تطبيق نظام القياسات المائية (WAS) ورفع انتاجية المياه في حوضي العاصي الأعلى والأوسط

عبد النّاصر الضّرير[*]، فيناي نانجيا[**]، جميل عباس[***]، أويديس أرسلان[****]، ذيب عويس[*****]، بشرى خزام[******]، تمام ياغي[*******]

[*]قسم الهندسة الريفية كلية الزراعة – جامعة حلب

[**]المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة، ايكاردا، الأردن

[***]قسم البيئة والموارد المتجددة، كلية الزراعة، جامعة حلب

[****]المركز العربي للبيئات الجافة وشبه الجافة، أكساد، سورية

[*****] المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة، ايكاردا، الأردن

[******] الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، سورية

[*******]طالب دراسات عليا (دكتوراه)، قسم الهندسة الريفية، كلية الزراعة، جامعة حلب

الملخص:

استعمل الماء العذب بطريقة غير مستدامة في حوضي العاصي الأعلى والأوسط (من الحدود السورية اللبنانية الى سد الرستن)، ومن المحتمل أن تواجه الدولة أزمة مائية بحلول عام 2020 بسبب ازدياد الطلب على الماء الذي يترافق مع التوسع الزراعي والنمو السكاني والاقتصادي، اضافة لارتفاع نسبة تلوث المياه. في هذه الورقة، تمّ التوصل إلى حلول تؤدي للاستخدام المنتج والفعّال للماء الزراعي المحدود. بالرغم من أنّ الهدف واضح، المفهوم بأغلب الأحيان غير واضح، لاسيما قلة المعرفة حول كيفية استنزاف واستهلاك الماء داخل مشاريع الري. هذا قضى إلى الموازنة المائية على صعيد الحقل ومصلحة الري والحوض الفرعي باستعمال نظام القياسات المائية (WAS) في حوضي العاصي الأعلى والأوسط والتنبؤ حتى عام 2050. كما يلي درست أربع سيناريوهات بالاعتماد على الحالة الفعلية الراهنة مع تحسين كفاءة الري (السيناريو المرجعي): (1) سيناريو إعادة استعمال رواجع الماء الزراعي والصناعي المعالجة، (2) سيناريو الاستخدام الأمثل لخزان سد زيتا، (3) سيناريو خفض حصة الفرد من مياه الشرب والاستخدام المنزلي وتقليل التبخر من سطح بحيرة قطينة، (4) سيناريو الفصل بين شبكتي ري حمص–حماه ورفع فعالية نقلهما للماء باستبدالهما بالشبكات الأنبوبية المضغوطة. وكان ذلك خلال ثلاث

حالات للتغيرات المناخية (السنوات الطبيعية، الجافة، الجافة جداً). صيغت النتائج على شكل مخططات وخرائط وجداول وأظهرت أنّ حوض العاصي الأعلى مغلق في الحالة الراهنة ولاسيما في أشهر الجفاف، وبتطبيق السيناريوهات أعلاه يتحول الى حوض مفتوح حتى في حالة السنوات الجافة بالنسبة للعاصي الأوسط ويبقى شبه مغلق في حال السنوات الجافة جداً. حيث بتطبيق السيناريوهات الثلاثة الأولى نتمكن من تفادي العجز المائي ونحسّن من إنتاجية الماء الزراعي بشكل أفضل من طريقة المزارع في المنطقة المستهدفة خلال الحالة الأولى والثانية. في حين نتمكن بالسيناريو الرابع من تقليل الفجوة بين العرض والطلب بشكل كبير والسنوات جافة جداً.

الكلمات المفتاحية: الماء العذب، الاستخدام المنتج، سيناريو، الحوض المغلق، العجز، العرض والطلب.

Application of Water Accounting System (WAS) and Water Productivity Promoting in The Upper and Midmost Orontes Basins

Abdel Naser Aldarir*, Vinay Nangia, Jamil Abbas***, Awadis Arslan**** , Theib Oweis*****, Boshra Khozam******, Tammam yaghi*********

* Dept. of Rural Engineering, Faculty of Agriculture, University of Aleppo
** International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. ICARDA, Jordan
***Dept. Renewable natural resources and environment, Faculty of Agriculture, University of Aleppo
**** The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Areas (ACSAD), Syria
***** International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. ICARDA, Jordan
******The General Commission for Scientific Agricultural Research, GCSAR, Syria
*******Postgraduate Student (PhD), Dept. of Rural Geometry, of Agriculture, University of Aleppo

Abstract:

Freshwater used unsustainably in the upper and midmost Orontes basin (from Syrian - Lebanese borders to Rastan dam). In Syria country, water predicted to become scarce by 2020 due to demand continuing to grow in parallel with increased agriculture production, increased pollution, population, and economic growth. In this paper, solutions have to be devised to make a substantially more efficient and productive use of a shrinking water supply in agriculture. Although the target is clear, the means are oftentimes not straightforward. In particular, lack of knowledge

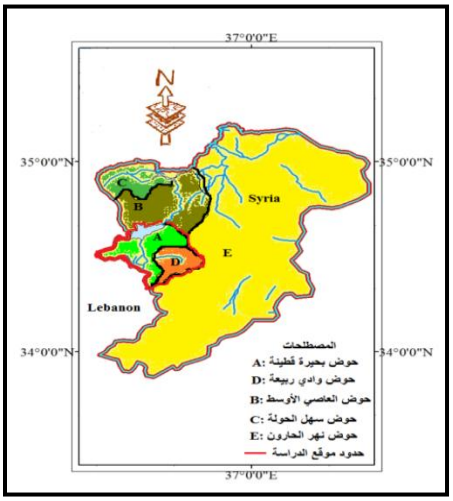
of how water is used and depleted within irrigation projects. This has leaded to the water balance at field, irrigation service and sub basin levels by using Water Accounting System (WAS) in the upper and midmost Orontes basin and prediction until 2050. Four scenarios were studied depending on the actual situation (RF) with improving the irrigation efficiency: (1) Reuse of reclaimed agricultural and industrial water returns, (2) Optimum exploitation of Zeita reservoir, (3) The reducing of the per capita share of drinking water and minimizing evaporation from the surface of Kattenieh Lake, and (4) Separation between Homs-Hama networks and raising their water conveyance efficiency by exchanging them with pressured pipe networks. The aforementioned scenarios were through three cases of climate changes (normal, dry and very dry years). The results are visualized as graphs, maps and tables, and showed that the upper Orontes basin is closed basin in the current status specially in dry months. however, by application of studied scenarios above, it converts to an open basin in the dry years compared to the midmost Orontes basin, and keeps closing basin in the case of very dry years. By application of the first three scenarios, the critical point (water deficiency) will disappear with obtaining surplus comparing with (RF), to achieve water needs of Homs-Hama networks (third priority) in cases of normal and dry years. Also, we will promote agricultural water productivity better than farmer method in the target area. While the fourth scenario can help highly in minimizing the gap between supply and demand till 2050 in the third case.

Key words: Freshwater, Productive use, Scenario, Closed basin, Water deficiency, Supply and demand.

المقدمة:

إنّ زيادة الطلب على المياه في العديد من أحواض العالم ستقود إلى استنزاف جائر لمصادر المياه المحدودة، وبالتالي حدوث فجوات مائية محلية وكلية واضحة [1]. وعلى الرغم من التأييد الكبير لمبادئ الإدارة المتكاملة للمياه (IWRM) والتي تتمخض في الطريقة التكاملية لحل قضايا إدارة المياه [2]، ما تزال هنالك بعض وجهات النظر التي تأخذ إدارة العرض فقط بعين الاعتبار [3]، وهي تشمل على مشاريع البنى التحتية مثل السدود والخزانات وخطوط جر المياه. ولا يمكن استثناء حوض نهر العاصي من كل هذا، حيث أنّ ادارة مصادر المياه فيه ولا سيما في سورية معقدة بسبب تشارك عدة دول

عليه وطبيعة الحدود التي تحكم مصادر المياه الجوفية والسطحية والتي أنتجت سوء تخصيص المياه بين القطاعات المختلفة (الشرب والاستعمال المنزلي والزراعة والصناعة والسياحة) [4]. ينبع نهر العاصي من لبنان ويتدفق في سورية ويصب في البحر المتوسط في تركيا، حيث يعبر محافظة حمص في سورية مشكلاً كما هو معروف حوضي العاصي الأعلى والأوسط بين خطوط العرض الشمالية ′40 °33 - ′25 °35 وخطوط الطول الشرقية ′18 °36-′28 °37، مبتعداً بحوالي 55 كم عن البحر المتوسط و150 كم شمالي العاصمة دمشق [5]. حيث طول النهر 86 كم في هذا الجزء ويغطي مساحة 8788 كم^2 بحسب حسابات برنامج نظم المعلومات الجغرافية GIS وهو يشمل على خمسة أحواض فرعية ولكل منها خواصه الهيدرولوجية والبيدولوجية والجيولوجية والديمغرافية والمناخية.



الشكل (1): الحوض المدروس وموقع الدراسة في الأحواض الفرعية A وD و B.

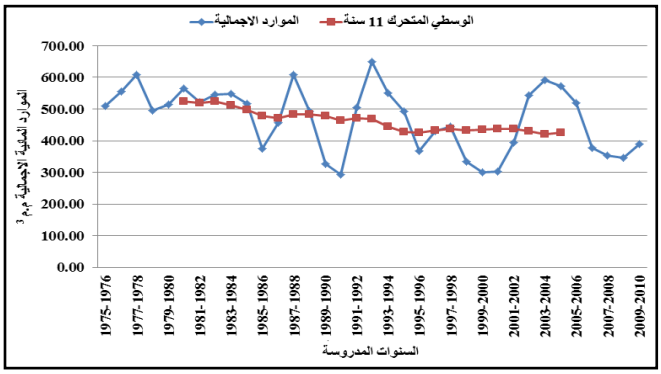
يحدث الهطول المطري من شهر أيلول الى آذار حيث يتناقص معدله من 800 مم في الحوض الفرعي لسهل الحولة (C) الى 100 مم في الأجزاء الشرقية من الحوض الفرعي لوادي الحارون (E). وبتحليل المصادر المائية المتاحة للمنطقة المدروسة عند احتمالات (50%، متوسط السنوات أو السنوات الطبيعية، 75%، السنوات الجافة، 95%، السنوات الجافة جداً) لمدة 35 سنة سابقة، نجد أنّ متوسط المصادر المائية التقليدية المتجددة

(المياه السطحية، الهطول، الجريان، المياه الجوفية) حوالي 486.73 م.م^3/سنة وتناقص إلى 404.44 م.م^3/سنة و 290.859 م.م^3/سنة في السنوات الجافة والجافة جداً على التوالي.

الجدول (1): المصادر المائية المتاحة المتجددة (م.م^3) في الحوض الفرعي (A)، كنتيجة لتحليل البيانات خلال الفترة (1975-2010) باستخدام توزيع بيرسون 3.

احتمال الواردات المائية	50 % (السنوات الطبيعية)	75 % (السنوات الجافة)	95 % (السنوات الجافة جداً)
الوارد المائي السطحي عند محطة العميري بين الحدود	346.08	287.64	200.97
الوارد المائي الجوفي في سورية	99.95	89.91	75.71
المطر المباشر على بحيرة قطينة	20.44	15.61	9.60
الجريان السطحي الى البحيرة	20.26	11.28	4.51
المجموع	486.73	404.44	290.85

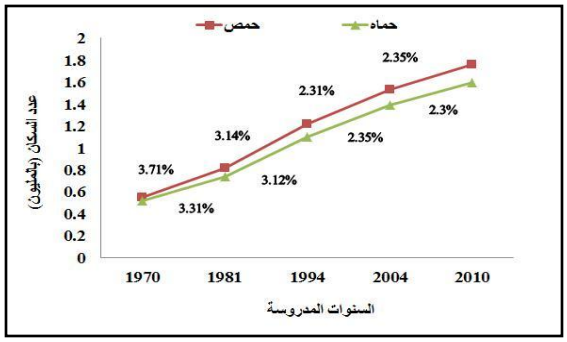
أيضاً بدراسة المتوسطة المتحركة كل 11 سنة لهذه المصادر أظهرت النتائج تناقص تدريجي بها نتيجة التغير المناخي في المنطقة.



الشكل (2): تحليل الموارد المائية الإجمالية باستخدام أسلوب (بوكس–جنكنز).

قاد التسارع في تعداد السكان إلى زيادة الضغط على المصادر الطبيعية وبشكل خاص المائية منها والتغير فيها كمياً ونوعياً، وهذا قضى الى سوء التوازن بين حاجة السكان

والمتاح منها [6]، حيث يظهر الشكل تناقص معدل النمو السكاني في محافظتي حمص وحماه بالرغم من تزايد عدد السكان [7].



الشكل (3): عدد ومعدل النمو السنوي للسكان في محافظتي حمص وحماه.

فكمية المياه المنتجة (المضخوخة بالشبكة المنزلية) ازدادت من 40.3 م.م^3/سنة عام 1998 إلى 58.1 م.م^3/سنة عام 2010 وهذا ترافق مع زيادة كمية الماء المستهلك من 25.49 م.م^3/سنة إلى 39.76 م.م^3/سنة لنفس الفترة، وبالتالي كانت ضياعات الماء بحدود 31.57% في مدينة حمص ونفس القيمة تقريباً للمواقع الأخرى ضمن الحوض المدروس، حيث اختلفت كمية المياه المنتجة بحسب معدلات النمو المختلفة.

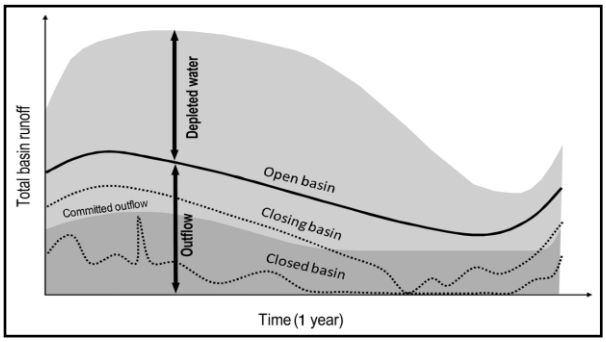
الجدول (2): الطلب على مياه الشرب والاستخدام المنزلي كإنتاج واستهلاك لعام 2010.

البيان		عدد المستفيدين /ألف نسمة/	معدل النمو السكاني %	المياه المستخدمة لأغراض الشرب والاستخدام المنزلي /م.م^3/		نسبة الهدر %	حصة الفرد ل/فرد/يوم	
				الإنتاج	الاستهلاك		الإنتاج	الاستهلاك
حمص	مدينة	822	2.35	58.10	39.76	31.57	193.66	132.53
	ريف1	127	2.77	6.80	4.39	35.48	147.22	94.99
	ريف2	174	5.15	8.59	5.46	36.51	135.19	85.84
حماه	مدينة	407	2.30	48.65	33.98	30.15	327.57	228.80
	ريف	46	3.42	3.55	2.37	33.24	211.07	140.91
المجموع				125.70	85.96			

وعلى اعتبار أنّ قطاع مياه الشرب والاستعمال المنزلي المستهلك الثاني لمصادر المياه بعد الزراعة ويملك كفاءات نقل منخفضة في شبكاته (أقل من 67%) لذا من المهم تحسين فعّالية نقل المياه فيه وحمايته من التلوث. أيضاً إنّ التدفقات العائدة من المنشآت

الصناعية الموجودة قبل سد قطينة مثل الرحبة العسكرية ومحطة الطاقة الحرارية ومؤسسة الأسمدة العامة بالإضافة للمنشآت الواقعة بعد السد والتي تستجر معظم مياهها من البحيرة مباشرة لوثت النهر ولاسيما البحيرة، وهذا توافق مع نتائج [5]، وانعكس ذلك على واقع نوعية المياه في حوض العاصي الأوسط بشكل كبير وأثّر على التنمية البيئية والثروة السمكية. حتى الآن عائد هذه المنشآت الملوث كبير بالمقارنة بما تستجره 14.08 م.م^3 قبل السد و 20 م.م^3 بعد السد ونسبة الاستهلاك لا تتجاوز 16% من الماء المستجر.

سيجعل التزايد السكاني والتنافس على المياه المتاحة بالإضافة لكثافة الاستعمالات الأخرى، الزراعة المروية تنتج غذاء أكثر بماء أقل في العقود القادمة. بالرغم من أنّ الهدف واضح، المفهوم بأغلب الأحيان غير واضح، لاسيما قلة المعرفة حول كيفية استنزاف واستهلاك الماء داخل مشاريع الري [8]، هذا قضى الى استعمال نظام القياسات المائية **(Water Accounting System (WAS))** ليزودنا بأداة لإدارة المصادر المائية بشكل استراتيجي طويل الأمد في حوضي العاصي الأعلى والأوسط حيث يكامل هذا النظام بين العرض والطلب على المياه ويسمح لنا ببلورة السيناريوهات، ناهيك عن أنه يعطي نظرة واضحة للمصادر المائية في الحوض النهري ويظهر من أين تأتي وما هو المستخدم منها وكيف يكون الماء المستخدم منتج بشروط التكلفة لكل متر مكعب. ويشمل على متطلبات القطاع الزراعي والصناعي والمدن والغابات والأعشاب والأنهار والبحيرات (تدفق بيئي)، وأخيراً كم سيتاح للمستقبل [9]. وبما أنّ معظم الأحواض النهرية في البلدان النامية أصبحت مغلقة (أي كل مياهها المتاحة استخدمت) كان من المهم والضروري التخطيط لتطوير المصادر المائية وتخصيصها وإدارتها في ظل الاستخدام المتعدد. ففي الحوض المغلق: كل الماء يستخدم للاستهلاك البشري أو الاحتياجات البيئية ولا يوجد أي ماء يخرج خارج الحوض. وهذا المفهوم يحدد استراتيجيات إدارة الوصول إلى أفضل نظرة للحوض [10]. أما في الحوض المفتوح يوجد تدفق مائي غير مستخدم وغير مخصص يخرج خارج الحوض.



الشكل (4): مخطط يوضح الفرق بين الحوض المفتوح والمغلق [11].

حيث طبّق [12] نظام القياسات المائية (WAS) للموازنة المائية في سد أسوان العالي 2007–2008 فكان الاستنزاف العملي بحدود 65% كتبخر – نتح من المحاصيل وهو النسبة العظمى في حين كانت نسبة الاستنزاف غير العملي بحدود 15% وما يذهب لتلبية احتياجات التدفق البيئي بحدود 10% من الماء المتاح المستخدم، وعليه كانت نسبة الاستنزاف من التدفق الكلي $DF_{GL} = 0.86$ وإنتاجية الماء العملي كانت بحدود $PW_{prosses} = 0.20\ m^3/\$$ وإنتاجية الماء الزراعي بوحدة التبخر – نتح كانت أعلى من إنتاجيته بوحدة الماء الكلي الداخل. في حين بيّن [13] من خلال نتائجهم على حوض نهر Indrawati في النيبال أنّه حوض مفتوح عند الموازنة المائية فيه في حال السنوات الطبيعية (حيث حوالي 90% يعبر الحوض ويخرج منه) ويقترب من حالة الإغلاق في حال السنوات الجافة نتيجة تناقص الوارد المائي، وعليه يجب التخطيط لمشاريع عملية تساعد على رفع إنتاجية الماء فيه، وهذا توافق مع نتائج [14] في الهند.

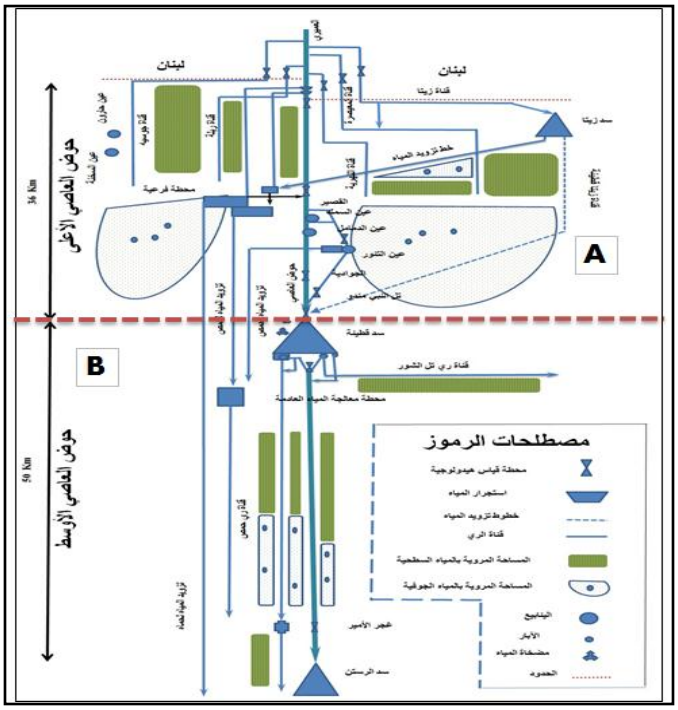
هدف البحث وطرائقه: تعاني المنطقة المدروسة مجموعة من المشاكل ويمكن حصرها بمايلي:

1. تزايد السكان السريع ولاسيما في الريف وهذا خلق توسع بالمساحة المزروعة بمحاصيل ذات احتياج مائي عالي وبتكاليف عالية وانخفاض في حصة الفرد في ظل محدودية الموارد المتاحة.

2. الجفاف الكلي صيفاً وبنسب أقل شتاءً، حيث تتراوح معدلات الأمطار السنوية بين 150 مم في الشرق على مساحات واسعة وتزيد لتصل إلى 800 مم في مرتفعات شين غرباً بشكل محدود، وهذا ترافق مع التبخر المرتفع من أسطح الماء الحر وانخفاض تدريجي في منسوب المياه الجوفية بنتيجة الاستنزاف الجائر من الآبار لأغراض الشرب والاستعمال المنزلي والري.
3. تدني كفاءة شبكات نقل المياه المكشوفة في أعالي العاصي (الأقنية الخمسة) والتي لا تتجاوز 45% وشبكة ري حمص–حماه التي لا تتجاوز 52%.
4. استعمال الماء العذب بطريقة غير مستدامة وافتقار المنطقة لمحطات معالجة أدى إلى تلوث المياه المخصصة للشرب ولاسيما ينابيع عين التنور جراء اطلاقات المنشآت الصناعية في النهر مباشرة.

لذلك لابد من التفكير بوضع خطة متكاملة لإدارة الموارد المائية السطحية والجوفية وإدارة مياه الأمطار، وذلك بالتركيز على استخدام تقنيات حصاد ونشر المياه في الأماكن المناسبة [15]، بهدف محاولة تحقيق الكفاية المائية، وهذا يتطلب تحديد وتحليل جميع موارد الحوض بغاية حل المشاكل التي ذكرت وإيجاد البدائل الفعّالة وتحويل هذه المنطقة إلى مشروع رائد يمكن الاستفادة من نتائجه في الأحواض المشابهة. تهدف هذه الدراسة إلى توصيف واقع المصادر المائية في حوضي العاصي الأعلى والأوسط وتحليلها والتنبؤ المستقبلي حتى عام 2050 باستعمال نظام القياسات المائية (WAS) بالاضافة لتحليل انتاجية الماء الزراعي وطرق تحسينها باستعمال نموذج (MABIA) وكيف يمكن لبعض الاستراتيجيات أن تنقص مقدار العجز وتبعد النقطة الحرجة في العقود القادمة حتى عام 2050، وتساعد الدولة في التنمية الزراعية المستدامة وبالتالي رفع انتاجية المياه وتحقيق أمنها المائي في أعقاب التغيرات المناخية السائدة. وتنطوي طرائق البحث على دراسة البنود التالية: مصادر المياه المتاحة سواء كانت سطحية أو جوفية أو هطول مطري والطلب عليها (الاستعمالات المنزلية والصناعية والزراعية) لكلا الحوضين الفرعين باستخدام بيانات متاحة وعامة لـ 35 سنة سابقة من وزارة الري والمكتب المركزي للإحصاء في سوريا ووزارة الإسكان والتعمير ووزارة الزراعة والاصلاح الزراعي وأما

التقديرات المستقبلية فقد حسبت على أساس هذه البيانات بعد الموازنة في خزان سد قطينة المفصلي لعام 2010.



الشكل (5): التخطيط الهندسي لمعالم المسقط المائي المدروس من الحدود حتى سد الرستن.

تمّ تحليل السلسة الزمنية بأسلوب Box-Jenkins والذي يأخذ بعين الاعتبار المتوسطة المتحركة والتوزيعات الاحتمالية مثل التوزيع الطبيعي (Ghos) والتوزيع التجريبي (Kritski-Menkel) وتوزيع بيرسون (3) وهي ملائمة للبيانات المتاحة خلال 35 سنة سابقة وشبيه ذلك سجل من قبل [16] حيث أنّ معادلات التوزيع الطبيعي (Ghos) كانت باستعمال دالات برنامج Excel:

عند احتمال واردات 50% NORMINV (0.50, mean, St_{Dev})

عند احتمال واردات 75% NORMINV (0.50, mean, St_{Dev})

عند احتمال واردات 95% NORMINV (0.05, mean, St_{Dev})

في حين معادلة التوزيع الهيدرولوجي التجريبي Kritski-Menkel:

$P_m = 100 \times m /(n + 1)$ السنة المختبرة :m

n: عدد السنوات المختبرة

أما توزيع بيرسون (3) فاعتمد على جداول معامل الانعراج وبعض المعادلات الرياضية [17]. وقد تمّ التنبؤ المستقبلي للواردات باستخدام توزيع بيرسون (3) وتمّ حساب متوسط الهطول المطري على الحوض باستخدام طريقة تايسن [18]، وطريقة خطوط المطر المتساوي باستخدام نظام المعلومات الجغرافي (GIS)، كما وقد مثّلت عوامل المناخ الأخرى (درجة الحرارة والرياح والإشعاع والتبخر) باستخدام برنامج New Loc-Clim 1.10 المعد من قبل FAO. أيضاً تمّ دراسة وتحليل النقاط التالية ودمجها مع طريقة التقييم:

– توسع المساحات المروية، فعّالية استخدام المياه في شبكات ري أعالي العاصي وشبكة ري حمص وحماه، تصنيف التربة وفقاً لـ FAO باستخدام GIS، متطلبات الماء الفعلي للمحصول باستخدام MABIA، بيانات المجموعة الإحصائية [19]، عدد السكان [7] وتطور نصيب الفرد من المياه والمساحات المزروعة.

– تطور نصيب الفرد السنوي واليومي من الاستعمال المنزلي كمياه منتجة ومستهلكة وفعّالية شبكات المياه المنزلية.

– تطور الواردات المائية غير التقليدية (رواجع الصرف الزراعي، الصحي، الصناعي).

وعليه تمّ حساب الموازنة المائية للوارد المائي التقليدي وغير التقليدي وفقاً لمعادلات [20]:

$$Q_{in} + R + \Delta S = Q_{out} + E$$

Q_{in}: الواردات الخارجة من المنطقة سواء كانت سطحية أو جوفية، R: الهطول، E: التبخر والنتح، ΔS: التغير في الخزان داخل منطقة الدراسة والتي تتألف من التغيرات في المياه الجوفية والسطحية حيث الإشارة الموجبة تشير إلى إزالة الماء من الخزان.

الموازنة المائية تعبر عن الفرق بين المصادر المائية المتاحة (WR) والطلب عليها من قبل المستخدمين (D)

$$WR - D = \pm B$$

B+: زيادة العرض للمياه وتلبية كل الطلبات المتزايدة في المستقبل أو تعبر عن الفائض المنطلق لأسفل النهر والمتاح للاستخدامات الأخرى.

B-: أنّ هنالك بعض القطاعات أو جميعها لم تستلم حاجاتها من المياه (عجز مائي).

– الماء العائد من الري يعتمد على المساحات المروية وفعّالية الري.

– الماء العائد من الصناعة كان بحدود 84% من المياه المستجرة لها.

تتألف طلبات المياه من الإمدادات لمستخدمي المياه المختلفين: 1– التدفق البيئي الأدنى النهر، 2– إمداد الماء المحلي لمدينتي حمص وحماه، 3– متطلبات الري بين الحدود السورية اللبنانية وسد قطينة (15424 هـ)، وتشمل على أنظمة ري الأقنية الخمسة (6849 هـ)، والري من النهر مباشرة (448 هـ)، والري من المياه الجوفية (ينابيع + آبار) (8127 هـ)، 4– شبكة ري حمص– حماه (13195 هـ)، 5– الاستهلاك المائي الصناعي، 6– الضياعات من سد قطينة (تبخر + تسرب).

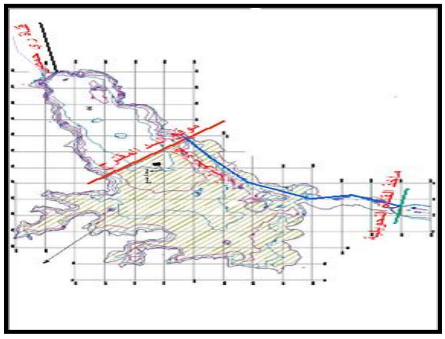
الجدول (3): الطلب المتوقع على المياه (م.م^3) في حوضي العاصي خلال فترة الدراسة.

السنة	2010	2020	2030	2040	2050
التدفق البيئي الأدنى	31.54	31.54	31.54	31.54	31.54
مياه الشرب والاستعمال المنزلي لحمص وحماه	125.70	162.47	211.29	269.27	365.91
الاستجرار من بحيرة قطينة	31.54	31.54	31.54	31.54	31.54
ري الأقنية الخمسة 6849 هـ	78.58	78.58	78.58	78.58	78.58
ري من النهر مباشرة 448 هـ	4.45	4.45	4.45	4.45	4.45
ري (المياه الجوفية 8127 هـ)	62.45	62.45	62.45	62.45	62.45
ري (شبكة حمص-حماه 13093هـ)	117.22	117.22	117.22	117.22	117.22
المجموع	451.48	488.25	537.07	595.05	691.69

– تمّ تحديد الأولويات للقطاعات المختلفة فمثلت الأولوية الأولى تأمين مياه الشرب والاستخدام المنزلي لمدينتي حمص وحماه وريفهما والتدفق البيئي للنهر (EFRs) والتزامات المنشآت الصناعية على النهر، في حين شملت الأولوية الثانية بالإضافة للأولوية الأولى على متطلبات شبكات الري في أعالي العاصي والشبكة البديلة للآبار ضمن حرم عين التنور، أما الأولوية الثالثة فقد شملت على متطلبات شبكة ري حمص – حماه وضياعات التبخر والتسرب من بحيرة قطينة.

– قسّم الموقع وفقاً لمعدل نمو السكان إلى مدينة حمص (2.35%)، وريف حمص (R1) (2.77%)، وريف حمص (R2) (5.15%)، ومدينة حماه (2.3%)، وريف حماه (R3) (3.42%). وتمّ حساب الموازنة المائية عند احتمالات الواردات المائية واستنتاج الطلبات

المائية حتى عام 2050 وفقاً لتعداد السكان ومعدلات نموهم في المستقبل، وإدراك زمن حدوث العجز وكيف يمكن نقل وإبعاد النقطة الحرجة (العجز) حتى عام 2050 باقتراح بعض الحلول كبناء سدات بديلة في سد قطينة لتقليل التبخر من سطحها الكبير ورفع درجة تأمين الاحتياجات المتعلقة بالأولوية الثالثة.



الشكل (6): موقع السد المقترح لتصغير بحيرة قطينة وفقاً لدراسة [21].

ووفقاً لما سبق تمّ اقتراح الافتراضات التالية للتنبؤات المستقبلية:

– نتيجة التغيرات المناخية سيكون هناك تناقص تدريجي بالواردات المائية بحدود 0.25% وزيادة تدريجية بالمقابل بالتبخر بنفس النسبة وفقا لدراسة [22، 23].

– نتيجة شح المياه والنمو المدني والعمراني ستحافظ المساحة المزروعة على مساحة محددة دون زيادة وبتضمين طرق الري الحديث سنحافظ على حوالي 41% من الماء المستهلك ونرفع إنتاجية المياه [24، 25].

– نتيجة التطور الصناعي في سورية وبشكل خاص في محافظة حمص فان الطلب المائي السنوي للقطاع الصناعي سيزداد بحدود 2% [26].

– وفقاً للشكل (3) معدل النمو السكاني لمدينتي حمص وحماه سيتناقص بشكل سنوي بحدود 0.03%.

– نتيجة تحسينات البنى التحتية المائية، سترتفع فعّالية شبكات نقل المياه لقطاع الشرب والاستعمال المنزلي الى 75%، ووفقاً لتوصيات منظمة الصحة العالمية 2006، والتي تقترح أنّ 100 ل/فرد/يوم يعد كاف لتلبية متطلباته. وعليه افترضنا 110 ل/يوم للمدينة و85 ل/يوم للريف لكل فرد.

النتائج والمناقشة:

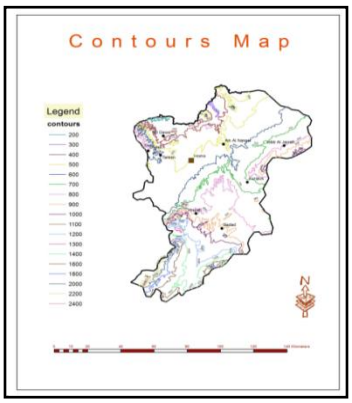
الموازنة المائية في حوض العاصي الأعلى (الفرع A) في عام 2010: اعتبر عام 2010 سنة أساس وبمقارنة المصادر المائية التقليدية المتجددة وغير التقليدية مع الطلب على المياه، وجدنا أنّ هذه السنة أجف من عام 2004 من حيث الوارد المائي السطحي والجوفي والهطول المطري حيث تمّ تغطية جميع التزامات الأولوية الأولى بشكل كلي وبشكل جزئي لالتزامات الأولوية الثانية وذلك بحسب كفاءات الري المطبقة والتي تتغير من 35 – 85%. ومن حساب الوارد الداخل إلى قطينة والمساوي 160.03 م.م^3 وجدنا أنّه يعادل للوارد المائي الخارج من محطة الجوادية والداخل لقطينة وهذا يؤكد على دقة الحساب وقياس المحطات الهيدرولوجية في الموقع المدروس وهذا توافق مع نتائج [27].

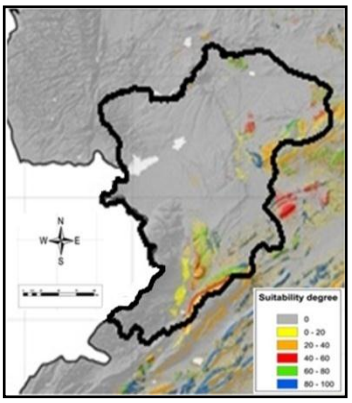
الجدول (4): الموازنة المائية عام 2010 في حوض العاصي الأعلى – م.م^3/سنة.

الواردات						
الواردات المائية عند الحدود السورية اللبنانية	الجريان السطحي من المسيلات الجانبية	الموارد الجوفية	المطر المباشر على البحيرة	عوائد الصرف الصحي والصناعي	عوائد الصرف الزراعي	المجموع
302.15	8.65	78.58	12.89	14.09	71.02	**487.38**
الاحتياجات						
مياه الشرب والاستخدام المنزلية لحمص وحماه وريفهما	**مياه للري**	**مياه للصناعة**	**التبخر من البحيرة**	**التسرب من البحيرة**		**المجموع**
125.7	185.9	14.08	61.43	7.8		**394.91**
المياه الممكن استثمارها من سد قطينة في العاصي الأوسط						**92.47**

وعليه تمّ استجرار حوالي 88 م.م^3 لتغطية التزامات الأولوية الثالثة بعد السد وعند المقارنة وجدنا أنّ التغطية لا تلبي الالتزامات ولا سيما على صعيد الزراعة لذا تمّ استجرار واستنزاف مياه الآبار بشكل كبير وحفر العديد من الآبار غير المرخصة ناهيك عن الضخ العشوائي من النهر لتلبية العجوزات المحلية الموجودة في هذا الجزء، وهذا توافق مع نتائج [28، 29]. أيضاً وجدنا أنّ الداخل إلى سد الرستن بلغ حوالي 55.2 م.م^3 عند محطة غجر الأمير وهذا يؤكد أن هذا العام ينطوي تحت السنوات الجافة بالمقارنة بعام 2004

حيث أنّ الوارد الداخل للسد كان بحدود 220.03 م.م^3، وبدراسة إمكانية تطبيق تقنية حصاد مياه الأمطار وفقاً لخطوط الكونتور واحتمال ضمان المطر وجدنا أنه يقتصر على الأجزاء الشرقية والجنوبية من الموقع للأغراض الزراعية ومن الممكن تطبيقه من على سطوح المنازل في الأرياف والمدينة.

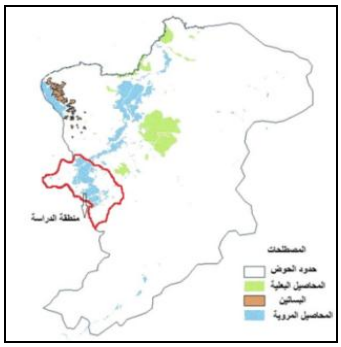


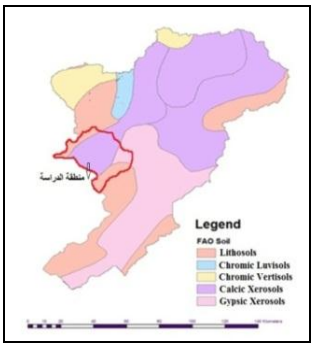


الشكل (7): مخططي مواقع امكانية حصاد المياه وخطوط الكنتور باستخدام GIS وفقاً لـ [30].

العرض والطلب على الماء الزراعي: هنالك عدم توافق بين الخطة المدروسة من قبل وزارة الزراعة بشأن التوسع بالمساحة المروية في منطقة الدراسة والمساحة المنفذة فعلاً على أرض الواقع [31]، وهذا يعود بالدرجة الأولى الى خلل واضح في توزيع الماء الزراعي على حساب الالتزامات الأخرى بالاضافة الى للكسب السريع للمزارع دون النظر لاتباع سياسة المحاصيل البديلة ذات الاحتياج المائي المنخفض وللتدهور البيئي. وعليه زادت المتطلبات المائية بالرغم من تناقص الوارد الداخل السنوي فانعكس ذلك مباشرة بعد الموازنة في سد قطينة على واقع الزراعة في الحوض الفرعي (B) ولاسيما المروية من المياه السطحية (شبكة ري حمص–حماه) وتمّ التعويض عن ذلك بزيادة عدد الآبار غير المرخصة واستنزاف مياهها ليبلغ عام 2010، 11951 بئر [5]. وقد نتج عن ذلك انخفاض ملحوظ في الطاولة المائية الجوفية وجفاف العديد من الآبار في المنطقة ومحيطها وهذا توافق مع نتائج [32] في حوض العاصي (الغاب). وقد ترافق هذا التزايد بالمساحة بتناقص حصة الفرد من المساحة المروية الاجمالية من المصادر الاجمالية من 18.0×10^{-3} هـ عام 1998 إلى 12.6×10^{-3} هـ عام 2010 وذلك نتيجة التزايد السكاني

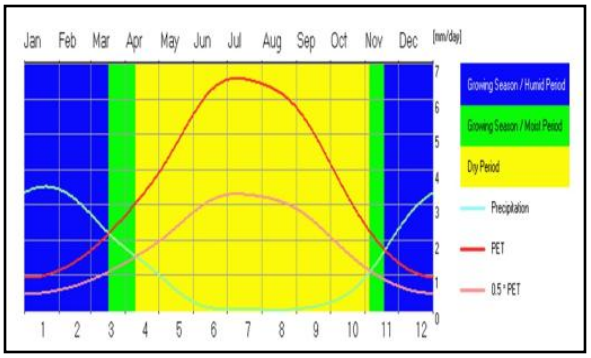
في المنطقة وتناقص المساحة المروية من المصادر الجوفية. وقد انخفضت حصة الفرد من المياه المخصصة للزراعة من 261.7 م^3 الى 198.2 م^3 في الفرع (A) من موقع الدراسة. وهذا الوضع جعل هنالك اقبال كبير وملحوظ من قبل فلاحي المنطقة في تطبيق أنظمة الري الحديث حيث شكلت المساحة المروية بطرق الري الحديث عام 2010 نسبة 72% من المساحة المروية الإجمالية (15424 هـ) الفرع (A)، في حين كانت بنسبة 47% في منطقة الدراسة الفرع (B) وهذا انعكس على واقع الري وتحسين كفاءته من 35% الى 85% في بعض الأماكن وهذا توافق مع نتائج [33]. وبالاعتماد على ما سبق من توصيف للمشاكل الرئيسية في الحوضيين الفرعيين (A وB) خلال الفترة 1998-2010. فقد تمّ تخطيط ورسم البيانات الرقمية باستعمال برنامج نظم المعلومات الجغرافية GIS فيما يخص استعمالات الأراضي وتغطيتها والانتقال من على صعيد الحوض إلى دراسة منظومة الري الزراعي وتطبيقاتها في المنطقة ومقارنة ذلك مع نتائج نموذج MABIA لتفصيل أسباب العجز في القطاع الزراعي وإظهار إنتاجية المياه الفعلية للمحاصيل المزروعة ومقارنة ذلك مع ما ينفذ من قبل مزارعي المنطقة المدروسة. حيث يتبيّن من الشكل وجود ثلاث مجموعات للترب في المنطقة المدروسة وفقاً لتصنيف FAO وتشكل المجموعة Calcic Xerosols النسبة الأكبر حيث الصخرة الأم هي مارل البليوسين مغطاة بترب حمراء اللون طينية ثقيلة ناتجة عن الانجراف السفحي لجبال لبنان التي تجاورها على يسار النهر وتزداد نسبة الحصى الكلسية والرمل كلما اتجهنا نحو الشرق على يمين النهر نتيجة الوديان والسيول اللحقية فتبدو الترب صفراء متوسطة إلى خفيفة في حوض وادي ربيعة. وبحسب مثلث القوام والدراسة التي أعدّت من قبل مديرية الموارد المائية بحمص [34]. والتي شملت على تحليل 86 مقطع، اختلفت أنواع ترب المنطقة المدروسة بالتدرج من الترب الطينية إلى الترب الرملية. وبعد المسح الظاهري للمنطقة المدروسة تبيّن تركيز المحاصيل المروية على جانبي النهر، والتي شملت على بعض بساتين أشجار المشمش والتفاح والزيتون بالإضافة لبعض المحاصيل الحقلية كالقمح والذرة الصفراء والقطن والشوندر السكري ومحاصيل الخضار كالبطاطا الخريفية والخيار والبندورة والباذنجان.





الشكل (8): مخططي استعمال الأراضي وتغطية التربة في الحوض الفرعي، A.

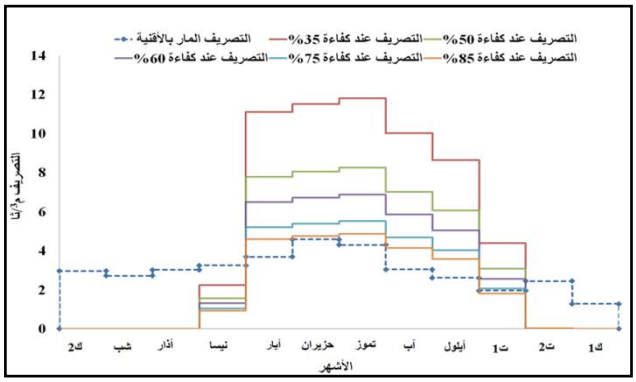
ومن خلال الإلمام اليومي بالمعطيات المناخية للمحطات الموجودة بالمنطقة وحولها (القصير وقطينة وحسياء والنبك وحمص) وبالاستعانة ببرنامج (NewLoc-Clim 1.10) المعد من قبل منظمة FAO تبيّن وجود فجوة مائية خلال الأشهر من آذار حتى تشرين أول عند المقارنة بين التبخر–نتح المرجعي الحاصل من حوض كلاس A والهطول المطري.



الشكل(9): الفجوة المائية بين الهطول المطري والتبخر – نتح المرجعي الحاصل من حوض البخر كلاس A (متوسط العشر سنوات الأخيرة 2000-2010 م، في موقع الدراسة).

ومن تقييم كفاءة الري للأقنية الخمسة وجدنا أن كفاءة الري للجزء البيتوني بين (76.7-91.1)% أما كفاءة الري للجزء الترابي فقد بلغت حوالي 39.1%، وقد بلغت الكفاءة الوسطية المفترضة لمنظومة الكتف الأيسر للنهر 34.3% تقريباً في حال كانت 43% لأقنية الكتف الأيمن إذا أمكن وصول كامل احتياج النبات الصافي له. وعليه وصل

احتياج الهكتار من المياه السطحية في بعض الأماكن الى 18762 م^3 عند كفاءة 35% و15089 م^3 بكفاءة 43% في حين الكمية المقدمة المستجرة لا تزيد عن 12400 م^3/هـ تقريباً عام 2010. في حال انخفض الى 7684 م^3/هـ بكفاءة ري 75% عند استعمال المياه الجوفية. وقد ترافق تدني كفاءة نقل المياه بخلل الادارة والتوزيع على الصعيد الشهري حسب حاجة المحاصيل المروية في تلك المنطقة حيث نلاحظ أنّ التصريف المار في شهر تموز كان بحدود 4.299 م^3/ثا، بينما بلغ التصريف اللازم 8.251 م^3/ثا عند كفاءة ري 50% في نفس الشهر أي أنّ نسبة العجز بلغت 47.89% في حين كان هنالك فائض عن حاجة النبات في الأشهر من تشرين أول وحتى أذار.



الشكل (10): التصريف المار بالأقنية والتصريف اللازم لري محاصيل الفرع (A).

والأمر ذاته لشبكة ري حمص 13000 هـ والتي تحتاج 88 م.م^3/سنة بكفاءة ري 52%. أدى هذا إلى انخفاض فعّالية أنظمة الري المضغوطة الحديثة والمطبقة من قبل مزارعي المنطقة إلى ما دون 50% بالإضافة إلى حفر العديد من الآبار واستنزافها بشكل كبير في أشهر الصيف ما أدى إلى انخفاض الطاولة المائية وجفاف معظمها عام 2010، ناهيك عن تلوث بعض منها ولاسيما في منطقة عين التنور نتيجة رواجع الصرف الصحي والتي كانت مصدر مهم لالتزامات مياه الشرب والاستخدام المنزلي في منطقة القصير. وبتطبيق النموذج (MABIA) على المحاصيل المذكورة والسائدة في المنطقة وجدنا أنّ إنتاجية المياه عالية باستعمال أنظمة الري المضغوطة بالمقارنة مع الري السطحي بعد الأخذ بعين الاعتبار نوع التربة والمحصول المزروع وكفاءة الري المتبعة. حيث يوفر الري بالرش باستخدام النموذج 20% والري بالتنقيط حوالي 36% من المياه المستعملة مقارنة

بطريقة الري السطحي التقليدي هذا على اعتبار أنّ كفاءة الإضافة 60% للري السطحي و80% للري بالرش و90% للري بالتنقيط ولكن عند أخذ كفاءة نقل المياه من شبكة ري الأقنية الخمسة المكشوفة والتي لاتتجاوز45% لإيصال الماء اللازم للنبات، نلاحظ أنّ كفاءة الإضافة ستصبح 27% للري السطحي و36% للري بالرش و40% للري بالتنقيط، وهذا يجعل فعّالية الري بالتنقيط قريبة للري السطحي.

الجدول (5): نتائج النموذج في حساب إنتاجية المياه الفعلية للمحاصيل المختلفة المزروعة عند تطبيق عدة طرق ري مع نسب التوفير بالمقارنة مع الري السطحي التقليدي.

نوع المحصول	طريقة الري	كمية المياه الواجب المياه المقدمة خلال الموسم م^3/هـ	نسبة التوفير في المياه لدى استعمال الأنظمة الحديثة بالمقارنة مع الري السطحي التقليدي %	الإنتاج المردود طن/هـ	إنتاجية المياه كغ/م^3
بطاطا خريفية	سطحي	4664	-	16	3.43
	رش	3731	20	25	6.70
	تنقيط	3005	36	28	9.32
قمح	سطحي	4507	-	5	1.11
	رش	3605	20	6.5	1.80
قطن	سطحي	11585	-	4	0.35
	تنقيط	7700	34	5.2	0.68
شوندر سكري خريفي	سطحي	5899	-	75	12.71
	رش	4720	20	85	18.00
	تنقيط	3700	37	88	23.78
خيار	سطحي	5150	-	36.2	7.03
	تنقيط	3560	31	55.8	15.67
زيتون	سطحي	4330	-	1.8	0.42
	تنقيط	2887	33	2.8	0.96
مشمش	سطحي	6600	-	3	0.45
	تنقيط	4200	36	3.5	0.83
تفاح	سطحي	12195	-	9.5	0.78
	تنقيط	9080	26	12	1.32
ذرة صفراء	سطحي	7870	-	3	0.38
	تنقيط	5230	34	4.3	0.82

وعليه تمت المقارنة بين نتائج النموذج وما يطبق من قبل المزارعين على ذات المحاصيل المدروسة. فوجدنا أنّ المزارع يوفر ما يقارب 14.83% بنظام الري بالرش وحوالي 24.8% بنظام الري بالتنقيط بالمقارنة مع الري السطحي، وهذه النسب أقل من النسب التي أعطاها النموذج بحدود 5% للري بالرش و10% للري بالتنقيط وقد ترافق ذلك مع قلة الإنتاج وبالتالي انخفاض إنتاجية المياه (كغ/م^3)، فإنّ جدولة الري بالاعتماد على أسس صحيحة تلم بخصائص الترب الهيدروفيزيائية وخصائص المحصول (العمق الفعال للجذور ومعامل المحصول والاستهلاك المائي حسب الأطوار الفينولوجية)، تزيد من إنتاجية الماء الزراعي وتجنب المحاصيل من خطر التعرض إلى إضافة مفرطة بالمياه تزيد عن حاجة المحصول الفعلية ينجم عنها تلفاً للمحصول أو الجفاف الفيزيولوجي الذي ينجم عن الغرق وقلة امتصاص الأوكسجين اللازم للتنفس وهذا توافق مع نتائج [35]. وعند تعميم هذه النتائج على صعيد مشروع الري وبالتالي المنطقة المدروسة من خلال الإلمام بنسبة المساحة المنفذة لكل محصول نستنتج أنّه يمكن توفير ما يقارب 25.5 م.م^3 عند إتباع جدولة الري بأسلوب النموذج بالمقارنة مع ما ينفذ من قبل المزارع.

الجدول (6): مقارنة كميات المياه المقدمة والموفرة للمحاصيل المستهدفة على مستوى المساحة المنفذة عام 2010.

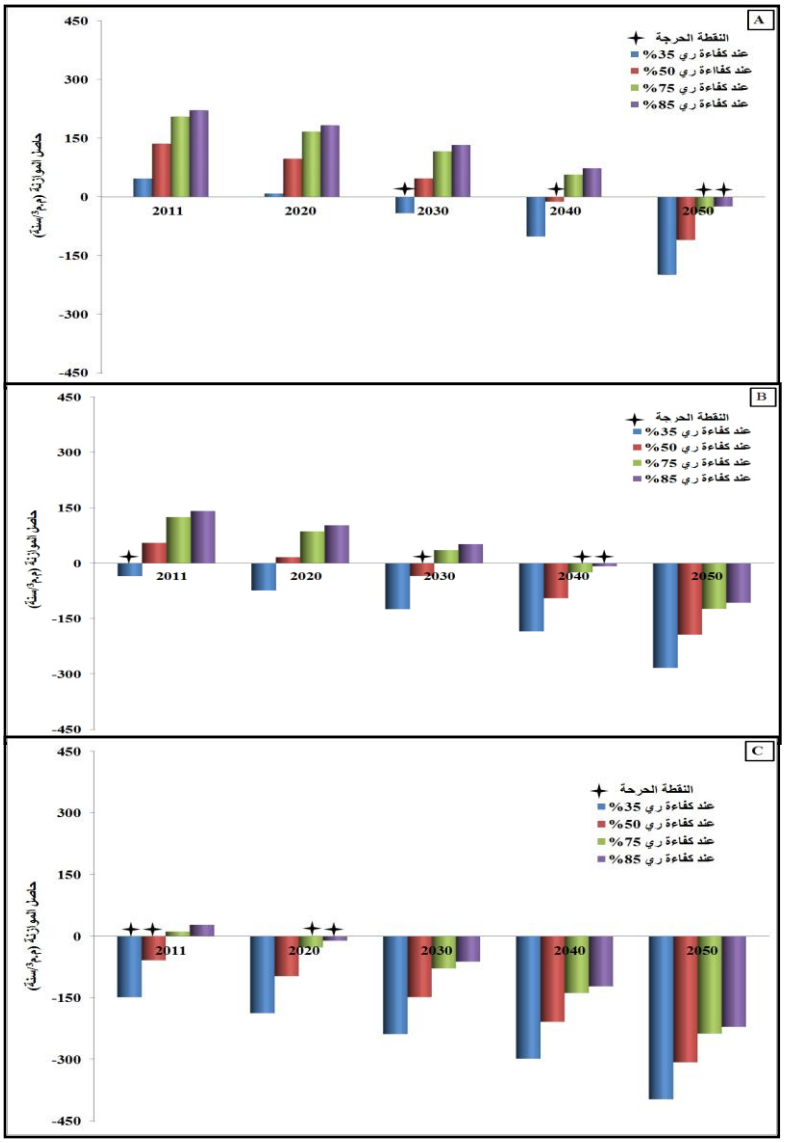
المحصول	المساحة المروية المنفذة في المنطقة المدروسة /هـ/		الاحتياج اللازم وفق النموذج (م^3/هـ)		الاحتياج المقدم من قبل المزارع (م^3/هـ)		كمية المياه اللازمة وفق النموذج م.م^3/ سنة	كمية المياه المقدمة من قبل المزارع م.م^3/ سنة	كمية التوفير م.م^3/ سنة	نسبة التوفير %
	ري حديث	ري تقليدي	ري حديث	ري تقليدي	ري حديث	ري تقليدي				
قمح	3297	1282	3605	4507	5500	6450	17.66	26.40	8.74	33
بطاطا خريفية	703	274	3368	4664	5413	6750	3.65	5.65	2.01	36
زيتون	376	146	2887	4330	3800	5000	1.72	2.16	0.44	20
شوندر سكري	567	221	4210	5899	5800	7250	3.69	4.89	1.20	25
خيار	144	56	3560	5150	6300	8715	0.80	1.40	0.59	43
تفاح	1694	659	9080	12195	12476	15800	23.42	31.55	8.13	26
مشمش	1289	501	4200	6600	5780	7600	8.72	11.26	2.54	23
قطن	418	162	7700	11585	10100	13500	5.10	6.41	1.31	20
ذرة صفراء	100	169	5230	7870	7550	9540	1.823	2.37	0.54	23
المجموع							66.59	92.09	25.5	28

وعند الأخذ بعين الاعتبار كفاءة نقل المياه المنخفضة لشبكة الري السطحي فنجد أنّه يجب أن نستجر ما يقارب 155 م.م^3/سنة من مياه الحوض لتأمين الكمية اللازمة للمزارع البالغة 92 م.م^3/سنة، وحوالي 100 م.م^3/سنة لتلبية المتطلبات وفق النموذج وهذا يجعل إنتاجية الماء الزراعي منخفضة على صعيد الحوض المدروس. لذا لابد أولاً من صيانة الشبكات القديمة وتغطيتها أو استبدالها بالشبكات الأنبوبية المضغوطة بغاية رفع كفاءة نقلها للمياه ثم الأخذ بنتائج الجدولة المستنتجة عبر نموذج MABIA.

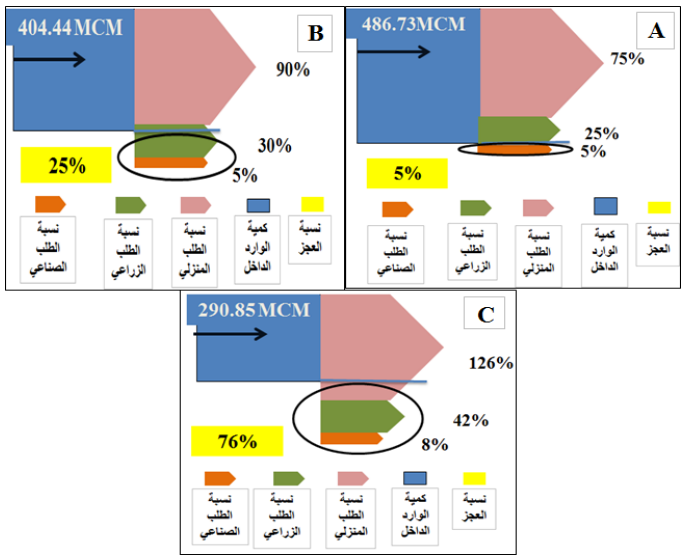
الموازنة المائية المستقبلية:

السيناريو المرجعي (الحالة الفعلية الراهنة): تمّ التنبؤ بالموازنة المائية المستقبلية حتى عام 2050 باستخدام الموارد المائية التقليدية المتجددة فقط. وبتحليل النتائج، لاحظنا أثر تحسين فعّالية الري على موقع النقطة الحرجة وبدراسة ثلاث حالات جراء أثر التغير المناخي تمّ التوصل إلى التالي، الحالة الأولى: عند احتمال واردات 50% (حالة السنوات الطبيعية) ظهر العجز المائي (النقطة الحرجة) قبل عام 2030 عند كفاءة ري 35% في حين اختفى حتى عام 2040 عند تحسين الكفاءة إلى 50% وعند تحسينها إلى 75% و85% وجدنا اختفاء العجز حتى عام 2050. أما الحالة الثانية: عند احتمال واردات مائية 75% (حالة السنوات الجافة) ظهر العجز قبل عام 2011 عند كفاءة ري 35% ثم انتقلت النقطة الحرجة إلى 2030 عند تحسين الكفاءة إلى 50% ومن ثم 2040 عند رفع الكفاءة إلى 75% و 85%. في حين الحالة الثالثة: عند احتمال واردات مائية 95% (حالة السنوات الجافة جداً) ظهر العجز قبل عام 2011 عند كفاءة ري 50% ووجدنا أنه لو حسّنا كفاءة الري إلى 85% ستنزاح النقطة الحرجة الى عام 2020 فقط وهذا توافق مع نتائج [25]. وبتحليل النتائج باستعمال نظام القياسات المائية نلاحظ بعد دراسة نسبة الطلب للقطاعات المختلفة (مياه شرب واستخدام منزلي، الصناعة، الزراعة بعد تحسين كفاءة الري الى 85% وبحسب نتائج نموذج MABIA) أنّ نسبة العجز ستصبح 5% عام 2050 في حوض العاصي الأعلى وهذا يعني عدم امكانية تلبية متطلبات حوض

العاصي الأوسط من صناعة وزراعة (الأولوية الثالثة) في حالة السنوات الطبيعية. وستزداد النسبة الى 25% و76% في حالة السنوات الجافة والجافة جداً على التوالي وهذا يشير الى أنّ حوض العاصي الأعلى حوض مغلق في الحالة الراهنة بالنسبة الأوسط.



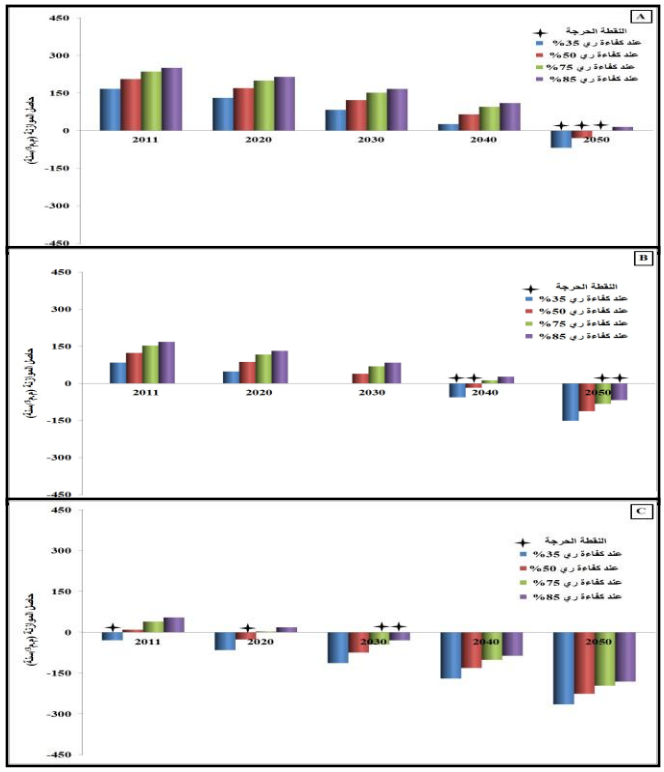
الشكل (11): حاصل الموازنة عند احتمال واردات تقليدية متجددة [50% (A) و75% (B) و95% (C)].



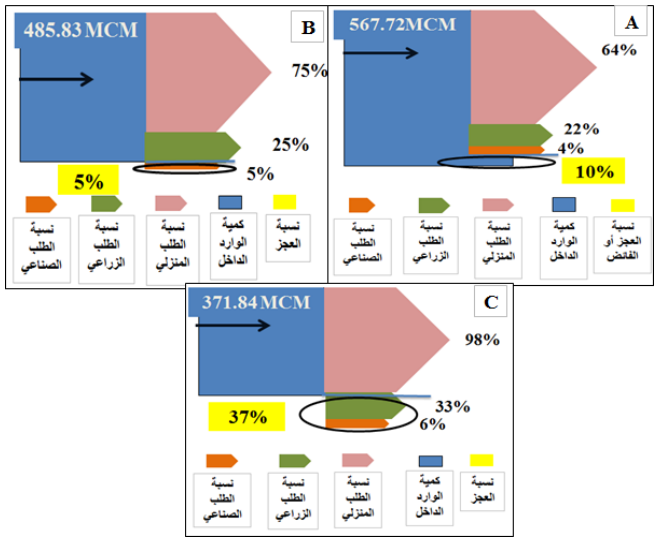
الشكل (12): نتائج نظام القياسات المائية بحسب السيناريو المرجعي (الحالة الراهنة).

وعليه تمّ اقتراح عدة إجراءات بغاية الاستخدام المستدام للمصادر المائية في الحوض المدروس ومن أجل حفظ الموارد وإنقاص الفجوة بين العرض والطلب بظل محدودية الموارد جراء التغيرات المناخية في العقود القادمة، وهذه السيناريوهات هي:

- **إعادة استخدام الموارد المائية غير التقليدية (رواجع الصرف الزراعي والصناعي بعد المعالجة).** من خلال هذا السيناريو وجدنا اختفاء العجز المائي حتى عام 2050 عند تحسين الكفاءة إلى 85% مع ظهور فائض بنسبة 10% في الحالة الأولى (السنوات الطبيعية) وذلك عند المقارنة مع السيناريو المرجعي، يمكن الاستفادة منه في تلبية جزء من متطلبات الأولوية الثالثة في الأوسط وهذا توافق مع نتائج [24، 36]، أما في الحالتين الثانية والثالثة نلاحظ تناقص قيم العجز واختفاؤه حتى عام 2040 و2030 على التوالي وذلك بالمقارنة بالسيناريو المرجعي وبعد تحسين كفاءة الري الى 85%. وبتحليل النتائج من حيث نسب الطلب باستخدام نظام القياسات المائية نلاحظ وجود فائض بمقدار 10% في حالة السنوات الطبيعية وانخفاض نسب العجز من 25% الى 5% ومن 76% الى 36% في الحالتين الثانية والثالثة بالمقارنة بالسيناريو المرجعي.

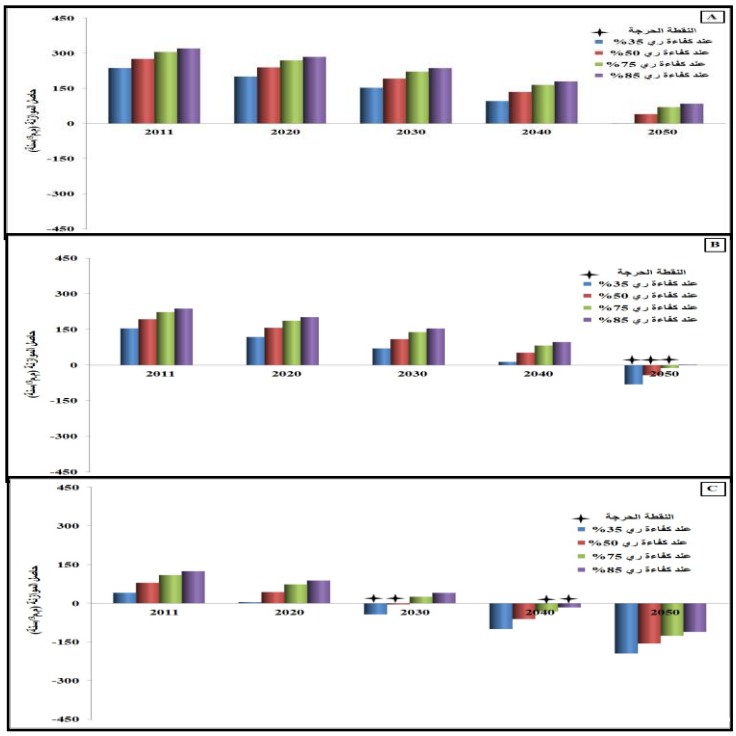


الشكل (13) حاصل الموازنة عند احتمال واردات تقليدية متجددة وغير تقليدية [50% (A) و75% (B) و95% (C)].



الشكل (14): نتائج نظام القياسات المائية بحسب السيناريو الأول.

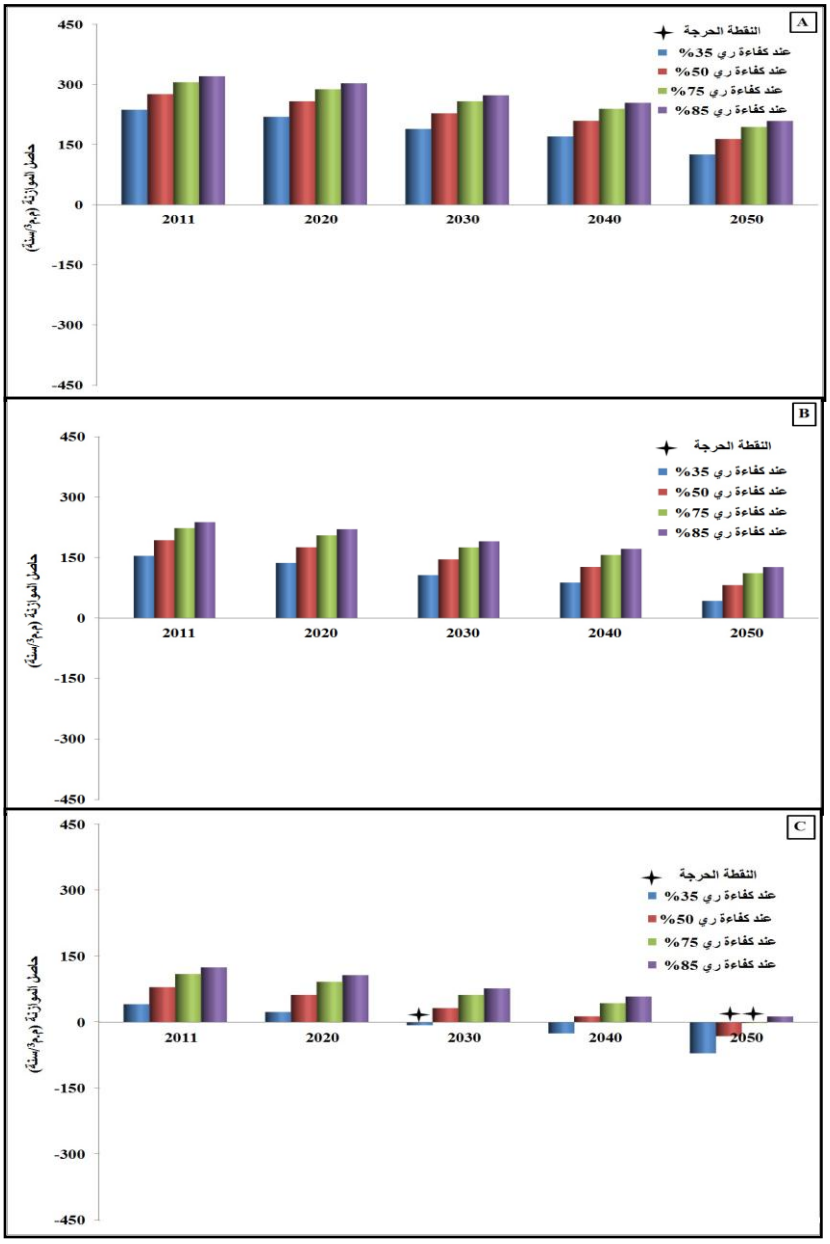
– **إمكانية استثمار سد زيتا بشكل أمثلي:** ينطوي هذا السيناريو على استخدام المياه الجوفية لري المحاصيل الحقلية والاستفادة من مخزون سد زيتا كمياه سطحية لتلبية حاجات الأولوية الأولى وللري عند إمكانية ذلك في أشهر الجفاف، وعليه وجدنا أنّه بتحسين كفاءات الري سيختفي العجز في الحالة الأولى بعد تضمين السيناريو الأول وسيتناقص بالمقارنة مع السيناريو المرجعي عند كلتا الحالتين الثانية والثالثة وتنزاح النقطة الحرجة الى عام 2050 و2030 على التوالي. وقد درس هذا السيناريو كخيار مهم بسبب نتائج بعض الدراسات المرجعية التي تتمخض على وجود تلوث واضح في مياه الشرب المستجرة من ينابيع عين التنور نتيجة اختلاط رواجع الصرف الصحي والصناعي بها وتعتبر هذه الينابيع مورد رئيسي لتلبية متطلبات مدينة حمص من مياه الشرب والاستخدام المنزلي، كما وأنّ لهذا السيناريو أثر واضح على تأمين متطلبات التدفق البيئي بعد سد قطينة ولا سيما في حالة السنوات الجافة.



الشكل (15) حاصل الموازنة عند احتمال واردات تقليدية متجددة وغير تقليدية [50% (A) و75% (B) و95% (C)] عند امكانية استثمار سد زيتا.

- **إنقاص حصة الفرد من مياه الشرب والاستخدام المنزلي وتقليل التبخر من سطح بحيرة قطينة):** وجدنا أنّ كمية المياه المنتجة لأغراض الشرب والاستخدام المنزلي ستنخفض من 365.9 م.م/سنة إلى 242.15 م.م^3 عام 2050، بعد تحسين فعّالية نقل المياه في الشبكات إلى 75% بصيانتها أو استبدالها، بالإضافة لذلك وجدنا أنّه بتعميق بحيرة قطينة لتصل إلى 14 م بدلاً من 7 م (واقع راهن) أو بإنشاء سد بديل كما هو مذكور في طرائق البحث سينقص التبخر من سطحها الكبير بحدود 28-25 م.م^3/سنة وهذا سيؤدي إلى اختفاء نقطة العجز بشكل كامل في الحالتين الأولى والثانية مع وجود فائض يكفي لتلبية متطلبات الأولوية الثالثة في العاصي الأوسط بشكل كامل بعد تحسين كفاءة الري الى 85%، واختفاء العجز بالحالة الثالثة في العاصي الأعلى بدون تحقيق متطلبات الأولوية الثالثة في العاصي الأوسط. وهذا يشير الى الدور الفاعل لهذه السيناريوهات في تحويل حوض العاصي الأعلى المغلق (واقع راهن) الى حوض مفتوح بالنسبة للأوسط حتى في حال السنوات الجافة.
- **تحسين فعالية شبكة ري حمص وإلزام المنشات الصناعية بتطبيق دارات مغلقة):** بتحسين فعّالية شبكة ري حمص إلى 75% بدلاً من 53% (واقع راهن) وذلك من خلال صيانتها والفصل بينها وبين شبكة ري حماه وبتطبيق محطة ضخ الرستن لتلبية متطلبات شبكة ري حماه واستبدال الشبكة القديمة بالشبكات الأنبوبية المضغوطة ستنخفض متطلباتها من 88 م.م^3/سنة إلى 61 م.م^3/سنة. كما أننا سننقص التلوث والهدر عندما تعيد المنشآت الصناعية استعمال المياه مرة ثانية من خلال الدارات المغلقة وهذا يتوافق مع نتائج [37]. وهكذا نستطيع تحقيق متطلبات الأولوية الثالثة في الفرع B بشكل كامل حتى في حالة السنوات الجافة جداً، وهذا يتعارض مع نتائج [38] والتي تلزم باستجرار مائي من حوض قريب كالساحل بمعدل 300 م.م^3 لسد الفجوة بين العرض والطلب في حوض العاصي. وبالتالي فان تبني إدارة الطلب على المياه (نظام القياسات المائية) لتحديد وتوزيع المياه على القطاعات المختلفة أفضل بكثير من إدارة العرض،

والاستخدام المرشد للمياه سيقود إلى الاستدامة للمصادر المائية مع وجود فائض نستطيع الاستفادة منه في تطوير مشاريع مستقبلية أخرى.



الشكل (16) حاصل الموازنة عند احتمال واردات تقليدية متجددة وغير تقليدية [50% (A) و75% (B) و95% (C)] بعد تخفيض حصة الفرد وتقليل التبخر من قطينة.

المراجع العربية:

15- عويس ديب؛ برينزديتر؛ حاجم أحمد، (2003)- **حصاد المياه تقانات تقليدية لتطوير البيئات الأكثر جفافاً.** مطبوعات المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (ايكاردا).

21- رعد، تمام. (2013). **التنبؤ عن الوضع المائي المستقبلي لحوض العاصي الأعلى باستخدام الطرق التحليلية الإحصائية.** رسالة دكتوراه. كلية الهندسة المدنية. منشورات جامعة البعث، ص(151).

25- خزام، بشرى.(2010). **ترشيد استخدام الموارد المائية في حوض العاصي الأعلى،** رسالة لنيل درجة الدكتوراه، قسم الهندسة المائية، كلية الهندسة المدنية، جامعة البعث.

34- المهندسين الاستشاريين العرب. (2007). **دراسة مشروع تطوير شبكات ري أعالي العاصي والشبكة البديلة عن الآبار المحفورة في حرم نبع عين التنور،** مديرية الري العامة لحوض العاصي.

المراجع الانكليزية:

1- Falkenmark, M. and Molden, D. (2008) Wake up to realities of river basin closure. Int. J. Water Resour. Dev., 24, 201-215.

2- Global Water Partnership (GWP). (2000). Integrated Water Resources Management (TAC background paper no. 4); GWP: Stockholm, Sweden

3- Alan, J.A. (2001).The Middle East Water Question, Hydropolitics and the Global Economy,Tauris: New York, NY, USA.

4- UNDP. (2004). Planning for Integrated Water Resources Management in the Orontes basin. /DESA/MoI Project: SYR/98/008.

5- ESCWA-BGR Cooperation. (2012). Inventory of Shared Water Resources in Western Asia (Online Version). Chapter 7: Orontes River Basin. Beirut.

6- Droubi, A. (2006). Integrated water resources management is a tool for ensuring Arab water security. Water Resources Department,

ACSAD, Damascus, Syria.The 2nd International Conf. on Water Resources and Arid Environment.

7- CBS-SYR.Central Bureau of Statistics of Syria.(2011a). population and demographic Indicators. http://www.cbssyr.org/. Accessed 12.07.

8- Roost, N. (2003). Strategic options analysis in surface irrigation systems: Integrated modelling for efficient, productive and equitable water use, PhD Thesis, Lausanne, EPFL.

9- Turner, G. M., Baynes, T. M, McInnis, B. West, J and Hoffman, M (2008). Water Accounting System for Strategic Resource Management, MODSIM 2008 proceedings, Christchurch, NZ.

10- Molden, D. (Ed.). (2007). River basin development and management. Chapter 16 in: Water for food, water for life: A comprehensive assessment of water management in agriculture. London, UK: Earthscan, and Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute, p. 590).

11- Molle, F., Wester, P. and Hirsch, P, (2010) River basin closure: processes, implications and responses. Agric. Water Manage. (in press).

12- Mohamed, Y., Molden, D., and Bastiaanssen, W, (2009), Water accounting in the Nile basin www.iwmi.org.

13- Bhattarai, M., Pant, D., Mishra, V. S., Devkota, H., Pun, S., Kayastha, R. N., and Molden, D., (2002). Integrated development and management of water resources for productive and equitable use in the Indrawati River Basin, Nepal. Working Paper 41. Colombo, Sri Lanka: Internationl Water Management Institute.

14- Daniel, J., Rooijen,V., Turral, H., and Wade biggs, T, (2008). Urban and industrial water use in the krishna basin, india, Irrig. and Drain. Published online in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com) DOI: 10.1002/ird.439.

16- UNDP. (2002). Upper Orontes Basin – Water Resources Data and Information, Part two –Operational strategy, Planning for IWRM. /DESA/MoI Project: SYR/98/008.

17- Harter, H., L. (1998).Tables of Percentage Points of the Pearson Type III Distribution, (Mathematical Statistician), Technical Release 38, United States Department of Agriculture.

18- Mowafy, H and A. Elsayed. (1999). Lectures Notes On Hydrology. Water Engineering and water structures Dept. Faculty of Engineering. Zagazig University. Egypt.

19- GCSAR, The General Commission for Scientific Agricultural Research. (2011). Country Profile Syria, www.gewamed.net/share/img_country_information/12_read_more.. .pdf.

20- Molden, D., Sakthivadivel, R. and Habib. Z. (2001). Basin-level use and productivity of water: Examples from South Asia. Research Report 49. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI).

22- Breisinger C., Zhu, T., Al Riffai, P., Nelson, G., Robertson R. and Verner. D. (2011) Global and Economic Impacts of Climate Change in Syria and Options for Adaptation. International food policy research institute, IFPRI Discussion paper 01091. <http://www.ifpri.org/sites/default/files/.

23- Mourad, K., and Berndtsson. R. (2011). Syrian Water Resources between the Present and the Future. Available at Air, Soil and Water Research journal.

24- Mourad, K. and Berndtsson. R. (2012). Water status in the Syrian water basins. Open Journal of Modern Hydrology, 2(1), 15-20.

26- CBS-SYR.Central Bureau of Statistics of Syria, (2011b).number of private industrial projects in Syria. http://www.cbssyr.org/Time%20Series/economic1. htm. Accessed 18.07.

27- GCSAR, The General Commission for Scientific Agricultural Research.(2011).Country Profile Syria, www.gewamed.net/share/img_country_information/12_read_more.. .pdf.

28- Scheumann, W., Sagsen, I. and Tereci. E. (2011) Orontes River Basin: Downstream Challenges and Prospects for Cooperation. In Turkey's Water Policy: National Frameworks and International Cooperation. Published by Springer-Verlag. Berlin.

29-Droubi, A., AL-Sibai, M., Abdallah, A., Wolfer, J., Huber, M.,Hennings, V., El Hajji, K. and Dechiech, M (2008)- Management, Protection and Sustainable Use of Groundwater and

Soil Resources in the Arab Region: Development and Application of a Decision Support System (DSS) for Water Resources Management in Zabadani Basin, Syria and Berrechid Basin, Morocco. Report from Phase III of the Technical Cooperation Project between ACSAD and BGR.<http://www.weap21.org/downloads/BGRACSADProjectReportPhaseIII. pdf> (accessed 11 March 2012).

30- ICARDA, (2010).Use of decision support tools and models to assess the sustainability of innovative strategies for managing land, water and rural livelihoods under pilot testing through the Water and Livelihoods Initiative, WLI project.

31-MAAR-SY. (2010). Ministry of Agriculture and Agrarian Reform in Syria. Available at: <http://www.syrian-agriculture.org/index_ar.htm> [Accessed 6 June

32-Hamade, S. and Tabet. C. (2013). The Impacts of Climate Change and Human Activities on Water Resources Availability in the Orontes Watershed: Case of the Ghab Region in Syria. Journal of Water Sustainability, Volume 3, Issue 1, 45–59.

33- Somi, G. (2004). Planning for Integrated Water Resources Management in Orontes Basin. UNDP/ Project: SYR/98/008

35- Hussain, I., Turral, H., Molden, D. and Ahmad, D. (2007). Measuring and enhancing the value of agricultural water in irrigated river basins, IrrigSci 25:263–282 DOI 10.1007/s00271- 007-0061.

36- Haddad, M. and Mizyed, N. (2004). Non-conventional options for water supply augmentation in the Middle East: A case study, Water International, 29(2), pp. 232-242.

37- Petit, O. and Baron. C. (2009). 'Integrated Water Resources Management: From general principles to its implementation by the state. The case of Burkina Faso', Natural Resources Forum, Vol. 33, pp. 49–59.

38- Mourad, K. (2012). Marginal and Virtual Water for Sustainable Water Resources Management in Syria. Academic thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy (Ph.D. Engineering, Lund University).