



تقييم تغير المناخ في مصر (بحث مستل من رسالة الدكتوراة)

اعداد

أ/محمد محمد عبد الله عبد الوهاب

مدرس مساعد بقسم الجغرافيا - كلية الآداب - جامعة بني سويف

إشراف

أ.د. محمد فوزي أحمد عطا

أستاذ الجغرافيا الطبيعية والخرائط

بقسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية - كلية الآداب - جامعة بني سويف

د. كمال الدين يوسف محمد جعفر

خبير الأرصاد الجوية وتطبيقاتها في مجال الزراعة والمياه

الهيئة العامة للأرصاد الجوية





المستخلص

تشهد معظم دول العالم تغير في مناخها، ولكن قيمة هذا التغير تختلف من دولة لأخرى، ومن خلال دراسة وتحليل البيانات اليومية والشهرية لعناصر المناخ لعدد من محطات الأرصاد الجوية المصرية، تبين أن درجات الحرارة العظمى والصغرى والمتوسط اليومي شهدت زيادة بمقدار 0.7م° و 1.62م° و 0.94م° علي الترتيب خلال الفترة المناخية القياسية، ومقدار هذه الزيادة تدور في فلك نتائج تقرير الهيئة الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC, 2019)، كما زادت عدد الأيام التي سجل فيها المتوسط اليومي درجة الحرارة 25م° و 30م° خلال الفترة المناخية القياسية، وشهدت أيضا سرعة الرياح ومدة السطوح الفعلية زيادة طفيفة في قيمهما خلال الفترة المناخية القياسية، بينما سجلت قيم الرطوبة النسبية انخفاضا بمقدار -0.22%، ومن خلال دراسة ميزانية الطاقة تبين أن الجزء الهارب إلى الفضاء يقل بمرور الزمن مما يؤدي إلى تزايد الطاقة المحبوسة بمرور الزمن، ويؤثر هذا التغير في عناصر المناخ على جميع مجالات الحياة، مما يستوجب ضرورة دراسة وفهم هذا التغير ومحاولة التأقلم والتكيف معه.

الكلمات المفتاحية: تغير المناخ ، درجة الحرارة ، تقييم ، ميزانية الطاقة.

Abstract

Most countries of the world are witnessing a change in their climate, but the value of this change varies from one country to another. After studying and analyzing the daily and monthly data of climate elements for a number of Egyptian meteorological stations, it became clear that the maximum, minimum and daily average temperatures during the standard climatic period have witnessed an increase of 0.7°C, 1.62°C and 0.94°C respectively. The amount of this increase is in the average of the results of the report of the International Panel on Climate Change (IPCC, 2019). In addition, the number of days with a daily average temperature of 25°C and 30°C during the standard climatic period has increased. Also, the wind speed and the actual brightness period have slightly increased in their values during the standard climatic period. Meanwhile, the relative humidity values have decreased by -0.22%. And through studying the energy budget, it was revealed that the fugitive part to space decreases as time passes, which leads to an increase in the confining energy over time. This change in the elements of the climate affects all life aspects, and thus necessarily requires studying and understanding this change and trying to cope and adapt to it.

Key words: climate change, temperature, assessment, energy budget.



1-المقدمة:

انتهت مؤتمرات الأمم المتحدة لتغير المناخ إلى أن الطاقة المخزنة في كوكب الأرض تزداد بمرور عقود السنين منذ الثورة الصناعية، وأن الاحترار الكوني للكوكب صار يهدد الحياة عليه. ففي عام 1988 كلفت الأمم المتحدة المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) بمتابعة موضوع تغير المناخ، فأنشأتا الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ (IPCC) كهيئة علمية لتقييم تغير المناخ وخطره وما إذا كان يمكن أن يكون سببه النشاط البشري. ومنذ ذلك الحين وهذه الهيئة تصدر التقارير التقييمية المنتظمة على موقعها: للأساس العلمي لتغير المناخ وآثاره ومخاطره المستقبلية وخيارات التكيف والتخفيف، آخرها التقرير الخامس 2013، وتجهز حاليا للتقرير السادس 2021 (www.ipcc.ch).

وصار يعرف تغيّر المناخ Climate Change بأنه زيادة بطيئة ولكنها مستمرة لعقود طويلة في درجة حرارة الهواء بالقرب من سطح الأرض، وأن سبب هذا التغير هو الزيادة البطيئة والمستمرة لغازات الاحتباس الحراري الناتجة عن الأنشطة البشرية. لذلك فهو ظاهرة عالمية أدت إلى زيادة دفء كوكب الأرض (Global Warming) كما أكدت ذلك المؤتمرات العالمية المتتالية، والتي عبرت أيضا عن قلق العالم مما سيسببه هذا الدفء من كوارث بيئية طبيعية وبشرية.

وبهذا فإن تغير المناخ يختلف عن التقلبات المناخية الدورية (Climatic Variability) المؤقتة التي تزيد وتنقص بشكل طبيعي لقليل من السنوات حول معدلها المناخي أو حول خط تغير المناخ (Trend). وهذه التقلبات المناخية



الدورية تنتج بسبب عوامل طبيعية دورية، أهمها ظاهرة التذبذب الجنوبي للنينو (El Niño–Southern Oscillation [ENSO]).

ولكن قد يختلف مقدار الزيادة في تغير المناخ من منطقة إلى أخرى؛ لذلك تقوم الدول بتقييم تغير مناخها لتستعد للتكيف والتأقلم، ونقصد بعملية التقييم (معرفة مقدار قمية تغير العنصر المناخي خلال فترة الدراسة)، خاصة وقد صار تغير المناخ يؤرق الجميع؛ لما له من تأثيرات على جميع جوانب الحياة.

2- مواد وطرق البحث:

إن دراسة وتقييم تغير المناخ لمنطقة ما تحتاج فترة سنوات طويلة من البيانات تقترب من 100 سنة فأكثر، وهذه لا تتوفر في العادة من المصادر الرسمية، وإذا توافرت فلا نضمن تجانس البيانات عبر الزمن الطويل، فقد تنقل المحطة من مكانها، وقد تتغير الأجهزة أو دقتها، بالإضافة إلى العامل البشري.

2-1 المحطات المناخية والبيانات المستخدمة

ومع محاولة الحصول على أطول مدة للبيانات من المصدر الرسمي فقد تم الحصول من الهيئة المصرية للأرصاد الجوية على مجموعتين من البيانات: الأولى هي المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى °م، لمدة 58 سنة من 1961 حتى سنة 2018، لثمانية محطات، موضحة بإحداثياتها في الجدول (1) والشكل (1). والمجموعة الثانية هي المتوسطات الشهرية لأربعة عناصر هي: درجات الحرارة °م (العظمى والصغرى) والرطوبة النسبية % وسرعة الرياح السطحية على ارتفاع 10 متر م/ث، لمدة 51 سنة من 1968 إلى 2018، لإحدى عشرة محطة موضحة أيضا في الجدول (1) والشكل (1) بأسمائها وإحداثياتها ومنطقتها.



جدول (1) محطات الأرصاد الجوية التابعة للهيئة المصرية العامة للأرصاد الجوية (EMA) والمسجلة بالمنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO)											
المجموعة	م.	Stn Name	اسم المحطة	WMO number	دائرة العرض	خط الطول	ثا/دقيقة/درجة	ثا/دقيقة/درجة	الارتفاع عن سطح البحر	المدة المتأخية	العناصر المتأخية المتأخية
الأولى	1	Matruh	مطروح	62306	31.325	27.222	19 13 27	19 13 27	29	1961-2018 : (58 سنة)	متوسطات شهرية لـ : 1- درجة الحرارة العظمى 2- درجة الحرارة الصغرى
	2	Port Said	بورسعيد	62333	31.267	32.300	2 16 31	2 16 31	6		
	3	Alexandria	الإسكندرية	62318	31.184	29.949	11 11 31	11 11 31	7		
	4	Asyout	أسيوط	62393	27.047	31.012	49 2 27	49 2 27	235		
	5	Kosseir	القصير	62465	26.133	34.250	59 7 26	59 7 26	11		
	6	Luxor	الأقصر	62405	25.671	32.707	16 40 25	16 40 25	90		
	7	Kharga	الخارجة	62435	25.450	30.533	0 27 25	0 27 25	73		
	8	Aswan	أسوان	62414	23.964	32.820	12 49 32	12 49 32	202		
	1	Matruh	مطروح	62306	31.325	27.222	30 19 31	30 19 31	29		
	2	Alexandria	الإسكندرية	62318	31.184	29.949	2 11 31	2 11 31	7		
الثانية	3	Cairo	القاهرة	62366	30.122	31.406	19 7 30	19 7 30	75	1968-2018 : (51 سنة)	متوسطات شهرية لـ : 1- درجة الحرارة العظمى 2- درجة الحرارة الصغرى 3- الرطوبة النسبية 4- سرعة الرياح
	4	Siwa	سيوة	62417	29.200	25.483	0 12 29	0 12 29	-15		
	5	Bahariya	واحة البحرية	62420	28.333	28.867	59 19 28	59 19 28	130		
	6	Hurghada	الغردقة	62462	27.178	33.799	41 10 27	41 10 27	16		
	7	Asyout	أسيوط	62393	27.047	31.012	49 2 27	49 2 27	235		
	8	Luxor	الأقصر	62405	25.671	32.707	16 40 25	16 40 25	90		
	9	Dakhla	الداخلية	62432	25.500	28.967	1 58 28	1 58 28	117		
	10	Kharga	الخارجة	62435	25.450	30.533	0 27 25	0 27 25	73		
	11	Aswan	أسوان	62414	23.964	32.820	12 49 32	12 49 32	202		

المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية المصرية.

وللحصول على بيانات يومية وعدد كثير من المحطات فقد تم الحصول عليها من موقع ناسا (NASA):

https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/?fbclid=IwAR08DqY47LI1ZuSvoS2KMsAnGvb9zB1QkoNiMamfa6Wo_ossZH3KX6HhQLw

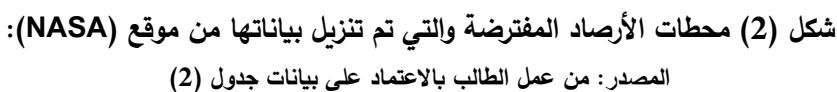
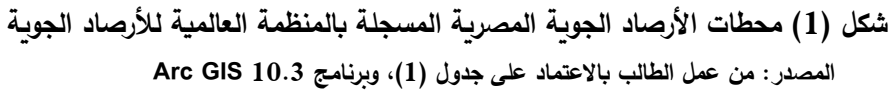
للتقييم اليومية لنفس الأربع عناصر السابقة وهي: درجات الحرارة العظمى والصغرى °م والمتوسط اليومي للرطوبة النسبية % وسرعة الرياح السطحية على ارتفاع 10 متر م/ث. والبيانات المتوفرة على هذا الموقع هي لفترة 35 سنة من 1984 إلى 2018، ويوضح الجدول (2) المحطات المفترضة وإحداثياتها (52 محطة)، كما يبين الشكل (2) توزيع هذه المحطات في مصر. وقد روعي في توزيع المحطات تمثيل كل مناطق وحدود مصر.



جدول (2) محطات الأرصاد المفترضة والتي تم تنزيل بياناتها من موقع (NASA):

م.	Station	المحطة	دائرة العرض	ثا/دقيقة/درجة	خط الطول	ثا/دقيقة/درجة	الإرتفاع عن سطح البحر م.	البيانات المنزلة
1	Sidi-Barrani	سيدي براني	31.620	31 37 12	25.900	25 54 0	28	القيم اليومية لـ :
2	Al-Salloum	السلوم	31.560	31 33 36	25.100	25 6 0	62	
3	Domiat	دمياط	31.430	31 25 48	31.840	31 50 24	3	
4	Matrouh	مطروح	31.340	31 20 24	27.180	27 11 48	94	
5	Rafah	رفح	31.300	31 18 0	34.210	34 13 36	104	
6	Al-Aamereyah	العامرية	31.150	31 9 0	29.970	29 58 12	5	
7	Al-Arish	العريش	31.120	31 7 12	33.830	33 50 48	51	
8	Al-Dupaa	الضبعة	31.100	31 6 0	28.430	28 26 48	25	
9	Damanhour	دمهور	31.060	31 3 36	30.440	30 26 24	3	
10	Mansoura	المنصورة	31.040	31 2 24	31.410	31 25 36	3	
11	Tahrir	التحرير	30.910	30 54 36	30.080	30 5 48	29	
12	Tanta	طنطا	30.830	30 49 48	30.930	30 56 48	16	
13	Ismailia	الإسماعيلية	30.600	30 36 0	32.230	32 19 12	47	
14	Banha	بنها	30.470	30 28 12	31.220	31 13 12	83	
15	Hasana	الحسنة	30.460	30 27 36	33.810	33 49 36	376	
16	Magharah	المغارة	30.250	30 15 0	28.930	28 56 48	63	
17	W.Border1	حد غربي 1	30.175	30 10 30	24.768	24 46 45	137	
18	Giza	الجيزة	30.010	30 0 36	31.200	31 12 0	83	1- درجة الحرارة العظمى (°م) على ارتفاع 2م
19	Suez	السويس	30.010	30 0 36	32.460	32 28 26	135	
20	Nekhel	نخل	29.910	29 54 36	33.780	33 47 48	604	
21	Cara Oasis	واحة كارا	29.610	29 36 36	26.530	26 32 48	18	2- درجة الحرارة الصغرى (°م) على ارتفاع 2م
22	Taba	طابا	29.510	29 30 36	34.830	34 50 45	621	
23	Banisuef	بني سويف	29.200	29 12 0	31.020	31 1 12	165	
24	Siwa	سيوة	29.180	29 10 48	25.530	25 32 48	83	3- الرطوبة النسبية (%) على ارتفاع 2م
25	Abo-Rudeis	أبو رديس	28.900	28 54 0	33.280	33 17 48	275	
26	Keith Boley	كيث بولي	28.750	28 45 0	26.930	26 56 48	47	
27	E.Border1	حد شرقي 1	28.469	28 28 6	32.862	32 52 36	430	4- سرعة الرياح على ارتفاع 10 م (م/ث)
28	Baharia	الواحات البحرية	28.330	28 19 48	28.900	28 54 0	201	
29	Elminya	المنيا	28.100	28 6 0	30.730	30 44 48	138	
30	Mallawi	ملوي	27.730	27 43 48	30.810	30 49 36	147	
31	Hurghada	الغردقة	27.250	27 15 0	33.770	33 46 12	170	
32	W.Border2	حد غربي 2	27.065	27 3 54	25.054	25 3 2	191	
33	Asyout	أسيوط	27.050	27 3 0	31.050	31 3 0	188	
34	Farafra	الفرافرة	27.020	27 1 12	27.990	27 59 24	181	
35	Tahta	طهطا	26.760	26 45 36	31.480	31 29 48	224	
36	Safaga	سفاجا	26.730	26 43 48	33.900	33 54 0	360	
37	Souhaq	سوهاج	26.670	26 40 12	31.700	31 42 0	287	
38	Abu Minqar	أبو منقار	26.460	26 27 36	27.660	27 40 36	256	
39	Kena	قنا	26.180	26 10 48	32.730	32 44 48	283	
40	Quseer	القصير	26.090	26 5 24	34.210	34 13 36	116	
41	El-Qasr	القصر	25.710	25 42 36	28.930	28 56 48	256	
42	Luxor	الأقصر	25.670	25 40 12	32.700	32 42 0	236	
43	W.Border3	حد غربي 3	25.479	25 28 42	25.110	25 7 36	474	
44	Kharga	الخارجة	25.450	25 27 0	30.530	30 32 48	211	
45	Edfu	إدفو	24.993	24 59 36	32.917	32 55 1	242	
46	E.Border2	حد شرقي 2	24.787	24 47 12	34.895	34 54 42	329	
47	Aswan	أسوان	24.140	24 8 24	32.910	32 55 36	253	
48	Toshka Lake	بحيرة توشكي	23.430	23 25 48	30.590	30 35 24	183	
49	Naser Lake	بحيرة ناصر	23.150	23 9 0	32.780	32 47 48	251	
50	Abu Simble	أبوسمبل	22.390	22 23 24	31.580	31 35 48	271	
51	S.Border1	حد جنوبي 1	22.163	22 9 48	27.652	27 39 7	250	
52	S.Border2	حد جنوبي 2	22.046	22 2 48	33.920	33 55 12	258	

المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات موقع ناسا (NASA).





2-2 معالجة البيانات وحساب العناصر والمؤشرات الزراعية:

تم عمل برنامج على إكسل (EXCEL) لمعالجة البيانات المسجلة وحساب العناصر الأخرى. كان هناك قليل من بيانات ناسا مفقود، غالبها يوم واحد بين أيام حوله فحسبت كمتوسط اليوم قبله واليوم بعده، أما إذا كان هناك أكثر من قيمة متتالية مفقودة فقد عُوِّضت بمعدلها اليومي الذي حسب للفترة كلها (35 سنة).

$$U_2 = \frac{4.87 U_z}{\ln (67.8 Z - 5.42)}$$

وحسبت سرعة الرياح على ارتفاع 2 متر من سرعتها السطحية على ارتفاع 10 متر باستخدام معادلة وردت في المرجع (Allen et al, 1998) وهي كالآتي حيث U_2 ، U_z هما سرعة الرياح على الارتفاعين 2 متر و Z متر، وهنا Ln ، ($z=10\text{ m}$) هي اللوغاريتم الطبيعي:

أما مدة سطوع الشمس الفعلية n وكمية الطاقة الكلية R_g فقد حسبت بمعادلات إحصائية مستنتجة بواسطة (Kamal Gafar 2010).

العلاقة بين بيانات ناسا وبيانات هيئة الأرصاد المصرية:

لوحظ فرقا كبيرا بين العناصر الشهرية المستنتجة من بيانات الهيئة ومن بيانات ناسا، وخصوصا البخرنتج القياسي. فتم الرجوع للعناصر الأربعة في كلا المجموعتين للمقارنة واستنتاج الفرق. أُخِذت فترة مشتركة بين المجموعتين وكانت البيانات الشهرية للعناصر الخمسة للفترة من 1984 إلى 1997 أي 14 سنة لتسع محطات مشتركة. وتم التحليل الإحصائي للمقارنة وكانت النتيجة كالآتي:



Tmx للهيئة = 0.9898 لناسا ، مع معامل تحديد = 0.9816

Tmi للهيئة = 0.9775 لناسا ، مع معامل تحديد = 0.9828

RH للهيئة = 1.1787 لناسا ، مع معامل تحديد = 0.9219

U_2 للهيئة = 0.6678 لناسا ، مع معامل تحديد = 0.8653

وواضح من خلال المقارنة أن معامل التحديد قوي جدا مما يدل على أن بيانات ناسا منتظمة ومتوازية مع بيانات الهيئة مما يعزز الثقة بها. لذلك ضربت هذه النسب في بيانات ناسا لتصحيحها وتوافقها مع بيانات الهيئة. وبهذا تم الحصول على بيانات يومية ومتصلة لأربعة عناصر مناخية ولفترة 35 سنة على 52 محطة أرصاد مفترضة في مصر.

2-3 رسم خرائط خطوط تساوي العناصر المناخية وإظهارها لتغير المناخ

تم رسم خرائط خطوط تساوي عناصر المناخ بطريقة تبين أثر تغير المناخ على مدى إزاحة هذه الخطوط للسنوات الخمس الأولى (1984-1988) من فترة الدراسة ثم الإجمالي الإحصائي للسنوات الخمس الأخيرة (2014-2018) بهدف التقليل من تأثير التقلبات المناخية بقدر الإمكان، بحيث أن قفزة السنوات من منتصف المدة الأولى إلى الأخيرة تساوي 30 سنة تمثل فترة مناخية قياسية ستوضح تأثير تغير المناخ على إزاحة خطوط التساوي.

وكذلك تم استخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS 10.3) لرسم خريطتين لمدة الخمس سنوات الأولى والخمس سنوات الأخيرة. وهذا لإظهار تأثير تغير المناخ خلال قفزة مناخية قياسية من الخمس سنوات الأولى إلى الخمس سنوات الأخيرة على مقدار إزاحة قيم خطوط تساوي العناصر المناخية.



3- النتائج والمناقشة:

3-1- تغير درجات الحرارة

تمثل بيانات المجموعة الأولى للمحطات بالجدول (1) القيم الشهرية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى، وهي تحوي 8 محطات ولفترة 58 سنة من 1961 حتى 2018. ومنها تم حساب المتوسطات السنوية (ملحق 1) ثم رُسم منها الشكل (3) والذي يشير إلى أن تغير درجات الحرارة العظمى (T_{mx}) والصغرى (T_{mi}) والمتوسط اليومي (T_{avg}) هو بتوجه (Trend) موجب نحو الزيادة، حيث تظهر معادلة ميل كل عنصر فوق توجهه، وهذا الميل يساوي مقدار الزيادة في درجة الحرارة للسنة الواحدة. ومن الشكل يتضح أن مقدار الزيادة السنوية في درجة الحرارة الصغرى هو $+0.034^{\circ}\text{م}$ وفي العظمى هو $+0.013^{\circ}\text{م}$ وفي المتوسط اليومي هو $+0.0236^{\circ}\text{م}$ ، أي أن معدل الزيادة السنوية في درجة الحرارة الصغرى أكبر منه في درجة الحرارة العظمى، لذلك نجد أن ميل توجه المدى الحراري (TR) سالبا، بمعنى أن الفرق بين درجتي الحرارة العظمى والصغرى يقل بمقدار 0.021°م كل سنة. أي أن الزيادة خلال فترة هذه المجموعة من البيانات (58 سنة) هي للصغرى 1.97°م وللعظمى 0.75°م وللمتوسط اليومي 1.37°م . ولكن لتسهيل المقارنات تم حساب الزيادات خلال الفترة المناخية القياسية (30 سنة) وهي للصغرى 1.02°م وهي تمثل 6% من المعدل السنوي الذي هو 17.2°م ، وللعظمى 0.39°م وهي تمثل 1.3% من متوسط الفترة الذي يقدر بـ 29°م ، وللمتوسط اليومي 0.71°م وهي تمثل 3.1% من متوسط الفترة الذي يقدر بـ 23.1°م ، وكذلك يقل المدى الحراري بمقدار 0.63°م وهذه القلة تمثل 5.3% من متوسط الفترة الذي يقدر بـ 11.8°م . ونظرا لأن عدد المحطات المستنتج منها هذه الأرقام ثمانية فقط، قد لا



تمثل مصر جيداً، لذلك نعتبر هذه الأرقام مؤكدة زيادة درجات الحرارة وقلة المدى الحراري ولكن بمقادير محتملة غير حاسمة.

بيانات محطات المجموعة الثانية بالجدول (1) تمثل القيم الشهرية لعناصر درجات الحرارة والأمطار، وهي تحوي 11 محطة لفترة 51 سنة من 1968 حتى 2018. ومنها نستنتج المتوسطات السنوية كما بملحق رقم (2)، ثم رُسم منها السلسلة الزمنية كما بالشكل (4) الذي يبين أن ميل توجه درجات الحرارة الصغرى $+0.0458^{\circ}\text{م/سنة}$ والعظمى يساوي $+0.0314^{\circ}\text{م/سنة}$ والمتوسط اليومي $+0.0386^{\circ}\text{م/سنة}$. ويلاحظ أيضاً أن التغير السنوي في درجة الحرارة الصغرى أكبر منه في العظمى، وأن ميل توجه المدى الحراري (-) $0.0144^{\circ}\text{م/سنة}$ كما في الشكل. وهذا يعني أن مقدار التغير بالزيادة في درجات الحرارة خلال الفترة المناخية القياسية (30 سنة) يساوي 1.37°م للصغرى و 0.94°م للعظمى و 1.16°م للمتوسط اليومي، وبالنقص في المدى الحراري بمقدار 0.43°م . والنسب المئوية من متوسط الفترة (51 سنة) لهذه الزيادات هي: 8.4% و 3.1% و 5.0% على الترتيب، وللنقص في المدى الحراري هو 3.2%.

محطات ناسا الـ 52 بالجدول (2)، تم استخدام بياناتها اليومية لفترة 35 سنة من 1984 حتى 2018 لحساب المتوسطات السنوية كما بالملحقين رقم (3)، رقم (4)، وكذلك رُسم السلاسل الزمنية لجميع عناصرها الأساسية والمستنتجة على جميع أنحاء مصر. ومن أجل رسم خرائط خطوط التساوي، تم حساب المتوسطات السنوية لكل محطة على حدة للمدة الأولى (ملحق رقم 5) ثم الأخيرة (ملحق رقم 6) من فترة الدراسة 35 سنة.



والشكل (5) يبين أن ميل درجة الحرارة الصغرى هو $+0.042$ وللعظمى هو $+0.034$ وللمتوسط اليومي هو $+0.038$ مما يعني أن مقدار التغير في درجات الحرارة خلال الفترة المناخية القياسية (30 سنة) يساوي 1.26°م للصغرى و 1.01°م للعظمى و 1.13°م للمتوسط اليومي. أي أن التغير في درجة الحرارة الصغرى أكبر من التغير في العظمى أيضا.

ومن خلال نتائج مجموعات البيانات الثلاثة السابقة يتضح أن التغير في درجة الحرارة الصغرى أكبر من التغير في العظمى مما يؤكد أن التغير ناتج من زيادة غازات الاحتباس الحراري بالغلاف الجوي القريب من سطح الأرض والتي تؤثر ليلا أكثر مما تؤثر نهارا بسبب إعادة إشعاع الموجات الطويلة إلى الأرض من الغلاف الجوي بمعدل أكبر ليلا في عدم وجود الأشعة الشمسية. فكما أن ليلي الشتاء المغيمة أكثر دفئا من ليلي الشتاء الصافية، فكذلك التغير في درجة الحرارة الصغرى أعلى بمرور العقود من السنين من التغير في درجة الحرارة العظمى بسبب غازات الاحتباس الحراري المتزايدة بمرور العقود من السنين أيضا.

ويتضح من النتائج السابقة أن الزيادة القياسية في درجة الحرارة الصغرى هي مؤكدة في فترة القيم $[1.97-1.26]$ درجة مئوية/الفترة المناخية القياسية (م/30 سنة) ومحتملة بين قيمها، والزيادة القياسية في العظمى هي مؤكدة في فترة القيم $[1.01-0.39]$ درجة مئوية ومحتملة بين قيمها، وفي المتوسط اليومي هي مؤكدة في فترة القيم $[1.16-0.71]$ درجة مئوية ومحتملة بين قيمها. وإذا كان لابد من رقم واحد فهو متوسط كل فترة، أي للصغرى $1.62^{\circ}\text{م}/30$ سنة وللعظمى $0.7^{\circ}\text{م}/30$ سنة وللمتوسط اليومي $0.94^{\circ}\text{م}/30$ سنة. وهذا يعني أن المتوسط اليومي لدرجة الحرارة في مصر قد يزداد ثلاث درجات مئوية بعد ثلاث



دورات مناخية، أي تقريبا بنهاية هذا القرن. ولكن تظل الأرقام المستنتجة من بيانات ناسا المقارنة بالبيانات الأرضية هي الأرجح لكثرة محطاتها وتمثيلها لكل مناطق مصر وسنعمد عليها فيما سيأتي.

الشكل (5) يوضح أيضا أن هناك توجه للزيادة في درجة حرارة نقطة الندى بمعدل سنوي يساوي 0.034°م ، وهذا يشير إلى توجه في زيادة الرطوبة المطلقة، وسوف نشير لذلك فيما بعد.

أما الخريطتان في الشكلين (6)، (7) فيبينان التوزيع الجغرافي لخطوط تساوي المتوسط اليومي لدرجة الحرارة لمدتي الخمس سنوات الأولى والأخيرة من فترة بيانات ناسا (35 سنة). ويتضح من الشكلين إزاحة واضحة للخطوط إلى الشمال. فإذا تتبعنا خط 22 م فأقل في الخريطة الأولى (شكل 6) سنجد أنه يسمح أكثر من نصف مساحة مصر شمالاً تقريباً، بينما في الخريطة الثانية (شكل 7) يسمح أقل من ثلثها تقريباً. وهذا يزيح نطاق زراعة المحاصيل الشتوية إلى الشمال بمرور السنوات، ويجعل زراعة المحاصيل الشتوية أصعب في جنوب مصر بمرور السنوات. كما نلاحظ في الخريطتين أن خط 25°م قد أزيح نحو الشمال في مساحة كبيرة ووصل إلى شمال الأقصر في غضون فترة مناخية واحدة، وهذا يؤثر سلباً على نمو القمح جنوب مصر فوق هذه الدرجة 25°م ، وإذا استمرت أسباب تغير المناخ فربما يقترب هذا الخط من الدلتا في غضون ثلاث دورات مناخية.

وبالمقارنة بالدراسات السابقة يتضح أن هذه الدراسة اعتمدت على بيانات من أكثر من مصدر وتشمل مصر كلها بعدد كثير من المحطات يصل إلى 52 محطة وتحتوي على خرائط توزيع خطوط تساوي لجميع عناصر المناخ، كما أنها راعت المقياس الكبير (macroscale) للمناخ الذي يتماشى مع طبيعة



موضوع التغير العالمي للمناخ، حيث تمت الدراسة بعدد كثير من المحطات يمثل جميع مناطق مصر. والشكل (5) المستنتج من بيانات ناسا يبين هذا بالنسبة لدرجات الحرارة:

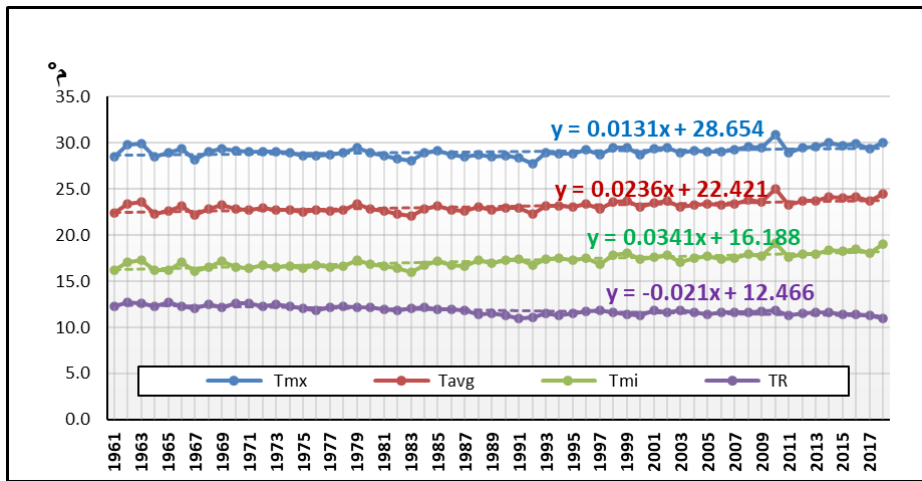
الصغرى: فقد سجلت هذه الدراسة زيادة مقدارها 1.26°م في الفترة القياسية 30 سنة لجميع مصر من بيانات ناسا. بينما كانت الدراسات السابقة محدودة بمنطقة معينة في مصر، فقد وجد وليد عباس (2009) في دلتا النيل تزايدا في درجة الحرارة الصغرى بمقدار 0.418°م /الفترة القياسية (بعد إجراء المتوسط والتحويل اللازم اعتمادا على فترة دراسته)، وقناوي حسين (2015) في مصر الوسطى والعليا وجد تزايدا بمقدار 1.028°م /الفترة القياسية، وفاطمة فتحي (2015) في دلتا النيل وجدت تزايدا بمقدار 0.720°م /الفترة القياسية، ومحمد شوفين (2018) بالساحل الشمالي الغربي وجد تزايدا بمقدار 0.418°م /الفترة القياسية. وبهذا يتضح توافقا في الزيادة واختلافا في المقدار، ويعود هذا لاختلاف مناطق الدراسة ومصادر ودقة البيانات.

والعظمى: فقد سجلت هذه الدراسة زيادة مقدارها 1.01°م /الفترة القياسية لكل مصر، بينما سجل قناوي حسين (2015) في وادي النيل زيادة مقدارها 0.184°م /الفترة القياسية، وفاطمة فتحي (2015) سجلت في دلتا النيل زيادة قدرها 0.30°م /الفترة القياسية، ومحمد شوفين (2018) وجد زيادة مقدارها 0.395°م /الفترة القياسية في الساحل الشمالي الغربي. وكذلك يعود هذا الاختلاف لمحدودية مناطق الدراسة السابقة ومصادر ودقة البيانات.

وللمتوسط اليومي: فقد سجلت هذه الدراسة زيادة مقدارها 1.13°م /الفترة القياسية لكل مصر (52 محطة)، بينما سجلت الزيادة العالمية (IPCC, 2019, p6) حوالي 1.0°م منذ قيام الثورة الصناعية، كان معظمها (0.87°م)

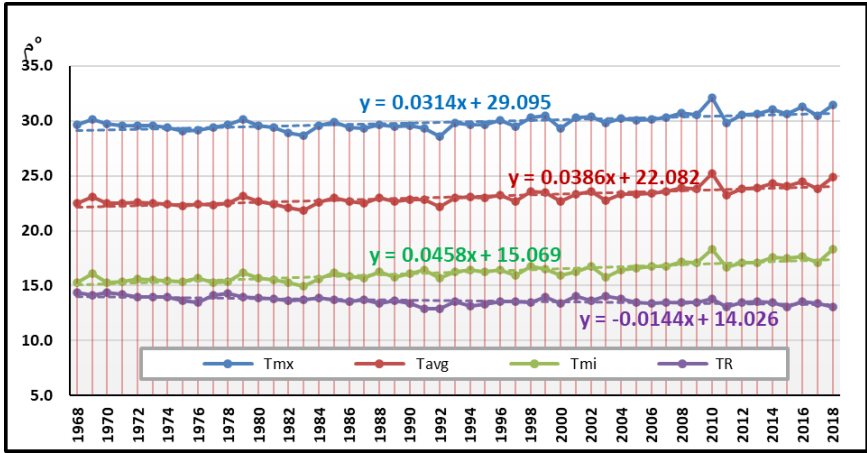


منذ 2006. والزيادة العالمية هي للغلاف الصخري والمائي، وتقرير الهيئة (IPCC 2019) ينص على أن الزيادة على اليابسة أعلى من الزيادة على المحيطات، لذلك نجد أن الزيادة التي سجلناها ($1.13^{\circ}\text{C}/\text{م}$ الفترة القياسية لكل مناطق مصر) منطقية ومعقولة. هذا بينما كانت نتائج الأعمال المحلية السابقة محدودة بمنطقة معينة، فقد سجل قناوي حسين (2015) في مصر السفلى والعليا زيادة في درجة الحرارة المتوسطة مقدارها $0.676^{\circ}\text{C}/\text{م}$ الفترة القياسية. وفاطمة فتحي (2015) في دلتا النيل سجلت زيادة قدرها $0.480^{\circ}\text{C}/\text{م}$ الفترة القياسية. ومحمد شوفين (2018) بالساحل الشمالي الغربي سجل زيادة قدرها $0.474^{\circ}\text{C}/\text{م}$ الفترة القياسية.



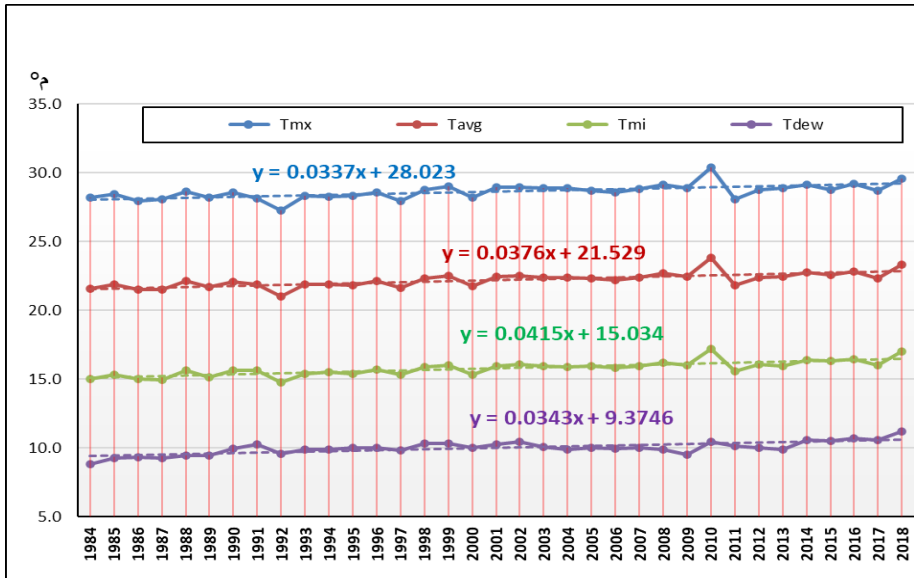
شكل (3) تغير درجات الحرارة في مصر (8 محطات EMA)

المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق رقم (1).



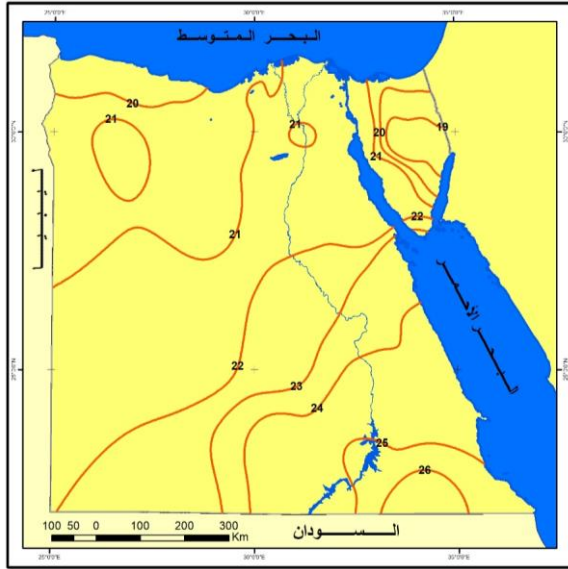
شكل (4) تغير درجات الحرارة في مصر (11 محطات EMA)

المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق رقم (2).

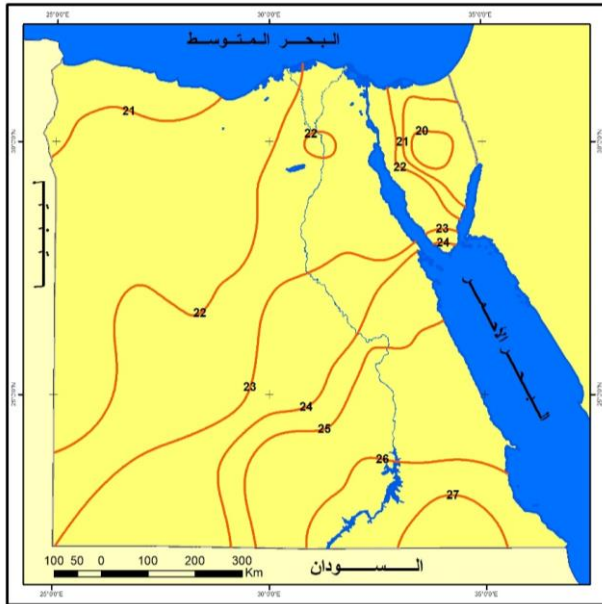


شكل (5) تغير درجات الحرارة العظمى والصغرى والمتوسط اليومي في مصر

المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق رقم (3).



شكل (6) المتوسط اليومي لدرجات الحرارة (السنوية) للمدة الأولى (الخمس سنوات 1984-1988) في مصر
المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق رقم (5).



شكل (7) المتوسط اليومي لدرجات الحرارة (السنوية) للمدة الأخيرة (الخمس سنوات 2014-2018) في مصر
المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق رقم (6).



3-1-1 تغير عدد أيام تجاوز أو تساوى المتوسط اليومي لدرجة الحرارة 25 أو 30 °م

يبين الشكل (8) التغير التاريخي لعدد الأيام التي تساوى أو تزيد فيها درجات حرارة المتوسط اليومي عن 25 °م ($T_{avg} \geq 25$) وكذلك عن 30 °م ($T_{avg} \geq 30$). ويتضح من الشكل أن الزيادة السنوية في عدد أيام تجاوز المتوسط اليومي 25 °م هو 0.59 يوم/سنة أو 17.7 يوم خلال الفترة المناخية القياسية (30 سنة) وهو ما يمثل 11% من المعدل المعتاد الذي يقدر بـ 165 يوم. وعدد أيام تجاوز المتوسط اليومي 30 °م هو 0.687 يوم/سنة أو 20.6 يوم/الفترة المناخية القياسية وهو ما يمثل 46% من المعدل الذي يقدر بـ 44 يوم.

وهذه نتائج خطيرة، حيث تؤثر سلباً على محصول القمح في مصر والذي لا تتحمل أصنافه المصرية أكثر من 25-27 °م متوسط يومي، وتحتاج على الأقل 160 يوم لتكمل دورتها بإنتاج جيد، وعدد أيام الضرر حالياً 165 يوم في السنة كمتوسط على مستوى أقاليم مصر، وسيؤثر محصول القمح بتغير المناخ بدرجة كبيرة بعد ثلاث دورات مناخية.

أما محصول الذرة فإن مدى نموه يمتد من 15 °م إلى 35 °م متوسط يومي، وفي الخريطة (7) ظهر خط تساوى 27 °م جنوب مصر في دورة مناخية واحدة، حيث كان 26 °م في بداية الدورة. وبالتالي لن يتأثر محصول الذرة بتغير المناخ في مصر إلا بعد حوالي ثماني دورات مناخية تقريباً.

الخرائط (9)، (10)، (11)، (12) تبين خطوط تساوي عدد أيام تجاوز المتوسط اليومي لدرجات الحرارة 25 °م، 30 °م بين بداية ونهاية فترة الدراسة من بيانات ناسا (أنظر الملحقين 5 و6) والتي تبين تفصيلات تغير المناخ في



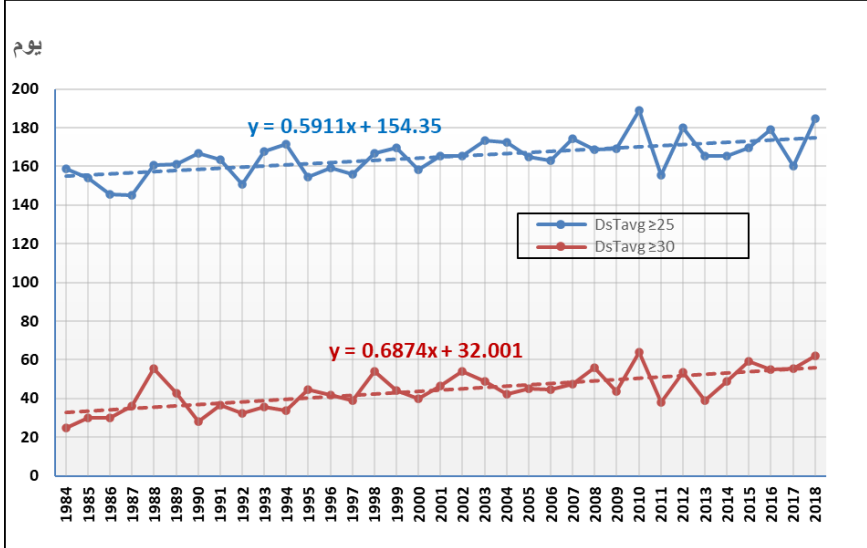
مناطق مصر المختلفة، من متوسط الخمس سنوات الأولى في الفترة إلى متوسط الخمس الأخيرة.

يلاحظ أن خط 160 يوم في الشكل (9) قد أزيح نحو الشمال بشكل كبير في الشكل (10) حتى صارت ثلاث أرباع مساحة مصر في الجنوب لها أكثر من 160 يوم في السنة درجة حرارتها اليومية 25 °م، وهذا كله في خلال فترة مناخية واحدة. وكذلك انزاحت كل الخطوط ذات القيم العليا إلى الشمال، وكل هذا يؤثر سلبا على الفترة المتاحة لنمو المحاصيل الشتوية في مصر. فإذا كان خط الخطر هو 180 يوم (بحيث يبقى من السنة 185 لفترة بذر ودورة نمو القمح) فإن الخريطة (10) تبين أن أكثر من ثلث مساحة مصر في الجنوب الشرقي قد خرج بالفعل من إمكانية زراعة القمح. وبناء على مقدار ازاحة خط 180 يوم في الخريطة الثانية يمكن القول بأنه في غضون ثلاث دورات مناخية ستصير ثلاث أرباع مساحة مصر غير قابلة لزراعة القمح، وبالتأكيد الأثر سيقع على جميع المحاصيل الشتوية ولكن بدرجات متفاوتة.

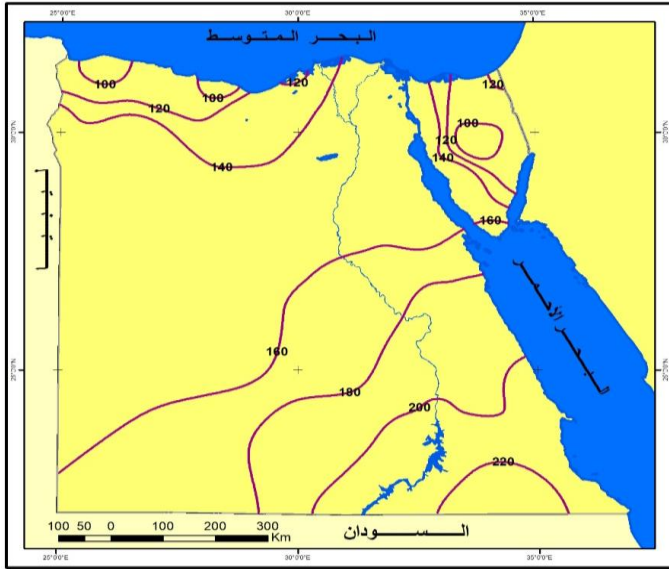
كما يلاحظ في الخريطة (11) أن خط 40 يوم قد أزيح إلى الشمال بشكل كبير في الشكل (12) حتى صار في شمال مصر في المدة الأخيرة بعد أن كان ينصفها تقريبا في المدة الأولى. وكذلك كل الخطوط ذات القيم الأعلى من 40 يوم قد أزيحت إلى الشمال بشكل كبير في غضون فترة مناخية واحدة، حتى صار النصف الجنوبي لمساحة مصر له أكثر من 60 يوم درجة حرارة المتوسط اليومي أعلى من 30 °م. ويلاحظ بأن خط 140 يوم في خريطة المدة الأولى كان يغطي مساحة قليلة لا تذكر في جنوب شرق مصر، ثم أزيح إلى الشمال بحيث صار يغطي بحيرة ناصر كلها في المدة الأخيرة. وهذا يؤدي إلى زيادة



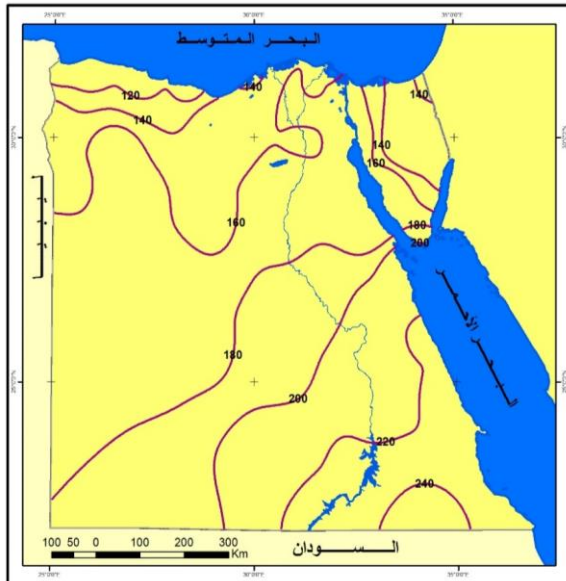
البخر من البحيرة وفقد كميات أكبر من الماء بدون فائدة، مما يؤثر سلباً على الموارد المائية لمصر.



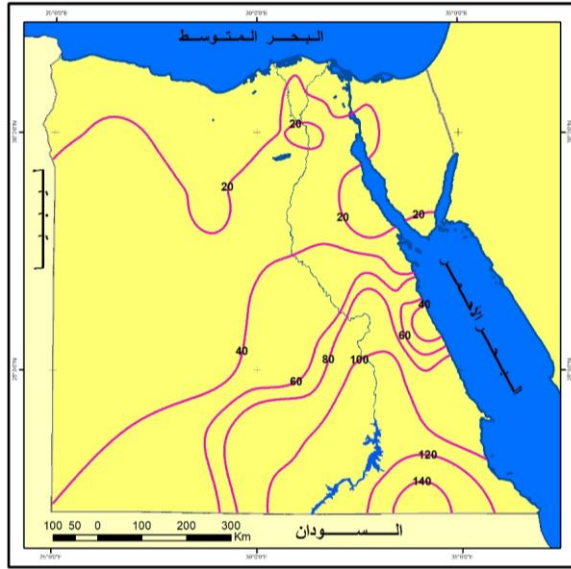
شكل (8) تغير عدد الأيام التي تجاوز أو تساوى فيها المتوسط اليومي لدرجات الحرارة 25 أو 30م في مصر المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق رقم (4).



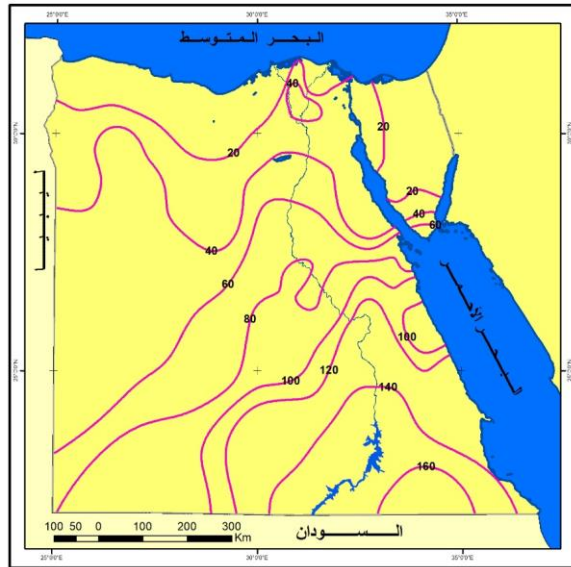
شكل (9) عدد الأيام متوسط درجة الحرارة ≤ 25 م° للمدة الأولى (1984-1988) في مصر
المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق رقم (5)



شكل (10) عدد الأيام متوسط درجة الحرارة ≤ 25 م° للمدة الأخيرة (2014-2018) في مصر
المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق رقم (6).



شكل (11) عدد الأيام متوسط درجة الحرارة ≤ 30 م للفترة الأولى (1984-1988) في مصر
المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق رقم (5).



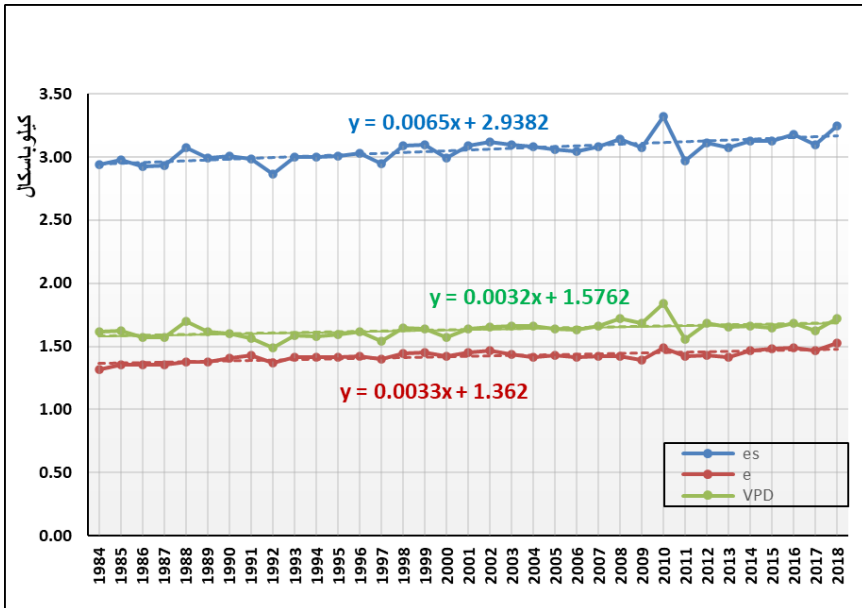
شكل (12) عدد الأيام متوسط درجة الحرارة ≤ 30 م للفترة الأخيرة (2014-2018) في مصر
المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق رقم (6).



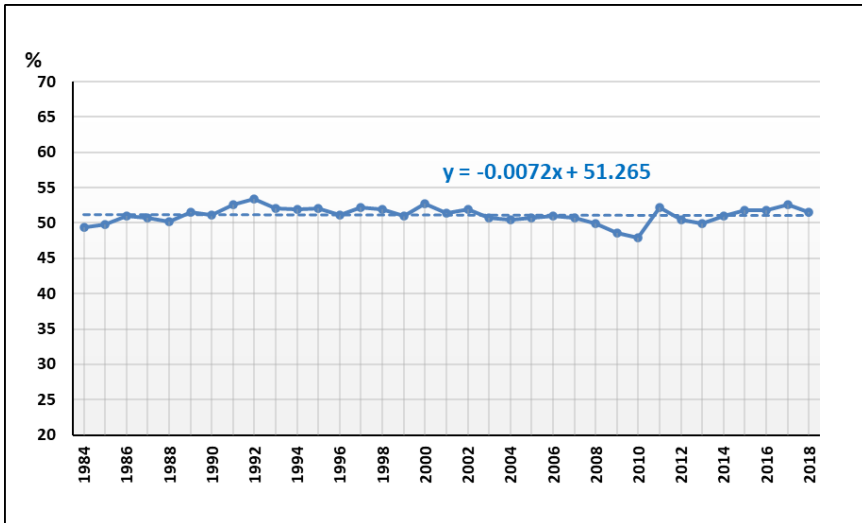
3-2- تغير الرطوبة الجوية

ذكرنا أن زيادة درجة حرارة نقطة الندى بالشكل (5) السابق يعني زيادة الرطوبة المطلقة على مستوى جميع أنحاء مصر. وهذا بالطبع يؤدي إلى زيادة في ضغط بخار الماء الفعلي (e) في الجو بمرور السنين. والشكل (13) يبين أن هذه الزيادة السنوية بالكيلو باسكال هي (0.003)، وهي زيادة طفيفة. ويبدو من الشكل كذلك أن معدل زيادة بخار الماء المشبع (e_s) أعلى قليلاً (0.007)، وهذا بسبب زيادة المتوسط اليومي لدرجة الحرارة بمرور السنين. وهذا يؤدي إلى قلة ضئيلة في الرطوبة النسبية لأنها تمثل نسبة ضغط بخار الماء الفعلي إلى المشبع (e/e_s)، وهذا يظهر في الشكل (14) حيث تقل الرطوبة النسبية قليلاً بمرور السنين، وكلها تغيرات غير معنوية، قد تعود إلى الأخطاء المسموحة في البيانات.

أي أن هذه الدراسة سجلت انخفاضاً غير معنوي في الرطوبة النسبية حيث بلغ الانخفاض -0.22 % للفترة المناخية القياسية على مصر. وقد سجل محمد شوفين (2018) انخفاضاً في مقدار الرطوبة النسبية على الساحل الشمالي حيث تراوح معدل الانخفاض بين -0.01 % و -3.2 %. كما سجل كل من منعم المرزوقي وفراس الربيعي (2011) في العراق انخفاضاً لكمية الرطوبة النسبية في العراق بمقدار -20 % خلال الفترة 1940-2010، وبهذا تبين هذه الدراسة أن قلة الرطوبة هي في حدود نتيجة الدراسة الأولى وبعيدة عن نتيجة الدراسة الثانية.



شكل (13) تغير ضغط بخار الماء المشبع والفعلي والفرق بينهما في مصر
المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق رقم (3).

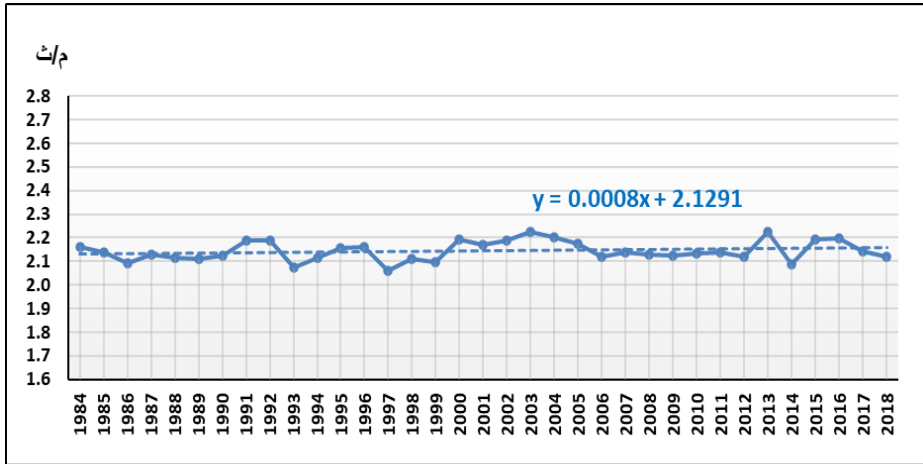


شكل (14) تغير الرطوبة النسبية في مصر
المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق رقم (3).

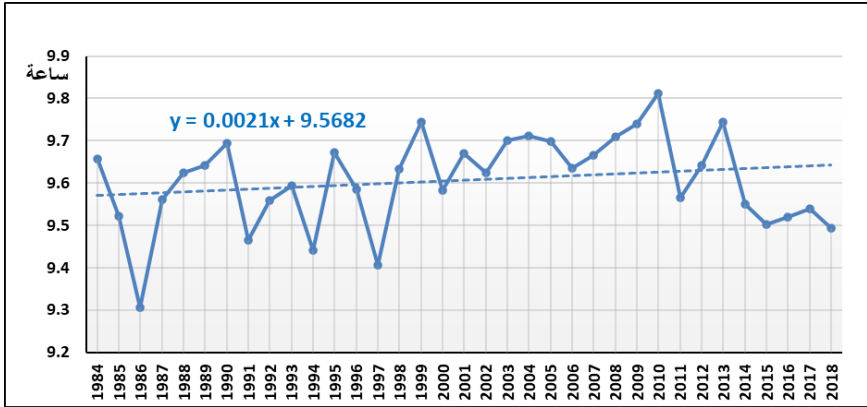


3-3- تغير سرعة الرياح ومدة سطوع الشمس

يبين الشكل (15) السلسلة الزمنية لسرعة الرياح على ارتفاع 2 متر لفترة 35 سنة من بيانات ناسا لجميع المحطات، ويظهر منه أن هناك زيادة طفيفة جدا، حيث يظهر أن الميل (0.0008 م/ث/سنة) لا يحقق زيادة أكثر من 0.024 م/ث كل فترة مناخية، أي ما يمثل 1.1% من المعدل السنوي الذي يقدر بـ 2.1 م/ث. كذلك هناك زيادة سنوية طفيفة في مدة سطوع الشمس كما بالشكل (16) تمثل 0.0021 ساعة، أو 0.06 ساعة خلال الفترة المناخية أو حوالي 0.67% من المعدل السنوي الذي يقدر بـ 9.6 ساعة. وكل هذه زيادات غير معنوية لا تؤثر في شيء لأنها في حدود الخطأ المسموح في البيانات.



شكل (15) تغير سرعة الرياح على إرتفاع 2متر من سطح التربة في مصر
المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق رقم (3).



شكل (16) تغير مدة سطوع الشمس في مصر

المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق رقم (3).

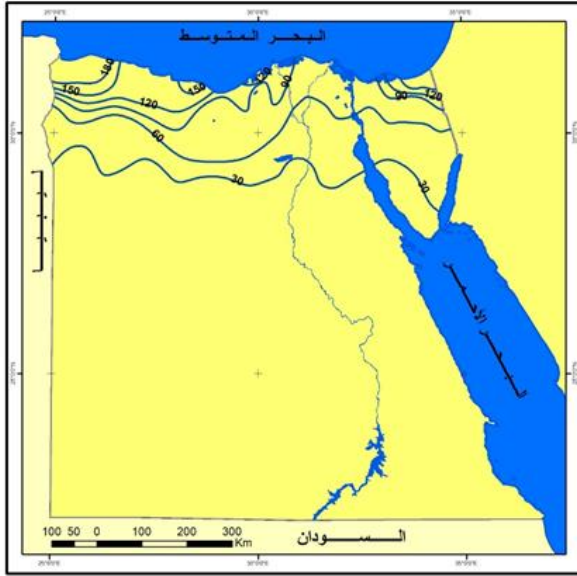
3-4 تغير كمية الأمطار السنوية

يبين الشكل (17) توزيع المعدل الطبيعي لكمية الأمطار السنوية، ويظهر منها أن أمطار مصر تقع على الساحل الشمالي وشمال مصر فقط. لذلك يعرض في الشكلين (18)، (19) التغير التاريخي للأمطار على الساحل الشمالي وشمال مصر فقط. الشكل الأول منهما يمثل التغير التاريخي لكمية الأمطار السنوية بمتوسط بيانات 3 محطات فقط من (EMA) هي مطروح والإسكندرية والقاهرة ليمثلوا أمطار مصر بساحلها وشمالها بفترة طويلة 51 سنة، ومتوسطاتها السنوية ملحق (2). والشكل الثاني يعرض التغير التاريخي للأمطار كذلك ولكن بمتوسط بيانات 24 محطة من (NASA) بفترة أقصر 35 سنة، تمثل الساحل الشمالي وشمال مصر، ومتوسطاتها السنوية موجودة بملحق رقم (4).

يظهر من الشكلين تغير طفيف بمعنوية ضعيفة، فالميل في الشكل الأول (18) موجب +0.275 يعطي زيادة حوالي 8 مم كل 30 سنة، أي حوالي 6%



من متوسط الفترة كلها وهو 130 مم/سنة، ولكن الاختلاف حول المعدل أو التوجه كبير جدا مما يقلل من معنوية هذه الزيادة. وبيانات ناسا تشير إلى ميل سالب (-0.1106) يعطي قلة بمقدار 3.3 مم/30 سنة وبنسبة حوالي -4% من متوسط الفترة الذي يقدر بـ 90 مم/سنة. وأيضا الاختلاف كبير حول المعدل من سنة لأخرى مما يقلل من معنوية هذا التغير السالب. والنتيجة النهائية أنه لا تغير يمكن الاعتماد عليه في كمية الأمطار، وقد يعود هذا التغير الطفيف إلى الأخطاء المسموحة للبيانات.



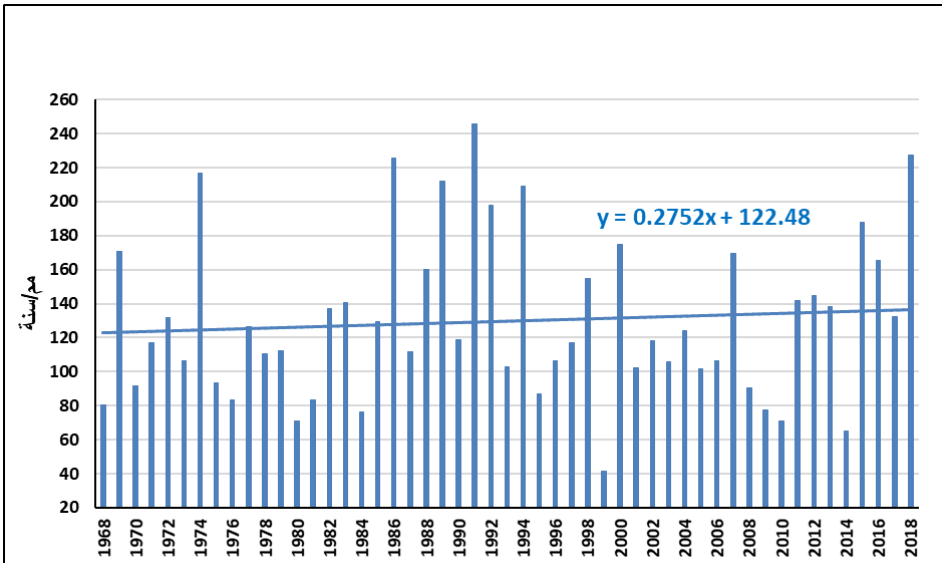
شكل (17) معدل كمية الأمطار السنوية (مم) لفترة 35 سنة من 1984 إلى 2018 في مصر
المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق رقم (4).

الشكلين (20) و (21) خريطتان تبينان توزيع الأمطار السنوية لمتوسط الخمس سنوات الأولى والخمس الأخيرة من فترة بيانات ناسا (34 سنة) وقد رسمتا لاستكشاف التغير بين أول الفترة وآخرها. والخريطتان تبينان بالفعل أنه لا



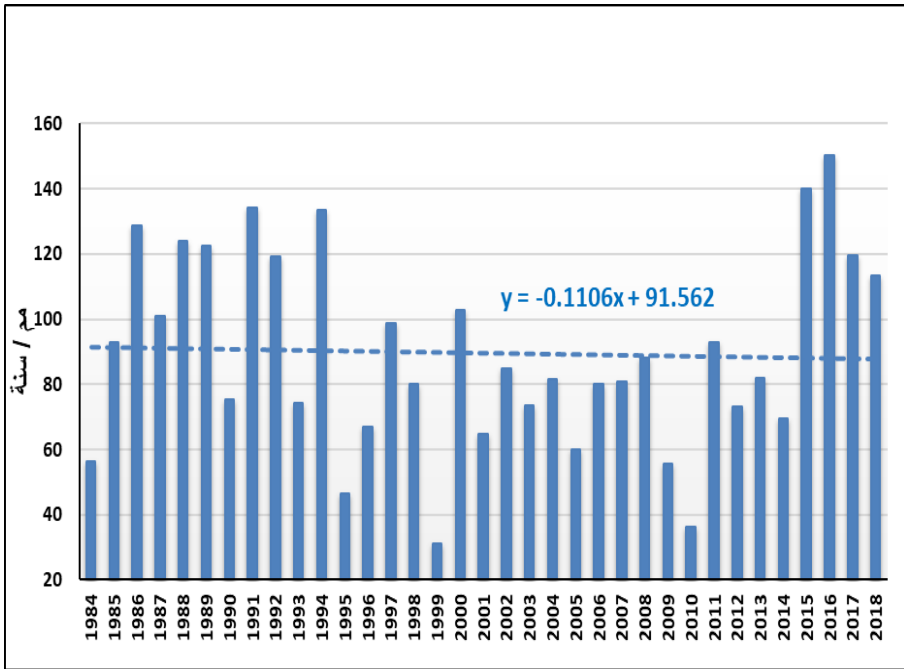
تغير يذكر في توزيع الأمطار بالفترتين، وإذا لوحظ اختلاف طفيف فبسبب طبيعة الاختلاف الشديد في كمية الأمطار حول معدلها من سنة لأخرى.

وبينما لم تسجل هذه الدراسة تغيرا يذكر بسبب التضارب بين الزيادة والنقصان باختلاف مصدر البيانات وبسبب التقلبية الشديدة للأمطار من سنة إلى أخرى مما يضعف من معنوية أي تغير طويل المدى سواء بالزيادة أو النقصان، وكذلك وجد طارق أبو الفضل (2014) أن المجموع السنوي لكمية المطر المتساقط على مصر خلال القرن العشرين سجل انخفاضا بمقدار 7- ملم/قرن، وكذلك وليد عباس (2009) وجد انخفاضا طفيفا في كمية المطر في دلتا النيل خلال القرن العشرين. ووضح أن الانخفاضات المسجلة لكل الدراسات قليلة، وغير معنوية بسبب طبيعة التقلبية الشديدة للأمطار من سنة لأخرى.

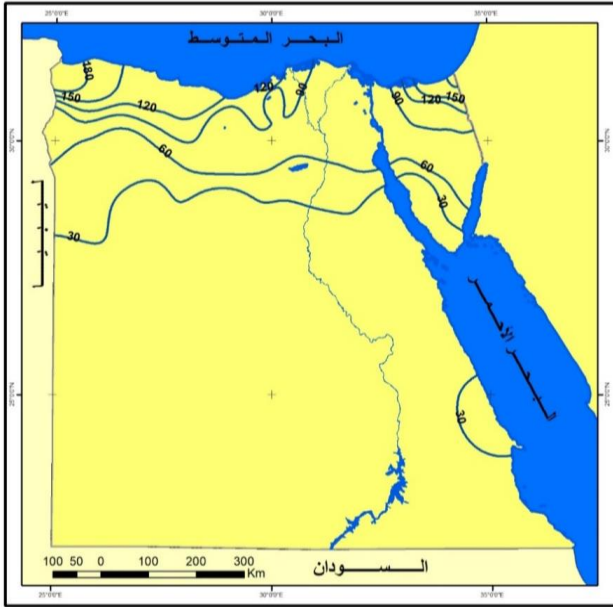


شكل (18) تغير كمية الأمطار السنوية (ملم) على محطات شمال مصر (مطروح والأسيوط والقاهرة (EMA) للفترة من (1968-2018)

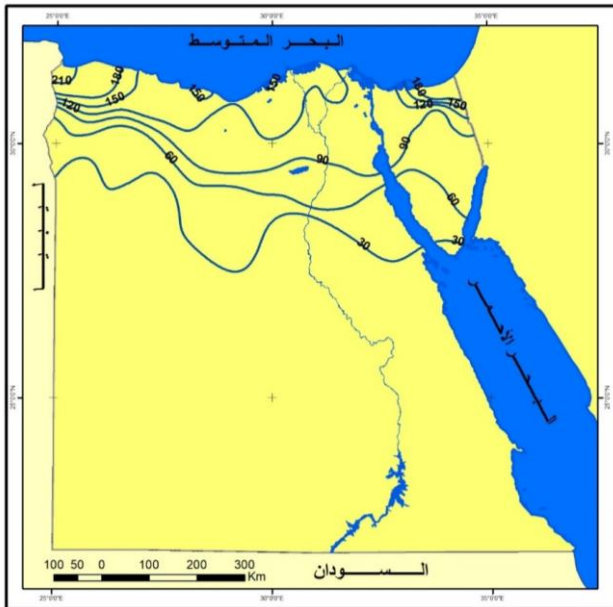
المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق رقم (2).



شكل (19) تغير كمية الأمطار السنوية (ملم) على محطات الساحل الشمالي شمال مصر (NASA) للفترة من (1984-2018)
المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق رقم (4).



شكل (20) متوسط كمية المطر السنوي [ملم/سنة] خلال الفترة 1984-1988 في مصر
المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق رقم (5).



شكل (21) متوسط كمية المطر السنوي [ملم/سنة] خلال الفترة 2014-2018 في مصر
المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق رقم (6).



3-4 تغير ميزانية الطاقة فوق سطح الحشائش القياسي

أولا سطح الحشائش القياسي هو سطح ممتد من الحشائش القصيرة الخضراء، مروي جيدا ومعتنى به زراعيا. والشكل (22) يمثل تغير ميزانية الطاقة فوق هذا السطح القياسي بمرور عقود السنين، وعناصر الإشعاع فوق هذا السطح تساهم في صنع وتغير هذه الميزانية. وهي طاقة الإشعاع الشمسي قصير الموجة الساقط على السطح (R_g) هي باللون الأزرق الغامق، ينعكس منها 23% في صورة موجات قصيرة والباقي 77% يستخدم في تسخين الأرض التي تشع طاقة بموجات طويلة (L_{uc}) فتعيد غازات الجو جزء منها إلى سطح الأرض مرة أخرى (L_{dc})، والفرق بينهما (R_{nl}) يهرب إلى الفضاء الخارجي، إلا أن جزءا منه يعود إلى سطح الأرض بسبب السحب إن وجدت، والباقي من الـ 77% يسمى الإشعاع المحصل النهائي (R_n)، وهو يستخدم مع بعض الطاقة المنقلة بالهواء في عملية البخرنتح ($\lambda E T_o$)، وقد تم رسم هذه العناصر السابقة بالشكل (22) اعتمادا بيانات ملحق رقم (3). والوحدات المستخدمة في عناصر هذه الميزانية هي الميجاجول/م²/يوم و λ هي معامل تحويل الوحدة من مم/يوم إلى الميجاجول/م²/يوم، ويسمى الحرارة الكامنة لتصعيد بخار الماء وهو يساوي 2.45 ميجاجول/كيلوجرام عند 20 °م.

عودة إلى الشكل (22) نلاحظ أنه لا تغير يذكر بمرور السنوات في الطاقة الساقطة (R_g) لأن الميل صغير جدا يساوي 0.0041، كذلك يلاحظ أن الميل صغير (0.0066) لخط الطاقة الإشعاعية المحصلة (R_n) والمستخدم في عملية البخرنتح. والمهم هنا هو أن ميل خط الإشعاع طويل الموجة العائد (L_{dc}) بسبب غازات الجو وهو (0.0246) أعلى من ميل خط الإشعاع طويل الموجة الخارج (L_{uc}) من السطح القياسي وهو (0.0191). المنحنى البنفسجي



يمثل محصلة الاشعاع طويل الموجة (R_{nl})، وهو الفرق بين الإشعاع طويل الموجة الخارج من السطح القياسي (L_{uc}) والإشعاع طويل الموجة العائد (L_{dc}) بسبب غازات الاحتباس الحراري الطبيعية ولكن بعد إضافة تأثير السحب، وهذا المنحنى هو الجزء الهارب إلى الفضاء. وميل هذا المنحنى سالب ويساوى (-0.0035) ، وعلامة السالب تعني أن الجزء الهارب إلى الفضاء يقل بمرور الزمن مما يدل على تزايد الطاقة المحبوسة بمرور عقود السنين. وهذه النتيجة لهذا العمل تبين أن احتراق جو مصر هو بسبب زيادة غازات الاحتباس الحراري المستمر في أجوائها.

وهذه النتائج متوافقة مع تقارير الـ (IPCC) بأن السبب في احتراق الأرض عموماً هو تزايد غازات الاحتباس الحراري كما استقر الأمر عالمياً، وكذلك متوافقة مع رصدات مرصد ماونا لوا⁽¹⁾ (MLO) بالشكل (23) الذي يوضح التزايد المستمر والمضطرد لغازات الاحتباس الحراري على مستوى العالم: ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروز.

وهذه النتيجة التي توصلت إليها هذه الدراسة تتوافق مع دراسة (Jordan, S. D. 2007, pp. 3-21) الذي أكد أن ميزانية الطاقة للأرض أصبحت غير متوازنة، وذلك لأن كمية الأشعة الممتصة من الشمس أكثر من كمية الأشعة الخارجة من الأرض إلى الفضاء، وأن هذا الاحتباس لا يرجع إلى زيادة كمية

(1): مرصد ماونا لوا (Mauna Loa Observatory (MLO هو جزء من الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA)، ويقع بجزيرة هاواي على ارتفاع 3397 متراً، فوق مستوى سطح البحر. المرصد رائد في مجال أبحاث الغلاف الجوي التي تراقب وتجمع البيانات المتعلقة بتغير الغلاف الجوي منذ الخمسينيات. المرصد بعيد عن الطبقة السفلية الأكثر تلوثاً من الغلاف الجوي. يعتبر الهواء غير المضطرب والموقع البعيد والحد الأدنى من تأثيرات النباتات والنشاط البشري في MLO مثالية لرصد المكونات في الغلاف الجوي التي يمكن أن تسبب تغير المناخ.

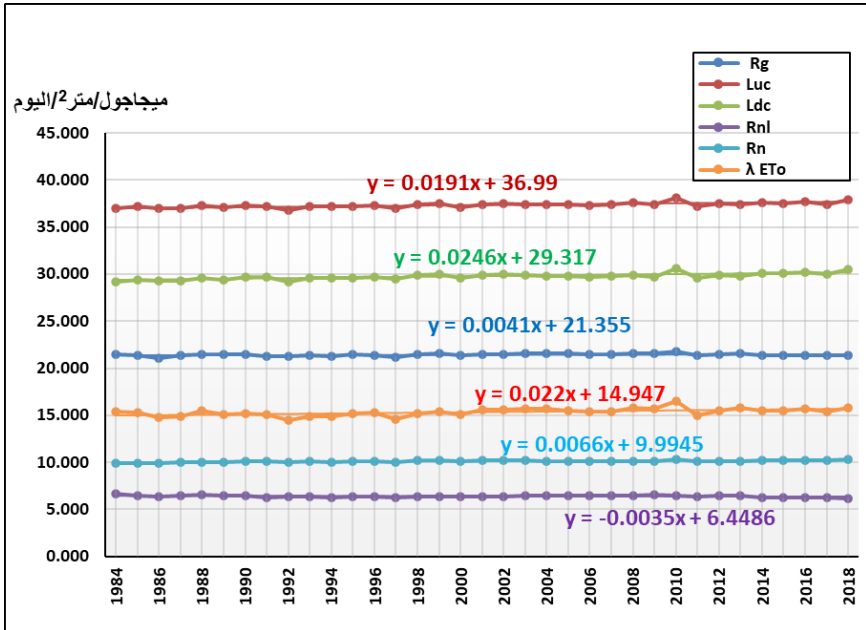
www.esrl.noaa.gov/gmd/obop/mlo



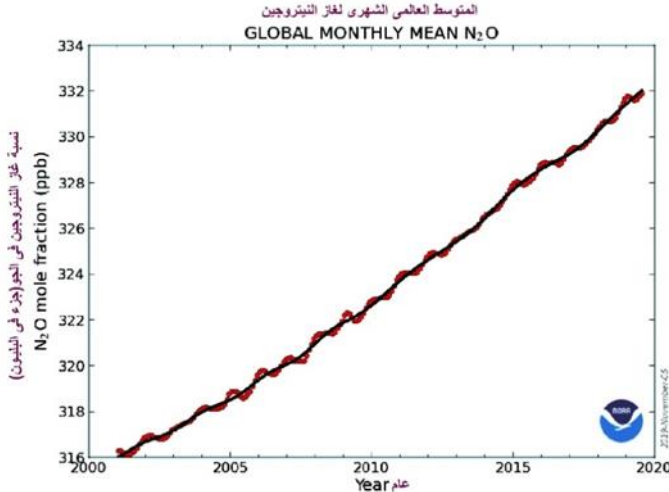
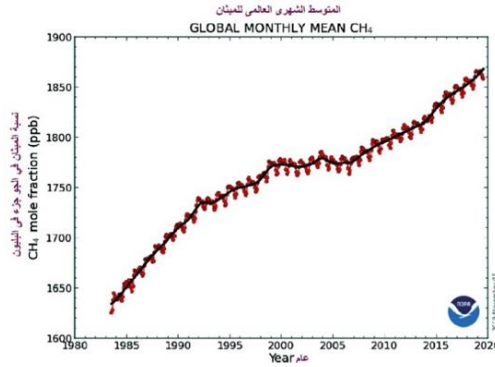
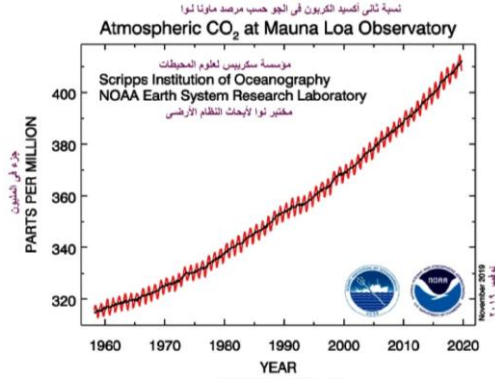
الطاقة الواردة من الشمس ولكن يرجع إلى زيادة كمية الطاقة التي تحتفظ بها الأرض، وذلك نتيجة لأن غازات الاحتباس الحراري تمنع جزء من الأشعة الطويلة التي تشعها الأرض للهروب إلى الفضاء، مما يحدث اختلال للتوازن الحراري والإشعاعي للأرض، وسبب حدوث هذا الاختلال يرجع إلى زيادة غازات الاحتباس الحراري منذ قيام الثورة الصناعية بسبب فعل الإنسان وما زالت نسبة الغازات في الزيادة مما يجعل الاحترار العالمي وتغير المناخ لا مفر منه.

وكذلك تتوافق نتائج هذه الدراسة لتغير ميزانية الطاقة مع نتائج التقرير الرابع لـ IPCC (الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، 2013) حيث أكد هذا التقرير أن الأرض تشهد اختلالاً في التوازن الإشعاعي نتيجة لزيادة الطاقة الداخلة إليها من الشمس عن الطاقة الخارجة منها عند قمة الغلاف الجوي منذ 1970 على الأقل، ومن المؤكد تقريباً أن الأرض اكتسبت طاقة كبيرة خلال الفترة من 1971 إلى 2010.

من هذه النتيجة يمكن تعريف تغير المناخ على مصر (Climate Change) تعريفاً دقيقاً بأنه: التزايد البطيء والمستمر لفترة طويلة عقود من السنين في درجات حرارة الهواء القريب من سطح الأرض نتيجة تزايد الإشعاع الأرضي طويل الموجة العائد إلى سطح الأرض بمعدل أكبر من المغادر منها، بسبب التزايد البطيء والمستمر لغازات الاحتباس الحراري في الجو عبر العالم والنتائج من حرق الوقود الأحفوري بواسطة الإنسان عالمياً وتجريف وحرق الغابات التي كانت تمتص بعضاً من غاز ثاني أكسيد الكربون.



شكل (22) تغير ميزانية الطاقة فوق سطح الحشائش القياسي في مصر
المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد بيانات ملحق رقم (3).



شكل (23) زيادة غازات الاحتباس الحراري بشكل مضطرب في العالم

المصدر بتصرف: www.esrl.noaa.gov/gmd/obop/mlo



الملاحق

ملحق (1) تغير درجات الحرارة سنويا محسوبة على 8 محطات لفترة 58 سنة (1961-2018)

TR	Tmi	Tavg	Tmx	السنة
12.3	16.2	22.4	28.5	1961
12.7	17.1	23.4	29.7	1962
12.6	17.3	23.6	29.9	1963
12.3	16.2	22.3	28.4	1964
12.7	16.2	22.6	28.9	1965
12.3	17.0	23.2	29.3	1966
12.0	16.1	22.1	28.1	1967
12.5	16.5	22.8	29.0	1968
12.2	17.2	23.3	29.4	1969
12.7	16.5	22.8	29.1	1970
12.6	16.4	22.7	29.0	1971
12.3	16.8	22.9	29.0	1972
12.5	16.5	22.8	29.0	1973
12.3	16.6	22.7	28.9	1974
12.1	16.5	22.5	28.5	1975
11.9	16.8	22.7	28.6	1976
12.2	16.5	22.6	28.7	1977
12.3	16.6	22.7	28.9	1978
12.1	17.3	23.4	29.4	1979
12.1	16.8	22.9	28.9	1980
12.0	16.6	22.6	28.6	1981
11.9	16.4	22.3	28.2	1982
12.0	16.0	22.0	28.0	1983
12.2	16.7	22.8	28.9	1984
12.0	17.2	23.2	29.1	1985
12.0	16.7	22.7	28.7	1986
11.9	16.6	22.6	28.5	1987
11.4	17.3	23.0	28.7	1988
11.5	16.9	22.7	28.5	1989
11.3	17.3	23.0	28.6	1990
10.9	17.4	22.9	28.4	1991
11.0	16.7	22.2	27.8	1992
11.5	17.4	23.2	28.9	1993
11.3	17.5	23.1	28.8	1994
11.5	17.3	23.1	28.8	1995
11.8	17.4	23.3	29.2	1996
11.8	16.9	22.8	28.7	1997
11.6	17.8	23.6	29.4	1998
11.4	18.0	23.7	29.4	1999
11.3	17.4	23.1	28.7	2000
11.8	17.6	23.5	29.4	2001
11.7	17.8	23.6	29.5	2002
11.9	17.1	23.0	28.9	2003
11.7	17.5	23.3	29.1	2004
11.4	17.7	23.4	29.0	2005
11.6	17.4	23.2	29.0	2006
11.7	17.5	23.4	29.2	2007
11.6	18.0	23.8	29.6	2008
11.8	17.7	23.6	29.5	2009
11.8	19.1	25.0	30.9	2010
11.3	17.6	23.2	28.9	2011
11.5	17.9	23.7	29.4	2012
11.6	17.9	23.7	29.6	2013
11.6	18.4	24.2	30.0	2014
11.4	18.3	24.0	29.7	2015
11.4	18.4	24.2	29.9	2016
11.3	18.0	23.7	29.3	2017
11.0	19.0	24.5	30.0	2018
11.8	17.2	23.1	29.0	المعدل

المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية، بيانات غير منشورة للفترة (1961-

2018)



ملحق (2) تغير درجات الحرارة والأمطار سنويا محسوبة على 11 محطة لفترة 51 سنة (1968-2018)

Rain	Tdew	TR	Tavg	Tmi	Tmx	YEAR
80.6	10.0	14.4	22.5	15.3	29.7	1968
170.9	10.9	14.1	23.1	16.1	30.2	1969
91.4	10.0	14.4	22.5	15.3	29.7	1970
116.8	10.1	14.2	22.5	15.4	29.6	1971
131.8	10.3	13.9	22.6	15.6	29.6	1972
106.2	9.2	14.0	22.5	15.5	29.5	1973
216.9	9.3	14.0	22.4	15.4	29.4	1974
93.2	9.3	13.7	22.2	15.4	29.1	1975
83.5	9.0	13.4	22.4	15.7	29.2	1976
126.2	9.0	14.2	22.3	15.3	29.4	1977
110.5	8.7	14.3	22.5	15.4	29.7	1978
112.4	9.4	14.0	23.2	16.2	30.2	1979
71.2	9.3	13.9	22.6	15.7	29.6	1980
83.2	9.2	13.8	22.5	15.5	29.4	1981
137.3	9.6	13.6	22.1	15.3	28.9	1982
140.8	9.2	13.7	21.8	15.0	28.7	1983
76.2	8.9	13.9	22.6	15.6	29.6	1984
129.7	10.5	13.7	23.0	16.2	29.9	1985
225.4	10.4	13.6	22.7	15.9	29.4	1986
111.5	10.1	13.7	22.5	15.7	29.3	1987
160.3	10.1	13.4	23.0	16.3	29.7	1988
212.2	10.1	13.7	22.7	15.8	29.5	1989
119.0	10.4	13.4	22.8	16.1	29.5	1990
245.8	10.5	12.9	22.9	16.4	29.3	1991
197.6	9.6	12.9	22.1	15.7	28.6	1992
103.1	10.5	13.6	23.0	16.2	29.8	1993
208.8	10.9	13.2	23.0	16.4	29.6	1994
87.1	10.8	13.3	23.0	16.3	29.6	1995
106.1	10.7	13.6	23.2	16.5	30.0	1996
116.8	10.4	13.6	22.7	15.9	29.5	1997
154.5	11.0	13.5	23.6	16.8	30.3	1998
41.4	10.9	14.0	23.5	16.5	30.5	1999
174.7	10.5	13.4	22.6	15.9	29.3	2000
102.0	10.4	14.0	23.3	16.3	30.3	2001
118.0	10.9	13.6	23.5	16.7	30.4	2002
105.7	9.9	14.1	22.8	15.8	29.8	2003
124.2	10.1	13.8	23.3	16.4	30.2	2004
101.5	10.5	13.5	23.3	16.6	30.1	2005
106.7	10.1	13.4	23.4	16.8	30.1	2006
169.4	10.0	13.5	23.6	16.8	30.3	2007
90.7	9.9	13.5	23.9	17.2	30.7	2008
77.2	9.7	13.4	23.8	17.1	30.5	2009
71.2	10.8	13.8	25.2	18.3	32.1	2010
141.7	9.9	13.1	23.2	16.7	29.8	2011
144.6	9.4	13.5	23.8	17.1	30.5	2012
138.2	9.8	13.6	23.9	17.1	30.7	2013
64.9	10.3	13.5	24.3	17.5	31.0	2014
187.5	10.0	13.1	24.0	17.5	30.6	2015
165.3	10.6	13.6	24.5	17.7	31.3	2016
132.2	10.0	13.4	23.8	17.1	30.5	2017
227.1	11.0	13.1	24.9	18.3	31.4	2018
129.6	10.0	13.7	23.1	16.3	29.9	المعدل

المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية، بيانات غير منشورة للفترة (1968-2018).



ملحق (3) التغير السنوي لدرجات الحرارة والرطوبة والرياح ومدة السطوح وطاقة الإشعاع الشمسي وطاقة الإشعاع الأرضي الخارج والمعاد إلى سطح الأرض، محسوبة على 52 محطة مفترضة لفترة 35 سنة

السنة	Tmx	Tmi	Tavg	RH	U2	n	Rg	Luc	Ldc	ETo
1984	28.2	15.0	21.6	49	2.16	9.7	21.477	37.015	29.191	6.29
1985	28.4	15.3	21.9	50	2.14	9.5	21.336	37.158	29.412	6.23
1986	27.9	15.0	21.5	51	2.09	9.3	21.068	36.970	29.272	6.05
1987	28.0	14.9	21.5	51	2.13	9.6	21.346	36.968	29.281	6.08
1988	28.6	15.6	22.1	50	2.12	9.6	21.489	37.304	29.589	6.31
1989	28.2	15.2	21.7	51	2.11	9.6	21.461	37.082	29.418	6.17
1990	28.5	15.6	22.1	51	2.13	9.7	21.502	37.255	29.676	6.20
1991	28.2	15.6	21.9	53	2.19	9.5	21.229	37.177	29.688	6.16
1992	27.3	14.7	21.0	53	2.19	9.6	21.288	36.743	29.175	5.92
1993	28.3	15.4	21.9	52	2.07	9.6	21.388	37.166	29.617	6.06
1994	28.3	15.5	21.9	52	2.12	9.4	21.220	37.180	29.612	6.06
1995	28.3	15.4	21.8	52	2.16	9.7	21.475	37.157	29.614	6.20
1996	28.6	15.7	22.1	51	2.16	9.6	21.394	37.289	29.721	6.25
1997	27.9	15.3	21.6	52	2.06	9.4	21.158	37.033	29.476	5.95
1998	28.7	15.9	22.3	52	2.11	9.6	21.462	37.395	29.886	6.20
1999	29.0	16.0	22.5	51	2.10	9.7	21.583	37.481	29.967	6.28
2000	28.2	15.3	21.8	53	2.19	9.6	21.365	37.112	29.582	6.17
2001	28.9	15.9	22.4	51	2.17	9.7	21.501	37.437	29.927	6.35
2002	29.0	16.1	22.5	52	2.19	9.6	21.464	37.493	30.015	6.36
2003	28.9	15.9	22.4	51	2.22	9.7	21.548	37.436	29.871	6.38
2004	28.9	15.9	22.4	50	2.20	9.7	21.561	37.420	29.800	6.39
2005	28.7	15.9	22.3	51	2.18	9.7	21.528	37.386	29.821	6.33
2006	28.6	15.8	22.2	51	2.12	9.6	21.459	37.326	29.731	6.27
2007	28.8	15.9	22.4	51	2.14	9.7	21.507	37.419	29.832	6.29
2008	29.1	16.2	22.7	50	2.13	9.7	21.592	37.573	29.935	6.44
2009	28.9	16.0	22.4	49	2.12	9.7	21.602	37.443	29.735	6.38
2010	30.4	17.2	23.8	48	2.13	9.8	21.775	38.131	30.553	6.75
2011	28.1	15.6	21.8	52	2.14	9.6	21.333	37.145	29.627	6.13
2012	28.7	16.1	22.4	50	2.12	9.6	21.496	37.455	29.844	6.31
2013	28.9	16.0	22.4	50	2.23	9.7	21.591	37.432	29.820	6.44
2014	29.1	16.4	22.8	51	2.09	9.6	21.383	37.600	30.117	6.33
2015	28.8	16.3	22.6	52	2.19	9.5	21.320	37.520	30.059	6.32
2016	29.2	16.5	22.8	52	2.20	9.5	21.366	37.661	30.215	6.42
2017	28.7	16.0	22.3	53	2.14	9.5	21.351	37.412	29.973	6.26
2018	29.6	17.0	23.3	52	2.12	9.5	21.357	37.894	30.510	6.43
المعدل	28.6	15.8	22.2	51	2.14	9.6	21.428	37.333	29.759	6.26

المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات موقع ناسا (NASA)، بيانات منشورة للفترة (1984-2018).

ملحق (4) التغير السنوي لكمية المطر وعدد أيام متوسط درجة الحرارة، محسوبة من بيانات 52 محطة مفترضة لمدة 35 سنة



السنة	Rain	DsTavg ≥25	DsTavg ≥30
1984	28	159	25
1985	47	154	30
1986	75	145	30
1987	50	145	36
1988	60	161	55
1989	58	161	43
1990	37	167	28
1991	68	163	37
1992	58	151	32
1993	38	168	36
1994	68	172	34
1995	23	154	45
1996	34	159	42
1997	51	156	39
1998	39	167	54
1999	16	169	44
2000	49	158	40
2001	32	166	47
2002	41	165	54
2003	35	174	49
2004	39	172	42
2005	29	165	45
2006	38	163	45
2007	39	174	48
2008	43	169	56
2009	26	169	43
2010	19	189	64
2011	46	155	38
2012	37	180	54
2013	41	165	39
2014	35	165	49
2015	67	169	59
2016	81	179	55
2017	60	160	56
2018	56	185	62
المعدل	45	165	44

المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق رقم (3) وبيانات موقع ناسا (NASA)، بيانات منشورة للفترة (1984-2018).

ملحق (5) متوسطات العناصر التي تم رسم خرائط خطوط تساوي لها خلال في مدة الخمس سنوات الاولى (1984-1988) من فترة الدراسة 35 سنة



Rain	DsTavg ≥30	DsTavg ≥25	Tmi	Tavg	Tmx	إسم لمحطة
178	0.2	96	17.3	19.8	22.2	سدي برياني
208	0.2	100	16.4	19.6	22.8	السلوم
86	4.4	142	16.7	21.4	26.1	ديوط
130	0.2	105	15.8	19.6	23.3	مطروح
184	0.4	123	15.7	20.2	24.8	رفع
141	0.0	109	17.7	20.3	23.0	الماوية
164	0.2	118	17.5	20.3	23.2	العرش
149	0.0	96	17.6	19.9	22.2	الضبعة
120	0.0	127	16.8	20.8	24.9	مطهور
83	9.8	144	16.1	21.5	26.8	المنصورة
76	13.2	145	14.6	21.2	27.8	البحريين
71	27.2	152	14.4	21.8	29.1	مقطا
83	17.6	147	14.9	21.4	27.8	الإسماعيلية
66	31.6	152	13.9	21.7	29.4	تبها
95	2.0	111	12.2	19.1	26.0	الحصنة
83	7.8	136	13.7	20.4	27.1	المغارة
75	14.4	142	13.1	20.2	27.2	حد غربى 1
75	17.0	144	13.8	20.9	28.0	الجزيرة
66	31.6	152	13.9	21.7	29.4	السويس
76	0.8	90	11.3	18.3	25.4	نخل
52	24.0	150	13.9	21.2	28.4	واحة كرا
77	2.0	109	11.6	18.9	26.3	طليا
40	29.2	152	13.9	21.4	29.0	بني سويف
38	22.4	149	13.7	20.7	27.8	سبوة
22	8.2	149	16.8	21.6	26.4	بوريس
23	23.8	151	14.0	21.0	28.0	كيت بولي
15	10.8	142	14.4	20.9	27.3	حد شرقي 1
17	19.6	144	13.3	20.6	27.9	الواحات البحرية
11	35.0	155	13.9	21.7	29.4	الفيافي
9	37.8	157	14.0	21.8	29.6	ملوي
5	32.8	179	19.0	23.6	28.2	الزبدية
17	28.2	151	13.9	21.0	28.1	حد غربى 2
7	44.6	162	14.3	22.2	30.1	السيوط
10	26.2	149	13.7	21.0	28.3	الفرافرة
5	38.6	160	14.0	21.9	29.9	طيطا
4	64.8	182	17.0	23.5	30.0	سفاجا
4	46.0	165	14.3	22.3	30.3	سوهاج
3	27.2	153	13.8	21.2	28.6	أبو مققل
6	86.6	184	15.3	23.6	31.9	قنا
18	34.8	191	21.1	24.3	27.6	القصير
2	31.2	157	13.9	21.5	29.1	القصر
8	93.4	187	15.4	23.8	32.2	الأقصر
7	23.8	151	13.4	21.0	28.6	حد غربى 3
11	51.0	168	14.7	22.5	30.2	الخالجة
4	105.8	194	15.9	24.2	32.5	إفي
35	84.8	201	19.1	24.8	30.5	حد شرقي 2
2	108.8	200	16.2	24.5	32.8	اسوان
3	99.8	194	15.9	24.1	32.2	بحيرة توشكى
2	119.6	212	17.2	25.1	33.1	بحيرة ناصر
9	108.8	209	16.9	24.8	32.7	الوسيط
5	44.8	172	14.5	22.3	30.1	حد جنوبي 1
12	142.2	232	17.9	26.4	34.9	حد جنوبي 2
52	35.3	153	15.2	21.7	28.2	

المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق رقم (3).



ملحق (6) متوسطات العناصر التي تم رسم خرائط خطوط تساوي لها خلال في مدة الخمس سنوات الاخيرة (2014-2018) من فترة الدراسة 35 سنة

إسم المحطة	Tmx	Tavg	Tmi	DsTavg ≥25	DsTavg ≥30	Rain
سيدي براني	22.8	20.6	18.3	115	0.2	202
السلوم	23.4	20.4	17.3	117	0.4	214
دمياط	26.8	22.3	17.9	160	11.2	119
مطروح	23.9	20.4	16.9	118	1.0	150
رفع	25.8	21.3	16.7	146	2.4	203
الغربية	23.7	21.3	18.8	132	0.2	152
العرش	24.0	21.3	18.5	137	0.4	198
الضبعة	22.9	20.8	18.7	118	0.2	150
دمشقر	25.5	21.7	17.9	146	1.8	149
المنصورة	27.4	22.3	17.2	159	15.2	123
الشرقية	28.3	22.0	15.7	158	18.6	126
طنطا	29.6	22.6	15.6	169	43.4	118
الإسماعيلية	28.5	22.3	16.1	164	28.8	96
بنها	29.9	22.5	15.1	168	48.2	106
الحسنة	27.2	20.3	13.5	136	7.0	87
المغارة	27.7	21.3	14.9	146	13.8	108
حد غربي 1	27.7	20.9	14.0	149	23.6	57
الجيزة	28.7	21.9	15.1	156	24.6	98
السويس	29.9	22.5	15.1	168	48.2	106
نخل	26.7	19.6	12.6	123	3.8	74
واحة كذا	29.0	22.0	15.0	164	41.8	36
طبا	27.6	20.3	13.0	137	8.8	79
بني سويف	29.6	22.4	15.2	166	46.2	73
سيوة	28.4	21.6	14.7	159	38.8	24
أبو رويس	27.3	22.7	18.1	168	18.4	43
كثب بولي	28.6	21.9	15.1	163	42.2	15
حد شرقي 1	28.4	22.1	15.8	162	24.8	38
الواحات البحرية	28.5	21.5	14.4	157	32.2	38
المنيا	30.2	22.7	15.3	175	63.8	16
ملوي	30.4	22.8	15.3	178	69.6	13
الغردقة	29.2	24.8	20.3	206	79.0	16
حد غربي 2	28.8	21.9	15.0	169	53.2	10
اسيوط	30.9	23.3	15.7	187	81.8	7
الغرافة	29.0	21.9	14.8	165	46.0	11
طنطا	30.7	23.1	15.4	185	75.8	2
مناجا	31.2	24.8	18.5	205	107.8	12
سوهاج	31.1	23.5	15.8	189	82.8	3
أبو منقر	29.4	22.1	14.9	170	54.6	3
أفنا	33.0	24.9	16.8	208	120.8	1
القصير	28.7	25.5	22.3	223	84.4	10
القصير	30.0	22.5	15.1	179	64.8	1
الأقصر	33.4	25.1	16.9	210	129.0	1
حد غربي 3	29.3	21.8	14.3	169	45.4	5
الخارجة	31.3	23.8	16.2	194	96.6	1
أدفو	33.7	25.6	17.4	217	139.4	1
حد شرقي 2	31.7	26.0	20.3	223	125.4	7
أسيوط	34.0	25.8	17.6	219	144.6	1
بحيرة توشكى	33.3	25.4	17.4	212	138.0	0
بحيرة ناصر	34.2	26.4	18.6	227	154.6	2
أوسمبل	33.8	26.1	18.4	223	150.0	0
حد جنوبي 1	31.1	23.4	15.8	190	95.6	1
حد جنوبي 2	35.9	27.6	19.2	247	168.8	3
	29.1	22.8	16.4	172	56.1	60

المصدر: من عمل الطالب بالاعتماد على بيانات ملحق رقم (3).



المراجع

أولاً : المراجع العربية :

- الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (2013): تغير المناخ 2013، الهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ، الأساس العلمي الفيزيائي.
- الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (2019): الاحترار العالمي بمقدار 1.5 درجة مئوية، ملخص لصانعي السياسات، الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ.
- طارق محمد أبو الفضل إبراهيم الكاشف (2014): نمذجة التغيرات المناخية في مصر : دراسة في جغرافية المناخ التطبيقي - باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من بعد- رسالة دكتوراه غير منشورة جامعة جنوب الوادي، كلية الآداب بقنا، قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية.
- فاطمة فتحى محمد عبد الله (2015): التغيرات المناخية وتأثيرها على النظم الطبيعية في دلتا نهر النيل باستخدام تطبيقات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة حلوان، كلية الآداب، قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية.
- قناوي حسين أحمد (2015): تغير بعض العناصر المناخية بوادي النيل(مصر) وآثارها على بعض المحاصيل الزراعية (دراسة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية)، رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة سوهاج، كلية الآداب، قسم الجغرافيا.
- محمد شوفين محمد هريدي (2018): التغير في بعض عناصر المناخ وأثره على البيئة الزراعية في الساحل الشمالي لمصر - باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد- رسالة دكتوراه، جامعة سوهاج، كلية الآداب، قسم الجغرافيا.
- منعم نصيف المرزوقي - فراس عبد الجبار الربيعي (2008): الاحتباس الحراري (دراسة تطبيقية عن العراق)، مجلة المستنصرية للدراسات العربية والدولية، العدد الخامس والثلاثون، العراق.



- وليد عباس عبد الراضي (2009): التغير في بعض عناصر المناخ بدلنا النيل خلال القرن العشرين، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة عين شمس.

ثانياً : المراجع الأجنبية :

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). FAO Irrigation and drainage paper No. 56. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 56(97), e156.
- Gafar, K.Y. (2009). " Improving the Penman-Monteith Model, of Estimating Reference Evapotranspiration, for Arid Climates", Egyptian Meteorological Authority - International Meteorological Research Bulletin – ISSN 1687 – 1014 – Vol. – 24 – 2009
- Gafar, K.Y. (2010). "Agroclimatic Suitability for Some Crops in Arid Zones", ph. Thesis. Al-Azhar University, Faculty of Science, Astronomy and Meteorology Department
- Gafar, K.Y. (2013). " A Method for Estimating Important Agro-climatic Factors Using the Basic Meteorological Elements, in Egypt Egyptian Meteorological Authority - International Meteorological Research Bulletin – ISSN 1687 – 1014 Vol. 26 - 2013, 6(04), 270-286.
- https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/?fbclid=IwAR08DqY47LI1ZuSvoS2KMsAnGvb9zB1QkoNiMamfa6Wo_ossZH3KX6HhQLw
- <https://www.ipcc.ch>
- IPCC, (2019). Global Warming of 1. 5°C. An IPCC Special - Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Jordan, S. D. (2007). Global climate change triggered by global warming. Skeptical Inquirer, 31(3), 32-39.
- www.esrl.noaa.gov/gmd/obop/mlo