) لإصدار توقعات مستقبلية لأهم العناصر كدرجات الحرارة والأمطار والرياح حتى عام 2100 للعالم بأكمله، مع اعتبار البيانات التي تمثل السنوات ما قبل 2006 هي بيانات مرجعية تمثل المناخ الحالي وما بعدها يمثل السيناريوهات المختلفة. وحيث أن مخرجات هذه النماذج تكون بدرجة دقة منخفضة لكونها تغطي كل مساحة العالم مما يستدعي استخدام نماذج مناخية إقليمية (Regional Climate Models) لتعمل بدرجة دقة أفقية ورأسية أعلى وتعطي تفاصيل ومخرجات أكثر تفصيلاً تتناسب مع طبيعة كل منطقة.

### 1.1. النموذج الإقليمي للمناخ (RegCM4):

لإصدار التوقعات المناخية المستقبلية فقد تم استخدام النموذج الإقليمي للمناخ ((RegCM4 (Giorgi et al., 2012)) والذي يتم تطويره في المركز الدولي للفيزياء النظرية (ICTP) ، حيث أنه أحد أشهر النماذج الإقليمية المستخدمة في العديد من الدراسات المناخية ولما لدى الهيئة من خبرة في تشغيله واستخدام مخرجاته.

### 1.1.2. البيانات المستخدمة:

وفي هذا الصدد فقد قام فريق العمل من معهد التغيرات المناخية التابع لوزاري الري و الموارد المائية بتحليل ودراسة مخرجات العديد من النماذج العالمية لاختيار أكثرها توافقاً مع البيانات المناخية

التزايد المستمر في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري أو الغازات الدفيئة و خاصة غاز ثاني أكسيد الكربون منذ خمسينيات القرن العشرين أدى إلى زيادة قدرة الغلاف الجوي على الاحتفاظ بالحرارة وبالتالي تزايد درجات الحرارة في نظامنا المناخي بصورة واضحة. وقد لوحظت تغييرات غير مسبوقة في المناخ كارتفاع درجة حرارة الجو والمحيطات ، وتناقص مستويات الثلوج والجليد ، وارتفاع مستوى سطح البحر و تزايد تركيز الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي.

وتعتبر ظاهرة الاحتباس الحراري الطبيعي جزء من نظام متوازن لنقل الطاقة وتحويلها داخل الغلاف الجوي وعلى سطح الأرض وفي المحيطات. ولا يزال مناخ الأرض مستقراً إلى حد كبير لأن كمية الطاقة التي تتلقاها مساوية لتلك التي تفقدها (ميزانية طاقة متوازنة). ومع ذلك، هناك عوامل تسببت في تغييرات كبيرة في النظام المناخي. وبما أن هذه العوامل تقود أو «تجبر» النظام على التغيير فإنه يطلق عليها اسم «التأثيرات» والتغيير في الطاقة الناجمة عن هذه التأثيرات يسمى القسر الإشعاعي.

ويهتم علماء المناخ بدراسة التغييرات الأخيرة الحادثة في المناخ ودراسة وتوقع التغييرات المحتملة في المستقبل. ولهذا الغرض يتم استخدام نماذج عديدة للنظام المناخي لفهم سلوكه والتنبؤ به على أساس الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لمكوناته، وتفاعلاتها والعمليات المرتدة، وتقديم بيانات لبعض خصائصه المعروفة. و أحد المدخلات إلى نموذج المناخ هي سيناريوهات الانبعاثات، التي تقدر كمية الانبعاثات المستقبلية من الغازات الدفيئة والمواد العالقة (الأهباء الجوية) في الغلاف الجوي على أساس افتراضات تتعلق بها، على سبيل المثال: التطورات الاجتماعية والاقتصادية والتكنولوجية في المستقبل. و النماذج العددية للمناخ تعمل على محاكاة النظام المناخي واستجابته لسيناريو انبعاثات معين. و هذا ما يعرف بالإسقاطات المناخية المستقبلية.

ونظراً للتركيزات الحالية والانبعاثات المستمرة من الغازات الدفيئة، فمن المرجح أن يشهد نهاية هذا القرن استمرار زيادة درجات الحرارة العالمية أعلى من درجات الحرارة فيما قبل العصر الصناعي وسوف تستمر معظم مظاهر التغير المناخي لعدة قرون حتى لو توقفت الانبعاثات. وقد يؤثر ذلك على النظم البشرية مثل الصحة بشكل سلبي، على سبيل المثال انتشار ناقلات

- Climate Research Unit (CRU) -  
للأمطار والحرارات - درجة دقتها الأفقية 0.5 درجة
- Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS) -  
للأمطار فقط - درجة دقتها 5 كم
- - Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)

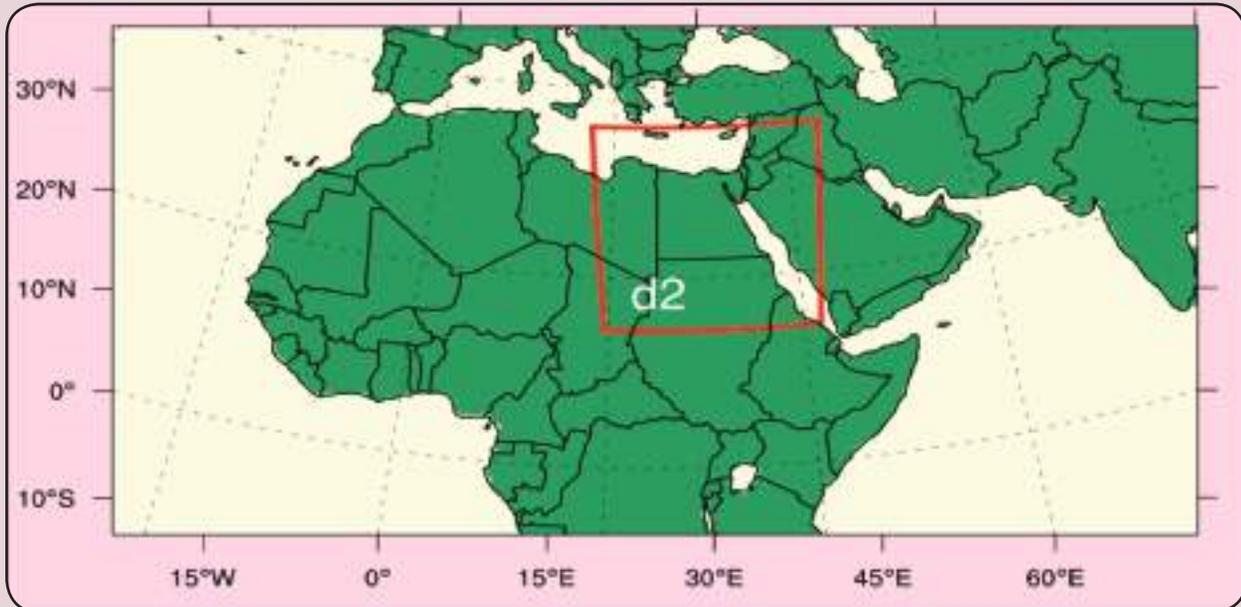
للأمطار فقط - درجة دقتها الأفقية 0.25 درجة  
ثم بعد ذلك تم تشغيل نموذج RegCM4 باستخدام بيانات MPI - ESM - MR لعدد 2 سيناريو RCP8.5 و RCP4.5 بدرجة دقة أفقية 50 كم على النطاق الأول - منطقة MENA - كما هو موضح بالشكل 1 ، للفترة من 1978 حتى 2030 مع عدم أخذ أول عامين في الحسابات، وتم تقسيم هذه الفترة كالتالي:

- من 1980 حتى 2005 تمثل الفترة المرجعية
  - ما بعد عام 2005 يمثل السيناريوهات المختلفة
- ومخرجات RegCM4 للنطاق الأول بدرجة دقة 50 كم تم استخدامها مرة أخرى كمدخل للنموذج النطاق الثاني والذي يشمل مصر و أجزاء من دول الجوار كما هو موضح بالشكل 1 (المحدد باللون الأحمر) بدرجة دقة أفقية 20 كم. المعلومات التي تخص الطرق العددية والفيزيائية المستخدمة و تحديد مناطق الدراسة موضحة بالجدول رقم 1.

السابقة على مصر وقد توصلوا إلى أن النموذج العالمي المستخدم في مركز ماكس بلانك هو الأفضل من حيث نتائج المقارنات الخاصة بدرجات الحرارة و الأمطار. وبناءً عليه فقد تم استخدام مخرجات هذا النموذج (MPI - ESM - MR) لتكون المدخلات الابتدائية و الجانبية (Initial and Boundary Conditions) للنموذج الأقليمي للمناخ RegCM4 على منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا و حوض البحر المتوسط أو ما يعرف بمنطقة (MENA).

تم تشغيل RegCM4 باستخدام بيانات ERA Interim لفترة 5 سنوات من 2005 حتى 2009 و ذلك لاختيار أفضل طرق فيزيائية لتمثيل عمليات تكون السحب و الأمطار (Convection Schemes) على منطقة الدراسة و مقارنتها بالبيانات الفعلية للأمطار و درجات الحرارة و ذلك استناداً على الدراسات المتعلقة بهذا الشأن .

و قد تم استخدام عدة أنواع من البيانات المعاد تحليلها أو ما تعرف ب (Reanalysis Data) و هي بيانات شبكية تعبر عن الحالة الفعلية لمختلف العناصر كدرجات الحرارة و الأمطار و الضغط الجوي ويتم حسابها باستخدام طرق التقريب العددية بناءً على رصدات المحطات الأرضية و العلوية و صور الأقمار الصناعية . و البيانات المستخدمة لعمل المقارنات هي كالتالي:



شكل 1: النطاق الأول التي تم تشغيل نموذج RegCM4 عليه و الذي يشمل منطقة الشرق الأوسط و شمال أفريقيا حتى و وسط أفريقيا و حوض البحر المتوسط بدرجة دقة أفقية 50 كم . و النطاق الثاني (d2) المحدد باللون الأحمر و الذي يركز على مصر و بعض أجزاء من دول الجوار بدرجة دقة أفقية 20 كم.

جدول 1: المعلومات الخاصة بنوع البيانات و الطرق الفيزيائية المستخدمة لتشغيل نموذج RegCM4 وكذلك المعلومات المتعلقة بمناطق الدراسة.

العنصر	
MPI-ESM-MR بدرجة دقة أفقية 1.8 x 1.8 درجة	نوع بيانات المدخلات الاولية و الجانبية الخاصة بالارصاد Initial and Boundary conditions of Meteorological field
MM5 Hydrostatic (Grell et al 1994)	الطريقة المستخدمة لتمثيل ديناميكا الغلاف الجوى
CCM3 (Kiehl 1996)	الطريقة المستخدمة لتمثيل توزيع الاشعاع الشمسى فى الغلاف الجوى
SUBEX (Pal et al 2000)	الطريقة المستخدمة لتمثيل تكون السحب المنخفضة و الأمطار الناتجة عنها
Emanuel (1991) over Ocean Grell (1993) over Land with Fritsch & Chappell (1980) cumulus closure scheme	الطريقة المستخدمة لتمثيل تكون عملية الحمل و سحب المزن الركامية و الأمطار الناتجة عنها فوق المحيطات و فوق اليابسة
Holtzlag (1990)	الطريقة المستخدمة لتمثيل الطبقة الحدية فى الغلاف الجوى (حوالى 1500 متر من سطح الأرض)
BATS (Dickinson et al 1993)	الطريقة المستخدمة لتمثيل العمليات المتبادلة بين سطح الأرض و الغلاف الجوى
Saltation and sandblasting (Zakey, 2006; Marticorena and Bergametti, 1995; Alfaro and Gomes, 2001) (without feedback interactions)	الطريقة المستخدمة لتمثيل عمليات انبعاث و انتقال الغبار فى الغلاف الجوى (مع عدم ادراج تأثير الغبار على عناصر المناخ)
Lambert Conformal	المسقط الجغرافى
18 sigma-layers	درجة الدقة الرأسية
<b>النطاق الأول</b>	
يغضى منطقة الشرق الأوسط بأكملها ومنطقة البحر الأبيض المتوسط ، وتغضى شمال أفريقيا حتى خط الاستواء.	
19.50 شمالاً	• دائرة العرض المركزية
24.50 شرقاً	• خط الطول المركزى
50 كم x 50 كم	• درجة الدقة الأفقية
232	• عدد النقاط فى اتجاه المحور السينى
118	• عدد النقاط فى اتجاه المحور الصادى
<b>النطاق الثانى</b>	
يغضى مصر و أجزاء من دول الجوار.	
25.50 شمالاً	• دائرة العرض المركزية
30.50 شرقاً	• خط الطول المركزى
20 كم x 20 كم	• درجة الدقة الأفقية
118	• عدد النقاط فى اتجاه المحور السينى
118	• عدد النقاط فى اتجاه المحور الصادى

### 1.3. مؤشرات تغير المناخ:

وهو برنامج مفتوح المصدر وتم تطويره في معهد ماكس- بلانك (<https://code.zmaw.de/projects/cdo>). و يعتمد CDO على مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة الصادرة من (European Climate Assessment & Dataset - ECA&D) ، وايضاً يستند على التعريفات التي وضعها فريق الخبراء المعنيين بالتغيرات المناخية لدى المنظمة العالمية للأرصاد الجوية والذي اصدر دراسة عام 2009 تحت عنوان: وهذه التعريفات متاحة على الرابط التالي:

ETCCDI/CRD Climate Change Indices: Definition of the core 27 indices

وهذه التعريفات متاحة على الرابط التالي:

([http://etccdi.pacificclimate.org/list\\_27\\_indices.shtml](http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml))

وتستخدم هذه المؤشرات في العديد من الدراسات الخاصة برصد الظواهر شديدة الحدة في البيانات المرصودة وكذلك للتوقعات المستقبلية للظواهر المناخية المتطرفة في العديد من مناطق العالم. و يتضمن جدول 2 بعضاً من المؤشرات المناخية التي تم حسابها في المشروع ورمزها وتعريفاتها

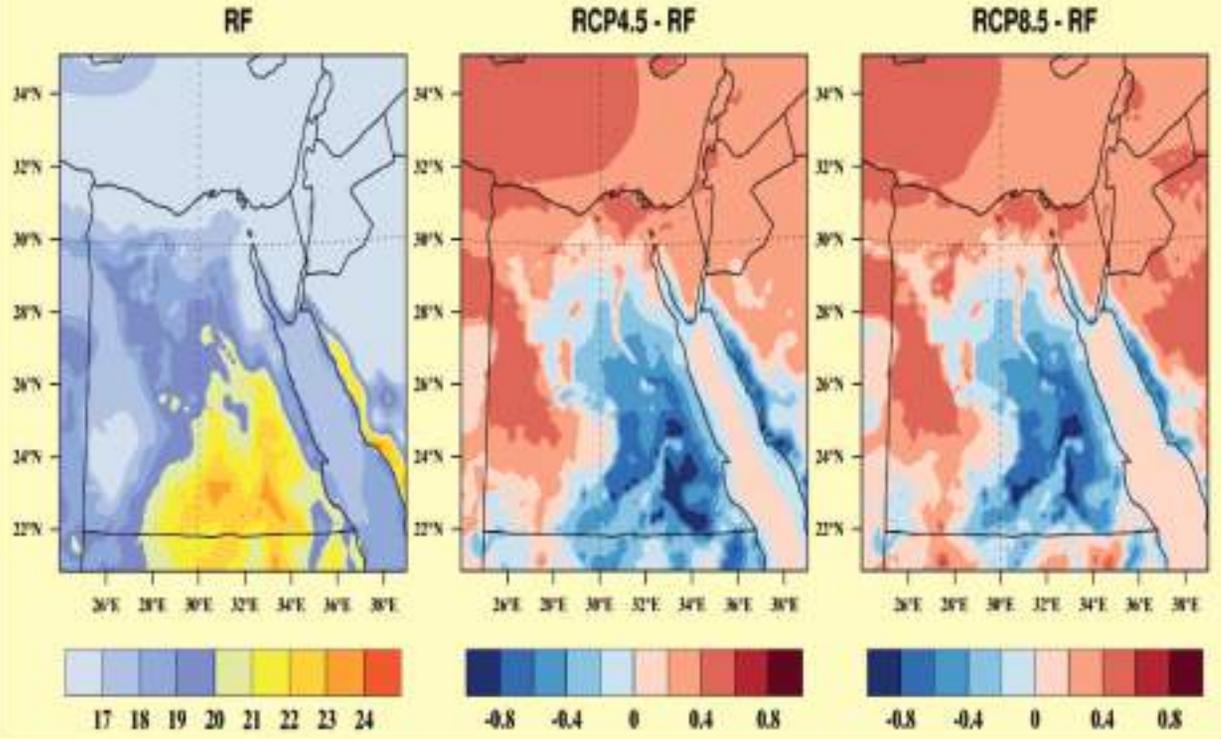
من أجل رصد التغيرات في الظواهر الجوية الشديدة الحدة أو المتطرفة، والتي قد تسبب العديد من الكوارث التي قد تؤدي بحياة البشر و تلحق الضرر بالبيئة الطبيعية والبنية التحتية للدول و تداعيات ذلك على الاقتصاد. فإنه قد تم وضع عدة مؤشرات لتمثيل الأحداث الجوية المتطرفة ، مثل الموجات الحارة و الباردة أو الأمطار الغزيرة و فترات الجفاف على أساس احصائيات تتعلق بالقيم التي توصف عندها أي ظاهرة جوية بأنها متطرفة، والنسب المئوية لتكرار حدوث هذه الظاهرة المتطرفة خلال فترة زمنية معينة في الماضي أو المستقبل، والمدة الزمنية التي تستغرقها هذه الظاهرة الجوية المتطرفة، وغيرها من الأدوات الإحصائية.

و في هذه المرحلة من المشروع قد تم تحليل مخرجات نموذج المناخ الأقليمي و حساب جميع مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة باستخدام برنامج (Climate Data Operators - CDO) الذي يتعامل مع عدة أنواع مختلفة لملفات البيانات المناخية الرقمية،

اسم المؤشر الخاص بالحرارة	الرمز	التعريف
أيام الصيف حيث تكون درجة الحرارة العظمى < 35 درجة مئوية	SU35	الحساب السنوي لعدد الأيام حيث تكون درجة الحرارة العظمى < 35 درجة مئوية.
أيام الصيف حيث تكون درجة الحرارة العظمى < 40 درجة مئوية	SU40	الحساب السنوي لعدد الأيام حيث تكون درجة الحرارة العظمى < 40 درجة مئوية.
أقصى عدد من أيام الصيف المتتالية < 35 درجة مئوية	CSU	الحساب السنوي لأقصى عدد من الأيام المتتالية (لا يقل عن 5 أيام) حيث تكون درجة الحرارة العظمى < 35 درجة مئوية.
مؤشر مدة الموجة الحارة	HWDI	الحساب السنوي لعدد الأيام بحيث يكون فيها ستة أيام متتالية على الأقل تزيد فيها درجة الحرارة العظمى خمس درجات عن المعدل المناخي.
أيام الصقيع	FD	الحساب السنوي لعدد الأيام بحيث تكون درجة الحرارة الصغرى أقل من صفر درجة مئوية.
الليالي الاستوائية	TR	الحساب السنوي لعدد الأيام حيث تكون درجة الحرارة الصغرى أعلى من 20 درجة مئوية.
اسم المؤشر الخاص بالمطر	الرمز	التعريف
الأيام ذات الهطول الغزيرة	R10mm	الحساب السنوي لعدد الأيام حيث تكون كمية الأمطار $\leq 10$ ملليمتر.
الأيام ذات الهطول بالغلة الغزارة	R20mm	الحساب السنوي لعدد الأيام حيث تكون كمية الأمطار $\leq 20$ ملليمتر.
أطول مدة لنوبات الجفاف	CDD	الحساب السنوي لأقصى عدد من أيام الجفاف المتتالية (أي حين تكون كمية الامطار أقل من 1 ملليمتر).

جدول 2: يتضمن بعض مؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة المتعلقة بدرجات الحرارة و الأمطار. و ذلك بناءً على التعريف المستخدم في برنامج CDO.

## Mean Temperature | RF:1986-2005 | SCN:2011-2030



شكل 3: يمثل متوسط درجة الحرارة (بالدرجة المئوية) على مصر خلال 2005-1986 (RF) (على اليسار) و التغير المتوقع خلال 2030-2011 تبعاً لسيناريو RCP45 (في الوسط) ، و سيناريو RCP85 (أقصى اليمين).

RCP8,5. و يلاحظ أيضاً انخفاض درجات الحرارة على وسط وجنوب مصر خلال 2011 - 2030 في كلا المسارين ولكن هذا الانخفاض تقل شدته مع سيناريو RCP8,5.

### 1.1,1,2 متوسط كمية الأمطار

شكل 4 يوضح متوسطات كمية الامطار خلال الفترة المرجعية 1986 - 2005 و التي لم تتعدى 15مم/الشهر على معظم الأنحاء و تتزايد لتصل إلى 25 مم/الشهر على السواحل الشمالية الغربية و تصل إلى أكبر من 40 مم/الشهر على جنوب سيناء و خليج السويس في مناطق سقوط الأمطار الغزيرة. و تبعاً لسيناريوهات التغير المناخي RCP4,5 و RCP8,5 فإنه قد تزداد كمية الأمطار بمقدار 4 مم/الشهر فوق شبه جزيرة سيناء.

### 1.1,1,3 متوسط عدد ساعات سطوع الشمس

متوسط عدد ساعات سطوع الشمس خلال 1986 - 2005 على جميع أنحاء مصر وصل إلى أكثر من 300 ساعة في العام على معظم أنحاء مصر و خاصة في الجنوب كما هو موضح في شكل 5. و تقريباً لا يوجد تغيير ملحوظ في ساعات سطوع الشمس مع RCP4,5 أو RCP8,5 في فترة 2011 - 2030.

## 3 - التحليل و النتائج:

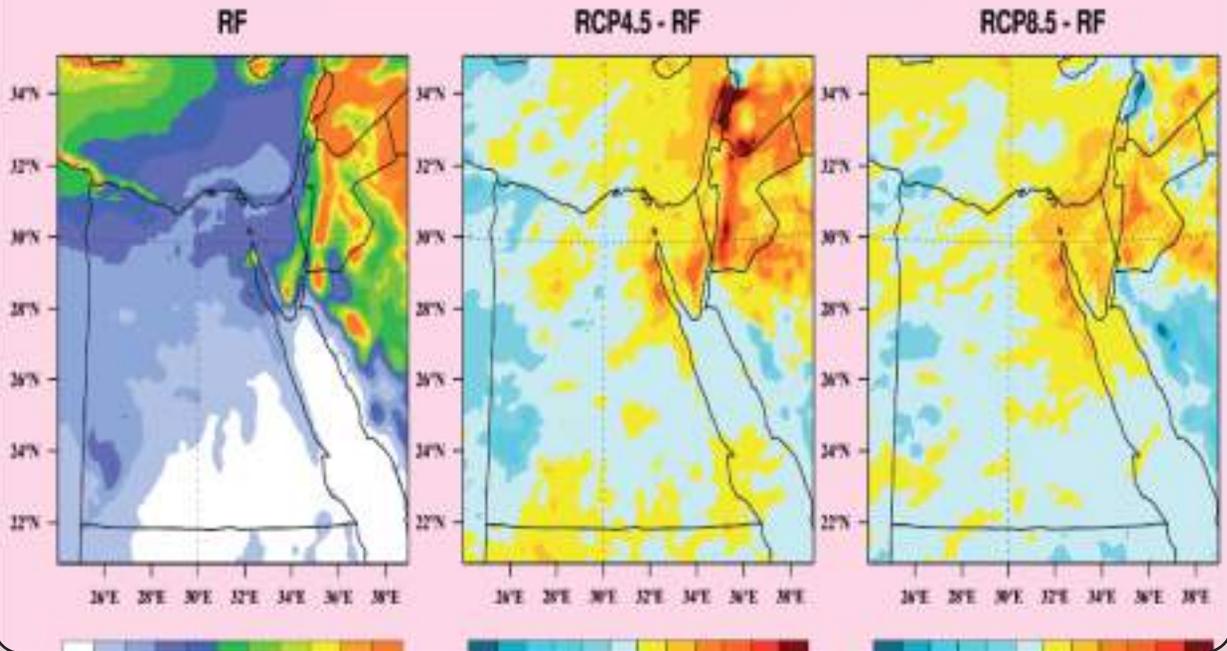
و فيما يلي سيتم عرض خرائط لبعض مخرجات النموذج الأقليم للمناخ على جمهورية مصر العربية بدرجة دقة أفقية 20 كم خلال فترة التجربة . و قد تم تقسيم الفترة إلى 20 سنة ماضية من 1986 - 2005 و تمثل الفترة المرجعية (Reference period - RF) و 20 سنة أخرى من 2011 حتى 2030 و هي تمثل سيناريوهات التغيرات المناخية (RCP4,5) و (RCP8,5) و SCN).

### 1.1,1 التغير في بعض العناصر المناخية:

#### 1.1,1,1 متوسط درجات الحرارة :

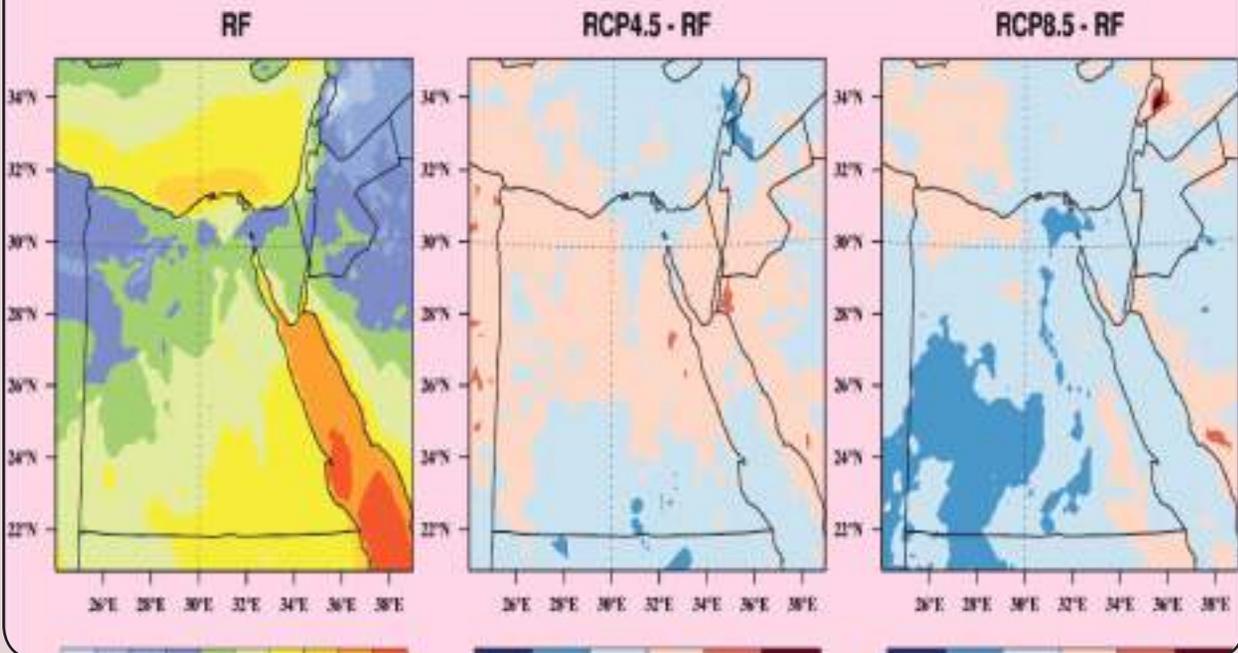
يمثل شكل 3 مقارنة بين متوسط درجة الحرارة خلال العشرين سنة 2011 - 2030 الناتجة من مسارى التركيز التمثيلي RCP4,5 و RCP8,5 بالنسبة لمتوسط درجة الحرارة خلال العشرين سنة من 1986 - 2005. و يظهر من الخرائط ازدياد درجات الحرارة على السواحل الشمالية حتى القاهرة و الصحراء الغربية بمقدار يصل إلى 0,6 درجة مع كلا من المسارين مقارنة بالفترة المرجعية ، و كذلك زيادة درجة الحرارة على شمال سيناء باستخدام

Precipitation (mm/month) | RF:1986-2005 | SCN:2011-2030



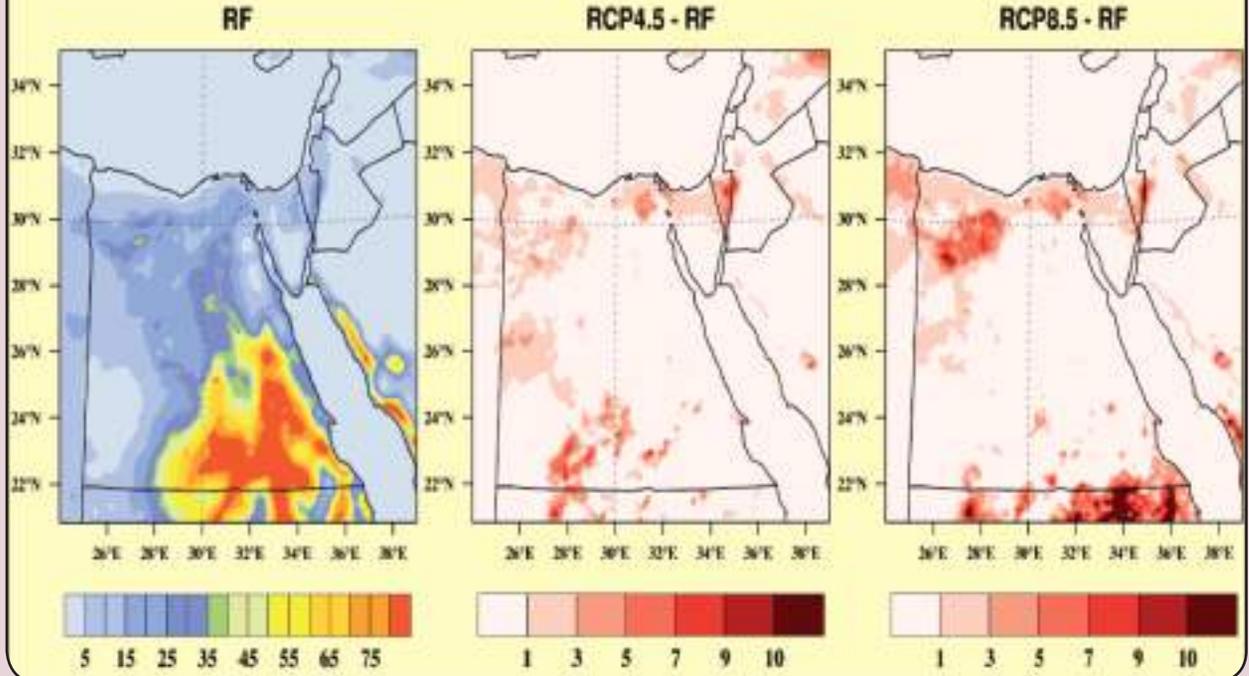
شكل 4: يمثل متوسط كمية الأمطار (مقاساً بالمليمتر/الشهر) على مصر خلال 2005-1986 (RF) (على اليسار) والتغير المتوقع خلال 2030-2011 تبعاً لسيناريو RCP45 (في الوسط) , و سيناريو RCP85 (أقصى اليمين).

Sun Shine Duration (hours) | RF:1986-2005 | SCN:2011-2030



شكل 5: يمثل متوسط عدد ساعات سطوع الشمس في العام على مصر خلال 2005-1986 (RF) (على اليسار) و التغير المتوقع خلال 2030-2011 تبعاً لسيناريو RCP45 (في الوسط) , و سيناريو RCP85 (أقصى اليمين).

## Consecutive summer days(csu) | RF:1986-2005 | SCN:2011-2030



شكل 6: يمثل المتوسط السنوي لأقصى عدد من الأيام الحارة التي تزيد فيها درجة الحرارة العظمى عن 35 درجة مئوية على مصر خلال 1986-2005 (على اليسار) و التغير المتوقع خلال 2011-2030 تبعاً لسيناريو RCP45 (في الوسط) ، و سيناريو RCP85 (أقصى اليمين).

### 1,1,2. مؤشرات الأمطار

يوضح شكل 8 لتوزيع المكاني لعدد الأيام الممطرة التي تجاوزت فيها كمية الأمطار 10 مم في اليوم على مصر، و يظهر من خلال هذه الخريطة أن عدد هذه الأيام لم يتجاوز 6 أيام على معظم أنحاء مصر فيما عدا جنوب سيناء التي تعدت التسعة أيام خلال 1986 - 2005 (أقصى اليسار). و تبعاً للمسار التمثيلي RCP4,5 (في الوسط) فليس هناك تغييراً كبيراً في عدد هذه الأيام فيما عدا جنوب سيناء و التي قد تزيد بمقدار 3 أيام خلال الفترة 2011 - 2030 ، و لكن هذه الزيادة على جنوب سيناء تنخفض تبعاً للمسار RCP8,5 (أقصى اليمين) .

و لدراسة الجفاف فإن هناك عدة مؤشرات منها عدد الأيام الممتتية التي يقل فيها مجموع كمية المطر عن 1 ملليمتر كما هو موضح في شكل 9 و الذي يمثل المتوسط السنوي لأقصى عدد للأيام الجافة المتعاقبة على مصر خلال 1986 - 2005 ، و طبقاً لمناخ مصر الجاف فإن عدد هذه الأيام قد يصل إلى أكثر من 120 يوماً في معظم الأنحاء و خاصة في صعيد مصر. و لا يوجد تغير ملحوظ في الفترة من 2011 إلى 2030 مع استخدام سيناريوهات التغيرات المناخية على معظم الأنحاء ، فيما عدا زيادة بمقدار 40

### 1,2. مؤشرات الظواهر المناخية الأشد حدة

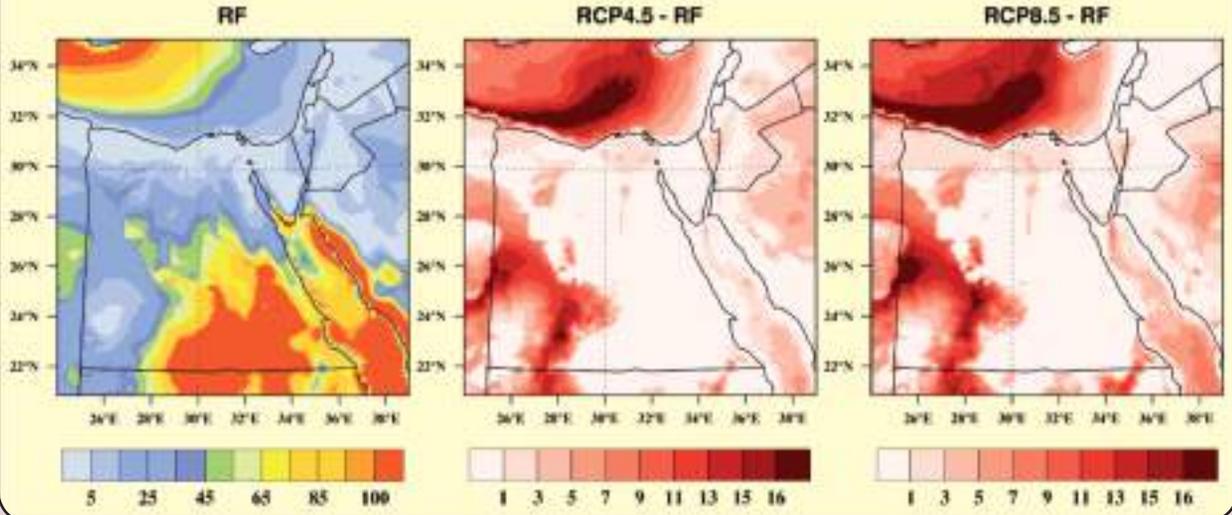
(المتطرفة):

#### 1,1,1. مؤشرات درجات الحرارة :

شكل 6 يتضمن خرائط متوسط أكبر عدد من الأيام الممتتية حيث درجة الحرارة العظمى تتجاوز 35 درجة مئوية على مصر في السنة في الفترة 1986 - 2005 ، و كما هو متوقع فإن عدد الأيام الحارة الممتتية على جنوب مصريزيد عن 80 يوماً، و يقل العدد كلما اتجهنا شمالاً. و يزداد عدد الأيام الحارة الممتتية على بعض المناطق بالسواحل الشمالية بمقدار يصل إلى 7 أيام مع سيناريو RCP4,5 و تزيد مساحة هذه المناطق مع سيناريو RCP8,5. فيما يمثل شكل 7 التوزيع المكاني لمتوسط عدد أيام السنة التي تصل بها درجة الحرارة الصغرى إلى أعلى 20 درجة مئوية أو ما يسمى "الليالي الاستوائية" ، و نلاحظ أيضاً أن المتوسط

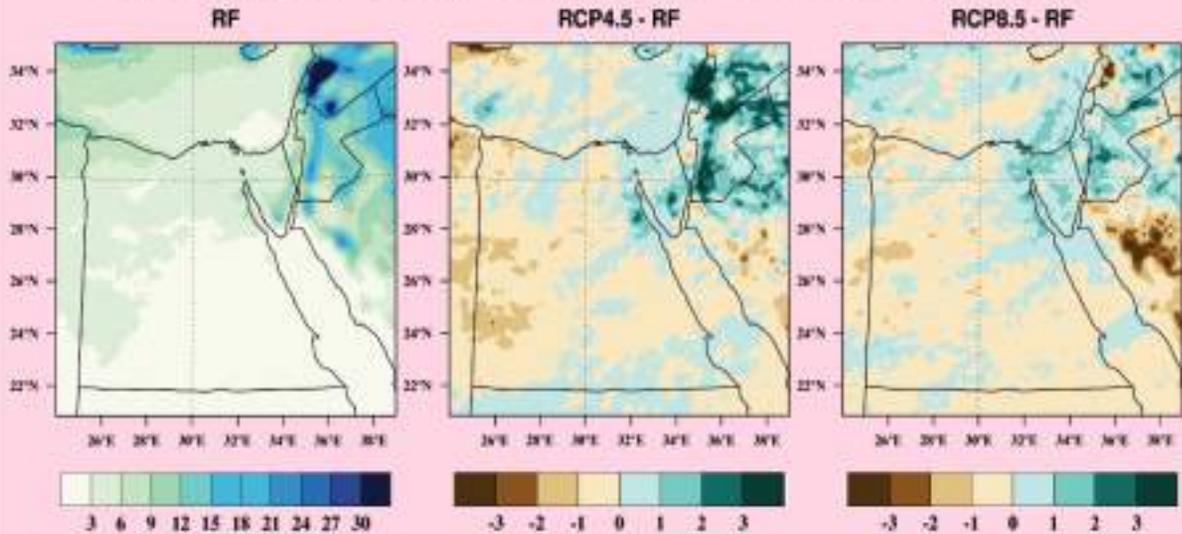
السنوي يتجاوز 100 يوم على جنوب مصر، و يقل عدد الليالي الاستوائية في الأجزاء الشمالية و أقصى الغرب وهذه هي المناطق التي نلاحظ فيها زيادة من يومين إلى 10 أيام خاصة على الغرب تبعاً للسيناريوهين RCP4,5 و RCP8,5.

### Tropical nights(TRN) | RF:1986-2005 | SCN:2011-2030



شكل 7: يمثل المتوسط السنوي لعدد الليالي الاستوائية التي تتجاوز فيها درجة الحرارة الصغرى 20 درجة مئوية على مصر خلال 2005-1986 (RF) (على اليسار) و التغير المتوقع خلال 2011-2030 تبعاً لسيناريو RCP45 (في الوسط) , و سيناريو RCP85 (أقصى اليمين).

### Days with precip>10mm (R10mm) | RF:1986-2005 | SCN:2011-2030



شكل 8: يمثل المتوسط السنوي لعدد الأيام التي تجاوزت فيها كمية الأمطار تجاوزت 10 مم على مصر خلال 2005-1986 (RF) (على اليسار) و التغير المتوقع خلال 2011-2030 تبعاً لسيناريو RCP45 (في الوسط) , و سيناريو RCP85 (أقصى اليمين).

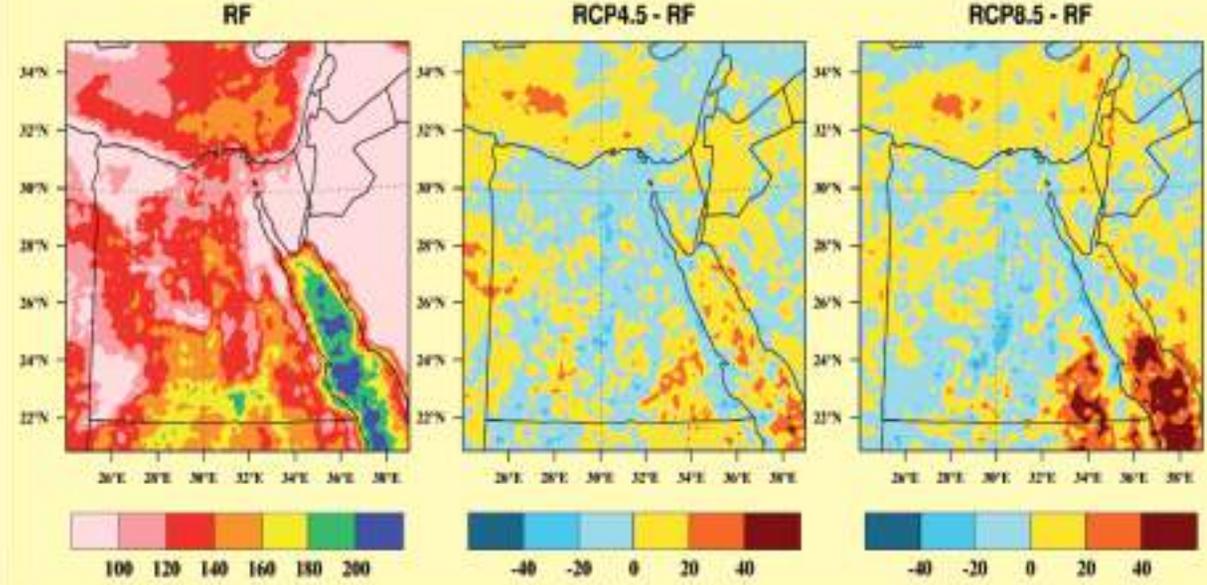
في المشروع و أفضل طرق لتشغيله و اعداد البيانات اللازمة لذلك و عمل المقارنات مع بيانات محطات الأرصاد للتأكد من دقته. كما تم عرض شرح للفكرة العامة للتغيرات المناخية و النماذج العددية للمناخ و سيناريوهات الانبعاثات . بالاضافة إلى عرض خرائط توضح التغيرات المحتملة لبعض العناصر المناخية

يوماً في أقصى الجنوب الشرقي مع سيناريو RCP8,5.

#### 4 - الخاتمة

في هذا التقرير تم عرض الخطوات التنفيذية التي تم قامت بها الهيئة العامة للأرصاد الجوية في المرحلة الأولى لمشروع الخريطة التفاعلية للتغيرات المناخية على مصر من اختيار النموذج المناخى المستخدم

## Consecutive Dry Days (CDD) | RF:1986-2005 | SCN:2011-2030



شكل 9: يمثل المتوسط السنوي لأقصى عدد من الأيام الجافة (كمية الامطار أقل من 1 مم) على مصر خلال 2005-1986 (RF) (على اليسار) و التغير المتوقع خلال 2011-2030 تبعاً لسيناريو RCP45 (في الوسط) , و سيناريو RCP85 (أقصى اليمين).

الكميات ذات الصلة خلال فترة زمنية تتراوح من أشهر إلى آلاف أو ملايين السنين. والفترة التقليدية لتحديد متوسط هذه المتغيرات حسبما حددتها المنظمة العالمية للأرصاد الجوية هي 30 عاماً. وغالباً ما تكون هذه الكميات متغيرات سطحية، مثل درجة الحرارة، وكمية الأمطار، والرياح. والمناخ، بمعناه الأعم، هو تعبير عن حالة النظام المناخي تشمل وصفاً إحصائياً.

### تغير المناخ (Climate change)

يشير إلى حدوث تغيير في حالة المناخ يمكن التعرف عليه ( باستخدام اختبارات إحصائية، مثلاً ناتج عن تغيرات في متوسط خصائصه و/أو تقلبيتها ويدوم ذلك لفترة ممتدة تبلغ عادة عقوداً أو أطول من ذلك. وقد يعود تغير المناخ إلى عمليات داخلية طبيعية أو عوامل قسر خارجية مثل التغيرات التي تحدث في الدورة الشمسية، والانفجارات البركانية، والتغيرات المستمرة الناتجة عن الأنشطة البشرية في تركيب الغلاف الجوي أو في استخدام الأراضي.

### الغازات (Green House Gases)

هي غازات توجد في الغلاف الجوي بنسب قليلة جداً ولها القدرة على امتصاص وإعادة انبعاث الأشعة طويلة الموجة (الأشعة الحرارية). وهي تعمل على أن تحتفظ الأرض

كالحرارة و الأمطار ومؤشرات الأحداث المناخية المتطرفة كالموجات الحارة و الأيام شديدة الحرارة و الأيام ذات المطر الغزير و الأيام الجافة.

و في نهاية التقرير عرض للمصطلحات العلمية تم ذكرها في التقرير و الخاصة بالتغيرات المناخية و كذلك المراجع العلمية المستخدمة.

### 5 - تعريف بالمصطلحات المستخدمة :

(تبعاً للنسخة العربية للتقرير الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ - 2014 )

### النظام المناخي (Climate System)

النظام المناخي هو النظام المعقد للغاية المؤلف من خمسة مكونات رئيسية هي: الغلاف الجوي، والغلاف المائي، والغلاف الجليدي، والغلاف الصخري، والغلاف الحيوي، وما بينها من تفاعلات. ويتطور النظام المناخي بمرور الوقت تحت تأثير ديناميكيته الداخلية وبسبب عوامل قسر خارجية من قبيل ثورات البراكين، والتغيرات الشمسية، وعوامل القسر البشرية المنشأ من قبيل التغير في تركيب الغلاف الجوي والتغير في استخدام الأراضي.

### المناخ (Climate)

يعرّف المناخ بمعناه الضيق عادةً بأنه متوسط الطقس، أو بتعبير أدق، بأنه الوصف الإحصائي لمتوسط وتقلبية

نادرة أو أكثر ندرة من المئتين العاشر أو المئتين التسعين من دالة كثافة الاحتمالات المقدرّة من الرصدات. وبحسب التعريف، فإن خصائص ما يسمى ظاهرة الطقس المتطرف قد تتباين من مكان إلى آخر بالمعنى المطلق للتعبير. وإذا استمر نمط طقس متطرف لبعض الوقت، كموسم مثلاً، فقد يصنّف على أنه ظاهرة مناخية متطرفة، ولاسيما إذا أسفر عن متوسط أو مجموع يكون هو نفسه متطرفاً جفافاً أو أمطار غزيرة طوال موسم.

### مسارات التركيز التمثيلية

## Representative Concentration

### (Pathways - RCPs)

هي سيناريوهات تشمل سلسلة زمنية من انبعاثات وتركيزات المجموعة الكاملة من غازات الاحتباس الحراري والأهباء الجوية والغازات النشطة كيميائياً، فضلاً عن استخدام الأراضي/ غطاء الأراضي. تشير كلمة "تمثيلية" إلى أن كل مسار من هذه المسارات يمثل واحداً فقط من سيناريوهات محتملة كثيرة تؤدي إلى الخصائص المحددة للقصر الإشعاعي. ويؤكد مصطلح "مسار" على أن مستويات التركيز الطويلة الأجل ليست هي وحدها المهمة بل أيضاً المسار المتخذ عبر الزمن للوصول إلى تلك النتيجة.

وقد اختيرت أربعة مسارات تركيز نموذجية من المؤلفات المنشورة وتستخدم في تقرير التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ كأساس للتنبؤات والإسقاطات المناخية، وهي:

#### • مسار التركيز التمثيلي RCP2,6

مسار يبلغ فيه القصر الإشعاعي ذروته عند 3 واط / 2م تقريباً قبل سنة 2100 ثم ينخفض بافتراض وجود انبعاثات ثابتة بعد سنة 2100.

□ مسارا التركيز التمثيلي (RCP4,5 and RCP6,0) مساران متوسطان للاستقرار يستقر فيهما القصر الإشعاعي عند 4,5 واط / 2م تقريباً واط / 2م ، على الترتيب، بعد سنة 2100 بافتراض وجود انبعاثات ثابتة بعد سنة 2150 .

#### • مسار التركيز التمثيلي (RCP8,5)

مسار مرتفع يبلغ فيه القصر الإشعاعي أكبر من 8,5 واط/م 2 بحلول عام 2100 ويستمر في الارتفاع لبعض الوقت بافتراض وجود انبعاثات ثابتة بعد سنة 2100 وتركيزات ثابتة بعد سنة 2250 .

بحرارته في قرابة 33 درجة مئوية أكثر دفئاً مما ستكون عليه من دون هذه الغازات في الغلاف الجوي. وأهم هذه الغازات : ثاني أكسيد الكربون - الميثان - أكسيد النيتروز - مركبات الكلوروفلوروكربون. لكل واحد من هذه الغازات قدرة مختلفة على امتصاص الحرارة في الغلاف الجوي، وهي غازات مستقرة كيميائياً وتستمر في الغلاف الجوي خلال فترات زمنية تتراوح بين عشر سنوات إلى قرون أو أكثر، بحيث يكون لانبعاثاتها تأثير طويل المدى على المناخ.

### القصر الإشعاعي (Radiative forcing)

هو التغيير في تدفق الطاقة الناجم عن عامل دافع ويُحسب في أعلى الطبقة الأولى من الغلاف الجوي ( التروبوبوز) أو في أعلى الغلاف الجوي، وتقاس قوة العوامل الدافعة بوحدات (واط/م<sup>2</sup>). والقصر أو لتأثير الإشعاعي الموجب يؤدي إلى تدفئة سطح الأرض، بينما القصر الإشعاعي السالب يؤدي إلى تبريد السطح.

### النموذج المناخي (Climate Model)

تمثيل عددي للنظام المناخي قائم على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لمكوناته، وتفاعلاتها و التأثيرات الخاصة بها وعلى تحليل بعض خصائصه المعروفة. ويمكن تمثيل النظام المناخي بنماذج ذات درجات تعقيد مختلفة، وهناك تطور نحو نماذج أكثر تعقيداً باستخدام الكيمياء والبيولوجيا وتستخدم النماذج المناخية كأداة بحثية لدراسة ومحاكاة المناخ وفي الأغراض التشغيلية، بما في ذلك التنبؤات المناخية الشهرية والفصلية وتلك الخاصة بفترات ما بين السنوات.

### الإسقاط المناخي (Climate projection)

الإسقاط المناخي هو محاكاة لاستجابة النظام المناخي لسيناريو انبعاثات أو تركيزات غازات الاحتباس الحراري والأهباء الجوية في المستقبل، يجري إعدادها بصفة عامة باستخدام نماذج مناخية. وتتميز الإسقاطات المناخية عن التنبؤات المناخية باعتمادها على سيناريو الانبعاثات / التركيزات / القصر الإشعاعي المستخدم، الذي يستند بدوره إلى افتراضات تتعلق على سبيل المثال بتطورات اجتماعية واقتصادية وتكنولوجية مستقبلية قد تتحقق أو لا تتحقق.

### ظاهرة طقس متطرف

### (Extreme weather event)

هي حالة تكون نادرة في مكان معين ووقت معين من السنة. حيث أن ظاهرة الطقس المتطرف تكون عادة

## 6 - المراجع

### 1.1 المراجع العربية:

- الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، 2014: تغير المناخ 2014: التقرير التجميعي- النسخة العربية
- الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ (2013). تغير المناخ 2013: الأساس في العلوم الفيزيائية - ملخص لوضعي السياسات
- التوقعات المناخية ومؤشرات الظواهر المناخية المتطرفة في المنطقة العربية. الصادر عن المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغير المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية - الأمم المتحدة - الاسكوا- 2015

### 1.2 المراجع الأنجليزية:

- Alfaro, S. C., and L. Gomes, Modeling mineral aerosol production by wind erosion: Emission intensities and aerosol size distributions in source areas, Journal of Geophysical Research, 106, d16, 2001.
- Dickinson, R. E., Henderson-Sellers, A., and P. J. Kennedy, 1993: Biosphere-atmosphere transfer scheme (BATS) version 1e as coupled to the NCAR community climate model. National Center for Atmospheric Research Technical Note NCAR. TN-387+STR, 72 pp.
- Emanuel, K. A., A scheme for representing cumulus convection in large-scale models, J. Atmos. Sci., 48(21), 2313–2335, 1991.
- Fritsch, J. M., and C. F. Chappell, Numerical prediction of convectively driven mesoscale pressure systems. part i: Convective parameterization, J. Atmos. Sci., 37, 1722–1733, 1980.
- Giorgi, F., and Coauthors, 2012: RegCM4: Model description and preliminary tests over multiple CORDEX domains. Climate Research, 52, 7–29, <https://doi.org/10.3354/cr01018>.
- Grell, G. A, 1993: Prognostic evaluation of assumptions used by cumulus parameterizations. Mon. Wea. Rev., 121, 764–787, [https://doi.org/10.1175/0764>121\(1993\)0493-1520/:PEOAUB>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/0764>121(1993)0493-1520/:PEOAUB>2.0.CO;2).
- Grell, G. A., J. Dudhia, and D. R. Stauffer, Description of the fifth generation Penn State/NCAR Mesoscale Model (MM5), Tech. Rep. TN-398+STR, NCAR, Boulder, Colorado, pp. 121, 1994.
- Holtzlag, A. A. M., E. I. F. de Bruijn, and H. L. Pan, 1990: A high resolution air mass transformation model for short-range weather forecasting. Mon. Wea. Rev., 118, 1561–1575, [https://doi.org/10.1175/1561>118\(1990\)0493-1520/:AHRAMT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1561>118(1990)0493-1520/:AHRAMT>2.0.CO;2).
- Kiehl, J. T., J. J. Hack, G. B. Bonan, B. A. Boville, B. P. Briegleb, D. L. Williamson, and P. J. Rasch, 1996: Description of the NCAR community climate model (CCM3). Technical Report NCAR/TN-420+STR.
- Lustenberger, R. Knutti and E. M. Fischer. The potential of pattern scaling for projecting temperature-related extreme indices. International Journal of Climatology. 34: 18 – 26 (2014). DOI: 10.1002/joc.3659
- Marticorena, B., and G. Bergametti (1995), Modeling the atmospheric dust cycle: 1. Design of a soil derived dust production scheme, J. Geophys. Res., 100, 16,415– 16,430.
- Pal, J. S., E. E. Small, and E. A. B. Eltahir, 2000: Simulation of regional-scale water and energy budgets: Representation of subgrid cloud and precipitation processes within RegCM. J. Geophys. Res., 105, 29 579–29 594, <https://doi.org/10.10292000/JD900415>.
- Zakey, A. S., Solmon, F., and Giorgi, F.: Implementation and testing of a desert dust module in a regional climate model, Atmos. Chem. Phys., 6, 4687–4704, doi:10.5194/acp-62006, 2006-4687-.

### 1.3 مواقع الأنترنت:

- <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/archive-datasets/reanalysis-datasets/era-interim>
- <https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/crutem4/>
- <http://chg.geog.ucsb.edu/data/chirps/>
- <https://pmm.nasa.gov/data-access/downloads/trmm>
- <https://code.mpimet.mpg.de/projects/cdo>

### الجهات الحكومية المشاركة في المرحلة الأولى من المشروع

- 1 - جهاز شئون البيئة
  - 2 - ادارة المساحة العسكرية
  - 3 - الهيئة العامة للأرصاد الجوية
  - 4 - معهد بحوث التغيرات المناخية
- الشركة المنفذة للخريطة التفاعلية: شركة بنتا-بي

# الاستقرارية الغلاف الجوي



د. عبدالله عبدالرحمن عبدالله  
مدير عام الإدارة العامة  
لتدريب الفنيين على الرصد الجوي

## استقرار الغلاف الجوي

تتكون معظم السحب في الغلاف الجوي بصعود الهواء وتبريده. فالسؤال الذي يتبادر في ذهننا هو «لماذا يصعد الهواء لأعلي في بعض الحالات ولا يصعد في حالات أخرى؟»، ولماذا يختلف حجم وشكل السحب بدرجة كبيره عندما يرتفع الهواء لأعلي؟»، دعونا نرى كيف ستساعدنا معرفة حالات الاستقرار للهواء في الإجابة على تلك الأسئلة.

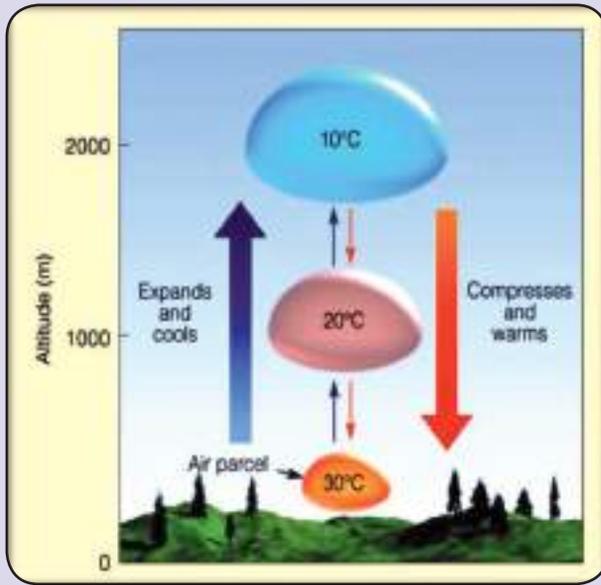
عندما نتحدث عن استقرار الغلاف الجوي، فإننا نشير إلى حالة من التوازن. على سبيل المثال، الصخرة A المستقرة في الوادي (شكل - 1) تعتبر في حالة استقرار. إذا تم دفع الصخرة لأعلي المنحدر الجانبي للجبل ثم تركتها، فسوف تعود بسرعة إلى موقعها الأصلي. من ناحية أخرى، فإن الصخرة B، المثبتة على قمة الجبل، حيث أن دفعة طفيفة ستجعلها تبتعد عن موقعها الأصلي وتهبط في اتجاه الوادي ولن تعود إلى مكانها الأصلي وبالتالي فهي في حالة غير مستقرة. بتطبيق تلك المفاهيم على الغلاف الجوي، يمكننا



شكل - 1

في فصلي الربيع والخريف فوق سلاسل جبال البحر الأحمر وصحراء سيناء وصعيد مصر تتكون العواصف الرعدية. يبدأ اليوم صافٍ ومشرق والسماء زرقاء مثل مياه المحيط، لا تشوبها شائبة لأي أثر سحابة في كل هذا الفراغ..... ومع ذلك، بحلول الظهيرة، تبدأ الغيوم في التكون فوق الجبال، ويبدو أنها تأتي من العدم، من لا شيء، كخليقة خاصة. تتكاثر الغيوم وتتحد، وتتجمع السحب الركامية مثل زهرة القرنبيط الكبيرة، وتتراكم على بعضها البعض في سلسلة جبال أخرى معلقة في الهواء يكون نطاقها أكبر من حجم تضاريس الجبال الأرضية أسفل منها.

تتزاخم الأشكال الهائلة من السحب وتتصادم أيوناتها، ويسمع صوت الرعد فوق الأرض التي كانت مشمسة منذ قليل. تظهر المزيد من الغيوم في السماء الصافية، أشكالها عملاقة ذات رأس سندان مع وميض من البرق داخل أعماقها. أسطول تلك السحب يتجمع ويتقدم، يطفو على تيارات هوائية في الجو مما يجعله يظهر، عندما تنظر إليه من أسفل، كما يري ركاب أسطول السفن أسماك في البحر. سنوضح في هذا المقال عمليات الغلاف الجوي التي تشير إليها تلك العمليات الفيزيائية، وأولها استقرارية الغلاف الجوي.



شكل - ٢

سبق بتمدد الحيز من الهواء أثناء الصعود فيبرد، في حين ينضغط الحيز أثناء الهبوط فيسخن.

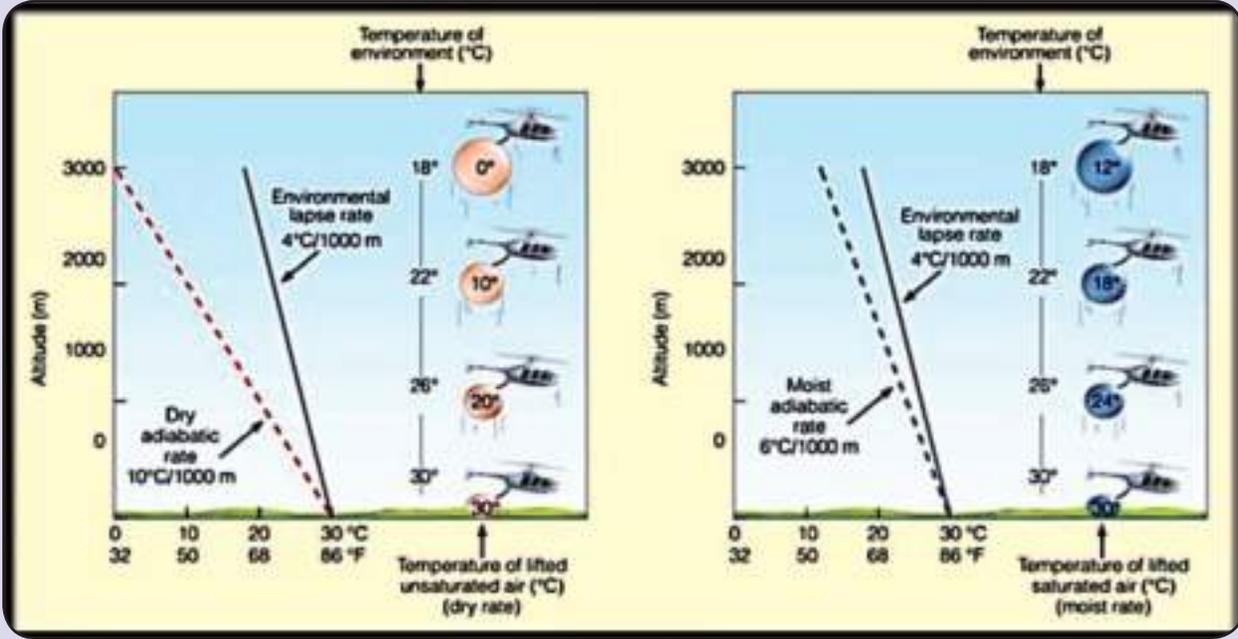
إذا تمدد جزء من الهواء وبرد، أو انضغط ودفاً، ولم يكن هناك أي تبادل للحرارة مع الوسط المحيط، فإن هذا الوضع يسمى عملية حرارية ذاتية "Adiabatic Process". طالما أن الهواء الموجود في حيز الهواء الرطب (الرطوبة النسبية أقل من ١٠٠٪)، يظل معدل التبريد أو التسخين الذاتي ثابتاً. يبلغ معدل التسخين أو التبريد الذاتي في الهواء الرطب حوالي ١٠ م/كم مع التغير في الارتفاع (هبوطاً أو ارتفاعاً على التوالي). ولذلك فإن هذا المعدل يسمى المعدل الذاتي الحراري الجاف (شكل - ٢).

عندما يبرد الهواء الصاعد، تزداد رطوبته النسبية عند اقتراب درجة حرارته لدرجة حرارة نقطة الندى، فإذا برد إلى درجة حرارة نقطة الندى يصبح مشبعاً أي الرطوبة النسبية ١٠٠٪. ويؤدي الاستمرار في الرفع إلى زيادة كمية قطرات بخار الماء عن الحد المسموح للهواء أن يحمله وبالتالي تتكثف قطرات البخار الزائدة عن التشبع وهذا ما يسمى بالتكثيف؛ وعند هذا الحد تبدأ السحابة بالظهور وتنتقل الحرارة الكامنة داخل حيز الهواء الصاعد. ونظراً لأن الحرارة المضافة أثناء التكثيف تعوض بعضاً من التبريد الناتج عن التمدد بالصعود، فإن الهواء لم يعد يبرد بالمعدل الذاتي الحراري الجاف ولكن بمعدل أقل يسمى معدل التبريد

إدراك أن الهواء في حالة مستقرة عندما يميل إلى العودة لموضعه الأصلي، وعند إجباره على الصعود أو الهبوط فهو يقاوم تحركه لأعلى أو لأسفل (فاستقرار الغلاف الجوي هو قدرته على مقاومه الحركة الصاعدة). وعلى العكس يكون الهواء في حالة غير مستقرة، عند إعطائه دفعة صغيرة، فيتحرك بعيداً ولا يعود لموضعه الأصلي فهو يفضل الحركة لأعلى أو لأسفل بأقل دفعة صغيرة (فعدم الاستقرار في الغلاف الجوي هو قابليته للصعود أو الهبوط بأقل دفعة للهواء وعدم عودته للحالة التي بدأ منها).

ولمتابعة سلوك الهواء الصاعد والهابط، يجب أولاً تخيلنا أننا بإمكاننا وضع بعض من الهواء في غلاف مرن ورقيق. يشار إلى هذا الحجم الصغير من الهواء على أنه حيز من الهواء "Parcel of air". على الرغم من أن حركة وانتقال وحجم الهواء يمكن أن يتسع أو يتقلص بحرية، إلا أنه لا يتفكك ويظل كتلة متماسكة. في الوقت نفسه، لا يمكن أن يختلط الهواء المحيط ولا الحرارة الخارجية مع الهواء الموجود داخل ذلك الحيز من الهواء. يحدد الحيز الذي تشغله جزيئات الهواء داخل تلك الكتلة كثافة الهواء، ويرتبط متوسط سرعة الجزيئات ارتباطاً مباشراً بدرجة حرارة هذا الهواء، كما تحدد الجزيئات التي تصطدم بجدران هذا الحيز ضغط الهواء بداخل ذلك الحيز.

على سطح الأرض يكون لهذا الحيز الهوائي نفس درجة حرارة وضغط الهواء المحيط به. لنفترض أننا دفعنا الحيز الهوائي ليتحرك لأعلى في الغلاف الجوي. كما نعلم أن ضغط الهواء يتناقص مع الارتفاع. وبالتالي أيضاً، ينخفض ضغط الهواء المحيط بالحيز. فيسمح الضغط المنخفض في الخارج لجزيئات الهواء في الداخل بدفع جدران الحيز للخارج، مما يؤدي إلى اتساع حجم هذا الحيز. ونظراً لعزلة عن الوسط المحيط وبالتالي عدم وجود مصدر خارجي للطاقة، يجب أن تستخدم جزيئات الهواء بالداخل بعضاً من طاقتها للتمدد وزيادة حجم هذا الحيز. يظهر هذا على أنه متوسط سرعات جزيئية بمعدل أبطأ، مما يؤدي إلى انخفاض درجة حرارة هذا الحيز. إذا تم إنزال الحيز إلى سطح الأرض، فإنه يعود إلى منطقة يكون فيها ضغط الهواء المحيط أكبر. الضغط العالي يضغط على الجدار الخارجي للحيز مرة أخرى ليعود إلى حجمه الأصلي فينكمش. يزيد هذا الضغط من متوسط سرعة جزيئات الهواء فترتفع درجة حرارة الحيز. ويمكن تلخيص ما



شكل - ٣

### تحديد الاستقرار

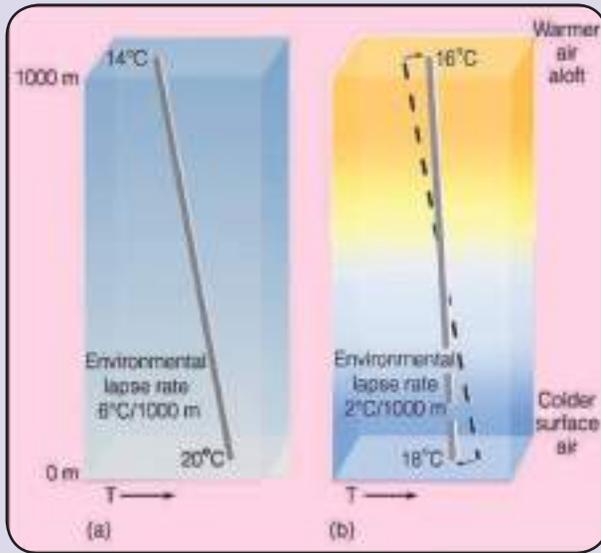
نحدد استقرار الهواء من خلال مقارنة درجة حرارة حيز الهواء الصاعد بدرجة حرارة الهواء المحيط. إذا كان حيز الهواء الصاعد أبرد ممن حوله، فسيكون أكبر كثافة (أثقل) ويميل إلى العودة إلى مستواه الأصلي. في هذه الحالة يكون الهواء مستقرًا لأنه يقاوم الحركة الصاعدة. بينما إذا كان حيز الهواء الصاعد أكثر دفئًا من الهواء المحيط، وبالتالي أقل كثافة (أخف) من الهواء المحيط، فسيستمر في الصعود حتى يصل إلى نفس درجة حرارة الوسط المحيط. في هذه الحالة يكون الهواء غير مستقر لأنه يستمر في حركته الصاعدة، وبالتالي فالمعرفة إذا كان حيز الهواء الصاعد مستقر أو غير مستقر فإننا نحتاج إلى مقارنة درجة حرارة الهواء الصاعد ومحيطه على مستويات مختلفة من طبقات الجو العليا.

### الغلاف الجوي المستقر (Stable Atmosphere)

لنفترض أننا أطلقنا جهاز محمول بالبالون يسمى المسبار اللاسلكي (الراديو سوند). وبينما يحمل البالون الراديو سوند ويصعد لأعلى، يرسل الراديو سوند للمحطة الأرضية بيانات طبقات الجو العليا بما فيها درجة الحرارة، كما هو موضح في الشكل - ٣ (يسمى هذا التمثيل الرأسي لدرجة الحرارة بـ sounding). لاحظ أن درجة حرارة الهواء المقاسة بواسطة المسبار

الذاتي للهواء الرطب. إذا هبط حيز الهواء وكانت مشبعًا ببخار الماء، فستنضغط وتدافأ بمعدل التسخين الذاتي للهواء الرطب بسبب تبخر القطرات السائلة لأن تبخر قطرات السائل سينقص من معدل التسخين بالانضغاط. ومن ثم، فإن المعدل الذي يؤدي به صعود أو هبوط الهواء المشبع إلى تغيير في درجة الحرارة - فالمعدل الحراري الذاتي الرطب يكون أقل من المعدل الحراري الذاتي الجاف.

افترض الآن في الشكل (٣ - ب) أن حيز من الهواء الرطب حرارته ٣٠م قد تم رفعه عن سطح الأرض. مع صعوده، يبرد بمعدل تناقص الحرارة الجاف (١٠م / كم) فتكون درجة الحرارة داخل الحيز عند ١٠٠٠ متر ٢٠م، أو أقل من الهواء المحيط به بمقدار ٦م (شكل ٣ - ب)، ونلاحظ أنه مع ارتفاع حيز الهواء لأعلى، يزداد الفرق في درجة الحرارة بينه وبين الهواء المحيط. حتى إذا كان حيز الهواء مشبع في البداية (شكل ٣ - أ)، فإنه سيبرد بمعدل الرطوبة - ٦م / كم - وسيكون أكثر برودة من الوسط المحيط على جميع المستويات. في كلتا الحالتين، يكون الهواء الصاعد أبرد وأثقل من الهواء المحيط به. وبالتالي فإن الجو مستقر تمامًا في هذا المثال. ويكون الغلاف الجوي دائمًا مستقرًا تمامًا عندما يكون معدل تناقص الوسط المحيط أقل من معدل تناقص حرارة الحيز من الهواء الرطب.



شكل - ٤



شكل - ٥

تبرد الطبقة السفلية (شكل - ٤)، ويمكن أن يكون تبريد الهواء السطحي ناتجاً عن:

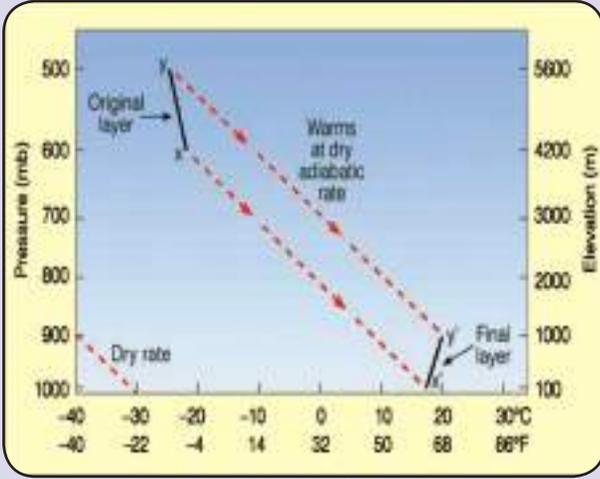
- ١- برودة سطح الأرض بالفقد الإشعاعي ليلاً (Radiation Cooling).
  - ٢- التدفق الهوائي السطحي البارد الذي تجلبه الرياح (الغزو البارد - Cold Advection).
  - ٣- تحريك كتلة الهواء فوق سطح بارد. فمثلاً عندما يكون الغلاف الجوي أكثر استقراراً في الصباح الباكر عند شروق الشمس، وعند تسجيل أدنى درجة حرارة للهواء السطحي، فإذا أصبح الهواء السطحي مشبعاً في هذا الجو المستقر، فمن المحتمل أن تتكون طبقة عجاج "Haze" أو ضباب "Fog" (شكل - ٥).
- طريقة أخرى يصبح الغلاف الجوي أكثر استقراراً عندما تهبط طبقة كاملة من الهواء العلوي لأسفل. على

اللاسلكي في شكل - ٣ تتناقص بمقدار  $4^{\circ}\text{C} / \text{km}$ . تذكر أن المعدل الذي تتغير به درجة حرارة الهواء مع الارتفاع يسمى معدل التناقص (Lapse Rate) ولأن هذا هو المعدل الذي ستتغير به درجة حرارة الهواء المحيط بنا إذا صعدنا إلى طبقات الغلاف الجوي العليا، فسوف نشير إليه بمعدل تناقص الوسط المحيط (Environment Lapse Rate).

- (١) يكون الهواء الصاعد المشبع أبرد وأثقل من الهواء المحيط به عند كل مستوى. لو تحرر هذا الهواء، سيعود إلى موضعه الأصلي وهو سطح الأرض.
  - (٢) يكون الهواء الصاعد الرطب أبرد وأثقل من الهواء المحيط به عند كل مستوى. لو تحرر هذا الهواء، سيعود إلى موضعه الأصلي وهو سطح الأرض.
- يحدث جو مستقر تماماً عندما يكون معدل التناقص الحراري للوسط المحيط أقل من معدل التناقص الحراري الرطب. في الغلاف الجوي المستقر، يكون حيز الهواء الصاعد أبرد وأكثر كثافة من الهواء المحيط به، وإذا أتاحت له الفرصة (بمعنى آخر، إذا تم إطلاقه)، فإنه سيعود إلى موضعه الأصلي.

ونظراً لأن الهواء في الجو المستقر تماماً يقاوم بشدة الحركة الرأسية الصاعدة، فإنه إذا أُجبر على الصعود، فإنه يميل إلى الانتشار بالحركة الأفقية. فإذا تشكلت السحب في هذا الهواء الصاعد، فإنها أيضاً ستنتشر أفقياً في طبقات رقيقة نسبياً وعادة ما تكون لها قمم وقواعد مسطحة. ومن المتوقع تكون سحب طبقية الشكل - مثل Stratus أو Nimbostratus أو Altostratus أو Cirrostratus - والتي تتشكل في جو مستقر.

والسؤال المهم الآن، ما هي الشروط اللازمة لتحقيق الجو المستقر؟، فكما رأينا سابقاً، يكون الغلاف الجوي مستقرًا عندما يكون معدل تناقص درجة حرارة الوسط المحيط صغيراً؛ أي عندما يكون الاختلاف في درجة الحرارة بين الهواء السطحي والهواء العلوي صغيراً نسبياً فيميل الغلاف الجوي إلى أن يصبح أكثر استقراراً - ويحدث ذلك إما مع ارتفاع درجة حرارة الهواء العلوي أو تبريد الهواء السطحي. إذا تم استبدال الهواء العلوي بهواء أكثر دفئاً (فمثلاً التأثر بغزو هوائي دافئ علوي - Upper air Warm Advection) ولم تتغير حرارة الهواء السطحي بشكل ملحوظ، فإن معدل التناقص الحراري مع الارتفاع يقل ويصبح الغلاف الجوي أكثر استقراراً. وبالمثل، يقل معدل التناقص الحراري مع الارتفاع ويصبح الغلاف الجوي أكثر استقراراً عندما



شكل - 1

المحيط به. وفي كل مستوى، سيكون لها نفس درجة حرارة وكثافة الهواء المحيط. نظرًا لأن هذا الهواء لا يميل إلى الاستمرار في الصعود أو الهبوط، يُقال إن الغلاف الجوي مستقر استقرارًا محايدًا. أما بالنسبة للهواء المشبع فيوجد استقرارًا محايدًا عندما يكون معدل التناقص الحراري للوسط المحيط مساويًا لمعدل الحرارة الرطب.

### الغلاف الجوي الغير مستقر (Unstable Atmosphere)

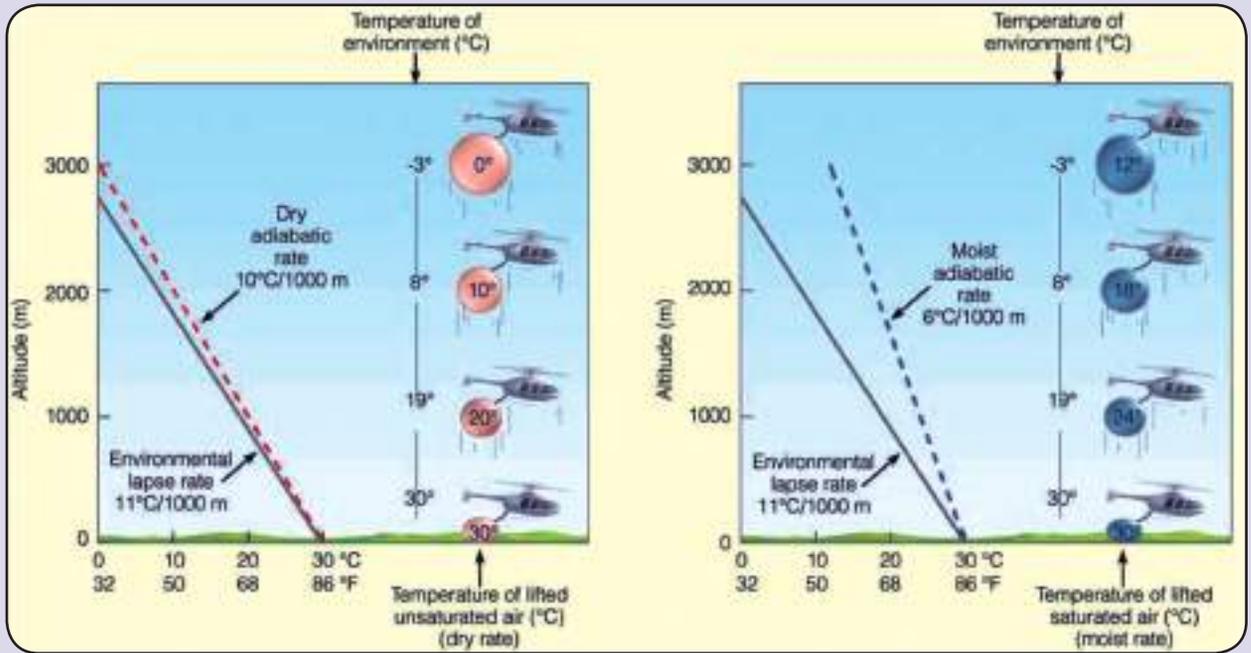
لنفترض أن المسبار اللاسلكي (الراديو سوند) يرسل درجات حرارة الهواء فوق الأرض (شكل 8 - ب). فكما تحدثنا سابقاً أننا نحدد استقرار الغلاف الجوي من خلال مقارنة معدل التناقص الحراري للوسط المحيط بمعدلات الحرارة الرطبة والجافة لحيز من الهواء (Air Parcel). في هذه الحالة، يكون معدل التناقص الحراري للوسط المحيط  $11^\circ\text{C}/\text{km}$ . فسوف يبرد الحيز من الهواء الرطب الصاعد من سطح الأرض بمعدل التناقص الحراري الجاف. ونظرًا لأن معدل التناقص الحراري الجاف ( $10^\circ\text{C}/\text{km}$ ) أقل من معدل التناقص للوسط المحيط ( $11^\circ\text{C}/\text{km}$ )، سيكون الحيز من الهواء أكثر دفئًا من الهواء المحيط وسيستمر في الصعود، ويتحرك باستمرار لأعلى بعيداً عن موضعه الأصلي منتجاً جواً غير مستقر. وبطبيعة الحال، فإن الحيز من الهواء المبرد والمشبع عند معدل التبريد الذاتي الرطب سيكون أكثر دفئًا من الهواء المحيط به (شكل 8 - أ). في كلتا الحالتين، فإن الحيز الهوائي، بمجرد أن يبدأ في

سبيل المثال، إذا هبطت طبقة من الهواء الرطب والتي يزيد سمكها عن 1000 م وتغطي مساحة كبيرة، فإن الطبقة بأكملها ستدفاً عن طريق الانضغاط الذاتي. عندما تهبط تلك الطبقة أكثر، تنضغط بفعل وزن الغلاف الجوي وتنكمش رأسياً. الجزء العلوي من الطبقة يهبط بدرجة أكبر، وبالتالي ترتفع درجة حرارته أكثر من الجزء السفلي. هذه الظاهرة موضحة في شكل 6، فبعد الهبوط يكون الجزء العلوي من الطبقة أكثر دفئًا من القاع، ويتم تكون الانقلاب الحراري. تسمى الانقلابات الحرارية التي تتشكل مع هبوط الهواء ببطء على مساحة كبيرة بانقلاب الهبوط (subsidence inversions). يحدث ذلك في بعض الأحيان على السطح، ولكن في كثير من الأحيان، تحدث كلما ارتفعنا وغالبًا ما ترتبط بمناطق مرتفعات جوية شاسعة ويكون السبب هو حركات الهواء الهابطة المرتبطة بتلك الأنظمة الهوائية.

السؤال الآن: لماذا يمثل الانقلاب الحراري جواً مستقرًا تمامًا؟ والإجابة هي أنه داخل الانقلاب يستقر الهواء الدافئ أعلى الهواء البارد، فإذا صعد حيز من الهواء إلى مستوي الانقلاب الحراري، فإنه يصبح أكثر برودة، بينما يصبح الهواء المحيط به أكثر دفئًا. ومعلوم أن الهواء الأكثر برودة يميل إلى الهبوط. ولذلك تعمل مستويات الانقلابات الحرارية كغطاء مانع لحركة الهواء رأسياً. عند وجود انقلاب حراري بالقرب من الأرض، تتكون وتتركز السحب الطبقيّة والضباب والعجاج والملوثات كلها بالقرب من سطح الأرض وذلك لعدم وجود حركة صاعدة للهواء. وفي الواقع تحدث معظم حالات تلوث الهواء (رمال - غبار - ضباب - دخان - ..... ) بهبوط مستوي الانقلاب الحراري بالقرب من سطح الأرض.

الطبقة X - Y مبدئيًا يبلغ سمكها 1400 م. إذا هبطت الطبقة بأكملها ببطء، فإنها تنضغط في الهواء الأكثر كثافة بالقرب من سطح الأرض. نتيجة للهبوط، ترتفع درجة حرارة الجزء العلوي من الطبقة أكثر من الجزء السفلي، وتصبح الطبقة بأكملها (X - Y) أكثر استقراراً، وفي هذا المثال تشكل انقلاباً حرارياً.

وقبل أن ننصرف لفهم الجو الغير مستقر، دعنا أولاً نفحص حالة تُعرف باسم الاستقرار المحايد (neutral stability). إذا كان معدل التناقص الحراري مساوياً تمامًا لمعدل الحرارة الجافة، فإن الهواء الرطب الصاعد أو الهابط سوف يبرد أو يسخن بنفس معدل الهواء



(٢) يكون الهواء الصاعد رطباً أسخن وأخف من الهواء المحيط به عند كل مستوى. لو تحرر هذا الهواء، سيرتفع لأعلي ولن يعود إلى موضعه الأصلي.

(١) يكون الهواء الصاعد المشبع أسخن وأخف من الهواء المحيط به عند كل مستوى. لو تحرر هذا الهواء، سيرتفع لأعلي ولن يعود إلى موضعه الأصلي.

صورة خريطة شكل رقم ٨

يحدث الجو الغير مستقر عندما يكون معدل التناقص الحراري للوسط المحيط أكبر من معدل التناقص الحراري الرطب. في الغلاف الجوي الغير مستقر، يكون حيز الهواء الصاعد أسخن وأقل كثافة من الهواء المحيط به، لو تحرر هذا الهواء، سيرتفع لأعلي ولن يعود إلى موضعه الأصلي.

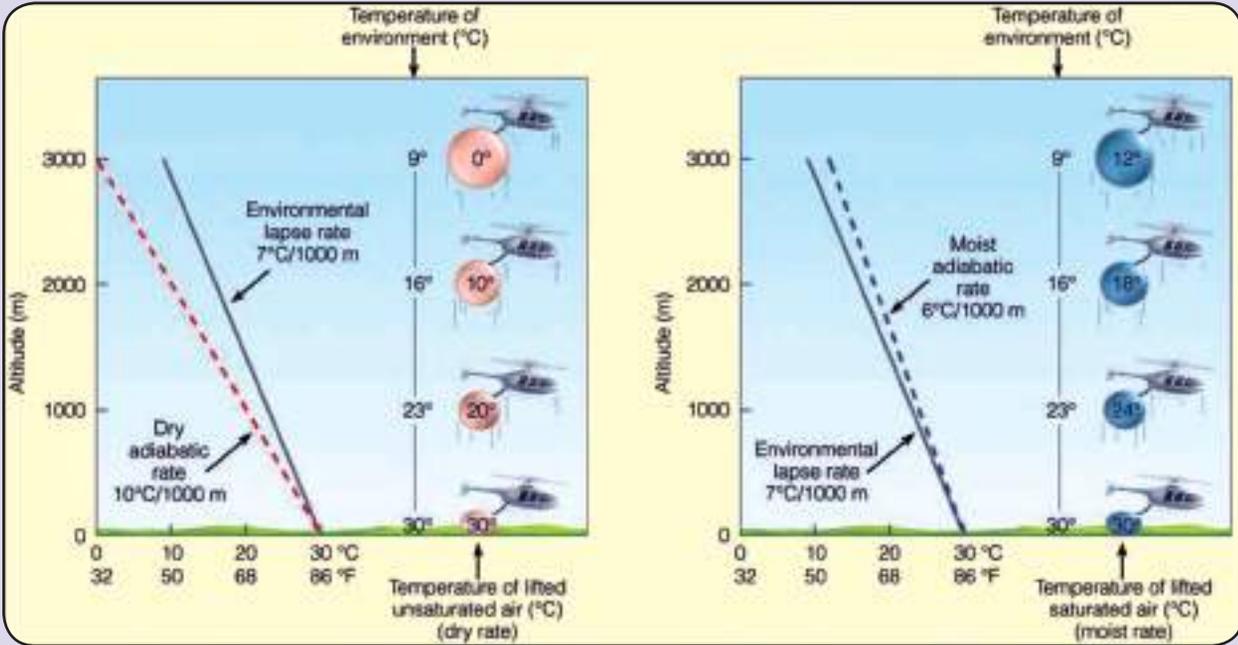
سوف يميل إلى العودة إلى مستواه الأصلي لأنه في جو مستقر. الآن، افترض أن الحيز الهوائي المتصاعد مشبع ببخار الماء. في (شكل ٩ - أ)، يكون الهواء الصاعد أكثر دفئاً من محيطه عند كل مستوى. بمجرد دفع الحيز الهوائي لأعلي، فإنه يميل إلى التحرك في هذا الاتجاه؛ الجو غير مستقر للحيز الهوائي المشبع. في هذا المثال، يُقال إن الجو غير مستقر مشروطاً. يعتمد هذا النوع من الاستقرار على ما إذا كان الهواء الصاعد مشبعاً أم لا. عندما يكون الحيز الهوائي الصاعد غير مشبع، يكون الغلاف الجوي مستقرًا؛ عندما يتشبع حيز الهواء، يكون الجو غير مستقر. يعني عدم الاستقرار المشروط أنه إذا أمكن رفع الهواء الرطب إلى مستوى يصبح فيه مشبعاً، فسوف ينتج عن ذلك عدم استقرار. وبالتالي يحدث عدم الاستقرار المشروط عندما يكون معدل التناقص الحراري الذاتي للوسط المحيط بين معدل التناقص الحراري الرطب ومعدل التناقص الحراري الجاف.

الصعود، سيستمر في الصعود من تلقاء نفسه لأن الحيز الهوائي الصاعد يكون أكثر دفئاً وأقل كثافة من الهواء المحيط به. يُقال إن الجو في هذا المثال غير مستقر تماماً (Absolutely unstable). الحيز الهوائي في جو غير مستقر، كونه أكثر دفئاً وأقل كثافة من محيطه، تؤثر عليه قوة دفع للصعود (تسمى قوة الطفو). كلما زادت درجة حرارة الحيز الهوائي مقارنة بالمحيط، زادت قوة الطفو، وزادت سرعة ارتفاع الحيز الهوائي، وينتج عدم الاستقرار المطلق عندما يكون معدل التناقص الحراري للوسط المحيط أكبر من معدل الحرارة الجافة.

### الغلاف الجوي الغير مستقر المشروط

### (Conditionally unstable Atmosphere)

في شكل ٩ - ب، يكون معدل التناقص للوسط المحيط هو ٧ م/ك، فعندما يرتفع حيز من الهواء الرطب، فإنه يبرد بمعدل التبريد الذاتي الجاف ويكون أبرد عند كل مستوى من الهواء المحيط به (شكل ٩ - ب). لذلك،

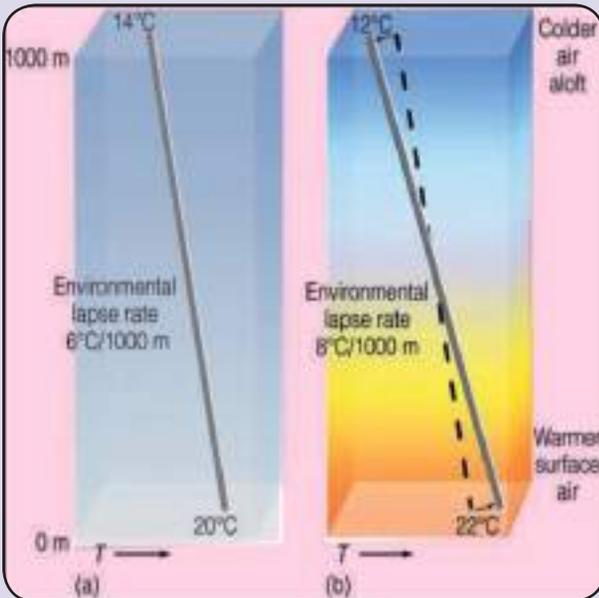


(٢) يكون الهواء الصاعد الرطب أبرد وأثقل من الهواء المحيط به عند كل مستوى. سيكون الغلاف الجوي مستقر إذا كان الهواء الصاعد غير مشبع.

(١) يكون الهواء الصاعد المشبع أسخن وأخف من الهواء المحيط به عند كل مستوى. سيكون الغلاف الجوي غير مستقر عند مستوي التشبع للهواء الصاعد.

صورة خريطة شكل رقم ٩

الجو الغير مستقر المشروط. يكون الغلاف الجوي مستقرًا إذا كان الهواء الصاعد غير مشبع (ب). ولكنه غير مستقر إذا كان الهواء الصاعد مشبعًا (أ). الغير مستقر المشروط عندما يكون معدل التناقص الحراري الذاتي للوسط المحيط بين معدل التناقص الحراري الرطب ومعدل التناقص الحراري الجاف.



شكل - ١١

### أسباب عدم الاستقرار

ما الذي يجعل الجو أكثر اضطراباً؟ والاجابة: هي أن الغلاف الجوي يصبح أكثر اضطراباً مع زيادة معدل تناقص الوسط المحيط بحدده؛ أي تنخفض درجة حرارة الهواء بسرعة كلما صعد لأعلي. ويحدث الاضطراب هذا في حالة أن يكون الهواء في طبقات الجو العليا أكثر برودة أو أن الهواء السطحي يصبح أكثر دفئاً (شكل - ١١).

يكون تبريد الهواء في طبقات الجو العليا بسبب:

١- الرياح تجلب الهواء البارد (الغزو البارد - Cold Advection)

٢- انبعاث الأشعة تحت الحمراء من السحب (أو الهواء) إلى الفضاء (يسمى التبريد الإشعاعي - Radiation Cooling)

وقد يعود سبب ارتفاع درجة حرارة الهواء السطحي

إلى:



شكل - ١٢

- ١- تسخين السطح بطاقة الإشعاع الشمسي أثناء النهار
- ٢- تدفق الهواء الدافئ الذي تجلبه الرياح (الغزو الدافئ - Warm Advection)
- ٣- تحريك الهواء فوق سطح دافئ يمكن أن ينتج عن الجمع بين الهواء البارد في الأعلى وهواء السطح الدافئ معدل تناقص حراري حاد وعدم استقرار في الغلاف الجوي كما يظهر في تشكيلة السحب في شكل - ١٢.

- الهواء المشبع بمعدل التناقص الحراري الرطب (تقريباً  $6^{\circ}\text{C}/\text{km}$ ).
- يختلف معدل التناقص الحراري الجاف ومعدل التناقص الحراري الرطب بسبب أن الحرارة الكامنة تنطلق في الجزء الصاعد من الهواء المشبع بسبب كمية التكثف لبخار الماء.
  - في الجو المستقر، عند رفع الجزء من الهواء لأعلي ويكون أبرد (أثقل) من الهواء المحيط به. وبالتالي، فإن الجزء من الهواء الذي تم رفعه يميل إلى العودة إلى موضعه الأصلي (يهبط).
  - في الجو الغير مستقر، عند رفع الجزء من الهواء لأعلي فيكون أكثر دفئاً (أخف) من الهواء المحيط به، وبالتالي سيستمر في الارتفاع بعيداً عن موضعه الأصلي.

في هذه المرحلة، يمكننا أن نرى أن استقرار الغلاف الجوي يتغير على مدار اليوم، ففي حالة وجود طقس صافي وهادئ أثناء شروق الشمس، يكون الهواء السطحي عادة أبرد من الهواء الأعلى منه، ويوجد انقلاب حراري إشعاعي، ويكون الغلاف الجوي مستقرًا تمامًا، كما يحدث من تركيز الدخان أو الضباب العالق بالقرب من سطح الأرض. ومع تقدم ساعات النهار، يُسخن ضوء الشمس سطح الأرض وبالتالي يُدفئ الهواء فوقه. ومع زيادة درجة حرارة الهواء بالقرب من سطح الأرض تصبح طبقة الغلاف الجوي السفلي تدريجياً غير مستقرة - ويتزعزع الاستقرار - وتصل حالة عدم الاستقرار إلى أقصى درجة عادة أثناء ساعات الحرارة العظمى في وقت الظهيرة. وهنا من الممكن تلخيص بعض الحقائق والمفاهيم المتعلقة باستقرار الغلاف الجوي:

- تنخفض درجة حرارة الهواء في الجزء الصاعد من الهواء الرطب بمعدل التناقص الحراري الجاف ( $10^{\circ}\text{C}/\text{km}$ )، بينما تقل درجة حرارة الجزء الصاعد من

## المراجع

- C. Donald Ahrens, R. Henson – 2019: - “Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment, 12<sup>th</sup> Edition”. Cengage Customer & Sales Support, 1 - 800 - 354 - 9706, ISBN - 13: 978 - 1 - 337 - 61666 - 9, 20 Channel Center Street, Boston, MA 02210, USA
- Maarten H. P. Ambaum – 2010: “Thermal Physics of the Atmosphere”, John Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 978 - 0 - 470 - 74515 - 1

# دور المنظمة العالمية للأرصاد الجوية

## ومرافق الأرصاد الجوية في الرصد البيئي



د. كمال فهمي محمد  
كبير باحثين بالإدارة المركزية للتدريب

وبيانات رصد الأحوال الجوية والمناخ والغلاف الجوي والتي تقوم بها مرافق الارصاد الجويه ويتم تجميعها من خلال شبكات نظم الرصد ونقل البيانات والتنبؤ التابعة للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) تبقي واضعي السياسات على اطلاع على حالة البيئة مما يجعلهم أقدر على منع زيادة تدهورها ومواجهة الكوارث والتقليل من تكلفتها.

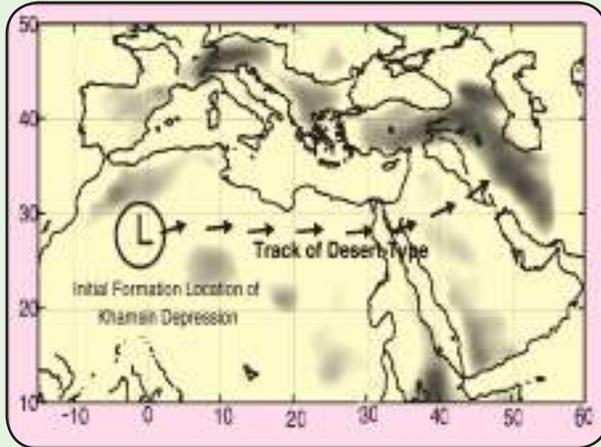
فالبيئة الطبيعية تتعرض مثلا لنقص في الهطول لفترات طويلة فوق أراض معينة مما يؤدي إلى التصحر فيها. ويقدر أن التصحر يهدد خمس سكان العالم. ولذا فإن المنظمة (WMO) توجه اهتمامها إلى الجوانب المتعلقة بتقلبية المناخ وتغيره من حيث تأثير ذلك على البيئة.

المنظمة (WMO) هي المصدر المُعترف به الشامل للرسدات العالمية المنتظمة الفريدة المتعلقة بحالة الطقس والمناخ ومجموعات البيانات والمحفوظات الطويلة الأجل والخبرات العلمية والفنية التي تستخدم جميعها دعماً لتقديم المشورة بشأن السياسات

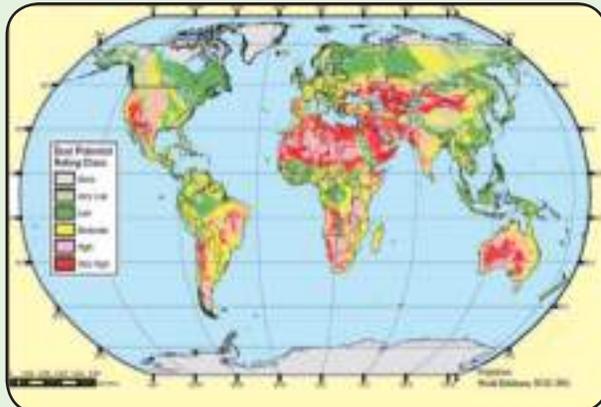
### مقدمه

تعتمد الحياة بأسرها على وجود كوكب صحي صالح للحياة، ولكن النظم المتداخلة والمتمثلة في الغلاف الجوي والغلاف المائي والغلاف الجليدي والغلاف الحيوي والغلاف الصخري والتي تشكّل جميعها البيئة الطبيعية، تهددها الأنشطة البشرية الضاره والغير متوافقه مع النظام البيئي السليم. وبينما يشتد تأثير البيئة الهشة بالكوارث الطبيعية، فإن هذه الكوارث تؤدي أيضاً إلى تدهور البيئة في دورة مدمرة تتعاقب فيها الأسباب والنتائج.

العواصف الرملية والترابية من المخاطر الجوية الشائعة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة. وتنشأ كنتيجة لوجود تفاوت شديد في الضغط وبالتالي تزيد سرعة الرياح في منطقته قاحله ذات تربة مفككة كالصحراء وجافه. وهذه الرياح القوية تحمل كميات كبيرة من الرمال والأترية من الأراضي الجرداء والقاحلة في الغلاف الجوي، وتنقلها على مسافات تتراوح بين مئات آلاف الكيلومترات. فقاربة ٤٠ في المائة من الأهباء الموجودة في التروبوسفير (الطبقة الدنيا من الغلاف الجوي الأرضي) يتألف من جزئيات ترابية بفعل التعرية الريحية. والمصادر الرئيسية لهذه الأترية المعدنية هي المناطق القاحلة في شمالي أفريقيا، وشبه الجزيرة العربية، ووسط آسيا، والصين. ومن تلك المصادر أيضا، وان كان بدرجة طفيفة لكن تظل هامة، استراليا وأمريكا وجنوب أفريقيا.



خريطه توضح مصدر ومسار رياح الخماسين في فصل الربيع والتي تؤثر على مصر



خريطه توضح مصادر العواصف الترابيه والتي يتضح منها ان شمال افريقيا مصدر قوى للعواصف الترابيه

المختصة بمختلف قضايا البيئة الحساسة.

ويساعد التنوع البيولوجي (تنوع أشكال الحياة على الأرض والأنماط الطبيعية التي تنشأ عن هذا التنوع) على مواصلة البيئة العالمية مسيرتها. على أن تلوث الهواء ونقص المياه أو تلوثها وتعرية التربة والنمو الحضري هي كلها عوامل تهدد التنوع البيولوجي. ويُعتبر ارتفاع درجة حرارة المحيطات مسؤولاً عن التراجع الكبير في الشعاب المرجانية التي تعيش عليها مجموعات كبيرة من أشكال الحياة البحرية فضلاً عن قيمتها السياحية الهامة. أما ظواهر النينو فهي شديدة الخطورة. ويحمي الأوزون في طبقة الاستراتوسفير النبات والحياة البحرية والحيوان والإنسان من الإشعاعات الشمسية فوق البنفسجية التي تضر بالحياة على الأرض. على أن الكلوروفلوروكربونات وغيرها من المواد الكيميائية التي ينتجها الإنسان مسؤولة عن تدمير طبقة الأوزون.

وبالتالي جعل أحد الأنشطة الأساسية التي تضطلع به المنظمه العالميه للأرصاء الجويه من خلال المرافق الوطنية للأرصاء الجويه والهيدرولوجيا في مراقبة التغيرات الطويلة الأجل في غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي والإشعاعات فوق البنفسجية والأهباء الجويه (الأيروسولات) والأوزون، وتقدير ما يترتب عليها من آثار بالنسبة للإنسان والمناخ ونوعية الهواء والماء والنظم الإيكولوجية البحرية والأرضية. ومن الأنشطة الأخرى التي تضطلع بها تلك المرافق مراقبة ما يُنقل بواسطة الأجواء أو الماء من جزئيات ضارة عقب ثوران البراكين أو بسبب حادث صناعي. والبيانات الناتجة عن عمليات الرصد التي تقوم بها المنظمة تستخدمها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) في تقديراتها لتغير المناخ وتأثيره المحتمل والخيارات المطروحة للتكيف معه وتخفيف آثاره.

### مرافق الارصاد الجويه مسئوله عن رصد :- العواصف الرملية والترابية:

تهب عادة العواصف الرملية والترابية عندما ترفع الرياح القوية كميات كبيرة من الرمال والأترية من الأراضي الجرداء والقاحلة إلى الغلاف الجوي. وقد أدرك العلماء خلال العقد الماضي آثار تلك العواصف على المناخ وصحة الإنسان والبيئة وعلى قطاعات اجتماعية واقتصادية كثيرة. ويتصدر أعضاء المنظمة (WMO) تقييم هذه الآثار وإعداد نواتج يُسترشد بها في وضع سياسات للاستعداد لها والتكيف معها والتخفيف من حدتها.

التي يزيد حجمها على ١٠ ميكرومترات لا يمكن استنشاقها، وبالتالي لا يمكن أن تؤثر إلا على الأعضاء الخارجية، وتسبب في أغلب الحالات في التهابات في الجلد والعين، والتهاب الملتحمة. أما الجزيئات التي يمكن استنشاقها، الأصغر من ١٠ ميكرومترات، فإنها تحتجز في أغلب الأحيان في الأنف والفم والجزء الأعلى من القصبة الهوائية، ويمكن أن يكون لها صلة من ثم بالاضطرابات التنفسية مثل الربو والتهاب القصبة الهوائية والالتهاب الرئوي والتهاب الأنف التحسسي. بيد أن الجزيئات الأذق حجماً يمكن أن تصل إلى الجزء الأسفل من القصبة الهوائية وتدخل في مجرى الدم حيث يمكن أن تؤثر على كافة الأعضاء وتسبب في اضطرابات في الأوعية القلبية. ووفقاً لحالة الطقس والمناخ، يمكن أن يظل التراب معلقاً في الهواء لأيام، مسبباً تفسحي الحساسية بعيداً عن مصدرها.

### الأثار على البيئة والمجتمع

الترسبات الترابية السطحية مصدر المغذيات الدقيقة للنظم الايكولوجية القارية والبحرية على السواء. فيعتقد أن التراب في الصحراء الكبرى يخصب أمطار الغابات الأمازونية. كما يُعتقد أن نقل التراب للحديد والفسفور يضيف إنتاج الكتلة الإحيائية البحرية في أجزاء المحيطات التي تعاني نقص هذين العنصرين. لكن التراب له أيضاً آثار سلبية كثيرة على الزراعة، منها تقليص غلة المحاصيل بسبب طمر النباتات الصغيرة، مما يتسبب في ضياع نسيج النبات والحد من التمثيل الضوئي وزيادة تآكل التربة.

ويشمل الترسب الترابي غير المباشر سد قنوات الري وتغطية مسارات الانتقال والإضرار بجودة مياه الأنهار والجداول. كما يؤثر انخفاض الرؤية الناجم عن التراب الجوي على النقل الجوي والبري، فضعف الرؤية يمثل خطراً خلال هبوط الطائرات وإقلاعها، ويؤدي إلى تغيير أماكن الهبوط وتأخير الإقلاع. هذا، ويمكن أن يحثك التراب أيضاً بسطح الطائرات ويتلف المحركات. ويمكن أن يؤثر التراب على محطات الطاقة الشمسية، لا سيما المحطات التي تعتمد على الإشعاع الشمسي المباشر. فالترسبات الترابية على الألواح الشمسية مصدر قلق رئيسي لمشغلي المحطات، والمحافظة على نظافة مجمعات الطاقة الشمسية من التراب لمنع الجزيئات الترابية من حجب الإشعاع القادم أمر يتطلب وقتاً وعمالة.

وترتفع الجزيئات الترابية، بعد انطلاقها من السطح، إلى طبقات عليا من التروبوسفير بفعل التيارات الجوية الصاعدة بسبب الحمل الحراري. وتنقل الرياح هذه الجزيئات لفترات تتوقف مدتها على حجم هذه الجزيئات والأحوال الجوية، قبل أن تهبط إلى السطح مرة أخرى. ولما كانت الجزيئات الكبيرة تسقط أسرع من الجزيئات الصغيرة، يحدث تحول خلال عملية الانتقال نحو الجزيئات الأصغر. كما تحدث عملية غسل للتراب في الغلاف الجوي بفعل الهطول. وتتراوح فترة بقاء الجزيئات الترابية في الغلاف الجوي بين عدة ساعات بالنسبة إلى الجزيئات التي يتجاوز قطرها ١٠ ميكرومترات، إلى أكثر من ١٠ أيام للجزيئات التي يقل قطرها عن ذلك.

### التفاعل مع الطقس والمناخ

تؤثر الأهباء الجوية، لا سيما الأتربة المعدنية، على الطقس، وكذلك على المناخ العالمي والإقليمي. فالجزيئات الترابية تعمل، خاصة إذا ما طالها التلوث، كنويات تكثف لتكوين السحب. وتتوقف قدرة الجزيئات الترابية على القيام بهذا الدور على حجمها وشكلها وتكوينها، وهو ما يتوقف بدوره على طبيعة التربة التي جاءت منها والانبعاثات وعمليات الانتقال. وتغيير التكوين الميكروفيزيائي للسحب يغير قدرتها على امتصاص الأشعة الشمسية، وهو ما يؤثر بشكل غير مباشر على الطاقة التي تصل إلى سطح الأرض. وتؤثر الجزيئات الترابية أيضاً على حجم القطيرات التي تتساقط من السحب والبلورات الجليدية، الأمر الذي يؤثر على كمية وأماكن الهطول.

والغبار المحمول جواً له نفس التأثير الصوبي؛ فهو يمتص أشعة الشمس الداخلة إلى الغلاف الجوي الأرضي ويشتتها، ويقلل من ثم الكمية التي تصل سطح الأرض، ويمتص أيضاً الإشعاع الطويل الموجة المرتد من السطح، ويعيد بثه في كافة الاتجاهات. وعلى غرار ما سبق، تتوقف قدرة جزيئات الغبار على امتصاص أشعة الشمس على حجم هذه الجزيئات وشكلها وتكوينها المعدني والكيميائي. ويلزم أيضاً الحصول على التوزيع الرأسي لغبار في الهواء وعلى خصائص السطح التحتي لتحديد مدى الأثار.

### لأثار على صحة الإنسان

يمثل الغبار المحمول جواً خطراً على صحة الإنسان. وحجم جزيئات الغبار من العناصر الرئيسية التي تحدد المخاطر المحتملة على صحة الإنسان. فالجزيئات

## ٢:- الأوزون

الأوزون هو شكل للأكسجين تحمل جزيئاته ثلاث ذرات بدلا من ذرتين. ويوجد الأوزون في كل من التروبوسفير وفي الستراتوسفير، أي تقريبا أعلى من عشرة كيلومترات إلى خمسين كيلومتراً من الأرض. ويعمل الأوزون كدرع يحمينا من الإشعاع فوق البنفسجي الضار المنبعث من الشمس.

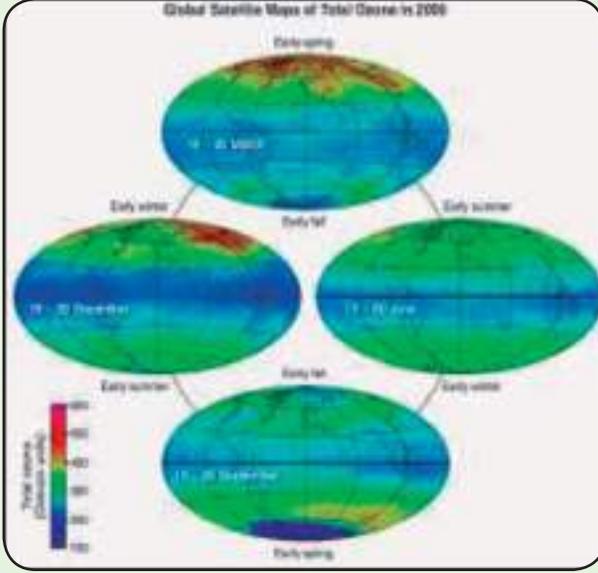
ولكن الأوزون قريبا من سطح الأرض أي في طبقة التروبوسفير يعتبر ملوث، فهو يمكن أن يتسبب في صعوبات في التنفس وفي إلحاق ضرر بالنباتات والمحاصيل. وهو أحد عناصر الضباب الدخاني. ولذا، فإن مسألة ما إذا كان الأوزون جيدا أو سيئا تعتمد على مدى ارتفاعه في الغلاف الجوي.

وتتعرض طبقة الأوزون للهجوم من الكلور (الكلوروفلوروكربون، CFC) ومركبات البروم (الهالون) التي كانت فيما مضى تُستخدم بكثرة في منتجات من قبيل الوقود الدفعي النفاث في علب الرذاذ، وكمواد تبريد، وكمبيدات آفات، وكمواد مذيبة، وكمواد لإطفاء الحرائق. وعندما تصل هذه المواد إلى الستراتوسفير، يؤدي الإشعاع فوق البنفسجي من الشمس إلى تحللها وإطلاق ذرات الكلور والبروم، التي تتفاعل مع الأوزون. وهذه التفاعلات تؤدي إلى دورات كيميائية من تدمير الأوزون تستنفد طبقة الأوزون الواقية.

وقد قُدِّر أن ذرة كلور واحدة يمكن أن تقضي على أكثر من ١٠٠٠ جزيئ من الأوزون. ولكن ذرات البروم أكفا حوالي ٥٠ مرة في تدمير الأوزون، ومن فضل الله أن وفرة البروم في الغلاف الجوي أقل كثيرا من وفرة الكلوروفلوروكربونات (GFCs).

وتتفيد البلدان بالاتفاقات الدولية الموجودة حالياً، من قبيل اتفاقية فيينا وبروتوكول مونتريال وتعديلاتهما. ومجموع كمية المركبات المحتوية على كلور وبروم الموجودة في الغلاف الجوي تنخفض الآن ببطء، بعد أن كانت قد بلغت ذروتها نحو عام ٢٠٠٠، ولكن من المرجح أن عودة كمية الكلور والبروم إلى ما كانت عليه قبل عام ١٩٨٠ (أي تقريبا عندما رُصد أول ثقب في الأوزون في المنطقة القطبية الجنوبية (أنตาร์كتيكا) ستستغرق ٥٠ عاماً.

وتبين تقارير علمية صدرت مؤخراً أن انخفاض حجم طبقة الأوزون قد توقف في معظم مناطق العالم، ولكن تزايد حجم طبقة الأوزون مرة أخرى قد لا يبدأ قبل سنوات. فاضمحلال طبقة الأوزون في المنطقة



صورة قمر صناعي توضح توزيع الأوزون خلال فصول السنة لعام ٢٠٠٩ يتضح منها اضمحلال طبقة الأوزون في القطب الجنوبي في فصلي الربيع والخريف

القطبية الجنوبية الذي يبدو كل سنة في الفترة الزمنية الممتدة من سبتمبر إلى نوفمبر، لم يصبح أسوأ في السنوات الخمس إلى العشر الأخيرة، ولكن لا توجد أيضاً أي علامة على حدوث تحسن كبير حتى الآن.

## ٣:- غازات الاحتباس الحراري

للأرض تأثير احتباس حراري طبيعي ناتج عن وجود كمية من بخار الماء (H2O)، وثاني أكسيد الكربون (CO2)، والميثان (CH4)، وأكسيد النيتروز (N2O) في الغلاف الجوي والتي تسمى غازات الاحتباس الحراري. وهذه الغازات تسمح بوصول الإشعاع الشمسي إلى سطح الأرض ولكنها تمتص الأشعة تحت الحمراء المنبعثة من الأرض وتؤدي بذلك إلى احترار سطح كوكب الأرض. ومن اللازم التمييز بين ظاهرة الاحتباس الحراري الطبيعية وظاهرة الاحتباس الحراري المعززة. فظاهرة الاحتباس الحراري الطبيعية تنتج عن الكميات الطبيعية من غازات الاحتباس الحراري السابق ذكرها وهي حيوية للحياة حيث رفعت متوسط درجة حرارة كوكب الأرض من -١٨ درجة سلزيوس إلى ١٤ درجة سلزيوس فلكيا أي في حالة عدم وجود غلاف جوي. وفي غياب ظاهرة غازات الاحتباس الحراري الطبيعية يصبح سطح الأرض أبرد بمقدار ٣٣ درجة مئوية.

أما ظاهرة الاحتباس الحراري المعززة والتي تنتج نتيجة النشاطات البشرية وزيادة انبعاث غازات



للأهباء الجوية في محطات برنامج المراقبة العالمية للغلاف الجوية (GAW) التابع للمنظمة (WMO) وهي معبره عن تركيز الايروسولات بغض النظر عن نوعيته اوتوزيعه الحجمي.

#### ٥:- الغازات المتفاعلة

الغازات المتفاعلة كمجموعة تتسم بتنوعها الشديد وتشمل الأوزون السطحي (O3)، وأول أكسيد الكربون (CO)، والمركبات العضوية المتطايرة (VOCs)، ومركبات النيتروجين المؤكسدة (NOx)، وثنائي أكسيد الكبريت (SO2). وهذه المركبات تؤدي جميعها دورا في كيمياء الغلاف الجوي ومن ثم فهي ضالعة بشدة في العلاقات المتبادلة بين كيمياء الغلاف الجوي والمناخ، إما من خلال التحكم في الأوزون وقدرة الغلاف الجوي على الأكسدة، أو من خلال تكوين الأيروسولات. وقاعدة القياس العالمية لمعظمها غير مرضية، والاستثناء الوحيد هو الأوزون السطحي وأول أكسيد الكربون. وتقاس الغازات المتفاعلة في محطات برنامج المراقبة العالمية للغلاف الجوي (GAW) التابع للمنظمة (WMO)

#### ٦:- الإشعاع الشمسي فوق البنفسجي

تحمينا طبقة الأوزون من الإشعاع الشمسي فوق البنفسجي الضار. فالأوزون الموجود في الاستراتوسفير يمتص بعض إشعاع الشمس فوق البنفسجي الضار بيولوجيا. ومعظم الإشعاع القصير الموجة (ما يسمى

دورا هاما في تكوين السحب وتلعب دورا هاما في خصائص السحب الضوئية وفترة بقاء السحب.

فترة بقاء الايروسولات في الغلاف الجوي لاتتعدى أيام في حالة وجوده في التروبوسفير لتعرضه للترسيب سواء بهطول الأمطار أو كنتيجة لعمليات فيزيائية. بينما الايروسولات الناتجة من البراكين والتي تصل الى الاستراتوسفير فتظل عالقة لشهور وقد تصل لسنين فعندما ثار بركان جبل بيناتوبو في الفلبين عام ١٩٩١ فإن توابع الانفجار في الغلاف الجوي سببت هبوطاً في كمية الإشعاع الشمسي الواصلة إلى سطح الأرض بمقدار ٢ بالمائة، وقد نتج عن ذلك تأثيرات تبريدية استمرت عامين

ان تأثير الأهباء الجوية على الغلاف الجوي يُعترف على نطاق واسع بأنه أحد أهم جوانب إسقاطات تغير المناخ وأكثرها اتساما بعدم التيقن إضافة الى تأثيره السلبي على الصحة العامة. فاتجاه الاحترار العالمي الملحوظ أقل كثيراً مما هو متوقع من جراء تزايد غازات الاحتباس الحراري، ومن الممكن تفسير قدر كبير من الفرق بتأثيرات الأهباء الجوية. فالأهباء الجوية تؤثر على المناخ من خلال التشتت والامتصاص المباشرين للإشعاع الشمسي الوارد واحتباس الإشعاع الطويل الموجة الصادر وكذلك من خلال تغيير الخاصية البصرية للسحب وتكوّن السحب والهطول.

ويقاس العمق البصري (optical thickness)



يصاحبه انخفاض في تركيز الملوثات. ويتخلص الغلاف الجوي من هذه الشوائب بإحدى الطرق التالية:

### الترسيب المباشر أو الترسيب الجاف

#### Dry Deposition

وبه يتخلص الغلاف الجوي من قرابة ١٠% من كتلة الشوائب التي تدخله وبخاصة الأجسام العالقة كبيرة الحجم بطريقة الترسيب المباشر إذ تترسب هذه الدقائق وتنزل إلى السطح بفعل جذب الأرض لها، أو محمولة مع التيارات الهوائية الهابطة. ومن العوامل الجوية التي تعتمد عليها سرعة الترسيب الجاف هي حالة الاستقرار الجوي. وإذا كان الجو مستقرًا فإن ذلك يعني غياب التيارات الهوائية الصاعدة وبالتالي سوف تقل قوة الطفو المؤثرة على الدقائق العالقة في الجو الأمر الذي يجعل قوة جذب الأرض لهذه الملوثات أكثر فاعلية في ترسيبها. وقد يلاحظ الذين يسكنون قرب الكسارات أو المحاجر أو مصانع الاسمنت وغيرها أن طبقة الغبار التي تترسب على بيوتهم وسياراتهم وعلى الأشجار المحيطة غالبًا ما تتكون أثناء الليل.

### الترسيب الرطب Wet Deposition

عندما يكون ترسيب الملوثات الجوية مصاحباً لإحدى عمليات الهطول فإننا نسميه ترسيباً رطباً. ويتم هذا النوع من الترسيب بواسطة العمليات أو الطرائق التالية:

أ- نويات التكاثف Condensation Nuclei: من أجل أن تتكون قطرات المطر لا بد من توافر دقائق صلبة يتكثف عليها بخار الماء مكوناً قطرات السحب التي تكبر ويزداد حجمها وتنزل على شكل هطول (أمطار وثلوج). وتسمى هذه الدقائق نويات التكاثف، وتتكون من الملوثات الجوية ودقائق الغبار والأملاح الموجودة في الهواء.

ب- الغسل بواسطة الهطول Scavenging: تصطدم قطرات المطر أو الثلج النازلة بدقائق الملوثات الجوية العالقة وبخاصة كبيرة الحجم منها فتلتصق بها وتحملها معها إلى سطح الأرض. وهذه العملية مهمة جداً في التخلص من الشوائب الجوية حيث يقدر العلماء أن ٨٠% من كتلة الشوائب العالقة في الغلاف الجوي للكرو الأرضية تغسل بواسطة الهطول. ومن هنا يمكن اعتبار أن الهطول يقوم بمهمة غسل الجو من الشوائب إذ نلاحظ بعد نزول المطر أن مدى الرؤية الأفقية قد تحسّن وأن الجو

الإشعاع فوق البنفسجي (باء) تمتصه طبقة الأوزون، في حين أن الإشعاع فوق البنفسجي الطويل الموجة (ما يسمى الإشعاع فوق البنفسجي - ألف) يمر عبر طبقة الأوزون ويصل إلى الأرض.

ومن الممكن التعبير عن شدة الإشعاع فوق البنفسجي بواسطة الرقم القياسي للإشعاع فوق البنفسجي. وقد أصدرت المنظمة (WMO)، بالتعاون مع منظمة الصحة العالمية ومنظمات أخرى، دليلاً إرشادياً بشأن كيفية إبلاغ الجمهور بالإشعاع الشمسي فوق البنفسجي. والوعي بشأن كيفية التصرف إزاء التعرض للشمس مهم للحد من التزايد السريع لسرطان الجلد الملحوظ لدى الكثير من الجماعات السكانية. ويُقاس الإشعاع الشمسي فوق البنفسجي في محطات برنامج المراقبة العالمية للغلاف الجوي (GAW) التابع للمنظمة (WMO).

#### ٧- الترسيب في الغلاف الجوي

تظل كيمياء الهطول قضية بيئية رئيسية في العديد من أنحاء العالم (مثلاً، الجزء الشرقي من أمريكا الشمالية، وجنوب شرق آسيا، وأوروبا) بسبب الشواغل المتعلقة بالترسيب، والتأجّن (الماء المتغير الطعم واللون) وترسّب المعادن الثقيلة، وصحة النظم الإيكولوجية، وتدوير المواد الكيميائية الأرضية البيولوجية، وتغير المناخ العالمي. وفي السنوات الأخيرة، زادت الشواغل من الترسبات الرطبة وحدها لتشمل اعتبارات من قبيل تركيزات الهواء، والترسبات الجافة، وعمليات التبادل بين السطح والهواء، لا سيما فيما يتعلق بدورات عمر الأنواع المتحمضة، وغازات الاحتباس الحراري، والأنواع المتأكسدة في الغلاف الجوي. وعلى الرغم من هذه الشواغل، لم يتحقق الكثير لإدراج هذه العوامل الإضافية في إطار المراقبة العالمية للغلاف الجوي (GAW) نتيجة في المقام الأول لقيود الميزانية. وتجري عمليات رصد كيمياء الترسيب في عدد من المواقع في برنامج المراقبة العالمية للغلاف الجوي (GAW) التابع للمنظمة (WMO).

يوفر الغلاف الجوي بمكوناته المختلفة، وبخاصة الماء، وسطاً لتفاعلات كيميائية تتحول معها الملوثات الجوية من شكل إلى آخر. وتسمى الملوثات الناتجة بهذه الطريقة بالملوثات الثانوية وهي ملوثات لا تقل ضرراً وخطورة على البيئة عن الملوثات الأساسية التي تكونت منها. إن عمليات مزج الملوثات الجوية ونقلها تؤدي إلى تخفيف تركيز هذه الملوثات ولكنها لا تزيلها من الغلاف الجوي لذلك فإن الطقس الغير مستقر

حيوان على هذا الكوكب) تُعد المحيطات نقطة النهاية للكثير من التلوث الذي نحدثه على اليابسة، بغض النظر عن بُعدنا عن السواحل، ومن انبعاثات الكربون الخطيرة إلى تسرب النفط وغيرها من النشاطات البشرية. فإن أنواع تلوث المحيطات التي يولدها البشر هائلة، ونتيجة لذلك فإن تأثيرها على البحار بشكل جماعي يؤدي إلى تدهور صحتنا بمعدل ينذر بالخطر. ومن آثار تلوث المحيطات على البيئة لها عواقب متنوعة أحدهما هو زيادة النيتروجين والفوسفور، على الرغم من أن النباتات تتطلب هذه للنمو إلا أن التركيز العالي جداً يمكن أن يتسبب في تكاثر الطحالب والتي تمتص جزء من ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي ولكن تجتاح الطحالب النظام البيئي، وبمجرد أن تبدأ هذه الكائنات في الغرق والتحلل ينضب الأكسجين وتصبح المنطقة منطقة ميتة لأن الحياة البحرية لا يمكن أن تعيش في تلك البيئة. أيضاً يشكل تسرب النفط خطراً على الحياة البحرية وتعطيل دورة الشعاب المرجانية. أيضاً بزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي يمتص بواسطة المحيط مما يزيد من حموضة المحيطات مما يؤثر سلباً على سلامة النظام البيئي للمحيطات.

أصبح نظيفاً وخالياً من الشوائب. او تكثف بخار الماء على بعض الملوثات الغازية مثل أكاسيد الكبريت والنيتروجين وثاني أكسيد الكربون والذي يؤدي إلى تكون الامطار الحمضية Acid Rain الذي يؤدي إلى إلحاق أضرار كبيرة بالمنشآت التي يسقط عليها، والمزروعات والغابات، ويؤدي إلى قتل الحياة المائية نتيجة زيادة حمضية مياه البحيرات التي تصلها هذه الأمطار.

### التسرب إلى طبقات الجو العليا Leakage

تتسرب كميات من بعض الملوثات التي لا تذوب في الماء مثل مركبات الكلور إلى الطبقات العليا من الجو وتبقى هناك لفترات طويلة من الزمن ويترك بعضها آثاراً سلبية خطيرة على الغلاف الجوي كما حدث نتيجة استخدام غازات كلوروفلوروكربون (CFCS) الذي أدى إلى تآكل طبقة الأوزون كما ذكرنا سابقاً.

### ٨ مُدخلات الملوثات الكيميائية الجوية في المحيطات

تغطي المحيطات أكثر من ٧٠ في المائة من كوكبنا، وهي من بين الموارد الطبيعية الأكثر قيمة على الأرض، حيث أنهم يتحكمون في الطقس وينظفون الهواء ويساعدون في إطعام العالم ويوفرون لقمة العيش للملايين، كما أنها موطن لمعظم أشكال الحياة على الأرض من الطحالب المجهرية إلى الحوت الأزرق (أكبر

## المصادر

<https://public.wmo.int>

<https://public.wmo.int/en/our-mandate/focus-areas/environment/SDS>

[https://uneplive.unep.org/redesign/media/docs/assessments/global\\_assessment\\_of\\_sand\\_and\\_dust\\_storms.pdf](https://uneplive.unep.org/redesign/media/docs/assessments/global_assessment_of_sand_and_dust_storms.pdf)



### الجزء الاول اتجاه الرياح

فى هذا المقال سوف نلقى مزيدا من الضوء على الاجهزة المستخدمة فى قياس اتجاه الرياح ومزايا كل منهم والعيوب الفنية لكل منهم

#### اولا: جهاز قياس الرياح باستخدام المقاومة المتغيرة:

وهذا النوع هو الاشهر والاكثر انتشارا حول العالم وطبعا لرخص ثمنه وسهولة التكنولوجيا الخاصة به حيث يعتبر بسيط للغاية وغير معقد سواء من ناحية التصميم او من ناحية الصيانة ويتكون الجهاز من مقاومة متغيرة على شكل دائرة مثبت بعمودها زراع فى طرفه سهم مؤشر الاتجاه الذى يعرض للهواء فياخذ اتجاه الرياح مما يتبعه دوران المقاومة المتغيرة لتثبت عند نقطة تكون قيمة المقاومة تكافئ ميل المؤشر الذى يعبر عن اتجاه الرياح .

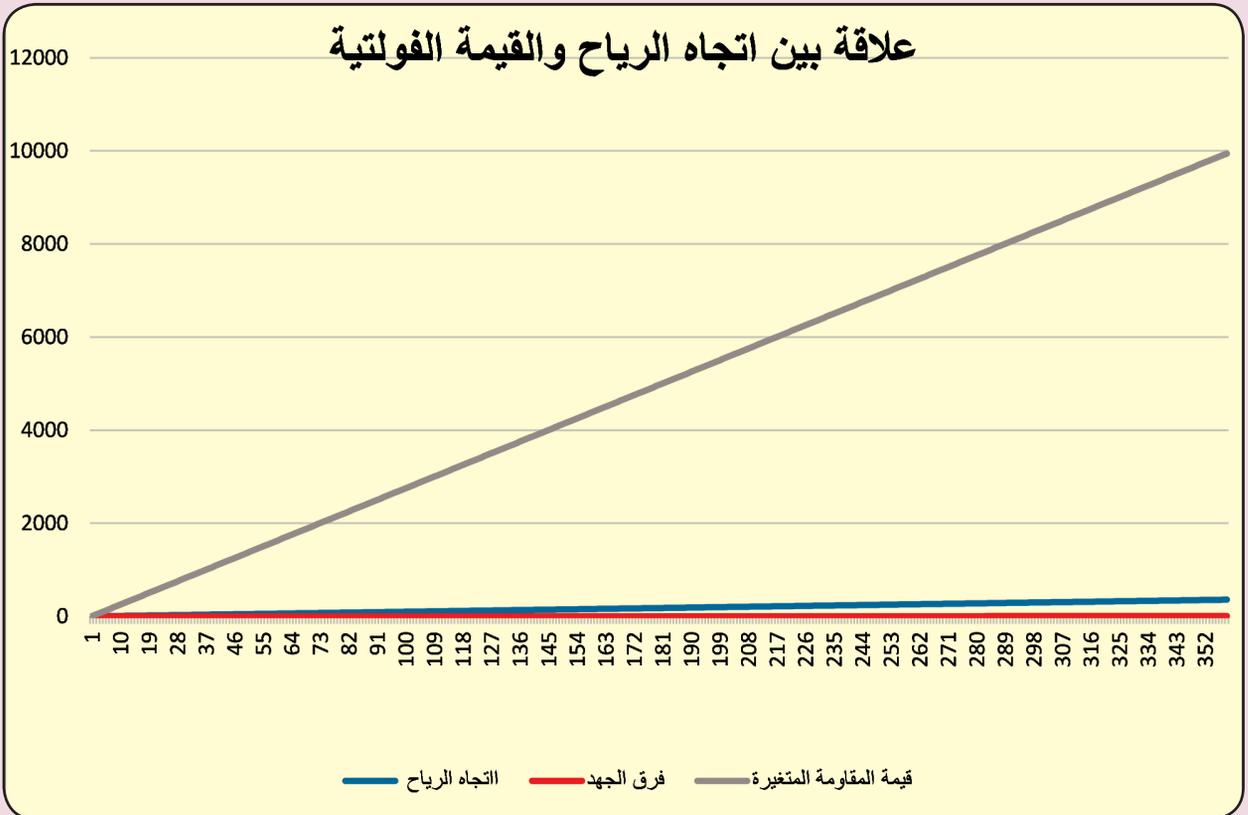
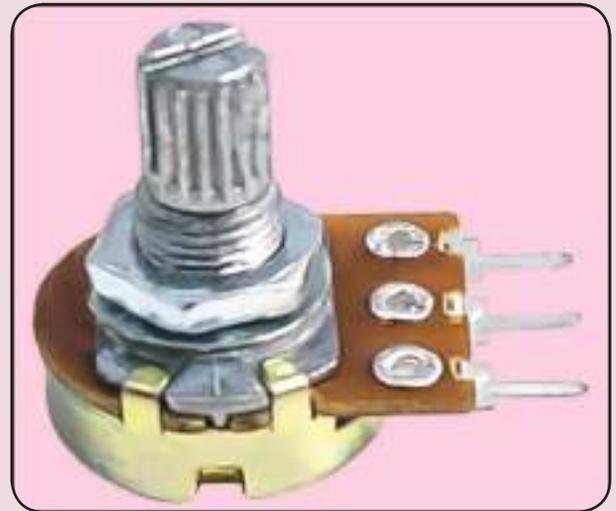
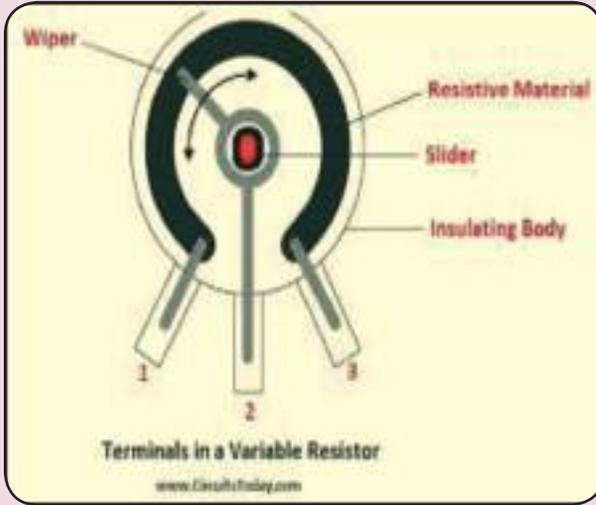
وتكون نقط التوصيل الاساسية لهذا الجهاز هى نقط توصيل المقاومة المتغيرة وهى اول المقاومة واخر المقاومة والنقطة المتغيرة المنزلة على المقاومة ويكون فرق الجهد المقاس بين اول المقاومة والنقطة المتغيرة الذى يعبر عن اتجاه الرياح حيث يتغير من صفر الى ٥ فولت لتكون صفره فى الشمالى و ٢,٥ فولت هو الجنوبى الى اخره بطريقة خطية بسيطة

# الاختلافات التقنية فى جهاز قياس اتجاه وسرعة الرياح



#### اعداد

**صبرى محمد الفولى عبد العزيز**  
مدير ادارة التدريب على  
الاتصالات والاقمار الصناعية



بينهم هي منطقة عدم اى غير معروفة فى اصطلاح الحاسوب وتظهر بمجمع البيانات not available وعند اجراء اى عمليات حسابية خاصه بمتوسطات الرياح سنجد ان هذه مشكله قد نتغلب عليها بان نحذف جميع القراءات من مثل هذا النوع ولكنه تحايل بعض الشئ

كما يمكن فى عملية المعايرة والضبط والاصلاح قراءة المقاومة فى اى نقط بواسطة الافوميتر ثم تحديد الاتجاه من خلال الرسم البيانى السابق

#### عيوب الجهاز

١. فى التصميم حيث ان باعتبار ان المقاومة المتغير لها بداية ولها نهاية فهذا يعنى ان المنطقة الموجوده

Decimal Number	4 bit Binary Number ABCD	4 bit Gray Code G <sub>3</sub> G <sub>2</sub> G <sub>1</sub> G <sub>0</sub>
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0010	0011
3	0011	0010
4	0100	0110
5	0101	0111
6	0110	0101
7	0111	0100
8	1000	1100
9	1001	1101
10	1010	1111
11	1011	1110
12	1100	1010
13	1101	1011
14	1110	1001
15	1111	1000

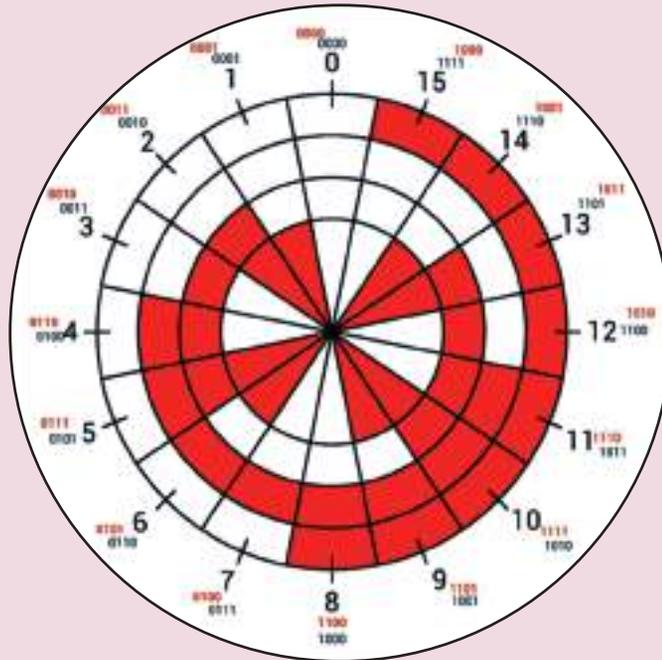
٢- على الرغم من ان هذه المقاومة معزولة عزلا جيدا عن عوامل التعرية والجهاز اصلا معزول من الخارج والداخل الا ان التراب والغبار والاملاح العالقة والرطوبة تتسرب من هذه العوازل جميعا لتصل بالنهاية على سطح المقاومة المتغيرة مما يزيد من الاحتكاك وبالتالي تصبح حركة المؤشر غير سلسة ويحدث مع الوقت تآكل في المقاومة محدثا نتونات وحفر في الجهاز مما يفقد الجهاز قدرته على العمل التوصية بالنسبة لمن عندهم هذه الاجهزة هي عمل صيانات دورية والكشف المستمر عليه بالنسبة لى شخصيا لا احبذ ان يتم استخدامه بالمطارات والمحطات المهمة لما بيناه من العيوب السابقة.

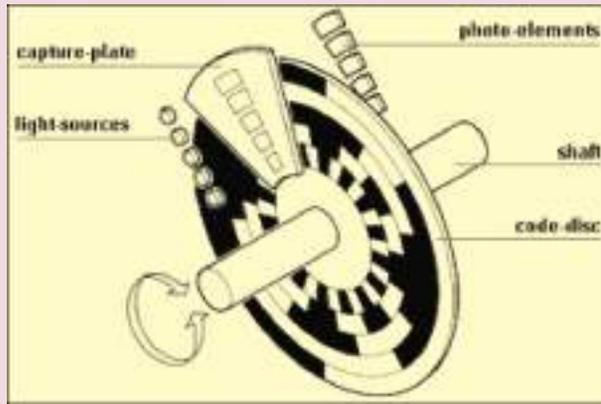
### النوع الثانى من اجهزة قياس اتجاه الرياح ( الجراى كود Gray code )

#### ١- مقدمة مهمة:

وهو معروف بهذا الاسم نسبة الى العالم Frank Gray وتقوم فكرة هذا الكود عن تطوير النظام الثانى المستخدم فى الحاسوب وقد لاحظ جراى ان فى النظام الثنائى يحد عند زيادة الارقام ان يكون هناك تغيير فى اكثر من خانة فى نفس الوقت وعندما أراد عمل جهاز تكويدي رأى ان مثل هذا التغيير يحد عدم متابعة فى الوقت الحقيقى له الجدول التالى يبين الفكرة بصورة ادق

وهنا تكمن الفائدة انه ثنائى ولكن قاعدة الزيادة فى ارقامه لا تحدث فى أن واحد فإذا نظرنا الى الرقم ٣ واربعه سنجد ان فى النظام الثنائى قد تغير الثلاث خانات فى وقت واحد اما فى النظام الجراى فقد تغيرت خانة واحده فى الوقت .  
وقد تم توقيع هذا النظام على شكل دائرى ليكون بالشكل التالى





وقد لاحظ ان توقيع الرسم على دائرة قد يعبر عن الاتجاهات الجغرافية الاساسية والفرعية واذا زاد عدد الخانات لتصل الى سبعة خانات سيكون الفرق بعد التمثيل الدائرى حوالى ٣ درجات وهو ما جعل مصممو الاجهزة استخدامه فى جهاز قياس اتجاه الرياح

## ٢- تصميم جهاز اتجاه الرياح (الجرى كود Gray code)

يتم عمل قرص من مادة غير نافذة للضوء مع تنقيب القرص طبقا للجرى كود ثم وضع مجموعة من الثنائيات المضيئة ( Photo diode )



تساوى عددها الثقوب الموجودة مع وضع اعلى القرص مستقبالات للضوء التى تكون عددها مساوى لعدد الثنائيات المضيئة والتي ستتقبل فقط عند مرور الثقب فوقها كما بالرسم وفى هذه الحالة تكون الاسطوانة الدائرية معلقة تعليقا حرا غير ملامسة متلافية عيوب النظام السابق

## ٢- كيفية حساب دقة القراءات فى نظام الجرى كود

### لحساب دقة القراءات نتبع القاعدة الاتية

فمثلا اذا اخذنا ٧ خانات اى ان  $n = 7$  تكون دقة الجهاز  $= 360/7$  حوالى ٢,٨ درجة وهذا ممتاز جدا الشكل التالى يبين شكل تصميم ل ٧ خانات موقعة على شكل دائرى

وبهذا نكون قد القينا الضوء على اكثر الاجهزة المستخدمة عالميا لقياس اتجاه الرياح فى المقال القادم ان شاء الله سوف نشرح اجهزة قياس سرعة الاتجاه والاجهزة المدمجة



# الديناميكا الحرارية للغلاف الجوي

اعداد: حنان محمد عبدالرحمن



مدير ادارة الامتحانات والتقييم  
الادارة العامة للبرامج والتقييم

تلعب الديناميكا الحرارية دوراً مهماً في فهمنا الكمي لظواهر الغلاف الجوي التي تتراوح من أصغر العمليات الفيزيائية الدقيقة للسحب إلى الدوران العام للغلاف الجوي.

من الهواء، أو قطعة معدنية وهكذا . ويجب ألا يتفاعل النظام كيميائياً مع الوعاء الذي يحتويه والا أصبح الوعاء من النظام ايضاً . وبإمكان النظام ان يتبادل الطاقة مع أنظمة اخرى والتي تكون الوسط المحيط (Surrounding, Environment) للنظام المعين.

وتصنف الانظمة إلى:-

## ١- نظام مفتوح: (Open system)

هو النظام الذي يسمح بتبادل الطاقة والمادة مع الوسط المحيط شكل (١) أ. حيث يسمح الدورق بتبادل الطاقة مع الوسط المحيط به.

## ٢- نظام مغلق: (Closed system)

هو النظام الذي لا يسمح بتبادل المادة ولكنه يتبادل الطاقة مع الوسط المحيط به. شكل (١) ب. حيث يسمح الدورق المغلق تماماً بتبادل الطاقة (بالتسخين أو التبريد) مع الوسط المحيط به، ولا يسمح بهروب أو دخول الغاز.

## ٣- نظام معزول: (Isolated system)

هو النظام الذي لا يسمح بتبادل الطاقة أو الكتلة مع الوسط المحيط به وهو معزول تماماً عن أي أنظمة أخرى. شكل (١) ج. حيث لا يسمح الدورق بتبادل الطاقة مع الوسط المحيط مثال على ذلك الترمس فهو تقريباً يحتفظ بالمادة والطاقة (الحرارة) لفترة طويلة.

## ثرموديناميكا الغلاف الجوي:

### (Atmospheric thermodynamics)

دراسة تأثير الحرارة في عمليات الطقس وتغيرات نظام جو الأرض، وذلك بتطبيق القوانين الأساسية للثرموديناميكا الكلاسيكية. وتتعلق ثرموديناميكا الغلاف الجوي للأرض بدراسة خواص الهواء المحمل بالرطوبة، وتكوّن السحب، و الحمل الحراري الجوي ، والاستقرار الرأسي للغلاف الجوي . ويشكل الثرموديناميكا للغلاف الجوي للأرض أساسيات نشأة السحب و الحمل الحراري باستخدام نماذج حسابية، و يختص بدراسة خواص الاتزان (Equilibrium properties) لنظام معين بحيث تكون درجة الحرارة هي المتغير الأساسي والمهم . وتختص الديناميكا الحرارية ايضاً بدراسة التغيرات التي تحدث للحرارة الى صور مختلفة للطاقة و العكس بالعكس و بالنسبة للأرصاء الجوية تكون هذه العلاقة هامة جداً لعمل توقعات جوية ذات دقة مرتفعة لما سيحدث في الغلاف الجوي.

و الديناميكا الحرارية تساعدنا في فهم توزيعات الحرارة في الغلاف الجوي ، و كيفية تكون السحب والظواهر الجوية ، و الدورة العامة للرياح.

و النظام في علم الديناميكا الحرارية هو الشئ الذي نتحدث عنه دائماً. فمن الممكن ان يكون النظام خزان

حزمة من الهواء والوسط المحيط هو الغلاف الجوي .  
فمثلا اذا تم تسخين كمية معينة من الهواء، فسوف  
تصبح اسخن من الوسط المحيط بها ، و تصبح كثافتها  
اقل وبالتالي سوف يحدث لها طفو لأعلى  
هذا المثال هو من ابسط انواع تطبيقات الديناميكا  
الحرارية فى الغلاف الجوى.

### المتغيرات الديناميكية الحرارية

يوجد بعض الكميات الفيزيائية التي تستخدم  
لوصف السلوك الملاحظ للمادة وتسمى خواص وهى  
خواص ملحوظة للنظام وبالإمكان حسابها، وهى:

#### ١- درجة الحرارة (T):

تعبر عن الجهد الحراري (Thermal potential)  
وهي تستخدم كمقياس للسخونة والبرودة للمادة.  
وبمعنى أعمق، هو مقياس لمتوسط طاقة الحركة التي  
تمتلكها جزيئات النظام.

#### ٢- الضغط (P):

يعبر عن الجهد الميكانيكي (Mechanical  
potential) وهي القوة العمودية لوحدة المساحات.

#### ٣- الحجم (V):

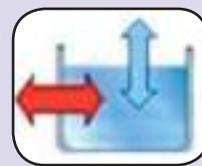
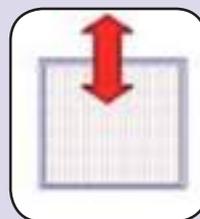
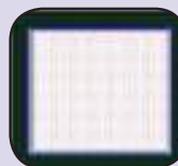
يعبر عن الازاحة الميكانيكية (Mechanical  
displacement) وهي كمية الفراغ التي تشغلها المادة.

#### ٤- الإنتروبي (S):

تعبر على الإزاحة الحرارية ((Thermal  
displacement وهي مقياس لعشوائية النظام  
(Disorder of the system)

دخول وخروج  
الطاقة (الحرارية)

دخول وخروج  
مادة النظام  
والطاقة (الحرارية)



ج

ب

أ

شكل (١) تصنيف الانظمة

وبين النظام والوسط المحيط والذي يتم من خلاله  
تبادل الطاقة أو المادة يوجد حد فاصل يسمى بحاجز  
(إطار) النظام (System wall) وهناك أنواع عدة من  
الحواجز نذكر منها التالي:

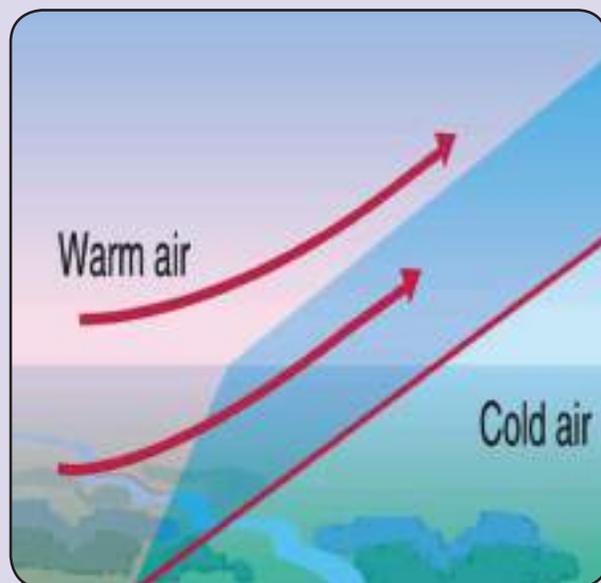
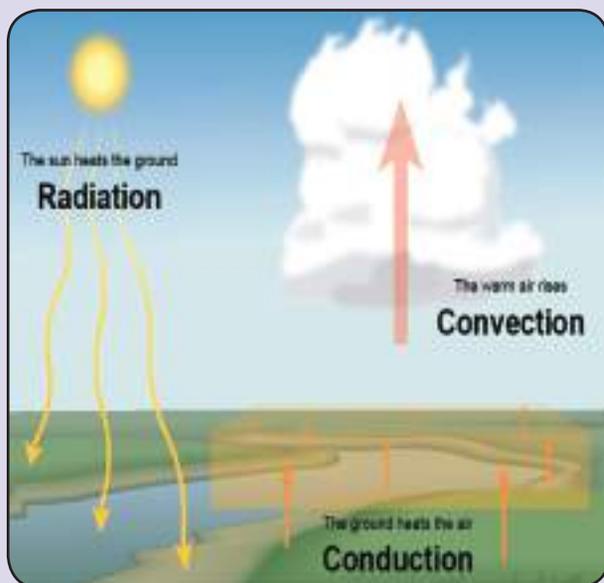
#### ١- الحاجز الأديباتيكي (Adiabatic wall):

هو الحاجز الذي لا يسمح بأي تبادل حراري بين  
النظام والوسط المحيط به والكلمة أديباتيك مشتقة  
من الكلمة اليونانية (Adiabatatos) وتعني عدم المرور.

#### ٢- الحاجز الثنائي الحراري: (Diathermal wall)

هو الحاجز الذي يسمح بتبادل الحرارة بحرية تامة،  
والكلمة مشتقة من الكلمة اليونانية (Diathermos)  
وتعني المرور الحراري.

وبالنسبة للغلاف الجوي يكون النظام عبارة عن



شكل (٢) ارتفاع الهواء الساخن

## ٥- الطاقة الداخلية (U):

هي مجموع طاقتي الحركة والجهد لمكونات النظام .

## ٦- المحتوى الحراري (H):

هي مجموع الطاقة الداخلية وحاصل ضرب الحجم والضغط

$$H = U + PV$$

## ٧- الحرارة النوعية (C):

وهي الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة واحد جرام من المادة درجة واحدة

والحرارة النوعية اساسية لتحديد مدى الحساسية الحرارية لمادة عند اضافة الطاقة لها. فكلما زادت الحرارة النوعية للمادة فان طاقة اكثر يجب ان تضاف لكتلة محددة من المادة لتحداث تغير معين في درجة الحرارة.

من هذا التعريف فانه يمكن ان نربط الطاقة المنتقلة Q بين عينة كتلتها m من المادة والوسط المحيط بها الى تغير في درجة الحرارة  $\Delta T$  على النحو التالي

$$Q = mc\Delta T$$

حيث ان c هي الحرارة النوعية للمادة

لاحظ انه عندما تزداد درجة الحرارة، فان كلا من Q و  $\Delta T$  تكون موجبة وفي هذه الحالة تنتقل الطاقة الى النظام. وعندما تنقص درجة الحرارة، فان كلا من Q و  $\Delta T$  تكون سالبة والطاقة تنتقل من النظام.

ونلاحظ من الجدول التالي ان الماء يمتلك أعلى قيمة حرارة نوعية من بين باقي المواد. هذه الحرارة النوعية العالية هي أحد الاسباب المسؤولة عن استقرار الطقس بجوار المناطق التي تمتلك كمية كبيرة من الماء.

ولهذا السبب تكون درجة حرارة السطح اليابس أثناء النهار أعلى من درجة حرارة السطح المائي المجاور و تكون درجة حرارة السطح اليابس ليلا اقل من السطح المائي المجاور.

## حالة النظام:

تعرف بأنها شرط محدد بمجموعة من الخواص مثل الضغط والحجم ودرجة الحرارة

### ١- حالة الاتزان: (Equilibrium state)

هي الحالة التي تكون فيها خواص النظام متناسقة ولا تتغير مع الزمن . والنظام يمكن أن يتكون من مركبين أو أكثر .

### ٢- حالة عدم الاتزان: (non Equilibrium state)

تخص النظام الذي به تدرج في الخواص وصفاته تتغير مع الزمن (مثال ذلك الغلاف الجوي والمحيطات).

## قوانين الغازات

### ١- قانون شارل:

عند ثبوت الضغط يتناسب الحجم مع درجة الحرارة تناسباً طردياً . أي انه بزيادة درجة حرارة الغاز يزداد حجمه .

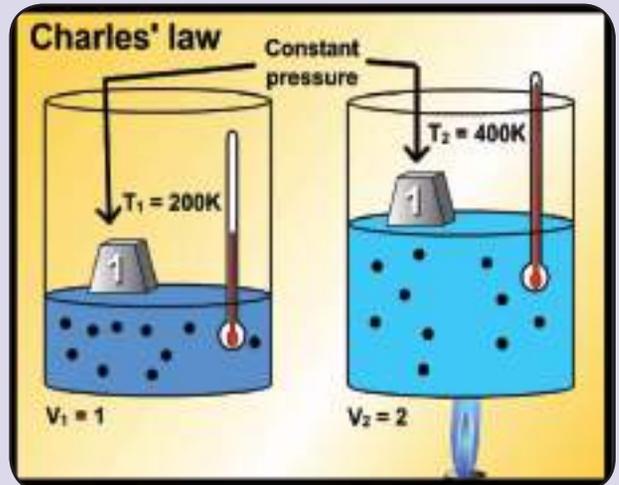
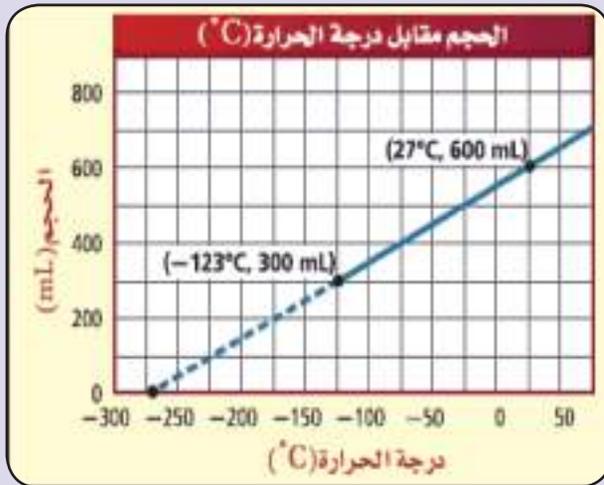
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \text{constant}$$

حيث ان:

$V_1$  هو الحجم قبل التسخين والمقابل لدرجة الحرارة  $T_1$   
 $V_2$  هو الحجم بعد التسخين والمقابل لدرجة الحرارة  $T_2$

المادة	الحرارة النوعية (جول/كجم.س)	المادة	الحرارة النوعية (جول/كجم.س)
الماء	4186	الزجاج	837
الكحول الايثيلي	2508	الرمال	836
الجليسرين	2424	الحديد	448
الجليد	2090	النحاس	387
الزيت	1756	الفضة	234
الخشب	1700	الزئبق	138
الالومنيوم	900	الذهب	129

جدول (١): الحرارة النوعية لبعض المواد



شكل (٣) تغير الحجم مع درجة الحرارة عند ثبوت الضغط

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \text{constant}$$

حيث ان  $P_1$  هو الضغط المقابل لدرجة الحرارة  $T_1$   
 $P_2$  هو الضغط المقابل لدرجة الحرارة  $T_2$   
**ε - قانون افوجادرو:**

يتناسب حجم غاز عند درجة حرارة وضغط ثابتين  
 طرديا مع عدد المولات

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

حيث ان  $n_1$  هو عدد المولات المقابل للحجم  $V_1$   
 $n_2$  هو عدد المولات المقابل للحجم  $V_2$

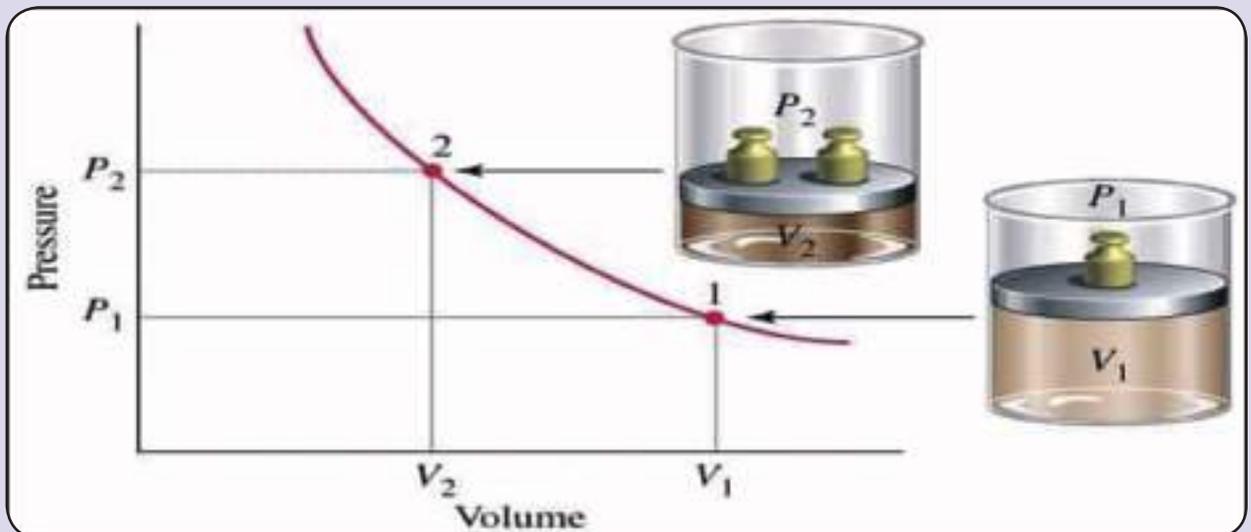
### ر - قانون بويل:

عند ثبوت درجة الحرارة يتناسب حجم كمية معينة  
 من الغاز تناسباً عكسياً مع الضغط الواقع عليه. أي أنه  
 بزيادة الضغط على كمية من الغاز يقل حجمها

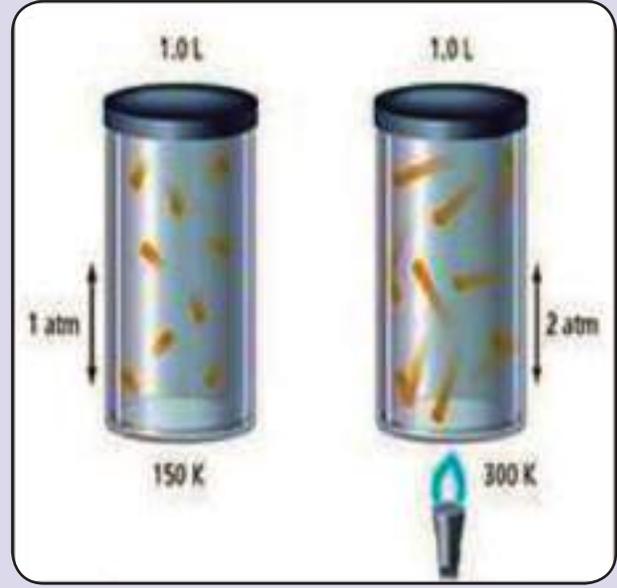
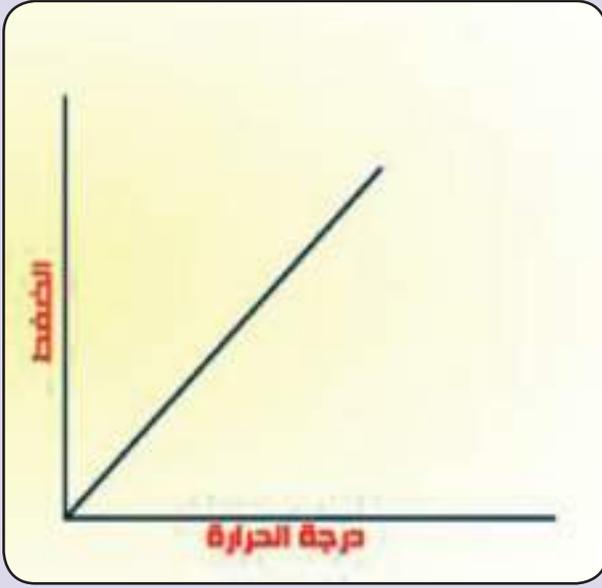
$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = \text{constant}$$

حيث ان  $V_1$  هو الحجم المقابل للضغط  $P_1$   
 $V_2$  هو الحجم المقابل للضغط  $P_2$   
**پ - قانون جاي- لوساك:**

عند ثبوت الحجم يتناسب الضغط مع درجة الحرارة  
 تناسباً طردياً. أي أنه بزيادة درجة الحرارة يزداد  
 الضغط.



شكل (٤) تغير الحجم مع الضغط عند ثبوت درجة الحرارة



شكل (٥) تغير الضغط مع درجة الحرارة عند ثبوت الحجم

### ٥- القانون العام للغازات:

أي أن الضغط الكلي للهواء يساوي الضغط الناشئ عن الغازات المكونة للهواء الجوي (الأكسجين - النيتروجين - الأرجون - بخار الماء - ثاني أكسيد الكربون -....)

ويتطبيق القانون العام للغازات على الغلاف الجوي نجد أن

$$P = \rho RT$$

حيث أن P: الضغط الجوي وهو وزن عمود من الهواء على وحدة المساحات  
 $\rho$ : تمثل كثافة الهواء وتعرف على أنها كتلة وحدة الحجم (V)

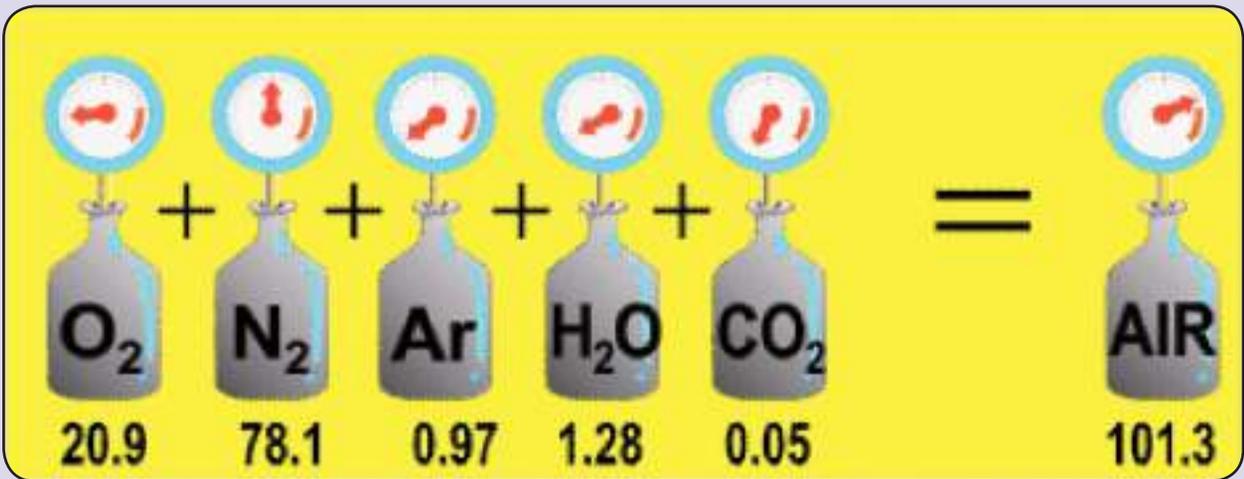
حاصل ضرب الضغط في الحجم مقسوما على درجة الحرارة يساوي مقدارا ثابتا (هو دمج بين القوانين الأربعة السابقة).

$$\frac{P_1 V_1}{T_1 n_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2 n_2} = R$$

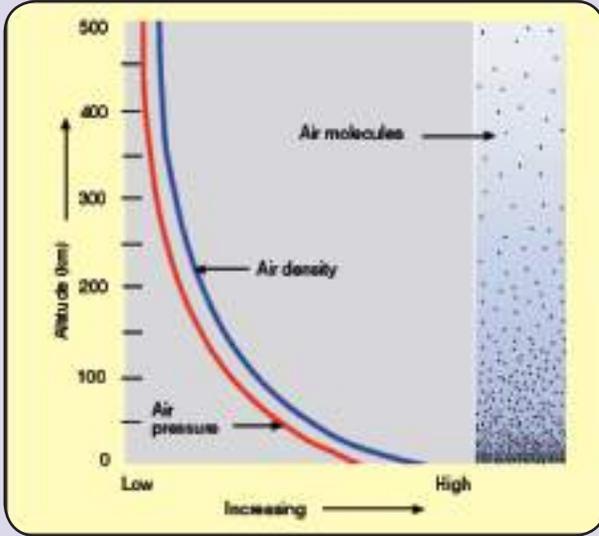
حيث أن R هو الثابت العام للغازات

### ١- قانون دالتون للضغوط الجزئية:

الضغط الكلي الناشئ عن عدد من الغازات المخلوطة يساوي مجموع الضغوط الجزئية لكل غاز على حده.



شكل (٦) الضغط الكلي للهواء



شكل (٧) العلاقة بين الضغط الجوي والارتفاع

□ اما المنطقة التي تنخفض فيها درجة الحرارة فان الهواء يتقلص وبالتالي يتحرك نحو الاسفل فيزداد وزنه وضغطه فتصبح منطقة ضغط جوي مرتفع. اختلاف الضغط الجوي بين منطقتين يؤدي الى حركة الهواء من منطقة الضغط الجوي المرتفع الى منطقة الضغط الجوي المنخفض

## المراجع

- 1- An introduction to atmospheric physics, second edition, Rober G Fleagle , Joost A , Businger .
- 2- An Introduction to Atmospheric Thermodynamics Anastasios A. Tsonis.
- 3- Atmospheric Thermodynamics Elementary Physics and Chemistry.
- 4- <https://ar.wikipedia.org/wiki>
- 5- <https://www.arabiaweather.com>
- 6- <https://sites.google.com/site/themechanicsscience/mechanic>

T: درجة الحرارة

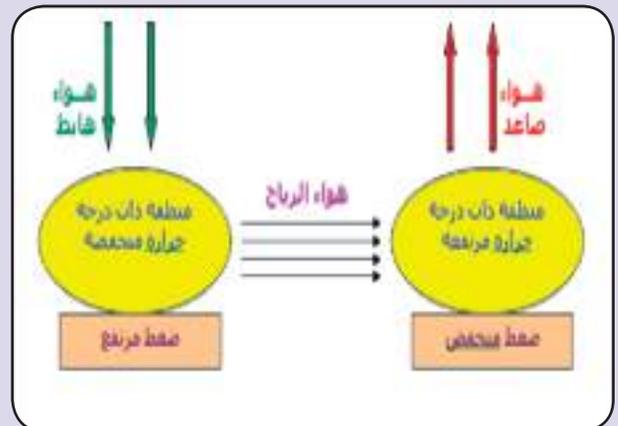
R: ثابت يعتمد على نوعية الهواء (جاف - مشبع)  
ويعتبر الضغط الجوي من العناصر المناخية المهمة وله اثر كبير في حركة الرياح على سطح الارض ويتأثر الضغط الجوي بعوامل منها:

### ١- الارتفاع والانخفاض عن مستوى سطح البحر

نلاحظ انه كلما انخفضنا الى اسفل يزداد طول عمود الهواء وبالتالي يزداد وزنه وبالتالي يزداد ضغطه والعكس صحيح

### ٢- درجة الحرارة

□ عندما ترتفع درجة الحرارة في اي مكان فان الهواء يتمدد وتقل كثافته ويرتفع الى اعلى فيقل وزنه وضغطه فتصبح المنطقة ذات ضغط جوي منخفض.



شكل (٨) حركة الهواء من الضغط الجوي المرتفع الى الضغط الجوي المنخفض

قرأت لك

الآثار السلبية

للكوارث

الطبيعية على

# قطاع الارصاد الجوية والطيران المدني وعلى وجه الخصوص جائحة كورونا

## مقدمة

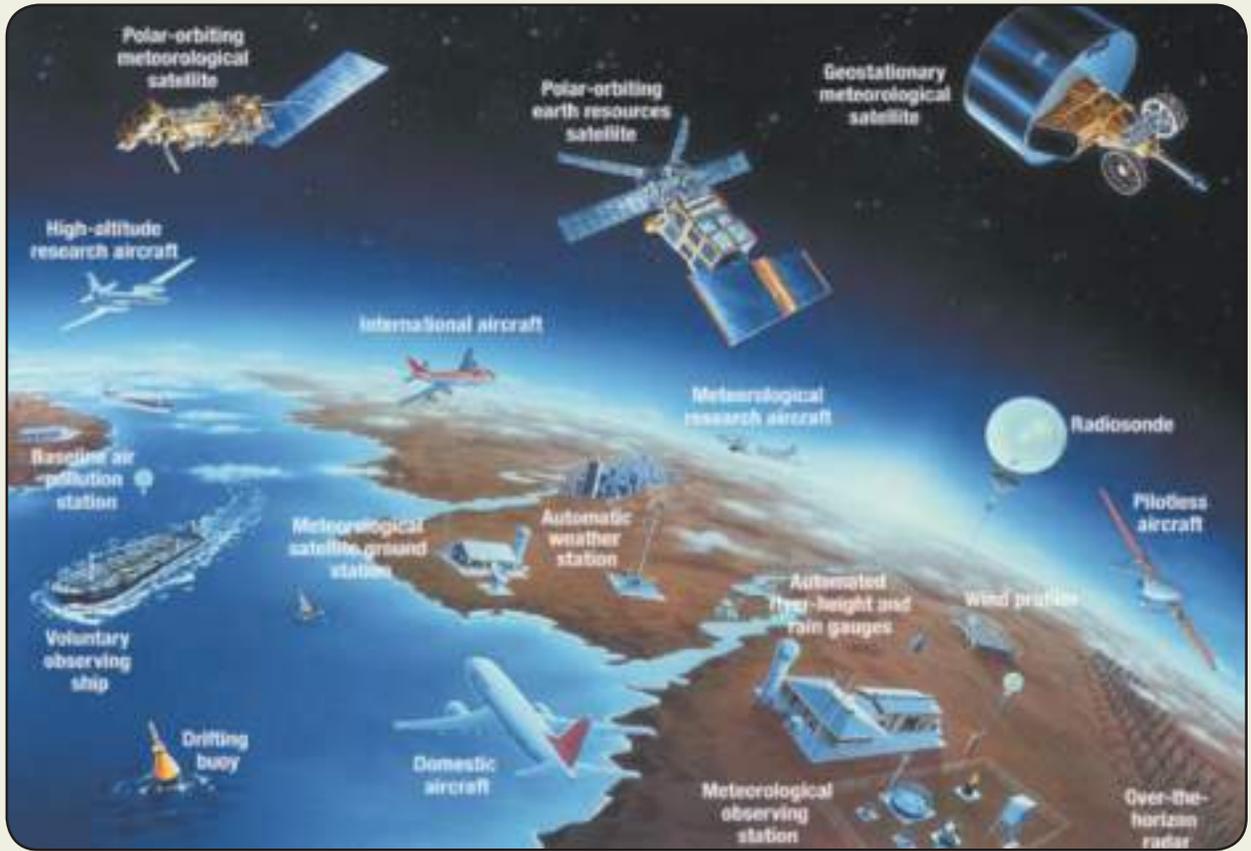
الكوارث هي أحداث تنجم عنها خسائر وأضرار بالغة في الأرواح والممتلكات العامة والخاصة، وقد تكون طبيعية كالأوبئة والزلازل والبراكين، أو قد تكون هذه الكوارث بفعل الإنسان نفسه كالحرائق الكيماوية والانفجارات والإشعاعات النووية. وقد تسببت الكوارث الطبيعية خلال العقود الأخيرة من القرن المنصرم (السبعينيات والثمانينيات) في وفاة نحو ثلاثة ملايين نسمة في العالم وأضرت بحياة ومصير نحو ٨٠٠ مليون نسمة عن طريق التشريد والمرض والخسائر الاقتصادية الجسيمة التي قدرت بمئات المليارات من الدولارات على ذمة المنظمة العربية للتنمية الإدارية.



ياسر عبد الجواد السيد

اخصائى تنبؤات جوية اول  
وكيل مركز تنبؤات مطار القاهرة

فالوباء اليوم يتصف بسرعة انتشاره إلى جميع أنحاء العالم بتوافر الحركة الجوية، أما في الماضي فكان هذا الانتشار يستغرق عادة ما يتراوح ما بين ستة أشهر وتسعة أشهر وذلك عندما كانت حركة السفر الدولي تتم بواسطة السفن أو القطارات، فإن لذلك البلدان تكون متأهبة لمواجهة حالات الوباء أو اتساع انتشارها وخصوصا عندما تصل هذه الفاشيات إلى ذروتها، وعندها توصي المنظمات الدولية كمنظمة الصحة العالمية بفرض بعض القيود على حركة الطيران وربما إغلاق الحدود، وإن كان هذا الإجراء الإنساني هو عين الصواب، ولكنه فادحة اقتصادية على قطاع النقل الجوي، ففي السنوات الأخيرة عانى العالم بعض الأمراض والأوبئة سريعة الانتشار في أحيائه مثل مرض جنون البقر وإنفلونزا الطيور والسارس والانثراكس إنفلونزا الخنازير وأخير جائحة كورونا. إضافة إلى الأوبئة هناك الزلازل، البراكين، الطوفان والحرائق والظواهر المناخية كالعواصف بأنواعها، الأمطار والثلوج والرياح الشديدة، الضباب والأعاصير والتي تؤثر في النقل الجوي اقتصاديا وتحدث كوارث طبيعية، فقد قدرت منظمة الاياتا (الجمعية الدولية للنقل الجوي) خسائر شركات الطيران وحدها فقط من بركان آيسلندا الذي حدث في ٢٠١٠ بنحو مليار وسبعمائة مليون دولار. إضافة إلى أن أزمة البركان أثرت اقتصاديا في ٢٩ في المائة من طيران العالم وتضرر بسببها نحو (١,٢) مليون راكب يوميا، إضافة إلى خسائر تكاليف المسافرين. والجانب الإيجابي الاقتصادي لهذه الشركات من هذه الأزمة هو التوفير المادي في بعض الجوانب كقواتير الوقود التي وصلت إلى (١١٠) ملايين دولار يوميا والأكبر منه السلامة البشرية، علما أن هذه الصناعة (الطيران) فقدت (٩,٤) مليار دولار في العام ٢٠٠٩، وكان



نظام الرصد العالمي

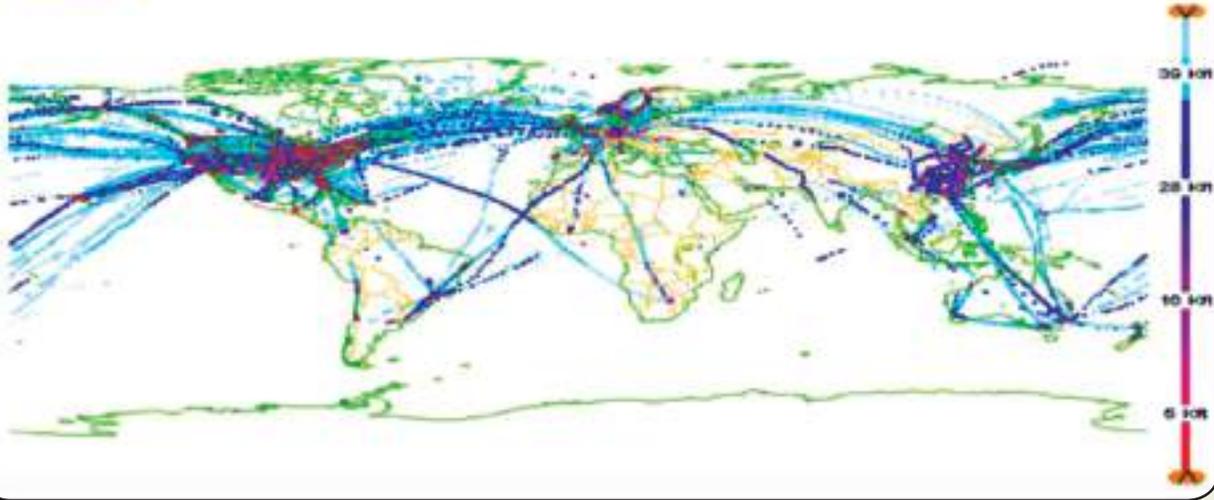
من الخسائر الاقتصادية بقدر الإمكانات المتوافرة، ومثال ذلك البركان الأيسلندي. وسوف نستعرض في السطور القادمة الآثار السلبية لجائحة كورونا على أعمال الارصاد الجوية وعلى قطاع الطيران المدني.

### ١- الآثار السلبية للكوارث الطبيعية على أعمال الارصاد الجوية

القلق يساور المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) إزاء التأثير المتزايد لجائحة فيروس كورونا (COVID-19) على كمية ونوعية عمليات رصد الطقس والتنبؤ به، وكذلك مراقبة الغلاف الجوي والمناخ. فقد انخفضت القياسات الجوية على متن الطائرات بنسبة تتراوح بين ٧٥ و ٨٠ في المائة مقارنة بالمعدل العادي، مع وجود تفاوتات إقليمية كبيرة جداً؛ ففي نصف الكرة الجنوبي، تقارب الخسارة ٩٠ في المائة. هذا، وتخفض عمليات رصد الطقس السطحية، لاسيما في أفريقيا وأجزاء من أمريكا الوسطى وأمريكا الجنوبية حيث تعمل محطات كثيرة بشكل يدوي وليس آلي. يشكل النظام العالمي للرصد التابع للمنظمة

من المتوقع أن تخسر المزيد ما يقارب (٢,٨) مليار دولار في عام ٢٠١٠م. وهذه الخسائر الاقتصادية كانت نتيجة حظر الطيران في معظم الدول الأوروبية خصوصا الجزء الشمالي الغربي منها بسبب انتشار دقائق الرماد المتطاير البركاني الأيسلندي في سمائها والمحمول بواسطة الرياح مئات الأميال وتساعدت إلى ارتفاع ما بين (٦ كلم) و(١١ كلم) ويكمن خطر دقائق الرماد البركاني في تغلغلها داخل محركات الطائرة ثم انصهارها بفعل درجات الحرارة العالية فيؤدي ذلك إلى تحولها إلى كتل صلبة قوية تعوق عمل المحركات وتؤدي إلى توقفها بل يتعدى خطرها إلى تأثيرها في الاتصالات والرؤية عبر زجاج قمرة القيادة، حيث الرماد البركاني يتألف من جزيئات صغيرة من الصخر والزجاج يؤدي إلى خدوش في زجاج القيادة تمنع الطيار من الرؤية الواضحة. ومجمل القول إن الكوارث الطبيعية ليست عموما وباء اقتصاديا على الطيران فقد تكون مكسبا اقتصاديا وبشريا إذا روعيت السلامة الجوية قبل وقوع الكارثة وذلك بالحفاظ على حياة المسافرين والتقليل

4 May 2020 - the following 24-hour coverage map provides an indication only of the global aircraft-based observations coverage and are provided courtesy of the NOAA/ESRL/GSD AMDAR Data Display.



المبكر ورصد الطقس.

وثة أجزاء كبيرة من نظام الرصد، مثل مكوناته الساتلية وكثير من شبكات الرصد الأرضية التابعة له، مؤتمتة إما جزئياً وإما بالكامل. ولذلك فمن المتوقع أن تستمر هذه الأجزاء في العمل دون تدهور كبير لعدة أسابيع، بل ولفترة أطول في بعض الحالات. ولكن إذا استمرت الجائحة، فإن انعدام أعمال الإصلاح والصيانة والإمدادات، فضلاً عن عمليات إعادة التوزيع، سيصبح مصدر قلق متزايد.

### بيانات الأرصاد الجوية المستمدة من الطائرات

#### AMDAR

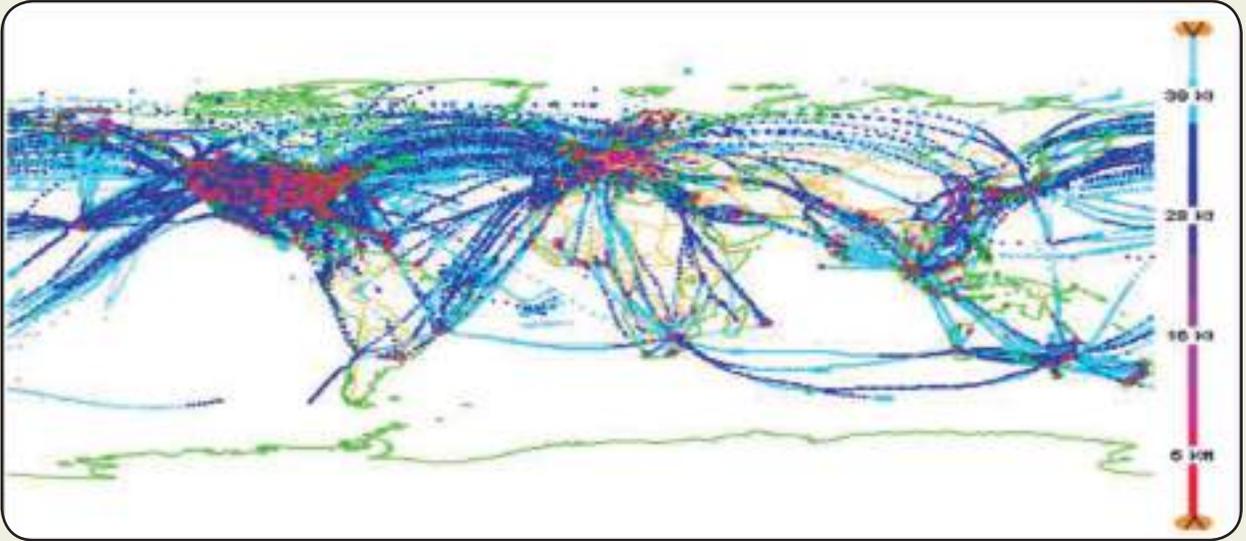
تساهم الطائرات الخطية التجارية في برنامج إعادة بث بيانات الأرصاد الجوية الصادرة من الطائرات (AMDAR) التابع للمنظمة (WMO)، الذي يستخدم أجهزة الاستشعار والحواسيب ونظم الاتصالات الموجودة على متن الطائرة في القيام آلياً بجمع الرصدات الجوية ومعالجتها وتحديد نسقها وإرسالها إلى المحطات الأرضية عن طريق السواتل أو الوصلات الراديوية.

ويوفر نظام الرصد التابع للبرنامج (AMDAR) أكثر من ٨٠٠٠٠٠٠ رصدة عالية الجودة يومياً لدرجة حرارة الهواء وسرعة الرياح واتجاهها، فضلاً عن المعلومات الموضعية والزمنية المطلوبة، ومع إجراء عدد متزايد لقياسات الرطوبة والاضطرابات. وتسهم حالياً ٤٣

(WMO) الركن الأساس لكافة خدمات ونواتج الطقس والمناخ التي تقدمها الدول الأعضاء في المنظمة (WMO)، والبالغ عددها ١٩٣، إلى مواطنيها. فهذا النظام يوفر رصدات عن حالة الغلاف الجوي وسطح المحيطات باستخدام أدوات برية وبحرية وفضائية القاعدة. وتستخدم هذه البيانات في إعداد التحليلات والتنبؤات والتقارير والإنذارات المتعلقة بالطقس.

وقد أشار الأمين العام للمنظمة (WMO)، السيد بيتيري تالاس، إلى أن المرافق الوطنية للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا (NMHSs) تواصل أداء وظائفها الأساسية على مدار الساعة طوال أيام الأسبوع لكنها تواجه صعوبات كبيرة متزايدة بسبب جائحة فيروس كورونا، لا سيما في البلدان النامية. وأضاف إننا نحیی تفانيها في العمل لحماية الأرواح والممتلكات، غير أن القلق يساورنا إزاء القيود المتزايدة على قدراتها ومواردها.

واستطرد قائلاً إضافة إلى تواصل آثار تغير المناخ وتزايد عدد الكوارث المتصلة بالطقس، كما شهدنا آثار الإعصار المداري هارولد في المحيط الهادئ، والفيضانات التي حدثت في شرقي أفريقيا. ومع اقتراب موسم أعاصير الهاريكين الأطلسية، فإن جائحة فيروس كورونا (COVID-19) تشكل تحدياً إضافياً، وربما تؤدي إلى تفاقم احتمالات حدوث أخطار متعددة في البلد الواحد. ولذلك، فمن الأهمية بمكان أن تولي الحكومات الاهتمام لتعزيز قدراتها الوطنية في مجال الإنذار



### عمليات الرصد السطحية القاعدة

أصبحت الآن عمليات رصد الطقس سطحية القاعدة آلية بالكامل تقريباً في معظم البلدان المتقدمة. بيد أن التحول إلى عمليات الرصد الآلي لا يزال قيد التنفيذ في كثير من البلدان النامية، ولا تزال أوساط الأرصاد الجوية تعتمد على عمليات الرصد التي يقوم بها راصدو الطقس يدوياً، والتي تُرسل إلى الشبكات الدولية لاستخدامها في النماذج العالمية للطقس والمناخ.

وقد أشار السيد Lars Peter Riishojgaard، مدير فرع نظام الأرض في إدارة البنية التحتية في المنظمة (WMO)، إلى أن: هذه الروابط البشرية في سلسلة الرصد وتقديم البيانات تتأثر بشدة بسياسات الإغلاق والعمل عن بعد الإلزامية الحالية، وقد شهدنا انخفاضاً كبيراً في توافر رصدات الضغط السطحي الحالية مقارنة بخطط الأساس السابق لجائحة كورونا (COVID-19) (كانون الثاني/يناير ٢٠٢٠)، ولا سيما في أفريقيا وأجزاء من أمريكا الوسطى وأمريكا الجنوبية.

وأضاف إن جائحة فيروس كورونا تثبت بوضوح أهمية أن يكون نظام الرصد قادراً على المقاومة.

واستطرد قائلاً إن الآثار الكاملة لعمليات الرصد غير المنفذة ربما لن تُقِيم وتُفهم بالكامل إلا بعد انتهاء تفشي الفيروس. ومع ذلك، لم يبلغ أي من المراكز العالمية للتنبؤ العددي بالطقس (NWP) حتى الآن عن خسائر كبيرة في المهارات بسبب عدم وجود الرصدات.

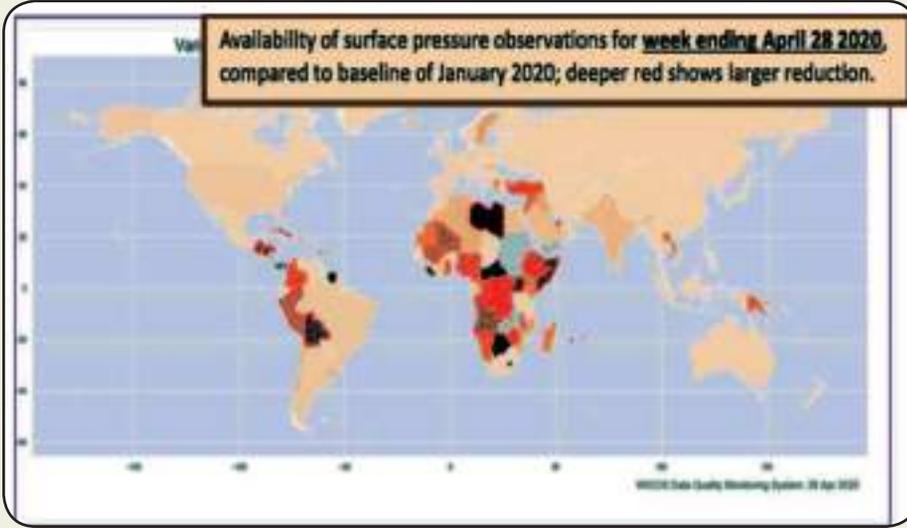
وواصل السيد Riishojgaard إن عمليات الرصد على متن الطائرات مثال جيد على ذلك. فهي تعتبر على الصعيد العالمي من بين أهم المساهمات في مهارة التنبؤ

شركة طيران وبضعة آلاف من الطائرات في البرنامج (AMDAR) الذي يُتوقع أن يتسع نطاقه اتساعاً كبيراً في السنوات المقبلة كثمرة للتعاون المشترك مع الرابطة الدولية للنقل الجوي (IATA).

وبشكل عام، أدى انخفاض عدد الرحلات التجارية إلى انخفاض بنسبة تتراوح بين ٧٥ و ٨٠ في المائة تقريباً في عمليات رصد المتغيرات الجوية من منصات الطائرات. وتقترب الخسارة من ٩٠ في المائة في بعض المناطق الأشد تأثراً التي تندر فيها عمليات الرصد السطحية الأخرى، أي في المناطق المدارية وفي نصف الكرة الجنوبي.

وتطلق بعض البلدان مسابير راديوية إضافية للتخفيف جزئياً من فقدان بيانات الطائرات. ويجري ذلك بصفة خاصة في أوروبا بتنسيق من شبكة مرافق الأرصاد الجوية الأوروبية (EUMETNET). وتركب المسابير الراديوية على بالونات الطقس وترسل قياسات متغيرات الأرصاد الجوية البالغة الأهمية إلى الأرض أثناء تحليقها من السطح إلى ارتفاعات تتراوح بين ٢٠ و ٣٠ كيلومتراً.

وبالإضافة إلى ذلك، تتعاون المنظمة (WMO) وشبكة مرافق الأرصاد الجوية الأوروبية (EUMETNET) والشركاء الوطنيين في البرنامج (AMDAR) مع شركة إلكترونيات الفضاء (FLYHT) لضمان أن تتاح للمنظمة (WMO) وأعضائها أي عمليات رصد إضافية من الطائرات متوافرة من شبكة شركات الطيران التابعة لهذه الهيئات خلال فترة الطوارئ الناجمة عن فيروس كورونا (COVID-19).



الخريطة أعلاه مقدمة من المنظمة (WMO)؛ والبلدان المبينة بألوان داكنة قد قدمت الأسبوع الأول من شهر مايو ٢٠٢٠ عدداً من الرصدات أقل من متوسط شهر كانون الثاني / يناير ٢٠٢٠ (قبل فيروس كورونا COVID-19)؛ والبلدان المبينة باللون الأسود لا ترسل حالياً أي بيانات على الإطلاق.

### عمليات الرصد الفضائية القاعدة

ومن الجوانب الإيجابية، تبين الحالة الراهنة أهمية واستقرار مكون نظام الرصد الفضائي القاعدة، الذي يعتمد عليه أعضاء المنظمة (WMO) بصورة متزايدة. فيوجد حالياً ٣٠ ساتلاً للأرصاد الجوية و٢٠٠ ساتل بحثي توفر رصدات مستمرة وآلية بدرجة كبيرة. ويشغل هذه السواتل أعضاء في فريق تنسيق سواتل الأرصاد الجوية (CGMS)، وفي اللجنة المعنية بسواتل رصد الأرض (CEOS). ولئن كان يُتوقع على المدى القصير أن لا يتأثر مكون نظام الرصد الفضائي القاعدة، وأن يعمل بكامل طاقته، فإن المنظمة (WMO) على اتصال بمشغلي سواتل الأرصاد الجوية لتقييم الأثر المحتمل أن يترتب على فيروس كورونا (COVID-19) على الأجل الطويل.

وإضافة إلى ذلك، يقوم ما يربو على ١٠٠٠٠ محطة مأهولة وأتوماتيكية للرصد السطحي للطقس، و١٠٠٠ محطة لرصد الهواء العلوي، و٧٠٠٠ سفينة، و١٠٠٠ عوامة رأسية و١٠٠٠ عوامة منجرفة، ومئات رادارات الطقس، و٣٠٠٠ طائرة تجارية مجهزة بمعدات خاصة، بتنفيذ قياسات يومية للبارامترات الرئيسية للغلاف الجوي واليابسة وسطح المحيطات.

### ٢- الآثار السلبية لجائحة كورونا على قطاع

#### الطيران المدني

أعلن الاتحاد الدولي للنقل الجوي الإياتا بيانات جديدة عن تزايد تداعيات فيروس كورونا على قطاع النقل الجوي واقتصادات في دول الشرق الأوسط بسبب تعطل الحركة الجوية خلال الشهور الماضية بسبب تداعيات جائحة كورونا.

العددي بالطقس (NWP). ومع ذلك، فإن الأزمة الراهنة تذكرنا بأن عمليات الرصد على متن الطائرات تتوافر حسب الفرص المتاحة، وقد تأتي وتذهب بسبب ظروف خارجة عن سيطرة دوائر المنظمة (WMO). ووجود نظم تكميلية والحفاظ على إمكانية التخفيف من هذه الخسائر سيمثلان أمراً مهماً أيضاً عند انتهاء أزمة كورونا (COVID-19)، ويحدونا الأمل أن يكون ذلك في مستقبل غير بعيد.

### عمليات الرصد البحرية

تراقب المنظمة (WMO) أيضاً تبادل الرصدات الآتية من نظم الرصد البحرية، والتي توفر معلومات بالغة الأهمية عن ثلثي سطح الأرض الذي تغطيه المحيطات.

وتعمل نظم رصد المحيطات أيضاً بدرجة عالية من التشغيل الآلي، ومن المتوقع أن تستمر معظم الأجزاء في العمل بشكل جيد لفترة تصل إلى عدة أشهر. بيد أنه سيلزم إعادة توزيع العوامات المنساقفة والعوامات، وسيتعين توفير الخدمات للعوامات المثبتة، كما سيلزم صيانة نظم الرصد على متن السفن، ومعايرة هذه النظم وإعادة تزويدها. ولذلك، قد يتوقع حدوث انخفاض تدريجي مع مرور الوقت في أعداد عمليات الرصد، وسيستمر ذلك إلى أن يتسنى استئناف أنشطة الإمداد والصيانة اللازمة. وفي هذه المرحلة، تنصب أهم الآثار على برنامج سفن الرصد الطوعية (VOS)، إذ نشهد انخفاضاً في توافر البيانات بنحو ٢٠ في المائة مقارنة بالمستويات العادية.

وقال الإياتا من المتوقع أن تزيد الخسائر في الوظائف المتعلقة بقطاع النقل الجوي لتصل إلى ١,٥ مليون وظيفة، والذي يعد أكثر من نصف عدد الوظائف الحالية في المنطقة، والتي تبلغ ٢,٤ مليون وظيفة، وتعد هذه التوقعات أكثر بحوالي ٣٠٠ ألف وظيفة عن التوقعات السابقة.

وأضاف: من المتوقع أن تنخفض الحركة الجوية العام الجاري بالكامل بنسبة ٥٦% بالمقارنة مع العام الماضي، وكانت التوقعات السابقة قد أشارت إلى انخفاض حوالي ٥١%. وأشار الإياتا إلى انحسار الناتج المحلي الإجمالي الذي يدعمه قطاع النقل الجوي في منطقة الشرق الأوسط بما يصل إلى ٨٥ مليار دولار، حينما كان التقدير السابق ٦٦ مليار دولار.

من جانبه قال محمد علي البكري، نائب رئيس الإياتا لأفريقيا والشرق الأوسط: تسببت جائحة كورونا بأضرار جسيمة على اقتصادات منطقة الشرق الأوسط، كما سبب استمرار تعطل قطاع النقل الجوي بالمزيد من الآثار السلبية على المجتمعات، ومن الممكن أن ينجم عن انقطاع الحركة الجوية عواقب سلبية جسيمة على شركات الطيران، التي تساهم بشكل كبير في دعم اقتصادات المنطقة وتوفير الآلاف من الوظائف، ولذلك يتوجب العمل بشكل جماعي وتنسيق سريع على إعادة الحركة للنقل الجوي وبأقرب وقت ممكن.

وأضاف البكري، أن إعادة إطلاق قطاع النقل الجوي في منطقة الشرق الأوسط له دور مهم في الحد من آثار خسائر الوظائف وانكماش اقتصادات الدول في الشرق الأوسط، ويمكن تحقيق ذلك من خلال تركيز الجهات الحكومية على العمل ضمن مجالين من المجالات ذات الأولوية القصوى: منها تبني وتطبيق منهجية موحدة لإعادة إطلاق القطاع في المنطقة.

وفتحت بعض دول المنطقة حدودها أمام النقل الجوي على المستوى المحلي والإقليمي والدولي، إلا أنه لوحظ تطبيق غير متسق لإجراءات السلامة الحيوية إلى جانب فرض متطلبات مختلفة للسماح للمسافرين بدخول تلك الدول، الأمر الذي يسبب زعزعة ثقة المسافرين وعرقلة استئناف السفر الجوي، ولذلك يعد تنسيق إجراءات السلامة للمسافرين على مستوى المنطقة مع عودة تشغيل قطاع الطيران أمراً بالغ الأهمية لتحقيق الانتعاش الاقتصادي، إلى جانب تحقيق الاتساق مع الإطار العالمي لحماية الصحة العامة والذي وافقت عليه منظمة الطيران المدني

الإيكا وضمن خطة الإقلاع.

وقال البكري: الأمر الثاني مواصلة تقديم الدعم المالي والتنظيمي للقطاع والتي تشمل على وجه الخصوص، المساعدات المالية المباشرة مثل الإعانات المالية وتسهيل الحصول على قروض بفوائد متدنية، وتمديد الإعضاء لقواعد الخانات الزمنية للإقلاع والهبوط والإعضاء من الضرائب والرسوم المفروضة على القطاع.

## ٢- الخطوط الإرشادية للمنظمة العالمية للارصاد الجوية في هذا الخصوص

تعمل منظومة الأمم المتحدة، بما في ذلك المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، معاً لمنع انتشار COVID-19 في وقت الأزمة هذا. بالإضافة إلى ذلك، شاركت المنظمة (WMO) مع المرافق الوطنية للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا للمساعدة في التخفيف من آثار متطلبات التباعد الاجتماعي لفيروس COVID-19 على إصدار الإنذارات المبكرة المنقذة للحياة فيما يتعلق بالمخاطر المتعلقة بالطقس والمناخ والمياه على السكان المعرضين للخطر.

سلطت جائحة كوفيد ١٩ الضوء على أهمية التضامن والوحدة الدوليين في مواجهة أسوأ أزمة صحية واقتصادية عالمية في حياتنا. كما أكدت على أهمية أنظمة الإنذار المبكر والحاجة إلى مراعاة إرشادات الصحة العامة، بناءً على أفضل الوسائل الممكنة.

لقد شكل الوباء وحالات الإغلاق الناتجة عن ذلك عدداً من التحديات لتقديم خدمات الطقس والمناخ. وقد أشار أيضاً العديد من الأسئلة حول ما إذا كانت العلاقات البيئية مع الفيروس موجودة وكيف ستؤثر عمليات الإغلاق والتخفيضات الناتجة في انبعاثات الوقود الأحفوري على تغير المناخ على المدى الطويل. واصلت جماعة المرافق الوطنية للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا التابعة للمنظمة (WMO) والمراكز المناخية الإقليمية والمراكز الإقليمية المتخصصة للأرصاد الجوية العمل في جميع أنحاء الوباء لحماية الأرواح وسبل العيش من الأخطار الطبيعية والتصدي للتحديات البيئية العالمية.

## المصادر

- 1- <https://public.wmo.int/ar/media>
- 2- [https://www.aleqt.com/2010/05/21/article\\_395867.html](https://www.aleqt.com/2010/05/21/article_395867.html)
- 3- <https://www.iata.org/>

# وزارة الطيران المدني

## الهيئة العامة للأرصاد الجوية

### إعلان

#### مجلة الأرصاد الجوية

تصدر الهيئة العامة للأرصاد الجوية مجلة ربع سنوية علمية متخصصة فى مجال الأرصاد الجوية وتطبيقاتها على مختلف الأنشطة مثل الطيران المدني والزراعة والصناعة والرى والجغرافية المناخية والطاقة الجديدة والمتجددة والبيئة والنقل والمواصلات، كذلك تحتوى المجلة على تقارير مناخية وأحدث ما وصلت إليه التكنولوجيا فى مجال الرصد الجوى ونظم التنبؤات الجوية والتغيرات المناخية. وتتشرف أسرة التحرير بدعوة جميع المتخصصين فى مختلف المجالات العلمية ذات الصلة بالأرصاد الجوية للمشاركة بإعداد مقالات نشرها فى المجلة وعلى من يرغب فى الحصول على المجلة يمكنه الاشتراك كالتالى:

### رسوم الاشتراك

• ٤٠ جنيهاً يضاف إليها ١٢ جنيهاً فى حالة طلبها بالبريد.

### أسعار الإعلانات بمجلة الأرصاد الجوية

- ١- فى بطن الغلاف الأول بمبلغ ٧٥٠ جنيهاً مصرياً.
- ٢- فى بطن الغلاف الأخير بمبلغ ٥٠٠ جنيهاً مصرياً.
- ٣- بداخل المجلة صفحة كاملة بمبلغ ٣٧٥ جنيهاً مصرياً، وتقدر الإعلانات الأقل من صفحة وفقاً لنسبة مساحتها من الصفحة.

### يسدد الاشتراك بإحدى الطرق التالية:

- شيك باسم الهيئة العامة للأرصاد الجوية.
- حوالة بريدية باسم الهيئة العامة للأرصاد الجوية.
- نقداً بخزينة الهيئة.

الهيئة العامة للأرصاد الجوية - شارع الخليفة المأمون - كوبرى القبة - القاهرة ص.ب/ ١١٧٨٤