البحوث والدراسات

معايرة قيم نماذج حساب التبخر - نتح بواسطة حوض التبخر صنف «أ» بمنطقة عسير في المملكة العربية السعودية

د. محمد فضيل بوروبة*

الملخص:

يلجأ الباحثون في علم المناخ إلى استخدام النماذج الرياضية والمعادلات التجريبية لتقدير التبخر (الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية) في العديد من المناطق التي تنعدم فيها المحطات المناخية أو تلك التي تتوفر على محطات مناخية لا يتم فيها قياس التبخر نظراً لغياب أجهزة القياس الخاصة بذلك بسبب تكاليفها الباهظة. ويعتمد كثير من الباحثين في الدراسات المناخية على العديد من النماذج الرياضية المعروفة دون معايرتها بقياسات فعلية للتبخر بالمحطات المناخية؛ مما يعرض نتائجها لكثير من النقد. ويقدم هذا البحث معايرة لتقديرات التبخر – نتح المحسوبة بواسطة ١٢ نموذجاً معروفة على المستوى العالمي.

وتوفر البيانات المناخية لهذه المحطات قياسات لدرجة الحرارة وكمية الرطوبة النسبية وكمية الإشعاع الشمسي وضغط بخار الماء وكمية التبخر مما يسمح بتطبيق معدلات النماذج المذكورة في تقدير كمية التبخر – نتح.

وقد أظهرت نتائج تقديرات التبخر – نتح المحسوبة بواسطة النماذج المذكورة تباينات مكانية على المستوى السنوي والشهري مع قياسات التبخر من حوض التبخر صنف «أ» "A" Pan Evaporation Class بالمحطات المناخية المدروسة؛ بحيث تفوق القيم السنوية المقيسة من حوض التبخر صنف «أ» مثيلاتها من القيم السنوية المحسوبة بكميات تتباين من محطة لأخرى بالنسبة لنماذج بلاني – كريدل Blaney-Criddle وثورنثوايت Thornthwaite وإيفانوف Ivanov وهولدريدج Holdridge وأوليفي–بباداكيس Olivier-Papadakis وتورك Turc وبنمان Penman وهارقريفز Hargreaves. ويراوح الفرق بين كميات التبخر السنوي المقيس والتبخر السنوي المحسوب بين ٢٤٠ ملم/سنة (محسوبة

* دكتوراه في الجغرافيا، جامعة مارسيليا بفرنسا، عام ١٩٩٨م، وأستاذ مشارك بقسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.

بنموذج هارقريفز في محطة تثليث) و٣٣٣٠ ملم/سنة (محسوبة بنموذج ثورنثوايت في محطة سراة عبيدة)، في حين تفوق القيم السنوية للتبخر المحسوبة بنماذج تورانس Torence وقارنيه Garnier وجنسن-هايس Jensen-Haise ودالتون Dalton نظيراتها من القيم السنوية المقيسة من حوض التبخر صنف «أ» بكميات تتباين أيضاً من محطة لأخرى بحسب النموذج المستخدم. ويراوح الفرق بين كميات التبخر السنوي المحسوب والتبخر السنوي المقيس بين ٥٠ ملم/ سنة (محسوبة بنموذج جنسن-هايس في محطة بيشة) و٣٦٢٠ ملم/ سنة (محسوبة بنموذج تورانس في محطة النماص). وتفوق قيم التبخر الشهري المقيس من حوض التبخر صنف «أ» نظيراتها من قيم التبخر-نتح المحسوب بمجموع ٦٢٩ قيمة من مجموع ٨٦٤ قيمة شهرية، تمثل المتوسطات الشهرية المحسوبة بواسطة ١٢ نموذجاً في كل المحطات المناخية المدروسة. ويراوح الفرق بين التبخر الشهري المقيس والتبخر-نتح الشهري المحسوب بين ١ و٤٠ ملم/ شهر لمجموع ١٠٧ قيم، وبين ٤٠ و٨٠ ملم/شهر لمجموع ١٤١ قيمة، وبين ٨٠ و١٠٠ ملم/شهر لمجموع ٨٥ قيمة، وبكميات تزيد على ١٠٠ ملم/شهر لمجموع ٢٩٦ قيمة، في حين تفوق جميع قيم التبخر- نتح المحسوبة بواسطة نموذج تورانس جميع قيم التبخر المقيسة في جميع المحطات المناخية المدروسة. ولذا فإن هذه النماذج تتطلب تعديلات من محطة لأخرى قبل استخدامها في المجالات الزراعية والمناخية والهيدرولوجية بمنطقة عسير الجبلية.

أولاً – منطقة الدراسة:

تقع منطقة عسير في الجزء الغربي من المملكة العربية السعودية، وهي تمتد بين دائرتي العرض ٢٠ °١٧ و ٠٠ °٢١ شمالاً وبين خطي الطول ٢٢ °٤١ و ٣٠ °٤٤ شرقاً (الشكل رقم ١). وتعد منطقة عسير من التضاريس الجبلية في الجزيرة العربية بارتفاعات تراوح بين ٩٧٥م (تثليث) و٣٢٣٣م عند قمة جبل السودة في غرب أبها (الجدول رقم ١) و(الشكل رقم ١). وتعتبر منطقة عسير جزءاً من تضاريس الدرع العربي المتشكل من صخور القاعدة الأركية العربية القديمة التي تشكلت بواسطة الحركات البنائية خلال الزمن الثالث، التي خلفت أخدود البحر الأحمر والمرتفعات المحيطة به غرباً، وخلفت أيضاً حركة الصفيحة العربية بميولها نحو الشرق مؤدية إلى تشكيل منخفض الربع الخالي الذي ملأته الرمال. وتمتد منطقة عسير على شكل كتلة جبلية مرتفعة ذات امتداد طولي بين جبال اليمن في الجنوب وجبال الحجاز في الشمال، وهي تتصف بسفحين متمايزين:

١ – سفح شرقي ذي انحدارات تدريجية نحو الشرق، تتخلله مجموعة من الشبكات المائية الواسعة التي تشكلت أحواضها بالتكوينات الرسوبية ضمن تضاريس الرف العربي. ويجري على هذا السفح مجموعة من الأودية الطويلة التي تصرف أحواضاً مائية كبيرة المساحة، تتسم بنظام صرف داخلي Endoreic drainage.

٢ – سفح غربي ذي انحدارات شديدة وأودية عميقة وقصيرة، شكلت أحواضها المائية بواسطة شبكات مائية موروثة من البنية الانهدامية للصخور القاعدية التي تشكل تضاريس الدرع العربي. وتصب هذه الأودية بسهول تهامة – عسير بنظام صرف خارجي Exeroic drainage نحو ساحل البحر الأحمر.

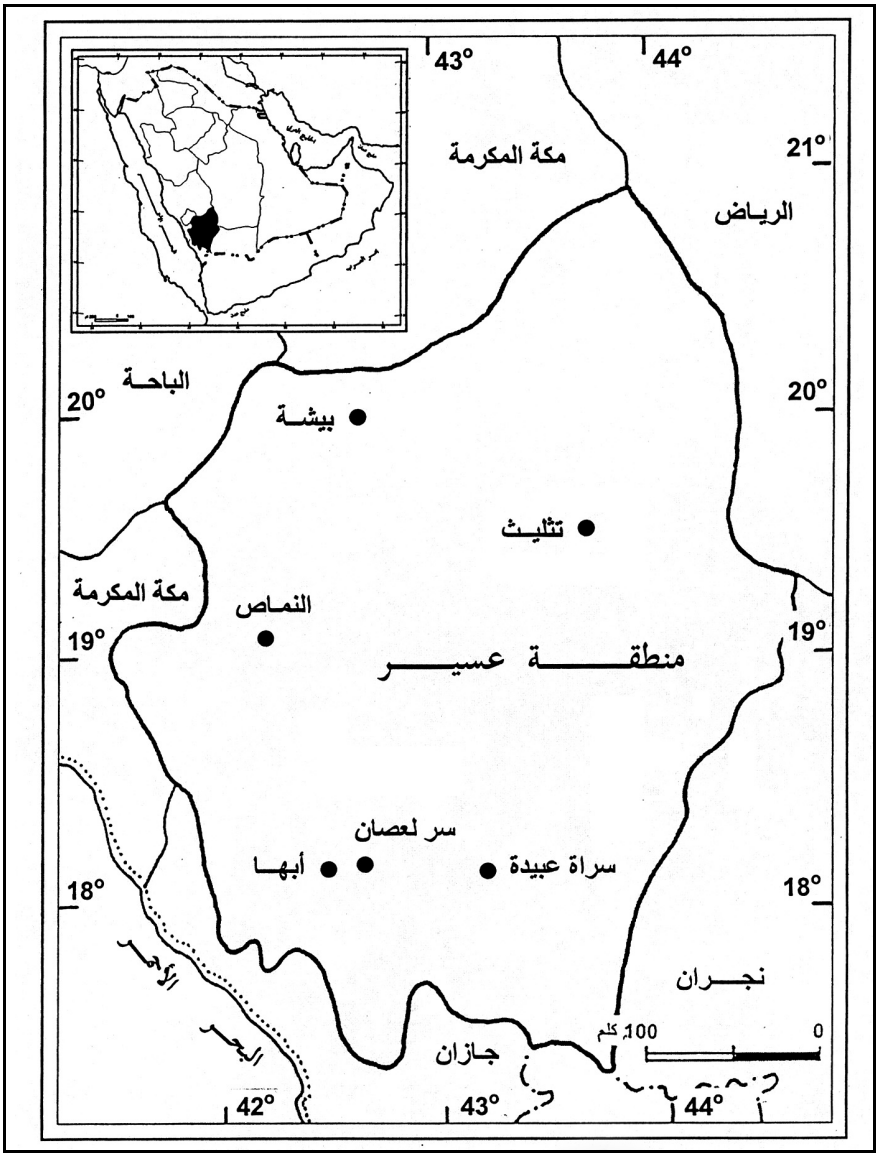
وتعد منطقة عسير من أقل مناطق المملكة العربية السعودية حرارة بمتوسطات حرارية تصل أقصاها خلال شهر يوليو (٣٢°م بمحطة تثليث) وأدناها خلال شهر يناير (١١,١°م بمحطة النماص). وتتأثر المتوسطات الشهرية للتبخر – نتح بالتباينات المكانية لمتوسطات الحرارة الشهرية؛ مما يؤدي بالضرورة إلى وجود تباينات مكانية لعناصر الميزان المائي التي ترتبط بصورة مباشرة بالعلاقة الموجودة بين الأمطار وكمية التبخر – نتح.

وتعتمد هذه الدراسة على البيانات المناخية للفترة الممتدة من ١ يناير ١٩٧٠م إلى ٣١ ديسمبر ١٩٩٧م (جداول ملحقة أرقام ١، ٢، ٣، ٤، ٥، ٦)، وهي تهدف إلى:

الجدول رقم (١)

المواقع الفلكية للمحطات المناخية المدروسة

المحطة	دائرة العرض (شمالاً)	خط الطول (شرقاً)	الارتفاع (متر)
أبها	١٨° ١٢ُ	٤٢° ٢٩ُ	٢٢٠٠
بيشة	٢٠° ٠١ُ	٤٢° ٣٦ُ	١٠٢٠
تثليث	١٩° ٣٢ُ	٤٣° ٣١ُ	٩٧٥
سر لعصان	١٨° ١٥ُ	٤٢° ٣٦ُ	٢١٠٠
سراة عبيد	١٨° ١٠ُ	٤٣° ٠٦ُ	٢٤٠٠
النماص	١٩° ٠٩ُ	٤٢° ٠٩ُ	٢٦٠٠



المصدر: أطلس مناخ المملكة العربية السعودية، قسم الهيدرولوجيا، وزارة الزراعة والمياه، (١٤٠٩هـ/ ١٩٨٨م)، بتصرف.

شكل رقم (١) – الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة

١ – حساب المتوسطات الشهرية للتبخر – نتح بمحطات: أبها وبيشة وتثليث وسرلعصان وسراة عبيدة والنماص اعتماداً على المعادلات التجريبية لاثني عشر نموذجاً مستخدمة على نطاق واسع من العالم، وهي:

١ – نموذج بلاني– كريدل (1945) Blaney-Criddle.

٢ – نموذج ثورنثوايت (1948) Thornthwait.

٣ – نموذج تورانس (1958) Torence.

٤ – نموذج إيفانوف (1954) Ivanov.

٥ – نموذج قارنيه (1964) Garnier.

٦ – نموذج هولدريدج (1972) Holdridge.

٧ – نموذج أوليفي – بباداكيس (1961) Olivier-Papadakis.

٨ – نموذج تورك (1961) Turc.

٩ – نموذج جنسن – هايس (1973) Jensen-Haise.

١٠– نموذج بنمان (1954) Penman.

١١– نموذج دالتون (1904) Dalton.

١٢– نموذج هارقريفز (1966) Hargreaves.

٢ – معايرة نتائج تطبيقات المعادلات التجريبية للنماذج المذكورة بواسطة قياسات التبخر في حوض التبخر صنف «أ» "Evaporation Class "A Pan، التي تمت خلال الفترة نفسها التي تمت فيها قياسات المتغيرات المناخية الأخرى المستخدمة في هذه الدراسة؛ من حرارة ورطوبة نسبية وسرعة رياح وضغط جوي وإشعاع شمسي.

٣ – تقديم صيغ معدلة للمعادلات التجريبية الأصلية للنماذج المدروسة بواسطة علاقات الارتباط بين التبخر المقيس والتبخر– نتح المحسوب، يمكن تطبيقها بمحطات أخرى يتم فيها قياس الرطوبة النسبية والحرارة والإشعاع الشمسي، أو محطات قياس الأمطار التي لا يتم فيها قياس التبخر والرطوبة النسبية والحرارة، وهي تقع ضمن مجال التأثير للمحطات المناخية المدروسة، وتتماثل معها في خصائصها المناخية.

ثانياً – موضوع الدراسة:

تعد عملية التبخر – نتح العنصر الأساسي الذي يتحكم في المراحل المختلفة للدورة الهيدرولوجية. وترتبط التغيرات الزمنية والمكانية لمتغيرات الدورة الهيدرولوجية (الفائض المائي، العجز المائي، رطوبة التربة) بالتغيرات المكانية والزمنية لكمية التبخر – نتح التي تتباين من منطقة لأخرى (Slatyer & Mabbutt, 1964, Penman, 1963).

وتعتمد الدراسات المناخية والزراعية والهيدرولوجية في تقدير الفائض المائي والعجز المائي وفعالية الأمطار لمختلف فصول السنة، على كمية التبخر– نتح. كما تؤدي دراسة التبخر – نتح دوراً مهماً في التصنيف المناخي والهيدرولوجي والزراعي للأقاليم الزراعية والطبيعية. وتزداد أهمية دراسة التبخر – نتح بالمناطق الجافة وشبه الجافة نظراً للحاجة المائية المتزايدة بهذه المناطق على غرار منطقة عسير الجبلية بالمملكة العربية السعودية. وقد تزايد الاهتمام بدراسة التبخر– نتح في كثير من الأقاليم لسببين هما:

١ – الاتساع التدريجي للرقعة الجغرافية الجافة وشبه الجافة على حساب الأراضي الزراعية في كثير من مناطق العالم.

٢ – ارتباط ظاهرة الجفاف بعملية التبخر– نتح المؤدي إلى التقلص والنقص التدريجي في الموارد المائية.

ولذا فإن التبخر– نتح يستخدم في:

١ – تقدير الحاجة المائية للمحاصيل الزراعية.

٢ – تقدير التأثير المناخي لظاهرة الجفاف على النبات وخصوبة التربة.

٣ – تقدير الاحتياجات المائية والعجز المائي لمختلف الأقاليم المناخية.

٤ – تحديد التأثيرات المتبادلة بين عناصر المناخ المختلفة (Ward, 1967, Aron, 1972, Pruit & Doorenbos, 1977).

٥ – تصنيف الأقاليم المناخية المختلفة من حيث الظروف الحرارية ونظام التساقط (Van Bavel,m 1959, Mattei & al., 1986).

٦ – تحديد فعالية الأمطار بالمناطق الجافة وشبه الجافة الناجمة عن العلاقة المتبادلة بين كمية التبخر– نتح وكمية التساقط (Thornthwaite, 1948).

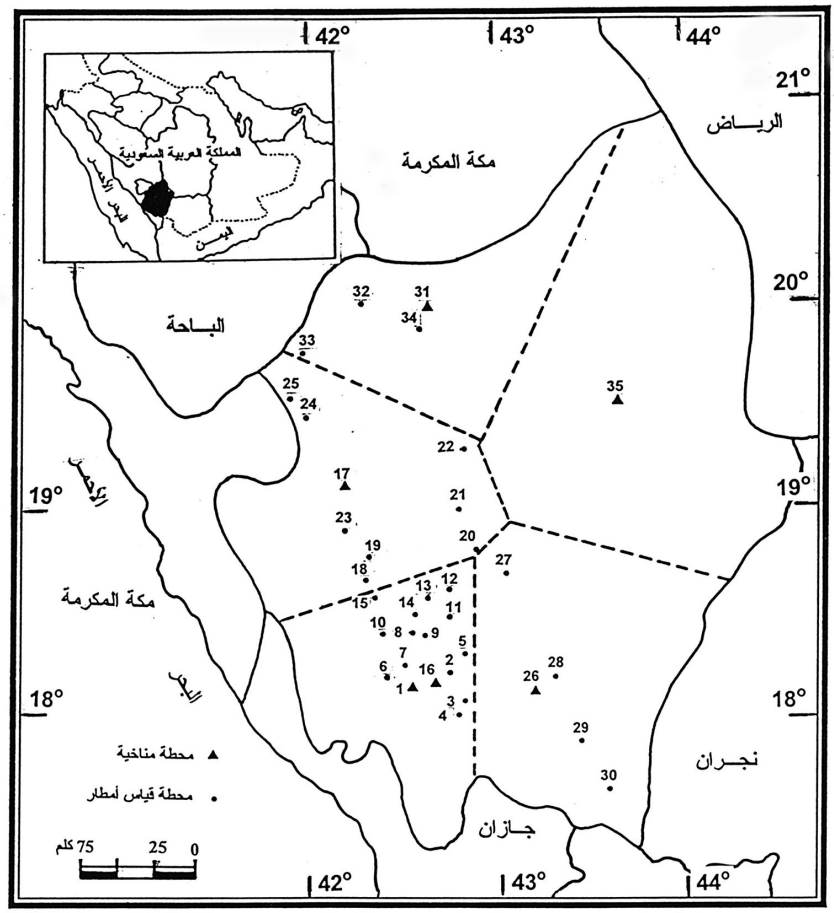
وتحتاج الدراسات المناخية بالمملكة العربية السعودية وبغيرها من أقطار الوطن العربي إلى دراسات تطبيقية تسمح بصياغة نماذج رياضية تساعد على تقدير الاحتياجات المائية الضرورية لنمو النبات بشكليه الطبيعي والزراعي، وتحديد فترات الجفاف التي تتسم بزيادة الطلب على الموارد المائية، وكذلك تقدير العجز المائي الذي تتعرض له المناطق الزراعية خلال فترات نمو النبات بها من خلال حساب كمية التبخر بالمناطق التي تعاني نقصاً كبيراً أو غياباً تاماً لمحطات مناخية تقوم بتسجيل العناصر المناخية الضرورية لمتابعة ظاهرة الجفاف ودراستها كقياس الإشعاع الشمسي والرطوبة النسبية وضغط بخار الماء الفعلي. وتبرز أهمية مثل هذه الدراسات في تقديم نماذج رياضية تتم معايرتها بواسطة قياسات التبخر الفعلي بإحدى طرق القياس المباشر المعروفة والمتاحة بحسب الإمكانات التقنية التي تتيحها التجهيزات ووسائل القيام المتوفرة بالمحطات المناخية على غرار قياسات التبخر بواسطة حوض التبخر الأمريكي صنف «أ» المعتمد بالمحطات المناخية لمرتفعات عسير. ولقد توصل الجراش (١٩٩٢م) إلى صياغة نموذج لتقدير المتوسط الشهري للتبخر في دراسة شملت ٨ محطات مناخية بالمملكة العربية السعودية تتوفر بياناتها على قياسات للرطوبة النسبية والحرارة وقياسات التبخر بواسطة حوض التبخر الأمريكي صنف «أ». وقد قام الباحث بإجراء دراسة مقارنة بين كل من قيم التبخر المحسوبة بواسطة نموذج بنمان (١٩٥٤م) ونموذج إيفانوف (١٩٥٤م) من جهة وقيم التبخر المقيسة من جهة ثانية. وقد أظهرت هذه الدراسة قصور نموذج بنمان في تقدير المتوسط الشهري للتبخر بجميع المحطات المدروسة وصلاحية نموذج إيفانوف في محطات تبوك وحائل والمدينة المنورة والسليل وبيشة. وانتهت الدراسة إلى صياغة نموذج لحساب التبخر يعتمد على العلاقة بين الرطوبة النسبية والحرارة من جهة والتبخر المقيس من جهة ثانية. وقد أعطى هذا النموذج نتائج مماثلة لقياسات التبخر بواسطة حوض التبخر صنف «أ» بمحطات الرياض والطائف ونجران.

كما قام الطاهر (١٩٩٨م) بدراسة لظاهرة التبخر انتهت إلى صياغة نموذج لتقدير التبخر الشهري في المملكة العربية السعودية بناء على العلاقة القائمة بين ٤ عناصر مناخية هي: الحرارة والإشعاع الشمسي والرطوبة النسبية وسرعة الرياح من جهة والتبخر المقيس بواسطة حوض التبخر صنف «أ» من جهة أخرى. وقد أظهرت هذه الدراسة ارتباطاً كبيراً بين درجات الحرارة والإشعاع الشمسي بالمقارنة مع سرعة الرياح والرطوبة النسبية. وعليه، فإن المعادلات التجريبية التي توصلت إليها دراسات كل من الجراش (١٩٩٢م) والطاهر (١٩٩٨م) يمكن تطبيقها فقط بالمناطق التي تتوفر على محطات مناخية تتم بها قياسات لعناصر المناخ المذكورة، بينما يتعذر تقليل التبخر في غيرها من المحطات التي تتوفر بياناتها على قياسات الحرارة والرطوبة النسبية فقط على غرار محطات عسير المدروسة. وقد قام العديد من الباحثين أيضاً بدراسة الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية من خلال تقدير كمية التبخر– نتح باستخدام النماذج الرياضية المختلفة في مناطق متباينة من حيث الخصائص المناخية دون معايرة معادلاتها التجريبية (السعران، ١٩٩٩م). وقد أفرزت نتائج هذه الدراسات الكثير من العلاقات الرياضية المتباينة في غياب معايرة حقلية أو قياسات فعلية للتبخر (العمري، ١٩٩٤م) و(الغشيان، ١٩٩٠م) و (Soraman adn Abdulrazzak, 1995).

ولذا فإن هذه الدراسة تقدم معايرة لاثني عشر نموذجاً بواسطة قياسات التبخر المسجلة في ٦ محطات مناخية بمرتفعات عسير الجبلية التي تتسم بظروف مناخية متماثلة، تسمح بمقارنة نتائج المعادلات التجريبية مع قياسات التبخر من أجل:

١ – إيجاد معادلة الارتباط بين كميات التبخر– نتح الشهري المحسوب ومثيلاتها من كميات التبخر المقيس في المحطات المناخية المدروسة.

٢ – تقدير المتوسط الشهري للتبخر بمحطات قياس الأمطار التي لا تتوفر على قياسات العناصر المناخية التي تتطلبها نماذج تقدير التبخر– نتح، وتقع ضمن مجال التأثير للمحطات المناخية المدروسة (الشكل رقم ٢).



1- أبهـــا	10- الزهـراء	19- بلسمـر	28- الجـوف
2- خميس مشيط	11- وادي هشبـل	20- خيبر الجنوب	29- الحـرجة
3- آل عامر	12- بني ثـور	21- أبو جنيـة	30- ظهران الجنوب
4- تمنية	13- المـــاوين	22- صمـــخ	31- بيشـة
5- تندحة	14- تاجـر	23- تنومـــة	32- تبالـــة
6- السودة	15- صبح بللحمـر	24- بني عمـرو	33- آدمـــة
7- علكم	16- سر لعصـان	25- سبت العلايا	34- الحيفـة
8- الحـني	17- النمـاص	26- سراة عبيدة	35- تثليث
9- بني مالـك	18- عبالـة	27- يعـرى	

شكل رقم (٢) – مساحات التأثير للمحطات المناخية بطريقة تيسن Thiessen

ثالثاً – مناقشة مخرجات النماذج المدروسة:

أعطت المعادلات التجريبية للنماذج المدروسة النتائج التالية:

٣-١- العلاقة بين المتوسط السنوي للتبخر- نتح المحسوب والمتوسط السنوي للتبخر المقيس:

تتلخص العلاقة بين المتوسط السنوي للتبخر المقيس والمتوسط السنوي للتبخر المحسوب في عدة تباينات هي: (جدول رقم ٢)

أ – تتزايد كميات التبخر السنوي المقيس كلما اتجهنا نحو الشمال بمعدلات تراوح بين ٣٠٣١,٩ ملم/سنة في محطة تثليث و٣٥٥٣,٠ ملم/سنة في محطة بيشة، وكذلك كلما اتجهنا شرقاً بمعدلات تصل إلى ٤١٧٣,٢ ملم/سنة بمحطة سراة عبيدة (الشكل رقم ٣).

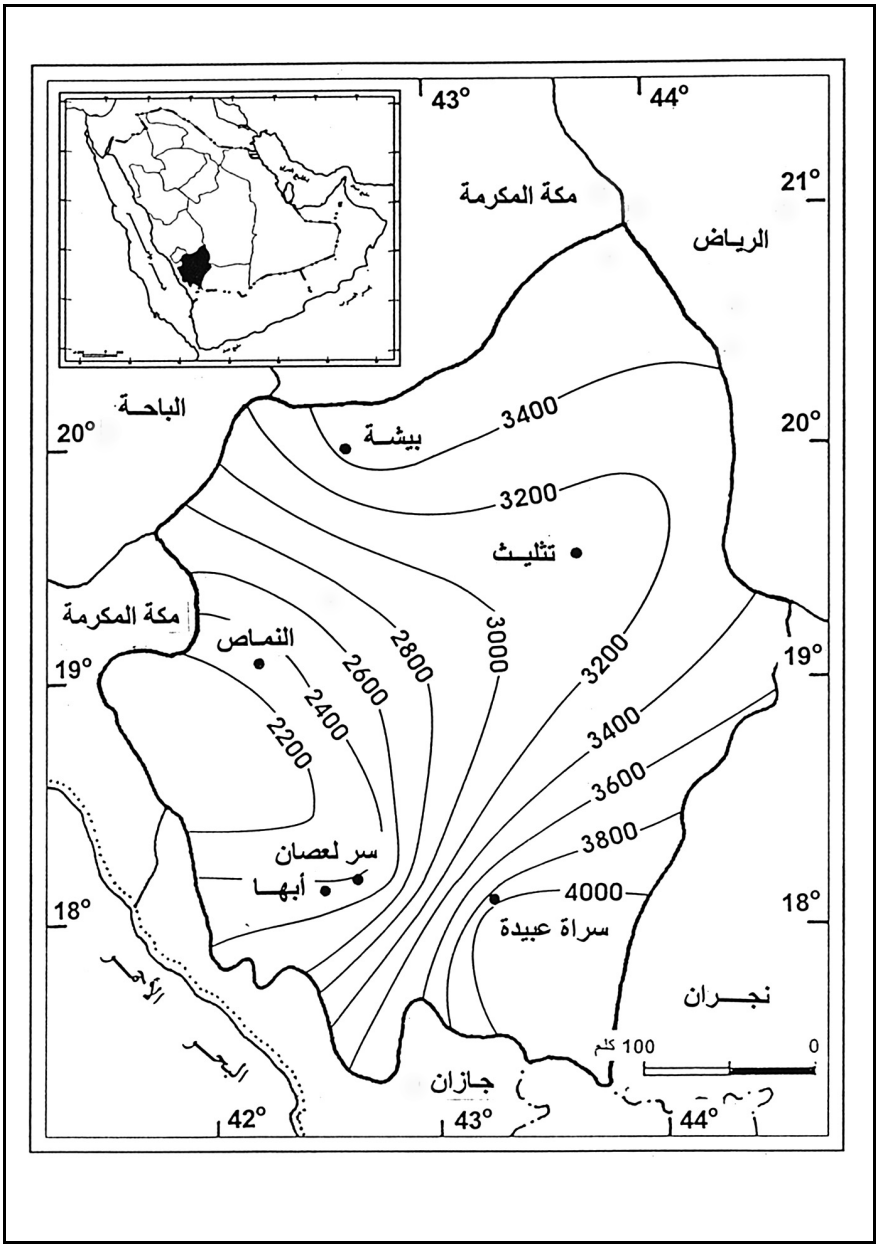
ب – نجد أن المعدل السنوي للتبخر- نتح المحسوب بنماذج كل من تورانس وقارنيه ودالتون على مستوى جميع المحطات المناخية المدروسة، يزيد عن نظيره المقيس بما يعادل ٢٣٧٥,٨ ملم/السنة و٩٠٨,٣ ملم/السنة و٥١٩,٢ ملم/ السنة على التوالي؛ أي بنسبة تصل إلى ٧٩,٦٪ و٣٠,٤٪ و١٧,٤٪ من المعدل السنوي للتبخر المقيس على التوالي (الشكل رقم٤) و(الجدول رقم ٣).

جـ – يعتبر المعدل السنوي للتبخر- نتح المحسوب بواسطة نموذج جنسن – هايس الذي يبلغ ٢٩٢٢,٨ ملم/السنة أقرب قيمة للمعدل السنوي للتبخر المقيس الذي يبلغ ٢٩٨٤,٠ ملم/السنة بحيث لا يتعدى الفارق بين المعدلين ٦١,٢ ملم/السنة؛ أي ما نسبته ٢٪ من المعدل السنوي للتبخر المقيس على مستوى جميع المحطات المناخية المدروسة.

د – يزيد المعدل السنوي للتبخر المقيس مثيله للتبخر- نتح المحسوب بباقي النماذج الأخرى بفارق يبلغ أقصاه بالنسبة لنموذج ثورنثوايت بما يعادل ٢٠٦٧,٦ ملم/السنة؛ أي بنسبة تصل إلى ٦٩,٣٪ من المعدل السنوي للتبخر المقيس على مستوى جميع المحطات المناخية المدروسة.

الجدول رقم (٢)
المتوسطات السنوية للتبخر المحسوب والمقيس

النموذج	أبها	بيشة	تثليث	سر لعصان	سراة عبيدة	النماص	المتوسط
بلاني–كريدل Blaney-Criddle	١٣٦٣,٠	٢٠٦٧,١	٢٠٦٦,٩	١٢٨٣,٧	١٣٣٤,٩	١١٥٨,٦	**١٥٤٥,٧**
ثورنثوايت Thornthwaite	٨٥٠,٢	١٠٩٨,٢	١١١٠,٢	٨٢١,٧	٨٤١,٠	٧٧٦,٩	**٩١٦,٤**
تورانس Torence	٥٥٠٥,٣	٤٧٢٣,٨	٤٧٣١,٨	٥٠٨٢,٩	٦٢٩٣,١	٥٨٢١,٧	**٥٣٥٩,٨**
إيقانوف Ivanov	١٨٤١,٤	٣٢٥٣,٢	٣٤٧٩,٦	١٨٤٨,٢	٢٢٧٧,٩	١٥٧٦,١	**٢٣٧٩,٤**
قارنيه Garnier	٢٩٦٣,٦	٥٥٧٨,٨	٥٩٥٤,٣	٢٨٨٢,٧	٣٤٩٣,٤	٢٤٨٠,٧	**٣٨٩٢,٣**
هولدريدج Holdridge	١٠٧٥,١	١٤٦٧,٩	١٤٨٠,٢	١٠٢٤,٥	١٠٥٧,٧	٩٢٤,٦	**١١٧١,٧**
أوليفي–بباداكيس Olivier-Papadakis	١٠١٩,٥	٢١٥٥,٨	٢٢٨٧,٧	١٠٤٤,١	١١٧٩,٤	٧٦٠,٩	**١٤٠٧,٩**
تورك Turc	١٨٥٥,٧	٢٢١٩,٧	٢٣٧٥,١	١٧٦٨,٧	١٩٨٨,٠	١٧٠٠,٦	**١٩٨٤,٦**
جنسن–هايس Jensen-Haise	٢٨٩٤,٤	٣٦٠٤,٧	٣١٢٢,١	٢٦٠٨,٤	٢٨١٠,٥	٢٤٩٦,٨	**٢٩٢٢,٨**
بنمان Penman	١٨٨٨,٩	٢١٦٦,٥	٢١٧٦,٠	١٧٧٧,٨	٢٢٩٥,٢	١٨٠٤,٦	**٢٠١٨,٢**
دالتون Dalton	٢٤٥٥,٠	٤٢٦٩,١	٤٩٠١,٥	٢٣٦٨,٨	٤٥٨٤,٢	٢٤٤٠,٣	**٣٥٠٣,٢**
هارقريفز Hargreaves	١٤٥٢,١	٢٦١٢,٥	٢٧٨٧,٩	١٤٢٥,٨	١٧٦٧,٤	١٢١٨,٩	**١٨٧٧,٤**
حوض التبخر صنف «أ» Etp Class "A" Pan	٢٥٦٥,٣	٣٥٥٣,٠	٣٠٣١,٩	٢٣٨٢,٢	٤١٧٣,٢	٢١٩٨,٦	**٢٩٨٤,٠**



شكل رقم (٣) – المعدل السنوي لقيم التبخر– نتح الفعلي

جدول رقم (٣)
قيم معامل حسن المطابقة «ق» لمجموع التبخر– نتح السنوي المحسوب

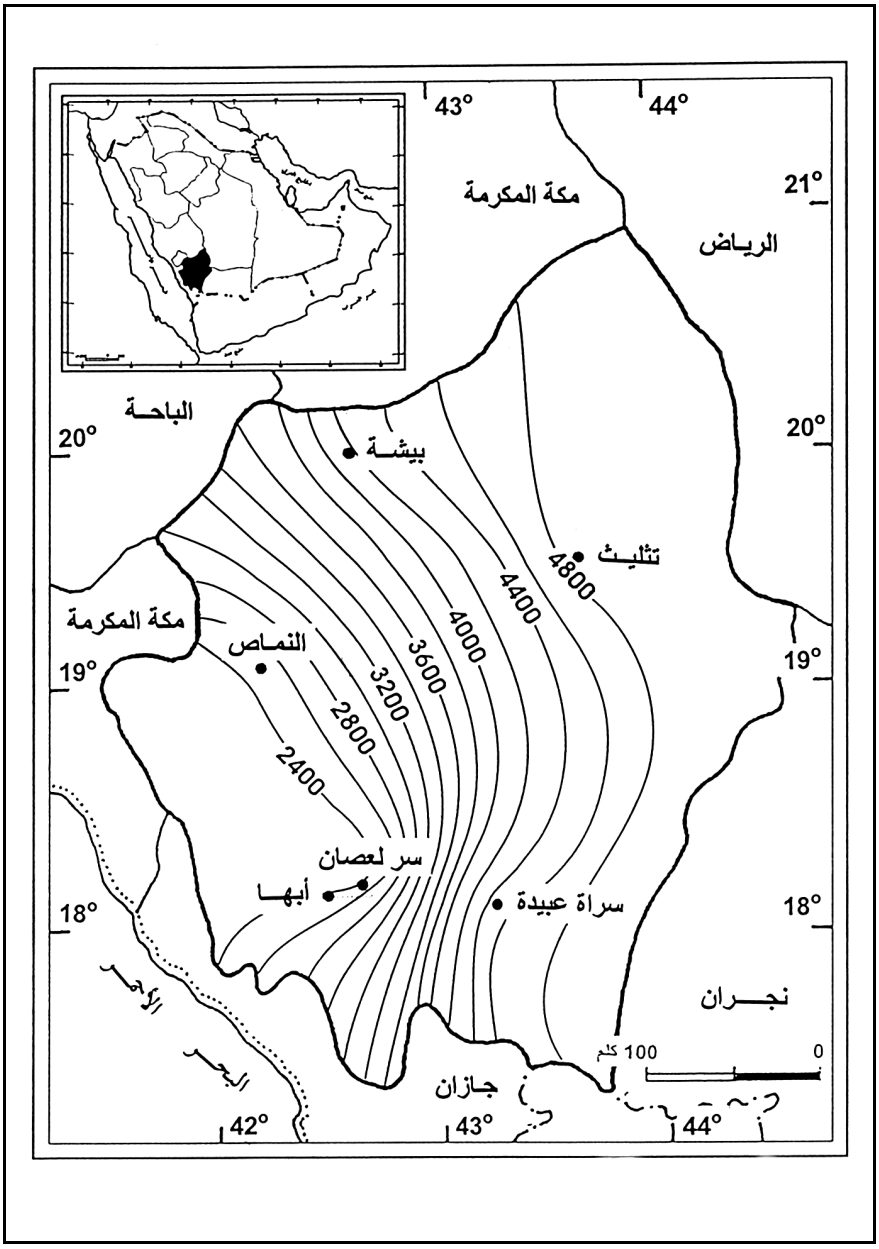
النموذج	أبها	معامل «ق»	بيشة	معامل «ق»	تثليث	معامل «ق»	سر لعصان	معامل «ق»	سراة عبيدة	معامل «ق»	النماص	معامل «ق»
Blaney-Criddle	١٣٦٣,٠	**١٢,٠**	٢٠٦٧,١	**١٤,٩**	٢٠٦٦,٩	**٩,٧**	١٢٨٣,٧	**١١,٠**	١٣٣٤,٩	**٢٨,٤**	١١٥٨,٦	**١٠,٤**
Thornthwaite	٨٥٠,٢	**١٧,٢**	١٠٩٨,٢	**٢٤,٥**	١١١٠,٢	**١٩,٢**	٨٢١,٧	**١٥,٦**	٨٤١,٠	**٣٣,٣**	٧٧٦,٩	**١٤,٢**
Torence	٥٥٠٥,٣	**٢٩,٤–**	٤٧٢٣,٨	**١١,٧–**	٤٧٣١,٨	**١٧,٠–**	٥٠٨٢,٩	**٢٧,٠–**	٦٢٩٣,١	**٢١,٢–**	٥٨٢١,٧	**٣٦,٢–**
Ivanov	١٨٤١,٤	**٧,٢**	٣٢٥٣,٢	**٣,٠**	٣٤٧٩,٦	**٤,٥–**	١٨٤٨,٢	**٥,٣**	٢٢٧٧,٩	**١٩,٠**	١٥٧٦,١	**٦,٢**
Garnier	٢٩٦٣,٦	**٤,٠–**	٥٥٧٨,٨	**٢٠,٣–**	٥٩٥٤,٣	**٢٩,٢–**	٢٨٨٢,٧	**٥,٠–**	٣٤٩٣,٤	**٦,٨**	٢٤٨٠,٧	**٢,٨–**
Holdridge	١٠٧٥,١	**١٤,٩**	١٤٦٧,٩	**٢٠,٩**	١٤٨٠,٢	**١٥,٥**	١٠٢٤,٥	**١٣,٦**	١٠٥٧,٧	**٣١,٢**	٩٢٤,٦	**١٢,٧**
Olivier-Papadakis	١٠١٩,٥	**١٥,٥**	٢١٥٥,٨	**١٤,٠**	٢٢٨٧,٧	**٧,٤**	١٠٤٤,١	**١٣,٤**	١١٧٩,٤	**٢٩,٩**	٧٦٠,٩	**١٤,٤**
Turc	١٨٥٥,٧	**٧,١**	٢٢١٩,٧	**١٣,٣**	٢٣٧٥,١	**٦,٦**	١٧٦٨,٧	**٦,١**	١٩٨٨,٠	**٢١,٩**	١٧٠٠,٦	**٥,٠**
Jensen-Haise	٢٨٩٤,٤	**٣,٣–**	٣٦٠٤,٧	**٠,٥–**	٣١٢٢,١	**٠,٩–**	٢٦٠٨,٤	**٢,٣–**	٢٨١٠,٥	**١٣,٦**	٢٤٩٦,٨	**٣,٠–**
Penman	١٨٨٨,٩	**٦,٨**	٢١٦٦,٥	**١٣,٩**	٢١٧٦,٠	**٨,٦**	١٧٧٧,٨	**٦,٠**	٢٢٩٥,٢	**١٨,٨**	١٨٠٤,٦	**٣,٩**
Dalton	٢٤٥٥,٠	**١,١**	٤٢٦٩,١	**٧,٢–**	٤٩٠١,٥	**١٨,٧–**	٢٣٦٨,٨	**٠,١**	٤٥٨٤,٢	**٤,١–**	٢٤٤٠,٣	**٢,٤–**
Hargreaves	١٤٥٢,١	**١١,١**	٢٦١٢,٥	**٩,٤**	٢٧٨٧,٩	**٢,٤**	١٤٢٥,٨	**٩,٦**	١٧٦٧,٤	**٢٤,١**	١٢١٨,٩	**٩,٨**
Class "A" Pan Etp	٢٥٦٥,٣	**٠,٠**	٣٥٥٣,٠	**٠,٠**	٣٠٣١,٩	**٠,٠**	٢٣٨٢,٢	**٠,٠**	٤١٧٣,٢	**٠,٠**	٢١٩٨,٦	**٠,٠**

شكل رقم (٤) – المعدل السنوي للتبخر – نتح على مستوى منطقة الدراسة

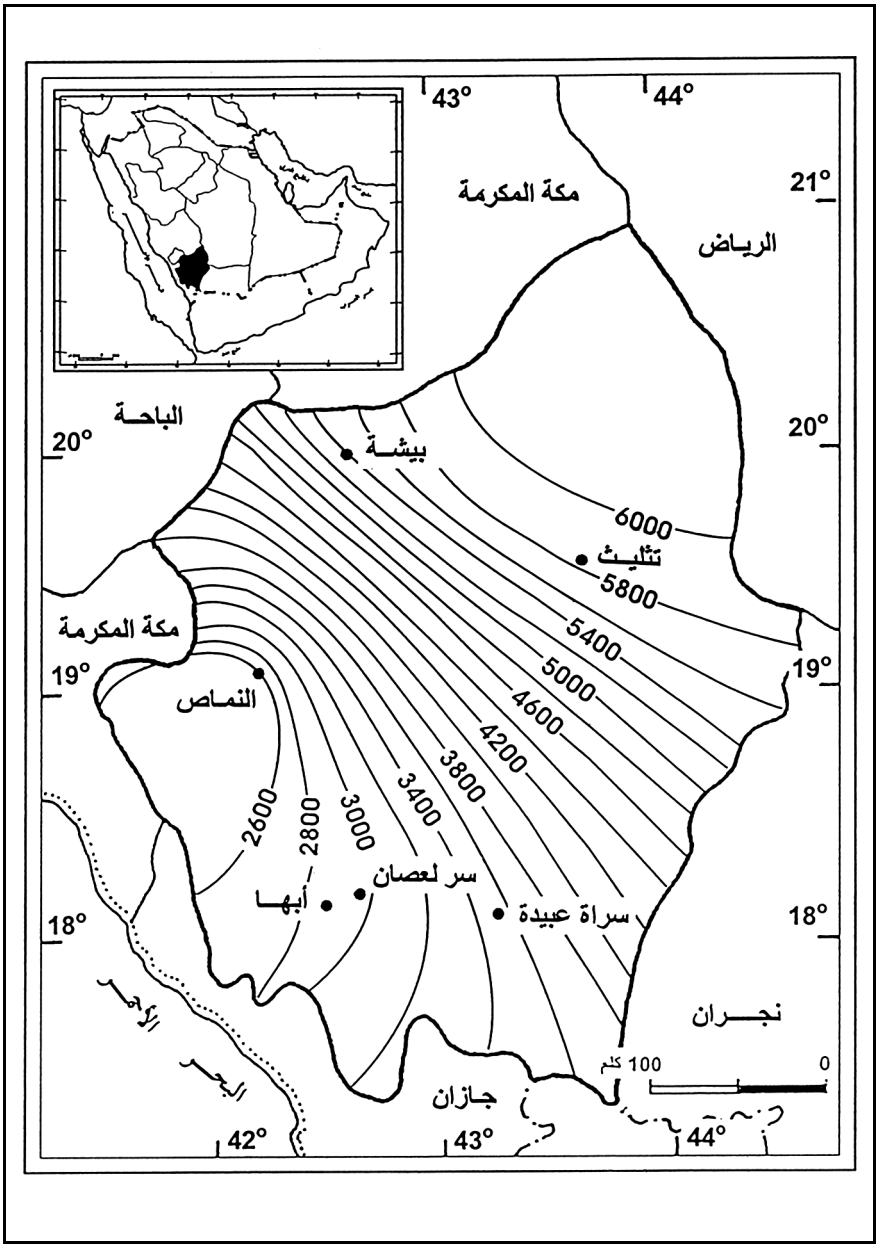
هـ – أما على مستوى كل محطة مناخية فيعتبر المعدل السنوي المحسوب بنموذج جنسن–هايس أقرب قيمة للمعدل السنوي للتبخر المقيس بمحطتي بيشة وتثليث؛ بحيث لا يتعدى الفارق بين المعدلين ٥١,٧ ملم/السنة و٩٠,٢ ملم/السنة على التوالي؛ أي بنسبة لا تتعدى أيضاً ١,٥٪ و٣,٠٪ على التوالي من المعدل السنوي للتبخر المقيس بالمحطتين (الشكل رقم ٤). كما يعتبر المعدل السنوي المحسوب بنموذج دالتون أقرب قيمة للمعدل السنوي للتبخر المقيس بمحطات سرلعصان وأبها وسراة عبيدة والنماص؛ بحيث لا يتعدى الفارق بين المعدلين في هذه المحطات على التوالي ١٣,٤ ملم/السنة و١١٠,٣ ملم/ السنة و٤١١,٠ ملم/ السنة و٢٤١,٧ ملم/السنة؛ أي بنسبة تبلغ أيضاً على التوالي ٠,٦٪ و٤,٣٪ و٩,٨٪ و١١,٠٪ من المعدل السنوي للتبخر المقيس.

و – تتماثل النسب بين المعدل الشهري الأقصى للتبخر المقيس والمعدل السنوي بحيث تصل على التوالي إلى ١٠,١٪ بمعدل شهري أقصى يبلغ ٤١٩,٨ ملم/الشهر بمحطة سراة عبيدة، و١٠,٨٪ بمعدل شهري أقصى يبلغ ٢٧٨,٣ ملم/: الشهر بمحطة أبها، و١٠,٩٪ بمعدل شهري أقصى يبلغ ٣٢٩,٦ ملم/ الشهر بمحطة تثليث، و١١,٧٪ بمعدل شهري أقصى يبلغ ٤١٤,٥ ملم/الشهر بمحطة بيشة، و١٢,٧٪ بمعدل شهري أقصى يبلغ ٣٠٣,٣ ملم/الشهر بمحطة سرلعصان، و١٢,٨٪ بمعدل شهري أقصى يبلغ ٢٨٠,٨ ملم/الشهر بمحطة النماص.

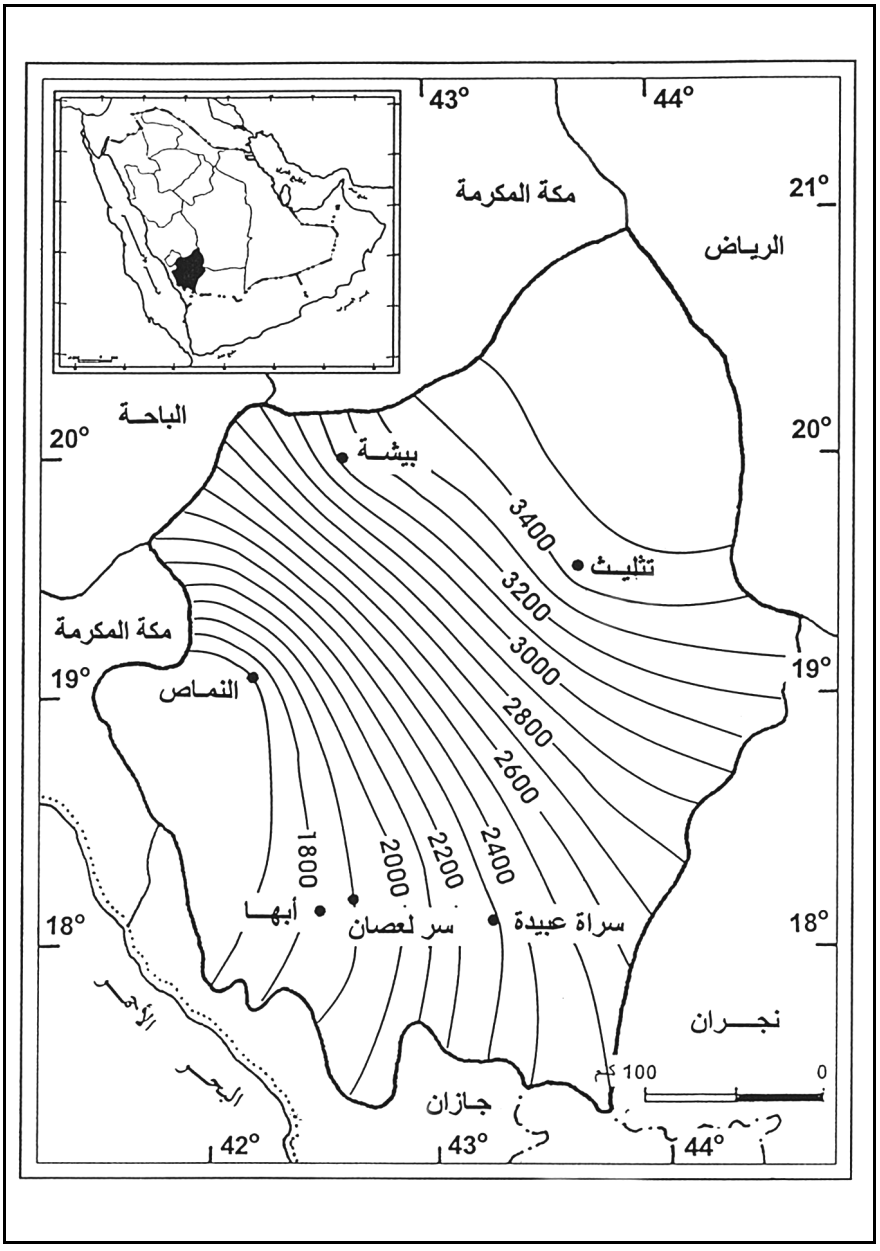
ز – أما على مستوى المعدل السنوي للتبخر– نتح بمنطقة عسير فيمكن اعتبار نتائج النماذج الأربعة لكل من دالتون وإيفانوف وقارنيه وجنسن–هايس هي أفضل النتائج، في حين يمكن اعتبار نتائج كل من نموذجي جنسن–هايس وإيفانوف أقرب النتائج لقيم التبخر– نتح الفعلي. ولذا يبدو أن هناك نوعاً من التجانس في التوزيع المكاني لمعدل التبخر– نتح السنوي المحسوب بواسطة النماذج الأربعة المذكورة كما تظهره الأشكال أرقام (٥ و٦ و٧ و٨).



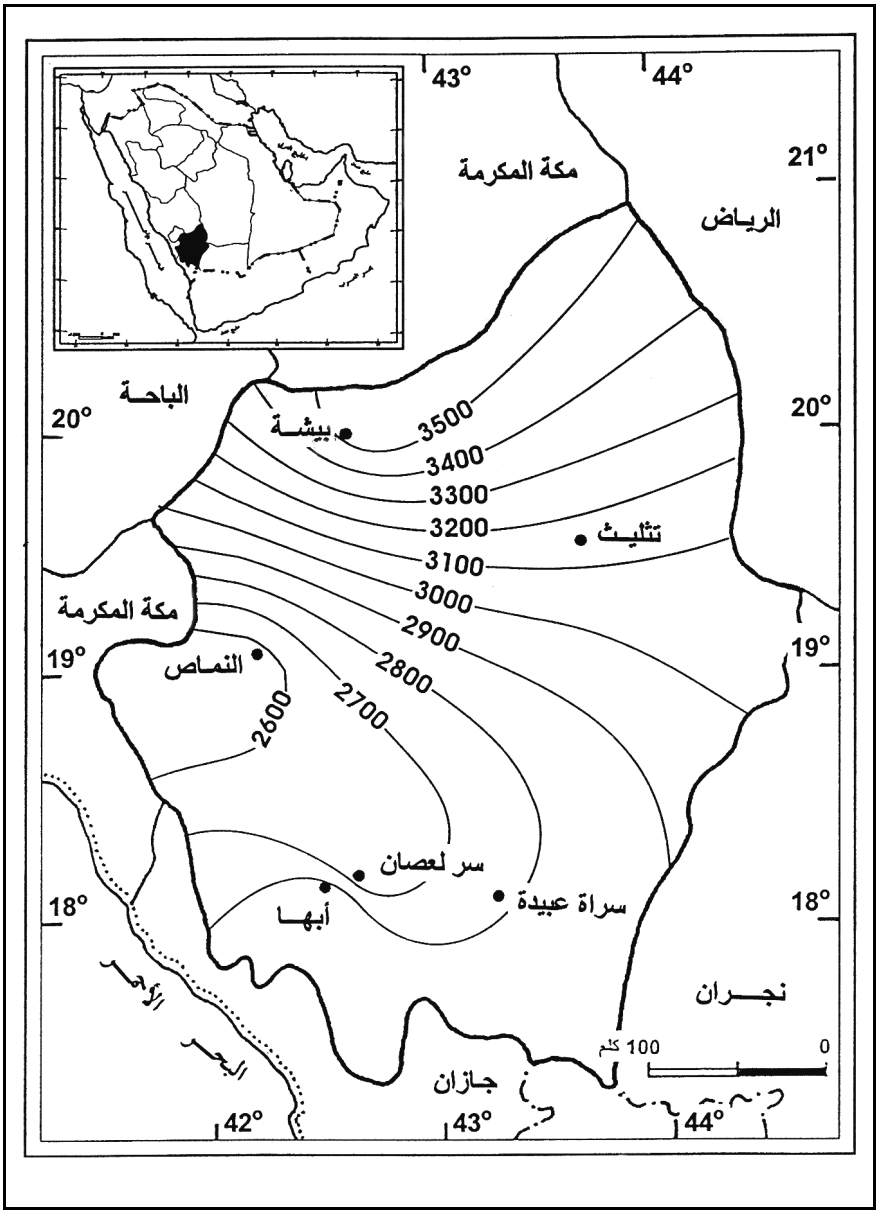
شكل رقم (٥) – المعدل السنوي للتبخر– نتح المحسوب بنموذج دالتون Dalton



شكل رقم (٦) – المعدل السنوي للتبخر– نتح المحسوب بنموذج قارنيه Garnier



شكل رقم (٧) – المعدل السنوي للتبخر– نتح المحسوب بنموذج إيفانوف Ivanov



شكل رقم (٨) – المعدل السنوي للتبخر– نتح المحسوب بنموذج

جنسن–هايس Jensen-Haise

٣-٢- العلاقة بين المتوسط الشهري للتبخر- نتح المحسوب والمتوسط الشهري للتبخر المقيس:

تتلخص العلاقة بين متوسط التبخر المقيس ومتوسط التبخر المحسوب في عدة تباينات هي: (جداول ملحقة أرقام «٧، ٨، ٩، ١٠، ١١، ١٢»).

١ - زيادة كمية التبخر- نتح الشهري المحسوب قيم التبخر المقيس بواسطة حوض التبخر صنف «أ» بمجموع ٢٣٥ قيمة شهرية؛ أي ما يعادل ٢٧,٢٪ من مجموع القيم المحسوبة، وهي تتوزع على النحو التالي: (جداول ملحقة أرقام «١٣، ١٤، ١٥، ١٦، ١٧، ١٨»).

١-١- ٧٢ قيمة محسوبة بنموذج تورانس؛ أي ما يعادل ٣٠,٦٪ من مجموع هذه القيم، وهي تشمل جميع المحطات المناخية المدروسة خلال مختلف شهور السنة.

١-٢- ٥٤ قيمة محسوبة بنموذج قارنيه؛ أي ما يعادل ٢٣,٠٪ من مجموع القيم المحسوبة، منها ٢٤ قيمة تشمل كل شهور السنة بمحطتي بيشة وتثليث، و٢٢ قيمة تميز الفترة الممتدة من مارس إلى يناير بمحطة سرلعصان والفترة الممتدة من نوفمبر إلى سبتمبر بمحطة النماص، و٧ قيم تميز الفترة الممتدة من أبريل إلى أكتوبر بمحطة أبها، بالإضافة إلى قيمة واحدة تميز شهر يونيو بمحطة سراة عبيدة.

١-٣- ٤٩ قيمة محسوبة بنموذج دالتون؛ أي ما يعادل ٢٠,٩٪ من مجموع هذه القيم، منها ١٢ قيمة بمحطة النماص، و١١ قيمة بمحطة تثليث، و٩ قيم بمحطة بيشة، و٨ قيم بمحطة سراة عبيدة، و٥ قيم بمحطة أبها، و٤ قيم بمحطة سرلعصان.

١-٤- ٣٨ قيمة محسوبة بنموذج جنسن-هايس؛ أي ما يعادل ١٦,٢٪ من مجموع هذه القيم، منها ١١ قيمة بمحطة النماص، و٨ قيم بمحطة أبها، و٧ قيم بمحطة تثليث، و٦ قيم تميز الفترة

الممتدة من فبراير إلى مايو ومن نوفمبر إلى ديسمبر بمحطة بيشة، و٦ قيم تميز الفترة الممتدة من أبريل إلى سبتمبر بمحطة سرلعصان.

١-٥- ٩ قيم محسوبة بنموذج إيفانوف تميز الفترة الممتدة من فبراير إلى أكتوبر بمحطة تثليث.

١-٦- ٥ قيم محسوبة بنموذج بنمان تميز الفترة الممتدة من ديسمبر إلى أبريل بمحطة النماص، و٤ قيم محسوبة بنموذج هارقريفز تميز الفترة الممتدة من يونيو إلى سبتمبر بمحطة تثليث، و٣ قيم محسوبة بنموذج تورك شهر أبريل بمحطة سرلعصان وشهري يناير وفبراير بمحطة النماص، وقيمة واحدة محسوبة بنموذج أوليفي-بباداكيس تميز شهر يوليو بمحطة تثليث.

٢ – زيادة قيم التبخر الشهري المقيس بواسطة حوض التبخر صنف «أ» قيم التبخر- نتح الشهري المحسوب بواسطة النماذج المدروسة بمجموع ٦٢٩ قيمة، أي ما يعادل ٧٢,٨٪ من مجموع القيم الشهرية المحسوبة بالمحطات المناخية المدروسة. وتتباين هذه القيم من نموذج لآخر ومن محطة لأخرى على النحو التالي:

٢-١- يبلغ عدد قيم التبخر الشهري المقيس التي تفوق مثيلاتها من التبخر- نتح الشهري المحسوب بكميات تفوق ١٠٠ ملم/شهر ٢٩٦ قيمة؛ أي ما يعادل ٣٤,٣٪ من مجموع القيم الشهرية المحسوبة، وهي تترتب على النحو التالي:

- ٦٧ قيمة محسوبة بنموذج ثورنثوايت.
- ٥٣ قيمة محسوبة بنموذج هولدريدج.
- ٤٧ قيمة محسوبة بنموذج أوليفي-بباداكيس.
- ٣٧ قيمة محسوبة بنموذج بلاني-كريدل.
- ٢٦ قيمة محسوبة بنموذج هارقريفز.

- ٢٢ قيمة محسوبة بنموذج بنمان.
- ٢٠ قيمة محسوبة بنموذج تورك.
- ١٢ قيمة محسوبة بنموذج إيفانوف.
- ٩ قيم محسوبة بنموذج جنسن–هايس.
- قيمتان محسوبتان بنموذج قارنيه.
- قيمة واحدة محسوبة بنموذج دالتون.

٢–٢– يبلغ عدد قيم التبخر الشهري المقيس التي تزيد على مثيلاتها من التبخر– نتح الشهري المحسوب بكميات تراوح بين ٨٠ و١٠٠ ملم/شهر ٨٥ قيمة؛ أي ما يعادل ٩,٨٪ من مجموع القيم الشهرية المحسوبة، وهي تترتب على النحو التالي:

- ١٦ قيمة محسوبة بنموذج بلاني–كريدل.
- ١٤ قيمة محسوبة بنموذج أوليفي–بباداكيس.
- ١٢ قيمة محسوبة بنموذج هولدريدج.
- ١٢ قيمة محسوبة بنموذج هارقريفز.
- ١١ قيمة محسوبة بنموذج تورك.
- ١٠ قيم محسوبة بنموذج بنمان.
- ٥ قيم محسوبة بنموذج إيفانوف.
- قيمتان محسوبتان بنموذج قارنيه.
- قيمتان محسوبتان بنموذج ثورنثوايت.
- قيمة واحدة محسوبة بنموذج دالتون.

٢–٣– يبلغ عدد قيم التبخر الشهري المقيس التي تزيد على مثيلاتها من التبخر– نتح الشهري المحسوب بكميات تراوح بين ٤٠ و٨٠ ملم/شهر ١٤١ قيمة؛ أي ما يعادل ١٦,٣٪ من مجموع القيم الشهرية المحسوبة، وهي تترتب على النحو التالي:

- ٢٧ قيمة محسوبة بنموذج هارقريفز.

- ٢٥ قيمة محسوبة بنموذج تورك.
- ٢٣ قيمة محسوبة بنموذج بنمان.
- ٢٢ قيمة محسوبة بنموذج إيفانوف.
- ١٥ قيمة محسوبة بنموذج بلاني–كريدل.
- ٨ قيم محسوبة بنموذج أوليفي–بباداكيس.
- ٦ قيم محسوبة بنموذج جنسن–هايس.
- ٥ قيم محسوبة بنموذج دالتون.
- ٤ قيم محسوبة بنموذج هولدريدج.
- ٣ قيم محسوبة بنموذج ثورنثوايت.

٢–٤– يبلغ عدد قيم التبخر الشهري المقيس التي تزيد على مثيلاتها من التبخر– نتح الشهري المحسوب بكميات تراوح بين ٢٠ و٤٠ ملم/شهر ١٠٧ قيم؛ أي ما يعادل ١٢,٤٪ من مجموع القيم الشهرية المحسوبة، وهي تترتب على النحو التالي:

- ٢٤ قيمة محسوبة بنموذج إيفانوف.
- ١٩ قيمة محسوبة بنموذج جنسن–هايس.
- ١٦ قيمة محسوبة بنموذج دالتون.
- ١٣ قيمة محسوبة بنموذج تورك.
- ١٢ قيمة محسوبة بنموذج بنمان.
- ١١ قيم محسوبة بنموذج قارنيه.
- ٤ قيم محسوبة بنموذج بلاني–كريدل.
- ٣ قيم محسوبة بنموذج هولدريدج.
- ٣ قيم محسوبة بنموذج هارقريفز.
- قيمتان محسوبتان بنموذج أوليفي–بباداكيس.

وبناء عليه، يكون إجمالي القيم الشهرية للتبخر المقيس التي تفوق مثيلاتها من التبخر المحسوب بحسب النماذج على النحو التالي:

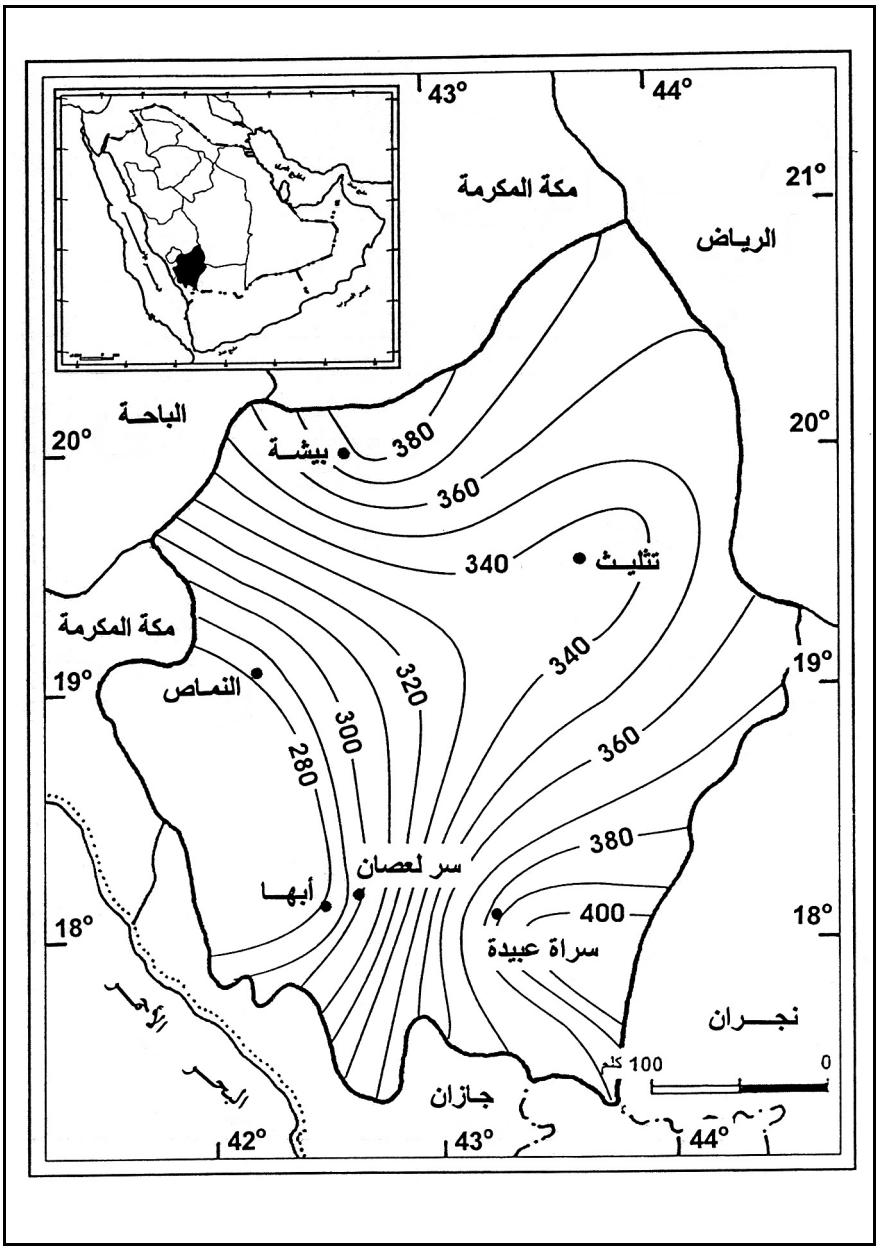
- ٧٢ قيمة محسوبة بنموذج بلاني–كريدل.
- ٧٢ قيمة محسوبة بنموذج ثورنثوايت.
- ٧٢ قيمة محسوبة بنموذج هولدريدج.
- ٧١ قيمة محسوبة بنموذج أوليفي–بباداكيس.
- ٦٩ قيمة محسوبة بنموذج تورك.
- ٦٨ قيمة محسوبة بنموذج هارقريفز.
- ٦٧ قيمة محسوبة بنموذج بنمان.
- ٦٣ قيمة محسوبة بنموذج إيفانوف.
- ٣٤ قيمة محسوبة بنموذج جنسن–هايس.
- ٢٣ قيمة محسوبة بنموذج دالتون.
- ١٨ قيمة محسوبة بنموذج قارنيه.

٣ – يبلغ المعدل الشهري للتبخر المقيس أقصاه خلال شهر يونيو بما يعادل ٣٢٩,٢ ملم بالنسبة لجميع المحطات المناخية المدروسة (الشكل رقم ٩).

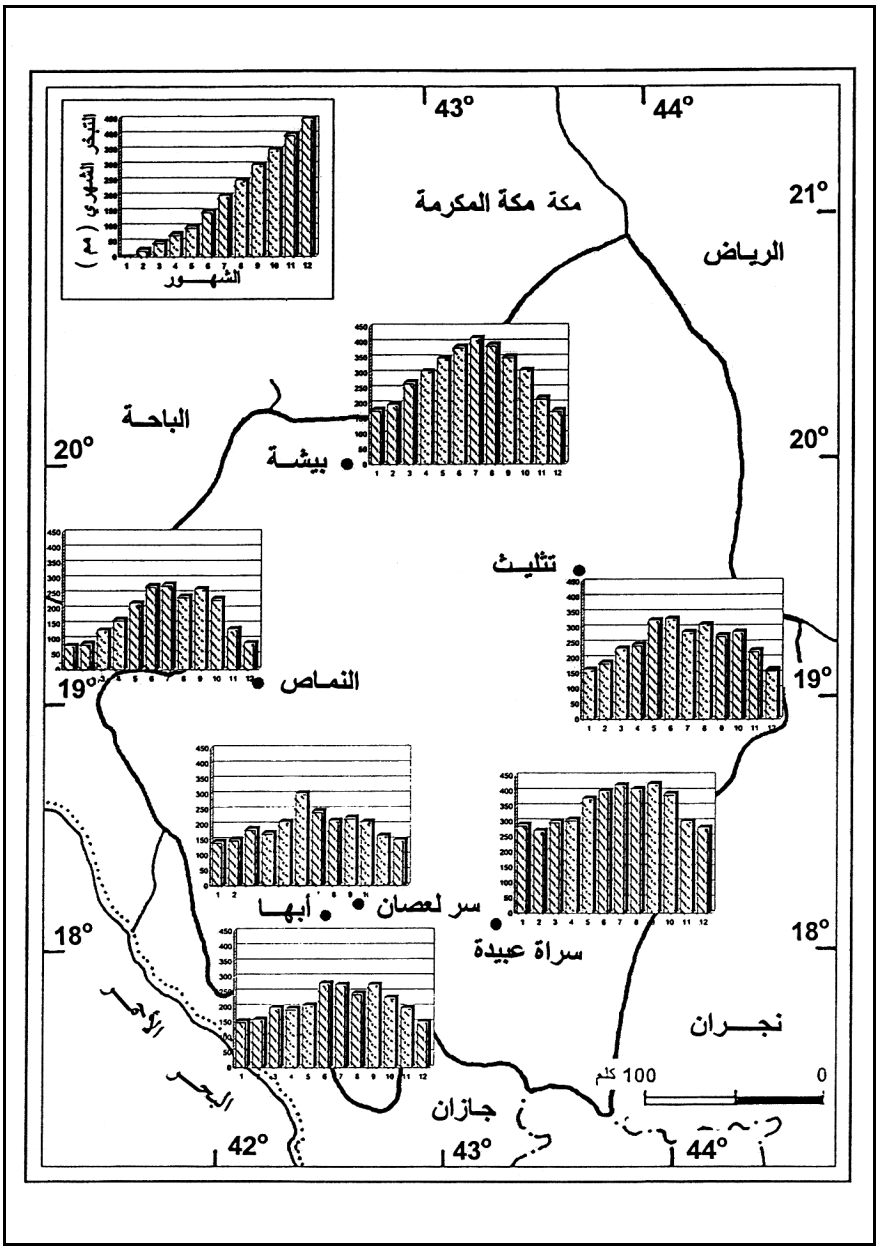
أما على مستوى كل محطة فإن هذا المتوسط يصل أقصاه خلال الشهر نفسه بمحطات أبها وتثليث وسرلعصان بما يعادل على التوالي ٢٧٨,٣ ملم و٣٢٩,٦ ملم و٣٠٣,٣ ملم، وخلال شهر يوليو بمحطات بيشة وسراة عبيدة والنماص بما يعادل على التوالي ٤١٤,٥ ملم و٤١٩,٨ ملم و٢٨٠,٨ ملم (الشكل رقم ١٠).

٤ – يفوق المعدل الشهري الأقصى للتبخر المقيس المعدل الشهري الأقصى للتبخر– نتح المحسوب بمختلف النماذج ما عدا نماذج كل من تورانس وقارنيه وجنسن–هايس؛ بحيث تبلغ متوسطاتها الشهرية القصوى على التوالي ٥٨٤,٣ ملم، و٥٠٨,١ ملم، و٤٥١,٧ ملم خلال شهر يوليو و٣٥٣,٠ ملم خلال شهر يونيو بالنسبة لجميع المحطات المناخية المدروسة.

٥ – يعتبر المعدل الشهري الأقصى للتبخر– نتح المحسوب بنموذج جنسن–هايس خلال شهر يوليو (٣٥٣,٠ ملم) أقرب قيمة للمعدل الشهري



شكل رقم (٩) – المعدل الشهري للتبخر– نتح الفعلي خلال شهر يونيو

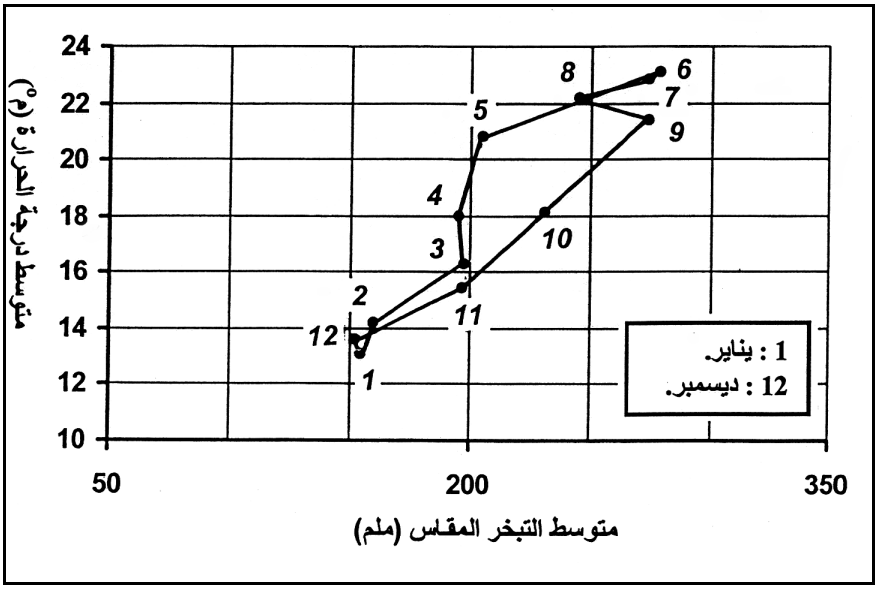


شكل رقم (١٠) – قيم التبخر– نتح الفعلي خلال شهور السنة

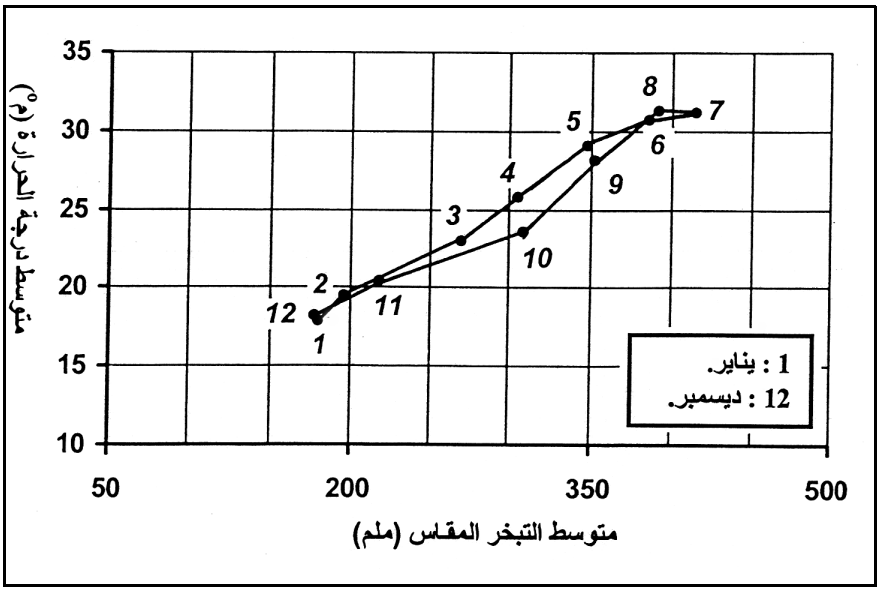
الأقصى المقيس بالنسبة لجميع المحطات المناخية وبالنسبة لجميع النماذج المدروسة؛ بحيث لا يتعدى الفرق بين المعدلين المذكورين ٢٣,٨ ملم/شهر، في حين راوح هذا الفرق بين ٤٦,٨ ملم و٢٠٣,١ ملم بالنسبة للنماذج الأخرى.

٦ – يبدو أن التوزيع المكاني للتبخر المقيس يتأثر بدرجة الحرارة في المحطات المناخية المدروسة؛ بحيث نجد أن معدل التبخر الشهري المقيس يزيد على ٢٠٠ ملم/الشهر مع بداية شهر مارس عندما يبلغ متوسط درجة الحرارة الشهري ٢٣°م بمحطة بيشة، و٢٤°م بمحطة تثليث، و١٦°م بمحطتي سرلعصان وسراة عبيدة، ومع بداية شهر مايو عندما يصل متوسط درجة الحرارة الشهري إلى ٢١°م بمحطة أبها، و١٨°م بمحطة النماص. ولا يتناقص معدل التبخر الشهري المقيس عن ٢٠٠ ملم/الشهر إلا مع بداية شهر أكتوبر عندما ينخفض متوسط درجة الحرارة الشهري إلى ١٨,١°م بمحطة أبها، وإلى ١٦,٣°م بمحطة النماص، ومع بداية شهر نوفمبر عندما ينخفض هذا المتوسط إلى ١٤,٩°م بمحطة سراة عبيدة، وإلى ١٩,٧°م بمحطة تثليث، وإلى ٢٠,٤°م بمحطة بيشة، ومع بداية شهر ديسمبر عندما يصل هذا المتوسط إلى أدناه بما يعادل ١٣,٤°م بمحطة سرلعصان. وبناء عليه، نجد أن الفترة التي يتجاوز خلالها المعدل الشهري للتبخر المقيس ٢٠٠ ملم/الشهر تصل إلى ٦ شهور؛ تمتد من مايو إلى أكتوبر بمحطتي أبها والنماص، وإلى ٩ شهور، تمتد من مارس إلى نوفمبر بمطات بيشة وتثليث وسراة عبيدة، وإلى ١٠ شهور تمتد من مارس إلى ديسمبر بمحطة سرلعصان.

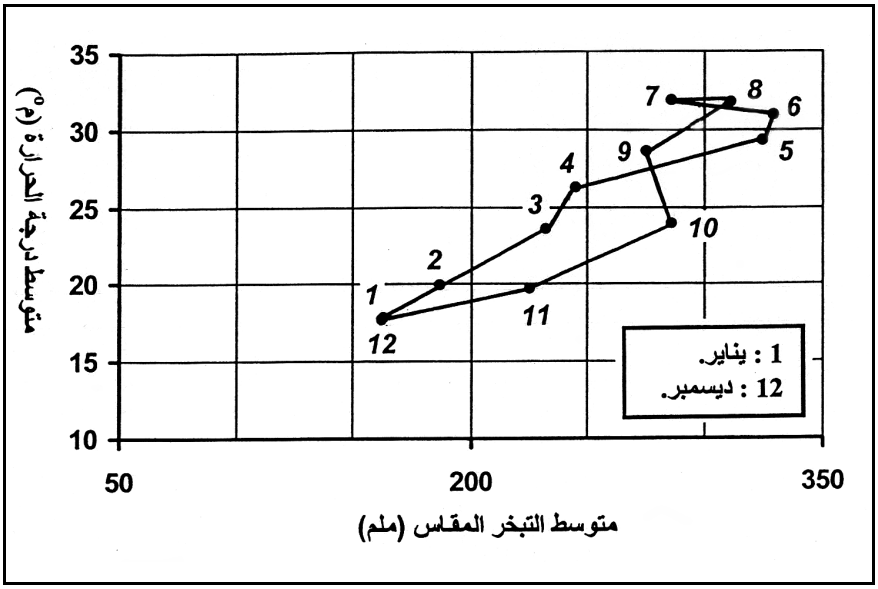
٧ – يبدو أن التوزيع المكاني للعلاقة القائمة بين عنصري الحرارة والتبخر يتأثر كثيراً بالظروف المناخية المحلية لمواقع المحطات المدروسة كما تعكسه الأشكال أرقام (١١ و١٢ و١٣ و١٤ و١٥ و١٦) التي أظهرت تباينات



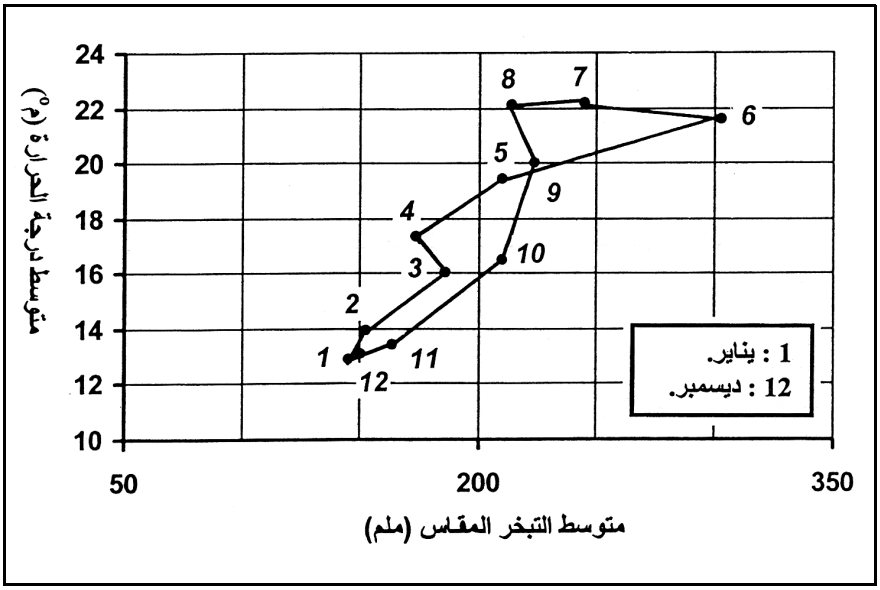
شكل رقم (١١) – المتوسط الشهري لكل من درجة الحرارة والتبخر الفعلي بمحطة أبها



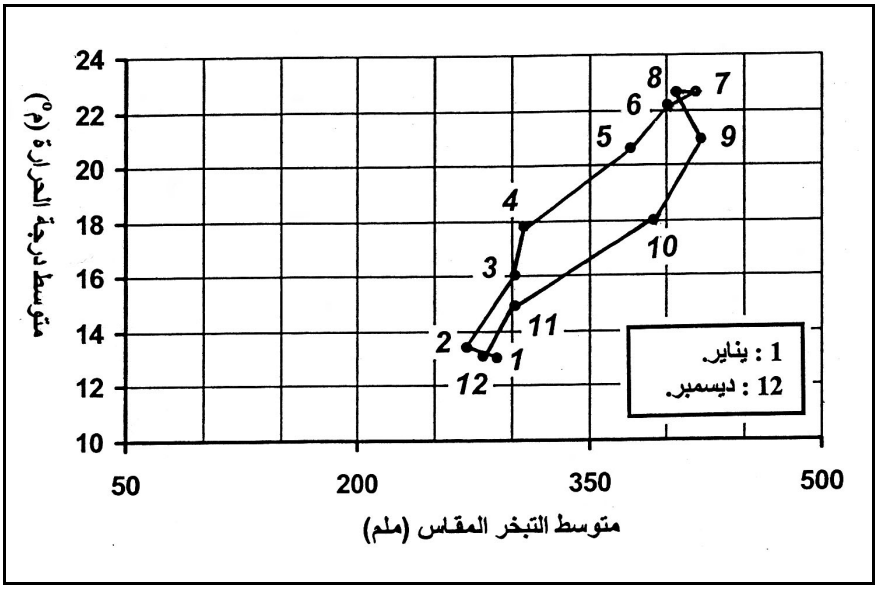
شكل رقم (١٢) – المتوسط الشهري لكل من درجة الحرارة والتبخر الفعلي بمحطة بيشة



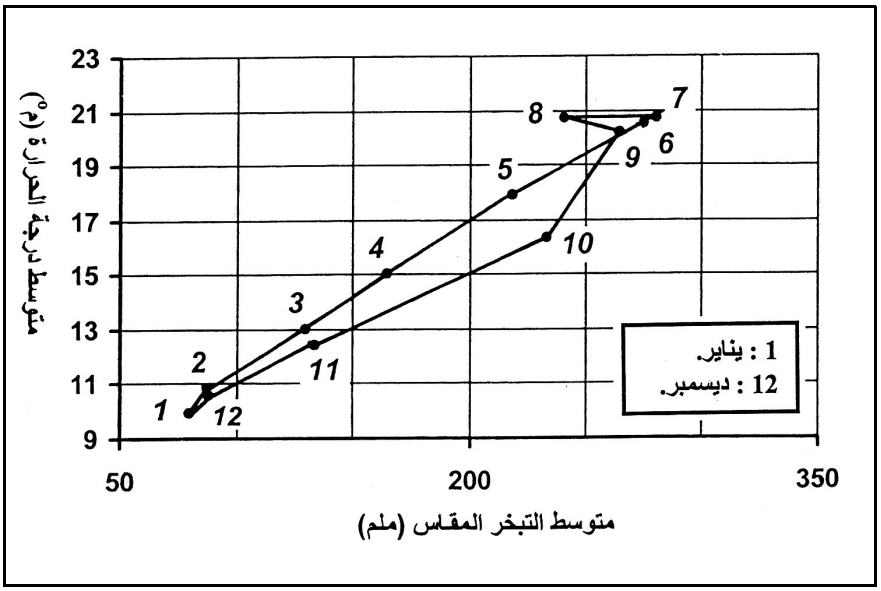
شكل رقم (١٣) – المتوسط الشهري لكل من درجة الحرارة والتبخر الفعلي بمحطة تثليث



شكل رقم (١٤) – المتوسط الشهري لكل من درجة الحرارة والتبخر الفعلي بمحطة سرلعصان



شكل رقم (١٥) – المتوسط الشهري لكل من درجة الحرارة والتبخر الفعلي بمحطة سراة عبيدة



شكل رقم (١٦) – المتوسط الشهري لكل من درجة الحرارة والتبخر الفعلي بمحطة النماص

زمانية واضحة بين التوزيع المكاني للمعدلات الشهرية للحرارة والتبخر خلال الفترة المدروسة؛ بحيث يجب الأخذ بعين الاعتبار هذه الظروف التي تؤثر على كميات التبخر– نتح الفعلية لإيجاد تفسيرات دقيقة لهذه التباينات.

٣–٣– أهمية تعديل نماذج حساب التبخر بواسطة قيم التبخر الفعلي:

تعتمد هذه الدراسة على مقارنة المتوسطات الشهرية والسنوية للتبخر المحسوب بواسطة النماذج المذكورة مع مثيلاتها المقيسة خلال الفترة الممتدة من ١ يناير ١٩٧٠م إلى ٣١ ديسمبر ١٩٩٧م في المحطات المناخية المدروسة التي تقع على ارتفاعات تزيد على ٨٠٠م بمنطقة عسير الجبلية. وتهدف هذه المقارنة إلى صياغة نماذج رياضية من أجل الوصول إلى:

١ – حساب المتوسطات الشهرية للتبخر– نتح تكون أكثر دقة من المتوسطات الشهرية المحسوبة بالنماذج الأصلية التي أعطت نتائج متباينة بوضوح مع قياسات التبخر.

٢ – التغلب على مشكلة التباين المكاني في توزيع شبكة المحطات المناخية الحالية التي تعاني قلة في عدد المحطات وتباعد الموجود منها مقارنة مع مساحة المملكة العربية السعودية.

ولذا أصبح من الضروري اقتراح نماذج رياضية بديلة لتقدير التبخر، تتسم بالبساطة في الصياغة، وبالسهولة في التطبيق، ولا تتطلب قياسات عناصرها المناخية تجهيزات مكلفة على غرار النماذج المدروسة التي تستخدم الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح والإشعاع الشمسي، في حساب المتوسط الشهري للتبخر– نتح، وهي من أسهل العناصر المناخية وأكثرها قياساً بالمحطات المناخية. وتعاني المعادلات الأصلية لهذه النماذج عدم ملاءمة صيغها الحالية لبيئة المملكة العربية السعودية نظراً؛ لأنها تستمد أصولها من بيئات مناخية مغايرة تماماً للبيئة المناخية بالجزيرة العربية (صيام، ١٩٩٥م) و(الشاعر، ١٩٨٩م). ومن هنا بات من الضروري الاستفادة من الصيغ الأصلية

لهذه النماذج وتعديلها رياضياً بواسطة قيم التبخر المقيسة في محطات أبها وبيشة وتثليث وسرلعصان وسراة عبيدة والنماص؛ لكي تصبح أكثر دقة في حساب المتوسط الشهري للتبخر بمرتفعات عسير الجبلية. ومن ثم فإن النماذج المعدلة بواسطة العلاقات الارتباطية بين قيم التبخر المقيس ومثيلاتها من التبخر المحسوب تسمح بتقديم نماذج مماثلة معدلة يمكن تطبيقها على المحطات المناخية ومحطات قياس الأمطار في آن واحد إذا لم تتوفر قياسات التبخر (الجدول رقم ٤).

الخلاصة:

لقد أظهرت هذه الدراسة:

١ – وجود تباينات مكانية كبيرة بين نتائج مختلف النماذج المدروسة؛ بحيث أصبح واضحاً صعوبة الاعتماد على نتائج هذه الأخيرة في تقدير المتوسط الشهري للتبخر بمنطقة عسير؛ نظراً للفوارق الموجودة بين الكميات المحسوبة والكميات المقيسة من التبخر؛ بحيث نجد المعدلات الشهرية للتبخر– نتح المحسوب بنماذج تورانس وقارنيه ودالتون تفوق مثيلاتها المقيسة بواسطة حوض التبخر صنف «أ» على عكس المعدلات الشهرية المحسوبة ببقية النماذج الأخرى التي تقل عن مثيلاتها المقيسة بواسطة حوض التبخر صنف «أ».

٢ – ترجع أسباب هذه التباينات المكانية إلى قصور النماذج الرياضية المدروسة في تقدير المتوسط الشهري للتبخر بدرجات متباينة من محطة لأخرى ومن نموذج لآخر؛ نظراً لأن الصيغ الأصلية لها تم اشتقاقها في بيئات مناخية رطبة تختلف في خصائصها المناخية كلياً عن البيئة المناخية الجافة لمنطقة عسير الجبلية.

٣ – إمكانية مقارنة نتائج المعادلات التجريبية للنماذج المدروسة بعضها مع بعض ومعايرتها بواسطة كمية التبخر المقيس في المحطات المناخية المدروسة بواسطة حوض التبخر صنف «أ» واشتقاق معادلات جديدة لتصحيح القيم المحسوبة بواسطة النماذج الأصلية المدروسة، ومن ثم تقديم معادلات رياضية لتقدير التبخر المقيس بناء على النماذج المعدلة بواسطة القياسات الفعلية للتبخر في المحطات المناخية.

الجدول رقم (٤)

العلاقات الارتباطية بين المعدل الشهري للتبخر المقيس والتبخر- نتح المحسوب على مستوى منطقة عسير الجبلية المدروسة

النموذج	t	r	R^2	معادلة الانحدار
بلاني–كريدل	١١,٥٨	٠,٩٦٤٧	٠,٩٣٠٦	ت ق (ملم) = ٨,١٤٧٦ (التبخر–نتح م) (ملم)^{٠,٧٠٥٤}
ثورنثوايت	١١,٨٩	٠,٩٦٦٤	٠,٩٣٣٩	ت ق (ملم) = ٣٥,٩٢٥ (التبخر–نتح م) (ملم)^{٠,٤٥٢٨}
تورانس	١٦,٧٨	٠,٩٨٢٧	٠,٩٦٥٧	ت ق (ملم) = –٠,٠٠٠٧ (التبخر–نتح م)^{٢} + ١,٢٢٩٣ (التبخر– نتح م) (ملم) – ١٤٦,٩٦
إيفانوف	٢٩,٣٢	٠,٩٩٤٢	٠,٩٨٨٥	ت ق (ملم) = ١٧٤,٦ لو (n) (التبخر–نتح م) (ملم) – ٦٦٥,٧٣
قارنيه	٢١,١٣	٠,٩٨٩٠	٠,٩٧٨١	ت ق (ملم) = ١٣٦,٧٢ لو (n) (التبخر–نتح م) (ملم) – ٥٣٠,٣٧
هولدريدج	١٢,٨٩	٠,٩٧١٢	٠,٩٤٣٢	ت ق (ملم) = ١,٨١٩٨ (التبخر –نتح م) (ملم)^{١,٠٧٢٧}
أوليفي – بباداكيس	٢٥,٩٨	٠,٩٩٢٧	٠,٩٨٥٤	ت ق (ملم) = ١٤٥,٦٧ لو (n) (التبخر–نتح م) (ملم) – ٤٣٤,٥١
تورك	٨,٤٢	٠,٩٣٦٢	٠,٨٧٦٤	ت ق (ملم) = ٤,٢٩٠١ (التبخر–نتح م) (ملم)^{٠,٧٩٥٢}
جنسن–هايس	٨,٧٠	٠,٩٣٩٩	٠,٨٨٣٤	ت ق (ملم) = ٦,١٥٨٥ (التبخر–نتح م) (ملم)^{٠,٦٧٤٤}
بنمان	٧,٥٧	٠,٩٢٢٧	٠,٨٥١٣	ت ق (ملم) = (التبخر–نتح م) (ملم) ٠,٠٠٥٩ e ٨٩,٩٣٩
دالتون	١٤,٨١	٠,٩٧٨٠	٠,٩٥٦٤	ت ق (ملم) = –٠,٠٠٠٥ (التبخر–نتح م)^{٢} + ٠,٨٠٤٧ (التبخر–نتح م) (ملم) – ٦٠,١٣١
هارقريفز	١٨,١٤	٠,٩٨٥١	٠,٩٧٠٥	ت ق (ملم) = ٢١,٢٤٦ (التبخر–نتح م) (ملم)^{٠,٤٩٢}

٤ – إمكانية تعديل الصيغ الأصلية للمعادلات التجريبية واشتقاق معادلات تجريبية لتقدير المتوسط الشهري للتبخر (الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية) باستخدام معامل الارتباط بين المتوسط الشهري للتبخر المحسوب بواسطة النماذج ومثيله المقيس بواسطة حوض التبخر صنف «أ» على مستوى كل محطة مناخية وعلى مستوى منطقة عسير الجبلية التي تقع ضمنها المحطات المناخية المدروسة.

٥ – إمكانية تقدير الاحتياجات المائية للمحاصيل الزراعية (التبخر) خلال مختلف فترات نموها من السنة باستخدام المعادلات المشتقة أو النماذج المعدلة تبعاً لطبيعة البيانات المتوفرة بالمحطات المناخية المدروسة ونوعيتها كاستخدام نموذجي بلاني وكريدل وتورنثوايت فيما يخص السجلات الحرارية بالنسبة للمحطات التي تتوفر بها قياسات الحرارة فقط، أو نموذجي إيفانوف وهارقريفز فيما يخص سجلات الحرارة والرطوبة النسبية بالمحطات التي تتوفر بها قياسات هذين العنصرين، أو نموذجي دالتون وبنمان في المحطات المناخية التي تتوفر بياناتها على قياسات متكاملة لعناصر المناخ المختلفة (الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح....).

٦ – تعتبر نتائج نموذجي جنسن–هايس وإيفانوف أقرب بالنقصان إلى المعدل السنوي الفعلي للتبخر– نتح ونتائج نموذجي دالتون وقارنيه أقرب بالزيادة إلى المعدل السنوي الفعلي للتبخر– نتح. وبناء عليه، تعتبر نتائج نموذجي دالتون وجنسن–هايس أفضل النتائج على العموم. وترجع أسباب هذا التوافق بين نتائج هذين النموذجين ومعدل التبخر– نتح السنوي على مستوى منطقة عسير الجبلية إلى طبيعة متغيرات معادلات تقدير التبخر– نتح المعتمدة في هذين النموذجين؛ بحيث يستخدم هذان النموذجان عناصر مناخية متكاملة (الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح....) لها تأثير مباشر على كميات التبخر– نتح المسجلة في كل محطة مناخية.

٧ – إمكانية تطبيق النماذج المعدلة على محطات قياس الأمطار التي لا تتوفر بها قياسات للتبخر، والتي تقع ضمن مساحة التأثير للمحطات المناخية المدروسة.

المراجع

أولاً – المراجع العربية:

- أطلس المناخ في المملكة العربية السعودية، (١٤٠٩هـ)، قسم الهيدرولوجيا، وزارة الزراعة والمياه.
- الجراش، محمد عبدالله، (١٩٩٢م)، أنموذج لتقدير المتوسط الشهري لكمية التبخر في المملكة العربية السعودية مقارنة بأنموذجي بنمان Penman وإيفانوف Ivanov، مجلة جامعة الملك عبدالعزيز، الآداب والعلوم الإنسانية، مجلد ٥، ص ص٧٥–١٠١.
- الشاعر، جهاد، (١٩٨٩م)، الظروف المناخية وعلاقتها بتقدير الحاجة المائية للزراعة في الجزيرة العربية ووادي الفرات، مطبعة اليازجي، دمشق، ٢٥١ صفحة.
- الطاهر، عبدالله أحمد سعد، (١٩٩٨م)، تقدير التبخر الشهري في المملكة العربية السعودية، سلسلة رسائل جغرافية، العدد ٢١٣، الجمعية الجغرافية الكويتية، جامعة الكويت.
- الغشيان، هيفاء عبدالله حسن، (١٩٩٠م)، التبخر والميزانية المائية في المملكة العربية السعودية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الملك سعود.
- النشرة الهيدرولوجية، (الفترة يناير ١٩٧٠م – ديسمبر ١٩٩٧م)، قسم الهيدرولوجيا بوزارة الزراعة والمياه السعودية.
- صيام، نادر محمد، (١٩٨٥م)، موازنة بين علاقة بنمان Penman وتعديلاتها وعلاقة برسيسلي Persisley وتوم أوليفر Tom Oliver المناخية، مجلة الزراعة والمياه بالمناطق الجافة في الوطن العربي، العدد ٢، دمشق، ص ص٥٨–٦٧.
- صيام، نادر محمد، (٢٠٠٥م)، محاضرات في الجغرافية المناخية،

مطبوعات جامعية غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الملك سعود، الرياض.

- شحادة، نعمان، (١٩٨٣م)، المناخ العملي، الطبعة الثانية، مطبعة الدور النموذجية،عمان، الأردن، ٢٣٩ صفحة.
- كامل، محمد وليد، (١٩٨٣م)، المناخ والأرصاد الجوية، منشورات جامعة حلب، كلية الزراعة، حلب، ٣٨٦ صفحة.

ثانياً – المراجع الأجنبية:

- Arnon, D. I. (1972), Crop production in fry regions, vol, a, background and principle, Anon I. A Plant science mongraphy, Cox and Wy man limited.
- Al Saaran, N. (1999), Temporel and spatial variability of potential evapotanspiration in Saudi Arabia, *Journal of the Golf and Arabian Peninsula studies,* Vol, XXIV, n° 92: 229-245pp.
- Blaney, H.F. (1956), Evaporation form free water surfaces at high altitudes. Proc. *A.S.C.E,* vol. 82, IR 3, Novemver.
- Blaney, H.F. (1957), Monthly consumptive use of water by irrigated crops and natural vegetation. *Assemblée général de Totonto,* 3-14, September, A.I.H.S, t. 11, pp 431-439.
- Ivanov, N.N. (1954), Ob opredelem Velichiny Isparyaemosti, *Izcesta Vsesoyuznogo obshchestve,* Tom vyy. 2, Mart-Apray.
- Jensen, M.E. (1973), Compustive use of water and irrigation water requirement, American society of civil engineers, New-york.
- Lecarpentier, C. (1975), L'évapotranspiration potentielle et ses implications géographiques, *Annales de Géographie,* n° 463, LXXXIV^{e} année, Mai-juin, pp 257-274.
- Lecarpentier, C. (1975), P'evapotranspiration potentielle et ses implications géographiques, *Annales de Géographie,* n° 464, LXXXIV^{e} année, juillet-août, pp 385-411, pp 257-274.
- Marrei, F. et al. (1986), Land use and agrosystem manangement in arid conditions, WHMO technical note n° 184, WMO n° 633, 3: 57-67 pp.

- Musy, A. (2005), Cours d'hydrologie et de climatologiem Chapitre 4, http://hydram.epf1.ch/e-drologie.
- Penmen, H.L. (1963), Vegetation and hydrology, Commonwealth Agr, Bur., Franham Royal.
- Penmen,. H.L. (1954), Evaporation on irrigations sugar beet, *Neth. J. of Agri. Sci.,* 42 (3), pp 286-292.
- Pruit, W.O and Doorenbos, J. (1977), Guide lines for predicting crop water requirements, papers: 24, FAO, Rome, Italy.
- Slatyer, R.O and Mabbutt, J.A. (1964), Hydrology of Arid and Semi-Arid regions, in Chow, V.T. (ed), Handbook of applied hydrology, Mc Graw-hill, New-York, 24-42 pp.
- Soraman, A.U. and Abdulrazzak, M.J. (1995), Estimation of actual evaporation using precipitation and soil moisture records in arid climates, *Hydrologial Processes Journal,* Vol. 9, pp 729-741.
- Stull, R.B. (1988), An introduction to boundary layer meteorology, Lkuwar academic Dordecth, The ngherland.
- Thornthwaite, C.W. (1948), An approach toward a rational classification of climate, *Geographical Review,* 38, pp 55-84.
- Van Bavel, C.H.M. (1959), Water deficit and irrigation requirement in southern United Stated, *Journal of Geophysics Researchs,* 64: 1597-1604 pp.
- Ward, R.G. (1967), Principal of hydrology, Mc Graw-Hill, publ. Comp. limits, London, 119-177 pp.
- Wilson, E.M. (1987), Engineering hydrology, 3rd edition, Mc Millan education, University of Solford.

ملحق رقم (١)
الخطوات المنهجية للدراسة

تتلخص الأساليب المتبعة في هذه الدراسة فيما يلي:

١ – تطبيق المعادلات التجريبية لنماذج تقدير التبخر– نتح:

تعتبر معادلات النماذج المدروسة أكثر المعادلات استخداماً في العالم نظراً:

أ – لبساطة صياغتها واعتمادها على عناصر مناخية كالحرارة والرطوبة النسبية والإشعاع الشمسي وسرعة الرياح، وهي من أبسط البيانات المتوفرة على مستوى المحطات المناخية.

ب – لدقة تقديراتها للتبخر– نتح في كثير من مناطق العالم، كما دلت عليه نتائج استخداماتها.

ج – لإمكانية تعديل صيغها الرياضية بقياسات فعلية للتبخر بالمحطات المناخية المدروسة وجعلها أكثر ملاءمة لتقدير التبخر– نتح بالمناطق الحصراوية الجافة.

ولقد تم تطبيق النماذج المستخدمة في تقدير التبخر وفقاً للمعادلات التالية:

١ – نموذج بلاني وكريدل Blaney-Criddle (١٩٤٥):

قدم بلاني وكريدل نموذجاً لحساب التبخر– نتح واحتياجات النباتات من المياه وفقاً للعلاقة التالية: (Lecarpentier, 1973, p.387):

$$Et = [\frac{kt.p.t}{100}]\ kc \qquad [1]$$

بحيث يمثل:

Et: المتوسط الشهري للتبخر (بوصة).

t : متوسط الحرارة الشهري (فهرنهايت).

kt : معامل تصحيح لدرجات الحرارة يستخرج من جداول خاصة بحسب دائرة العرض لموقع المحطة المناخية (جدول ملحق رقم ١٩).

وقد تم تعديل وحدات القياس من البوصة بالنسبة للتبخر– نتح ومن درجة الحرارة الفهرنهايتية بالنسبة للحرارة إلى وحدات قياس ملمترية ومئوية على النحو التالي:

$$\frac{Et}{25.4} = [\frac{{}^{9}/_{5}\ t+32}{100}]kt.pk.c \quad [2]$$

بحيث تمثل Et = المتوسط الشهري للتبخر (بوصة). ومنه:

$$Et = [25.4[\frac{1.8t+32}{100}]\ ]kt.p.kc$$

$$Et = (0.4572\ t + 8.128)kt.p.kc \quad [3]$$

بحيث تمثل Et = المتوسط الشهري للتبخر (ملم).

p: النسبة المئوية الشهرية لعدد ساعات سطوع الشمس من مجموع عدد ساعات السطوع الشمسي السنوي (٪)، (جدول ملحق رقم ٢٠).

kc: معامل استهلاك النبات للماء تراوح قيمته بين ٠,٥ و٠,٩ يستخرج من جداول خاصة بكل نوع من أنواع النباتات. ويستخدم هذا المعامل في تصحيح قيم التبخر المحسوبة بمعادلة النموذج عند حساب كمية المياه الضرورية لري محصول معين من المحاصيل الزراعية.

٢ – نموذج ثورنثوايت Thornthwaite (١٩٤٨):

اقترح ثورنثوايت نموذجاً لحساب قيمة التبخر–نتح الشهري وفقاً للعلاقة التالية: (Lecarpentier, 1973, p. 388):

$$Et = 16\ [\frac{10t}{I}]^{a}.k \quad [2]$$

بحيث يمثل:

Et: المتوسط الشهري للتبخر (ملم).

t: متوسط الحرارة الشهري (م°).

I: قرينة سنوية للحرارة تتكون من مجموع ١٢ قرينة شهرية للحرارة، كل منها يساوي:

$$i = [\frac{t}{5}]^{1.514} \quad [3]$$

كما يمكن حساب قيمتي i و a من معادلتي Serra وفقاً للعلاقة: (Wilson, 1987, p. 48):

$$i = 0.009\ t_n^{3/2} \quad [4]$$

ووفقاً للعلاقة:

$$a = 0.016\ I + 0.5 \quad [5]$$

k: معامل تصحيح لقيمة التبخر المحسوبة، يستخرج من جدول خاص يستخدم في تصحيح قيم التبخر المحسوبة بمعادلة النموذج بحسب الشهر ودرجة العرض لموقع المحطة المناخية المدروسة (جدول ملحق رقم ٢١).

٣ – نموذج إيفانوف Ivanov (١٩٥٤):

يحسب التبخر– نتح الشهري وفقاً لنموذج إيفانوف من المعادلة التالية: (الجراش، ١٩٩٢م، ص٧٨):

$$Et = 0.0018[(25 + t)(100 - Rh)] \quad [6]$$

بحيث يمثل:

Et: المتوسط الشهري للتبخر (ملم).

Rh: المتوسط الشهري للرطوبة النسبية (٪)، وهي تقاس عادة عند الساعة ١٢ ظهراً.

T: متوسط الحرارة الشهري (م°).

٤ – نموذج هارقريفز Hargreaves (١٩٦٦):

اقترح هارقريفز النموذج التالي لحساب التبخر– نتح الشهري: (Lecarpentier, 1973, p. 395):

$$Et = [(13.5\ d)(1 - 0.01Rh)t] \quad [7]$$

بحيث يمثل:

Et: المتوسط الشهري للتبخر (ملم).

Rh: المتوسط الشهري للرطوبة النسبية (٪)، وهي تقاس عادة عند الساعة ١٢ ظهراً.

d: معامل السطوع الشمسي يرتبط بدائرة العرض لموقع المحطة المناخية وبالشهر، ويحسب من قيمة معامل "p" في معادلة بلاني وكريدل [1] Blaney-Criddle من العلاقة التالية: (جدول ملحق رقم ٢٢).

$$d = 0.12p \quad [8]$$

k: معامل استهلاك النبات للماء تراوح قيمته بين ٠,٥ و٠,٩ يستخرج من

جداول خاصة بكل نوع من أنواع النباتات. ويستخدم هذا المعامل في تصحيح قيم التبخر المحسوبة بمعادلة هذا النموذج ونموذج بلاني وكريدل Blaney-Criddle عند حساب كمية المياه الضرورية لري محصول معين من المحاصيل الزراعية.

٥ – نموذج قارنيه Garnier (١٩٦٤):

اقترح قارنيه نموذجاً لحساب التبخر– نتح اليومي باستخدام المعادلة التالية: (Lecarpentier, 1973, p. 395):

$$Etp(mm) = 0.455n\ [1.481\ (^{E}jTH)\ +\ (e_a - e)] \quad [9]$$

بحيث يمثل:

E tp(mm) إجمالي التبخر– نتح الشهري (ملم).

^{E}jTH: التبخر– نتح اليومي (ملم/يوم) المحسوب بواسطة نموذج ثورنثوايت Thornthwaite قبل تعديله بواسطة معامل التصحيح K، وهو يحسب من العلاقة التالية: (جدول ملحق رقم ٢٣)

$$Etp(mm) = 16[\frac{10t(C^0)}{I}].n^{-1} \quad [10]$$

e_a: ضغط بخار الماء المشبع (mb) عند متوسط درجة حرارة الهواء ($t(C^0)$، وهو يحسب بواسطة المعادلة الآتية: (Stull, 1988)

$$e_a(mb) = 6.112\ exp\ [\frac{17.67(T-273.16)}{T-29.66}] \quad [11]$$

بحيث يمثل T درجة الحرارة الكالفينية (K^0).

كما يحسب e_a بواسطة المعادلة الآتية عند استخدام درجة الحرارة المئوية: (Musy, 2004) (جداول ملحقة أرقام ١، ٢، ٣، ٤، ٥، ٦)

$$e_a(KPa) = 0.611exp\ [\frac{17.27\ t\ (C^0)}{t\ (C^0)+237.3}] \quad [12]$$

بحيث يمثل:

e_a(KPa): ضغط بخار الماء المشبع (كيلوباسكال).

($t(C^0)$): درجة الحرارة المئوية.

كما يمكن حساب قيمة e_a(mb) باستخدام الجدول رقم ١.

e: ضغط بخار الماء الفعلي (mb) المناسب لضغط بخار الماء المشبع e_a، وهو يحسب من المعادلة التالية: (Musy, 2004).

$$e(KPa) = e_a(KPa)\ \{\frac{Rh}{100}\} \quad [13]$$

بحيث يمثل:

e(KPa): ضغط بخار الماء الفعلي (كيلوباسكال).

Rh: متوسط الرطوبة النسبية الشهري (٪).

الجدول رقم (١)

ضغط بخار الماء المشبع (mb) المناسب لدرجات الحرارة (C^0)

درجة الحرارة (C^0)	درجة الحرارة (C^0)									
	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩
٠	٦	٧	٧	٨	٨	٩	٩	١١	١١	١١
١٠	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨	١٩	٢١	٢٢
٢٠	٢٣	٢٥	٢٦	٢٨	٣٠	٣٢	٣٤	٣٦	٣٨	٤٠
٣٠	٤٢	٤٥	٤٨	٥٠	٥٣	٥٦	٥٩	٦٣	٦٦	٧٠
٤٠	٧٤	٧٨	٨٢	٨٦	٩١	٩٦	١٠١	١٠٦	١١٢	١١٧

بعد حساب قيمتي e_a(KPa) و e(KPa) تحول القيم المحسوبة إلى وحدة (mb) وفقاً للصيغة الآتية:

$$e_a(mb) = e_a(KPa).10 \quad [14]$$

$$e(mb) = e(KPa).10 \quad [15]$$

٦ – نموذج هولدريدج Holdridge (١٩٧٢):

اقترح هولدريدج ٣ معادلات لحساب قيمة التبخر– نتح الشهري تعتمد على القياسات الحرارية وحدها، وهي:

(Lecarpentier, 1973, p. 388)

١ – بالنسبة لشهور السنة من فئة ٣١ يوماً:

$$Etp\ (mm)\ =\ 5t\ (C^{\circ}) \quad [16]$$

٢ – بالنسبة لشهر فبراير:

$$Etp\ (mm)\ =\ 4.84\ t\ (C^{\circ}) \quad [17]$$

٣ – بالنسبة لشهور السنة من فئة ٣٠ يوماً:

$$Etp\ (mm)\ =\ 4.56\ t\ (C^{\circ}) \quad [18]$$

بحيث يمثل $t\ (C^0)$ المتوسط الشهري لدرجة الحرارة.

٧ – نموذج أوليفي– بباداكيس Olivier-Papadakis (١٩٦١):

قدم أوليفي–بباداكيس نموذجاً لحساب التبخر– نتح الشهري من العلاقة التالية: (Lecarpentier, 1973, p. 393)

$$Etp\ (mm)\ =\ 5.65\ (e_a - e) \quad [19]$$

بحيث يمثل:

Etp(mm): إجمال التبخر– نتح الشهري (ملم).

e_a: ضغط بخار الماء المشبع (mb) عند متوسط درجة الحرارة الشهرية القصوى t'_{max}.

e: ضغط بخار الماء الفعلي (mb) المناسب لضغط بخار الماء المشبع e_a(mb) عند متوسط درجة الحرارة الشهرية القصوى.

وتحسب قيمتا e_a و e من المعادلتين ١٢ و١٣ على التوالي، أو من الجدول رقم ١.

٨ – نموذج تورك Turc (١٩٦١):

اقترح تورك نموذجين لحساب التبخر– نتح الشهري:

(Lecarpentier, 1973, p. 397).

١ – النموذج الأول لحساب التبخر– نتح لشهور السنة التي تتميز برطوبة نسبية $(Rh < ٥٠٪ > ٥٠٪)$:

$$Etp(mm) = (Ig + 50)\{\tfrac{0.4t(C^{\circ})}{t(C^{\circ})+15}\}\ \{1 + (\tfrac{50-Rh}{70})\} \quad [20]$$

بحيث يمثل:

Rh: الرطوبة النسبية الشهرية (٪).

$t(C^0)$: متوسط درجة الحرارة الشهرية.

Ig: إجمالي الإشعاع الشمسي الشهري (سعر/سم^{٢}).

٢ – النموذج الثاني لحساب التبخر– نتح لشهور السنة التي تتميز برطوبة نسبية < ٥٠٪ (Rh > ٥٠٪):

$$Etp(mm) = (Ig + 50)\{\frac{0.4t(C^{\circ})}{t(C^{\circ})+15}\} \quad [21]$$

ونظراً لغياب القياسات الخاصة بالإشعاع الشمسي بالمحطات المناخية المدروسة فقد تم حساب هذا المتغير المناخي على النحو الآتي: (صيام، ٢٠٠٥م).

$$Ip\ (Langley/day) = Id.\ Sin\ A^{\circ}\ .t^{m} \quad [22]$$

بحيث يمثل:

Ip: مقدار الإشعاع الشمسي الواصل لسطح الأرض (سعر/سم^{٢}/دقيقة).

Id: إجمالي الإشعاع الشمسي الواصل إلى قمة الغلاف الجوي (لانجلي/دقيقة)، وهو يحسب من المعادلة الآتية:

$$Id(Langley/min.) = I_0\{1 + 0.033\ Cos\ [\frac{360(D-2)}{365}]\} \quad [23]$$

بحيث يمثل:

I_0: الثابت الشمسي، وهو يساوي ١,٩٤ (سعر/سم^{٢}/يوم).

D: الرقم الجولياني لليوم في السنة.

A^{0}: زاوية ارتفاع الشمس، وهي تساوي:

$$A = 90^{\circ} - \Phi \pm d \quad [24]$$

بحيث تمثل:

Φ: درجة عرض موقع المكان (المحطة المناخية).

d: زاوية انحراف الشمس، وهي تحسب من المعادلة التالية:

$$d = 23.45\ Sin\ \{\frac{360(D-81)}{365}\} \quad [25]$$

t = 0.7 عندما تكون السماء صافية وأشعة الشمس عمودية تماماً على سطح الأرض.

$t^m = 0.7^m$ عندما تكون السماء غائمة وأشعة الشمس مائلة على سطح الأرض، **بحيث تمثل** m:

$$m = \{\frac{1}{Sin}\}(1 - 0.1\ H) \qquad [26]$$

بحيث يمثل H ارتفاع المحطة المناخية أو موقع المكان (متر.١٠$^{-٣}$) وعليه يكون إجمالي الإشعاع الشمسي اليومي يساوي:

$$Ip = \{id\ Sin\ A^\circ\ t^m\}.h \qquad [27]$$

بحيث يمثل h عدد ساعات السطوع الشمسي الفعلي خلال اليوم.

ولقد تم اعتماد قيم عدد ساعات السطوع الشمسي الفعلي خلال اليوم المقيس بمحطة أبها المناخية في تعديل قيم عدد ساعات السطوع الشمسي النظري المحسوب نظراً لتقارب المحطات المناخية المدروسة ووقوعها بين دائرتي العرض ١٨° و٢٠° شمالاً. ولقد تم حساب عدد ساعات السطوع الشمسي النظري من المعادلة التالية:

$$H = \frac{2}{15} Cos^{-1}\{-tan\ \Phi\ tan\ d\} \qquad [28]$$

بحيث يمثل:

H: عدد ساعات السطوع الشمسي النظري.

Φ: درجة عرض موقع المكان (المحطة المناخية).

d: زاوية انحراف الشمس المحسوبة من المعادلة ٢٥.

ولقد تم حساب قيم عدد ساعات السطوع الشمسي الفعلي h على النحو التالي:

$$h_2 = \{\frac{h_1}{H_1}\}\ .\ H_2 \qquad [29]$$

بحيث يمثل:

H_1: عدد ساعات السطوع الشمسي النظري المحسوب في محطة أبها بواسطة المعادلة ٢٦.

h_1: عدد ساعات السطوع الشمسي المقيس بمحطة أبها المناخية.

H_2: عدد ساعات السطوع الشمسي النظري المحسوب في المحطة المناخية المدروسة بواسطة المعادلة ٢٦.

h_2: عدد ساعات السطوع الشمسي المقيس بالمحطة المناخية المدروسة.

٩ – نموذج جنسن–هايس Jensen-Haise (١٩٧٣):

يحسب التبخر– نتح الشهري باستخدام نموذج جنسن–هايس من العلاقة التالية: (Jensen, 1973, p. 73).

$$Etp(Langley/day) = Ct\{T' - Tx\}Rs \quad [30]$$

بحيث يمثل:

Etp(Langley/day): إجمالي التبخر–نتح اليومي مقدراً بوحدة (سعر/سم^2/يوم).

$$Ct = \frac{1}{C_1+C_2+CH} \quad [31]$$

بحيث يمثل:

$$C_1 = 38 - \{\frac{2EL}{305}\} \quad [32]$$

و EL ارتفاع المكان (المحطة المناخية) بالنسبة لمستوى سطح البحر (متر).

و
$$CH = \frac{50mb}{e_2-e_1} \quad [33]$$

بحيث يمثل:

e_1: ضغط بخار الماء المشبع (mb) عند متوسط درجة الحرارة الشهرية الدنيا ($C°$).

e_2: ضغط بخار الماء الفعلي (mb) عند متوسط درجة الحرارة الشهرية القصوى ($C°$).

ويتم تقدير e_1 و e_2 من المعادلة ١٢ (جداول ملحقة أرقام من ١ إلى ٦).

T': المتوسط الشهري لدرجة الحرارة ($C°$).

$$Tx = -2.5 - [0.14(e_2 - e_1)] \quad [34]$$

Rs: متوسط الإشعاع الشمسي اليومي (لانجلي/اليوم). وقد تم تقدير هذا المتغير باستخدام المعادلات من ٢٠ إلى ٢٧.

بعد حساب قيمة التبخر– نتح بوحدة (سعر/سم^{٢}/يوم) يتم تعديل النتائج على النحو التالي لتحويلها إلى وحدة (ملم/يوم) ثم إلى وحدة (ملم/شهر):

التبخر – نتح (ملم/يوم) = التبخر–نتح (سعر/سم^{٢}/يوم). $\frac{10}{y}$ [35]

بحيث يمثل:

$$y = 5959.5 - [0.55T'(C^{\circ})] \quad [36]$$

وبناء عليه، يكون إجمالي التبخر– نتح الشهري يساوي:

[37] التبخر– نتح (ملم/يوم) × عدد أيام الشهر.

١٠ – نموذج دالتون Dalton (١٩٠٤):

يعتبر نموذج دالتون أقدم النماذج المعروفة لحساب التبخر– نتح الشهري وفقاً للعلاقة التالية: (كامل، القسم العملي، ص٢٥).

$$Eo = f(u)\ (e - e_a) \quad [38]$$

بحيث يمثل:

e_a: ضغط بخار الماء الفعلي (mb) المناسب لمتوسط درجة الحرارة الشهري (C°)، وهو يحسب من المعادلة ١٣.

e: ضغط بخار الماء المشبع (mb) المناسب لمتوسط درجة الحرارة الشهري (C°)، وهو يحسب من المعادلة ١٢ (جداول ملحقة أرقام من ١ إلى ٦).

f(u): معامل سرعة الرياح على ارتفاع ٢ متر من سطح الأرض، وهو يحسب من المعادلة التالية:

$$f(u) = 0.27\{1 + (\frac{U(km/day)}{100})\} \quad [39]$$

بحيث يمثل:

$$U(km/day) = \frac{U(m/s)/60.60.24}{1000} \quad [40]$$

١١ – نموذج تورانس Torence (١٩٥٨):

يحسب التبخر– نتح الشهري من نموذج تورانس وفقاً للعلاقة التالية: (الشاعر، ١٩٨٩، ص٦٢).

$$Etp(mm) = Kn\{aT + bv + C\} \quad [41]$$

بحيث يمثل:

(Etp(mm): إجمالي التبخر- نتح الشهري (ملم/الشهر).

n: عدد أيام الشهر.

T: متوسط درجة الحرارة الشهري (C°).

v: مقدار العجز في ضغط بخار الماء (mb) المناسب لمتوسط درجة الحرارة الشهري (C°)، وهو يساوي:

$$v = (e_a - e_d) \qquad [42]$$

بحيث يمثل:

e_a: ضغط بخار الماء المشبع (mb) المناسب لمتوسط درجة الحرارة الشهري (C°)، وهو يحسب من المعادلة ١٢ أو الجدول رقم ١.

e_d: ضغط بخار الماء الفعلي (mb) المناسب لمتوسط درجة الحرارة الشهري (C°)، وهو يحسب من المعادلة ١٣.

K: ثابت يرتبط بدرجة عرض موقع المكان (المحطة المناخية) وارتفاعه ويحسب من المعادلة التالية:

$$K = 3\{6.5\Phi 6 + (H + 0.61)^2 + 2.5\}10^{-3} \qquad [43]$$

بحيث يمثل:

H: ارتفاع المكان (المحطة المناخية) (متر).

Φ: درجة عرض موقع المكان (المحطة المناخية).

$$a = 87\ ,\ b\ =\ 10\ ,\ c\ =\ 12.$$

١٢ - نموذج بنمان المعدل Torence (١٩٤٨):

قدم بنمان نموذجاً يعتبر أدق النماذج الرياضية لحساب التبخر- نتح الشهري باستخدام العلاقة التالية: (كامل، القسم العملي، ص٣٧).

$$ETo(mm/day) = C\{W.Rn + [(1 - W)\ (f(u)\ (e_a - e_d)]\} \qquad [44]$$

بحيث تمثل:

C: معامل تصحيح يحسب من جدول خاص.

W: معامل التثقيل يحسب من جدول خاص. وقد تم حساب قيم هذا المعامل لدرجات الحرارة المحصورة بين ٩° و٣٢° في المحطات المناخية المدروسة (جدول ملحق رقم ٢٤).

Rn: محصلة الإشعاع الشمسي، وهي تحسب من العلاقة التالية:

$$Rn = Rns - Rnl \qquad [45]$$

بحيث تمثل Rns محصلة الأشعة الشمسية القصيرة (ملم/اليوم) تبخر مكافئ، وهي تحسب على النحو التالي:

$$Rns = [1 - \alpha]\ [0.25 + 0.5\,\tfrac{h}{H}]\,Ra \qquad [46]$$

بحيث تمثل:

α: معامل انعكاس الأشعة الشمسية (الألبيدو Albedo)، وهو يساوي ٠,٢٥ بالنسبة للتربة والأراضي الزراعية و٠,٠٥ بالنسبة للمسطحات المائية.

h: عدد ساعات السطوع الشمسي الفعلي، وهي تقاس بالمحطات المناخية.

H: عدد ساعات السطوع الشمسي النظري، وهي تحسب من المعادلة ٢٦.

Ra: الأشعة الجوية الكلية (ملم/اليوم) تبخر مكافئ، وهي تتغير من موقع لآخر تبعاً لدرجة عرض موقع المكان (المحطة المناخية)، وتستخرج من جدول خاص (جدول ملحق رقم ٢٥).

Rn1: محصلة الأشعة الشمسية الطويلة (ملم/اليوم) تبخر مكافئ، وهي تحسب من المعادلة التالية:

$$Rnl = \left[\, f(t)\ .\ f\,(ed)\ .\ f\,(\tfrac{h}{H})\right] \qquad [47]$$

بحيث تمثل:

f(t): معامل تأثير الحرارة، ويحسب من جدول خاص (جدول ملحق رقم ٢٦).

f(ed): معامل ضغط بخار الماء الفعلي (ed) (mb)، ويحسب من المعادلة التالية:

$$f\,(ed) \;=\; 0.34 \;-\; 0.044\ e_d^{0.5} \qquad [48]$$

$f(\frac{h}{H})$: معامل تأثير مدة السطوع الشمسي، وهو يحسب من المعادلة التالية:

$$f\,(\tfrac{h}{H}) \;=\; 0.1 \;+\; 0.9\ (\tfrac{h}{H}) \qquad [49]$$

بحيث يمثل h عدد ساعات السطوع الشمسي الفعلي المقيسة بالمحطات المناخية.

H: عدد ساعات السطوع الشمسي النظري المحسوبة بواسطة المعادلة ٢٦.

f(u): معامل تأثير سرعة الرياح المقيسة بالمحطات المناخية على ارتفاع ٢ متر، ويحسب من المعادلة ٣٧.

e_a: ضغط بخار الماء المشبع (mb) المناسب لمتوسط درجة الحرارة الشهري (C°)، وهو يحسب من المعادلة ١٢ أو الجدول رقم ١.

e_d: ضغط بخار الماء الفعلي (mb) المناسب لمتوسط درجة الحرارة الشهري (C°)، وهو يحسب من المعادلة ١٣.

٢ – معايرة قيم التبخر– نتح المحسوبة بواسطة النماذج:

استخدم الباحث معامل حسن المطابقة لمعايرة القيم الفعلية للتبخر– نتح السنوي والشهري. ويمكن حساب معامل حسن المطابقة بتطبيق المعادلتين التاليتين: (الجراش، ١٩٩٢م، ص٧٩).

أ – حساب معامل حسن المطابقة للقيم السنوية:

يحسب معامل حسن المطابقة للقيم السنوية من المعادلة الآتية:

$$ق = مج \mid م_1 - م_2 \mid \div ١٠٠ \quad [50]$$

بحيث يمثل:

م١: متوسط التبخر السنوي المقيس (ملم).

م٢: متوسط التبخر السنوي المحسوب بواسطة النموذج (ملم).

ب – حساب معامل حسن المطابقة للقيم الشهرية:

يحسب معامل حسن المطابقة للقيم الشهرية من المعادلة الآتية:

$$ق = مج \mid م_3 - م_4 \mid \div ١٠٠ \quad [51]$$

م٣: متوسط التبخر السنوي المقيس (ملم).

م٤: متوسط التبخر السنوي المحسوب بواسطة النموذج (ملم).

وبناء عليه:

أ – يكون «ق» = ٠ إذا كانت قيم التبخر– نتح المحسوب مساوياً تماماً لقيم التبخر المقيس؛ أي أن م١ = م٢ و م٣ = م٤، مما يدل على أن هناك تطابقاً تاماً بين قيم م١ و م٢ أو م٣ و م٤.

ب – يكون «ق» > ٠ إذا كانت قيم التبخر– نتح المحسوب أقل من قيم التبخر المقيس؛ أي أن م١ > م٢ و م٣ > م٤، مما يدل على أن هناك تبايناً تاماً بين قيم م١ و م٢ أو م٣ و م٤.

ج – يكون «ق» < ٠ إذا كانت قيم التبخر– نتح المحسوب أكبر من قيم التبخر المقيس؛ أي أن م١ < م٢ و م٣ < م٤، مما يدل على أن هناك تبايناً تاماً بين قيم م١ و م٢ أو م٣ وم٤.

ملحق رقم (٢) الجداول

جدول ملحق رقم (١)

التغيرات الشهرية لعناصر المناخ المستخدمة في نماذج حساب التبخر- نتح للفترة الممتدة من ١ يناير ١٩٧٠ إلى ٣١ ديسمبر ١٩٩٧م بمحطة أبها

الشهر	درجة الحرارة ($C°$)			ضبط بخار الماء (mb)				سرعة الرياح على ارتفاع ٢ متر		الرطوبة النسبية (٪)	الإشعاع الشمسي (لانجلي/يوم)
	المتوسط	القصوى	الدنيا	e_s'	$2e_s$ max	e_s min	e'	e max	u (m/s)	u (km/day)		
يناير	١٣,١	١٩,٨	٦,٨	١٥,١	٢٢,٨	١٠,٨	١٠,٦	١٦,١	٢,٢	١٩٠,١	٧٠,٥	٥٠١,٠
فبراير	١٤,٢	٢٠,٧	٨,٤	١٦,٢	٢٤,٤	١١,٠	١١,١	١٦,٨	٢,٥	٢١٦,٠	٦٨,٨	٦٠١,٧
مارس	١٦,٣	٢٢,٩	١٠,٤	١٨,٣	٢٧,٨	١٢,٤	١٢,٠	١٨,٣	٢,٥	٢١٦,٠	٦٥,٨	٥٩٦,٦
أبريل	١٨,٠	٢٤,٦	١١,٦	٢١,٠	٣١,٢	١٣,٦	١٢,٧	١٨,٨	١,٩	١٦٤,٢	٦٠,٤	٧٧٤,٥
مايو	٢٠,٨	٢٧,٨	١٣,٨	٢٤,٦	٣٧,٦	١٥,٨	١٢,٩	١٩,٧	١,٧	١٤٦,٩	٥٢,٥	٧٥٢,٢
يونيو	٢٣,١	٣٠,٣	١٥,٥	٢٨,٢	٤٢,٩	١٧,٥	١١,٤	١٧,٤	١,٧	١٤٦,٩	٤٠,٥	٧٦٧,٥
يوليو	٢٢,٨	٣٠,١	١٥,٨	٢٧,٦	٤٢,٣	١٧,٨	١٢,٧	١٩,٥	١,٨	١٥٥,٥	٤٦,٠	٦٦٩,٨
أغسطس	٢٢,٢	٢٩,٩	١٥,٦	٢٦,٤	٤١,٨	١٧,٦	١٣,٧	٢١,٧	١,٦	١٣٨,٢	٥١,٨	٦٤٤,١
سبتمبر	٢١,٤	٢٨,٨	١٣,٦	٢٥,٤	٣٩,٦	١٥,٦	١٠,٦	١٦,٥	١,٦	١٣٨,٢	٤١,٧	٦٨٥,٤
أكتوبر	١٨,١	٢٥,٧	١٠,١	٢١,١	٣٣,٤	١٢,١	١٠,٠	١٥,٨	١,٦	١٣٨,٢	٤٧,٤	٥٩٥,٨
نوفمبر	١٥,٤	٢٢,٦	٧,٥	١٧,٤	٢٧,٢	١١,٠	١٠,٩	١٧,٠	١,٤	١٢١,٠	٦٢,٥	٥٠٦,٣
ديسمبر	١٣,٦	٢٠,٥	٦,٥	١٥,٦	٢٤,٠	١٠,٠	١٠,٥	١٦,٢	١,٨	١٥٥,٥	٦٧,٦	٤٦٢,٥

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات مصلحة الأرصاد الجوية.

e_s': متوسط ضغط بخار المشبع (mb).

e_s max: ضغط بخار المشبع (mb) المناسب لدرجة الحرارة القصوى ($C°$).

e_s min: ضغط بخار المشبع (mb) المناسب لدرجة الحرارة الدنيا ($C°$).

e': متوسط ضغط بخار الماء الفعلي (mb).

e max: ضغط بخار الماء الفعلي (mb) المناسب لدرجة الحرارة القصوى ($C°$).

جدول ملحق رقم (٢)
التغيرات الشهرية لعناصر المناخ المستخدمة في نماذج حساب التبخر-نتح للفترة الممتدة من ١ يناير ١٩٧٠ إلى ٣١ ديسمبر ١٩٩٧م بمحطة بيشة

الشهر	درجة الحرارة (C°)			ضبط بخار الماء (mb)					سرعة الرياح على ارتفاع ٢ متر		الرطوبة النسبية (٪)	الإشعاع الشمسي (لانجلي/يوم)
	المتوسط	القصوى	الدنيا	e_s'	$2e_s$ max	e_s min	e'	e max	u (m/s)	u (km/day)		
يناير	١٧,٨	٢٦,٠	٩,٠	٢٠,٦	٣٤,٠	١١,٠	١٠,٦	١٧,٥	١,٢	١٠٣,٧	٥١,٤	٤٥١,٧
فبراير	١٩,٥	٢٨,١	١٠,٨	٢٢,٦	٣٨,٢	١٢,٨	١٠,٨	١٨,٤	١,٤	١٢١,٠	٤٨,١	٥٥٤,٨
مارس	٢٣,٠	٣١,١	١٤,٨	٢٨,٠	٤٥,٣	١٦,٨	١٣,٥	٢١,٨	١,٥	١٢٩,٦	٤٨,٢	٥٦٥,٣
أبريل	٢٥,٨	٣٣,٧	١٧,٥	٣٣,٦	٥٢,١	٢٠,٨	١٥,١	٢٣,٤	١,٥	١٢٩,٦	٤٤,٩	٧٦٣,٣
مايو	٢٩,٠	٣٧,٠	٢٠,٦	٤٠,٠	٦٣,٠	٢٤,٢	١٦,٤	٢٥,٩	١,٤	١٢١,٠	٤١,١	٧٣١,٥
يونيو	٣٠,٧	٣٩,٣	٢١,٧	٤٤,١	٧١,٢	٢٥,٧	١٤,٠	٢٢,٦	١,٢	١٠٣,٧	٣١,٨	٧٤٢,٦
يوليو	٣١,٢	٣٩,٢	٢٣,٣	٤٥,٦	٧٠,٨	٢٨,٦	١٤,٤	٢٢,٤	١,٤	١٢١,٠	٣١,٦	٦٤٠,٦
أغسطس	٣١,٣	٣٩,٢	٢٣,٠٠	٤٥,٩	٧٠,٨	٢٨,٠	١٥,٤	٢٣,٧	١,٤	١٢١,٠	٣٣,٥	٦٢٠,٦
سبتمبر	٢٨,١	٣٧,٠	١٩,١	٣٨,٢	٦٣,٠	٢٢,١	١٢,٤	٢٠,٥	١,٤	١٢١,٠	٣٢,٥	٦٤٤,٢
أكتوبر	٢٣,٦	٣٢,٨	١٤,٤	٢٩,٢	٤٩,٦	١٦,٤	١٠,٦	١٨,٠	١,٥	١٢٩,٦	٣٦,٤	٥٥٠,٦
نوفمبر	٢٠,٤	٢٩,٢	١١,٢	٢٣,٨	٤٠,٤	١٣,٢	١١,٠	١٨,٦	١,٢	١٠٣,٧	٤٦,١	٤٨٦,٥
ديسمبر	١٨,٢	٢٦,٨	٩,٠	٢١,٢	٣٥,٦	١١,٠	١٠,٧	١٨,٠	١,٠	٨٦,٤	٥٠,٦	٤١٥,٥

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات مصلحة الأرصاد الجوية.

e_s': متوسط ضغط بخار المشبع (mb).

e_s max: ضغط بخار المشبع (mb) المناسب لدرجة الحرارة القصوى (C°).

e_s min: ضغط بخار المشبع (mb) المناسب لدرجة الحرارة الدنيا (C°).

e': متوسط ضغط بخار الماء الفعلي (mb).

e max: ضغط بخار الماء الفعلي (mb) المناسب لدرجة الحرارة القصوى (C°).

جدول ملحق رقم (٣)
التغيرات الشهرية لعناصر المناخ المستخدمة في نماذج حساب التبخر–نتح للفترة الممتدة من ١ يناير ١٩٧٠ إلى ٣١ ديسمبر ١٩٩٧م بمحطة تثليث

الشهر	درجة الحرارة ($C°$)			ضبط بخار الماء (mb)					سرعة الرياح على ارتفاع ٢ متر		الرطوبة النسبية (٪)	الإشعاع الشمسي (لانجلي/يوم)
	المتوسط	القصوى	الدنيا	e_s'	$2e_s$ max	e_s min	e'	e max	u (m/s)	u (km/ day)		
يناير	١٧,٨	٢٥,٨	٩,٣	٢٠,٦	٣٣,٦	١١,٣	١٠,٥	١٧,١	١,٧	١٤٦,٨	٥٠,٩	٤٥٥,٧
فبراير	١٩,٩	٢٨,٥	١١,٧	٢٢,٩	٣٩,٠	١٣,٧	١٠,٦	١٨,١	٢,٠	١٧٢,٨	٤٦,٣	٥٥٨,٨
مارس	٢٣,٦	٣١,٥	١٦,٢	٢٩,٢	٤٦,٥	١٨,٢	١٢,٤	١٩,٧	٢,٠	١٧٢,٨	٤٢,٤	٥٦٩,٣
أبريل	٢٦,٢	٣٣,٤	١٩,٠	٣٤,٤	٥١,٢	٢٢,٠	١٤,٥	٢٢,١	١,٧	١٤٦,٩	٤٣,٢	٧٣٨,٤
مايو	٢٩,٣	٣٧,١	٢٠,٩	٤٠,٦	٦٣,٣	٢٤,٨	١٥,٤	٢٣,٩	١,٦	١٣٨,٢	٣٧,٨	٧٣١,٥
يونيو	٣٠,٩	٣٩,٢	٢٢,٢	٤٤,٧	٧٠,٨	٢٦,٤	١٢,٥	١٩,٨	١,٥	١٢٩,٦	٢٧,٩	٧٤١,٢
يوليو	٣١,٨	٣٩,٤	٢٥,٤	٤٧,٤	٧١,٦	٣٢,٨	١٢,٨	١٩,٣	١,٦	١٣٨,٢	٢٧,٠	٦٣٩,٢
أغسطس	٣١,٧	٣٩,٣	٢٣,٨	٤٧,١	٧١,٢	٢٩,٦	١٣,٥	٢٠,٤	١,٥	١٢٩,٦	٢٨,٦	٦٢١,٠
سبتمبر	٢٨,٦	٣٧,٢	٢٠,٦	٣٩,٢	٦٣,٦	٢٤,٢	١٠,٥	١٧,٠	١,٥	١٢٩,٦	٢٦,٨	٦٤٥,٧
أكتوبر	٢٣,٩	٣٢,٩	١٤,٨	٢٩,٨	٤٩,٨	١٦,٨	٩,٥	١٥,٨	١,٦	١٣٨,٢	٣١,٨	٥٥٥,٨
نوفمبر	١٩,٧	٢٨,٨	١١,٤	٢٢,٧	٣٩,٦	١٣,٤	٩,٨	١٧,٠	١,٣	١١٢,٣	٤٣,٠	٧٠٤,١
ديسمبر	١٧,٧	٢٦,٠	٩,٢	٢٠,٤	٣٤,٠	١١,٢	١٠,٥	١٧,٤	١,٢	١٠٣,٧	٥١,٢	٤٢٠,٩

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات مصلحة الأرصاد الجوية.

e_s': متوسط ضغط بخار المشبع (mb).

e_s max: ضغط بخار المشبع (mb) المناسب لدرجة الحرارة القصوى ($C°$).

e_s min: ضغط بخار المشبع (mb) المناسب لدرجة الحرارة الدنيا ($C°$).

e': متوسط ضغط بخار الماء الفعلي (mb).

e max: ضغط بخار الماء الفعلي (mb) المناسب لدرجة الحرارة القصوى ($C°$).

جدول ملحق رقم (٤)

التغيرات الشهرية لعناصر المناخ المستخدمة في نماذج حساب التبخر-نتح للفترة الممتدة من ١ يناير ١٩٧٠ إلى ٣١ ديسمبر ١٩٩٧م بمحطة سرلعصان

الشهر	درجة الحرارة (C°)			ضبط بخار الماء (mb)					سرعة الرياح على ارتفاع ٢ متر		الرطوبة النسبية (٪)	الإشعاع الشمسي (لانجلي/يوم)
	المتوسط	القصوى	الدنيا	e_s'	$2e_s$ max	e_s min	e'	e max	u (m/s)	u (km/day)		
يناير	١٢,٩	١٨,٧	٦,٩	١٤,٩	٢١,٧	١٠,٨	٨,٩	١٣,٠	٢,١	١٨١,٤	٦٠,٠	٤٩٥,٨
فبراير	١٣,٩	١٩,٢	٨,٦	١٥,٩	٢٢,٢	١١,٦	٩,٨	١٣,٧	٢,٣	١٩٨,٨	٦١,٩	٤٩٥,٨
مارس	١٦,٠	٢١,٨	١٠,٢	١٨,٠	٢٥,٨	١٢,٢	١٠,٦	١٥,٢	٢,١	١٨١,٤	٥٨,٨	٦٠١,٢
أبريل	١٧,٣	٢٣,٨	١٠,٨	١٩,٦	٢٩,٦	١٢,٨	١١,٤	١٧,٢	١,٨	١٥٥,٥	٥٨,٠	٧٦٨,٩
مايو	١٩,٤	٢٦,٧	١١,٨	٢٢,٤	٣٥,٤	١٣,٨	١١,٩	١٨,٨	١,٩	١٦٤,٢	٥٣,١	٧٥٧,٩
يونيو	٢١,٦	٣٠,٤	١٢,٧	٢٥,٦	٤٣,٢	١٤,٧	٢,٠	٢٠,٣	١,٦	١٣٨,٢	٤٧,٠	٧٦٦,٧
يوليو	٢٢,٢	٣٠,٣	١٤,٠	٢٦,٤	٤٢,٩	١٦,٠	١٢,٤	٢٠,١	١,٩	١٦٤,٢	٤٦,٨	٦٦١,٣
أغسطس	٢٢,١	٣٠,٣	١٣,٩	٢٦,٢	٤٢,٩	١٥,٩	١٣,١	٢١,٥	١,٧	١٤٦,٩	٥٠,١	٦٤٥,٦
سبتمبر	٢٠,٠	٢٩,٢	١٠,٨	٢٣,٠	٤٠,٤	١٢,٨	١٠,٢	١٧,٩	١,٥	١٢٩,٦	٤٤,٤	٦٧٩,٧
أكتوبر	١٦,٥	٢٥,٨	٧,٥	١٨,٥	٣٣,٦	١١,٥	٩,١	١٦,٦	١,٥	١٢٩,٦	٤٩,٣	٥٩٣,١
نوفمبر	١٣,٤	٢٢,١	٥,٨	١٥,٤	٢٦,٢	٩,٠	٨,٢	١٤,٠	١,٤	١٢١,٠	٥٣,٣	٥٠٧,٦
ديسمبر	١٣,١	٢٠,٢	٦,٠	١٥,١	٢٣,٤	٩,٠	٨,٧	١٣,٥	١,٧	١٤٦,٩	٥٧,٥	٤٦٠,٣

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات مصلحة الأرصاد الجوية.

e_s': متوسط ضغط بخار المشبع (mb).

e_s max: ضغط بخار المشبع (mb) المناسب لدرجة الحرارة القصوى (C°).

e_s min: ضغط بخار المشبع (mb) المناسب لدرجة الحرارة الدنيا (C°).

e': متوسط ضغط بخار الماء الفعلي (mb).

e max: ضغط بخار الماء الفعلي (mb) المناسب لدرجة الحرارة القصوى (C°).

جدول ملحق رقم (٥)
التغيرات الشهرية لعناصر المناخ المستخدمة في نماذج حساب التبخر–نتح للفترة الممتدة من ١ يناير ١٩٧٠ إلى ٣١ ديسمبر ١٩٩٧م بمحطة سراة عبيدة

الشهر	درجة الحرارة (C°)			ضبط بخار الماء (mb)					سرعة الرياح على ارتفاع ٢ متر		الرطوبة النسبية (٪)	الإشعاع الشمسي (لانجلي/يوم)
	المتوسط	القصوى	الدنيا	e_s'	$2e_s$ max	e_s min	e'	e max	u (m/s)	u (km/day)		
يناير	١٣,٠	١٩,٨	٦,٢	١٥,٠	٢٢,٨	٩,٤	٧,٧	١١,٧	٣,٦	٣١١,٠	٥١,٣	٥٠٣,٧
فبراير	١٣,٤	١٩,٨	٧,٠	١٥,٤	٢٢,٨	١١,٠	٨,٩	١٣,٢	٤,٢	٣٦٢,٩	٥٧,٨	٦٠٩,١
مارس	١٦,٠	٢٢,٠	٩,٩	١٨,٠	٢٦,٠	١١,٩	٩,٥	١٣,٧	٤,٤	٣٨٠,٢	٥٢,٨	٦٠٨,٢
أبريل	١٧,٨	٢٣,٩	١١,٥	٢٠,٦	٢٩,٦	١٣,٥	١٠,١	١٤,٦	٣,٧	٣١٩,٧	٤٩,٢	٧٧٧,٠
مايو	٢٠,٦	٢٦,٨	١٤,٥	٢٤,٢	٣٥,٦	١٦,٥	١٠,٠	١٤,٧	٣,٢	٢٧٦,٥	٤١,٣	٧٦٥,٥
يونيو	٢٢,٢	٢٨,١	١٥,٥	٢٦,٤	٣٨,٢	١٧,٥	٩,٧	١٤,١	٣,٠	٢٥٩,٢	٣٦,٨	٧٧٣,٤
يوليو	٢٢,٦	٢٩,٠	١٦,١	٢٧,٢	٤٠,٠	١٨,١	١٠,٦	١٥,٥	٣,٠	٢٥٩,٢	٣٨,٨	٦٦٨,٣
أغسطس	٢٢,٦	٢٨,٨	١٦,٢	٢٧,٢	٣٩,٦	١٨,٢	١١,٣	١٦,٤	٢,٨	٢٤١,٩	٤١,٤	٦٥٢,٤
سبتمبر	٢٠,٩	٢٦,٤	١٤,٥	٢٤,٨	٣٤,٨	١٦,٥	٨,٢	١١,٦	٣,٥	٣٠٢,٤	٣٣,٢	٦٨٦,٧
أكتوبر	١٨,٠	٢٣,٩	١٢,١	٢١,٠	٢٩,٨	١٤,١	٧,٢	١٠,٢	٣,٩	٣٣٦,٩	٣٤,٣	٦٠٠,٧
نوفمبر	١٤,٩	٢١,٦	٨,١	١٦,٩	٢٥,٦	١١,٠	٧,٣	١١,٠	٣,١	٢٦٧,٨	٤٢,٩	٥١٣,٨
ديسمبر	١٣,١	٢٠,١	٦,١	١٥,١	٢٣,٢	٩,٢	٧,٥	١١,٥	٣,١	٢٦٧,٨	٤٩,٦	٤٦٨,٠

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات مصلحة الأرصاد الجوية.

e_s': متوسط ضغط بخار المشبع (mb).

e_s max: ضغط بخار المشبع (mb) المناسب لدرجة الحرارة القصوى (C°).

e_s min: ضغط بخار المشبع (mb) المناسب لدرجة الحرارة الدنيا (C°).

e': متوسط ضغط بخار الماء الفعلي (mb).

e max: ضغط بخار الماء الفعلي (mb) المناسب لدرجة الحرارة القصوى (C°).

جدول ملحق رقم (٦)
التغيرات الشهرية لعناصر المناخ المستخدمة في نماذج حساب التبخر-نتح للفترة الممتدة من ١ يناير ١٩٧٠ إلى ٣١ ديسمبر ١٩٩٧م بمحطة النماص

الشهر	درجة الحرارة (C°)			ضبط بخار الماء (mb)					سرعة الرياح على ارتفاع ٢ متر		الرطوبة النسبية (٪)	الإشعاع الشمسي (لانجلي/يوم)
	المتوسط	القصوى	الدنيا	e_s'	$2e_s$ max	e_s min	e'	e max	u (m/s)	u (km/ day)		
يناير	٩,٩	١٣,٩	٥,٨	١١,٨	١٥,٩	٩,٠	٨,٤	١١,٣	٢,٤	٢٠٧,٤	٧٠,٨	٤٩٦,٤
فبراير	١٠,٨	١٥,١	٦,٣	١٢,٨	١٧,١	٩,٦	٨,٩	١٢,٠	٢,٨	٢٤١,٩	٦٩,٩	٦٠٥,٢
مارس	١٣,٠	١٧,٤	٨,٥	١٥,٠	١٩,٨	١١,٠	١٠,٠	١٣,١	٣,٠	٢٥٩,٢	٦٦,٣	٦٠٧,٨
أبريل	١٥,٠	٢٠,٠	٩,٨	١٧,٠	٢٣,٠	١١,٦	١٠,٧	١٤,٤	٢,٦	٢٢٤,٦	٦٢,٧	٧٧٢,٠
مايو	١٧,٩	٢٣,٤	١١,٩	٢٠,٨	٢٣,٨	١٣,٩	١١,٧	١٣,٤	٢,٣	١٩٨,٧	٥٦,٣	٧٧٣,١
يونيو	٢٠,٥	٢٦,٤	١٤,٥	٢٤,٠	٣٤,٨	١٦,٥	١١,١	١٦,٢	٢,٤	٢٠٧,٤	٤٦,٥	٧٨٢,٨
يوليو	٢٠,٧	٢٥,٩	١٥,٤	٢٤,٤	٣٣,٨	١٧,٤	١١,٩	١٦,٥	٢,٢	١٩٠,١	٤٨,٨	٦٧٦,٨
أغسطس	٢٠,٧	٢٦,٠	١٥,٢	٢٤,٤	٣٤,٠	١٧,٢	١٢,٣	١٧,١	٢,١	١٨١,٤	٥٠,٣	٦٥٧,٠
سبتمبر	٢٠,٢	٢٦,٠	١٤,١	٢٣,٤	٣٤,٠	١٦,١	١١,١	١٦,١	٢,٥	٢١٦,٠	٤٧,٣	٦٨٨,٦
أكتوبر	١٦,٣	٢٢,٠	١٠,٨	١٨,٣	٢٦,٠	١٢,٨	٩,٤	١٣,٤	٢,٧	٢٣٣,٣	٥١,٦	٥٩٥,٨
نوفمبر	١٢,٤	١٨,٠	٦,٦	١٤,٤	٢١,٠	١٠,٢	٨,٧	١٢,٧	٢,٢	١٩٠,١	٦٠,٤	٥٣٤,٦
ديسمبر	١٠,٦	١٩,٤	٥,٨	١٢,٦	٢٢,٨	٩,٠	٨,١	١٤,٦	٢,١	١٨١,٤	٦٤,٠	٤٦٠,٠

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات مصلحة الأرصاد الجوية.

e_s': متوسط ضغط بخار المشبع (mb).

e_s max: ضغط بخار المشبع (mb) المناسب لدرجة الحرارة القصوى (C°).

e_s min: ضغط بخار المشبع (mb) المناسب لدرجة الحرارة الدنيا (C°).

e': متوسط ضغط بخار الماء الفعلي (mb).

e max: ضغط بخار الماء الفعلي (mb) المناسب لدرجة الحرارة القصوى (C°).

جدول ملحق رقم (٧)
المتوسط الشهري للتبخر-نتح المحسوب بواسطة النماذج المدروسة في محطة أبها

النموذج	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
Blaney-Criddle	٦٨,٣	٧١,٣	٩٧,٩	١١١,٧	١٤١,٤	١٥٩,٩	١٥٩,٧	١٥١,٠	١٣٣,٨	١٠٦,٠	٩١,٨	٧٠,٢
Thornthwaite	٣٣,٥	٣٦,٨	٥٤,٤	٦٦,٥	٩٣,٩	١١١,٩	١١٢,٦	١٠٣,٩	٩٠,٠	٦٤,٦	٤٦,٥	٣٥,٦
Torence	٣٣٤,٢	٣٢١,٩	٣٩٩,٤	٤٣١,٧	٥٢٤,٢	٥٩٥,٢	٥٨٨,٩	٥٥٥,٢	٥٥٠,٠	٤٧٩,٨	٣٧٦,٧	٣٤٨,١
Ivanov	٧٧,٠	٨٦,٣	١٠٥,٠	١٣١,٨	١٧٩,٣	٢٤٧,٨	٢٢٢,٠	١٩٣,٣	٢٢٥,٩	١٧٥,٩	١١٠,٢	٨٦,٩
Garnier	١١٧,٦	١٢٣,٦	١٦٧,١	٢١٠,٦	٣٠٠,٨	٤٠٨,٢	٣٧٨,١	٣٢٨,٨	٣٥٨,٦	٢٧٥,٣	١٦٣,٣	١٣١,٦
Holdridge	٦٥,٥	٦٤,٨	٨١,٥	٨٧,٢	١٠٢,٥	١١١,٩	١١٤,٠	١١١,٠	١٠٣,٦	٩٠,٥	٧٤,٦	٦٨,٠
Olivier-Papadakis	٣٧,٧	٤٢,٨	٥٣,٤	٦٩,٨	١٠٠,٧	١٤٣,٤	١٢٨,٣	١١٣,١	١٣٠,٠	٩٩,٠	٥٧,٤	٤٣,٩
Turc	١٠٢,٧	١٢٦,٨	١٣٤,٧	١٧٩,٩	١٨٦,٤	٢٢٥,٧	١٨٣,٤	١٦٥,٩	١٩٣,٤	١٤٦,٦	١١٢,٧	٩٧,٥
Jensen-Haise	١٣٦,٤	١٥٩,٦	١٩٨,٤	٢٨٢,٠	٣٢٥,٥	٣٥٧,٠	٣١٦,٢	٢٩٧,٦	٢٩٧,٠	٢٢٩,٤	١٦٢,٠	١٣٣,٣
Penman	١٥٠,٤	١١٧,٦	١٥١,٩	١٧٤,٠	١٨٦,٠	٢٠١,٠	١٩٢,٢	١٧٦,٧	١٧٤,٠	١٥١,٩	١١٤,٠	٩٩,٢
Dalton	١٠٨,٨	١٢١,٥	١٦٦,٢	١٧٦,٧	٢٤٣,٠	٣٣٧,٨	٣١٨,٧	٢٥٢,٠	٢٨٤,١	٢٢٠,١	١١٧,٠	١٠٩,١
Hargreaves	٤٤,٩	٤٦,٠	٧٧,٩	١٠٢,٩	١٦٢,٩	٢١٩,٤	٢٠٦,٠	١٦٩,٩	١٧٠,٦	١٢٤,٧	٧٧,٠	٤٩,٩
Class "A" Pan Etp	**١٥٤,٤**	**١٥٩,٥**	**١٩٨,٢**	**١٩٥,٤**	**٢٠٥,٨**	**٢٧٨,٣**	**٢٧٣,٨**	**٢٤٥,٣**	**٢٧٤,٠**	**٢٣١,٦**	**١٩٧,١**	**١٥١,٩**

جدول ملحق رقم (٨)
المتوسط الشهري للتبخر–نتح المحسوب بواسطة النماذج المدروسة في محطة بيشة

النموذج	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
Blaney-Criddle	٩٧,٩	١١٩,٦	١٤٨,٨	١٧٧,٨	٢٢٢,٨	٢٣٨,٦	٢٤٨,٧	٢٤٣,٠	١٩٣,٥	١٤٩,٠	١٢٨,٥	٩٨,٩
Thornthwaite	٣٠,١	٣٦,٥	٦٥,٥	٩١,١	١٣٤,٧	١٥٤,٤	١٦٥,٨	١٦٢,٧	١١١,٦	٦٨,٢	٤٥,٩	٣١,٧
Torence	٢٧٤,٩	٢٧١,٥	٣٤٨,٧	٣٨٦,٣	٤٦٠,٥	٥٠٢,٤	٥٣٠,٨	٥٢٦,٨	٤٥٣,١	٣٨١,٧	٣٠٥,٤	٢٨١,٧
Ivanov	١٦٠,٢	١٨٥,٠	٢١٤,٨	٢٥٥,٩	٣٠٩,٢	٣٨٠,٩	٣٨٨,٩	٣٧٩,٤	٣٤٢,٦	٢٧٠,٤	٢٠٠,٠	١٦٥,٩
Garnier	٢٣٠,٢	٢٤٧,٩	٣٤٥,٧	٤٣٢,٤	٥٧٣,٢	٧٠٢,٣	٧٤٩,٧	٧٣٥,٩	٥٩٥,٤	٤٣٤,٥	٢٨٩,٧	٢٤١,٩
Holdridge	٨٩,٠	٨٩,٠	١١٥,٠	١٢٤,٩	١٤٥,٠	١٤٨,٦	١٥٦,٠	١٥٦,٥	١٣٦,١	١١٨,٠	٩٨,٨	٩١,٠
Olivier-Papadakis	٩٢,٨	١١١,٤	١٣٢,٢	١٦١,٥	٢٠٨,٧	٢٧٣,٤	٢٧٢,٣	٢٦٤,٩	٢٣٩,١	١٧٧,٨	١٢٢,٧	٩٩,٠
Turc	١٠٨,٩	١٤٠,٤	١٥٢,٨	٢٢٠,٨	٢٣٤,٣	٢٦٨,٦	٢٣٥,٥	٢٢٣,٨	٢٢٦,٥	١٧٥,٧	١٣٠,٣	١٠٢,١
Jansen-Haise	١٣٦,٤	٢٦٦,٠	٣٠٠,٧	٣٨١,٠	٣٧٨,٠	٣٨٤,٠	٣٤٤,١	٣٢١,٠	٣٣٣,٠	٢٩١,٤	٢٤٩,٠	٢٢٠,١
Panman	١١٤,٧	١١٧,٦	٢٢٩,٤	٢١٣,٠	٢٢٦,٣	٢٠٧,٠	٢٣٢,٥	٢٢٦,٤	٢٠٤,٠	١٦٤,٣	١٢٦,٠	١٠٥,٤
Dalton	١٧٠,٥	١٩٦,٦	٢٧٨,٧	٣٤٤,١	٤٣٩,٠	٤٩٦,٨	٥٨٠,٣	٥٦٧,٣	٤٦٤,٤	٣٥٧,٤	٢١١,٢	١٦٢,٨
Hargreaves	١٠٠,٩	١٠٥,٦	١٦٦,٩	٢٠٦,٧	٢٨٥,٦	٣٤٠,١	٣٦٢,٩	٣٣٥,٣	٢٥٩,٦	١٩٦,٦	١٥٠,٢	١٠٢,١
Class "A" Pan Etp	**١٨٠,٤**	**١٩٦,٧**	**٢٧٠,٣**	**٣٠٥,٨**	**٣٤٧,٦**	**٣٨٦,٦**	**٤١٤,٥**	**٣٩٢,٢**	**٣٥٣,٨**	**٣٠٩,٣**	**٢١٨,٢**	**١٧٧,٦**

جدول ملحق رقم (٩)
المتوسط الشهري للتبخر-نتح المحسوب بواسطة النماذج المدروسة في محطة تثليث

النموذج	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
Blaney-Criddle	٨٩,٥	١٠٥,٥	١٥٤,٧	١٨٠,٩	٢٢٥,٦	٢٤٠,٣	٢٥٤,٩	٢٤٧,٢	١٩٨,٢	١٥١,٨	١٢٢,٩	٩٥,٤
Thornthwaite	٢٩,٣	٣٧,٧	٦٨,٧	٩٣,٣	١٣٦,٣	١٥٤,٨	١٧٠,٩	١٦٥,٩	١١٥,٣	٦٩,٠	٤٠,٤	٢٨,٦
Torence	٢٦٧,٩	٢٧٠,٢	٣٥٨,٩	٣٨٧,٣	٤٦٠,٦	٥٠٢,٩	٥٤٣,٣	٥٣٥,٩	٤٦٢,٦	٣٨٤,٧	٢٩١,٨	٢٦٥,٧
Ivanov	١٦١,٩	١٩٤,٩	٢٤٤,٩	٢٦٨,٠	٣٣٠,١	٤٠٥,٥	٤٢٣,٩	٤١٣,٢	٣٧٨,٥	٢٩٣,٥	٢٠٥,٠	١٦٠,٢
Garnier	٢٣١,٧	٢٥٤,٩	٣٨٣,١	٤٦٢,١	٦٠٧,٧	٧٤٥,١	٨٢٤,٧	٨٠٢,٨	٦٥٦,٤	٤٧٠,٤	٢٨٨,١	٢٢٧,٣
Holdridge	٨٩,٠	٩٠,٨	١١٨,٠	١٢٦,٩	١٤٦,٥	١٤٩,٦	١٥٩,٠	١٥٨,٥	١٣٨,٥	١١٩,٥	٩٥,٤	٨٨,٥
Olivier-Papadakis	٩٢,٩	١١٧,٦	١٥٠,٨	١٦٣,٧	٢٢١,٧	٢٨٦,٩	٢٩٤,٢	٢٨٥,٨	٢٦٢,٢	١٩١,٣	١٢٧,٢	٩٣,٤
Turc	١٠٩,٨	١٤٦,٢	١٦٨,٣	٢١٩,٧	٢٤٣,١	٢٨٠,١	٢٤٩,٠	٢٣٨,٤	٢٤٢,٦	١٨٧,٦	١٨٨,٣	١٠٢,٠
Jansen-Haise	١٣٦,٤	١٦٨,٠	٢٢٣,٢	٣٠٦,٠	٣٥٩,٦	٣٧٨,٠	٣٣٤,٨	٣٣١,٧	٣٠٣,٠	٢٢٦,٣	٢٢٨,٠	١٢٧,١
Panman	١٢٤,٠	١٤٨,٤	١٨٢,٩	٢١٣,٠	٢٢٩,٤	٢٢٥,٠	٢٣٥,٦	٢٢٠,١	١٩٨,٠	١٨٦,٠	١٠٢,٠	١١١,٦
Dalton	٢٠٩,٦	٢٥٤,٨	٣٨٥,٣	٣٩٩,٩	٥٠٠,٠	٥٩٨,٨	٦٨٦,٣	٦٤٥,٧	٥٣٣,٧	٤٠٢,٧	١١٦,١	١٦٨,٦
Hargreaves	١٠٢,٤	١١١,٤	١٩٠,٣	٢١٦,٠	٣٠٣,٦	٣٦٠,٢	٣٩٠,٠	٣٦٣,٣	٢٨٦,٥	٢١٣,٤	١٥٢,٥	٩٨,٠
Class "A" Pan Etp	**١٦٣,٨**	**١٨٧,١**	**٢٣٢,٥**	**٢٤٥,٨**	**٣٢٤,٨**	**٣٢٩,٦**	**٢٨٦,٦**	**٣١١,٤**	**٢٧٥,٢**	**٢٨٦,٧**	**٢٢٥,٦**	**١٦٢,٨**

جدول ملحق رقم (١٠)
المتوسط الشهري للتبخر– نتح المحسوب بواسطة النماذج المدروسة في محطة سرلعصان

النموذج	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
Blaney-Criddle	٦٧,٠	٦٩,٥	٩٥,٩	١٠٦,٦	١٢٩,٨	١٤٦,٦	١٥٤,٤	١٥٠,٢	١٢٣,٠	٩٥,٣	٧٨,٤	٦٧,٠
Thorntyhwaite	٣٥,٧	٣٨,٥	٥٦,٤	٦٥,٩	٨٦,٨	١٠٢,٩	١١١,٤	١٠٧,٢	٨٣,٢	٥٨,١	٣٩,٢	٣٦,٤
Torence	٣٣٣,٢	٣١٣,٩	٣٨٩,٧	٤٠٢,٢	٤٦٨,٩	٥١٤,٩	٥٤٠,٣	٥٣٣,٧	٤٨٥,٩	٤١٨,٤	٣٤١,٥	٣٤٠,٣
Ivanov	١٠٣,٤	١٠٣,٨	١٢٤,٧	١٣٥,٣	١٦٦,٤	٢٠٧,٢	٢١٣,٣	١٩٩,٣	٢٠٢,٧	١٥٧,٢	١٢٣,٩	١١١,٠
Garnier	١٥٠,٤	١٤٣,٨	١٩١,٦	٢٠٨,٢	٢٧١,٤	٣٣٨,٠	٣٥٨,٧	٣٣٩,٥	٣١٣,٧	٢٣٥,٤	١٧٢,٤	١٥٩,٦
Holdridge	٦٤,٥	٦٣,٤	٨٠,٠	٨٣,٨	٩٧,٠	١٠٤,٦	١١١,٠	١١٠,٥	٩٦,٨	٨٢,٥	٦٤,٩	٦٥,٥
Olivier-Papadakis	٤٩,٠	٤٧,٩	٥٩,٧	٦٩,٨	٩٣,٤	١٢٨,٩	١٢٨,٣	١٢٠,٤	١٢٦,٦	٩٥,٧	٦٨,٧	٥٥,٧
Turc	١٠٠,٩	١٠٥,٠	١٣٤,٤	١٧٥,٤	١٨٢,٢	٢١٠,٠	١٧٧,٨	١٦٥,٧	١٨٠,٥	١٣٦,٤	١٠٥,٢	٩٥,٢
Jansen-Haise	١٢٠,٩	١١٤,٨	١٨٢,٩	٢٤٩,٠	٢٩٤,٥	٣٣٠,٠	٢٩٧,٦	٢٨٨,٣	٢٧٣,٠	٢٠١,٥	١٣٥,٠	١٢٠,٩
Panman	١٠٨,٥	١١٢,٠	١٤٥,٧	١٦٢,٠	١٨٢,٩	١٨٦,٠	١٩٢,٢	١٧٩,٨	١٦٥,٠	١٣٩,٥	١٠٥,٠	٩٩,٢
Dalton	١٤١,٤	١٣٦,٦	١٧٤,٢	١٦٩,٨	٢٣١,٣	٢٦١,٠	٣٠٨,١	٢٧٢,٢	٢٣٤,٠	١٧٧,٦	١٢٩,٦	١٣٣,٠
Hargreaves	٦٠,٠	٥٥,٠	٩٢,٢	١٠٤,٩	١٥٠,٠	١٨٢,٨	١٩٧,٦	١٧٥,٢	١٥٢,٠	١٠٩,٥	٨٣,٥	٦٣,١
Class "A" Pan Etp	**١٤٥,٥**	**١٥٢,٩**	**١٨٦,٩**	**١٧٤,١**	**٢١٠,٦**	**٣٠٣,٣**	**٢٥٤,٤**	**٢١٤,١**	**٢٢٤,٠**	**٢١٠,٥**	**١٦٤,٥**	**١٥٠,٤**

جدول ملحق رقم (١١)

المتوسط الشهري للتبخر- نتح المحسوب بواسطة النماذج المدروسة في محطة سراة عبيدة

النموذج	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
Blaney-Criddle	٦٧,٦	٦٦,٤	٩٥,٩	١١٠,٢	١٣٩,٧	١٥١,٨	١٥٧,٩	١٥٤,٥	١٢٩,٩	١٠٥,٤	٨٨,٦	٦٧,٠
Thornthwaite	٣٤,١	٣٤,٠	٥٣,٩	٦٦,٦	٩٣,٨	١٠٥,٤	١١٢,٢	١٠٨,٨	٨٧,٥	٦٥,٣	٤٥,٠	٣٤,٤
Torence	٣٩٩,٧	٣٥٧,٢	٤٦٠,٥	٤٩٦,٥	٦٠٢,٤	٦٣٦,٩	٦٦٣,١	٦٥٤,٣	٦١٦,٧	٥٥٧,٩	٤٤٢,٨	٤٠٥,١
Ivanov	١٢٦,٦	١١٢,٠	١٤٢,٨	١٦٧,٥	٢١٩,٧	٢٥٣,٤	٢٤٩,٦	٢٣٩,٠	٢٥٣,٣	٢١٨,٧	١٦٣,٦	١٣١,٧
Garnier	١٧٦,٥	١٤٧,٩	٢١٢,٩	٢٥٥,١	٣٥٢,٨	٤٠٢,٣	٤١٣,٤	٣٩٨,٨	٣٩٣,٤	٣٣٢,١	٢٢٥,٠	١٨٣,٢
Holdridge	٦٥,٠	٦١,١	٨٠,٠	٨٦,٢	١٠٣,٠	١٠٧,٥	١١٣,٠	١١٣,٠	١٠١,٢	٩٠,٠	٧٢,٢	٦٥,٥
Olivier-Papadakis	٦٢,٤	٥٤,٠	٦٩,٢	٨٣,٤	١١٧,٦	١٣٥,٦	١٣٧,٨	١٣٠,٥	١٣٠,٥	١١٠,٣	٨٢,٢	٦٥,٩
Truc	١٠٢,٨	١٢٤,٤	١٣٥,٩	١٨١,٦	٢١٢,٣	٢٣٣,٧	٢٠٠,٣	١٨٩,٧	٢١٢,٨	١٧٣,٨	١٢٣,٥	٩٧,٢
Jensen-Haise	١٣٩,٥	١٤٨,٤	١٩٥,٣	٢٧٣,٠	٣٢٢,٤	٣٣٩,٠	٣١٠,٠	٣٠٠,٧	٢٨٢,٠	٢١٧,٠	١٥٣,٠	١٣٠,٢
Penman	١٣٣,٣	١٣٧,٢	١٨٢,٩	٢٠٤,٠	٢٣٢,٥	٢٣١,٠	٢٢٩,٤	٢١٣,٩	٢٤٠,٠	٢١٧,٠	١٥٠,٠	١٢٤,٠
Dalton	٢٥١,١	٢٢٧,٦	٣٤٢,٦	٣٥٦,١	٤٤٨,٩	٥٠١,٠	٥١٤,٥	٤٩٢,٩	٤٩٨,٠	٤٢٧,٨	٢٨٨,٠	٢٣٥,٦
Hargreaves	٧٣,٦	٥٨,٨	١٠٥,٦	١٣٠,٦	١٩٩,٣	٢٢٣,٨	٢٣١,٤	٢١٠,٢	١٩٠,٩	١٥٤,٨	١١٣,٥	٧٤,٩
Class "A" Pan Etp	**٢٩١,١**	**٢٧٠,٨**	**٣٠٢,١**	**٣٠٧,٩**	**٣٧٦,٤**	**٤٠١,٣**	**٤١٩,٨**	**٤٠٦,٨**	**٤٢٣,١**	**٣٩١,٤**	**٣٠١,٧**	**٢٨٠,٨**

جدول ملحق رقم (١٢)
المتوسط الشهري للتبخر– نتح المحسوب بواسطة النماذج المدروسة في محطة النماص

النموذج	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
Blaney-Criddle	٥٢,٢	٥٣,٥	٧٥,٦	٩٠,٩	١١٨,٤	١٣٧,٩	١٤٢,٠	١٣٨,٧	١٢٤,٥	٩٨,٠	٧٢,٢	٥٤,٧
Thornthwaite	٢٧,٠	٢٩,٤	٣٤,٢	٥٨,٠	٨٢,٩	١٠١,٠	١٠٥,٧	١٠٢,٨	٩١,٢	٦٣,٤	٤٠,٤	٢٩,٩
Tornece	٣٣٣,١	٣٢٠,٥	٤٠٧,٠	٤٤٣,٥	٥٤٥,٦	٦٢٠,٩	٦٣٩,٥	٦٣٣,٩	٦٠٨,٠	٥١٦,٢	٣٩٣,٥	٣٦٠,٠
Ivanov	٦٤,٠	٦٩,٤	٨٧,٦	١٠٧,٤	١٤٤,٨	١٩٩,٤	١٩٢,٥	١٨٦,٨	١٩٣,٨	١٤٨,٦	٩٩,٧	٨٢,١
Garnier	٩٠,٠	٩٥,٥	١٣٤,١	١٦٤,٦	٢٣٩,٦	٣٢٢,٤	٣٢٣,٨	٣١٥,٤	٣٠٨,٨	٢٢٨,٥	١٤٢,٧	١١٥,٣
Holdridge	٤٩,٥	٤٩,٣	٦٥,٠	٧٢,٦	٨٩,٥	٩٩,٣	١٠٣,٥	١٠٣,٥	٩٧,٨	٨١,٥	٦٠,١	٥٣,٠
Olivier-Papadakis	٢٥,٩	٢٨,٧	٣٧,٧	٤٨,٤	٥٨,٥	١٠٤,٧	٩٧,٤	٩٥,١	١٠٠,٧	٧٠,٩	٤٦,٧	٤٦,٢
Truc	٨٦,٩	١٠٩,٧	١٢٢,٢	١٦٤,٤	١٧٩,١	٢٠٢,٠	١٧١,٥	١٦٤,٠	١٧٦,٠	١٣٤,٥	١٠٥,٨	٨٤,٥
Jansen-Haise	٩٦,١	١١٧,٦	١٥٥,٠	٢٢٨,٠	٢٦٦,٦	٣٣٠,٠	٢٨٨,٣	٢٨٢,١	٢٨٥,٠	٢٠١,٥	١٣٥,٠	١١١,٦
Penman	٩٦,١	١٠٩,٢	١٤٢,٦	١٦٨,٠	١٧٩,٨	١٩٥,٠	١٨٦,٠	١٧٩,٨	١٨٣,٠	١٥٥,٠	١١٤,٠	٩٦,١
Dalton	٨٧,٤	١٠٠,٥	١٥٠,٤	١٦٦,٢	٢٢٥,٧	٣٢١,٠	٣٠٢,٣	٢٨٥,٢	٣١٣,٨	٢٤٨,٣	١٣٣,٥	١٠٦,٠
Hargreaves	٣٣,٧	٣٣,٩	٦١,٣	٨١,٠	١٢٩,٩	١٧٦,٩	١٧٨,٩	١٦٤,٧	١٤٥,٦	١٠٣,٣	٦٦,٤	٤٣,٣
Class "A" Pan Etp	**٧٩,٥**	**٨٦,٩**	**١٣٠,١**	**١٦٥,٤**	**٢١٨,٥**	**٢٧٥,٩**	**٢٨٠,٨**	**٢٤١,٣**	**٢٦٥,٢**	**٢٣٣,٢**	**١٣٣,٩**	**٨٧,٩**

جدول ملحق رقم (١٣)
معامل حسن المطابقة بين المتوسط الشهري للتبخر- نتح المحسوب بواسطة النماذج المدروسة وللتبخر- نتح المقيس في حوض التبخر صنف «أ» بمحطة أبها

النموذج	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
Blaney-Criddle	٠,٨٦١	٠,٨٨٢	١,٠٠٣	٠,٨٣٧	٠,٦٤٤	١,١٨٤	١,١٤١	٠,٩٤٣	١,٤٠٢	١,٢٥٦	١,٠٥٣	٠,٨١٧
Thornthwaite	١,٢٠٩	١,٢٢٧	١,٤٣٨	١,٢٨٩	١,١١٩	١,٦٦٤	١,٦١٢	١,٤١٤	١,٨٤٠	١,٦٧٠	١,٥٠٦	١,١٦٣
Torence	١,٧٩٨-	١,٦٢٤-	٢,٠١٢-	٢,٣٦٣-	٣,١٨٤-	٣,١٦٩-	٣,١٥١-	٣,٠٩٩-	٢,٧٦٠-	٢,٨٤٢-	١,٧٩٦-	١,٩٦٢-
Ivanov	٠,٧٧٤	٠,٧٣٢	٠,٩٣٢	٠,٦٣٦	٠,٢٦٥	٠,٣٠٥	٠,٥١٨	٠,٥٢٠	٠,٤٨١	٠,٥٥٧	٠,٨٦٩	٠,٦٥٠
Garnier	٠,٣٦٨	٠,٣٥٩	٠,٣١١	٠,١٥٢-	٠,٩٥٠-	١,٢٩٩-	١,٠٤٣-	٠,٨٣٥-	٠,٨٤٦-	٠,٤٣٧-	٠,٣٣٨	٠,٢٠٣
Holdridge	٠,٨٨٩	٠,٩٤٧	١,١٦٧	١,٠٨٢	١,٠٣٣	١,٦٦٤	١,٥٩٨	١,٣٤٣	١,٧٠٤	١,٤١١	١,٢٢٥	٠,٨٣٩
Olivier-Papadakis	١,١٦٧	١,١٦٧	١,٤٤٨	١,٢٥٦	١,٠٥١	١,٣٤٩	١,٤٥٥	١,٣٢٢	١,٤٤٠	١,٣٢٦	١,٣٩٧	١,٠٨٠
Turc	٠,٥١٧	٠,٣٢٧	٠,٦٣٥	٠,١٥٥	٠,١٩٤	٠,٥٢٦	٠,٩٠٤	٠,٧٩٤	٠,٨٠٦	٠,٨٥٠	٠,٨٤٤	٠,٥٤٤
Jansen-Haise	٠,١٨٠	٠,٠٠١-	٠,٠٠٢-	٠,٨٦٦-	١,١٩٧-	٠,٧٨٧-	٠,٤٢٤-	٠,٥٢٣-	٠,٢٣٠-	٠,٠٢٢	٠,٣٥١	٠,١٨٦
Penman	٠,٠٤٠	٠,٤١٩	٠,٤٦٣	٠,٢١٤	٠,١٩٨	٠,٧٧٣	٠,٨١٦	٠,٦٨٦	١,٠٠٠	٠,٧٩٧	٠,٨٣١	٠,٥٢٧
Dalton	٠,٤٥٦	٠,٣٨٠	٠,٣٢٠	٠,١٨٧	٠,٣٧٢-	٠,٥٩٥-	٠,٤٤٩-	٠,٠٦٧-	٠,١٠١-	٠,١١٥	٠,٨٠١	٠,٤٢٨
Hargreaves	١,٠٩٥	١,١٣٥	١,٢٠٣	٠,٩٢٥	٠,٤٢٩	٠,٥٨٩	٠,٦٧٨	٠,٧٥٤	١,٠٣٤	١,٠٦٩	١,٢٠١	١,٠٢٠
Class "A" Pan Etp	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠

جدول ملحق رقم (١٤)
معامل حسن المطابقة بين المتوسط الشهري للتبخر– نتح المحسوب بواسطة النماذج المدروسة وللتبخر– نتح المقيس في حوض التبخر صنف «أ» بمحطة بيشة

النموذج	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
Blaney-Criddle	٠,٨٢٥	٠,٧٧١	١,٢١٥	١,٢٨٠	١,٢٤٨	١,٤٨٠	١,٦٥٨	١,٤٩٢	١,٦٠٣	١,٦٠٣	٠,٨٩٧	٠,٧٨٧
Thornthwaite	١,٥٠٣	١,٦٠٢	٢,٠٤٨	٢,١٤٧	٢,١٢٩	٢,٣٢٢	٢,٤٨٧	٢,٢٩٥	٣,٤٢٢	٢,٤١١	١,٧٢٣	١,٤٥٩
Torence	٠,٩٤٥–	٠,٧٤٨–	٠,٧٨٤–	٠,٨٠٥–	١,١٢٩–	١,١٥٨–	١,١٦٣–	١,٣٤٦–	٠,٩٩٣–	٠,٧٢٤–	٠,٨٧٢–	١,٠٤١–
Ivanov	٠,٢٠٢	٠,١١٧	٠,٥٥٥	٠,٤٩٩	٠,٣٨٤	٠,٠٥٧	٠,٢٥٦	٠,١٢٨	٠,١١٢	٠,٣٨٩	٠,١٨٢	٠,١١٧
Garnier	٠,٤٩٨–	٠,٥١٢–	٠,٧٥٤–	١,٢٦٦–	٢,٢٥٦–	٣,١٥٧–	٣,٣٥٢–	٣,٤٣٧–	٢,٤١٦–	١,٢٥٢–	٠,٧١٥–	٠,٦٤٣–
Holdridge	٠,٩١٤	١,٠٧٧	١,٥٥٣	١,٨٠٩	٢,٠٢٦	٢,٣٨٠	٢,٥٨٥	٢,٣٥٧	٢,١٧٧	١,٩١٣	١,١٩٤	٠,٨٦٦
Olivier-Papadakis	٠,٨٧٦	٠,٨٥٣	١,٣٨١	١,٤٤٣	١,٣٨٩	١,١٣٢	١,٤٢٢	١,٢٧٣	١,١٤٧	١,٣١٥	٠,٩٥٥	٠,٧٨٦
Turc	٠,٧١٥	٠,٥٦٣	١,١٧٥	٠,٨٥٠	١,١٣٣	١,١٨٠	١,٧٩٠	١,٦٨٤	١,٢٧٣	١,٣٣٦	٠,٨٧٩	٠,٧٥٥
Jansen-Haise	٠,٤٤٠	٠,٦٩٣–	٠,٣٠٤–	٠,٧٥٢–	٠,٣٠٤–	٠,٠٢٦	٠,٧٠٤	٠,٧١٢	٠,٢٠٨	٠,١٧٩	٠,٣٠٨–	٠,٤٢٥–
Panman	٠,٦٥٧	٠,٧٩١	٠,٤٠٩	٠,٩٢٨	١,٢١٣	١,٧٩٦	١,٨٢٠	١,٦٥٩	١,٤٩٨	١,٤٥٠	٠,٩٢٢	٠,٧٢٢
Dalton	٠,٠٩٩	٠,٠٠١	٠,٠٨٤–	٠,٣٨٣–	٠,٩١٤–	١,١٠٢–	١,٦٥٨–	١,٧٥١–	١,١٠٦–	٠,٤٨١–	٠,٠٧٠	٠,١٤٨
Hargreaves	٠,٧٩٥	٠,٩١١	١,٠٣٤	٠,٩٩١	٠,٦٢٠	٠,٤٦٥	٠,٥١٦	٠,٦٥٩	٠,٩٤٢	١,١٢٧	٠,٦٨٠	٠,٧٥٥
Class "A" Pan Etp	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠

جدول ملحق رقم (١٥)

معامل حسن المطابقة بين المتوسط الشهري للتبخر- نتح المحسوب بواسطة النماذج المدروسة وللتبخر- نتح المقيس في حوض التبخر صنف «أ» بمحطة تثليث

النموذج	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
Blaney-Criddle	٠,٧٤٣	٠,٨١٦	٠,٧٧٨	٠,٦٤٩	٠,٩٩٢	٠,٨٩٣	٠,٣١٧	٠,٦٤٢	٠,٧٧٠	١,٣٤٩	١,٠٢٧	٠,٦٧٤
Thornthwaite	١,٣٤٥	١,٤٩٤	١,٦٤٨	١,٥٢٥	١,٨٨٥	١,٧٤٨	١,١٥٧	١,٤٥٥	١,٥٩٩	٢,١٧٧	١,٨٥٢	١,٣٤٢
Torence	-١,٠٤١	-٠,٨٣١	-١,٢٦٤	-١,٤١٥	-١,٣٥٨	-١,٧٣٣	-٢,٥٦٧	-٢,٢٤٥	-١,٨٧٤	-٠,٩٨٠	-٠,٦٦٢	-١,٠٢٩
Ivanov	٠,٠١٩	-٠,٠٧٨	-٠,١٢٤	-٠,٢٢٢	-٠,٠٥٣	-٠,٧٥٩	-١,٣٧٣	-١,٠١٨	-١,٠٣٣	-٠,٠٦٨	٠,٢٠٦	٠,٠٢٦
Garnier	-٠,٦٧٩	-٠,٦٧٨	-١,٥٠٦	-٢,١٦٣	-٢,٨٢٩	-٤,١٥٥	-٥,٣٨١	-٤,٩١٤	-٣,٨١٢	-١,٨٣٧	-٠,٦٢٥	-٠,٦٤٥
Holdridge	٠,٧٤٨	٠,٩٦٣	١,١٤٥	١,١٨٩	١,٧٨٣	١,٨٠٠	١,٢٧٦	١,٥٢٩	١,٣٦٧	١,٦٧٢	١,٣٠٢	٠,٧٤٣
Olivier-Papadakis	-,٧٠٩	٠,٦٩٥	٠,٨١٧	٠,٨٢١	١,٠٣١	٠,٤٢٧	-٠,٠٧٦	٠,٢٥٦	٠,١٣٠	٠,٩٥٤	٠,٩٨٤	٠,٦٩٤
Turv	٠,٥٤٠	٠,٤٠٩	٠,٦٤٢	٠,٢٦١	٠,٨١٧	٠,٤٩٥	٠,٣٧٦	٠,٧٣٠	٠,٣٢٦	٠,٩٩١	٠,٣٧٣	٠,٦٠٨
Jansen-Haise	٠,٢٧٤	٠,١٩١	-٠,٠٩٣	-٠,٦٠٢	-٠,٣٤٨	-٠,٤٨٤	-٠,٤٨٢	-٠,٢٠٣	-٠,٢٧٨	٠,٦٠٤	-٠,٠٢٤	٠,٣٥٧
Panman	٠,٣٩٨	٠,٣٨٧	٠,٤٩٦	٠,٣٢٨	٠,٩٥٤	١,٠٤٦	٠,٥١٠	٠,٩١٣	٠,٧٧٢	١,٠٠٧	١,٢٣٦	٠,٥١٢
Dalton	-٠,٤٥٨	-٠,٦٧٧	-١,٥٢٨	-١,٥٤١	-١,٧٥٢	-٢,٦٩٢	-٣,٩٩٧	-٣,٣٤٣	-٢,٥٨٥	-١,١٦٠	١,٠٩٥	-٠,٠٥٨
Hargreabes	٠,٦١٤	٠,٧٥٧	٠,٤٢٢	٠,٢٩٨	٠,٢١٢	-٠,٣٠٦	-١,٠٣٧	-٠,٥١٩	-٠,١١٣	٠,٧٣٣	٠,٧٣١	٠,٦٤٨
Class "A" Pan Etp	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠

جدول ملحق رقم (١٦)
معامل حسن المطابقة بين المتوسط الشهري للتبخر- نتح المحسوب بواسطة النماذج المدروسة وللتبخر- نتح المقيس في حوض التبخر صنف «أ» بمحطة سرلعصان

النموذج	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
Blaney-Criddle	٠,٧٨٥	٠,٨٣٤	٠,٩١٠	٠,٦٧٥	٠,٨٠٨	١,٥٦٧	٠,٩١٠	٠,٦٣٩	١,٠١٠	١,١٥٢	٠,٨٦١	٠,٨٣٤
Thornthwaite	١,٠٩٨	١,١٤٤	١,٣٠٥	١,٠٨٢	١,٢٣٨	٢,٠٠٤	١,٣٤٠	١,٠٦٩	١,٤٠٨	١,٥٢٤	١,٢٥٣	١,١٤٠
Torence	-١,٨٧٧	-١,٦١٠	-٢,٠٢٨	-٢,٢٨١	-٢,٥٨٣	-٢,١١٦	-٢,٩٤٩	-٣,١٩٦	-٢,٦١٩	-٢,٠٧٩	-١,٧٧٠	-١,٨٩٩
Ivanov	٠,٤٢١	٠,٤٩١	٠,٦٢٢	٠,٣٨٨	٠,٤٤٢	٠,٩٦١	٠,٣٢١	٠,١٤٨	٠,٢١٣	٠,٥٣٣	٠,٤٠٦	٠,٣٩٤
Garnier	-٠,٠٤٩	٠,٠٩١	-٠,٠٤٧	-٠,٣٤١	-٠,٦٠٨	-٠,٣٤٧	-١,١٣٣	-١,٢٥٤	-٠,٨٩٧	-٠,٢٤٩	-٠,٠٧٩	-٠,٠٩٢
Hogldridge	٠,٨١٠	٠,٨٩٥	١,٠٦٩	٠,٩٠٣	١,١٣٦	١,٩٨٧	١,٣٤٤	١,٠٣٦	١,٢٧٢	١,٢٨٠	٠,٩٩٦	٠,٨٤٩
Olivier-Papadakis	٠,٩٦٥	١,٠٥٠	١,٢٧٢	١,٠٤٣	١,١٧٢	١,٧٤٤	١,١٧١	٠,٩٣٧	٠,٩٧٤	١,١٤٨	٠,٩٥٨	٠,٩٤٧
Turc	٠,٤٤٦	٠,٤٧٩	٠,٥٢٥	-٠,٠١٣	٠,٢٨٤	٠,٩٣٣	٠,٦٧٦	٠,٤٨٤	٠,٤٣٥	٠,٧٤١	٠,٥٩٣	٠,٥٥٢
Jansen-Haise	٠,٢٤٦	٠,٣٨١	٠,٠٤٠	-٠,٧٤٩	-٠,٨٣٩	-٠,٢٦٧	-٠,٥٢٢	-٠,٧٤٢	-٠,٤٩٠	٠,٠٩٠	٠,٢٩٥	٠,٢٩٥
Panman	٠,٣٧٠	٠,٤٠٩	٠,٤١٢	٠,١٢١	٠,٢٧٧	١,١٧٣	٠,٥٣٢	٠,٣٤٣	٠,٥٩٠	٠,٧١٠	٠,٥٩٥	٠,٥١٢
Dalton	٠,٠٤١	٠,١٦٣	٠,١٢٧	-٠,٠٤٣	-٠,٢٠٧	٠,٤٢٣	-٠,٦٢٧	-٠,٥٨١	-٠,١٠٠	٠,٣٢٩	٠,٣٤٩	٠,١٧٤
Hargreaves	٠,٨٥٥	٠,٩٧٩	٠,٩٤٧	٠,٦٩٢	٠,٦٠٦	١,٢٠٥	٠,٤٧٨	٠,٣٨٩	٠,٧٢٠	١,٠١٠	٠,٨١٠	٠,٨٧٣
Class "A" Pan Etp	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠

جدول ملحق رقم (١٧)
معامل حسن المطابقة بين المتوسط الشهري للتبخر- نتح المحسوب بواسطة النماذج المدروسة وللتبخر- نتح المقيس في حوض التبخر صنف «أ» بمحطة سراة عبيدة

النموذج	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
Blaney-Criddle	٢,٢٣٥	٢,٠٤٤	٢,٠٦٢	١,٩٧٧	٢,٣٦٧	٢,٤٩٥	٢,٦١٩	٢,٥٢٣	٢,٩٣٢	٢,٨٦٠	٢,١٣١	٢,١٣٨
Thornthwaite	٢,٥٧٠	٢,٣٦٨	٢,٤٨٢	٢,٤١٣	٢,٨٢٦	٢,٩٥٩	٣,٠٧٦	٢,٩٨٠	٣,٣٥٦	٣,٢٦١	٢,٥٦٧	٢,٤٦٤
Torence	-١,٠٨٦	-٠,٨٦٤	-١,٥٨٤	-١,٨٨٦	-٢,٢٦٠	-٢,٣٥٦	-٢,٤٣٣	-٢,٤٧٥	-١,٩٣٦	-١,٦٦٥	-١,٤١١	-١,٢٤٣
Ivanov	١,٦٤٥	١,٥٨٨	١,٥٩٣	١,٤٠٤	١,٥٦٧	١,٤٧٩	١,٧٠٢	١,٦٧٨	١,٦٩٨	١,٧٢٧	١,٣٨١	١,٤٩١
Garnier	١,١٤٦	١,٢٢٩	٠,٨٩٢	٠,٥٢٨	٠,٢٣٦	-٠,٠١٠	٠,٠٦٤	٠,٠٨٠	٠,٢٩٧	٠,٥٩٣	٠,٧٦٧	٠,٩٧٦
Holdridge	٢,٢٦١	٢,٠٩٧	٢,٢٢١	٢,٢١٧	٢,٧٣٤	٢,٩٣٨	٣,٠٦٨	٢,٩٣٨	٣,٢١٩	٣,٠١٤	٢,٢٩٥	٢,١٥٣
Olivier-Papadakis	٢,٢٨٧	٢,١٦٨	٢,٣٢٩	٢,٢٤٥	٢,٥٨٨	٢,٦٥٧	٢,٨٢٠	٢,٧٦٣	٢,٩٢٦	٢,٨١١	٢,١٩٥	٢,١٤٩
Turv	١,٨٨٣	١,٤٦٤	١,٦٦٢	١,٢٦٣	١,٦٤١	١,٦٧٦	٢,١٩٥	٢,١٧١	٢,١٠٣	٢,١٧٦	١,٧٨٢	١,٨٣٦
Jensen-Haise	١,٥١٦	١,٢٢٤	١,٠٦٨	٠,٣٤٩	٠,٥٤٠	٠,٦٢٣	١,٠٩٨	١,٠٦١	١,٤١١	١,٧٤٤	١,٤٨٧	١,٥٠٦
Penman	١,٥٧٨	١,٣٣٦	١,١٩٢	١,٠٣٩	١,٤٣٩	١,٧٠٣	١,٩٠٤	١,٩٢٩	١,٨٣١	١,٧٤٤	١,٥١٧	١,٥٦٨
Dalton	٠,٤٠٠	٠,٤٣٢	-٠,٤٠٥	-٠,٤٨٢	-٠,٧٢٥	-٠,٩٩٧	-٠,٩٤٨	-٠,٨٦١	-٠,٧٤٩	-٠,٣٦٤	٠,١٣٧	٠,٤٥٢
Hargreaves	٢,١٧٥	٢,١٢٠	١,٩٦٥	١,٧٧٣	١,٧٧١	١,٧٧٥	١,٨٨٤	١,٩٦٦	٢,٣٢٢	٢,٣٦٦	١,٨٨٢	٢,٠٥٩
Class "A" Pan Etp	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠

جدول ملحق رقم (١٨)
معامل حسن المطابقة بين المتوسط الشهري للتبخر– نتح المحسوب بواسطة النماذج المدروسة وللتبخر–نتح المقيس في حوض التبخر صنف «أ» بمحطة النماص

النموذج	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
Blaney-Criddle	٠,٢٧٣	٠,٣٣٤	٠,٥٤٥	٠,٧٤٥	١,٠٠١	١,٣٨٠	١,٣٨٨	١,٠٢٦	١,٤٠٧	١,٣٥٢	٠,٦١٧	٠,٣٣٢
Thornthwaite	٠,٥٢٥	٠,٥٧٥	٠,٨٤٩	١,٠٧٤	١,٣٥٦	١,٧٤٩	١,٧٥١	١,٣٨٥	١,٧٤٠	١,٦٩٨	٠,٩٣٥	٠,٥٨٠
Torence	٢,٥٣٦–	٢,٣٣٦–	٢,٧٦٩–	٢,٧٨١–	٣,٢٧١–	٣,٤٥٠–	٣,٥٨٧–	٣,٩٢٦–	٣,٤٢٨–	٢,٨٣٠–	٢,٥٩٦–	٢,٧٢١–
Ivanov	٠,١٥٥	٠,١٧٥	٠,٤٢٥	٠,٥٨٠	٠,٧٣٧	٠,٧٦٥	٠,٨٨٣	٠,٥٤٥	٠,٧١٤	٠,٨٤٦	٠,٣٤٢	٠,٠٥٨
Garnier	٠,١٠٥–	٠,٠٨٦–	٠,٠٤٠–	٠,٠٠٨	٠,٢١١–	٠,٤٦٥–	٠,٤٣٠–	٠,٧٤١–	٠,٤٣٦–	٠,٠٤٧	٠,٠٨٨–	٠,٢٧٤–
Hogdridge	٠,٣٠٠	٠,٣٧٦	٠,٦٥١	٠,٩٢٨	١,٢٩٠	١,٧٦٦	١,٧٧٣	١,٣٧٨	١,٦٧٤	١,٥١٧	٠,٧٣٨	٠,٣٤٩
Olivier-Papadakis	٠,٥٣٦	٠,٥٨٢	٠,٩٢٤	١,١٧٠	١,٦٠٠	١,٧١٢	١,٨٣٤	١,٤٦٢	١,٦٤٥	١,٦٢٣	٠,٨٧٢	٠,٤١٧
Turc	٠,٠٧٤–	٠,٢٢٨–	٠,٠٧٩	٠,٠١٠	٠,٣٩٤	٠,٧٣٩	١,٠٩٣	٠,٧٧٣	٠,٨٩٢	٠,٩٨٧	٠,٢٨١	٠,٠٣٤
Jansen-Haise	٠,١٦٦–	٠,٣٠٧–	٠,٢٤٩–	٠,٦٢٦–	٠,٤٨١–	٠,٥٤١–	٠,٠٧٥–	٠,٤٠٨–	٠,١٩٨–	٠,٣١٧	٠,٠١١–	٠,٢٣٧–
Panman	٠,١٦٦–	٠,٢٢٣–	٠,١٢٥–	٠,٠٢٦–	٠,٣٨٧	٠,٨٠٩	٠,٩٤٨	٠,٦١٥	٠,٨٢٢	٠,٧٨٢	٠,١٩٩	٠,٠٨٢–
Dalton	٠,٠٧٩–	٠,١٣٦–	٠,٢٠٣–	٠,٠٠٨–	٠,٠٧٢–	٠,٤٥١–	٠,٢١٥–	٠,٤٣٩–	٠,٤٨٦–	٠,١٥١–	٠,٠٠٤	٠,١٨١–
Hargreaves	٠,٤٥٨	٠,٥٣٠	٠,٦٨٨	٠,٨٤٤	٠,٨٨٦	٠,٩٩٠	١,٠١٩	٠,٧٦٦	١,١٩٦	١,٢٩٩	٠,٦٧٥	٠,٤٤٦
Class "A" Pan Etp	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٠٠

جدول ملحق رقم (١٩)

قيم معامل "Kt" لنموذج بلاني وكريدل Blaney and Criddle بالمحطات المناخية المدروسة

المحطة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
أبها	٠,٦٤٤	٠,٦٨٦	٠,٧٤٩	٠,٨٠٠	٠,٨٨٤	٠,٩٤٥	٠,٩٤٤	٠,٩٢٦	٠,٩٠٢	٠,٨٠٣	٠,٧٢٢	٠,٦٦٤
بيشة	٠,٧٩٤	٠,٩٨٠	٠,٩٥٠	١,٠٤٤	١,١٤٠	١,١٩١	١,٢٠٦	١,٢٠٩	١,١١٣	٠,٩٧٤	٠,٨٧٢	٠,٨٠٦
تثليث	٠,٧٢٤	٠,٨٥٧	٠,٩٧٤	١,٠٥٣	١,١٤٩	١,١٩٧	١,٢٢٤	١,٢٢١	١,١٢٨	٠,٩٨٦	٠,٨٥١	٠,٧٩١
سرلعصان	٠,٦٣٧	٠,٦٧٦	٠,٧٤٠	٠,٧٧٩	٠,٨٤٢	٠,٩٠٨	٠,٩٢٦	٠,٩٢٣	٠,٨٦٠	٠,٧٥٥	٠,٦٥٦	٠,٦٤٤
سراة عبيدة	٠,٦٤٠	٠,٦٥٦	٠,٧٤٠	٠,٧٩٤	٠,٨٧٨	٠,٩٢٦	٠,٩٣٨	٠,٩٣٨	٠,٨٨٧	٠,٨٠٠	٠,٧٠٧	٠,٦٤٤
النماص	٠,٥٤٧	٠,٥٧٤	٠,٦٤٠	٠,٧١٠	٠,٧٩٤	٠,٨٧٥	٠,٨٨١	٠,٨٨١	٠,٨٦٦	٠,٧٧٩	٠,٦٢٢	٠,٥٦٨

جدول ملحق رقم (٢٠)

قيم معامل "P (%)" لنموذج بلاني وكريدل Blaney and Criddle بالمحطات المناخية المدروسة

المحطة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
أبها	٧,٥٠٨	٧,١٠٦	٨,٣٩٠	٨,٥٣٢	٩,٠٦٨	٨,٩٦٨	٩,١٢٠	٨,٩٢٤	٨,٢٨٠	٨,٠٥٢	٨,٣٨٦	٧,٣٧٠
بيشة	٧,٥٨٠	٧,١٦٠	٨,٤٠٠	٨,٥٥٠	٩,١٤٠	٩,٠٤٠	٩,٢١٠	٨,٩٦٠	٨,٢٩٠	٨,٠٩٠	٨,٤٤٠	٧,٤٦٠
تثليث	٧,٦٠١	٧,١٤٦	٨,٣٩٥	٨,٥٤٥	٩,١٢١	٩,٠٢١	٩,١٨٦	٨,٩٥٠	٨,٢٨٥	٨,٠٨٠	٨,٤٢٦	٧,٤٣٦
سرلعصان	٧,٥١٠	٧,١٠٨	٨,٣٩٠	٨,٥٣٢	٩,٠٧٠	٨,٩٧٠	٩,١٢٢	٨,٩٢٥	٨,٢٨٠	٨,٠٥٥	٨,٣٨٧	٧,٣٧٢
سراة عبيدة	٧,٥٠٦	٧,١٠٥	٨,٣٩٠	٨,٥٣١	٩,٠٦٦	٨,٩٦٦	٩,١٢٠	٨,٩٢٣	٨,٢٨٠	٨,٠٥٣	٨,٣٨٥	٧,٣٦٨
النماص	٧,٥٤٦	٧,١٣٤	٨,٣٩٢	٨,٥٤١	٩,١٠٦	٩,٠٠٦	٩,١٦٨	٨,٩٤٦	٨,٢٨٢	٨,٠٧٣	٨,٤١٤	٧,٤١٨

جدول ملحق رقم (٢١)
قيم معامل التصحيح "K" لنموذج ثورنثوايت Thoirnthwaite بالمحطات المناخية المدروسة

المحطة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
أبها	٠,٩٥٧	٠,٩٠٤	١,٠٣٠	١,٠٤٦	١,١٢٣	١,٠٩٩	١,١٣٣	١,٠٩٩	١,٠٢٠	١,٠٠٤	٠,٩٨٢	٠,٩٥٠
بيشة	٠,٩٥٠	٠,٩٠٠	١,٠٣٠	٠,٠٥٠	١,١٣٠	١,١١٠	١,١٤٠	١,١١٠	١,٠٢٠	١,٠٠٠	١,٠٠٠	٠,٩٤٠
تثليث	٠,٩٥٢	٠,٩٠١	١,٠٣٠	١,٠٤٩	١,١٢٨	١,١٠٧	١,١٣٠	١,١٠٧	١,٠٢٠	١,٠٠١	٠,٩٩٥	٠,٩٤٣
سرلعصان	٠,٩٥٧	٠,٩٠٤	١,٠٣٠	١,٠٤٦	١,١٢٣	١,٠٩٩	١,١٣٣	١,٠٩٩	١,٠٢٠	١,٠٠٤	٠,٩٨٢	٠,٩٥٠
سراة عبيدة	٠,٩٥٧	٠,٩٠٤	١,٠٣٠	١,٠٤٦	١,١٢٣	١,٠٩٩	١,١٣٣	١,٠٩٩	١,٠٢٠	١,٠٠٤	٠,٩٨٢	٠,٩٥٠
النماص	٠,٩٥٣	٠,٩٠٢	١,٠٣٠	١,٠٤٨	١,١٢٧	١,١٠٥	١,١٣٧	١,١٠٥	١,٠٢٠	١,٠٠٢	٠,٩٩٢	٠,٩٤٥

جدول ملحق رقم (٢٢)
قيم معامل "d(%)" لنموذج هارقريفز Hargreaves بالمحطات المناخية المدروسة

المحطة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
أبها	٠,٩٠٠	٠,٨٥٢	١,٠٠٦	١,٠٢٣	١,٠٨٨	١,٠٧٦	١,٠٩٤	١,٠٧٠	٠,٩٩٣	٠,٩٦٦	١,٠٠٦	٠,٨٨٤
بيشة	٠,٩٠٩	٠,٨٥٩	١,٠٠٨	١,٠٢٦	١,٠٩٦	١,٠٨٤	١,١٠٥	١,٠٧٥	٠,٩٩٤	٠,٩٧٠	١,٠١٢	٠,٨٩٥
تثليث	٠,٩١٢	٠,٨٥٧	١,٠٠٧	١,٠٢٥	١,٠٩٤	١,٠٨٢	١,١٠٢	١,٠٧٤	٠,٩٩٤	٠,٩٦٩	١,٠١١	٠,٨٩٢
سرلعصان	٠,٩٠١	٠,٨٥٢	١,٠٠٦	١,٠٢٣	١,٠٨٨	١,٠٧٦	١,٠٩٤	١,٠٧١	٠,٩٩٣	٠,٩٦٦	١,٠٠٦	٠,٨٨٤
سراة عبيدة	٠,٩٠٠	٠,٨٥٢	١,٠٠٦	١,٠٢٣	١,٠٨٧	١,٠٧٥	١,٠٩٤	١,٠٧٠	٠,٩٩٣	٠,٩٦٦	١,٠٠٦	٠,٨٨٤
النماص	٠,٩٠٥	٠,٨٥٦	١,٠٠٧	١,٠٢٤	١,٠٩٢	١,٠٨٠	١,١٠٠	١,٠٧٣	٠,٩٩٣	٠,٩٦٨	١,٠٠٩	٠,٨٩٠

جدول ملحق رقم (٢٣)
قيم التبخر المحسوبة بنموذج تورنثوايت Thornthwaite غير المعدلة

الشهر	أبها		بيشة		تثليث		سرلعصان		سراة عبيدة		النماص	
	ETH (mm)	E_jTH (mm)	ETH (mm)	E_jTH (mm)	ETH (mm)	E_jTH (mm)	ETH (mm)	E_jTH (mm)	ETH (mm)	E_jTH (mm)	ETH (mm)	E_jTH (mm)
يناير	٣٥	١,١٣	٣١,٦	١,٠٢	٣٠,٧	٠,٩٩	٣٧,٢	١,٢٠	٣٥,٧	١,١٥	٢٨,٢	٠,٩١
فبراير	٤٠,٦	١,٤٥	٤٠,٣	١,٤٤	٣٣,٩	١,٢١	٤٢,٦	١,٥٢	٣٧,٥	١,٣٤	٣٢,٥	١,١٦
مارس	٥٢,٧	١,٧٠	٦٣,٦	٢,٠٥	٦٦,٧	٢,١٥	٥٤,٩	١,٧٧	٥٢,٤	١,٦٩	٤٤,٠	١,٤٢
أبريل	٦٣,٦	٢,١٢	٨٦,٧	٢,٨٩	٨٨,٨	٢,٩٦	٦٣,٠	٢,١٠	٦٣,٦	٢,١٢	٥٥,٢	١,٨٤
مايو	٨٣,٧	٢,٧٠	١١٩,٠	٣,٨٤	١٢٠,٦	٣,٨٩	٧٧,٢	٢,٤٩	٨٣,٤	٢,٦٩	٧٣,٥	٢,٣٧
يونيو	١٠١,٧	٣,٣٩	١٣٩,٢	٤,٦٤	١٣٩,٨	٤,٦٦	٩٣,٦	٣,١٢	٩٦,٠	٣,٢٠	٩١,٥	٣,٠٥
يوليو	٩٩,٢	٣,٢٠	١٤٥,٤	٤,٦٩	١٥١,٣	٤,٨٨	٩٨,٣	٣,١٧	٩٨,٩	٣,١٩	٩٣,٠	٣,٠٠
أغسطس	٩٤,٣	٣,٠٤	١٤٦,٦	٤,٧٣	١٤٩,٧	٤,٨٣	٩٧,٧	٣,١٥	٩٨,٩	٣,١٩	٩٣,٠	٣,٠٠
سبتمبر	٨٨,٢	٢,٩٤	١٠٨,٦	٣,٦٥	١١٣,١	٣,٧٧	٨١,٦	٢,٧٢	٨٥,٨	٢,٨٦	٨٩,٤	٢,٩٨
أكتوبر	٦٤,٥	٢,٠٨	٦٨,٢	٢,٢٠	٦٨,٨	٢,٢٢	٥٨,٠	١,٨٧	٦٥,١	٢,١٠	٦٣,٢	٢,٠٤
نوفمبر	٤٧,٤	١,٥٨	٤٥,٩	١,٥٣	٤٠,٥	١,٣٥	٣٩,٩	١,٣٣	٤٥,٩	١,٥٣	٤٠,٨	١,٣٦
ديسمبر	٣٧,٢	١,٢٠	٣٣,٥	١,٠٨	٣٠,٤	٠,٩٨	٣٨,٤	١,٢٤	٦٣,٣	١,١٧	٣١,٦	١,٠٢

جدول ملحق رقم (٢٤)
قيم معامل "W" المشتقة من جدول بنمان Penman والمناسبة لدرجة الحرارة وارتفاع المحطات المناخية المدروسة

درجة الحرارة (C°)	أبها	بيشة	تثليث	سرلعصان	سراة عبيدة	النماص
٩	٠,٦٠١	٠,٥٦٥	٠,٥٦٤	٠,٥٩٨	٠,٦٠٧	٠,٦١٣
١٠	٠,٦١٦	٠,٥٨٠	٠,٥٧٩	٠,٦١٣	٠,٦٢٢	٠,٦٢٨
١١	٠,٦٣٠	٠,٥٩٦	٠,٥٩٤	٠,٦٢٨	٠,٦٣٥	٠,٦٤٠
١٢	٠,٦٤٤	٠,٦١٠	٠,٦٠٩	٠,٦٤٣	٠,٦٤٨	٠,٦٥٢
١٣	٠,٦٥٥	٠,٦٢٥	٠,٦٢٤	٠,٦٥٣	٠,٦٦٠	٠,٦٦٥
١٤	٠,٦٦٦	٠,٦٤٠	٠,٦٣٩	٠,٦٦٣	٠,٦٧٢	٠,٦٧٨
١٥	٠,٦٨٠	٠,٦٥٠	٠,٦٤٩	٠,٦٧٨	٠,٦٨٥	٠,٦٩٠
١٦	٠,٦٩٤	٠,٦٦٠	٠,٦٥٩	٠,٦٩٣	٠,٦٩٨	٠,٧٠٢
١٧	٠,٧٠٤	٠,٦٧٦	٠,٦٧٤	٠,٧٠٣	٠,٧٠٨	٠,٧١٢
١٨	٠,٧١٤	٠,٦٩٠	٠,٦٨٩	٠,٧١٣	٠,٧١٨	٠,٧٢٢
١٩	٠,٧٢٤	٠,٧٠٠	٠,٦٩٩	٠,٧٢٣	٠,٧٢٨	٠,٧٣٢
٢٠	٠,٧٣٤	٠,٧١٠	٠,٧٠٩	٠,٧٣٣	٠,٧٣٨	٠,٧٤٢
٢١	٠,٧٤٤	٠,٧٢٠	٠,٧١٩	٠,٧٤٣	٠,٧٤٨	٠,٧٥٢
٢٢	٠,٧٥٤	٠,٧٣٠	٠,٧٢٩	٠,٧٥٣	٠,٧٥٨	٠,٧٦٢
٢٣	٠,٧٦٤	٠,٧٤٠	٠,٧٣٩	٠,٧٦٣	٠,٧٦٨	٠,٧٧٢
٢٤	٠,٧٧٤	٠,٧٥٠	٠,٧٤٩	٠,٧٧٣	٠,٧٧٨	٠,٧٨٢
٢٥	٠,٧٨٤	٠,٧٦٠	٠,٧٥٩	٠,٧٨٣	٠,٧٨٨	٠,٧٩٢
٢٦	٠,٧٩٤	٠,٧٧٠	٠,٧٦٩	٠,٧٩٣	٠,٧٩٨	٠,٨٠٢
٢٧	٠,٨٣٠	٠,٧٨٠	٠,٧٧٩	٠,٨٠٣	٠,٨٠٦	٠,٨٠٩
٢٨	٠,٨١٢	٠,٧٩٠	٠,٧٨٩	٠,٨١٣	٠,٨١٤	٠,٨١٦
٢٩	٠,٨١٨	٠,٧٩٥	٠,٧٩٤	٠,٨١٨	٠,٨٢١	٠,٨٢٤
٣٠	٠,٨٢٤	٠,٨٠٠	٠,٧٩٩	٠,٨٢٣	٠,٨٢٨	٠,٨٣٢
٣١	٠,٨٣٣	٠,٨١٠	٠,٨٠٩	٠,٨٣٣	٠,٨٣٨	٠,٨٣٩
٣٢	٠,٨٤٢	٠,٨٢٠	٠,٨١٩	٠,٨٤٣	٠,٨٤٤	٠,٨٤٦

جدول ملحق رقم (٢٥)

القيم الشهرية للأشعة الجوية الكلية (Ra) (ملم/يوم) تبخر مكافئ

درجة العرض (شمالاً)	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
١٨°	١١,٦	١٣,٠	١٤,٦	١٥,٦	١٦,١	١٦,١	١٦,١	١٥,٨	١٤,٩	١٣,٦	١٢,٠	١١,١
٢٠°	١١,٢	١٢,٧	١٤,٤	١٥,٦	١٦,٣	١٦,٤	١٦,٣	١٥,٩	١٤,٨	١٣,٣	١١,٦	١٠,٧
٢٢°	١٠,٧	١٢,٣	١٤,٢	١٥,٥	١٦,٣	١٦,٤	١٦,٤	١٥,٨	١٤,٦	١٣,٠	١١,١	١٠,٢

جدول ملحق رقم (٢٦)

معامل تأثير الحرارة f(t) على الأشعة الشمسية الطويلة (Rnl)

درجة الحرارة (م°)	٠	٢	٤	٦	٨	١٠	١٢	١٤	١٦	١٨
f (t)	١١,٠	١١,٤	١١,٧	١٢,٠	١٢,٤	١٢,٧	١٣,١	١٣,٥	١٣,٨	١٤,٢
درجة الحرارة (م°)	**٢٠**	**٢٢**	**٢٤**	**٢٦**	**٢٨**	**٣٠**	**٣٢**	**٣٤**	**٣٦**	**٣٨**
f (t)	١٤,٦	١٥,٠	١٥,٤	١٥,٩	١٦,٣	١٦,٧	١٧,٢	١٧,٧	١٨,١	١٨,٥