

تغير المعدلات الفصلية والسنوية لكميات التبخر نتح الكامن في الرقة خلال الفترة 1975-2005

حنان عبود * (1) وميشيل سكاف(1)

(1) قسم الحراج والبيئة، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

(* للمراسلة الباحثة: حنان عبود، البريد الإلكتروني hanan.ha90.hh@gmail.com)

تاريخ الاستلام: 2021/07/7 تاريخ القبول: 2021/12/22

الملخص

يعد التبخر نتح مكوناً أساسياً في الدورة الهيدرولوجية ويلعب دوراً أساسياً في ميزان الطاقة لسطح الأرض، كما يمتلك أهمية كبيرة بالنسبة للبيئة والانتاج الزراعي. تم تطبيق علاقة بنمان مونتييه (Penman-FAO 56) لحساب قيم التبخر نتح الكامن الشهرية اعتماداً على مجموعة من العناصر الميثرولوجية والتي شملت معدلات الحرارة العظمى والصغرى والرطوبة النسبية للهواء وسرعة الرياح ومدة السطوع الشمسي من أجل تقدير الخصائص الزمنية لقيم التبخر نتح الكامن (ETp) على مستوى الفصول والسنوات في محطة الرقة خلال الفترة 1975-2005. تم استخدام خطوط الاتجاه واختبار Mann – Kendall وكذلك تحليل نقطة التغير من أجل تقدير التغيرات في قيم التبخر نتح الكامن الفصلية والسنوية. أظهرت النتائج وجود اتجاه واضح نحو تناقص قيم التبخر نتح الكامن السنوية، بسبب تراجع قيم ETp خلال جميع الفصول وخصوصاً الصيف، وقد تبين أن هذه القيم انزلحت خلال فترتين الأولى 1984-1985، والثانية 1990-1991. إن هذا التناقص في قيم التبخر نتح الكامن ناتج عن الاتجاه الغالب للرياح من الجهة الغربية وخصوصاً خلال الفترة الدافئة من العام والذي يساهم في زيادة الرطوبة النسبية للهواء بسبب موقع بحيرة الأسد المجاورة للمنطقة.

الكلمات المفتاحية: التبخر نتح الكامن، تغير المناخ، بنمان، مونتييه، سورية.

المقدمة:

تعتبر كميات التبخر نتح الكامن (ETp) Potential Evapotranspiration عن القدرة التبخرية للغلاف الجوي، وتعد في غاية الأهمية بالنسبة لمجال واسع من التطبيقات العلمية والعملية، أهمها الدراسات المناخية (Allen et al., 1998; Schulrz, 2012; Wang and Dickinson, 2012; Katul et al., 2012)، وضبط عمليات الري (Anderson et al., 2011; Otkin et al., 2016) إضافة إلى تقديم المعلومات ومراقبة الحوادث المناخية المتطرفة (Anderson et al., 2011; Otkin et al., 2016) إضافة إلى تقديم المعلومات الضرورية لإدارة الموارد المائية بالشكل الذي يؤمن سد الاحتياجات المتنامية لمختلف القطاعات المتنافسة على المياه (Abdelghani et al., 2008; Anderson et al., 2012). تعد الزراعة المروية القطاع الأكثر استخداماً للمياه العذبة إذ تشكل احتياجات هذا القطاع حوالي 1200 كم³ أي ما يعادل 85% من الاستخدام السنوي الحالي للمياه (Droogers et al., 2010; Thenkabail et al., 2010).

تساهم الزراعة المروية إلى حد كبير في إنتاج المحاصيل على مستوى العالم. إذ إن الأراضي المروية والتي تشغل حوالي 17% فقط من المساحة المزروعة تقدم ما يقارب 40% من الإنتاج الكلي للمحاصيل (Cai, 1999; Rosgrant *et al.*, 2002; Siebert and Doll., 2010)، ويلاحظ أن إنتاجية المحاصيل المروية تتجاوز إنتاجية المحاصيل المزروعة بعلاً حتى في المناطق التي تتلقى كميات كافية من الأمطار (Grassini *et al.*, 2009). وذلك بسبب التباين في الظروف الميئورولوجية بين المواسم ودور عمليات الري في الحد من التأثيرات السلبية لسوء توزيع الهطل، والحوادث المتطرفة Extreme events كالجفاف، وموجات الحر والرياح الجافة (Troy *et al.*, 2015).

تنت كل من اللجنة الدولية لشؤون الري (ICID) The International Commission for Irrigation و منظمة الأغذية والزراعة FAO وكذلك الجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين (ASCE) The American Society of Civil Engineers علاقة بنمان مونتيه (Penman-FAO56) المطورة من قبل Allen وآخرون على أنها الأفضل من أجل حساب التبخر نتح الكامن، حيث أن هذه العلاقة قابلة للاستخدام في جميع مناطق العالم، إذ تم تصحيحها اعتماداً على بيانات اللايزيمترات من مختلف المناطق المناخية (Allen *et al.*, 1998)، لذلك فقد اعتمدت هذه الطريقة في حساب كميات التبخر نتح الشهرية من أجل دراسة التغيرات الفصلية والسنوية في معدلات التبخر نتح الكامن في محطة الرقة خلال الفترة 1975-2005 أي بعد إنشاء سد الثورة وبحيرة الأسد إلى الغرب من محافظة الرقة .

يعد التقدير الدقيق لكميات التبخر نتح الكامن خلال مختلف الفترات الزمنية بمثابة حجر الأساس في تخطيط وإنشاء مشاريع الري، لذلك فإن دراسة التغير في المعدلات الفصلية والسنوية لهذا العنصر تعد في غاية الأهمية من أجل الاستثمار الأمثل للموارد المائية في المنطقة، التي شهدت إقامة العديد من مشاريع الري، التي تساهم باستقرار الإنتاج الزراعي في سوريا. وقد تركزت أهداف البحث في نقطتين:

أولاً: تحديد اتجاه ومقدار التغير في المعدلات الفصلية والسنوية لقيم التبخر نتح الكامن في محطة الرقة خلال الفترة 1975-2005.

ثانياً: تحديد فترات التغير في المعدلات الفصلية والسنوية لكميات التبخر نتح الكامن والوقوف على دور سد الثورة والاتجاه الغالب للرياح في المنطقة في حدوث التغير.

مواد البحث وطرقه:

استخدمت لإنجاز البحث قيم العناصر الميئورولوجية الشهرية لمحطة الرقة التي تقع على خط عرض $35^{\circ}57'$ وخط طول $39^{\circ}00'$ وترتفع عن سطح البحر 350 م. وقد شملت هذه العناصر متوسطات درجات الحرارة العظمى والصغرى والرطوبة النسبية للهواء ومدة السطوع الشمسي وسرعة الرياح لفترة رصد مستمرة من عام 1975 حتى عام 2005.

اعتمدت علاقة بنمان مونتيه (Penman – FAO56) لحساب قيم التبخر نتح الكامن الشهرية (Allen *et al.*, 1998)، من أجل التقدير الدقيق لكميات ETp الفصلية والسنوية لكل عام هيدرولوجي خلال الفترة 1975-2005. هذه العلاقة تأخذ الشكل التالي :

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34u_2)}$$

حيث أن:

Rn: صافي الإشعاع الشمسي عند سطح المحصول	(ميغا جول/م ² /يوم)
G : تدفق حرارة التربة	(ميغا جول/م ² /يوم)
T : متوسط درجة الحرارة اليومية عند ارتفاع 2 م	(م)
U2: سرعة الرياح عند ارتفاع 2 م	(م/ثا)
es: ضغط بخار الماء المشبع	(كيلو باسكال)
ea : ضغط بخار الماء الحقيقي	(كيلو باسكال)
(es-ea): فرق الإشباع	(كيلو باسكال)
Δ: ميل منحنى ضغط بخار الماء	(كيلو باسكال لكل درجة مئوية)
γ: ثابت البسيكرومتر	

تم استخدام مخططات الصندوق Box plots من أجل دراسة أهم الخصائص الإحصائية لكميات ETP الفصلية، كما تم حساب معامل الاختلاف Coefficient of variation (CV %) لتقدير التباين بين المواسم بالنسبة لكل عام ولكل فصل. استخدمت خطوط الاتجاه Trends من أجل تحديد اتجاه وقيمة التغير في كميات التبخر نتح الفصلية والسنوية . وتم التحقق من معنوية التغير باستخدام اختبار Mann-Kendall test (Mann,1975) . تم تحديد فترة حدوث التغير Point of change من خلال الدمج بين مفهوم المجموع التراكمي Cumulative sum و المقارنة bootstrapping (Taylor,2000) لتحديد فيما إذا كان هناك تغير في السلسلة الزمنية لكميات التبخر نتح الكامن السنوية والفصلية مع تحديد فترة حدوثه.

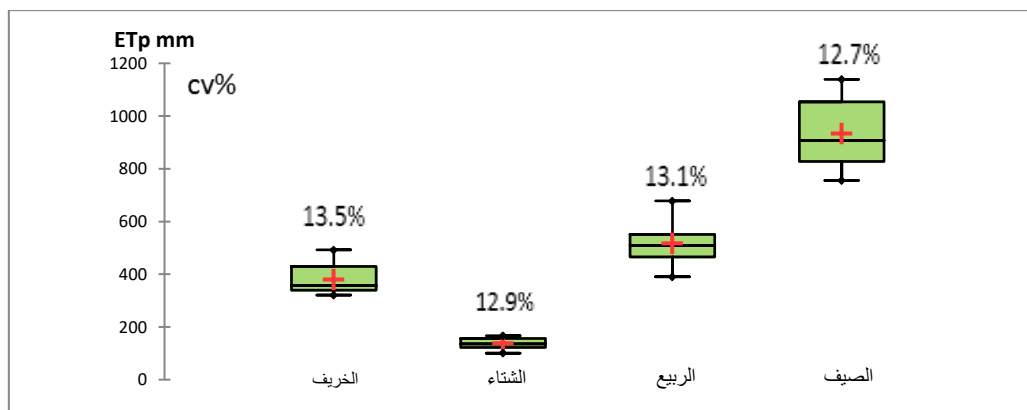
النتائج والمناقشة :

1- خصائص التبخر نتح الفصلية والسنوية في محطة الرقة :

يبين الشكل (1) أهم الخصائص الإحصائية لكميات التبخر نتح الفصلية، المحسوبة للفترة 1975-2005 في محطة الرقة، ومنها يلاحظ وجود مسار واضح للتبخر نتح في هذه المنطقة و هذا المسار يتعاكس تماماً مع مسار الهطل و يتوافق مع مسار درجات الحرارة إذ تسجل أعلى كميات للتبخر نتح خلال فصل الصيف يليه فصل الربيع ثم الخريف أما خلال الشتاء فتكون هذه الكميات أقل وبشكل واضح من باقي الفصول، وهذا يعود إلى تدني درجات الحرارة وتناقص مدة السطوع الشمسي إضافة إلى ارتفاع نسبة الرطوبة الجوية .

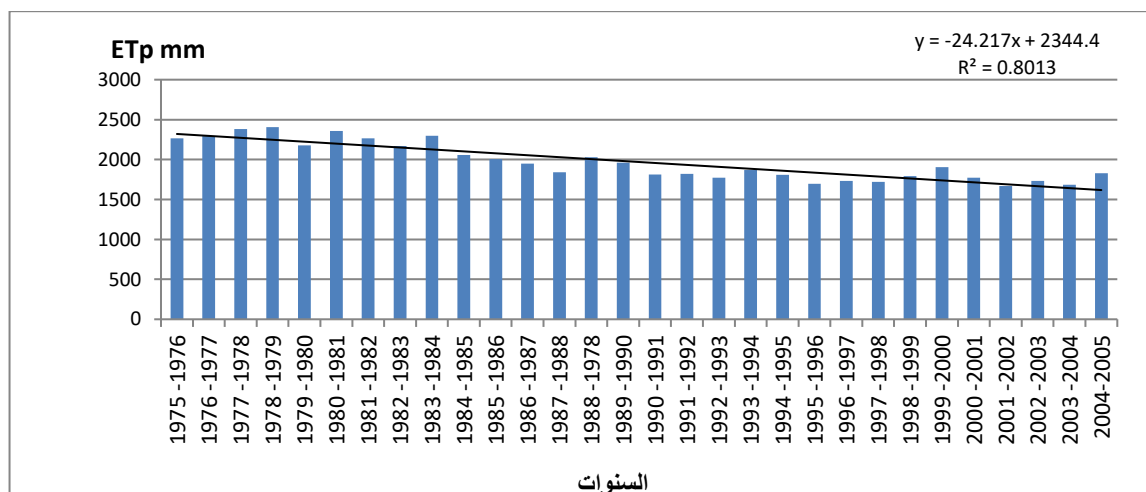
لوحظ من الشكل (1) أن معدل التبخر نتح الكامن خلال فصل الصيف كبير للغاية ويزيد عن مجموع فصلي الخريف والربيع ويكون لهذا أهمية كبيرة بالنسبة لحاجة المحاصيل المروية من الماء خصوصاً وأن فصل الصيف جاف تماماً ويخلو من أية هطولات بسبب القحولة الفصلية Seasonal aridity السائدة في المنطقة. بالمقابل فإن معدل التبخر نتح الكامن لفصل الشتاء يقل عن 140 مم وهذا يخلق ظروف مناسبة لزيادة مخزون التربة من الماء المتاح مع تركيز معظم كميات الهطل خلال هذه الفترة من العام. يتضح من مخططات الصندوق وقيم معامل التباين المدرجة في الشكل (1) أنه على الرغم

من الاختلاف الواضح بين أدنى وأعلى القيم خلال جميع الفصول فإن معامل التباين محدود للغاية ويقل عن 14 % حتى خلال أكثر الفصول تبايناً وهو فصل الخريف .



الشكل (1) الخصائص الإحصائية لقيم التبخر نتح الكامن الفصلية المحسوبة للفترة 1975-2005 في محطة الرقة.

2- تغير المعدلات الفصلية والسنوية لكميات التبخر نتح الكامن في محطة الرقة خلال الفترة 1975-2005. يتبين من حساب كميات التبخر نتح الكامن في محطة الرقة خلال الفترة 1975-2005 (الشكل 2) أن محصلات التبخر نتح الكامن في هذه المنطقة مرتفعة للغاية، كما أنها متباينة إلى حد كبير بين عام وآخر وهذا يظهر من خلال أعلى وأدنى قيمة (2405 مم/عام مقابل 1667 مم/عام)، ومن خلال اختلاف قيمة الوسيط (1969 مم/عام) عن المعدل (1887 مم/عام). وقد انعكس الاختلاف الواضح في كميات التبخر نتح بين عام وآخر على قيمة معامل التباين Coefficient of variation والتي وصلت إلى قيمة مرتفعة نسبياً بلغت 12%. يظهر الشكل (2) التغير في كميات التبخر نتح الكامن خلال المواسم الممتدة من عام 1975 حتى عام 2005، لوحظ وجود اتجاه واضح نحو تناقص المعدل السنوي لكميات التبخر نتح الكامن، والذي كان حاداً ومعنوياً، إذ بلغ 242 مم لكل عقد كما هو مبين في الجدول (1). وهذا يعود إلى التناقص الحاد والمعنوي في كميات التبخر نتح الكامن لجميع الفصول وخصوصاً فصل الصيف.



الشكل (2) تغير القيم السنوية لكميات التبخر نتح الكامن في محطة الرقة خلال الفترة 1975-2005 مع الاتجاه العام للتغير.

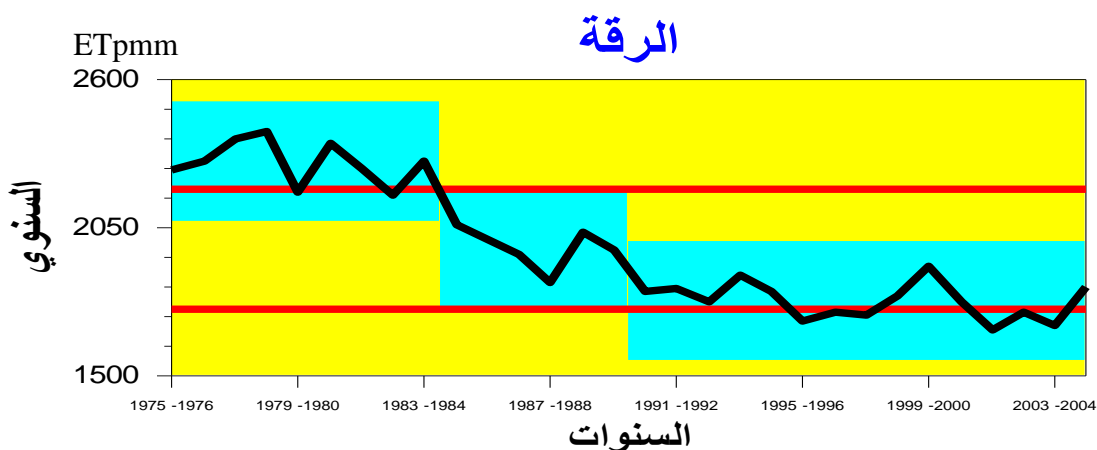
الجدول (1) اتجاه وقيمة التغير في المعدلات الفصلية والسنوية لقيم التبخر نتح الكامن خلال الفترة 1975-2005 في محطة الرقة

معنوية التغير	قيمة التغير/ مم		الفترة	المحطة
	لكامل فترة الدراسة	لكل عقد		
***	-151.707	-50.569	خريف	الرقة
***	-45.546	-15.182	شتاء	
***	-157.77	-52.59	ربيع	
***	-371.49	-123.83	صيف	
***	-726.51	-242.17	العام	

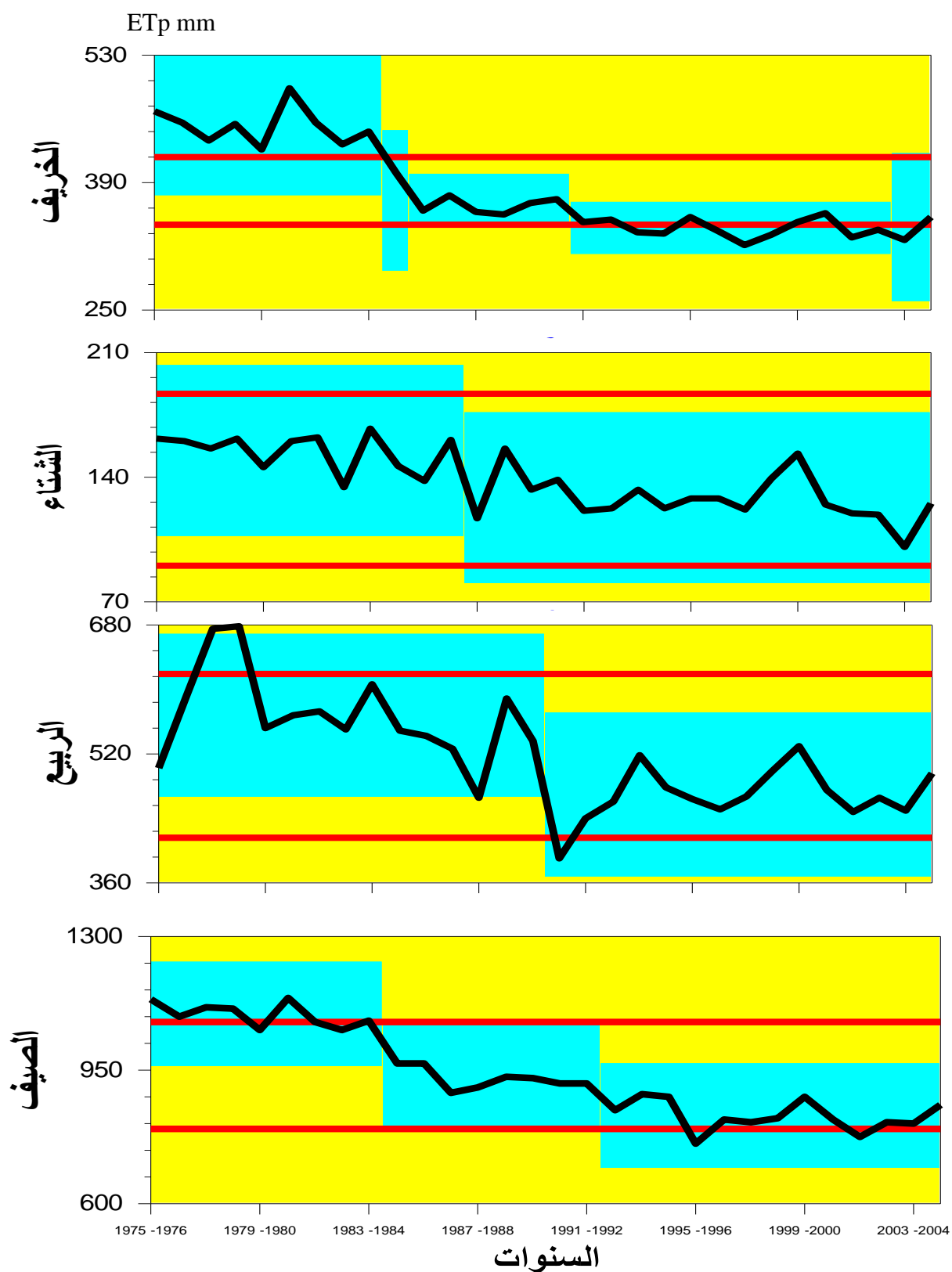
(***) التغير معنوي عند مستوى 0.01

3- فترات حدوث التغير في معدلات التبخر نتح الكامن الفصلية والسنوية في منطقة الدراسة :

يبين الشكل (3) نتيجة تحليل السلسلة الزمنية لكميات التبخر نتح السنوية باستخدام اختبار نقطة التغير analysis *pointe change*، ومنه لوحظ وجود انزياح حاد حدث خلال فترتين باتجاه تناقص قيم التبخر نتح الكامن. الفترة الأولى وحدثت خلال الموسم (1985-1984) أما الفترة الثانية فحدثت خلال الموسم (1991-1990). وبالرجوع إلى نتائج تحليل القيم الفصلية المبينة في الشكل (4) والجدول (2) يتضح أن هذا الانزياح ناتج عن الانزياح الحاد خلال فصلي الخريف والصيف إذ إن كلا الفصلين شهد انزياحاً حاداً خلال الموسم (1985-1984) مع مستوى تغير من الدرجة الأولى ومستوى ثقة 100%. أما فصل الخريف فقد شهد انزياحاً آخر من الدرجة الثانية ومستوى ثقة 100% في الموسم (1992-1991) في حين كان الانزياح الثاني في فصل الصيف خلال الموسم (1993-1992) وكان مستوى التغير من الدرجة الثالثة ومستوى ثقة 100%. بالمقابل فقد حدث التغير لمرة واحدة لكل من فصلي الشتاء والربيع خلال الموسمين (1988-1987) و(1991-1990) على التوالي. إلا أن كلا التغيرين كان عند مستوى أقل على الرغم من وجود مستوى ثقة 100% لكل منهما .



الشكل (3) فترات حدوث التغير في المعدلات السنوية لكميات التبخر نتح الكامن في محطة الرقة خلال الفترة 2005-1975



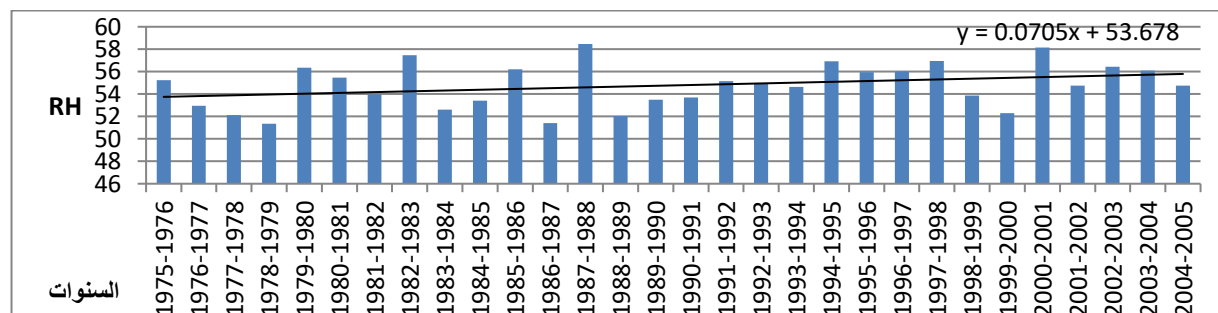
الشكل(4) فترات حدوث الانزياح في المعدلات الفصلية لقيم التبخر نتح الكامن في محطة الرقة خلال فترة الدراسة 1975-2005.

الجدول (2) فترات حدوث الانزياح ومستوى التغير في المعدلات الفصلية والسنوية لكميات التبخر نتج الكامن في الرقة خلال الفترة

1975-2005.

المحطة	الفترة	نقطة التغير	مجال الثقة	مستوى الثقة	من	إلى	مستوى التغير
الرقة	الخريف	1984-1985	(1984-1985)	100%	451.46	368.87	1
		1991-1992	(1985,1984-1985 1991-1992)	100%	368.87	339.87	2
	الشتاء	1987-1988	(1985-1986)	100%	154.27	127.73	4
		1990-1991	(1986,1990-1991)	100%	566.33	468.06	3
	الربيع	1984-1985	(1984-1985)	100%	1094	926.4	1
		1992-1993	(1985,1984-1985 1992-1993)	100%	926.4	827.41	3
	الصيف	1984-1985	(1984-1985)	100%	2289.8	1974.5	1
		1990-1991	(1985,1984-1985 1989-1990,1991-1992)	99%	1974.5	1774.5	2
	السنوي	1984-1985	(1984-1985)	100%	2289.8	1974.5	1
		1990-1991	(1985,1984-1985 1989-1990,1991-1992)	99%	1974.5	1774.5	2

تتفق النتائج التي تم الحصول عليها في هذا البحث مع العديد من الدراسات والتي أكدت تناقص معدلات التبخر نتج الكامن في الكثير من مناطق العالم كـ بعض أجزاء الولايات المتحدة الأمريكية (Suat et al., 2012) وبعض مناطق الصين (Liu Roderick and (Chattopadhyay and Hulme,1997) وأستراليا (et al., 2004;Chen et al., 2005) والهند (Farquhar, 2004)، وغيرها والتي تفسر بتزايد معدلات الرطوبة النسبية للهواء وتناقص معدلات سرعة الرياح وعدد ساعات السطوع الشمسي. يتضح من تحليل القيم الفصلية والسنوية لرطوبة الهواء لمحطة الرقة (الشكل 5) أن هناك تزايداً في المعدلات السنوية لقيم الرطوبة النسبية للهواء حيث تزايدت بمقدار 0.7% لكل عقد وذلك بسبب تزايد معدلات الرطوبة لفصل الصيف بمقدار 1.5% والخريف بمقدار 1.6% لكل عقد. وعلى الرغم من تناقص معدلات الرطوبة النسبية لكل من فصلي الشتاء والربيع بمقدار 0.18% و 0.2% على التوالي لكل عقد، فإن هذا التناقص لا يوازي الزيادة الكبيرة في معدلات الصيف والخريف والتي أدت إلى تزايد قيمة المعدل السنوي.



الشكل (5) تغير المعدلات السنوية للرطوبة النسبية للهواء في محطة الرقة خلال الفترة 1975-2005.

إن التزايد في معدلات الرطوبة النسبية للهواء خلال فصلي الصيف والخريف تتوافق مع الاتجاه العام لتردد الرياح خلال الفترة الدافئة من العام حيث أن واردة الرياح السنوية و وردات الرياح الشهرية خلال هذه الفترة تظهر بأن معظم الرياح تكون

غربية (الأطلس المناخي لسورية)، و تؤدي إلى حمل بخار الماء من منطقة البحيرة باتجاه منطقة الرقة، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة نسبة الرطوبة وتراجع كميات التبخر نتح، وخصوصاً خلال فصل الصيف. حيث أن ارتفاع درجات الحرارة يؤدي إلى تبخير كميات كبيرة من الماء من البحيرة تنتقل إلى المناطق المجاورة بفعل الرياح مؤدية إلى زيادة الرطوبة النسبية للهواء فوق هذه المناطق.

الاستنتاجات :

1- تبين من دراسة الخصائص الإحصائية لكميات التبخر نتح الكامن (الفصلية والسنوية) في محطة الرقة خلال الفترة 1975-2005 أن المعدل السنوي لكميات التبخر نتح كبير للغاية ويصل إلى 1887 مم/ عام مع وجود تفاوت كبير بين السنوات فقد تراوحت القيم السنوية لكميات ETp بين 1667 و2405 مم/ عام، الأمر الذي انعكس على قيم مرتفعة نسبياً لمعامل التباين والذي بلغ 12%.

2- يتضح من خلال دراسة الخصائص الإحصائية لقيم ETp الفصلية وجود تفاوت واضح بين قيم الفصول إذ تسجل أعلى كميات خلال فصل الصيف والتي تمتلك الحصة الأعظم من القيم السنوية تليها كميات الربيع ثم الخريف فالشتاء وهذا يخلق ظروفاً قاسيةً للغاية تحتم وجود الري من أجل نجاح الزراعات الصيفية في المنطقة .

3- أظهر تحليل السلاسل الزمنية لكميات التبخر نتح الكامن الفصلية والسنوية وجود تناقص حاد ومعنوي في المعدلات السنوية لقيم ETp بسبب التناقص الحاد والمعنوي خلال جميع الفصول و خصوصاً فصل الصيف يليه كل من الربيع والخريف.

4- بينت نتائج الدراسة أن المعدلات السنوية لكميات التبخر نتح الكامن انزاحت باتجاه التناقص خلال فترتين : الأولى خلال العام الهيدرولوجي 1984-1985 والثانية خلال العام الهيدرولوجي 1990-1991. وقد توافق انزياح الفترة الأولى خلال فصلي الربيع والخريف مع الانزياح السنوي .

5- تبين بعد تحليل البيانات أن السبب الرئيسي لتراجع معدلات التبخر نتح يعود إلى تزايد نسبة الرطوبة خلال فصلي الربيع والخريف وتردد الرياح الغربية خلال معظم أشهر العام وخصوصاً الفترة الدافئة .

التوصيات:

1 - ضرورة التعمق في دراسة كميات التبخر نتح الكامن من خلال حساب القيم اليومية من أجل التقدير الدقيق للاحتياجات المائية لأهم المحاصيل وخلال مختلف مراحل التطور في مختلف المناطق.

2- أهمية التوسع في دراسة تغيرات التبخر نتح الكامن في مختلف مناطق القطر العربي السوري في ظل التغيرات المناخية الراهنة.

المراجع:

الأطلس المناخي في سوريا المديرية العامة للأرصاد الجوية .

Abdelghani, C., Hoedjes, J. C. B., Rodriquez, J.-C., Watts, C. J., Garatuza, J., Jacob, F., and Kerr, Y. H.: Using remotely sensed data to estimate area-averaged daily surface fluxes over a semiarid mixed agricultural land, *Agr. Forest Meteorol.*, 148, 330–342, 2008.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M.: Crop evapotranspiration ,Guideline for computing crop water requirements ,FAO irrigation and drainage paper no. 56, Rome, Italy, 326 pp.,1998.

- Anderson, M. C., Allen, R. G., Morse, A., and Kustas, W. P.: Use of Landsat thermal imagery in monitoring evapotranspiration and managing water resources, *Remote Sens. Environ.*, 122, 56–65, 2012
- Anderson, M. C., Hain, C., Wardlow, B., Pimstein, A., Mecikalski, J. R., and Kustas, W. P.: Evaluation of drought indices based on thermal remote sensing of evapotranspiration over the continental United States, *J. Climate*, 15, 2025–2044, 2011.
- Cai X1999 Irrigated and Rain fed Crop Area and Yield (Washington ,DC: International Food Policy Research Institute, Mimeo).
- Chattopadhyay, N., and M. Hulme (1997), Evaporation and potential evapotranspiration in India under conditions of recent and future climate change, *Agric. For. Meteorol.*, 87, 55–73.
- Chen, D., G. Gao, C.-Y. Xu, J. Guo, and G. Ren (2005), Comparison of the Thornthwaite method and pan data with the standard Penman-Monteith estimates of reference evapotranspiration in China, *Clim. Res.*, 28, 123–132.
- Droogers, P., Immerzeel, W. W., and Lorite, I. J.: Estimating actual irrigation application by remotely sensed evapotranspiration observations, *Agr. Water Manage.*, 97, 1351–1359, 2010.
- Gonzalez-Dugo, M. P., Neale, C. M. U., Mateos, L., Kustas, W. P., Prueger, J. H., Anderson, M. C., and Li, F.: A comparison of operational remote sensing-based models for estimating crop evapotranspiration, *Agr. Forest Meteorol.*, 149, 1843–1853, 2009.
- Gordon, L. J., Finlayson, C., and Falkenmark, M.: Managing water in agriculture for food production and other ecosystem services, *Agr. Water. Manage.*, 97, 512–519, 2010.
- Grassini, Patricio; Yang, Haishun; and Cassman, Kenneth G., "Limits to maize productivity in the Western Corn-Belt: A simulation analysis for fully irrigated and rain fed conditions" (2009). *Agronomy & Horticulture -- Faculty Publications*. 312.
- Katul, G. G., Oren, R., Manzano, S., Higgins, C., and Parlange, M.B.: Evapotranspiration: A process driving mass transport and energy exchange in the soil-plant-atmosphere-climate system, *Rev. Geophys.*, 50, RG3002.
- Kendall, M. Rank Correlation Methods, 4th ed.; Charles Gri_n: London, UK, 1975.
- Liu, B., M. Xu, M. Henderson, and W. Gong (2004), A spatial analysis of pan evaporation trends in China, 1955–2000, *J. Geophys. Res.*, 109, D15102.
- Otkin, J. A., Anderson, M. C., Hain, C., Svoboda, M., Johnson, D., Mueller, R., Tadess, T., Wardlow, B., and Brown, J Assessing the evolution of soil moisture and vegetation conditions during the 2012 United States flash drought, *Agr. Forest Meteorol.*, 218–219, 230–242, 2016.
- Penman HL (1956) Evaporation: an introductory survey. *Neth J Agr Sci* 4(1):9–29.
- Roderick ML, Farquhar GD (2004) Changes in Australian pan evaporation from 1970 to 2002. *Int J Climatol* 24(9):1077–1090
- Rosegrant M W, Cai X and Cline S A 2002 World Water and Food to 2025 (Washington, DC: International Food Policy Research Institute).
- Schultz, B. and De Wrachien, D.: Irrigation and drainage systems research and development in the 21st century, *Irrig. Drain. Sci.*, 51, 311–327, 2002.
- Siebert S and Döll P 2010 Quantifying blue and green virtual water contents in global crop production as well as potential production losses without irrigation *J. Hydrol.* 384 198–217.

- Suat I, Kabenge I, Skaggs KE, Mutiibwa D (2012) Trend and magnitude of changes in climate variables and reference evapotranspiration over 116-yr period in the Platte River Basin, central Nebraska–USA. *J Hydrol* 420–421:228–244.
- T J Troy ,C Kipgen and I Pal The impact of climate extremes and irrigation on US crop yields, *Environ. Res. Lett.* 10 (2015) 054013.
- Taylor, W.A.(2000). Change-point analysis: A powerful new tool for detection changes.
- Thenkabail, P. S., Hanjra, M. A., Dheeravath, V., and Gumma, M.:Global croplands and their water use from remote sensing and no remote sensing perspectives, in: *Advances in environmental remote sensing: sensors, algorithms and applications*, edited by:Weng, Q., Taylor and Francis, CRC Press, Boca Raton, Florida USA, 383–420, 2010.
- Wang K, Dickinson RE (2012) A review of global terrestrial evapotranspiration: observation, modeling, climatology, and climatic variability. *Rev Geophys* 50:RG2005.

Changes in Mean Annual and Seasonal Potential Evapotranspiration in AL Raqa During The Period 1975-2005

Hanan Abdo^{(1)*} and Michael Skaf⁽¹⁾

(1) Department of forestry and environment, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.

(*Corresponding author: Hanan Abdo. E-Mail: hanan.ha90.hh@gmail.com)

Received: 7/07/2021

Accepted: 22/12/2021

Abstract

Evapotranspiration is a major component of the water cycle and plays a key role in surface energy balance and has a significant agricultural and ecological implication. To evaluate temporal characteristic potential evapotranspiration, at annual and seasonal time scales in Alraqa station during the period 1975-2005, the enman-Monteith equation was applied to calculate monthly potential evapotranspiration (ETP) using meteorological data which include meaning maximum and minimum temperatures, relative humidity, winds speed, and sunlight duration. Trends with Mann – the Kendall test and point change analysis were used to detect significant changes in annual and seasonal ETP. The results showed a significant decreasing tendency in annual ETP related to decreasing ETP in all seasons, especially in summer. Annual values of ETP were Shifted during two periods: 1984-1985 and 1990-1991. This decreasing trend in ETP resulted from westerly wind direction especially in warm months, which promotes increasing relative humidity in this region, owing to the location of Al Asad lake near this region

Keywords: Potential evapotranspiration, Climate change, Penman, Monteith, Syria.