Vol.4, No.2, Page 1694- 1723, 2026 https://doi.org/ 10.59628/jast.v4i2.2116 ISSN 2958-9568 JAST

مجلة جامعة صنعاء للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا
Sana'a University Journal of Applied Sciences and Technology
https://journals.su.edu.ye/index.php/jast/

The Efficiency of Water Resources use and its Impact in Achieving Sustainable Agricultural Development in Yemen During the Period (2000–2023)

Hamid Abdullah Ali M. AL-Samhari *, Khaled Kassem Kaid

Department of Agricultural economics, Faculty of Agriculture, Food and Environment, Sana'a University, Sana'a, Yemen.

***Corresponding author**: hs22d@yahoo.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 01- August -2025

Accepted: 24- December-2025

Published: 28 February 2026

KEYWORDS

1. Water Resources use Efficiency
2. Sustainable agricultural development
3. Yemen
4. Water security

ABSTRACT

Water resources in Yemen constitute a critical determinant for achieving sustainable agricultural development; however, the country confronts substantial challenges stemming from severe deterioration in the economic efficiency of water utilization, resulting in aquifer depletion and widening resource-demand disparities. This research aims to analyze water resource conditions and their implications for sustainable agricultural development (2000–2023), employing descriptive-analytical methodology and econometric approaches based on official data. Findings confirm Yemen's classification among the world's most water-scarce nations, with per capita renewable water availability of 58 m^3 annually—substantially below the absolute water scarcity threshold (500 m^3)—demonstrating statistically significant annual decline of 3.01%. Analysis reveals structural imbalances in water resource management, in which the agricultural sector appropriates over 90% of resources, exerting immense pressure on groundwater reserves depleting beyond natural recharge rates while contributing merely 8% to GDP. Water use efficiency stands at USD 9.24/m^3, below global averages, with water stress levels exceeding safe thresholds by 169.76%. Econometric analysis demonstrates a strong inverse correlation ($r = -0.958$) with statistical significance between water use efficiency and prevalence of undernourishment, whereby the model attributes 93.4% of undernourishment variance to agricultural water efficiency and per capita GDP. The crisis intensifies due to qat cultivation expansion (26.8% of irrigated lands in 2023), juxtaposed with limited modern irrigation technology adoption (14% only). The research recommends formulating and enforcing comprehensive water policies, implementing effective pricing mechanisms, expanding sustainable agriculture practices, and regulating water-intensive crop cultivation to ensure optimal water utilization, food security achievement, and sustainable agricultural development.

Vol.4, No.2, Page 1694- 1723, 2026 https://doi.org/ 10.59628/jast.v4i2.2116 ISSN 2958-9568 JAST

مجلة جامعة صنعاء للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا
Sana'a University Journal of Applied Sciences and Technology
https://journals.su.edu.ye/index.php/jast/

SUN PUBLISHER

كفاءة استخدام الموارد المائية وأثرها في تحقيق التنمية الزراعية المستدامة في اليمن خلال الفترة (2000–2023)

حميد عبدالله علي محمد السمهري*، خالد قاسم قائد صالح

قسم الاقتصاد الزراعي، كلية الزراعة والعلوم البيئية، جامعة صنعاء ، صنعاء ، اليمن.

المؤلف: hs22d@yahoo.com

معلومات المقالة

تاريخ المقالة:

تاريخ التقديم: 01- أغسطس -2025

تاريخ القبول: 24- ديسمبر-2025

تاريخ النشر: 28 فبراير 2026

الكلمات المفتاحية

1. كفاءة استخدام الموارد المائية
2. التنمية الزراعية المستدامة
3. اليمن
4. الأمن المائي

الملخص:

تُعد الموارد المائية في اليمن عاملاً حاسماً لتحقيق التنمية الزراعية المستدامة، لكن البلاد تواجه تحديات هائلة ناجمة عن التدني الحاد في الكفاءة الاقتصادية لاستخدام المياه، مما أدى لاستنزاف الخزانات الجوفية وتفاقم الفجوة بين الموارد والطلب. يهدف البحث إلى تحليل وضع الموارد المائية وتأثيرها على التنمية الزراعية المستدامة (2000–2023)، معتمداً على المنهج الوصفي التحليلي، والأسلوب القياسي، بالاستناد لبيانات رسمية. أكدت النتائج أن اليمن تُصنَّف ضمن أكثر دول العالم معاناةً من ندرة المياه، حيث يبلغ نصيب الفرد من المياه المتجددة 58 مترًا مكعبًا سنويًا، وهو أقل بكثير من عتبة الشحّ المائي المطلق (500 متر مكعب)، مع انخفاض سنوي حاد ومُعنوي إحصائياً بمعدل 3.01%. وكشف التحليل عن اختلال هيكلي في إدارة الموارد المائية، حيث يستحوذ القطاع الزراعي على أكثر من 90% من الموارد، مما يضع ضغطاً هائلاً على المياه الجوفية التي تتناقص بمعدل يفوق تجددها، مساهماً بـ 8% من الناتج المحلي الإجمالي. بكفاءة استخدام للمياه تبلغ 9.24 دولار أمريكي/متر مكعب، دون المتوسط العالمي، مع تجاوز مستوى الإجهاد المائي للعتبات الآمنة بنسبة 169.76%. أظهر التحليل القياسي علاقة ارتباط عكسية قوية ($r = -0.958$) ذات دلالة إحصائية بين كفاءة استخدام المياه ومعدل نقص التغذية، حيث عزا النموذج 93.4% من التباين في نقص التغذية إلى كفاءة المياه الزراعية، ونصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي. وتفاقمت الأزمة بسبب التوسع في زراعة القات (26.8% من الأراضي المروية عام 2023)، مقابل محدودية انتشار تقنيات الري الحديث (14% فقط). يوصي البحث بضرورة صياغة وإنفاذ سياسات مائية شاملة، وتطبيق آليات تسعير فعالة، وتوسيع نطاق الزراعة المستدامة، وتنظيم زراعة المحاصيل المستنزفة للمياه لضمان الاستخدام الأمثل للمياه وتحقيق الأمن الغذائي، والتنمية الزراعية المستدامة.

1. المقدمة:

تعتبر المياه أهم الموارد الطبيعية على الإطلاق إذ أنها ضرورية لحياة الإنسان ورفاهيته، ويتزايد الطلب عليها يبرز التوازن بين التكاليف الاقتصادية للمياه ومنافعها الاقتصادية كأحد الجوانب المحورية في اقتصاديات المياه وإدارة الطلب عليها. [1]، وتعد المياه أحد أهم عناصر الإنتاج الضرورية لتحقيق زراعة مستدامة، مما يتطلب اساليب إدارة رشيدة لاستخدام مياه الري. فالمياه أساس الحياة وهي عنصر أساسي في التنمية الزراعية والصناعية والاقتصادية والاجتماعية. [2]، على المستوى العالمي، تُعد الزراعة أكبر مستهلك للمياه بحوالي 70%، وترتفع تلك النسبة في المناطق الجافة إلى أكثر من 90%، حيث يُستهلك جزء كبير من المياه بكفاءة متدنية لا سيما في الاستخدام الزراعي عالمياً، إذ أن جزءاً صغيراً فقط من المياه المُحولة للزراعة يُستعمل للنبات بينما يُهدر الباقي، إن الكفاءة في استخدام الموارد المائية في القطاع الزراعي على وجه الخصوص يمثل عنصرا محورياً لتحقيق الأمن المائي في الدول العربية والذي يُعد بدورة ركيزة جوهرية لتحقيق تنمية زراعية وغذائية مستدامة [3].

وتواجه الموارد المائية في المنطقة العربية سلسلة طويلةً من التحديات، التي بات أمر التصدي لها أولوية إقليمية ملحّة لضمان تحقيق متطلبات التنمية المستدامة. فالشح المائي سمة تاريخية للمنطقة، حيث لا تتعدى مواردها المائية حالياً حدود 260 مليار متر مكعب سنويًا، ويأتي هذا الشُح نتيجة الموقع الجغرافي لمعظم أرضي المنطقة العربية ضمن أقاليم مناخية جافة وشبه جافة، تتصف عموماً بتدني معدلات الهطولات المتساقطة، وعدم انتظامها توزعها، والحساسية العالية تجاه تغير المُناخ

فالدول العربية تقع ضمن الدول الأكثر تأثراً بالمخاطر الناجمة عن آثاره سواء الراهنة أو المستقبلية، التي ستشكل بلا شكٍ أكبر الضغوطات على الموارد المائية المتاحة، حيث من المتوقع أن يتراجع حجم المتجدد منها بمعدل 20% بحلول عام 2030، نتيجة انخفاض المعدلات السنوية للهطول المطري. بالمقابل فإن الطلب عليها في تزايدٍ مستمر، في ظل ارتفاع معدل النمو السكاني، المقدر أثناء الفترة 2001 – 2016 بنحو 2.20%، مقارنة بـ 1.25% فقط على المستوى العالمي.

أدى هذا الخلل بين العرض والطلب إلى استخدام كميات مياه تفوق المتاح المتجدد، مما نتج عنه عجز مائي كبير. فقد تراجع نصيب الفرد السنوي من المياه العذبة المتجددة إلى أقل من 1000 متر مكعب في 19 دولة عربية، وإلى أقل من 500 متر مكعب في 13 دولة. وهذا يعني أن نحو 392 مليون نسمة من سكان المنطقة يعيشون في ظل ندرة مائية مطلقة، مما يهدد قدرتهم على تلبية الاحتياجات الأساسية للشرب والاستخدامات المنزلية والإنتاجية، وفي مقدمتها الزراعة. الذي رغم أنها صاحبة الحصة الأكبر من المياه، إلا أن كفاءة استخدامها فيه لا تتجاوز عموماً 50%، ولاسيما على مستوى الحقل، في ظل تغطية الري السطحي التقليدي ما يقارب 85% من المساحات المروية.[4].

وتستهلك نسبة 87% من المياه العربية للزراعة، وتتراوح كفاءة الري بالدول العربية بين (50–60) %. وبناء على ذلك هناك مجال كبير للاقتصاد في المياه

باستخدام تلك التقنيات يقدر وسطياً بحوالي 30% من إجمالي كميات المياه المستخدمة. [5].

واليمن هي أفقر دولة في العالم من حيث الموارد المائية. ويبلغ نصيب الفرد السنوي من المياه 83 مترا مكعبا سنويا مقارنة بالحد المطلق البالغ 500 متر مكعب. ويمثل القطاع الزراعي حوالي 90% من استخدامات المياه، يذهب معظمها إلى زراعة القات.

في جميع أنحاء اليمن، يتم استنزاف المياه الجوفية بمعدل ضعفي معدل تجديدها. يتم استخدام موارد المياه الجوفية بشكل عشوائي. وبمعدل الاستخراج الحالي، بحلول عام 2030، سيتم استنفاد أحواض المياه. وسيكون هذا كارثياً بالنسبة لبلد 70% من المجتمع الريفي فيها يمارس الزراعة. [6]. وتشكل شحة المياه – وتكاليف استخراجها – عائقا للاستثمار الزراعي لا سيما في اليمن التي تعتمد الزراعة كأساس للتطور الاقتصادي والاجتماعي ويغلب عليها الأساليب التقليدية في الإرواء وما يسببه من إهدار في استخدام المياه، وتتجاوز كمية المياه التي يستخدمها اليمن سنويًا المياه المتجددة التي يمكن أن تعوضه امداداته بمقدار الثلث، ففي عام 2010، بلغ حجم الاستخدام 3.9 مليار متر مكعب، بينما كان حجم المياه المتجددة 2.5 مليار متر مكعب، غُطي العجز البالغ 1.4 مليار متر مكعب من المياه بما تضخه الآبار الأنبوبية الحديثة أو الفتحات الجوفية العميقة، مما يؤدي إلى استنزاف مخزونات المياه الجوفية [7] وهبوط مستمر في مناسيب المياه الجوفية في مختلف أحواض البلاد. وتتفاقم مشكلة شحة المياه في اليمن من سنة إلى أخرى بسبب تأثيرات التغير المناخي، وزيادة مستمرة في عدد السكان، قابلها التوسع الأفقي بإضافة أراض جديدة لزيادة إنتاج بعض المحاصيل المروية، مع تدني كفاءة الري، ما يؤدي إلى تزايد الضغط على الموارد المائية المحدودة أصلاً، وإهدارها دونما جدوى لتوفير لسد الاحتياجات المائية لهذه المحاصيل. فلا يمكن تصوّر تنمية زراعية بلا مياه، ما يعني أن تحقيق تنمية زراعية مستدامة يرتكز على استخدام الموارد المائية التي تعتبر المصدر الرئيسي للزراعة وتحقيق الأمن الغذائي.

لذا ارتأينا في هذا البحث أن نبين المصادر الطبيعية للمياه في اليمن، بالإضافة إلى الملامح الأساسية للزراعة اليمنية، ومن ثم نحاول إظهار العلاقة بين هذين العاملين الأساسيين في تحقيق التنمية الزراعية المستدامة، وذلك باستخدام أدوات منهجية تعتمد على المقارنة بأسلوب تطويري للعلاقة بين الموارد المائية، والتنمية الزراعية والاقتصادية محددة بفترات زمنية بين 2000 و2023م.

مشكلة البحث

بالرغم من أهمية الموارد المائية ودورها الاستراتيجي الذي يمكن أن تؤديه في التنمية الزراعية إلا أن استخداماتها – الزراعية – لا زالت بعيدة عن الاستخدام الأمثل حيث تعامل المياه على أنها سلع حرة وهبة من الله يمكن استخدامها في الأنشطة المختلفة وبغض النظر عن حسابات التكلفة والعائد، نظرا لانعدام التخطيط وسوء إدارة الموارد المائية المتاحة وخاصة في القطاع الزراعي باعتباره المستخدم الرئيسي للموارد المائية، الا ان محدودية هذه الموارد في الوطن العربي وفي بلادنا بشكل خاص وزيادة

الطلب عليها نتيجة سيادة الأساليب التقليدية في القطاع الزراعي، ادى الى خلق عدم توازن بين العرض والطلب عليها، واستنزاف المياه الجوفية، ومن هنا جاءت مشكلة الدراسة. في السؤال الجوهري التالي:

ما مدى تحقق الكفاءة الاقتصادية لاستخدام المياه في اليمن؟ وما هي الاسباب التي أدت الى الازمة والتحديات المائية التي تواجه المنطقة

وكيف يمكن الوصول الى تنمية زراعية بالاستخدام الأمثل للموارد المائية المتاحة وجعل هذا القطاع قطاعاً واعداً يساهم في دفع عجلة التنمية الاقتصادية في اليمن؟

أهمية البحث

يعتبر موضوع المياه موضوع الساعة على الساحة العالمية والعربية، ومحور اهتمام الجميع بصفة عامة واليمن بصفة خاصة، ويكتسب هذا البحث أهميته من كونه يتناول قضية حيوية ومصيرية للأمن المائي والغذائي في اليمن، في ظل تصاعد الأزمة المائية وتأثيرها المباشر على التنمية المستدامة

كونها الجسر المباشر المؤدي لتحقيق الأمن الغذائي.

وتتميز هذه الدراسة بتقديم تحليل إحصائي معمق يغطي فترة زمنية طويلة (23 سنة) ويستخدم مؤشرات متقدمة لقياس كفاءة المياه وإنتاجيتها. وتكمن أهمية هذه الدراسة في التالي:

الارتباط بالأمن الغذائي: أهمية الاستخدام الأمثل للموارد المائية وارتباطها بتحقيق التنمية الزراعية ومنه الوصول إلى الاكتفاء الذاتي وتحقيق الأمن الغذائي الذي أصبح يهدد الكثير من الدول النامية ومنها اليمن.

التقييم الشامل: يسمح لنا بالتعرف على الوضع المائي الحالي والمستقبلي لليمن، وذلك من خلال عرض مصادر الموارد المائية وحجم استخداماتها.

التخطيط الاستراتيجي: تقدير الاحتياجات المستقبلية لاتخاذ جميع الاجراءات لتجاوز الازمة والبحث عن الحلول على المدى القصير والطويل.

ولذلك سيقام هذا البحث للتعرف على مدى كفاءة استخدام الموارد المائية في الزراعة، والمشكلات التي تواجه مستخدمي مياه الري وبالتالي التنمية المستدامة في اليمن.

أهداف البحث

الهدف الرئيسي للبحث هو:

محاولة الإحاطة بدور الموارد المائية في تحقيق التنمية الزراعية المستدامة في اليمن وذلك من خلال:

1) دراسة الوضع المائي في اليمن من خلال عرض الميزان المائي الحالي والمتوقع.
2) تحليل مشاكل الموارد المائية في اليمن.
3) استكشاف العلاقة بين كفاءة استخدام المياه والأمن الغذائي والتنمية المستدامة.
4) الخروج بتوصيات تسهم في تحسين كفاءة استخدام الموارد المائية وتفعيل دورها في تحقيق التنمية الزراعية المستدامة.

فرضيات البحث

يقوم البحث على فرضيتين رئيسيتين:

1- يشكل استخدام المياه في الزراعة عاملا محددا في تحقيق التنمية الزراعية المستدامة ودعم الأمن الغذائي.

2- لا تستغل المياه بشكل كفء في القطاع الزراعي اليمني كغيره من جل القطاعات الزراعية العربية، مما أثر على تحقيق الأمن الغذائي، والتنمية الزراعية.

الطريقة البحثية:

استخُدم في هذا البحث المنهج الوصفي التحليلي الذي يعتمد على جمع البيانات والمعلومات التي تساعد على الفهم الدقيق للمشكلة لتحليلها واستخلاص نتائج موضوعية حول دور الموارد المائية في تحقيق التنمية الزراعية المستدامة.

مصادر البيانات:

تم الحصول على هذه البيانات على شكل سلسلة زمنية تغطي المدة 2000–2020م. من مصادر متعددة وموثوقة:

المؤسسات الوطنية:

- كتب الإحصاء الزراعي، الصادرة عن الإدارة العامة للإحصاء الزراعي، وزارة الزراعة والري، الجمهورية اليمنية.
- الجهاز المركزي للإحصاء التابع لوزارة التخطيط والتعاون الدولي.

المنظمات العربية والدولية:

تم الاستعانة بعديد من الإحصاءات والدراسات التي نشرتها المنظمات العربية والدولية مثل:

- منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة (FAO).
- مجموعة البنك الدولي (World Bank).
- اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (ESCWA).
- المركز العربي للدراسات الإقليمية والسياسات الاستراتيجية (أكساد).
- برنامج الأمم المتحدة الإنمائي (UNDP).
- المنظمة العربية للتنمية.

والتقارير والدراسات العلمية المحكمة ذات الصلة بموضوع البحث.

أدوات التحليل:

تم استخدام برنامجي (Microsoft Excel, SPSS) لمعالجة البيانات وتحليلها وفق الأساليب التالية:

1) **التحليل الإحصائي الوصفي:** تحليل إحصائي لمؤشرات متوسط المساحات الزراعية بحسب مصادر الري، مساهمة الزراعة في الناتج المحلي على مستوى الجمهورية اليمنية، والنسب المئوية، ومعدل النمو السنوي المركب (CAGR) للمدة (2000 – 2023).

2) **مؤشرات أهداف التنمية المستدامة المتعلقة بالمياه:**

تضمن التحليل مؤشرات متقدمة لقياس الكفاءة الاقتصادية لاستخدام الموارد المائية. من أهمها العائد الاقتصادي على استخدام المياه (WUE) عبر المؤشر (6.4.1) الذي يقيس التغير في كفاءة استخدام المياه مع مرور الوقت، والمؤشر (6.4.2) الذي يُستخدم لتقييم مدى ندرة المياه، والإجهاد المائي.

3) **تحليل الاتجاه العام (Trend Analysis):**

تم حساب الاتجاهات الزمنية للمتغيرات الرئيسية باستخدام المعادلة الخطية التالية:

$$Y_n = a + bx_t + u_t$$

حيث:

Y_n : المتغير التابع (حصة الفرد من المياه في السنة، أو كفاءة استخدام المياه، نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجماليGDP، معدل انتشار نقص التغذية)

b: معامل الانحدار (يمثل معدل التغير).

a: ثابت، x_t, : متغير الزمن.

4) **تحليل الارتباط (Correlation Analysis)**

استُخدم معامل ارتباط بيرسون لقياس قوة واتجاه العلاقة بين المتغيرات الرئيسية.

5) **تحليل الانحدار المتعدد (Multiple Regression Analysis):**

تم دراسة أهم العوامل المؤثرة على التنمية المستدامة والأمن الغذائي على مستوى الجمهورية وفقا للمعادلة الخطية من الدرجة الأولى وكما يأتي:

$$Y_t = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + u_t$$

حيث:

Y_t: المتغير التابع (معدل انتشار نقص التغذية).

x_1: كفاءة استخدام المياه ، x_2 : نصيب الفرد من GDP.

b_0: ثابت الانحدار.

b_1, b_2: معاملات الانحدار الجزئية.

u_t: المتغير العشوائي.

6) تم ربط المعلومات بالمنهج الوصفي والكمي المقارن لتقويم الناتج من البحث للوصول إلى التوصيات المناسبة.

قيود البيانات:

- انقطاع او عدم توفر بعض البيانات الرسمية خلال الفترة (2014–2020).
- الاعتماد على تقديرات AQUASTAT لسد الفجوات.
- افتراض ثبات نسبة Yri خلال فترة الدراسة (قد تتغير المناخ، أو بتوفر تحديث للبيانات).
- للتحقق من البيانات تم المقارنة مع مصادر بديلة مثل (World Bank, UNDP).

النتائج والمناقشة:

تعريف التنمية الزراعية المستدامة:

يتداول المعنيون بالتنمية الزراعية في العالم أكثر من تعريف للتنمية الزراعية المستدامة، إذ يهتم المعني بالبعد الاقتصادي باستدامة الحصول على العوائد المالية من الزراعة، في حين يهتم المعني بالبيئة بالمحافظة عليها وتقليل ضرر النشاط الزراعي على الموارد الطبيعية وحفظ حقوق الأجيال المستقبلية في استثمارها، بينما يرى المهتم بسلامة الغذاء بوجوب الحرص على إنتاج غذاء صحي للمستهلكين، وهكذا تختلف درجة تركيز التعريف على أي من هذه المحاور حسب اهتمام وطبيعة الخلفية العلمية للمعرف.

وقد قدمت اللجنة العالمية المعنية بالبيئة والتنمية لأوّل مرّة في عام 1987 مفهوم التنمية المستدامة باعتبارها "التنمية التي تلبي احتياجات الحاضر بدون المساس بقدرة أجيال المستقبل على تلبية احتياجاتها". [8].

الوضع الراهن للموارد المائية في اليمن:

تعتمد اليمن على مصادر مائية محدودة ومتنوعة، تشمل الأمطار، والمياه السطحية، المياه الجوفية.

الموارد المائية المتاحة في اليمن:

مصادر الموارد المائية باليمن:

الأمطار: تُعتبر الأمطار المصدر الوحيد للمياه المتجددة في البلاد، حيث يتباين سقوط الأمطار بين المناطق المختلفة، ويتراوح متوسط الهطول المطري بين أقل من 50 ملم في ثلثي البلاد المصنفة شديدة الجفاف، مع أقل من 200 ملم في بقية المناطق القاحلة و250 ملم في المرتفعات الغربية، مع بعض المناطق قد يصل فيها إلى أكثر من 800 ملم.

[9]. ويتزامن سقوط الأمطار في فصل الصيف مع ارتفاع درجة الحرارة، مما يزيد المشكلة تعقيداً لزيادة التبخر، وبالتالي فقدان نسبة كبيرة من حصيلة الأمطار الساقطة. وتتراوح كمية الأمطار السنوية بين (67–93) مليار م^3.

المياه السطحية: يُقدر متوسط الجريان السنوي المستخدم كمياه سطحية في الأودية بحوالي 1.0 مليار متر مكعب. وتُقدر الكمية الممتصة بحوالي 1.5 مليار متر مكعب، والتي ستُجدد المياه الجوفية. وبالتالي، يبلغ إجمالي موارد المياه المتجددة السنوية 2.5 مليار متر مكعب [10]، وتشمل الأودية الموسمية والسيول، والغيول، والينابيع. وهي عبارة عن شبكة كبيرة من الوديان، تتكون من وديان رئيسية تمدها أعداد كبيرة من الوديان الفرعية، تغطي جميع المحافظات، إلا أن هذه المصادر تتسم بعدم الانتظام والتذبذب الكبير نتيجة لتقلبات المناخ.

المياه الجوفية: تُشكل المياه الجوفية المصدر الرئيسي للمياه في اليمن، حيث تُساهم بحوالي 80% من إجمالي الإمدادات المائية. إلا أن هذه المياه تتعرض لاستنزاف مفرط، حيث تشير التقارير إلى أن معدل الاستخراج يفوق معدل التجديد بضعف تقريباً. وتعتبر المياه الجوفية المصدر الرئيسي المعتمد لقطاع الري في الوقت الحاضر، وتقدر موارد المياه الجوفية المتجددة بـ 1.5 مليار متر مكعب في السنة، والتي تأتي في الغالب من الترشيح في قيعان الأودية الرئيسية.

توفر المياه والاستخدامات الحالية والميزان المائي:

تعاني اليمن من اختلال في الميزان المائي، ومن فجوة كبيرة بين إمدادات المياه المتاحة وارتفاع الطلب على المياه. ومن المتوقع أن يزداد هذا الاختلال في المستقبل نتيجة لزيادة النمو السكاني، والآثار المتوقعة لتغيّر المناخ.

وقُدِر الطلب السنوي على المياه عام 2010 للاستخدام المنزلي والصناعي والاستهلاك الزراعي في اليمن بنحو 3,970 مليون متر مكعب. وهو ما يتجاوز بكثير الموارد المتجددة من كل من المياه السطحية والمياه الجوفية البالغة 2,500 مليون متر مكعب في السنة. [9] أي بعجز 1,470 مليون متر مكعب، ويُلبّى ما أكثر من ثلث هذا الطلب على المياه عن طريق ضخ المياه الجوفية (الأحفورية) غير المتجددة. ويبين الجدول رقم (1) حجم الموارد المائية المتاحة في اليمن والطلب عليها بحسب الاستخدام.

جدول رقم (1) الميزان المائي في اليمن (مليون متر مكعب/سنة)

القطاع	الطلب على المياه (مليون متر مكعب)	الموارد المائية المتاحة (مليون متر مكعب)		المساهمة %
الزراعة	3,328	المياه السطحية	1,000	25.2%
الصناعة	90	المياه الجوفية المتجددة	1,500	37.8%
منزلي/ حضري	552	المياه الجوفية غير المتجددة	1,445	36.4%
اجمالي الطلب على المياه	**3,970**	**اجمالي المياه المتاحة (العرض)**	**3,945**	**99.4%**

المصدر: اعداد الباحث بالاعتماد على [9] (UNDP Water Resources Challenges in Yemen,2022)

استخدامات ومشاكل الموارد المائية في اليمن:

هناك عدة عوامل تسهم في ارتفاع استخدام الموارد المائية في اليمن منها ارتفاع معدل النمو السكاني، بنسبة تفوق 160% خلال 30 سنة. والتوسع في المساحات الزراعية المروية، وبالنظر إلى حجم الموارد المائية المتاحة، واستخداماتها عبر القطاعات الرئيسية الثلاثة في الجدول رقم (2) نجد أن القطاع الزراعي هو المستهلك الرئيسي للمياه بأكثر من 90% من السحب الكلي في حين أن القطاعين المنزلي والصناعي يستهلكان ما بين 8 و9% من موارد المياه.

ما ينتج عنه ظهور فجوة مائية تزيد بزيادة النمو السكاني وفقاً لمستويين، الأول المستوى الفعلي، والثاني مستوى افتراضي مرتبط بفكرة الاستقرار المائي، لغرض المقارنة مع وحده الاستقرار المائي البالغة 1000 متر مكعب للفرد سنوياً.. وتتزايد الفجوة المائية (أ) بزيادة عدد السكان من 0.83 مليار م^3 عام 1990 الى 1.47 مليار م^3 عام 2010.

ورغم ثبات الفجوة (أ) عام 2020 بحسب البيانات المتاحة، الا أن العجز في الفجوة المائية (ب) يتفاقم بشدة وصولاً إلى 34.03 مليار م^3 بمعيار الاستقرار المائي نظراً لانخفاض نصيب الفرد من 151.21 الى 58.12 م^3 / سنة. بمعدل 3.01% سنوياً، ما يعكس تدهور الأمن المائي للفرد نتيجة ثبات الموارد وتزايد السكان.

جدول رقم (2) مصادر واستخدامات الموارد المائية المتجددة في اليمن

العام	تعداد السكان (ألف نسمة)	الموارد المائية المتجددة (مليار متر مكعب)			إجمالي الموارد المائية المتجددة	سحب المياه (مليار متر مكعب)			إجمالي سحب المياه	نصيب الفرد م^3/ سنة	فجوة الموارد المائية	
		السطحية	الجوفية	التداخل*		الزراعة	الصناعة	المنزلية			أ	ب
1990	13,888	2.00	1.50	1.40	2.10	2.70	0.03	0.20	2.93	151.21	−0.83	−11.79
2000	19,624	2.00	1.50	1.40	2.10	3.06	0.07	0.27	3.40	107.01	−1.30	−17.52
2010	26,754	2.00	1.50	1.40	2.10	3.235	0.07	0.27	3.57	78.49	−1.47	−24.65
2020	36,135	2.00	1.50	1.40	2.10	3.235	0.07	0.27	3.57	58.12	−1.47	−34.03
** CAGR	**3.10**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.28**	**−0.23**	**−0.13**	**0.24**	**−3.01**	**0.60**	**3.37**

المصدر: اعداد الباحث بالاعتماد على [11] FAO AQUASTAT Dissemination System. 2025

*التداخل بين المياه السطحية والمياه الجوفية: جزء من موارد المياه العذبة المتجددة المشتركة بين المياه السطحية والمياه الجوفية. وهذا الجزء هو حصيلة طرح كمية المياه الجوفية التي تخترق الأنهر (تدفقات الأنهر تحديداً) من كمية المياه المتسربة من الأنهر إلى خزانات المياه الجوفية.

نم حساب معدل النمو السنوي المركب **CAGR للمدة (2000 – 2020).

كما تتضح أهم مشاكل الموارد المائية في اليمن من خلال ملاحظة ما يلي:

ارتفاع معدل النمو السكاني في اليمن:

إن تزايد عدد سكان اليمن يؤدي إلى زيادة الطلب على المياه ما أدى إلى استخدام مياهاً أكثر من المتاح لديها على أساسٍ متجدد، وإلى ظهور عجزٍ مائي كبير تمثل في تراجع نصيب الفرد اليمني السنوي من المياه العذبة المتجددة من مياه الشرب والاستعمالات المنزلية. حيث أصبحت لا تتجاوز 58 متر مكعب للفرد في السنة، وهو أقل بكثير من مستوى فقر المياه بحسب أرقام البنك الدولي والبالغ 1000 متر مكعب للفرد في السنة، بل أقل من 500 متر مكعب، وهو ما يعني المعاناة من ندرةٍ مائية مطلقة.

التوسع في الأراضي المزروعة من المساحة الصالحة للزراعة في اليمن:

أن زيادة عدد السكان يتطلب التوسع في الأراضي المزروعة من المساحة الصالحة للزراعة، ومن خلال المقارنة للمدة (2000–2023) في الجدول التالي:

جدول رقم (3) نسبة المساحة المحصولية الى المساحة الصالحة للزراعة للمدة (2000-2023) في اليمن (هكتار)

العام	المساحة الصالحة	المساحة المحصولية	%
2000	,85881,66	1,143,440	68.5%
2005	1,452,437	1,202,113	82.8%
2010	1,452,438	1,579,855	108.8%
2015	1,452,438	1,172,185	80.7%
2020	1,452,438	1,154,762	79.5%
2023	1,452,438	1,218,754	83.9%
المتوسط	1,488,507.8	1,245,184.8	84.0%
CAGR	−0.60%	0.28%	

المصدر: [12] الادارة العامة للإحصاء الزراعي بوزارة الزراعة والري.

شهدت المساحة المحصولية توسعًا ملحوظًا من 68.5% من المساحة الصالحة للزراعة عام 2000. ارتفعت النسبة عام 2010 إلى 108.8% حيث بلغت قيمتها العظمى بزيادة 40.2%، ما يشير الى استخدام مكثف للأراضي. أو مدفوعًا بموسم مطري جيد ومؤقت – كما سيظهر لاحقاً – تراجعت النسبة إلى حدود 80% في السنوات اللاحقة، مع بعض التحسن في عام

2023 حيث وصلت إلى 83.9%. بمعدل نمو سنوي مركب (CAGR) 0.28%، وهذه المساحات سوف تزداد في ضوء ارتفاع عدد السكان وزيادة احتياجاتهم الغذائية.

استخدام الموارد المائية الجوفية في الزراعة اليمنية:

إن المصادر المائية التي يعتمد عليها القطاع الزراعي في اليمن تشمل الأمطار والآبار والسيول والغيول. ويوضح الجدول رقم (4) أن الري بالأمطار لا يزال المصدر الأول ما يقارب 50% من المتوسط العام من الأراضي الزراعية تعتمد على الأمطار الفصلية، لموسم واحد هو الموسم الصيفي. وأن ارتفاع المساحة المحصولية عام 2010 (108.8%) في الجدول (3) يتزامن مع: أعلى نسبة ري بالمطر (56%). وارتفاع ملحوظ في ري السيول (16%)، وليس بتوسع دائم ومستقر في مصادر الري المستدامة. بل تأثر الزراعة بتغير المناخ وتقلص الأمطار. الذي بدوره يُقلل من مرونة أنظمة الإنتاج. يؤكده معدل نموه السنوي المركب المتواضع 0.40%، والتغير في المساحات المعتمدة على مياه السيول التي تجري في الوديان بنسبة 12.8% كمتوسط عام ويتيح أن يكون حصاد مياه الأمطار حلًا مستدامًا لتقليل الاعتماد على المياه الجوفية من الآبار والغيول لري مساحة الزارعة المروية المقدرة بحوالي 430 ألف هكتار وبنسبة 35.4% من اجمالي المساحة المحصولية خلال الفترة، وهي نسبة مرتفعة جداً تهدد المياه الجوفية في البلاد خصوصا مع أساليب الري التقليدية المستخدمة في الزراعة وما تسببه من هدر في مياه الري نظرا لتدني كفاءتها في ظل محدودية المياه السطحية، واستنزاف المياه الجوفية. وشهدت الفترة (2010–2020) ارتفاعاً حاداً في الاعتماد على الآبار، لتصل إلى 39.3% في عام 2023. مع الانخفاض المأساوي في الغيول وهو ما يمثل تحذيراً هيدرولوجياً من أن اليمن تتجه نحو نضوب وشيك لمخزونها الاستراتيجي من المياه الجوفية. حيث وصل معدل انخفاض الماء الجوفي للأحواض المائية (1 – 4) متر سنوياً، ويصل في بعض الأحواض الى 7 أمتار في السنة [13].

جدول رقم (4) المساحة المحصولية حسب مصادر الري للمدة (2000–2023) في اليمن (هكتار).

العام	أمطار	%	آبار	%	سيول	%	غيول	%	سدود وحواجز	%
2000	514,550	45.0%	457,375	40.0%	125,776	11.0%	45,740	4.0%	–	0.0%
2005	608,525	50.6%	393,089	32.7%	137,163	11.4%	34,301	2.9%	12,914	1.1%
2010	884,719	56.0%	331,770	21.0%	252,779	16.0%	36,339	2.3%	53,710	3.4%
2018	506,539	47.6%	340,889	32.0%	158,988	14.9%	15,801	1.5%	31,948	3.0%
2023	564,004	46.3%	478,477	39.3%	132,838	10.9%	15,891	1.3%	16,040	1.3%
المتوسط	**615,667**	**49.1%**	**400,320**	**33.0%**	**161,509**	**12.8%**	**29,614**	**2.4%**	**28,653**	**1.8%**
CAGR	**0.40%**		**0.20%**		**0.24%**		**-4.49%**		**1.21%**	

المصدر: المصدر: [12] الادارة العامة للإحصاء الزراعي بوزارة الزراعة والري أعداد مختلفة لكتاب الإحصاء الزراعي السنوي.

استخدام تقنيات الري الحديث والزراعات المحمية:

من اجمالي المساحة المروية تقدر المساحة التي تستخدم تقنيات الري الحديث بـ 14% فقط. ويظهر اتجاه تطور هذه المساحة خلال الفترة 2003–2021 كما يلي:

جدول رقم (5) تطور مساحة الري الحديث والزراعات المحمية في اليمن لمدة الفترة (2003 – 2021) (هكتار)

العام	الزراعات المحمية	الري الحديث	الإجمالي
2003	320.0	6,930.0	7,250.0
2007–2011	310.0	42,260.0	42,570.0
2009–2013	261.1	55,631.6	55,892.7
2014–2021	291.2	56,003.0	56,294.2
CAGR	-0.52%	12.31%	%12.06

المصدر:[14] المنظمة العربية للتنمية – أعداد مختلفة للكتاب السنوي للإحصاءات الزراعية العربية المجلد 25–27–33–36–40–43

يتضح وجود اتجاه نحو التوسع في استخدام تقنيات الري الحديث بمعدل نمو سنوي مركب 12.06% خلال الفترة (2003–2021). حيث شهد قفزة كبيرة خلال الفترة من 7,250.0 هكتار عام 2003 الى 42,570.0 هكتار عام 2007 منها 310.0 هكتار تستخدم الزراعات المحمية. أي خلال أربع سنوات. بزيادة خمسة أضاف المساحة السابقة، ما يبين توجه لدعم المزارعين وتشجيعهم في تبني هذه التقنيات. إذ وصل مقدار الدعم إلى 70% من تكلفة هذه التقنيات. ورافق ذلك إدخال خدمات إرشاد الري. [15] واستمر التوسع بمعدل أقل وصولا لمساحة 56,294.2 هكتار عام 2014 وثبتت المساحة حتى عام 2021. وبرغم هذا التوسع لم يؤدِّ إلى خفض فعلي لاستهلاك المياه، وبقي إجمالي سحب المياه الزراعية مرتفعًا وثابتًا عند 3.235 مليار م³ للفترة (2010–2020) مع التوسع في الأراضي المحصولية والمروية. مع أن الري الحديث يُفترض أن يقلل من استخدام المياه لكل هكتار. مؤشر على عدم استخدام الري الحديث بشكل فعال في تقليل الفاقد المائي. أو أنه ساهم في تقليل الفاقد ولكن مع توسع في المساحة المزروعة بالقات خلال نفس الفترة، مما أبطل أثر الكفاءة.

استنزاف المياه في زراعة القات:

يزداد انتشار محصول القات أفقيًا بزيادة المساحة المزروعة منافساً بقية المحاصيل الغذائية، بمعدل نمو سنوي مركب 2.32%. حيث اعتمد المزارعون إنتاج القات لتعظيم الإيرادات من قطع الأراضي الصغيرة، كاستراتيجية واسعة النطاق للتكيف، فارتفعت نسبته من المساحة المحصولية للفترة 2003–2023م من 10.3% الى 14.4%، ومن مساحة أراضي الزراعة المروية من 18.7% الى 26.8%. كما هو موضح في الجدول (6). وبمقارنة نسبة القات والري الحديث نجد أن كل هكتار تقنيات ري حديث يقابله أكثر من ثلاثة هكتار مزروعة بالقات. ما يلغي أثر كفاءة الري الحديث كونه يروى من المياه الجوفية وبطرق تقليدية

غالباً. مستهلكاً حوالي 35% من الاستخدامات الزراعية للمياه، وهي تمثل نسبة كبيرة من كمية المياه

جدول رقم (6) تطور مساحة محصول القات على مستوى الجمهورية للفترة 2003-2023م (هكتار)

العام	المساحة المحصولية	المساحة المروية	مساحة القات	النسبة %	
				من المحصولية	من المروية
2003	1,076,771	592,223	110,873	10.3%	18.7%
2005	1,202,113	593,588	123,933	10.3%	20.9%
2008	1,371,575	676,187	146,810	10.7%	21.7%
2009	1,306,776	692,592	153,512	11.7%	22.2%
2010	1,579,855	695,136	159,671	10.1%	23.0%
2011	1,411,929	748,323	162,584	11.5%	21.7%
2018	1,064,812	558,274	169,386	15.9%	30.3%
2023	1,218,754	654,751	175,440	14.4%	26.8%
CAGR	0.62%	0.50%	2.32%		

المصدر: [12] الادارة العامة للإحصاء الزراعي بوزارة الزراعة والري اعداد مختلفة لكتاب الإحصاء الزراعي السنوي

الجوفية المحدودة. وبحسب [16] من المتوقع زيادة المساحة المزروعة عام 2030 الى 235,826 هكتار على حساب المحاصيل النقدية كالبن والحبوب.

الأمن المائي:

يعتبر تحقيق الأمن المائي التحدي الوطني والإقليمي والعالمي الاكثر إلحاحا، نتيجة لزيادة في شحة المياه وما يرتبط بها من آثار اقتصادية واجتماعية، وقد صُنف اليمن كأفقر دولة في العالم من حيث الموارد المائية [6] حيث بلغ نصيب الفرد السنوي من الموارد المائية المتجددة في اليمن 58.12 متراً مكعباً في السنة، أي منخفضاً جداً مقارنة بالحد الأقصى المطلق 500م3/ سنة.

الاستدامة المائية:

إن الاستدامة تعني استخدام الموارد المتاحة. "دون المساس بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها". [17] ومع ذلك، فإن معنى المصطلح كما هو مستخدم في هذا البحث يتبع ما ورد في قانون المياه اليمني رقم 33 لسنة 2002، المادة 2 (9). وتنص هذه المادة على: إن استدامة الموارد المائية تتمثل في "استخراج الماء من الخزانات الجوفية بالكميات التي تساوي أو تقل عن الكميات المتجددة منها خلال نفس السنة، أو خلال فترة محسوبة سلفاً وبما لا يؤثر على كميات المياه ونوعيتها على الأمد الطويل [18].

وفي اليمن يقدر الطلب السنوي على المياه لاستخدام المنزلي والصناعي والاستهلاك الزراعي بحوالي 3900 مليون م^3/ سنة.[9]. مقارنة بالعرض المقدر بـ 2500 مليون م^3/ سنة. وعليه فأن حالة الاستدامة المائية في اليمن تتسم بالخطورة، والتي بدأت في عملية الاستنزاف المائي المقدر بحوالي 1400 مليون متر مكعب سنويا. ووفقاً لمنظمة الأغذية والزراعة، تكون البلدان في وضع حرج إذا استهلكت أكثر من 40% من مواردها المائية المتجدّدة في الزراعة، ويمكن تعريفها بأنها مجهدة مائياً إذا استخرجت 20% من مواردها.[19] وبناء على ذلك، يمكن تعريف اليمن بأنها مجهدة مائياً، لأن معدّلات ما تستخرجه حالياً من موارد المياه المتجدّدة لديها للزراعة يتجاوز الحدود المعيّنة بكثير.

إن انعدام الأمن المائي يُعد من أبرز معوقات التنمية في اليمن، ولها تأثيرات سلبية شديدة على التنمية

الاجتماعية والاقتصادية في اليمن، وبالتالي على تحقيق الاستقرار والتنمية المستدامة، وحينما لا تتوافر المياه بكميات كافية وبجودة ملائمة فإنه يمكن أن يكون لذلك آثار على إعاقة التنمية المستدامة والاستقرار في اليمن.

مساهمة القطاع الزراعي في تحقيق الأمن الغذائي باليمن في ظل استخدام الموارد المائية

رغم التحديات الراهنة، يظل القطاع الزراعي العمود الفقري للاقتصاد اليمني، حيث تصدر موضوع المياه مقدمة الأولويات الرئيسية أمام اليمن لتحقيق التنمية المستدامة. [5]، ويمكن إبراز المساهمات الممكنة للزراعة في التنمية الاقتصادية وتوفير الغذاء في اليمن من خلال المؤشرات الآتية:

أولا: مساهمة الناتج الزراعي في الناتج المحلي الإجمالي:

يعد القطاع الزراعي من أهم القطاعات الإنتاجية في اليمن، وتنبع هذه الأهمية في كونه من القطاعات المساهمة في الناتج المحلي الإجمالي حيث أسهم بنسبة 12.04% من الناتج المحلي الإجمالي في عام 2000، وتباينت هذه النسبة خلال المدة (2000–2020) بين زيادة وانخفاض وصولاً الى 19.28% عام 2020 ويمكن توضيح ذلك في الجدول الآتي:

جدول رقم (7) مساهمة الناتج الزراعي في الناتج المحلي الإجمالي للمدة (2000–2023) في اليمن (مليون دولار امريكي)

العام	الناتج المحلي الإجمالي	القيمة المضافة من الزراعة	مساهمة الزراعة %
2000	32,121.14	3,866.18	12.04
2005	41,586.32	3,948.02	9.49
2010	49,485.95	5,948.79	12.02
2015	24,818.91	4,450.95	17.93
2020	19,201.07	3,701.15	19.28
CAGR	−2.54%	−0.22%	

تم تحويل القياسات بحيث تقاس بالأسعار السائدة في سنة الأساس (2015) (معامل التعديل الضمني للأسعار).

المصدر: من اعداد الباحث بالاعتماد على [11]

وتختلف نسبة المساهمة بحسب تطور الناتج الزراعي الإجمالي من جهة، وتطور الناتج المحلي الإجمالي من جهة أخرى، إلا أن هذه النسبة مازالت ضعيفة مقارنة مع مساهمة القطاعات الأخرى – كما سيظهر لاحقا – التباين الكبير في مستوى الكفاءة الاقتصادية لاستخدام المياه في مختلف القطاعات. كونها أحد اهم محددات الطلب على المياه في اليمن، وذلك من خلال بعض المؤشرات الاقتصادية التي تساهم في دعم اتخاذ القرار في إدارة الطلب على المياه.

وللمقارنة تم تحديد مساهمة كل قطاع من القطاعات الإنتاجية والخدمية في تكوين الناتج المحلي الإجمالي لهذه القطاعات.

حيث بلغ متوسط الناتج المحلي الإجمالي السنوي (GDP) في اليمن للمدة (2000–2020) حوالي 34.80 مليار دولار أمريكي / سنة، وبلغت مساهمات

القطاعات الإنتاجية في الناتج المحلي القيم المبينة بالجدول الآتي:

جدول رقم (8) متوسط مساهمة القطاعات الإنتاجية في الناتج المحلي اليمني للمدة (2000–2020).

القطاع	المساهمة السنوية في الناتج المحلي	
	مليار دولار / سنة	النسبة
الزراعة	4.58	13.16%
الصناعة	12.30	35.35%
الخدمات	17.92	51.59%
المجموع	**34.80**	**% 100.00**

المصدر: اعتماداً على [11]

ولحساب Ci نسبة مساهمة قطاع الزراعة المروية فقط للفترة الزمنية (2000–2020) يتم استبعاد Cr (نسبة القيمة المضافة الإجمالية الزراعية التي تنتجها الزراعة البعلية %) وهي مساهمة الزراعة البعلية كونها تعتمد على مياه الامطار.

وحسب [20] يمكن حساب Cr عبر قياس نسبة الأراضي الزراعية المروية من المساحة الإجمالية للأراضي الزراعية على النحو التالي:

$$C_r = \frac{1}{1 + \frac{A_i}{(1 - A_i) * Y_{ri}}}$$

حيث أن:

Ai = نسبة الأراضي المروية من المساحة الإجمالية للأراضي الزراعية معبرًا عنها بالكسور العشرية

Yri= النسبة بين الغلال البعلية والمروية = 0.4271 في اليمن بحسب تقديرات منظمة الأغذية والزراعة

الأراضي المروية = إجمالي مساحة المحاصيل المروية المحصودة = 527 ألف هكتار.

اجمالي المساحة المزروعة = الأراضي الصالحة للزراعة + المحاصيل الدائمة = 1557 ألف هكتار.

$$C_r = \frac{1}{1 + \frac{527/1557}{(1 - 0.3385) * 0.4271}} = 0.4549$$

$$C_i = 1 - C_r$$

$$C_i = 1 - 0.4549 = 0.5451$$

وتطابق نسبة القيمة المضافة الزراعية الإجمالية الناتجة عن الزراعة المروية الواردة في مصدر البيانات للفترة الزمنية (2000–2020) بشكل وسطي 54.51 % من اجمالي القيمة المضافة لكامل قطاع الزراعة (المروية والبعلية).

وعليه فانه يمكن إعادة صياغة مساهمات القطاعات الإنتاجية في الناتج المحلي الإجمالي (GDP) وفق القيم المبينة بالجدول (9):

ومن جهة أخرى، فقد بلغ متوسط اجمالي السحب السنوي للمياه المستدامة على المستوى الوطني في اليمن ولكافة القطاعات الانتاجية والخدمية المستهلكة للمياه ما يقارب 3.54 مليار م3/سنة، كمتوسط لنفس الفترة الزمنية (2000–2020) وتوزع متوسط السحب السنوي للمياه وفق القيم والنسب في الجدول التالي:

جدول رقم (9) مساهمة القطاعات الإنتاجية المستهلكة للمياه في الناتج المحلي اليمني للمدة (2000–2020).

القطاع	المساهمة السنوية في الناتج المحلي	
	مليار دولار / سنة	النسبة
الزراعة المروية	2.495	7.62%
الصناعة	12.304	37.60%
الخدمات	17.925	54.78%
المجموع	**32.724**	**100.00%**

المصدر: بالاعتماد على [11]

جدول رقم (10) متوسط السحب السنوي من المياه للقطاعات الإنتاجية المستهلكة للمياه للمدة (2000–2020) في اليمن.

القطاع	متوسط السحب السنوي من المياه	
	مليار م^3 / سنة	النسبة
الزراعة المروية	3.210	90.64%
الصناعة	0.065	1.85%
الخدمات	0.266	7.51%
المجموع	**3.541**	**100.00%**

المصدر: اعتماداً على [11]

ثانياً: مؤشر العائد الاقتصادي على استخدام المياه:

تهدف خطة التنمية المستدامة المتعلقة بالمياه في المنطقة العربية لعام 2030 المقرة في أيلول/ سبتمبر 2015 إلى تحقيق التنمية المستدامة بأبعادها الثلاثة، الاقتصادي والاجتماعي والبيئي، وذلك على نحو متوازن ومتكامل، وتضم 17 هدفا وتكرس منها هدفا خاصا للمياه (الهدف 6) الذي يضم ستة مقاصد وأداتين للتنفيذ تقاس على أساس 11 مؤشراً. منها:

المؤشر 6.4.1: الذي يقيس التغير في كفاءة استخدام المياه مع مرور الوقت ويعرف على أنه القيمة المضافة بالدولار لكل وحدة من المياه المستخدمة على مدى فترة زمنية معينة ويعبر عنه بالدولار الأمريكي/ متر مكعب.

المؤشر 6.4.2: الذي يقيس حجم الضغط الذي تتعرض له المياه: أو الإجهاد المائي.[8].

طريقة حساب المؤشرات:.

– حساب المؤشر 6.4.1 الكفاءة الاقتصادية للمياه:

وفقاً لـ [20] يحسب على انه مجموع القطاعات الرئيسية الثلاثة (الزراعة، الصناعة، الخدمات) ثم يتم تجميعها في رقم واحد مرجحة وفقا لكمية المياه

المستخدمة من قبل كل قطاع مقارنة بإجمالي استخدام المياه وفقا للمعادلة:

$$WUE = Awe \times PA + Mwe \times PM + Swe \times PS$$

حيث أن:

WUE = كفاءة استخدام المياه (دولار أمريكي/م3).

A = كفاءة استخدام المياه في الزراعة المروية (دولار أمريكي/ م3).

Mwe = كفاءة استخدام المياه في القطاع الصناعي (دولار أمريكي/ م3)

Swe = كفاءة استخدام المياه في قطاع الخدمات (دولار أمريكي/ م3).

PA = نسبة المياه المستخدمة من قبل القطاع الزراعي من إجمالي الكمية المستخدمة.

PM = نسبة المياه المستخدمة من قبل القطاع الصناعي من إجمالي الكمية المستخدمة.

PS = نسبة المياه المستخدمة من قبل قطاع الخدمات من إجمالي الكمية المستخدمة.

ويتم حساب كفاءة استخدام المياه لكل قطاع كالآتي:

كفاءة استخدام المياه في الزراعة:

يتم احتساب كفاءة استخدام المياه في الزراعة المروية على أنها القيمة المضافة لكل كمية مياه مستخدمة في الزراعة، معبرًا عنها بالدولار الأمريكي/ متر مكعب.

المعادلة:

$$Awe = \frac{GVAa \times (1 - Cr)}{Va}$$

حيث أن:

Awe = كفاءة استخدام المياه في الزراعة المروية (دولار أمريكي/ م3)

$GVAa$ = القيمة المضافة الإجمالية للزراعة (باستثناء مصائد الأسماك النهرية والبحرية والحراجة) بالدولار الأمريكي.

Cr= نسبة القيمة المضافة الإجمالية الزراعية التي تنتجها الزراعة البعلية %.

Va = حجم المياه التي يستخدمها القطاع الزراعي (بما في ذلك الري وتربية الماشية وتربية الأحياء المائية) م3.

يتم جمع البيانات عن حجم المياه التي تستخدمها القطاعات الزراعية (Va) على المستوى الوطني من خلال السجلات الوطنية ويتم الإبلاغ عنها في الاستبيانات بوحدة "كيلومتر مكعب/سنة" (كما هو الحال في أكوستات). ويتم الحصول على القيمة المضافة الزراعية بالعملة الوطنية من الإحصاءات الوطنية، ثم يتم تخفيضها إلى سنة خط الأساس 2015 وتحويلها إلى الدولار الأمريكي.

ويمكن حساب Cr عبر قياس نسبة الأراضي الزراعية المروية من المساحة الإجمالية للأراضي الزراعية على النحو التالي:

$$C_r = \frac{1}{1 + \frac{A_i}{(1 - A_i) * Y_{ri}}}$$

حيث أن:

Ai = نسبة الأراضي المروية من المساحة الإجمالية للأراضي الزراعية معبرًا عنها بالكسور العشرية

Yri = النسبة بين الغلال البعلية والمروية = 0.4271 في اليمن بحسب تقديرات منظمة الأغذية والزراعة.

كفاءة استخدام المياه في قطاع الصناعة (بما في ذلك إنتاج الطاقة):

القيمة المضافة للقطاع الصناعي لكل وحدة مياه يستخدمها هذا القطاع، معبراً عنها بالدولار الأمريكي/متر مكعب.

المعادلة:

$$M_{we} = \frac{GVA_m}{V_m}$$

حيث أن:

Mwe = كفاءة استخدام المياه في القطاع الصناعي [دولار أمريكي/ م3

$GVAm$ = إجمالي القيمة المضافة لقطاع الصناعة (بما في ذلك الطاقة) دولار أمريكي.

Vm = كمية المياه المستخدمة من قبل قطاع الصناعة (بما في ذلك الطاقة) م3

ويتم الحصول على القيمة المضافة ثم يتم تخفيضها إلى سنة خط الأساس 2015.

كفاءة استخدام المياه في قطاع الخدمات:

يتم حسابها على أنها القيمة المضافة لهذا القطاع مقسومة على المياه التي يتم توزيعها بواسطة قطاع جمع المياه ومعالجتها والتزويد بها، معبراً عنها بالدولار الأمريكي/ متر مكعب.

المعادلة:

$$Swe = \frac{GVA_s}{V_s}$$

حيث أن:

Swe = كفاءة استخدام المياه في قطاع الخدمات (دولار أمريكي/ م3)

GVAs = إجمالي القيمة المضافة لقطاع الخدمات (دولار أمريكي)

Vs = كمية المياه المستخدمة من قبل قطاع الخدمات (متر مكعب).

ولمقارنة الكفاءة الاقتصادية لاستخدام المياه، تم حساب العائد الاقتصادي السنوي لاستخدام المتر المكعب من المياه على المستوى الوطني لكل قطاع ونسبة عائد المتر المكعب لكل قطاع الى العائد الاقتصادي للمتر المكعب مياه في قطاع الزراعة المروية وذلك للمدة (2000–2020) وكانت النتائج كما في الجدول التالي:

الجدول رقم (11) العائد الاقتصادي على استخدام المياه على المستوى الوطني والقطاعي للمدة (2000–2020).

القطاع	المساهمة السنوية في الناتج المحلي الإجمالي (GDP) (دولار امريكي/سنة)	كمية المياه المسحوبة (مليون م^3 / سنة)	العائد الاقتصادي (الكفاءة الاقتصادية)	
			دولار امريكي/م^3	% من قطاع الزراعة المروية
الزراعة المروية	2,494,869,219.705	3,210.000	0.777	1.000
الصناعة	12,304,207,755.853	65.430	188.051	241.955
الخدمات	17,924,929,011.330	266.000	67.387	86.703
الإجمالي/الوطني	**32,724,005,986.887**	**3,541.430**	**9.240**	**11.889**

المصدر: من اعداد الباحث بناء على المراجع المذكورة سابقا.

$$WUE = A_{we} \times P_A + M_{we} \times P_M + S_{we} \times P_S$$

$$WUE = 0.777 \times 90.64\,\% + 67.387 \times 1.85\,\% + 188.051 \times 7.51\,\% = 9.240\ \$/m^3$$

يظهر الجدول الفجوة بين استهلاك المياه والعائد الاقتصادي من خلال التفاوت الكبير في الكفاءة الاقتصادية لاستخدام وحدة المياه في القطاعات المختلفة حيث بلغ العائد الاقتصادي لاستخدام المتر المكعب في كل من قطاعي الصناعة والخدمات أكبر بـ (242، 87) ضعفاً على التوالي من عائد استخدامه في قطاع الزراعة المروية. وهو ما يشير لانخفاض العائد الاقتصادي لاستخدام المياه في قطاع الزراعة المروية مقارنة بالقطاعات الأخرى رغم استئثارها بـ 90.64% من اجمالي السحب المائي السنوي. نظراً لسيادة الري التقليدي (85% من المساحة المروية) بكفاءة 40–50%، ومحدودية الري الحديث 14% فقط من المساحة المروية، والتوسع في زراعة القات 26.8% من المساحة المروية. عدم وجود حافز للترشيد أو إقناع لتبني التقنيات الحديثة، بغياب تسعير المياه.

كما ساهم كل متر مكعب من المياه استخدم على المستوى الوطني بإنتاج (9.24) دولار سنوياً في تكوين الناتج المحلي الإجمالي. أي دون المتوسط العالمي لكفاءة استخدام المياه والبالغ 15 دولار أمريكي/ متر مكعب. [8].

طريقة حساب المؤشر 6.4.2 الإجهاد المائي:

مستوى الإجهاد المائي = هو النسبة المئوية بين إجمالي المياه العذبة المسحوبة حسب القطاعات الاقتصادية الرئيسية الى مجموع موارد المياه العذبة المتجددة.

وتحدد منظمة الأغذية والزراعة عتبة الإجهاد المائي الأولي عند 25%.[8].

إجمالي سحب المياه العذبة = 3.565 مليار $م^3$ / سنة

مجموع موارد المياه العذبة المتاحة = 2.10 مليار $م^3$ / سنة

$$\text{الإجهاد المائي عام 2020} = \frac{3.565}{2.10} = 169.76\%$$

يقارب مستوى الاجهاد المائي 170% متجاوزاً مستويات الاجهاد المائي 100%، ما يشير إلى أن اليمن احدى أكثر دول العالم معاناة من الإجهاد المائي.

ثالثاً: مساهمة الزراعة في توفير فرص العمل

توفر الزراعة مصدرًا رئيسيًا للعمالة وتقدر العمالة المباشرة في قطاع الزراعة بـ 33.1% من القوى العاملة [15]، ويسكن الريف اليمني قرابة 57% عام 2022 من اجمالي عدد السكان، وتعمل الزراعة على استيعاب نحو 25% من القوة العاملة المحلية كمتوسط للفترة (2017–2022) [21] ما يعكس اعتماد المجتمع اليمني الكبير على قطاع الزراعة. تدعم هذه النسبة الحاجة المستمرة للتطوير في الزراعات والبحث عن حلول لتعزيز هذا القطاع وتحسين ظروف العمل للمزارعين.

وغالبًا تثار مسألة أنه في سياق التنمية الاقتصادية تحدث هجرة للعمال من مناطق الريف إلى الحضر وبالتالي من الزراعة وغيرها من الأنشطة الأولية كثيفة العمالة إلى الصناعة وبعدها إلى الخدمات.

والجدول (12) يبين تطور توزيع العمالة لمختلف القطاعات.

الجدول (12) تطور توزيع العمالة (في الوظيفة الرئيسية) في قطاعات الزراعة والصناعة والخدمات

البيان	مسح القوى العاملة 1999م*	تعداد 2004م للسكان*	مسح القوى العاملة 2013–2014م	
			من دون منتجي الزراعة لاستخداماتهم الخاصة	مع منتجي الزراعة لاستخداماتهم الخاصة
اجمالي	%92.00	%90.60	%99.30	%100.00
الزراعة	%43.90	%31.00	%29.20	%40.90
الصناعة	%5.60	%6.90	%14.50	%12.20
الخدمات	%42.50	%52.70	%55.60	%46.90

المصدر: [22, 23].

*الفارق يمثل عمالة التشييد والبناء (الانشاءات)

توضح البيانات في هذا الجدول أن حصة العمل في الزراعة كوظيفة رئيسية قد شهدت تناقصًا مطردًا حيث نزلت من (43.9 %) في 1999 إلى (31.0 %) في 2004 وفي 2013 – 2014 إلى (29.2 %). في المقابل ازدادت حصة العمالة في الصناعة من (5.6 %) في 1999 إلى (6.9%) في 2004 و(14.5 %) في 2013 – 2014. وكالصناعة ازدادت أيضًا حصة العمالة في الوظيفة الرئيسية في قطاع الخدمات من (42.5 %) في 1999 إلى (52.7 %) في 2004 و (55.6 %) في 2013–2014م.[23].

0

تحليل الاتجاه العام:

جدول رقم (13) معادلات الاتجاه الزمني لكل من حصة الفرد من المياه المتجددة، وكفاءة استخدام المياه، ونصيب الفرد من الناتج المحلي، ومعدل انتشار نقص التغذية على مستوى الجمهورية اليمنية للمدة (2000–2020).

البنود (المتغير التابع)	المعنوية	معدل النمو التراكمي %	B	F	معامل التحديد R^2	معادلة الاتجاه الزمني العام	م
حصة الفرد من المياه المتجددة م^3 / سنة	**	-3.01	-2.452	2442.395	0.992	$Yt_1 = 104.633 - 2.452\ xt$	1
كفاءة استخدام المياه في الزراعة المروية (دولار / م^3)	N.S	-0.49	-0.0014	0.059	0.003	$Yt_2 = 0.791 - 0.0014\ x_t$	2
الكفاءة الاجمالية لاستخدام المياه (دولار / م^3)	**	-2.93	-0.289	12.001	0.387	$Yt_3 = 12.132 - 0.289\ x_t$	3
نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي/ دولار	**	-5.47	-71.969	47.974	0.716	$Yt_4 = 2103.361 - 71.969\ x_t$	4
معدل انتشار % نقص التغذية	**	1.23	0.729	17.501	0.479	$Yt_5 = 22.206 + 0.729\ x_t$	5

المصدر: حسبت من قبل الباحث على أساس البيانات في الملحق (2).
****: معنوية عند مستوى معنوية 0.01**
N.S: غير معنوي.

حيث :

Yt1: حصة الفرد من المياه المتجددة م3 / سنة.
Yt2: كفاءة استخدام المياه في الزراعة المروية (دولار/ م3).
Yt3: الكفاءة الاجمالية لاستخدام المياه (دولار/ م3).
Yt4: نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي/ دولار.
Yt5: معدل انتشار نقص التغذية %,
xt: متغير الزمن.

يُظهر التحليل المعادلة رقم (1) انخفاضاً في نصيب الفرد من الموارد المائية المتجددة خلال المدة بمعدل 3.01% سنوياً. هذا الانخفاض الحاد يُعزى إلى عدة أسباب جذرية:

• النمو السكاني المرتفع: زاد عدد السكان بنسبة 84% خلال فترة الدراسة، مما وضع ضغطاً إضافياً على الموارد المحدودة

• ثبات الموارد المائية: بقيت الموارد المائية المتجددة ثابتة عند 2.1 مليار م³/سنة دون زيادة تُذكر.

• ضعف البنية التحتية: أثر على كفاءة توزيع وإدارة المياه.

• التغيرات المناخية: انخفاض معدلات الهطول المطري وزيادة معدلات التبخر.

ويمكن التنبؤ حصة الفرد من المياه المتجددة مستقبلا إذ تقدر للعام 2030 م من خلال النموذج كالآتي:

$$Y_{2030}=104.633 - 2.452\ (30) = 31.074\ m^3/year$$

وهو ما يثبت تفاقم أزمة الفقر المائي على المدى الطويل.

بينما في المعادلة (2) عدم وجود تحسن معنوي في كفاءة استخدام المياه الزراعية يُعتبر مؤشراً مقلقاً، حيث يعكس:

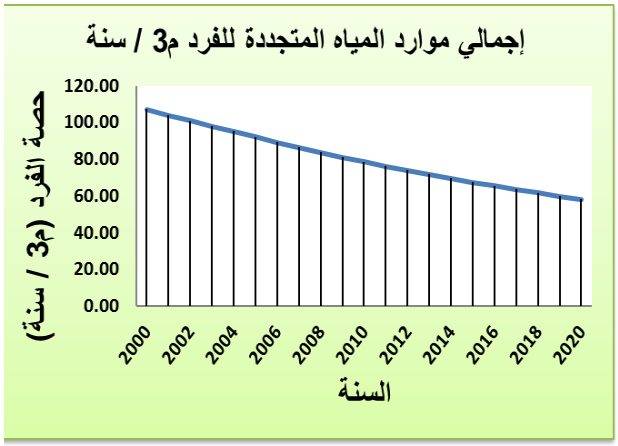
• استمرار الاعتماد على أساليب الري التقليدية منخفضة الكفاءة.

• ضعف الاستثمار في تقنيات الري الحديثة مثل الري بالتنقيط والرش.

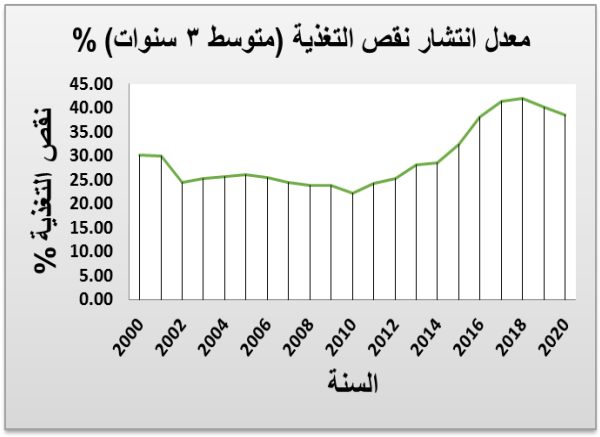
• محدودية برامج التوعية والإرشاد الزراعي للمزارعين.

• تحديات التمويل والوصول للتكنولوجيا المتقدمة.

أما المعادلة (5) فالزيادة المستمرة والمعنوية في معدل نقص التغذية 1.23 سنوياً. تُظهر تفاقم أزمة الأمن الغذائي، خاصة خلال الفترة (2014–2020) حيث وصل اعلى معدل لانتشار نقص التغذية إلى 42% عام 2018.



الشكل رقم (1) تدهور حصة الفرد من المياه العذبة م3/سنة



الشكل رقم (2) تطور معدل انتشار نقص التغذية %

تحليل الارتباط:

جدول رقم (14) معاملات ارتباط بيرسون (قوة واتجاه العلاقة بين المتغيرات الرئيسية)..

العلاقة	معامل الارتباط (r)	مستوى المعنوية (P)	قوة العلاقة
كفاءة المياه الزراعية ↔ القيمة المضافة الزراعية	0.998 **	p < 0.001	قوية جداً موجبة
كفاءة المياه الإجمالية ↔ معدل نقص التغذية	0.958− **	p < 0.001	قوية جداً سالبة
كفاءة المياه الزراعية ↔ نصيب الفرد من GDP	0.446 *	p < 0.05	متوسطة موجبة
نصيب الفرد من المياه ↔ معدل نقص التغذية	0.636− **	p < 0.01	قوية سالبة

**: الارتباط معنوي عند مستوى معنوية 0.01

*: الارتباط معنوي عند مستوى معنوية 0.05

من الجدول أعلاه يبين التالي:

1. العلاقة القوية بين كفاءة المياه الزراعية، والقيمة المضافة الزراعية (r=0.998): تؤكد هذه العلاقة الأهمية المحورية لكفاءة استخدام المياه في تحقيق التنمية الزراعية. كل وحدة تحسن في كفاءة المياه تؤدي إلى زيادة مباشرة في القيمة المضافة الزراعية.
2. العلاقة السالبة القوية بين كفاءة المياه وانتشار نقص التغذية (r=−0.958): تُظهر هذه العلاقة أن تحسين كفاءة استخدام المياه يؤدي مباشرة إلى تحسين الأمن الغذائي وانخفاض معدلات سوء التغذية.

تحليل الانحدار المتعدد:

دراسة أهم العوامل المؤثرة على الأمن الغذائي نموذج التنبؤ بمعدل نقص التغذية يأخذ الشكل الخطي التالي:

$$Y_t = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + u_t$$

حيث:

Y_t: معدل انتشار نقص التغذية%، b_0 ثابت، X_1: كفاءة استخدام المياه في الزراعة المروية، X_2: نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي(دولار)، u_t: المتغير العشوائي. وتم تقدير النموذج على مستوى الجمهورية اليمنية للمدة الزمنية (2000 – 2020) كما يأتي

$$Y_t = 51.738 - 10.358\,x_1 - 0.010\,x_2$$
t = (-3.693)** (-12.232)**
R2 = 0.934
F = 126.972**
D-W = 1.675

وقد ثبت معنوية المتغيرات *X1*: كفاءة استخدام المياه في الزراعة المروية، *X2*: نصيب الفرد من GDP إحصائيا عند مستوى ثقة (0.01)، وعبر اختبار t تبين معنوية المعلمات *b1*،*b2*، ويمكن الاعتماد عليها في تقدير العلاقة بين المتغيران المستقلان، ومن خلال مقارنة F المحسوبة للدالة المقدرة، والتي كانت 126.972 مع قيمة F الجدولية تبين معنوية النموذج العالية. الأمر الذي يعكس أهمية المتغيرات التي تضمنها النموذج من جهة وواقعية النموذج من جهة أخرى.

b_1 معامل كفاءة استخدام المياه في الزراعة المروية: (−10.358)

كل زيادة بـ 0.1 دولار/ م³ في كفاءة المياه الزراعية تُخفض نقص التغذية بـ 1.04 نقطة مئوية.

الدلالة السببية: تحسين كفاءة المياه←زيادة الإنتاج الزراعي ← تحسين توفر الغذاء ← انخفاض معدل نقص التغذية.

b_2 معامل نصيب الفرد من GDP دولار (−0.010):

كل زيادة بـ 100 دولار في نصيب الفرد من GDPتُخفض نقص التغذية بمعدل 1 نقطة مئوية.

الدلالة السببية: نمو الدخل ← تحسين القوة الشرائية ← زيادة الأمن الغذائي.

R^2معامل التحديد: (0.934)

يعكس جودة التوفيق لخط الانحدار، ويتضح منه أن 93.4% من التباين في معدل انتشار نقص التغذية تُعزى إلى كفاءة المياه الزراعية، ونصيب الفرد من GDP في حين إن 6.60% من التغيرات كانت نتيجة لعوامل أخرى لم يتضمنها النموذج مما يجعله اداة تنبؤية قوية جداً للأمن الغذائي.

مرونة نقص التغذية للكفاءة المائية:

هي التغير النسبي في معدل انتشار نقص التغذية إلى التغير النسبي في كفاءة المياه الزراعية

$$E_{X1} = b_1 \frac{\bar{X}_1}{\bar{Y}}$$

$$E_{X1} = -10.358 \frac{0.777}{29.5} = -0.273$$

التفسير: نقص معدل انتشار نقص التغذية بنسبة 0.27% لكل زيادة 1% في كفاءة المياه الزراعية بافتراض ثبات العوامل الأخرى.

مخطط العلاقة السببية:

كفاءة استخدام المياه ⟸ الأمن الغذائي

(تحسين كفاءة استخدام المياه)

⇩

زيادة الإنتاجية المائية (كجم/ م^3)

⇩ مسار مباشر — مسار غير مباشر ⇩

زيادة الإنتاج الزراعي ⟹ وفر مائي لتوسع زراعي

⇩ تحسين توفر الغذاء — زيادة الدخل الزراعي ⇩

⇩

انخفاض نقص التغذية

(تحسين الأمن الغذائي)

سيناريو محاكاة:

رفع كفاءة استخدام المياه الزراعية من 0.777 إلى 1.50 دولار/ م³ (بزيادة 92%) ⟸ خفض معدل انتشار نقص التغذية من 29.5% إلى 21.99% (تحسن بـ 7.5 نقطة مئوية) ⟸ إنقاذ 2.7 مليون شخص من نقص التغذية.

الاستفادة من التجارب العربية وإمكانية تطبيقها:

يمكن دراسة امكانية الاستفادة من تقييم السياسات المائية المطبقة في الدول العربية مثل (تونس، الأردن)، وتحليل السياسات والاجراءات الفعالة بينت دراسة [24] أن في تونس طبقت تعرفة تصاعدية بهدف استرداد كامل تكاليف التشغيل والصيانة، نتج عنها تراجع الطلب على المياه 20%، وارتفعت القيمة المضافة للإنتاج الزراعي 29%.

بينما الأردن: نتيجة تطبيق سياسة مائية تعطي أولوية الاستخدام بناء على العائد الاقتصادي لوحدة المياه وكفاءة تشغيل العمالة تراجعت نسبة استهلاك المياه الزراعية من 80% الى 52%.

ومنها نستنتج أن تطبيق معيار الكفاءة الاقتصادية لاستخدام المياه في اليمن يمكن أن يساهم في الحد من الاستخدام المفرط للمياه.

الاستنتاجات:

1. يشكل استخدام المياه في الزراعة عاملا محددا في تحقيق التنمية الزراعية المستدامة ودعم الأمن الغذائي.
2. القطاعات الأقل استهلاكًا للمياه هي الأكثر إنتاجًا اقتصاديًا، أي أنها أعلى كفاءة مائية واقتصادية بكثير من الزراعة المروية.
3. تعاني اليمن من فجوة كفاءة حادة حيث القطاع الزراعي المروي (الأعلى استهلاكاً للمياه بنسبة 90.64%) يُحقق أدنى عائد اقتصادي (0.78 دولار/ $م^3$)، مقارنة بالصناعة (188 دولار/ $م^3$) والخدمات (67 دولار/ $م^3$). هذا التشوه التخصيصي يُكلف الاقتصاد الوطني فاقداً كبيراً من الناتج المحلي سنوياً.
4. مؤشر تأثر الزراعة بالتغير المناخي يتيح أن يكون حصاد مياه الأمطار حلًا مستدامًا، مع ربطها بالتقنيات الحديثة لتقليل الاعتماد على المياه الجوفية من الآبار والغيول لري مساحة حوالي 430 ألف هكتار تهدد المياه الجوفية في البلاد خصوصا مع أساليب الري التقليدية المستخدمة في الزراعة وما تسببه من هدر في مياه الري نظرا لتدني كفاءتها.
5. اليمن في حالة استنزاف حرجة (الإجهاد المائي: 170%)، حيث الاستهلاك السنوي (3.57 مليار $م^3$) يفوق الموارد المتجددة (2.10 مليار $م^3$) بـ 1.47 مليار $م^3$. دون تدخل جذري، سينخفض نصيب الفرد من المياه المتجددة من 58 $م^3$/ سنة (2020) إلى أقل من 40 $م^3$/ سنة (2030)، وهو مؤشر خطير على تفاقم أزمة المياه، ويتطلب حلولًا جذرية فورية ومستدامة.

6. ما زال الأمن المائي مهددًا، وسنواجه في المستقبل القريب وضعاً مائياً صعباً، ولا بد من المضي قدماً في تنمية هذه الموارد، والانتقال للتقنيات الحديثة تُستخدم ضمن سياسات مستدامة للمياه والزراعة.
7. أثبت التحليل الإحصائي وجود علاقة سببية قوية وسالبة ($r=-0.958,\ p<0.001$) بين كفاءة استخدام المياه الزراعية ونقص التغذية. كل تحسن بنسبة 1% في الكفاءة المائية يُخفض نقص التغذية بـ 0.27%. هذه العلاقة تعمل عبر مسارين: مباشر (زيادة الإنتاج الزراعي) وغير مباشر (تحسين مستوى الدخل).
8. هناك فرصة لتحسين كفاءة تخصيص الموارد إذا تم إعادة توجيه استخدام المياه وتطوير الزراعة كمصدر إنتاجي فعّال وتجسيد الشعار:

"مزيد من الإنتاج لكل قطرة ماء"

"More crop per more drop "

التوصيات:

1) دعم القطاع الزراعي وتوجيهه نحو تبني تقنيات الري الحديث، والزراعة الذكية والمحمية، والمتطورة من حيث كفاءة استخدام المياه في الزراعة.
2) العمل على رفع الوعي المائي من خلال برامج الإرشاد الزراعي، والتدريب للمزارعين، والإعلام في مجالات الري، اختيار المحاصيل، والحفاظ على التربة والمياه.
3) تعزيز ودعم البحث العلمي في تحسين إدارة المياه الزراعية، وإجراء البحوث التطبيقية لتنمية الموارد المائية، والربط بين الكفاءة الاقتصادية والكفاءة المائية.
4) تطبيق نظام تسعير مائي تصاعدي، أو شريحي حيث تُخصص حصة أساسية من المياه بحسب الاحتياجات الأساسية تحمي الفئات الضعيفة والمساهمة في انتاج الغذاء، بينما تُفرض رسوم أعلى على الاستهلاك الزائد والمفرط لا سيما في الصناعة، وزراعة المحاصيل عالية الاستهلاك للمياه مثل القات. بهدف تشجيع الاستخدام الرشيد للموارد المائية وتقليل الهدر، مع الحفاظ على الأمن الغذائي للفئات الأكثر اعتمادًا على المياه.
5) الاستفادة إلى أقصى حد من الأمطار تحسين البنية التحتية لتجميع مياه الأمطار والسدود والغيول، ودعم مشاريع حصاد المياه في المناطق الزراعية. عبر آليات تمويل مبتكرة ومستدامة من الموازنة الحكومية، والمنح الدولية، والإيرادات من ضريبة القات، ورسوم الانتفاع بالمياه الصناعية/الحضرية. تشجيع ودعم التحول من زراعة القات وتشجيع البدائل الاقتصادية عالية القيمة (البن، العنب، انتاج العسل) عبر تنفيذ برامج تقدم منح، أو قروض إنتاج بفائدة 0% للسنة الأولى، مع التركيز على المناطق ذات الإجهاد المائي الحاد (صنعاء، عمران، ذمار، تعز).
6) قياس الإنتاجية الاقتصادية لكل متر مكعب من المياه، عبر مؤشر "العائد لكل متر مكعب" كأداة لاتخاذ القرار، وتوجيه المياه للمجالات الأعلى مردودًا.

7) تعزيز التكامل بين القطاعات الثلاثة من خلال سلاسل القيمة الزراعية الصناعية.
8) تطوير قاعدة بيانات وطنية لإدارة الموارد المائية تُستخدم في التخطيط واتخاذ القرار، بالشراكة بين الجهات الرسمية والمجتمعية.

المراجع:

1) بوقنور، إسماعيل، وغريب، ريم. (2021). استراتيجية إدارة الموارد المائية في الجزائر، نحو تحقيق التنمية المستدامة. المجلة الجزائرية للأمن الإنساني، 6(1)، 1160-1181. https://www.asjp.cerist.dz/en/article/140693

2) بوحسون، إيمان. (2019). واقع استخدام الموارد المائية في تحقيق التنمية الزراعية. مجلة روافد: للدراسات و الأبحاث العلمية في العلوم الاجتماعية و الإنسانية، 3(2)، 17-36. https://asjp.cerist.dz/en/article/102781

3) حراق، مصباح، وهبول، محمد. (2019). كفاءة استخدام الموارد المائية في القطاع الزراعي العربي، ودورها في تحقيق تنمية زراعية مستدامة. مجلة الإقتصاد الجديد، 10(2)، 173-195. https://asjp.cerist.dz/en/article/93611

4) المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد). (2024). الاستراتيجية العربية للأمن المائي في المنطقة العربية لمواجهة التحديات والمتطلبات المستقبلية للتنمية المستدامة (2030) نسخة محدَّثة. جامعة الدول العربية. https://acsad.org/wp-content/uploads/2024/07/%D8%A7%D9%84%D8%A7%D8%B3%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%AA%D9%8A%D8%AC%D9%8A%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%B9%D8%B1%D8%A8%D9%8A%D8%A9-%D9%84%D9%84%D8%A3%D9%85%D9%86-%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%A7%D8%A6%D9%8A-%D8%A7%D9%84%D8%B9%D8%B1%D8%A8%D9%8A.pdf

5) صندوق النقد العربي، والصندوق العربي للإنماء الاقتصادي والاجتماعي، وجامعة الدول العربية، ومنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول. (2012). التقرير الاقتصادي العربي الموحد 2012. https://www.amf.org.ae/ar/publications/altqryr-alaqtsady-alrby-almwhd/altqryr-alaqtsady-alrby-almwhd-2012

6) منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو). (2024، 22 مارس). الاستفادة من المياه من أجل السلام: تجربة منظمة الأغذية والزراعة في اليمن. https://www.fao.org/neareast/news/blog/ar

7) مجموعة البنك الدولي. (2014، 24 نوفمبر). الآثار المستقبلية لتغير المناخ تتجلى الآن في اليمن. https://www.albankaldawli.org/ar/news/feature/2014/11/24/future-impact-of-climate-change-visible-now-in-yemen

8) اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا). (2020). تقرير المياه والتنمية الثامن: أهداف التنمية المستدامة المتعلقة بالمياه في المنطقة العربية. الأمم المتحدة. https://www.unescwa.org/sites/default/files/pubs/pdf/water-development-report-8-arabic.pdf

(9 United Nations Development Programme (UNDP). (2022). UNDP Strategic Framework: A Holistic Approach to Addressing Water Resources Challenges in Yemen (pp. 1-96). https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022-11/2022%20Nov%20Water%20Resources%20Challenges%20in%20Yemen.pdf

(10 Hellegers, P., et al. (2008). Incentives to reduce groundwater extraction in Yemen. Water Policy, 10(2), 143-157.

(11 منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو). (2025). FAO AQUASTAT Dissemination System. تم الاسترجاع من https://data.apps.fao.org/aquastat

(12 الإدارة العامة للإحصاء الزراعي، وزارة الزراعة والري. (أعداد مختلفة). كتاب الإحصاء الزراعي السنوي.

(13 يايه، عبدالله محمد. (2019). التركيبة المثلى لمحاصيل الحبوب في النطاقات المناخية لتعزيز الأمن الغذائي والمائي في اليمن. مجلة الجامعة اليمنية، 1(1)، 56-87. https://magazine.yunive.com/index.php/ojsdata/article/view/8

(14 المنظمة العربية للتنمية الزراعية. (أعداد مختلفة). الكتاب السنوي للإحصاءات الزراعية العربية.

(15 وزارة الزراعة والري. (2012). الإستراتيجية الوطنية لقطاع الزراعة 2012-2016: الزراعة قطاع واعد لإقتصاد متنوع في اليمن.

(16 Alsanoy, A. A., & Alhakimi, S. S. (2021). Forecasting the Cultivated Areas of Qat Crop to 2030 And Its Impact on Food Security in The Republic of Yemen Using ARIMA Model. Journal of Agricultural, Environmental & Veterinary Sciences, 5(1). https://journals.ajsrp.com/index.php/jaevs/article/view/3506

(17 Al-Ghorbany, A. (2014). The Potential of Strategic Environmental Assessment for Integrated and Sustainable Water Resources Management in the Republic of Yemen: Scenario-Based Strategic Assessment of the Water Resources Policies Adopted in 'Yemen's Strategic Vision 2025' [Doctoral dissertation, Brandenburg University of Technology]. https://opus4.kobv.de/opus4-btu/files/2963/PhD_Thesis_Amer_Al_Ghorbany_13_02_2014.pdf

(18 الجمهورية اليمنية. (2002). قانون رقم (33) لسنة 2002م بشأن المياه. http://coca.gov.ye/laws/133

(19 صعب، نجيب، وصادق، عبد الكريم. (محرران). (2016). البيئة العربية: التنمية المستدامة في مناخ عربي متغير (التقرير السنوي للمنتدى العربي للبيئة والتنمية (أفد) 2016). المنشورات التقنية.

(20 Gillet, V., & Biancalani, R. (2023). الخطوط الإرشادية لحساب كفاءة استخدام المياه في الزراعة لغرض الإبلاغ العالمي. منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو). https://www.fao.org/3/cc6068ar/cc6068ar.pdf

21) المنظمة العربية للتنمية الزراعية. (2022). الكتاب السنوي للإحصاءات الزراعية العربية (العدد 43).

22) الجهاز المركزي للإحصاء. (2006). النتائج النهائية لتعداد العام للسكان والمساكن والمنشأت 2004م: خصائص السكان الاقتصادية.

23) منظمة العمل الدولية. (2015). مسح القوى العاملة في الجمهورية اليمنية 2013 - 2014. منظمة العمل الدولية - المكتب الإقليمي للدول العربية.

24) بلال، علي، ونخلة، وسام، وفركوح، بسام. (2022). الكفاءة الاقتصادية لاستخدام المياه في بعض البلدان العربية وكيفية الاستفادة منها في سورية .مجلة جامعة حماة، 5(20)، 90-105 https://hama-univ.edu.sy/ojs/index.php/huj/article/download/1047/918

ملحق رقم (1) مساهمة الناتج الزراعي في الناتج المحلي الإجمالي للمدة (2000–2020) في اليمن (مليون دولار امريكي)

العام	الناتج المحلي الإجمالي	القيمة المضافة للزراعة إلى الناتج المحلي الإجمالي	مساهمة الزراعة %	القيمة المضافة الزراعة المروية إلى الناتج المحلي الإجمالي	مساهمة الزراعة المروية %
2000	32,121.14	3,866.18	12.04	2,107.46	6.56
2001	34,026.98	4,157.37	12.22	2,266.18	6.66
2002	35,743.59	4,119.42	11.52	2,245.50	6.28
2003	37,801.34	4,206.25	11.13	2,292.83	6.07
2004	39,553.65	4,164.98	10.53	2,270.33	5.74
2005	41,586.32	3,948.02	9.49	2,152.07	5.17
2006	43,516.19	4,023.27	9.25	2,193.09	5.04
2007	45,028.40	4,445.42	9.87	2,423.20	5.38
2008	46,836.02	4,673.58	9.98	2,547.57	5.44
2009	47,526.10	5,989.26	12.60	3,264.75	6.87
2010	49,485.95	5,948.79	12.02	3,242.69	6.55
2011	41,943.73	5,847.57	13.94	3,187.51	7.60
2012	41,480.70	6,121.54	14.76	3,336.85	8.04
2013	43,696.17	6,445.36	14.75	3,513.37	8.04
2014	38,814.34	5,342.27	13.76	2,912.07	7.50
2015	24,818.91	4,450.95	17.93	2,426.21	9.78
2016	21,087.81	3,878.83	18.39	2,114.35	10.03
2017	18,858.19	3,556.93	18.86	1,938.88	10.28
2018	18,703.17	3,550.87	18.99	1,935.58	10.35
2019	18,972.72	3,676.90	19.38	2,004.28	10.56
2020	19,201.07	3,701.15	19.28	2,017.50	10.51
المتوسط	**35,276.31**	**4,576.90**	**13.84**	**2,494.87**	**7.55**
CAGR	**−2.54%**	**−0.22%**		**−0.22%**	

المصدر: من اعداد الباحث بالاعتماد على [11]

تم تحويل القياسات بحيث تقاس بالأسعار السائدة في سنة الأساس (2015) (معامل التعديل الضمني للأسعار).

CAGR: معدل النمو السنوي المركب.

ملحق رقم (2) حصة الفرد من المياه المتجددة، وكفاءة استخدام المياه، ونصيب الفرد من الناتج المحلي، ومعدل انتشار نقص التغذية على مستوى الجمهورية اليمنية للمدة (2000-2020).

العام	إجمالي موارد المياه المتجددة للفرد م^3 / سنة	كفاءة استخدام المياه في الزراعة المروية (دولار / م^3)	كفاءة استخدام المياه (دولار / م^3)	نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي/ مليون دولار	معدل انتشار نقص التغذية (متوسط 3 سنوات)%
2000	107.01	0.69	8.77	1,636.82	30.10
2001	103.83	0.73	9.18	1,682.33	29.90
2002	100.79	0.72	9.59	1,715.55	24.40
2003	97.87	0.72	10.07	1,761.78	25.30
2004	95.04	0.71	10.46	1,790.15	25.70
2005	92.15	0.67	10.99	1,824.75	26.00
2006	89.20	0.68	11.59	1,848.36	25.50
2007	86.36	0.75	11.95	1,851.64	24.40
2008	83.63	0.79	12.43	1,865.09	23.80
2009	80.99	1.01	12.43	1,833.02	23.70
2010	78.49	1.00	12.98	1,849.64	22.20
2011	76.13	0.99	10.92	1,520.64	24.20
2012	73.86	1.03	10.70	1,458.86	25.20
2013	71.64	1.09	11.26	1,490.68	28.10
2014	69.48	0.90	10.03	1,284.12	28.50
2015	67.40	0.75	6.31	796.51	32.40
2016	65.40	0.65	5.32	656.76	38.10
2017	63.46	0.60	4.76	569.89	41.30
2018	61.61	0.60	4.72	548.72	42.00
2019	59.81	0.62	4.78	540.36	40.20
2020	58.12	0.62	4.84	531.37	38.40
المتوسط	**80.11**	**0.78**	**9.24**	**1,383.67**	**29.50**
CAGR	**−3.01%**	**−0.49%**	**−2.93%**	**−5.47%**	**1.23%**

المصدر: من اعداد الباحث بالاعتماد على [11]تم تحويل القياسات بحيث تقاس بالأسعار السائدة في سنة الأساس (2015) (معامل التعديل الضمني للأسعار).

CAGR: معدل النمو السنوي المركب