التقييم المستقبلي لإدارة الموارد المائية في المنطقة الواقعة شمال سد محردة ضمن حوض العاصي الأوسط

د.م. كنان الاحمد: عضو هيئة تعليمية بكلية الهندسة المدنية - جامعة حمص

الملخص

تم في هذا البحث تقييم واقع إدارة الموارد المائية في حوض العاصي الأوسط في الجمهورية العربية السورية باستخدام نموذج WEAP21 لمحاكاة التوازن المائي بين العرض والطلب لقطاعي الري والتجمعات السكانية. اعتمدت الدراسة على تحليل شامل للمعطيات المناخية والهيدرولوجية والزراعية والسكانية، وتم بناء عدد من السيناريوهات المستقبلية شملت السيناريو المرجعي والنمو السكاني وسيناريو الجفاف وسيناريو تحسين كفاءة شبكات الري ومياه الشرب إضافة إلى سيناريو استثمار السدود المقترحة. أظهرت نتائج السيناريو المرجعي أن إجمالي الاحتياج المائي الصافي بلغ نحو 228.5 مليون م^3 سنوياً، مقابل عجز مائي قدره نحو 77.1 مليون م^3، ما يعكس اختلالاً واضحاً في التوازن المائي. وفي سيناريو النمو السكاني ومع ارتفاع عدد السكان من 450 ألف نسمة إلى نحو 746 ألف نسمة بعام 2035 بمعدل نمو سنوي 3.43% ارتفعت احتياجات مياه الشرب من 18 إلى 29.9 مليون م^3 بنهاية فترة الدراسة ، وتضاعف عجز مياه الشرب ليصل إلى 44.1 مليون م^3 سنوياً. كما بيّن سيناريو الجفاف، والمتمثل بانخفاض الوارد المائي بنسبة 15% لمدة ثلاث سنوات، ارتفاع العجز المائي إلى 117.2 مليون م^3 مقارنة بـ 56.5 مليون م^3 في الحالة الطبيعية. في المقابل، أظهر سيناريو استثمار سدّي قسطون وأفاميا بنسبة 50% من سعتهما التخزينية الى تخفيض العجز المائي بنحو 42.8%، وبين سيناريو تحسين كفاءة الري إلى 85% وخفض فاقد شبكات الشرب إلى 25%، قدرة واضحة على تقليص العجز إلى نحو 39.8 مليون م^3. وتؤكد نتائج الدراسة أن تحسين كفاءة إدارة الطلب المائي ورفع كفاءة البنية التحتية يشكلان الخيار الأكثر فاعلية لتحقيق الاستدامة المائية في حوض العاصي الأوسط.

الكلمات المفتاحية: إدارة الموارد المائية ، حوض العاصي الأوسط ، WEAP21

Future Assessment of Water Resources Management in the Area North of Mhardeh Dam within the Middle Orontes River Basin

Dr.Kinan Alahmad: Faculty Member at the Faculty of Civil Engineering, Homs University

Abstract

This study evaluates the current status of water resources management in the Middle Orontes Basin in the Syrian Arab Republic using the WEAP21 model to simulate the water balance between supply and demand for both irrigation and domestic sectors. The analysis was based on an integrated assessment of climatic, hydrological, agricultural, and demographic data. Several future scenarios were developed, including the reference scenario, population growth scenario, drought scenario, irrigation and domestic water network efficiency improvement scenario, in addition to the proposed dam investment scenario. The results of the reference scenario indicated that the total net water demand reached approximately 228.5 million m³ per year, compared to a water deficit of about 77.1 million m³, reflecting a clear imbalance in the water balance. Under the population growth scenario with the population increasing from 450,000 to approximately 746,000 by the year 2035 at an annual growth rate of 3.43% domestic water demand increased from 18 to 29.9 million m³ by the end of the study period and the domestic water deficit doubled to reach 44.1 million m³ annually. The drought scenario, represented by a 15% reduction in water inflow over three consecutive years, showed an increase in the agricultural water deficit to 117.2 million m³ compared to 56.5 million m³ under normal conditions. In contrast, the dam investment scenario for Qastoon and Afamia dams at 50% of their storage capacity resulted in a reduction of the water deficit by approximately 42.8%. Furthermore, the scenario of improving irrigation efficiency to 85% and reducing domestic water network losses to 25% demonstrated a significant reduction in the water deficit to about 39.8 million m³. The results confirm that improving water demand management efficiency and upgrading infrastructure efficiency represent the most effective approach to achieving water sustainability in the Middle Orontes Basin.

Key Words: Water Resources Management, Middle Orontes Basin, WEAP21.

1- المقدمة:

تواجه الجمهورية العربية السورية تحدّيات مائية متفاقمة تهدّد أمنها المائي وقدرتها على تحقيق التنمية المستدامة في مختلف القطاعات الحيوية. فقد أدّت التغيّرات المناخية المتسارعة وتزايد تواتر موجات الجفاف في حوض العاصي الاوسط وانخفاض معدلات الهطل المطري إلى انخفاض واضح في الموارد المائية السطحية والجوفية على حدّ سواء. كما ساهم النمو السكاني المتزايد واحتياجات الاراضي الزراعية المقرون بالاستخدام التقليدي وغير الكفوء للمياه في زيادة الضغط على الموارد المائية المتاحة إلى حدود حرجة. هذا الواقع أفرز مجموعة من الإشكالات المرتبطة بتراجع إنتاجية الأراضي الزراعية وارتفاع كلفة تأمين مياه الشرب فضلاً عن تزايد التهديدات البيئية المرتبطة بتدهور التربة ونوعية المياه. كما دفع هذا الوضع إلى إعادة التفكير في منهجيات إدارة المياه التقليدية والبحث عن أدوات علمية وتقنية قادرة على دعم القرار وترشيد استخدام المياه خاصة في القطاعات الأكثر استهلاكًا مثل الزراعة، ومن بين هذه الأدوات تبرز منهجية إدارة الطلب والتزويد بالمياه كنظام تقييم المياه وتخطيط التكيف

(water evaluation and adaptation planning) المستخدم عالميًا في تقييم السيناريوهات المستقبلية للطلب والعرض.

وفي ضوء ذلك بات من الضروري تطوير دراسات علمية متخصصة تدرس واقع إدارة المياه في المنطقة وتحلل أسباب العجز المائي ومستقبل الموارد المتاحة وتقترح حلولًا قائمة على أسس علمية وتقنية قابلة للتطبيق بما يضمن تحقيق الأمن المائي واستدامة التنمية في البلاد.

2- مبررات البحث:

تتبع مبرّرات هذا البحث من خطورة الوضع المائي الراهن في حوض العاصي الاوسط حيث تتزايد مظاهر الإجهاد المائي عامًا بعد عام نتيجة مجموعة من العوامل الطبيعية والبشرية فتصاعد الطلب على المياه بالتزامن مع محدودية الموارد وارتفاع نسب الهدر في شبكات الري والإمداد مما يجعل من العجز المائي تهديدًا استراتيجيًا يتجاوز البعد البيئي

ليطال الأمن الغذائي والاقتصاد الوطني والاستقرار الاجتماعي. لذلك تبرز الحاجة الملحّة إلى بحث علمي قادر على تقييم البدائل والسياسات المختلفة قبل تطبيقها على أرض الواقع وتحديد التحديات الحقيقية التي تواجه إدارة المياه واقتراح حلول مبنية على أسس علمية حديثة تساعد صانعي القرار في وضع خطط فعّالة ومستدامة.

3- هدف البحث:

يهدف هذا البحث إلى تحليل واقع إدارة المياه وتقييم مستويات العرض والطلب ورصد العجز المائي ودراسة دور سياسات إدارة الطلب على المياه في الحد من الهدر ورفع كفاءة الاستخدام. كما يسعى البحث إلى اقتراح مجموعة من الحلول والسياسات المبنية على الأدوات العلمية الحديثة وتقنيات إدارة المياه بما فيها نماذج المحاكاة والتخطيط المائي من أجل المساهمة في رسم صورة أوضح لمستقبل الموارد المائية وتمكين صانعي القرار من بناء خطط واستراتيجيات مستدامة تحقق الأمن المائي وتدعم التنمية الاقتصادية والاجتماعية.

4- طرائق البحث والمنهجية:

اعتمد هذا البحث منهجًا علميًا لتقييم توازن المياه بين الموارد المتاحة وبين متطلبات الري واحتياجات التجمعات السكانية من خلال تمثيل دقيق لمصادر المياه وتوزيعها على القطاعات المختلفة. تم الاستعانة ببرنامج (WEAP21) حيث تم تقدير الاحتياجات المائية للمحاصيل الجدول (2) استناداً إلى المعطيات المناخية وخصائص التربة وأنماط الزراعة ثم يحاكي كفاءة نظم الري وتوزّع المياه عبر الدورات الزراعية المختلفة مع إمكانية تقييم أثر التغيرات المناخية. وفيما يتعلق بالتجمعات السكانية يوفّر WEAP21 نموذجاً لحساب الطلب المنزلي بناءً على عدد السكان ومعدلات الاستهلاك الفردي ونمو السكان إضافة إلى تحليل كفاءة شبكات التزويد ونسب الفاقد. ومن خلال الدمج بين هذين البعدين يتيح البرنامج تقييم أولويات التخصيص المائي وتحديد حالات العجز المحتملة مما يساعد في وضع سياسات مستدامة تحقق توازناً بين متطلبات التنمية الزراعية واحتياجات المجتمعات المحلية.(1)

5- الدراسات المرجعية :

تُظهر الدراسات التالية فاعلية نموذج WEAP21 كأداة متكاملة لتحليل التوازن المائي ودراسة سيناريوهات العرض والطلب تحت ظروف النمو السكاني والتغير المناخي وتحسين كفاءة الإدارة المائية. وقد أسهمت دراسة ناغبور في الهند في توجيه هذا البحث نحو اعتماد سيناريوهات تعكس النمو السكاني والتدخلات الإدارية كوسيلة للحد من العجز المائي بينما دعمت دراسة حوض نهر ناشي في إثيوبيا منهجية تحليل الفجوة الموسمية بين العرض والطلب وهو ما تم أخذه بعين الاعتبار عند تقييم العجز في الأشهر الجافة ضمن منطقة الدراسة. كما وفّرت دراسات حوض النيل الأزرق الأعلى وإسطنبول إطارًا تحليليًا لتأثيرات التغير المناخي والنمو السكاني والري الأمر الذي ساعد في تصميم سيناريو الجفاف وسيناريو النمو السكاني والري في هذا البحث وتمت الاستفادة من البحث الاخير بتطبيق نموذج WEAP21 و مابيا على حوض العاصي الأوسط مع دمج واقعي للمعطيات المحلية الزراعية والسكانية وتحليل خيارات عملية لتقليص العجز المائي بما يدعم اتخاذ القرار المائي في المنطقة.

5-1- في منطقة ناغبور بالهند التي تعتمد على خزان بنش وأنهار فينا وكانهان وتشهد نمواً سكانياً وصناعياً متسارعاً يقود إلى توتر واضح في تخصيص المياه بين الريف والمدينة تمت الاستعانة بنموذج WEAP21 لمحاكاة الطلب حتى عام 2040 بدراسة أربعة سيناريوهات رئيسية. أظهر السيناريو المرجعي أن الطلب سيصل بنهاية الدراسة إلى 4.14 مليار م³ مع استمرار النمو الحالي في حين ارتفع الطلب بشكل كبير في سيناريو النمو المرتفع ليبلغ 6.93 مليار م³ نتيجة زيادة 5% سنوياً في السكان. أما سيناريو انخفاض الهطول المطري فقد رفع الطلب الحالي إلى 5.10 مليار م³. وفي المقابل اظهر سيناريو التدخلات الحكومية (الترشيد) قدرة على خفض الطلب إلى 3.81 مليار م³ بحلول 2040 عبر تقليل الاستهلاك. كما كشفت النتائج أن القيمة الاكبر للعجز المائي تتركز في مدينة ناغبو مع توقع عجز يصل إلى 1.32 مليار م³ في السيناريو المرجعي مما

يعزز الحاجة لتطبيق سياسات إدارة الطلب وتحسين البنية المائية للحد من الأزمات المستقبلية.(2)

5-2- قدمت دراسة لتقييم إمكانات المياه السطحية وتخصيص الطلب المائي في حوض نهر ناشي باستخدام نموذج تقييم وتخطيط المياه (WEAP21) تحليلاً متكاملاً للموارد المائية في الحوض الواقع في إثيوبيا. وأشارت النتائج إلى أن الجريان السطحي السنوي يبلغ 1.197 مليار متر مكعب بينما يبلغ الطلب الكلي 328.35 مليون متر مكعب في سنة الأساس (2019) مما يؤشر إلى توازن إيجابي حاليًا.

تم محاكاة سيناريوهين مستقبليين رئيسيين: الأول يتعلق بتوسع الري بنسبة 3.9% سنوياً حيث يتوقع ارتفاع الطلب على مياه الري من 0.301 مليون متر مكعب إلى 0.984 مليون متر مكعب بحلول عام 2050. أما السيناريو الثاني فقد ركز على التباين المناخي وكشف أن الموارد المائية قد تنخفض إلى 0.267 مليار متر مكعب في السنوات شديدة الجفاف مقارنة بـ 1.197 مليار متر مكعب في السنوات الطبيعية.

أبرزت الدراسة وجود فجوة موسمية بين العرض والطلب حيث يظهر عجز مائي خلال الأشهر الجافة على الرغم من وجود فائض في الأشهر الماطرة. تُؤكد هذه النتائج على الحاجة إلى تبني استراتيجيات إدارة مرنة تشمل تحسين التخزين وترشيد الاستخدام لضمان تلبية الطلب المتزايد في ظل التقلبات المناخية. (4)

5-3-تُقدم دراسة الطلب والعرض المائي تحت سيناريوهات التنمية المائية المستقبلية وتغير المناخ في حوض النيل الأزرق الأعلى تحليلاً متكاملاً لتقييم التوازن المائي في الحوض. حيث أظهرت النتائج أن الفترة الحالية تشهد توازنًا بين العرض والطلب على مياه الري إلا أن سيناريو تغير المناخ RCP4.5 وRCP8.5 كشف عن وجود عجز مائي في الري يتراوح بين 213 و611 مليون متر مكعب. وأرجعت الدراسة أسباب هذه الفجوة إلى تزامن تأثيرات تغير المناخ على توفر المياه مع التوسع في المشاريع الزراعية. وخلصت الدراسة إلى ضرورة تعزيز إدارة الموارد المائية لزيادة العرض المائي وترشيد الطلب لتقليل العجز المائي المتوقع مما يبرز الحاجة إلى تبني سياسات مائية مستدامة لمواجهة التحديات المستقبلية في الحوض. (5)

5-4- تُعنى دراسة أكالين وآخرون بتقييم الوضع المائي المستقبلي لمدينة إسطنبول إحدى أكبر المدن العالمية من حيث الكثافة السكانية والتحديات المائية. اعتمدت الدراسة على نموذج WEAP لمحاكاة الإمكانات المائية المستقبلية تحت سيناريوهات متعددة شملت تغيرات في هطول الأمطار ودرجات الحرارة وزيادة الطلب بسبب النمو السكاني وتأثيرات التغير المناخي.

كشفت النتائج أن موارد المدينة المائية الحالية بما في ذلك نقل المياه من أحواض مجاورة مثل ميلين ويشيلتشاي لن تكون كافية لتلبية الطلب المستقبلي خاصة في سنوات الجفاف الشديد وأوصت الدراسة بضرورة اتباع نهج متكامل يجمع بين مصادر مائية إضافية وتحسين كفاءة الشبكة وترشيد الاستهلاك وتحديد أولويات التخصيص حيث تُمنح الأولوية القصوى لمياه الشرب تليها الاحتياجات البيئية ثم القطاعات الاقتصادية الأخرى.(3)

5-5- تم تطوير نموذج متكامل لإدارة الموارد المائية في منطقة سهل الغاب الواقعة ضمن حوض العاصي الأوسط في محافظة حماة والتي تمتد من سد محردة إلى بوابات القرقور وتبلغ مساحتها المروية نحو 88 ألف هكتار. وتعتمد المنطقة في مواردها المائية بشكل رئيس على بحيرة سد محردة إلى جانب الآبار والينابيع ما يجعلها عرضة لضغوط مائية متزايدة في ظل التغير المناخي وارتفاع الطلب على المياه.

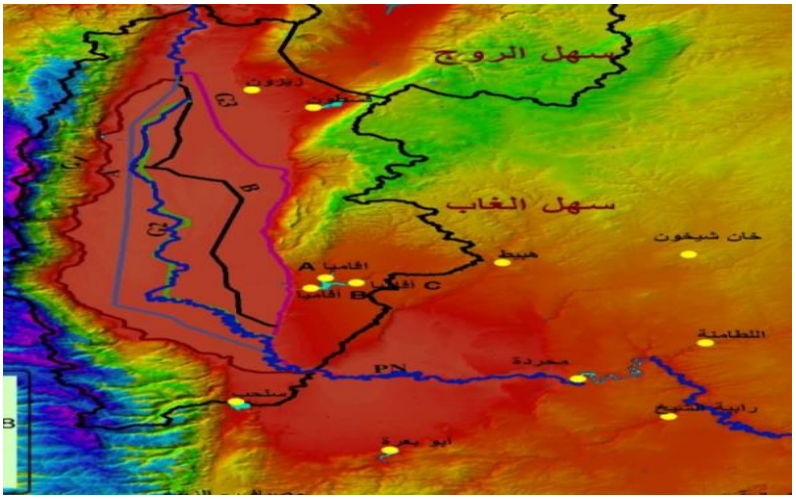
اعتمدت الدراسة على بناء نموذج محاكاة متكامل باستخدام برنامج WEAP21 بالاقتران مع نموذج MABIA لمحاكاة إدارة مياه الري وتقدير الطلب المائي الزراعي والسكني. كما جرى توظيف نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتحديد المواقع المثلى لإنشاء خزانات مائية لحصاد مياه الأمطار. واستند التحليل إلى بيانات مناخية وهيدرولوجية وزراعية مع إعداد عدة سيناريوهات مستقبلية حتى عام 2040 شملت النمو السكاني وتحسين كفاءة الري والتوسع في المساحات المروية إضافة إلى سيناريو الجفاف.

أظهرت نتائج المحاكاة أن سيناريو النمو السكاني يؤدي إلى ارتفاع الطلب المائي المنزلي ليصل إلى 32.14 مليون متر مكعب في نهاية فترة الدراسة. كما بيّنت النتائج أن رفع كفاءة الري يسهم في تقليص العجز المائي السنوي بحوالي 20 مليون متر مكعب. وأظهر سيناريو التوسع الزراعي زيادة في العائد الاقتصادي قُدّرت بنحو 68 مليار ليرة سورية

مقارنة بالسيناريو المرجعي. في المقابل كشف سيناريو الجفاف عن آثار سلبية واضحة تمثلت في زيادة العجز المائي وتراجع الإنتاج الزراعي وانخفاض العائد الاقتصادي بنحو 240 مليار ليرة سورية.(9)

6- منطقة البحث:

تقع منطقة الدراسة ضمن اراضي حوض العاصي الأوسط في الشمال الغربي للجمهورية العربية السورية في ريف محافظة حماة ضمن الأراضي الواقعة بين شمال سد محردة وجنوب جسر الشغور في ادلب . وسهل الغاب هو عبارة عن سهل منبسط خصب يقع في المثلث بين محافظات (حماه، وأدلب، واللاذقية) حيث يحده محافظة إدلب شمالاً، ومدينة مصياف جنوباً وسلسلة الجبال الساحلية غرباً التي يصل ارتفاعها إلى (1500m) ومدينة محردة وجبل الزاوية بارتفاع (600m) شرقاً يمتد سهل الغاب الذي كان مليئاً بمعظمه بالمياه قبل التجفيف لمسافة حوالي (80 Km) طولاً وبين 10– 20 كم، ويخترقه نهر العاصي من الشمال إلى الجنوب يمتد سهل الغاب بمساحة قدرها حوالي (141) ألف هكتار ويبين الشكل(1) منطقة تواجد المشروع.



الشكل (1) : خريطة حوض العاصي (مبينا عليها موقع منطقة الدراسة)

7–الية توزيع المياه في منطقة المشروع :

المصدر الأساسي من المياه هو سد محردة الواقع على نهر العاصي والينابيع والابار المغذية لمنطقة الدراسة.

وبمتابعه مجرى نهر العاصي نجد عدة قنوات ري رئيسية في منطقة الدراسة وهي :

القناة G1 : يبلغ التدفق التصميمي لهذه القناة 5.09 m^3/sec وتروي الأراضي الزراعية الواقعة في زمام القناة وتبلغ مساحتها (9325 hec).

القناة G2: يبلغ التدفق التصميمي لهذه القناة 14.72 m^3/sec ويروي الأراضي الزراعية الواقعة في زمام القناة وتبلغ مساحتها (19780 hec).

القناة G3: يبلغ التدفق التصميمي لهذه القناة 23.377 m^3/sec ويروي الأراضي الزراعية الواقعة في زمام القناة وتبلغ مساحتها (35210 hec).

القناة G4: يبلغ التدفق التصميمي لهذه القناة 1.3 m^3/sec ويروي الأراضي الزراعية الواقعة في زمام القناة وتبلغ مساحتها (2100 hec).(7)

كما يوضح الجدول (1) تدفقات نهر العاصي الوسطية خلال اشهر السنة عند مدخل سد محردة .

الجدول (1): تدفقات نهر العاصي عند مدخل سد محردة بواحدة m3 /sec (6) :

الشهر	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
التصريف m3 /sec	4.7	5.15	5.64	6.66	19.11	13.12	10.14	5.48	6.23	8.08	6.6	4.95

8- بناء النموذج في برنامج (WEAP21) :

تمثل مرحلة بناء النموذج الهيدرولوجي باستخدام برنامج WEAP21 خطوة جوهرية في توصيف الخصائص المناخية والفيزيائية لمنطقة الدراسة، إذ استدعى ذلك إعداد نموذج اعتباري متكامل يعكس الواقع الهيدرولوجي بدقة. وتقع المنطقة ضمن نطاق المناخ المتوسطي الذي يتسم بشتاء بارد وغزير الأمطار وصيف حار وجاف في حين يتخلل الفصلين الانتقاليين تباين ملحوظ في الظروف الجوية الأمر الذي يمنح النظام المناخي طابعاً ديناميكياً يستوجب أخذه في الحسبان عند تقدير الاحتياجات المائية للمحاصيل.

يكشف التحليل المناخي المستند إلى القياسات المأخوذة من محطات الرصد المنتشرة في منطقة الدراسة عن تباين طفيف لدرجات حرارة الهواء. ففي محطة الجيد يبلغ المتوسط السنوي لدرجة حرارة الهواء نحو 17.7° بينما تتدرج القيم الدنيا والعظمى بين 10.7° و24.3°. وتقدّم محطة الكريم نمطاً حرارياً مشابهاً بمتوسط حرارة سنوي يناهز 17.8° ،

وتتراوح التغيرات الحرارية للهواء بين 10.6° و24.1°. وفي حواش الغاب وحورات عمورين تظهر قيم حرارة للهواء أعلى نسبياً حيث يتراوح المتوسط السنوي بين 18° و18.1° وتتقلب الدرجات الدنيا والعظمى بين 11° و24.6°. أما محطة عين الكروم فتسجل متوسط حرارة الهواء السنوية 18.4° في حين تبدي محطة محردة متوسط حرارة سنوي يقارب 18°.

وتمثّل الرطوبة النسبية أحد العناصر الحاكمة في حساب الاحتياجات المائية نتيجة تأثيرها المباشر في معدلات التبخر–نتح. وتُظهر القياسات أن المنطقة تتسم برطوبة سنوية متوسطة تتراوح بين 60% و65% مع تذبذب موسمي واضح يتراوح بين قيم منخفضة تقارب 40–46% في أشهر الجفاف وقيم مرتفعة تصل إلى 82–85% وذلك تبعاً لاختلاف المحطة المناخية. وتبرز محطة الجيد والكريم وحواش الغاب كمستويات رطوبة أعلى نسبياً مقارنة بمحطتي محردة وحورات عمورين الأكثر جفافاً.

كما يُعد السطوع الشمسي عاملاً رئيسياً في التحكم بمعدلات التبخر–نتح المرجعي حيث تسجل محطات المنطقة متوسطاً سنوياً يتراوح بين 7 و7.6 ساعات من الإشعاع الشمسي يومياً.

ويُظهر تحليل الأمطار عند احتمال 75% تبايناً مكانياً كبيراً بين محطات الرصد ، إذ تتصدر محطة عين الكروم المشهد بهطول سنوي يقارب 999 مم مما يعكس موقعها الطبوغرافي الأكثر تعرضاً للمنخفضات الجوية. أما محطتا الجيد والكريم فيسجل كل منهما هطولاً متوسطاً بحدود 517–529 مم سنوياً في حين تتراجع القيم في حواش الغاب وحورات عمورين إلى نحو 379 مم. وتُعد الهطولات المطرية في محطة محردة الاقل في الحوض بهطول يقارب 299 مم فقط .(6)

يتسم الحوض الزراعي بسهل الغاب والذي تنطبق عليه تسمية حوض بالمعنى العلمي كونه منطقة منخفضة والانصباب المائي فيها يتجه نحو المركز من الهضاب والجبال المحيطة وخصوصاً الصخرية منها (جبل الزاوية– الشيخ غضبان – جبال مصياف) بتدرج واضح في خصائص التربة ناتج عن اختلافات في الانحدار وشدة عمليات الحت والترسيب. فعند الشريط الطرفي للمساحة الزراعية من منطقة الدراسة تنتشر ترب رسوبية

حطامية خشنة القوام ذات تركيبة غير متجانسة نتجت عن الترسيب السريع لمواد منقولة من الصخور الأم القريبة وغالباً ما تملأ نهايات الأودية والمجاري السيلية. ويعقب هذه الطبقة نحو الداخل ترب مارلية غضارية حمراء منشأها بركاني محلي، وتغطي المنطقة الواقعة بين المنسوبين 200 و300 متر. وفي المناطق المحيطة بالمحور المركزي حول نهر العاصي لمنطقة الدراسة تنتشر ترب رسوبية غضارية رملية ناعمة رمادية المظهر. أما في الأجزاء المحورية من الحوض الزراعي عند مسار نهر العاصي فتسود الترب اللحقية المغمورة الداكنة الغنية بالمادة العضوية .

يُفسر هذا التدرج من القوام الخشن في الأطراف إلى الترب الدقيقة في المركز الحاجة المتباينة للري بين المواقع المختلفة، إذ تتطلب الأراضي الطرفية عدداً أكبر من الريات مقارنة بالأجزاء المركزية التي تتمتع بقدرة أكبر على الاحتفاظ بالماء.(10)

تضم المنطقة انواع مختلفة من المحاصيل الأساسية ويعد (القمح، الفول السوداني) من المحاصيل الأكثر انتشاراً وفق الخطة الزراعية الحالية. وقد جرى إدخال التركيب المحصولي والدورات الزراعية المقترحة ضمن نموذج الدراسة بهدف تقدير الاحتياجات المائية وتحقيق توافق أكبر بين المعطيات المناخية وخصائص التربة من جهة وبين احتياجات كل محصول من جهة أخرى.

وبالنسبة لكميات مياه الري تم وضع التركيب المحصولي للمساحات المزروعة والدورة الزراعية المقترحة للأراضي بالتوزيع الموضح بالجدول(2) .(7)

الجدول (2): التركيب المحصولي للأراضي المروية

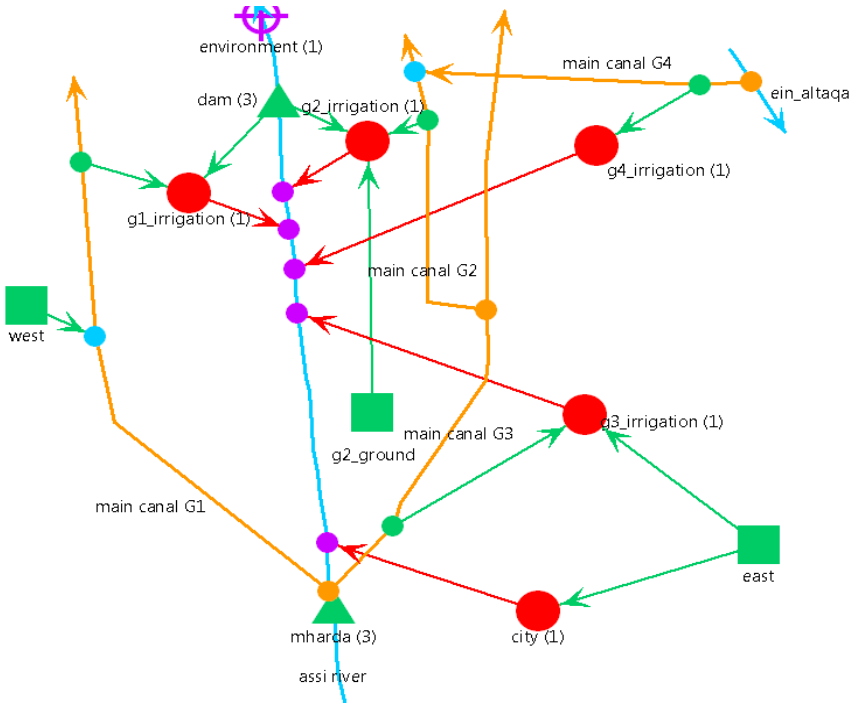
محاصيل	المساحة %	احتياج الهكتار من الماء (m^3/hec)
قمح	50	2275
كمون	5	1694
شعير	10	843

فول سوداني	30	5183
خضار صيفية	5	6150

يوضح الجدول (3) والشكل (2) التمثيل التخطيطي للمشروع في واجهة الرسم

الجدول (3) : الشكل ومايمثله من استخدام في البرنامج المذكور

الشكل	الوظيفة
	منطقة تمثل أراضي زراعية أو تجمعات سكانية
	قناة جر مياه رئيسية
	خط استجرار مياه من قناة الري الرئيسية
	نهر العاصي
	الرواجع من مواقع الاحتياج المائي
	مياه جوفية
	سد محردة جنوبا – سدة لتجميع المياه شمالا



الشكل (2) : المخطط العام لمنطقة الدراسة

نجد من الشكل (2) أن نهر العاصي يعبر منطقة الدراسة من الجنوب باتجاه الشمال والممثل بالعنصر التخطيطي ( ) وبتتبع مسار النهر نجد عليه سد محردة الممثل بالعنصر التخطيطي ( ) و نجد قنوات ري رئيسية على مجرى نهر العاصي في منطقة الدراسة تقوم بسحب المياه وهي قنوات الري الرئيسية (G1_G2_G3) وأيضا القناة (G4) التي تأخذ المياه من نبع عين الطاقة وتم تمثيل القنوات بالعنصر التخطيطي ( ) وتروي هذه الاقنية الأراضي الزراعية في زمامها بمساحات تقدر ب (2000 ، 35000) هكتار والمتمثلة بالعنصر ( ) أما العنصر التخطيطي ( ) فيمثل خط استجرار مياه من قناة الجر الرئيسية وبالإضافة للمياه السطحية يتم ري هذه المساحات من المياه الجوفية المتمثلة بالعنصر ( ) والتي تم تقدير الحجم القابل للاستثمار فيها عن طريق ابار المراقبة الموجودة وقيمة المعطائية المائية للحامل المائي والذي يتنوع بين الجوراسي والكريتاسي والباليوحين والمساحة التقريبية لكل حامل جوفي .كما تم مراعاة تأمين مياه الشرب للتجمعات السكانية (11) والممثلة بالعنصر التخطيطي (city) من عقدة

المياه الجوفية (east) ويتم تصريف رواجع التجمعات السكانية والزراعية الى نهر العاصي عن طريق العنصر الرسومي ( ) .

9-السيناريوهات :

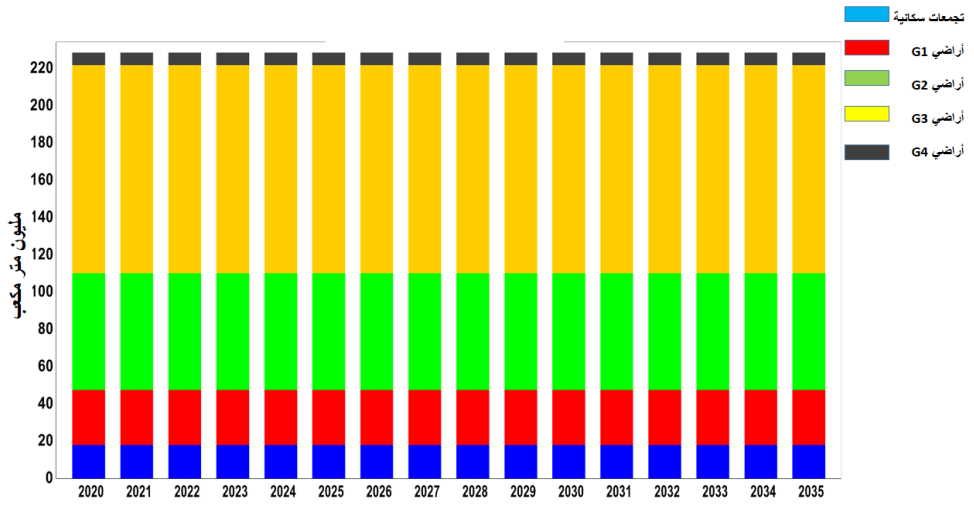
يعرف السيناريو على انه وصف تفصيلي ومنهجي لمسار او حالة مستقبلية محتملة لنظام مائي ما انطلاقا من الوضع الحالي ووصولا الى وضع مستقبلي. وهو أداة تحليلية استكشافية تهدف لفهم كيفية تفاعل النظام المائي مع سلسلة من الاحداث او السياسات والاجابة على سؤال (ماذا لو).

ويعد برنامج (WEAP21) احد الأدوات البرمجية المتخصصة في تقييم وتخطيط المياه على مستوى الاحواض ويتيح النمذجة القائمة على السيناريوهات مما يجعله أداة قوية لمحاكاة السياسات البديلة ،كما يقدم تقييما للمشاكل المائية في نظام شامل ومتكامل بين الاحتياج والتزويد وبين نوعية المياه وكميتها وبين اهداف التطوير الاقتصادي والقيود البيئية.

9-1- السيناريو المرجعي :

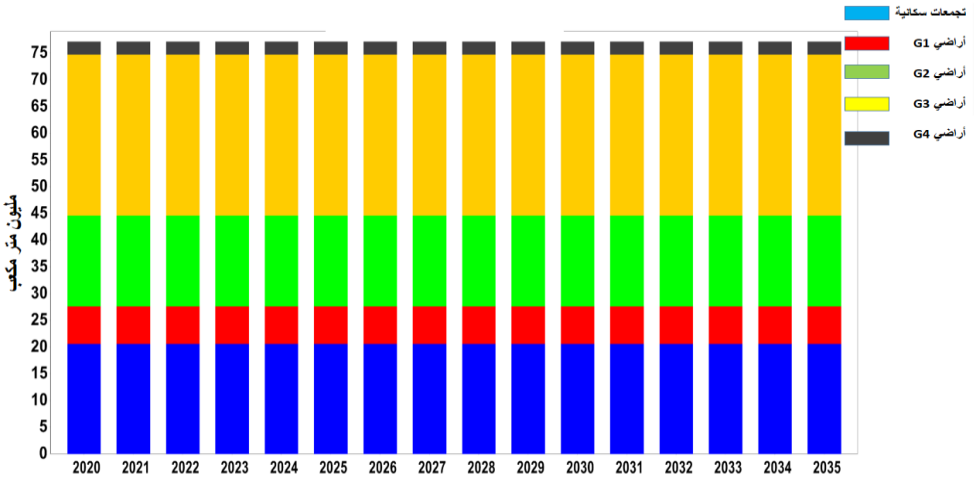
هو تصور كمي ونوعي للنظام المائي كما سيعمل في المستقبل اذا استمرت جميع الظروف والسياسات الحالية دون أي تغيير ويعمل كخط أساس ونقطة مقارنة يقاس بها السيناريوهات الأخرى.

وباستعراض الشكل (3) نجد ان قيمة الاحتياج الصافي في منطقة الدراسة لكامل مواقع الاحتياج المواقع المائية (تجمعات سكانية_ أراضي زراعية) بلغت نحو (228.5) مليون متر مكعب سنويا.



الشكل (3) : الاحتياج المائي الصافي لمواقع الطلب المائي (بواحدة مليون متر مكعب)

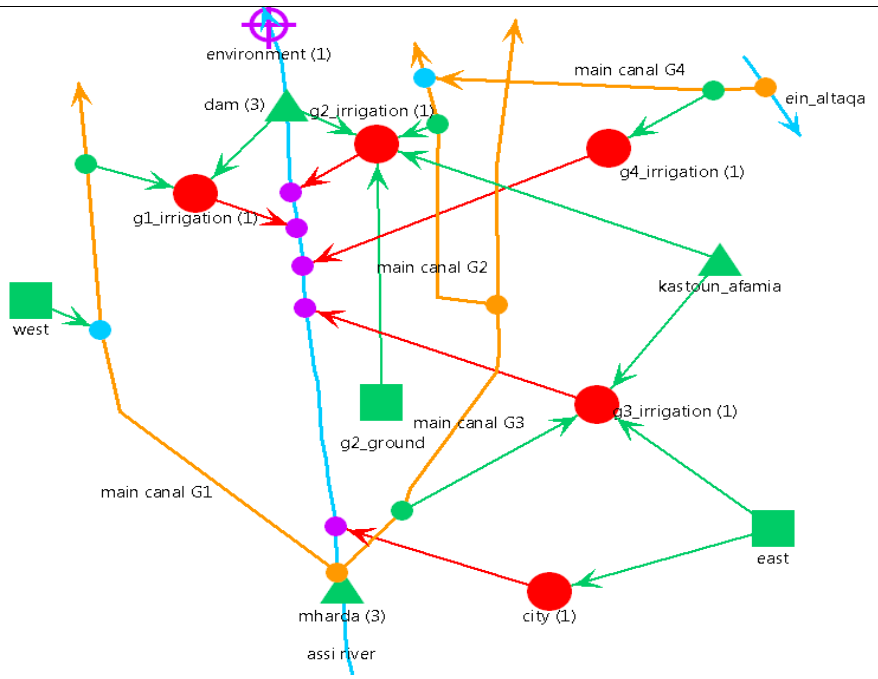
كما بلغت قيمة العجز المائي في منطقة الدراسة بنحو (77.1) مليون متر مكعب سنويا ، كما هو موضح بالشكل (4).



الشكل (4) : العجز المائي لمواقع الطلب المائي (بواحدة مليون متر مكعب)

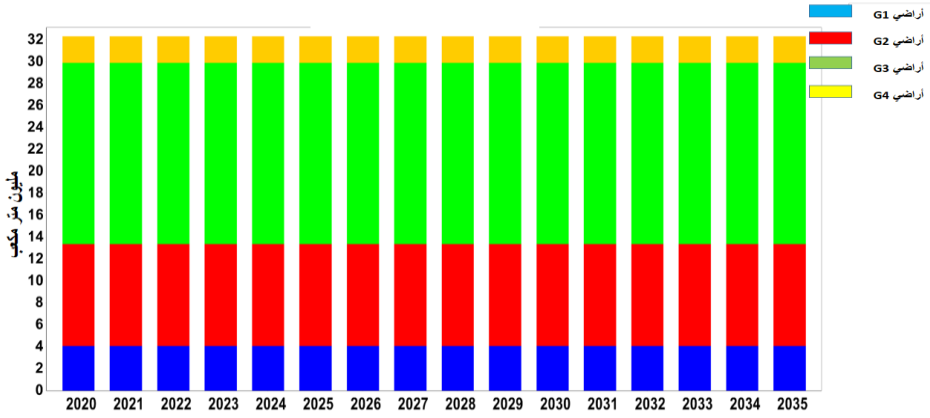
9-2- سيناريو استثمار سد قسطون وإفاميا :

نتيجة العمل على تأهيل المنطقة تم دراسة هذا السيناريو كأحد الخيارات الفعالة لمواجهة التغيرات المناخية وتخفيف العجز المائي في المنطقة المدروسة بفرض استثمار مياه السدود بنحو 50% ، ويوضح الشكل (5) مخطط توزيع المياه في حال تطبيق السيناريو.



الشكل (5) : المخطط المائي في حال استثمار السدود المقترحة

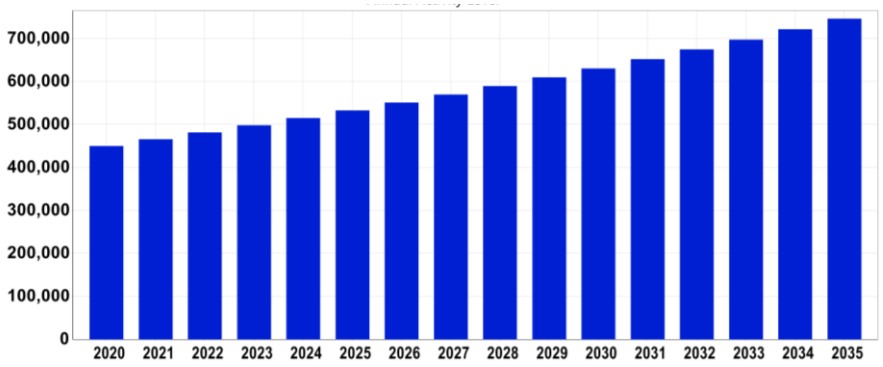
بإفتراض استثمار 50 % من حجم التخزين للسدود المقترحة نجد أن العجز المائي في الأراضي الزراعية انخفض ليصل الى (32.3) مليون متر مكعب سنويا كما هو موضح بالشكل (6).



الشكل (6) : العجز المائي للأراضي الزراعية في حال استثمار السدود المقترحة

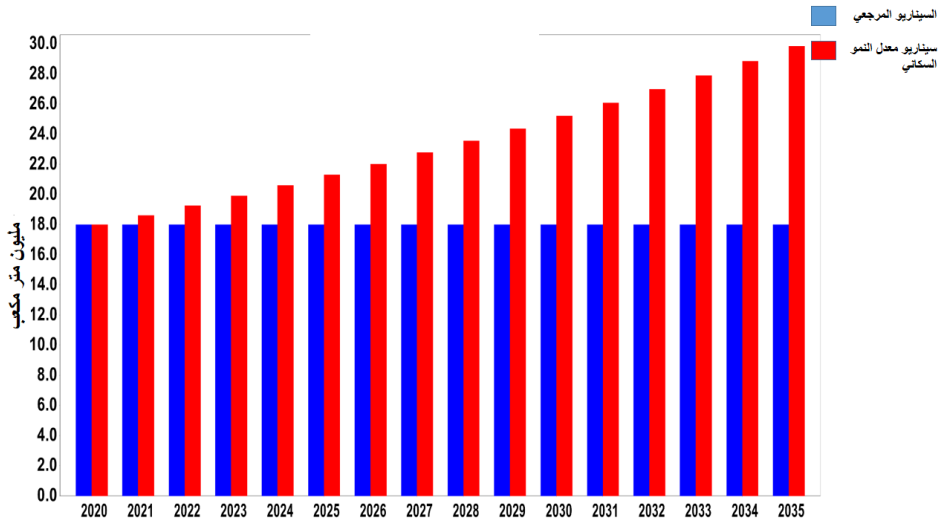
9-3- سيناريو معدل النمو السكاني:

تم في هذا السيناريو دراسة تأثير زيادة عدد السكان على الواقع المائي الحالي حيث يقدر عدد السكان الحالي في منطقة الدراسة نحو (450000) نسمة ليصل بنهاية فترة الدراسة لـ(746294) نسمة بمعدل نمو سكاني (3.43%) كما هو موضح بالشكل (7). (8)



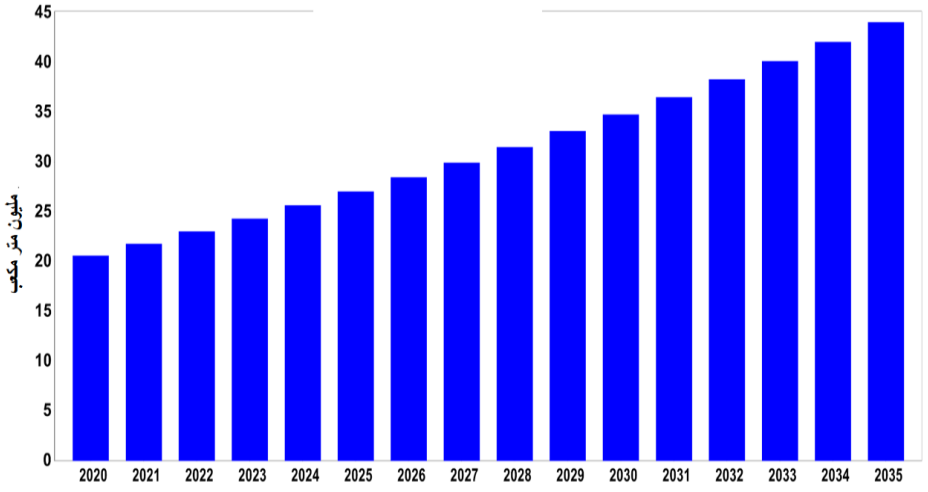
الشكل (7): التغير في عدد السكان للتجمعات السكانية في سيناريو معدل النمو السكاني

حيث بلغت قيمة الاحتياج المائي الصافي للتجمعات السكانية في بداية الدراسة /18/ مليون متر مكعب وفي السنة الأخيرة للدارسة بلغت الكمية /29.9/ مليون متر مكعب الشكل (8).

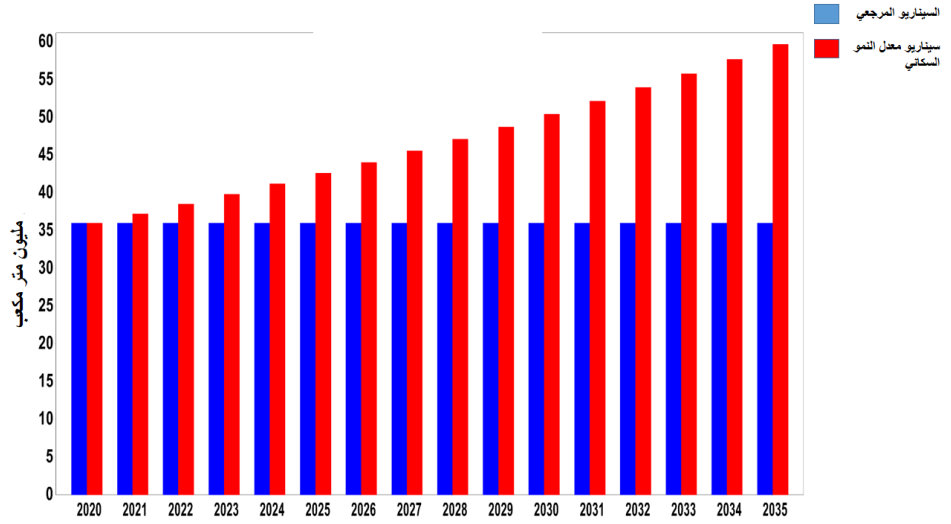


الشكل (8): التغير في الاحتياج المائي الصافي للتجمعات السكانية بين السيناريو المرجعي ومعدل النمو السكاني

نجد أنه بتطبيق هذا السيناريو ازداد قيمة العجز المائي في مناطق التجمعات السكانية حيث بلغ في في السنة الأولى /20.6/ مليون متر مكعب وفي السنة الأخيرة /44.1/ مليون متر مكعب كما هو موضح في الشكل (9).



الشكل(9): التغير في العجز المائي للتجمعات السكانية نتيجة سيناريو معدل النمو السكاني



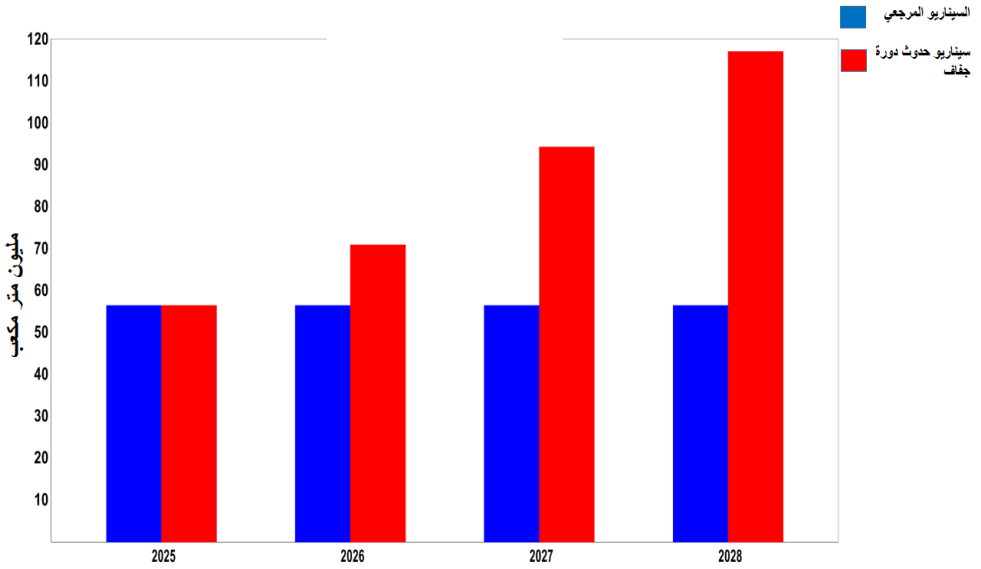
الشكل(10): مقارنة بين السيناريو المرجعي وسيناريو معدل النمو السكاني من حيث متطلبات التزويد

بتطبيق هذا السيناريو ازدادت قيم متطلبات التزويد في مناطق التجمعات السكانية حيث بلغت في السنة الأولى /36/ مليون متر مكعب وفي السنة الأخيرة /59.7/ مليون متر مكعب وذلك مع الاخذ بعين الاعتبار الضياعات بشبكات مياه الشرب بنحو (50%) كما

هو موضح في الشكل (10) وتم تقدير الضياعات بالاعتماد على الدراسات المرجعية (8) والمؤسسات المعنية بالمنطقة.

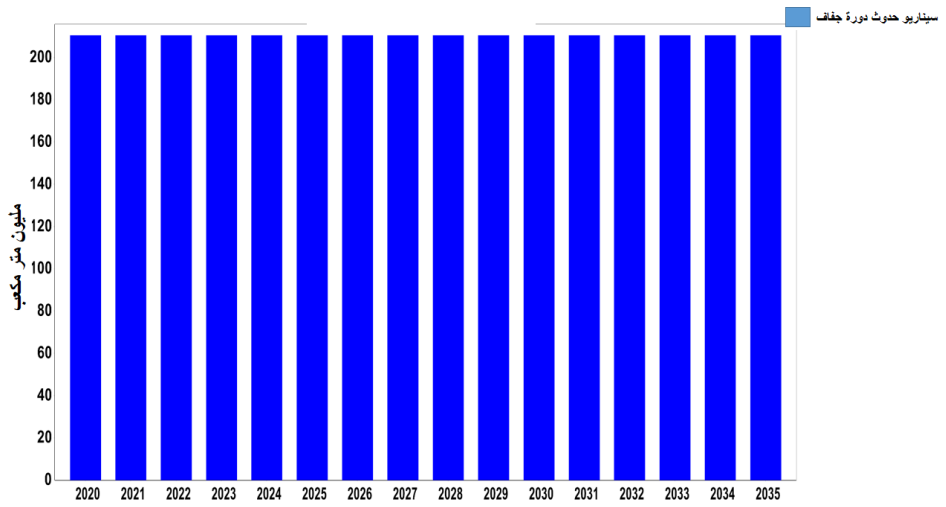
9-4- سيناريو حدوث دورة جفاف:

بتزايد حدة التحديات المائية حيث تتحول ندرة المياه من خطر محتمل الى واقع ملموس ، يبرز هذا السيناريو كحالة بالغة الأهمية لمعرفة تاثير انخفاض الوارد المائي من سد الرستن الى سد محردة بحدود 15% سنويا ولمدة 3 سنوات على المنطقة.



الشكل (11) : مقارنة بحجم العجز المائي بين السيناريو المرجعي وحدوث دورة جفاف للأراضي الزراعية

نلاحظ من الشكل (11) أن قيمة العجز المائي ازدادت نتيجة انخفاض قيمة التصريف لنهر العاصي وبلغت (117.2) مليون متر مكعب في نهاية دورة الجفاف بعام 2028 بينما كانت في السنوات العادية (56.5) مليون متر مكعب للأراضي الزراعية .



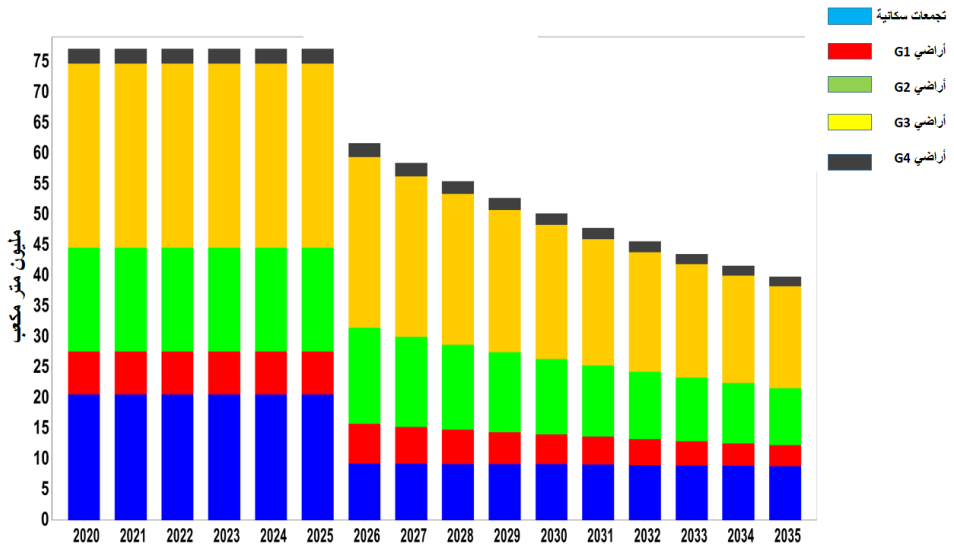
الشكل (12) : الاحتياج المائي الصافي للأراضي الزراعية

باستعراض الشكل (12) نجد أن قيمة الاحتياج المائي الصافي للأراضي الزراعية (210.5) مليون متر مكعب .

9-5- سيناريو زيادة كفاءة شبكة الري والشرب:

في هذا السيناريو تم دراسة تحسين كفاءة شبكة الري والشرب في منطقة الدراسة حيث تصبح قيمة الفواقد لمياه الشرب 25% بعد أن كانت 50% وذلك من العام 2026 بالإضافة لزيادة كفاءة شبكة الري من 75 % الى 85% بشكل تدريجي ابتداء من العام 2026.

وباستعراض الشكل(13) نجد ان قيمة العجز المائي انخفضت في كافة مواقع الاحتياج المائي من (77.1) مليون متر مكعب الى (39.8) مليون متر مكعب بنهاية الدراسة.



الشكل (13) : العجز المائي لكل مواقع الاحتياج المائي في منطقة الدراسة

10- النتائج :

1. أظهرت نتائج السيناريو المرجعي أن إجمالي الاحتياج المائي الصافي في منطقة الدراسة بلغ نحو 228.5 مليون م^3 سنوياً، في حين بلغ العجز المائي الحالي حوالي 77.1 مليون م^3 سنوياً ما يعكس وجود اختلال واضح في التوازن بين العرض والطلب.
2. بين سيناريو استثمار سدّي قسطون وأفاميا بنسبة 50% من سعتهما التخزينية أن العجز المائي للأراضي الزراعية انخفض إلى نحو 32.3 مليون م^3 سنوياً مما يؤكد الدور الحيوي للتخزين السطحي في تعزيز الإمدادات المائية.
3. أظهر سيناريو النمو السكاني مع ارتفاع عدد السكان من 450 ألف نسمة إلى نحو 746 ألف نسمة وبمعدل نمو سنوي 3.43% . زيادة احتياجات مياه الشرب

من 18 إلى 29.9 مليون م^3 سنوياً وارتفاع عجز مياه الشرب من 20.6 إلى 44.1 مليون م^3 سنوياً في ظل فاقد شبكات بلغ 50%.

4. بيّن سيناريو الجفاف والمتمثل بانخفاض الوارد المائي بنسبة 15% لمدة ثلاث سنوات متتالية ارتفاع العجز المائي للأراضي الزراعية ليصل إلى 117.2 مليون م^3 مقارنة بـ 56.5 مليون م^3 في الحالة الطبيعية ما يدل على تأثر كبير في النظام المائي أمام التغيرات المناخية.
5. أظهر سيناريو تحسين كفاءة الري والشرب من خلال خفض فاقد شبكات الشرب إلى 25% ورفع كفاءة الري إلى 85%. انخفاض العجز المائي إلى نحو 39.8 مليون م^3 بنهاية مدة الدراسة وهو ما يبرهن أن إدارة الطلب ورفع الكفاءة التشغيلية يمثلان الخيار الأكثر واقعية لتحقيق الاستدامة المائية.

11- المراجع:

المواقع الالكترونية:

WWW.WEAP21.ORG−1

المراجع الأجنبية :

2- Deshkar, Joshi, Assessment of future water demands in the Nagpur Metropolitan Region using the WEAP model , Journal of Water and Climate Change Vol 16 No 4 ,2025

3- Ertürk, Mertoğlu, Akalın, Assessing the future water potential of Istanbul and the need for inter-basin water transfer and the trade-offs for water allocation , Water Supply Vol 25 No 4,2025

4- Sime,Asrat, Feyessa, Modeling surface water potential and allocating water demand in the Nashe River watershed using water evaluation and planning , Water Practice & Technology Vol 20 No 3,2025.

5- Takele, Gebrie, Engida, Water demand and supply under future water development and climate change scenarios in the upper Blue Nile basin , Water Supply Vol 24 No 12 ,2024.

المراجع العربية:

6-الشركة العامة للدراسات المائية، مشروع تحديث دراسة حوض العاصي ،مرحلة ثانية ،2016.

7− الاحتياجات المائية للخطة الزراعية في حوض العاصي ، 2009 .

8−خزام ، بشرى . ترشيد استخدام الموارد المائية في حوض العاصي الأعلى ، رسالة دكتوراه في الهندسة المائية ، جامعة حمص، 2008

9− الاحمد ، كنان، رسالة دكتوراه بعنوان (إدارة الموارد المائية السطحية في سهل الغاب من سد محردة إلى بوابات القرقور)، كلية الهندسة المدنية ،جامعة حمص .2025

10−مشروع اغروبوليس. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. 2007

11−برنامج التنمية المتكاملة للغاب ،2011