10.21608/MEAE.2025.409097.1403

المجلة المصرية للإقتصاد الزراعى
ISSN:2735-4040(Online), 1110-6832 (print)
https://meae.Journals.ekb.eg/

تحليل الوضع المستقبلي للمياه فى مصر: تقدير أولي للميزان المائي فى 2050 ومتضمناته السياساتية المائية والزراعية

أ.د. جمال محمد صيام

أستاذ الاقتصاد الزراعي، كلية الزراعة، جامعة القاهرة

المستخلص

يستهدف هذا البحث تحليل الوضع المستقبلي للمياه فى مصر من خلال تقدير أولي للميزان المائي فى 2050 وتحليل متضمناته السياساتية المائية والزراعية. ويتفرع من هذا الهدف تحليل الوضع المائي الراهن من خلال الميزان المائي الراهن، وتحديد وعرض المتغيرات والعوامل والتحديات المؤثره علي مكونات الميزان المائي خلال الفترة 2020-2025، وتقدير الميزان المائي لعام 2050 فى ضوء الآثار الكمية لتطور المتغيرات السابق الإشاره إليها، ومناقشة المتضمنات السياساتية المائية والزراعية للميزان المائي المقدر لعام 2050.

ويعتمد البحث بصورة أساسية علي أسلوب التحليل الوصفي فضلا عن بعض أساليب التحليل الكمي للتوصل إلي تقدير المكونات الأساسية للميزان المائي لعام 2050 فى ظل بعض الفرضيات المتعلقة بمتغيرات محددة يركز عليها البحث باعتبارها التحديات الكبري التي تكرس أزمة المياه فى مصر مستقبلاً وهي الزيادة السكانية والتغيرات المناخية وسد النهضة. وقد تم تقدير الميزان المائي لعام 2050 فى ظل أربعة سيناريوهات تبدأ بسيناريو الزيادة السكانية، والثاني بإضافة أثرالتغيرات المناخية والثالث بإضافة سد النهضة .أما السيناريو الرابع فيتناول الأثر الكلي للمتغيرات الثلاثة فى ظل فرض عدم استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لسد العجز المائي الناشيء عنها مستقبلا. ويناقش البحث المتضمنات السياساتية المائية والزراعية للتطورات المتوقعة فى الميزان المائي بحلول 2050.

بيانات البحث

استلام 2025/7/30
قبول 7 / 8/ 2025

الكلمات المفتاحية:
مصر، الميزان المائي ، الزيادة السكانية ، التغيرات المناخية ، سد النهضة.

الباحث المسئول: أ.د/ جمال صيام
البريد الإلكتروني: Gamal_siam@hotmail.com

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

Egyptian Journal Of Agricultural Economics
ISSN:2735-4040(Online), 1110-6832 (print)
https://meae.Journals.ekb.eg/

Analysis of the Future Water Situation in Egypt: A Preliminary Estimate of the Water Balance in 2050 and Its Implications for Water and Agricultural Policies

Prof. Dr. Gamal Mohamed Siam

Professor, Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Cairo University

ARTICLE INFO

Article History
Received:30-7- 2025
Accepted:**7- 8- 2025**

Keywords:
Egypt, Water balance, Population growth, Climate change, Grand Ethiopian Renaissance Dam (GERD)

ABSTRACT

This research aims to analyze the future water situation in Egypt by providing a preliminary estimate of the water balance in 2050 and analyzing its water and agricultural policy implications. To achieve this, the study branches out into an analysis of the current water situation through the present water balance, identifying and presenting the variables, factors, and challenges that affect the components of the water balance during the period 2020–2025. It then estimates the water balance for the year 2050 in light of the quantitative impacts of the previously mentioned variables and discusses the water and agricultural policy implications of the estimated water balance. The research mainly relies on descriptive analysis, in addition to some quantitative methods, to estimate the core components of the 2050 water balance under certain assumptions regarding specific variables. These variables are considered the major challenges that exacerbate the future water crisis in Egypt: population growth, climate change, and the Grand Ethiopian Renaissance Dam (GERD). The water balance for 2050 is estimated under four scenarios: The first scenario considers population growth. The second adds the impact of climate change. The third incorporates the effect of the Grand Ethiopian Renaissance Dam. The fourth scenario addresses the combined impact of all three variables, assuming that treated wastewater is not used to cover the resulting water deficit in the future. The research discusses the water and agricultural policy implications of the expected developments in the water balance by 2050.

Corresponding Author: Gamal Mohamed Siam
Email: Gamal_siam@hotmai.com

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

مقدمة

يعد تحليل الميزان المائي أمرا علي درجة كبيرة من الأهمية فيما يتعلق بصياغة السياسات المائية والزراعية سواء علي المدي القصير أو المتوسط أوالطويل ، وتتأكد أهمية هذا التحليل فى ضوء ما تعاني منه مصر من عجز مائي مزمن يتوقع أن يتفاقم علي المدي الطويل للأسباب التي سوف نوضحها فى هذه الدراسة. وتحاول هذه الدراسة تقدير الميزان المائي لمصر لعام 2050 آخذا فى الاعتبار آثار الزيادة السكانية والتغيرات المناخية وسد النهضة سواء بصورة منفردة أو بصورة تراكمية. ويعطي مثل هذا الميزان صورة تقريبية للوضع المستقبلي للمياه فى مصر بحلول منتصف القرن. وهو أمر مهم بالنسبة لصانعي القرار فى مجال صياغة الاستراتيجيات والسياسات المائية خلال الربع قرن القادم. والواقع أنه رغم كثرة الحديث عن هذه التحديات سواء فى إطار مؤتمرات أو ندوات أو ورش عمل أو فى صورة بحوث تتعلق بالمياه، فما زال متخذ القرار يفتقد توافر مؤشرات كمية لأثر هذه المتغيرات علي الوضع المائي علي المديين المتوسط والطويل. ودون مثل هذه المؤشرات، يظل اتخاذ القرار فى مجال السياسات المائية أمرا صعبا ، ويتم التوصل إلي قرارات وإجراءات غير صائبة تؤدي فى الأغلب إلي هدر وضياع كبير فى المياه كمورد يتسم بالندرة فى الإطار المصري. وتجدر الإشارة إلي أن الميزان المائي الناتج عن هذا البحث هو بمثابة تقدير أولي ، يصور الوضع المستقبلي للمياه فى مصر بعد ربع قرن من الآن فى ضوء الآثار المتوقعة للمتغيرات والعوامل المؤثرة علي مكونات الميزان المائي. ويفتح هذا البحث المجال لدراسات شاملة ومتعمقة ينبغي أن تتم من قبل فرق متنوعة التخصصات Multidisciplinary فى مجالات المياه والزراعة والاقتصاد.

i. مشكلة الدراسة

تتمثل مشكلة الدراسة فى افتقاد الدراسات التي تتناول الميزان المائي المستقبلي التي تحدد معالمه الرئيسية بصورة موثوقة، ويعزي ذلك إلي تأثر الميزان بالعديد من المتغيرات والعوامل التي تتداخل تأثيراتها بشكل كبير، مما يجعل التنبؤ بمعالم الميزان أمرا علي درجة عالية من التعقيد. وفى هذا الصدد ، يظهر دور المعلومات المتعلقة بالمتغيرات المؤثرة علي الميزان ، كمحدد مهم فى التوصل إلي نتائج موثوقة يمكن الاعتماد عليها فى عملية اتخاذ القرار فى مجال السياسات المائية. ومع ذلك ، هناك متغيرات يصعب توافر معلومات موثوقة عن تأثيراتها مثل التغيرات المناخية التي تعتمد علي الاحتمالات أو مثل سد النهضة الإثيوبي وما قد يقام من مشروعات أخري تؤثر علي تدفقات النيل الأزرق ، فى غيبة اتفاق قانوني ملزم. فى هذا الإطار، يمكن تحديد مشكلة البحث فى سؤالين بحثيين رئيسيين ، الأول يتعلق بماهية الميزان المائي بحلول عام 2050 ، بينما يتعلق السؤال الثاني بماهية السياسات المائية والزراعية المتضمنة فى الميزان المائي المستقبلي.

ii. هدف الدراسة

يتمثل الهدف الرئيسي لهذا البحث فى تحليل الوضع المستقبلي للمياه فى مصر من خلال تقدير أولي للميزان المائي فى 2050، وتحليل متضمناته السياساتية المائية والزراعية. وينبثق من هذا الهدف الأهداف الفرعية التالية:

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

(1)تحليل الوضع المائي الراهن من خلال الميزان المائي الراهن.
(2)تحديد وعرض المتغيرات والعوامل والتحديات المؤثره علي مكونات الميزان المائي خلال الفترة 2020-2025.
(3)تقدير الميزان المائي لعام 2050 فى ضوء الآثار الكمية لتطور المتغيرات السابق الإشار إليها.
(4)مناقشة المتضمنات السياساتية المائية والزراعية للميزان المائي المقدر لعام 2050.

iii. الطريقة البحثية ومصادر البيانات

يعتمد البحث بصورة أساسية علي أسلوب التحليل الوصفي فضلا عن بعض أساليب التحليل الكمي للتوصل إلي تقدير المكونات الأساسية للميزان المائي لعام 2050 فى ظل بعض الفرضيات المتعلقة بمتغيرات محددة. فى الواقع العملي يتأثر الميزان المائي بعدد كبير من المتغيرات، ومع ذلك ، وتجنبا لاستخدام نماذج معقدة للتنبؤ بمكونات الميزان بجانبيه الموارد والاستخدامات، تركز الدراسة علي عدد قليل من المتغيرات الأساسية يمكن التنبؤ بها بتقديرات لاتبتعد كثير عن الواقع فى إطار الفرضيات المحددة. فالاستخدامات المتوقعة للشرب والصناعة يمكن التنبؤ بها عن طريق عدد السكان المتنبأ به مع افتراض ثبات استهلاك الفرد من المياه للشرب والصناعة (المعادلتان (1) و (2) أدناه). ويمكن استخدام الاستخدامات المتوقعة للشرب والصناعة لتقدير المخصصات المتوقعة للزراعة فى ظل افتراض أن الزيادة المتوقعة فى الشرب والصناعة تتم بالضرورة علي حساب مخصصات الزراعة فى الوضع الراهن. وبالنسبة لأثر التغيرات المناخية فتصور المعادلة (3) أدناه أثرها علي مياه الري من خلال النسبة المقدرة لتأثير ارتفاع درجة الحرارة علي الاحتياجات المائية للمحاصيل. وبالنسبة لجانب المصادر،هناك رقمان أساسيان، هما حصة مصر المائية والمياه المعاد استخدامها. وسوف تتأثر حصة مصر مستقبلا بمتغيري التغيرات المناخية وسد النهضة وغيره من سدود أخري يخطط إقامته. وفى هذا الصدد اقتصرت الدراسة علي اللجوء لبعض التقديرات لفاقد المياه من سد النهضة الذي يتم خصمه من حصة مصر، وذلك فى غيبة المعلومات الموثقة عن احتمالات تأثر التغيرات المناخية علي إيراد النيل، وكذلك فى غيبة اتفاق ملزم يحدد طريقة ملء وتشغيل السد ومن ثم تدفقات السد إلي السودان ومصر. وفيما يتعلق بالمياه المعاد استخدامها، فتصور المعادلتان (4) و (5) تأثير الزيادة السكانية وسد النهضة عليها. وضمن الفرضيات المهمة بصدد تقدير الميزان المائي المستقبلي، أن الرقعة الزراعية الراهنة سوف تظل علي ما هي عليه. وبعبارة أخري فإن أي توسعات زراعية إضافية مستقبلية تقتضي بالضرورة إعادة تقدير الميزان المائي.

والمعادلات الأساسية المشار إليها هي كما يلي:

$$POP_{2050} = drin\ (POP_{2020}\ (1+r)^n) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$POPEFFECT_{2050} = drin\ .\ POP_{2020}\ \{(1+r)^n - 1\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

$$CCEFFECT_{2050} = cci\ .\ IRRW_{2020} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

$$REWEFFECT_{2050} = rer\ .(\ POPEFFECT_{2050} + GERDEFFECT) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

$$REWEFFECT_{2050} = rer\ .\{\ drin\ .\ POP_{2020}\ \{(1+r)^n - 1\} + GERDEFFECT) \quad \ldots\ldots (5)$$

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

حيث:

POP_t = عدد السكان فى السنة t

r = معدل النمو السكاني سنويا خلال الفترة 2020-2050

$IRRW_t$ = كمية مياه الزراعة والري (مليار م^3) فى السنة t

cci = معدل زيادة الطلب علي مياه الري بسبب التغيرات المناخية (ارتفاع درجة الحرارة) (%)

rer = معدل المياه المعاد استخدامها إلي المياه العذبة = 0.358

drin = معدل استهلاك الفرد من مياه الشرب والصناعة سنويا (م^3) = 169 متر/فرد

$POPEFFECT_{2050}$ = تأثير الزيادة السكانية علي استهلاك مياه الشرب والصناعة (زيادة فى الاستخدامات المائية) فى 2050 (مليار م^3)

$CCEFFECT_{2050}$ = تأثير التغيرات المناخية علي استهلاك مياه الزراعة والري (زيادة فى الاستخدامات المائية) فى 2050 (مليار م^3)

$REWEFFECT_{2050}$ = كمية المياه المعاد استخدامها (نقص فى المصادر) (مليارم^3)

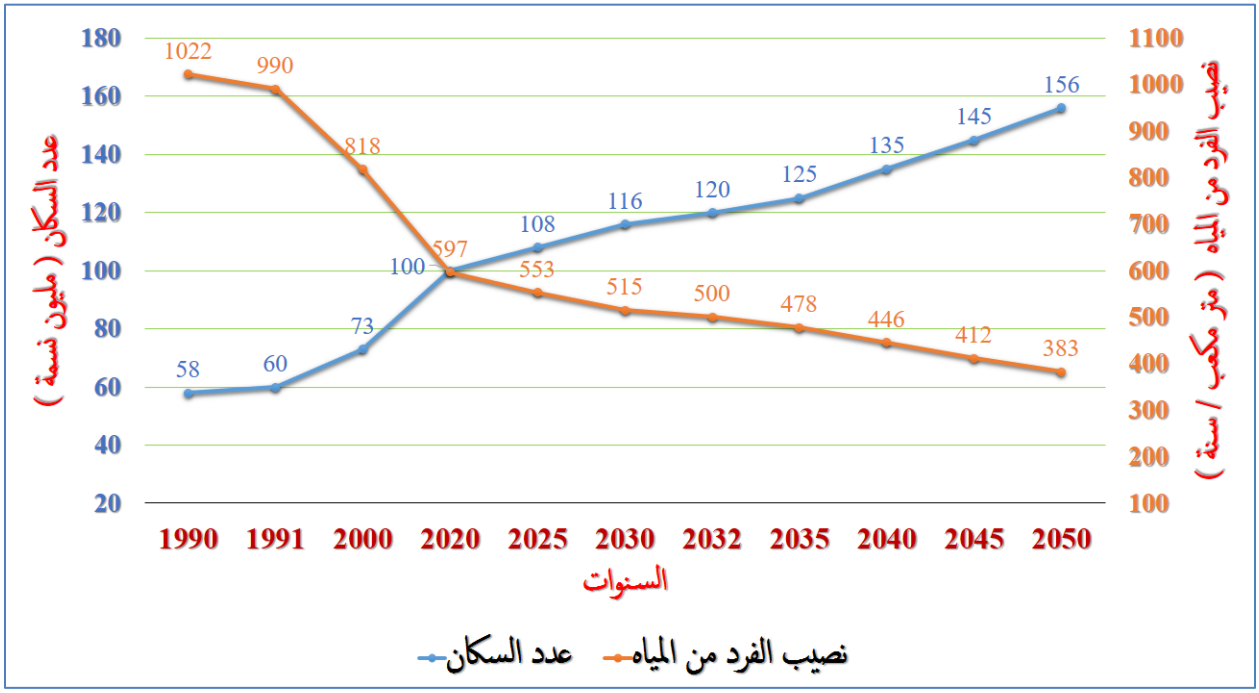
GERDEFFECT = تأثير سد النهضة الإثيوبي علي إيراد النيل (نقص فى المصادر) (مليارم^3)

1. العلاقة السكانية / المائية:

دخلت مصر تحت خط الفقر الفقر المائي (1000 متر مكعب سنويا) منذ أوائل التسعينيات من القرن الماضي وبالتحديد قى 1991، عندما انخفض نصيب الفرد من المياه إلي 990 متر مكعب سنويا. ومن المتوقع أن يستمر فى الانخفاض ، مع استمرار النمو السكاني (بمعدل نحو 1.5% سنويا) وثبات الموارد المائية العذبة (59.7 مليار متر مكعب). وبينما يبلغ فى الوضع الراهن (2025) نحو 553 متر مكعب، وهو أقل من خط الفقر المائي العالمي بنسبة نحو 45%. وبطبيعة الحال يزداد "عمق" الفقر المائي بمرور الزمن نتيجة للنمو السكاني مع ثبات الموارد المائية، فسوف ينخفض إلي ممستوي ما يعرف بخط الشح المائي (500 متر مكعب) فى 2032 عندما يبلغ عدد السكان نحو 120 مليون نسمة . وينخفض إلي نحو 383 متر مكعب فى 2050 عند وصول عدد السكان إلي 156 مليون نسمة. (انظر شكل 1). ولا تقتصر الأزمة المائية فى مصر علي اختلال العلاقة السكانية/المائية علي هذا النحو، بل يجري تكريسها بمواجهة عدد من التحديات الكبري فضلا عن الزيادة السكانية، يأتي فى مقدمتها التغيرات المناخية وسد النهضة وغيره من السدود الإثيوبية المزمع إقامتها علي النيل الأزرق، فضلا عن مشاريع التوسع الزراعي الأفقي العملاقة التي تتطلب كميات كبيرة من مياه الري. وتشكل هذه التحديات قى مجملها ، ضغطا هائلا علي الموارد المائية المحدودة التي تشكل مياه النيل 93% منها والتي تأتي من خارج مصر(حلول للسياسات البديلة ،2018).

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

شكل 1 : تطور العلاقة بين عدد السكان ومتوسط نصيب الفرد من المياه خلال الفترة 1990 – 2050.



المصدر: تقديرات المؤلف فى ضوء ثبات الموارد المائية العذبة عند 59.7 مليار متر مكعب ونمو عدد السكان بمعدل 1.5% سنويا خلال الفترة 2020-2050 .

2. الميزان المائي (الراهن) في عام 2020.

يشتمل الميزان المائي Water balance علي جانبين ، الأول جانب الموارد المائية بمصادرها المختلفة (العرض) والثاني ، جانب استخدامات المياه (الطلب) .ويطلق عليه البعض أحيانا الموازنة المائية Water budget، فى تصوير قريب الشبه بالموازنة المالية التي تشتمل علي جانبي الإيرادات والمصروفات. وكما يوضح جدول (1) أنه في جانب الموارد ، تبلغ جملة الموارد المائية العذبة نحو 59.7 مليار متر مكعب سنويا ، 93% منها عبارة عن حصة مصر فى مياه النيل وهي 55.5 مليار متر مكعب والباقي ، وهو 7% (4.2 مليار متر مكعب سنويا) يأتي من المياه الجوفية العميقة (2.5 مليار متر مكعب) والأمطار (1.3 مليار متر مكعب) وتحلية مياه البحر (0.4 مليار متر مكعب).ويتم إعادة استخدام المياه فى كمية تبلغ فى الجملة نحو 21.4 مليار متر مكعب ، تشمل 13.5 مليار متر مكعب من إعادة استخدام مياه الصرف (بأنواعه الزراعي والصحي والصناعي) ، ونحو 7.9 مليار متر مكعب من إعادة استخدام المياه الجوفية الضحلة بالدلتا.وعلي ذلك، يبلغ إجمالي الموارد المائية 81.1 مليار متر مكعب سنويا.وتجدر ملاحظة أن كمية المياه الناتجة عن إعادة الاستخدام (21.4 مليار متر مكعب) تمثل فى الواقع العجز فى الميزان المائي بما نسبته 26.4% من إجمالي الموارد المائية. أما علي جانب الاستخدامات (الطلب علي المياه) ، فكما يوضح الجدول المشار إليه ، يبلغ إجمالي الاستخدامات المائية 81.1 مليار متر مكعب سنويا ، يستخدم القطاع الزراعي (الري) منها 61,6 مليار متر مكعب بنسبة 76% ، بينما يستخدم القطاع المنزلي (الشرب) 11.5 مليار متر مكعب بنسبة 14.2% ،ويستخدم

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

القطاع الصناعي (المصانع) 5.4 مليار متر مكعب بنسبة 6.7%، ويفقد فى شبكة المياه 2.5 مليار متر مكعب.وعلي ذلك يتضح أن جملة الاستخامات غير الزراعية (الشرب والصناعة) تبلغ 16.9 مليار متر مكعب سنويا وتمثل نحو20.8% من إجمالي الاستخدامات المائية (حلول للسياسات البديلة 2018).

هناك بعض المؤشرات المهمة يمكن استنتاجها من الميزان المائي الحالي :1) يبلغ نصيب الفرد من المياه (العذبة) لأغراض الشرب والصناعة يبلغ 169 متر سنويا، منها 115 متر مكعب للشرب والاستخدام المنزلي ، و 54 متر مكعب للصناعة ، 2) تتكون استخدامات القطاع الزراعي (مياه الري) من نوعين من المياه ، الأول مياه عذبة بكمية تبلغ 40 مليار متر مكعب بنسبة نحو 65% ، والثاني، المياه المعاد استخدامها بكمية تبلغ 21.4 مليار متر مكعب ، أي كل المياه المعاد استخدامها، بنسبة نحو 35% . وتجدر ملاحظة أن هذه "التركيبة" لمياه الري سوف تتجه ، مع مرور الزمن، بالضرورة إلي زيادة المكون المعاد استخدامه مع تناقص المكون العذب ، وهو ما سوف يتضح من الميزان المائي لعام 2050.

جدول 1: الميزان المائي في 2020.

المصدر	الموارد			الاستخدامات		
	مليار متر مكعب	% إلي جملة المياه العذبة	% إلي إجمالي الموارد	نوع الاستخدام	مليار متر مكعب	% إلي إجمالي الاستخدامات
نهر النيل	55.5	93.0	68.5	الشرب	11.53	14.2
مياه جوفية عميقة	2.5	4.2	3.1	الصناعة	5.4	6.7
أمطار	1.3	2.2	1.6	جملة	16.93	20.9
تحلية مياه	0.38	0.6		الزراعة	61.63	76.0
جملة	**59.68**	**100**	**73.6**	**مياه عذبة**	**(%65)40.20**	
إعادة استخدام مياه جوفية ضحلة بالدلتا	7.87		9.7	معاد استخدامها	(%35)21.43	
إعادة إستخدام مياه الصرف	13.51		16.7	فواقد	2.5	3.1
جملة إعادة استخدام المياه	21.38		26.4			
إجمالي	**81.06**		**100**		**81.06**	**100**

المصدر: جمعت وحسبت من : وزارة الموارد المائية والري، نشرة الميزان المائي ، 2020.

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

3. المتغيرات المؤثرة علي الميزان المائي وتطوراتها بحلول 2050.

بحلول عام 2050 ، سوف يكون الميزان المائي محصلة للعديد من المتغيرات ،منها ما يؤثر علي جانب الموارد ، ومنها ما يؤثر علي جانب الاستخدامات. وفيما يلي استعراض للتطورات المستقبلية المحتملة فى هذه المتغيرات.

1.3 المتغيرات المؤثرة علي جانب الموارد

1.1.3 إيراد النيل : من المحتمل أن يتأثر إيراد نهر النيل ، أو بالتحديد ، حصة مصر المائية البالغة 55.5 مليار متر مكعب ، بمتغيرين رئيسيين ، الأول هو التغيرات المناخية بما فى ذلك احتمالات الجفاف ومعدلات هطول الأمطار علي الهضبة الحبشية ، الثاني ، المشروعات الإثيوبية علي النيل الأزرق ، وبالتحديد السدود والمشروعات الإروائية . فهناك سد النهضة ، فقد اكتمل بناؤه وامتلآت بحيرته بنحو 74 مليار متر مكعب وهي طاقته التخزينية القصوي ، وقد أعلنت إثيوبيا أنه سوف يتم افتتاحه رسميا قى أوائل سبتمبر. كما تخطط إثيوبيا لإقمة ثلاثة سدود كبري علي المجري الرئيسي للنيل الأزرق (منديا وكارادوبي وبيكو آبو).ومن المخطط أن تبلغ الطاقة التخزينية الإجمالية للسدود الأربعة بعد اكتمالها نحو 200 مليار متر مكعب ، يقدر الفاقد منها بسبب البخر والتسرب بنحو 5 مليارات متر مكعب علي الأقل (نورالدين ،2009). 2025. وهناك أيضا مشروعات التوسع الزراعي الإروائي فى حوض النيل الأزرق والتي تغطي أكثر من 3.7 ملايين فدان يمكن أن تنفذها إثيوبيا فى غياب اتفاق قانوني ملزم. ولكي يتم حصر المتغيرات المؤثرة علي حصة مصر المائية ، يلزم تدقيق الآثار المختلفة التي تشمل : (1) أثر سد النهضة والسدود الثلاثة المخطط إقامتها فيما يتعلق بالملء وفواقد البخر والتسرب سواء لكل سد علي حده أو فى حالة التشغيل الآني للسدود الأربعة علي إيراد النيلن (2) ألأثر غير المباشر للسدود الإثيوبية علي خطط ومشروعات التوسع الزراعي الإروائي سواء فى إثيوبيا أو فى السودان،(3) أثر التغيرات المناخية علي إيراد النيل (مستوي الفيضانات)،(4) أثر حالات الجفاف والجفاف الممتد علي الهضبة الحبشية واحتمالاتها.

2.1.3 المياه الجوفية العميقة: يحتمل أن تظل علي ماهي عليه عند 2.5 مليار متر مكعب كما هي في الميزان الحالي.ومع ذلك ، تجدر الإشارة إلي المياه الجوفية الصحراوية تواجه مشاكل عديدة نتيجة لسوء إدارتها ، ومن أهمها مشكلة التملح.

3.1.3 الأمطار: تمثل الأمطار جزءا هامشيا فى الموارد ، وتبلغ كميتها ،كما تظهر فى الميزان الراهن ، 1.3 مليار متر مكعب ، تمثل 2.2% من الموارد العذبة ، أو 1.6% من الموارد الكلية ، ومن المحتمل أن تتأثر سلبا أو إيجابا بالتغيرات المناخية.

4.1.3 تحلية مياه البحر: ما زالت الكمية المتاحة منها هامشية للغاية ، وتبلغ 380 ألف متر مكعب. وقد رصدت الدولة ، فى إطار خطة الموارد المائية والري، استثمارات قدرها 134 مليار جنيه لإنشاء محطات تحلية مياه البحر خاصة لتلبية الطلب علي مياه الشرب من قبل المنشآت السياحية ، ومن المخطط أن تنتج هذا المحطات 5 مليارات متر مكعب سنويا اعتبارا من 2037 . ومن المستبعد إلي حد بعيد استخدام هذه المياه فى

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

الزراعة ، وذلك لارتفاع تكلفتها (الإنشائية والتشغيلية) ، ومع ذلك فهذه الكمية تساهم فى زيادة إجمالي الموارد من ناحية ، وتخفف الضغط علي مخصصات مياه الري من ناحية أخري . وتجدر ملاحظة أنه وإن كانت تكلفة تحلية المتر المكعب الواحد تبدو مرتفعة نسبيا (حوالي نصف دولار أو 25 جنيه) فى الوضع الراهن ، مما يقلل من جدواها الاقتصادية فى الزراعة، فإن تزايد ندرة المياه مستقبلا ، وما يستتبعه من تزايد القيمة الاقتصادية Economic valueللوحدة من المياه المحلاة، قد يجعل استخدامها فى بعض الأنشطة الزراعية مرتفعة الربحية ، مجديا اقتصاديا . Economically viable

5.1.3 إعادة استخدام المياه: خصصت الدولة لهذا الغرض استثمارات قدرها 160 مليار جنيه ،وقد أنشأت بالفعل 3 محطات لمعالجة مياه الصرف الزراعي والصحي والصناعي ، هي 1) محطتا الحمام والدلتا الجديدة، بطاقة إنتاجية 6.5 ، 7.5 مليون متر مكعب تعادل نحو 2.5 ، 2.7 مليار متر مكعب سنويا علي التوالي، تخصص لري أراضي مشروع الدلتا الجديدة (مساحة كلية 2.2 مليون فدان) وتساهم المياه الجوفية مع المياه المعالجة فى ري هذه المساحة. ،2) محطة بحر البقر لمعالجة المياه بطاقة إنتاجية 5.6 مليون متر مكعب يوميا تعادل نحو 2.0 مليار متر مكعب سنويا تخصص لري 400 ألف فدان بشمال سيناء فى إطار مشروع تنمية سيناء ، 3) محطة المحسمة لمعالجة المياه بشرق قناة السويس بطاقة انتاجية مليون متر مكعب يوميا تعادل نحو 0.37 مليار متر مكعب سنويا ، تخصص لري مساحة 100 ألف فدان بشرق قناة السويس. وعلي ذلك يبلغ إجمالي كمية المياه المعالجة من مياه الصرف الزراعي والصحي والصناعي من المحطات الثلاث 7.6 مليار متر مكعب سنويا.

2.3 المتغيرات المؤثرة علي جانب الاستخدامات:

1.2.3 استخدامات المياه للشرب والصناعة: تتأثر هذه الاستخدامات بشكل مباشر بمعدلات الزيادة السكانية. مع الزيادة السكانية المطردة (بمعدل 1.5% سنويا) يتوقع أن يصل عدد السكان فى مصر إلى 156 مليون نسمة في 2050 بزيادة كلية بنسبة 56% عن 2020. وبافتراض أن الاستخدام المنزلي والصناعي من المياه سوف يزيد بنفس معدل زيادة السكانية ، وهو ما يعني ان استهلاك الفرد من المياه لهذين الغرضين سوف يظل علي ما هو عليه حتي 2050، فيتوقع أن يبلغ هذا الاستخدام نحو 26.4 مليار متر مكعب سنويا فى 2050 تشمل 18 مليار متر مكعب للشرب،8.4 مليار متر مكعب للصناعة، وذلك بزيادة إجمالية نحو 9.5 مليار متر مكعب سنويا عن عام 2020 .

2.2.3 استخدام الزراعة للمياه : بفرض ثبات التركيب المحصولي ، يتأثر استخدام القطاع الزراعي للمياه بمتغيرات أربعة رئيسيية ، الأول، استقطاعات الاستخدامات غير الزراعية من المياه من مخصصات مياه الري، الثاني هو مشروعات الدولة فيما يتعلق برفع كفاء استخدام مياه الري ، الثالث، مشروعات التوسع االزراعي لأفقي ، الرابع ، التغيرات المناخية ، يتم تناولها بالتفصيل فيما يلي:

1.2.2.3 الاستقطاعات من مياه الري : بافتراض أن الموارد المائية العذبة المتاحة لمصر فى الوقت الحالي (59.7 مليار متر مكعب سنويا فى 2020) سوف تظل علي ما هي عليه ، فإن الزيادة فى الاستخدامات غير الزراعية المشار إليها سابقا (9.5 مليار متر مكعب سنويا) سوف يتم استقطاعها بالضرورة (استنادا إلي مبدأ

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

الأولويات) من كمية المياه المخصصة للري (61.6 مليار متر مكعب فى 2020) ، أي يصبح علي القطاع الزراعي أن يستخدم فقط نحو 52.1 مليار متر مكعب بنقص نحو 15.4% من مخصصاته الراهنة ، الأمر الذي يعني أن الزيادة السكانية سوف ينشأ عنها (كأثر مباشر) تبوير نحو 1.4 مليون فدان من الرقعة الزراعية الحالية. وهناك أثر غير مباشر ، يتمثل فى استقطاع 9.5 مليار متر مكعب من مياه الري، يستتبعه نقص قدره 3.4 مليار متر مكعب من المياه المعاد استخدامها، بأثر كلي 12.9 مليار متر مكعب، يترتب عليه تبوير نحو 2 مليون فدان. إلا إذا لجأت الدولة إلي تعويض كمية المياه العذبة المستقطعة عن طريق استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة.

2.2.2.3 مشروعات رفع كفاءة وترشيد استخدام المياه : هذه المشروعات من شأنها تخفيض الطلب علي مياه الري ، ولكنها من ناحية أخري قد تعمل علي تقليص المياه المعاد استخدامها (جانب العرض): اولاً: مشروع تحويل الأراضي المزروعة بنظام الري بالغمر إلي نظم الري الحديثة (التنقيط والرش) فى مساحة مستهدفة 4 مليون فدان مع الاحتفاظ بنظام الري بالغمر المطور في مساحة الأرز بشمال الدلتا. ويؤثر هذا المشروع علي الموارد والاستخدامات فى نفس الوقت، فهو من ناحية يعمل علي تحقيق وفر فى المياه، ومن ناحية أخري يؤثر علي كمية مياه الصرف الزراعي والمياه الجوفية الضحلة بالدلتا ومعدل تدوير المياه وإعادة استخدامها، ويمتد الأثر النهائي إلي مشروعات التوسع الزراعي الأفقي. ومن المفترض أن يحقق هذا المشروع وفرا في مياه الري يبلغ نحو 8 مليارات متر مكعب سنويا. ومع ذلك فإنه قد ينشا عنه آثار جانبية خطيرة تتمثل فيما يلي: 1) تكريس العجز المائي ، تقلص كمية مياه الصرف الزراعي المعاد استخدامها في الميزان المائي ، وهي تلك الكمية التي تتولد من مساحة 2 مليون فدان ستظل تزرع بنظام الري بالغمر المطور في شمال الدلتا ويخصص أغلبها لزراعات الأرز، وذلك لكي تكون مانعا لتسرب مياه البحر لأراضي الدلتا، 2) تملح أراضى الدلتا بدرجة كبيرة وبقية الأراضي القديمة بدرجة أقل ، 3) إلقاء تبعات مالية كبيرة علي صغار المزارعين ، 4) تهديد المشروعات القومية فى مجال التوسع الأفقي بالتوقف فى المدي البعيد.

ثانياً: مشروع تبطين وتأهيل الترع (بتكلفة إجمالية قدرها 80 مليار جنيه) والذي من المفترض أن يحقق وفرا في فواقد شبكة الري يبلغ نحو 3 مليارات متر مكعب سنويا. ورغم ما أثير حوله من شكوك فيما يتعلق بجدواه الاقتصادية فى تحقيق هذا الوفر ، فهو مستمر لما له من منافع بيئية من ناحية، وتحقيق العدالة فى توزيع المياه بالنسبة للزراعات فى نهايات الترع من ناحية أخري. وهذا المشروع فى حاجة إلي دراسات معمقة فيما يتعلق بجدواه فى تقليل فواقد الشبكة وكذا فيما يتعلق بإمكانية تأثيره سلبا علي المياه الجوفية الضحلة بالدلتا (حاليا 7.9 مليار متر مكعب) ومن ثم علي إمكانية التدوير وإعادة الاستخدام، والأثر النهائي علي مشروعات التوسع الأفقي الزراعي، ثالثاً: التكنولوجيات الموفرة للمياه فى مجال الإنتاج الزراعي، ويشمل ذلك الأصناف النباتية قصيرة المكث وقليلة استهلاك المياه، وكذا الممارسات الزراعية الموفرة للمياه Water saving technologies

3.2.2.3 المشروعات القومية فى مجالات التوسع الزراعي الأفقي : تبلغ الرقعة الزراعية فى الوضع الراهن نحو 9.8 مليون فدان (وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي ، 2023) يستخدم لريها نحو 61.6 مليار م3 (وزارة الموارد المائية والري، 2020)، تمثل نحو 76% من جملة الموارد المائية.ولاشك أن أي توسع فى الرقعة الزراعية يمثل عبئا إضافيا علي الموارد المائية المحدودة ويعمل من ثم علي تكبير الفجوة المائية عما

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

هي عليه.وفى هذا الصدد ، تقوم الدولة ، منذ 2015، بتنفيذ عدد من مشروعات التوسع الزراعي الأفقي العملاقة ، بدأت بمشروع المليون ونصف مليون فدان، ثم مشروع الدلتا الجديدة (2.2 مليون فدان) ومشروع التوسع بسيناء (456 ألف فدان) ثم إعادة تأهيل مشروع توشكي (0.9 مليون فدان). وعند استكمال هذه المشروعات خلال السنوات الخمس القادمة ، فسوف تغطي مساحة زراعية تبلغ نحو 4 مليون فدان،ترفع إجمالي المساحة المزروعة إلي 13.8 مليون فدان ، أي بزيادة تمثل نحو 41% من الرقعة الزراعية الحالية.وهذا يعني أنه بفرض حصول القطاع الزراعي فى 2050 علي نفس مخصصاته الحالية من مياه الري (وهو أمر غير وارد) ، فإن نصيب الفدان المزروع من المياه ينخفض من نحو 6300 إلي 4400 متر مكعب ، أي بنسبة نقص 30%.أما إذا أخذ فى الاعتبار النقص المتوقع نتيجة للزيادة السكانية والتغيرات المناخية وسدود النهضة ، فيتوقع أن ينخفض نصيب الفدان من المياه إلي نحو 2700 متر مكعب ، وهو يمثل تقريبا 44% من المعدل الراهن.الأمر الذي قد يترتب عليه خروج ملايين الأفدنة من الأراضي الزراعية من الإنتاج الزراعي.

4.2.2.3 أثر التغيرات المناخية علي الميزان المائي : يتوقع أن تؤثر التغيرات المناخية علي المياه بصورة مباشرة من ثلاث جوانب ، الأول يتمثل فى احتمالات الجفاف والجفاف الممتد علي الهضبة الإثيوبية والتي تتحدد فى ضوء سيناريوهات مختلفة ، تؤثر كلها بالضرورة علي إيراد النيل بدرجة تتوقف علي نوع السيناريو. أما الجانب الثاني فيتعلق بتأثير التغيرات المناخية علي ارتفاع سطح البحر ومن ثم علي تملح الخزان الجوفي بالدلتا.أما الجانب الثالث، وهو الذي يتم أخذه فى الاعتبار فى هذه الدراسة ، فيتمثل فى زيادة الطلب علي المياه فى قطاع الزراعة نتيجة لتأثير الاحتباس الحراري علي زيادة المقننات المائية للمحاصيل.وهناك دراسات تتناول هذا الجانب بصورة كمية. وكتقدير أولي يتوقع أن تزيد هذه المقننات فى المتوسط بنحو 8% (أبوحديد،2009)، مما يعني زيادة فى الطلب علي مياه الري بنحو 4.9 مليار متر مكعب سنويا فى 2050. ويمثل نحو 6% من الموارد المائية الكلية .

3.3 ملخص آثار الزيادة السكانية والتغيرات المناخية وسد النهضة

فى ضوء ما تقدم ، وكما يلخص جدول (2) ويوضح شكل (2)، يبلغ إجمالي تأثيرات الزيادة السكانية والتغيرات المناخية وسد النهضة ، نحو 7.5 مليار متر مكعب سنويا تمثل نقصا فى المياه المعاد استخدامها (المصادر) بنسبة 9.2% من الموارد سنة الأساس بالإضافة إلي نحو 14.4 مليار متر مكعب سنويا تمثل زيادة فى الاستخدامات بنسبة 17.8% عن سنة الأساس (2020) . وتعتبر الزيادة السكانية هي المتغير الأكثر تأثيرا ، والذي يبلغ نحو 12.9 مليار متر مكعب ، وتشمل 9.5 مليار متر مكعب زيادة فى الطلب علي المياه العذبة (استخدامات الشرب والصناعة) و 3.4 مليار متر مكعب نقص فى المياه المعاد استخدامها (نقص فى المصادر). أما التغيرات المناخية فتؤدي إلي زيادة استخدامات قطاع الزراعة من المياه بنحو 4.9 مليار متر مكعب . ويؤدي سد النهضة إلي نقص كلي فى جانب المصادر قدره 4.1 مليار متر مكعب ، تشمل 3 مليارات نقص فى إيراد النيل و 1.1 مليار نقص مقابل فى المياه المعاد استخدامها.

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

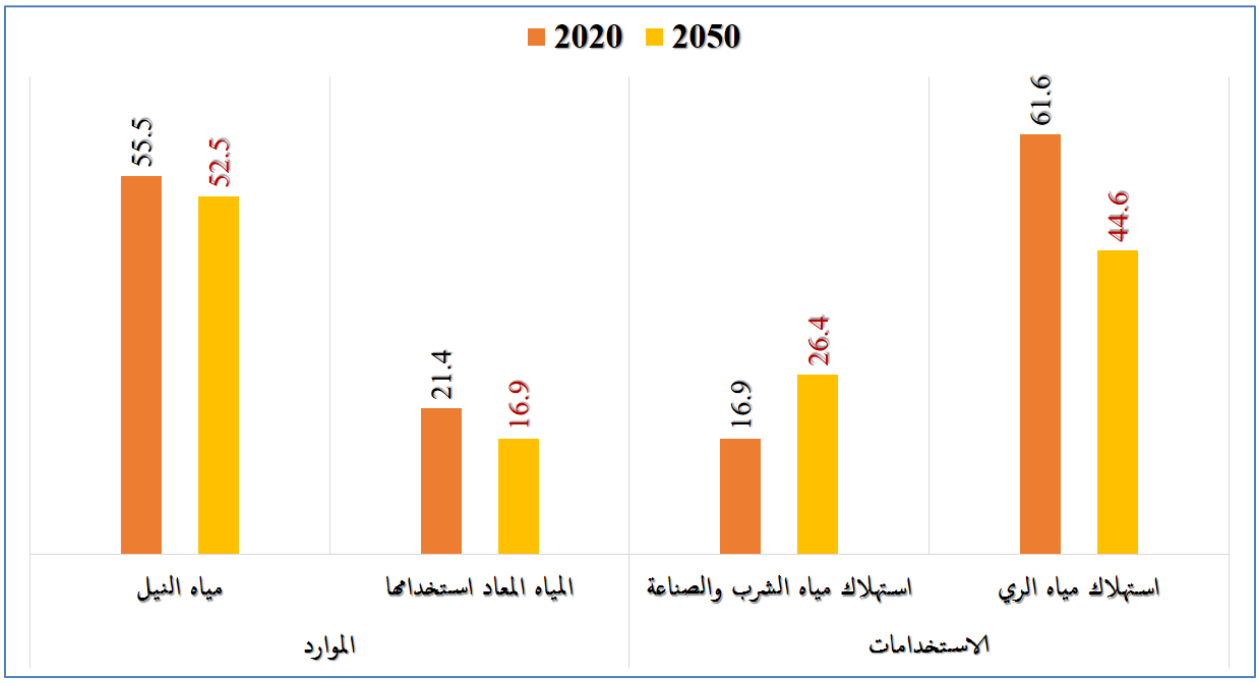
جدول 2: ملخص الآثار المحتملة للزيادة السكانية والتغيرات المناخية وسد النهضة علي جانبي الميزان المائي بين عامي 2020 و 2050 .

المتغير	الموارد (مليار متر مكعب)			الاستخدامات (مليار متر مكعب)		
	عذبة	معاد استخدامها	جملة	عذبة	معاد استخدامها	جملة
سد النهضة	(3)	(1.1)	(4.1)	0.0	0.0	0.0
الزيادة السكانية		(3.4)	(3.4)	9.5	0.0	9.5
التغيرات المناخية	0.0	0.0	0.0	4.9	0.0	4.9
جملة	**(3)**	**(4.5)**	**(7.5)**	**14.4**		**14.4**

ملاحظة : الأرقام بين قوسين تشير إلي نقص فى الموارد ، والأرقام بدون قوسين تشير إلي زيادة فى الاستخدامات

المصدر: حسبت فى ضوء الافتراضات الموضحة بالدراسة.

شكل (2): تأثيرات الزيادة السكانية والتغيرات المناخية وسد النهضة علي الميزان المائي (جانبي الموارد والاستخدامات) بين عامي 2020-2050.



المصدر: حسبت فى ضوء الافتراضات الموضحة بالدراسة.

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

4. الميزان المائي لعام 2050.

الميزان المائي لأية سنة قادمة هو محصلة نهائية لآثار التطور فى المتغيرات والعوامل المؤثرة علي جانبي الموارد والاستخدامات كما سبق عرضها.وكما تبين من هذا العرض، أن العقد الأخير، وبالتحديد منذ 2015، شهد انطلاق العديد من المشروعات الزراعية والمائية التي تؤثر علي الميزان المائي بجانبيه .وتجدر الإشارة إلي أن العوامل والمتغيرات السابق عرضها بصدد التوصل إلي الميزان المائي الدقيق لعام 2050 ، تتطلب إجراء دراسات معمقة تقوم علي تحليل كم كبير من البيانات التفصيلية الموثقة ، وربما يتطلب الأمرأيضا تبني العديد من الافتراضات بالنسبة لبعض المتغيرات. وفيما يلي ، يتم عرض ومناقشة أربعة سيناريوهات للميزان المائي فى 2050 .يصور السيناريو الأول، الميزان المائي آخذا فى الاعتبار فقط أثر الزيادة السكانية، بينما يصوره السيناريو الثاني أخذا فى الاعتبار أثري الزيادة السكانية والتغيرات المناخية، أما السيناريو الثالث ، فيأخذ فى الاعتبار أثر المتغيرات الثلاثة، حيث يضاف أثر سد النهضة إلي السيناريو الثاني.مع ملاحظة أنه فى هذه السيناريوهات الثلاثة ، يفترض أنه سيتم تعويض النقص فى كمية المياه المعاد استخدامها (معظمها من الصرف الزراعي فى الوضع الراهن) عن طريق مياه الصرف الصحي المعالجة. أما سيناريو (4) فيأخذ فى الاعتبار الأثر الكلي للمتغيرات الثلاثة المدروسة، علي جانبي الميزان فى ظل فرضية عدم استخدام مياه الصرف المعالجة لتعويض الفقد المتوقع فى المياه المعاد استخدامها .

1.4 سيناريو (1) الميزان المائي فى ظل الزيادة السكانية مع الاحتفاظ بنفس المياه المعاد استخدامها:

يقتصرهذا السيناريو علي الزيادة السكانية كعامل وحيد مؤثر علي الميزان المائي لعام 2050 ، مع افتراض بقاء المتغيرات الأخري علي ما هي عليه، ويعرض جدول (3) نتائجه.وكما تمت الإشارة سابقا وبافتراض أن كلا من مياه الشرب ومياه المصانع تزيد بنفس معدل النمو السكاني (1.5% سنويا)، ترتفع الاستخدامات غير الزراعية من 16.9 إلي 26.4 مليار متر مكعب بزيادة 9.5 مليار متر مكعب.ويفترض فى هذا السيناريو كذلك أنه بدلا من أن تؤثر هذه الزيادة سلبا علي كميه المعاد استخدامها من الصرف الزراعي (نقص قدره 3.4 مليار متر مكعب) ، فإنه يفترض أنه ستتم معالجة كمية من مياه الصرف الصحي تعادل الكمية المذكورة،، ومن ثم تظل كمية المياه المعاد استخدامها علي ما هي عليه فى الوضع الراهن (21.4مليار متر مكعب)، ويظل إجمالي الموارد علي ما هو عليه. وبناء علي ذلك يتم استقطاع مقدار الزيادة فى الشرب والصناعة بالضرورة من مياه الري التي تصبح نحو 52.1 مليار متر مكعب بنقص بنسبة 15.4% عن المخصصات الحالية.الأمر الذي يؤدي إلي تبوير نحو 1.4 مليون فدان.وفضلا عن النقص الكمي في مخصصات مياه الري ، فإن هناك أيضا تدهورا فى نوعية هذه المياه ، إذ ترتفع نسبة المكون المعاد استخدامه من 34.7% إلي 41% من جملة مياه الري، وتنخفض فى المقابل نسبة المكون العذب فى مياه الري. وتجدر ملاحظة أن تدهور نوعية مياه الري يؤثر سلبا علي معدل التدوير من ناحية ، ويؤثر سلبا كذلك علي الإنتاجية الزراعية من ناحية أخري ، ولها آثار بيئية غير مواتية من ناحية ثالثة.

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

جدول 3: الميزان المائي في 2050 فى ظل سيناريو (1) الزيادة السكانية.

المصدر	الموارد	الاستخدامات		
	مليار م مكعب	نوع الاستخدام	مليار م مكعب	%
نهر النيل	55.5	الشرب	18.02	22.2
مياه جوفية عميقة	2.5	الصناعة	8.44	10.4
أمطار	1.3	جملة	26.46	32.6
تحلية المياه	0.38	الزراعة	52.10	64.3
جملة الموارد العذبة	**59.68**	**مياه عذبة**	**(%59)30.70**	
إعادة استخدام مياه جوفية ضحلة بالدلتا	7.87	معاد استخدامها	(%41)21.40	
إعادة إستخدام مياه الصرف	13.51	فواقد	2.5	3.1
جملة إعادة استخدام	21.38			
إجمالي	**81.06**		**81.06**	**100**

المصدر: حسبت من جدولي(1) و (2) بالدراسة بناء علي الافتراضات الموضحة.

2.4 سيناريو (2) الميزان المائي فى ظل الزيادة السكانية والتغيرات المناخية مع إحداث التوازن عن طريق مياه الصرف الصحي المعالجة المعاد استخدامها:

يشتمل هذا السيناريو علي الميزان المائي لعام 2050 متضمنا أثر الزيادة السكانية علي النحو الذي تم توصيفه فى سيناريو (1) مضافا إليه أثر التغيرات المناخية علي مياه الري، ويعرض جدول (4) نتائجه.وكما تم توضيحه سابقا، تسبب التغيرات المناخية بزيادة الاحتياجات المائية للمحاصيل بنحو 8% فى المتوسط أي ما يعادل نحو 4.9 مليار م3.وعند إضافة هذه الكمية إلي مخصصات الزراعة فى السيناريو السابق ، فإنها ترتفع إلي 57 مليار م3. ومن ثم يرتفع إجمالي الاستخدامات بالضرورة إلي 85.96 مليار متر مكعب. ويقتضي ذلك تعديل جانب الموارد بزيادة المياه المعاد استخدامها عن طريق المزيد من معالجة مياه الصرف الصحي بنفس القدر (4.9 مليار) لكي ترتفع إلي 26.3 مليار متر م3. ، ويرتفع إجمالي الموارد بالمثل إلي 85.96 م3. وعلي ذلك تحتوي مخصصات الزراعة فى هذا السيناريو (57 مليار) علي 30.7 مليار متر مكعب مياه عذبة و 26.3 مليار م3 مياه معاد استخامها مكونة من 18 مليار مياه صرف زراعي، 8.3 مليار من مياه الصرف الصحي المعالجة.ويعني ذلك أن نحو 46% من مياه الري مصدرها مياه معاد استخدامها ، ليس ذلك فقط ، بل إن نحو 14.6% من مياه الري مصدرها مياه الصرف الصحي المعالجة.والبديل لعدم استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة هو تبوير نحو 1.3 مليون فدان إضافي من الأراضي الزراعية.

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

جدول 4: الميزان المائي في 2050 فى ظل سيناريو (2) أثرا الزيادة السكانية والتغيرات المناخية.

المصدر	الموارد	الاستخدامات		
	مليار م مكعب	نوع الاستخدام	مليار م مكعب	%
نهر النيل	55.5	الشرب	18.02	22.2
مياه جوفية عميقة	2.5	الصناعة	8.44	10.4
أمطار	1.3	جملة	26.46	30.8
تحلية	0.38	الزراعة	57.00	66.3
جملة الموارد العذبة	**59.68**	مياه عذبة	(%54)30.7	
إعادة استخدام مياه جوفية ضحلة بالدلتا	7.87	معاد استخدامها	(%46)26.3 18 صرف زراعي 8.3 صحي معالج	
إعادة إستخدام مياه الصرف	18.41	فواقد	**2.5**	2.9
جملة إعادة استخدام المياه	26.28			
إجمالي	**85.96**		**85.96**	**100**

المصدر: حسبت من جدولي (2) و (3) بالدراسة بناء علي الافتراضات الموضحة.

3.4 سيناريو (3) الميزان المائي فى ظل الزيادة السكانية والتغيرات المناخية وسد النهضة مع إحداث التوازن عن طريق مياه الصرف الصحي المعالجة المعاد استخدامها:

يعرض جدول (5) الميزان المائي لعام 2050 طبقا لسيناريو (3) الذي يأخذ فى الاعتبار آثار الزيادة السكانية والتغيرات المناخية وسد النهضة. أي أنه نفس السيناريو السابق مضافا إليه أثر سد النهضة. ويفترض فى هذا السيناريو- كما فى السيناريو السابق- أن التوازن بين جانبي الموارد والاستخدامات يتم تحقيقه من خلال زيادة مياه الصرف الصحي المعالجة المعاد استخدامها. وكما تم توضيحه سابقا، قد ينقص إيراد النيل ب 3 مليارات متر مكعب نتيجة للفاقد المائي فى بحيرة سد النهضة بسبب البخر والتسرب ، ومن ثم ينخفض إيراد النيل إلي 52.5 مليار متر مكعب وتنخفض جملة المياه العذبة إلي 56.7 مليار متر مكعب.وهذا النقص يجري خصمه من مخصصات الزراعة التي تنخفض من ثم إلي 54 مليار متر مكعب.ويتم هذا الخصم من المياه العذبة المستخدمة فى الزراعة ، لكي تصبح 27.7 مليار متر مكعب ،وتستكمل بالمياه المعاد استخدامها بنحو 26.3 مليار متر مكعب.وبمقارنة هذا الميزان بنظيره الراهن، يتضح أن : (1) مخصصات الزراعة تقل بنحو 7.6 مليار متر مكعب (12.3%) يمكن ترجمتها بنقص فى الرقعة المزروعة الراهنة بنحو 1.2 مليون فدان ، (2) تتدهور نوعية مياه الري فى الميزان المستقبلي حيث تزيد نسبة المياه المعاد استخدامها إلي 49% مقابل 35% ، فضلا عن أن هناك 15.4% من مياه الصرف الصحي المعالجة .

جدول 5: الميزان المائي في 2050 فى ظل سيناريو (3) الزيادة السكانية والتغيرات المناخية وسد النهضة مع إحداث التوازن عن طريق مياه الصرف الصحي المعالجة المعاد استخدامها.

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

المصدر	الموارد	الاستخدامات		
	مليار م مكعب	نوع الاستخدام	مليار م مكعب	%
نهر النيل	52.5	الشرب	18.02	21.7
مياه جوفية عميقة	2.5	الصناعة	8.44	10.2
أمطار	1.3	جملة	26.46	31.9
تحلية	0.38	الزراعة	54.0	65.1
جملة الموارد العذبة	**56.68**	**مياه عذبة**	**(%51)27.7**	
إعادة استخدام مياه جوفية ضحلة بالدلتا	7.87	معاد استخدامها	(%49)26.3 18 صرف زراعي 8.3 صحي معالج	
إعادة إستخدام مياه الصرف	18.41	فواقد	2.5	3.0
جملة إعادة استخدام المياه	26.28			
إجمالي	**82.96**		**82.96**	**100**

المصدر: حسبت من جدولي (2) و(4) بالدراسة بناء علي الافتراضات الموضحة.

4.4 الميزان المائي فى 2050 سيناريو (4) فى ظل الزيادة السكانية والتغيرات المناخية وسد النهضة مع حساب المياه المعاد استخدامها مع عدم اللجوء إلي مياه الصرف الصحي المعالجة:

يعرض جدول(5) الميزان المائي فى 2050 مقارنا بنظيره الفعلي فى 2020 . والواقع أن ميزان 2050 هو محصلة للتغيرات المستقبلية فى مصادر المياه واستخداماتها نتيجة لتأثيرات المتغيرات التي تم التركيز عليها وهي الزيادة السكانية والتغيرات المناخية وسد النهضة. وفي جانب المصادر، تشير النتائج إلي أنه من المتوقع أن يبلغ إجمالي المصادر المائية 71.8 مليار كتر مكعب بنقص قدره 9.3 مليار متر مكعب بنسبة نقص قدرها 11.5%.حيث تنقص حصة مصر المائية ب 3 مليارات متر مكعب نتيجة لتشغيل سد النهضة ، وتنقص المياه المعاد استخدامها ب 4.5 مليار متر مكعب. وضمنا تنقص جملة المياه العذبة من 59.7 إلي 56.7 مليار متر مكعب. وفيما يتعلق بالمياه المعاد استخدامها فيتوقع أن تنقص من 21.4 إلي 16.9 مليار متر مكعب. أما فى جانب الاستخدامات، فتزيد استخدامات الشرب والصناعة من 16.9 إلي 26.4 مليار متر مكعب بنسبة زيادة 56% بسبب الزيادة السكانية. بينما تنخفض استخدامات الزراعة من 61.6 مليار متر مكعب فى 2020 إلي 44.6 مليار متر مكعب فى 2050 . وهذا النقص فى مياه الري و البالغ 17 مليار متر مكعب يعزي إلي 9.5 مليار متر مكعب التي تذهب للشرب والصناعة و 3 مليارات التي تنفص فى إيراد النيل و 4.5 مليار التي تنقص من المياه المعاد استخدامها.

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

جدول 5: الميزان المائي فى 2050 فى ظل الأثر الكلي للزيادة السكانية والتغيرات المناخية وسد النهضة، مع فرضية عدم اللجوء إلي مياه الصرف الصحي المعالجة، مقارنا بنظيره الفعلي فى 2020.

المصادر	2020	التغير المحتمل	2050	نسبة 2050 إلي 2020
	مليار متر مكعب		مليار متر مكعب	%
إيراد النيل	55.5	نقص **3** مليارات بسبب الفواقد فى سد النهضة	52.5	(5.4)
مصادر أخري	4.2		4.2	--
جملة المصادر العذبة	**59.7**		**56.7**	**(5.0)**
إعادة استخدام	21.4	نقص **4.5** مليار بسبب نقص المياه العذبة	16.9	(29.4)
الموارد الكلية	**81.1**		**73.6**	**(9.1)**
الاستخدامات				
الشرب والصناعة	16.9	زيادة **9.5** مليار بسبب الزيادة السكانية	26.4	56.2
الزراعة	61.6	نقص **17** مليار مجمل آثار المتغيرات الثلاثة (**12.5** مياه عذبة و **4.5** مياه معاد استخدامها)	44.6	(27.6)
فواقد الشبكة	2.5		2.5	----
جملة الاستخدامات	**81.1**		**73.5**	**(9.1)**

المصدر: 1) بالنسبة لميزان 2020 : وزارة الموارد المائية والري، نشرة الميزان المائي 2020.
2) بالنسبة لميزان 2050 : حسبت في ضوء الافتراضات الموضحة بالدراسة.

5.4 تحليل أهم التغيرات المتوقعة ودلالاتها فى الميزان المائي 2050

1.5.4 ملاحظات علي هامش تحليل الميزان

ملاحظة (1): تعبر نتائج الميزان المائي فى 2050 المعروضة لكل من للسيناريوهات الأربعة عن الوضع المائي المستقبلي فى مصر فى حالة عدم اتخاذ أي من التدخلات السياساتية مائيا أو زراعيا ، وهو ما يمكن أن يطلق عليه سيناريو المسار المعتاد . Business-as-usual scenario ،ويعني ذلك أن تنفيذ أي من الساسات المقترحة- كما هو معروض لاحقا- أو غيرها ، من شأنه أن يغير فى نتائج الميزان المستقبلي إيجابيا.

ملاحظة (2) : هناك الكثير من المتغيرات- رغم أهميتها- لم يتم أخذها فى الاعتبار فيما يتعلق بتقديرات الميزان المائي، إما لعدم توافر معلومات كافية عنها أو رغبة فى تعقيد الحسابات. وقد تم عرض هذه المتغيرات سابقا فى إطار المتغيرات المؤثرة علي الميزان .ومن هذه المتغيرات المستبعدة : (أ) أثران أخريان للتغيرات المناخية، الأول هو احتمالات تغير المناخ علي الهضبة الحبشية وما تنطوي عليه من تغير مستوي الفيضان وإيراد النيل وكذلك حالات الجفاف والجفاف الممتد. والثاني هو احتمالات ارتفاع سطح البحر، ومن ثم تداخل مياه البحر مع مياه المخزون الجوفي بالدلتا وما يترتب علي ذلك من ارتفاع تملحها ، وانخفاض ملاءمتها كمياه ري.(ب) سدود إثيوبية أخري: ثلاثة سدود أخري تخطط إثيوبيا لإقامتها علي النيل الأزرق خلف سد النهضة، هي منداية

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

وكارادوبي و بيكو آبو ، تبلغ طاقتها التخزينية الإجمالية من مياه النيل نحو 130 مليار متر مكعب. ومن المتوقع أن تبدأ إثيوبيا فى إقامة أولها بعد افتتاح سد النهضة ، (ج) أراضى قد تتم زراعتها بالري علي مياه النيل فى إثيوبيا والسودان: من المحتمل أن تقوم إثيوبيا بزراعة نحو 3.5 مليون فدان باستخدام مياه النيل الأزرق، خاصة فى ظل عدم وجود اتفاق ملزم، وقد تستخدم هذه المساحة نحو 7 مليارات متر مكعب سنويا وهذه تؤثر سلبا علي إيراد النيل الأزرق ومن ثم حصة مصر المائية.وقد تقوم السودان أيضا بزراعة ملايين الأفدنة مستفيدة بمعطيات سد النهضة.(د) مشاريع التوسع الزراعي الأفقي العملاقة: تمثل مشاريع التوسع الأفقي العملاقة انطلاقة كبري فى مجال استصلاح واستزراع الأراضي، تشير إلي جدية الدولة فيما يتعلق بقضية الأمن الغذائي وقضايا أخري مهمة. إلا أنها من ناحية أخري تضع ضغطا إضافيا كبيرا علي الموارد المائية، وبالتحديد علي جانب الاستخدامات للزراعة فى الميزان المائي. ورغم أن الدراسة تشير إلي هذه المشاريع فى نبذة قصيرة، إلا أنها لم يتم تضمينها فى الميزان لعدم توافر البيانات الموثقة الكافية عنها .

ملاحظة (3): تم استخدام عدد من الفرضيات فى حساب الميزان المائي ، وتمت الإشارة إليه فى سياق عرض تطور المتغيرات موضع الدراسة. ومن البديهي أن تتغير النتائج إذا تم تبني فرضيات مختلفة. ويمكن تلخيص الفرضيات المستخدمة فى : (أ) زيادة عدد السكان بمعدل نمو سنوي 1.5% خلال الفترة 2020-2050 ، (ب) ثبات نصيب الفرد من المياه لاستخدامات الشرب والصناعة حتي 2050 ، عند مستوي المعدل الراهن (2020) والذي يبلغ 169 متر مكعب، (ج) تزيد الاحتياجات المائية للمحاصيل بنسبة 8% فى المتوسط فى 2050 بسبب ارتفاع درجة الحرارة (أبوحديد ،2009)، وتطبيق هذه النسبة علي مجمل مخصصات الزراعة من مياه الري فى سنة الأساس (2020)، (د) يقتصر تأثير سد النهضة المأخوذ فى الاعتبار، علي فاقد المياه فى بحيرة السد نتيجة للبخر والتسرب ، وهناك تقديرات متفاوتة لهذا الفاقد، إلا أن الدراسة تتبني تقديره بنحو 3 مليارات متر مكعب سنويا، (ه) بالنسبة لتقدير المياه المعاد استخدامها يفترض أنه فى مقابل كل وحدة تنقص من استخدام المياه فى الري ، تنقص كمية المياه المعاد استخدامها بحو 0.358 وحدة ، وذلك علي أساس أن الميزان المائي الراهن يشتمل علي مصدري المياه العذبة والمياه المعاد استخدامها بنسبة 1: 0.358 ، ويعني ذلك أنه فى مقابل كل مليون متر مكعب تنقص من مياه الري ، تنقص بالتالي كمية المياه المعاد استخدامها ب 358 ألف متر مكعب (و) الإحلال بين الاستخدامات الزراعية وغير الزراعية للمياه: يفترض أن استخدامات الشرب والصناعة تعتمد بصورة حصرية علي المياه العذبة ، بينما تعتمد الزراعة علي خليط من المياه العذبة والمياه المعاد استخدامها. ومن ثم يفترض – فى ضوء ثبات العرض الكلي للمياه- أن أي زيادة فى استخدامات الشرب والصناعة تتحقق بالضرورة علي حساب الاستخامات الزراعية.

2.5.4 أهم نتائج الميزان المائي المستقبلي ودلالاتها فيما يتعلق بكل من الأمن المائي والأمن الغذائي

تعطي نتائج الميزان المائي المعروضة سابقا صورة عامة للوضع المائي المستقبلي وطبيعة التغيرات المتوقع حدوثها بتأثير المتغيرات الثلاثة التي تم التركيز عليها . ويمكن تلخيص أهم النتائج ودلالاتها فيما يلي:

1) يتوقع أن تشتد أزمة المياه فى مصر عما هي عليه فى الوضع الراهن، ويتعرض الأمن المائي المصري لمخاطر كبيرة، مع زيادة الفجوة المائية إلي أكثر من ضعف الفجوة الراهنة ، ودخول مصر مرحلة الندرة المائية المطلقة (ينخفض نصيب الفرد إلي مستوي أقل بنسبة 23% من مستوي "الندرة المائية

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

المطلقة" أو الشح المائي المقدر عالميا ب 500 متر مكعب سنويا). الأمر الذي يزيد الضغوط علي القطاعات المستخدمة للمياه،وهي بالتحديد قطاعات الزراعة والإسكان والصناعة، وإن بدرجات متفاوتة.

2) إن أحد أهم التغيرات المتوقعة فى هيكل الميزان المائي وخاصة فى جانب الاستخدامات ، هو تناقص مخصصات القطاع الزراعي لحساب قطاعي الإسكان والصناعة ، باعتبار أن لهما الأولوية فيما يتعلق باستهلاك المياه العذبة. وكما أشارت نتائج الدراسة من المتوقع أن تتناقص مخصصات القطاع الزراعي بنحو 18.8 مليار متر مكعب أي بنسبة نحو 30.5%، وهو انخفاض جوهري ، يعني تبوير نحو 3 مليون فدان ونقص الإنتاج الزراعي والغذائي بنفس النسبة وهو ما يمثل تهديدا للأمن الغذائي المصري.وفى هذه الحالة من المؤكد أن تلجأ مصر إلي مزيد من واردات الغذاء لتعويض هذا النقص المحتمل فى الإنتاج المحلي، مما يعني تعريض مصر إلي مزيد من الانكشاف علي المخاطر العالمية.
3) مع اشتداد أزمة المياه تتزايد ندرتها الاقتصادية ، تترجم فى ارتفاع قيمتها الاقتصادية ، مما قد يضطر الدولة إلي تحميل مستخدميها السعر الحقيقي خاصة فى قطاعي الإسكان (مياه الشرب والاستخدام المنزلي) والصناعة ، وربما لاحقا فى قطاع الزراعة.
4) تنطوي مرحلة الندرة المائية المطلقة علي احتمالات متزايدة لزيادة التلوث المائي وتدهور نوعية المياه وتكريس التدهور البيئي، خاصة مع تزايد خلط مياه الصرف الصحي غير المعالجة بمياه الصرف الزراعي ، واستخدامها فى الزراعة لاسيما فى حالات غياب الصرف الصحي أو ضعف الرقابة أوضعف إنفاذ القانون.

5. المتضمنات السياساتية المائية والزراعية للميزان المائي 2050

ينطوي الميزان المائي 2050 المقدر فى إطار التغيرات المتوقعة ، فى كل من عدد السكان والتغيرات المناخية وسد النهضة، فى ظل السيناريوهات المختلفة ،علي العديد من المضامين السياساتية خاصة فى مجالي السياسات المائية والزراعية. ويمكن عرض أهم هذه المتضمنات فيما يلي:

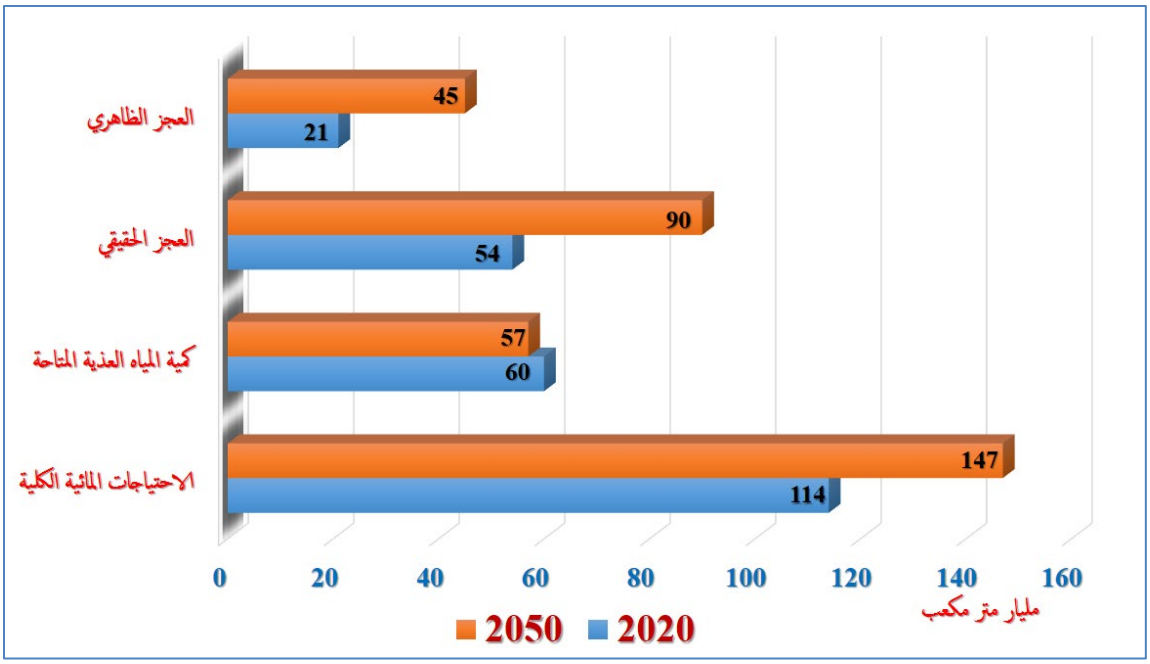
1.5 تزايد العجز المائي بمفهوميه الظاهري والحقيقي :

تبلغ الاحتياجات المائية لمصر فى الوضع الراهن 114 مليار متر مكعب سنويا، محسوبة علي أساس أن الموارد المائية المتاحة والمستخدمة تبلغ 81 مليار متر مكعب مضافا إليها 33 مليار متر مكعب وهي المياه الافتراضية المتضمنة فى الواردات الغذائية المصرية السنوية. ولما كانت الموارد المائية العذبة المتاحة تبلغ نحو 60 مليار متر مكعب ، فينشأ عن ذلك عجز مائي قدره 54 مليار متر مكعب يمثل 47% من الاحتياجات المائية.ويمكن أن يطلق عليه "العجز الحقيقي"، وهو يقابل "العجز الفعلي" أو "العجز الظاهري Revealed deficit"، وهو الذي يظهر فى الميزان المائي الراهن (2020) تحت مسمي "المياه المعاد استخدامها" والتي تبلغ نحو 21 مليار متر مكعب سنويا ويمثل -كما سبقت الإشارة - نحو 26% من الموارد الكلية .وبالنسبة للعجز المائي المستقبلي ، فكما أوضحت الدراسة سلفا ، أن هناك عوامل عديدة من شأنها تكريس هذا العجز سواء تلك التي ركزت الدراسة عليها وأخذتها فى الاعتبار عند حساب الميزان المائي لعام 2050 أو تلك التي لم تؤخذ فى

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

الاعتبار والتي عرضت الدراسة نبذة عنها. ويتضح من نتائج ميزان 2050 أن المياه المعاد استخدامها سوف تتقلص بنحو 4.5 مليار متر مكعب إلي نحو 17 مليار متر مكعب. ولا يعكس هذا الرقم حقيقة التطور المتوقع للعجز. وكما تبين سابقا يزيد العجز الفعلي (الظاهري) بنحو 21.9 مليار م3 تشمل 7.5 مليار نقص فى المصادر و 14.4 زيادة فى الاستخدامات.أي أن العجز المتوقع يبلغ نحو 43.3 مليار متر مكعب بزيادة 102% . أما بالنسبة للعجز الحقيقي المتوقع فى 2050 ، فتقدر الاحتياجات المائية المتوقعة بنحو 147 مليار متر مكعب محسوبا علي أساس الزيادة المتوقعة فى المياه الافتراضية (المستوردة) والزيادة فى الاستخدامات ، بينما تبلغ الموارد المائية المتجددة المتوقعة 57 مليار متر مكعب، ويكون العجز الحقيقي المتوقع 90 مليار متر مكعب ، بزيادة 36 مليار متر مكعب تمثل 67.%.

شكل 3 : تطور الاحتياجات المائية الكلية وكمية المياه العذبة المتاحة والعجز المائي الحقيقي والعجز الظاهري بين عامي 2020 و 2050.



المصدر : الدراسة.

2.5 السياسات المائية والزراعية المطلوبة لمواجهة وضع الندرة المائية المطلقة مستقبلاً:

يمكن مواجهة قسم كبير من هذه التهديدات التي ينطوي عليها الوضع المائي المستقبلي ،عن طريق إحداث تغييرات جوهرية فى كل من السياسات المائية والسياسات الزراعية.وفى هذا الصدد ، فإن استمرار السياسات الراهنة علي ما هي عليه فى مواجهة وضع الشح المائي أوالندرة المائية المطلقة، أمر يعمل علي تكريس وتفاقم الآثار السلبية للتحديات المشار إليها. ويمكن تنفيذ عدد من استراتيجيات الإدارة التي يمكن أن تزيد إلى أقصى حد القيم المتعددة للمياه المخصصة لإنتاج الغذاء، بما في ذلك تحديد مصادر المياه المخصصة للزراعة سواء المصادر الطبيعية أوغير التقليدية؛ وتحسين كفاءة استخدام المياه؛ وخفض الطلب على الغذاء وعلى استخدام

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

المياه الناجم عنه؛ وتحسين المعارف المتعلقة باستخدام المياه لإنتاج الغذاء ويلخص جدول (6) السياسات المائية والزراعية المفترحة لمواجهة آثار المتغيرات موضع الدراسة علي الميزان المائي المستقبلي، ويتم عرض هذه السياسات فيما يلي:.

1.2.5 السياسات المائية:

تتضمن السياسات المائية في مصر مجموعة من الاستراتيجيات والمشاريع الرامية إلى إدارة الموارد المائية المتناقصة وتحقيق الأمن المائي. وتشمل هذه السياسات: تطوير البنية التحتية، وتحسين كفاءة استخدام المياه في الزراعة، وزيادة مصادر المياه المتجددة، والتوسع في إعادة استخدام مياه الصرف بأنواعه الزراعي والصحي والصناعي، والتوعية بترشيد استهلاك المياه.ومع ذلك تشير نتائج الميزان المائي المستقبلي إلي ضرورة مراجعة بعض السياسات المائية علي النحو التالي.

1.1.2.5 سياسة مراجعة مشروعي تطوير الري الحقلي باالدلتا وتبطين وتأهيل الترع:

من المفترض أن يؤدي تطوير الرى الحقلى فى أراضى الدلتا وتبطين وتأهيل الترع ، إلى نقص الفاقد المائي الذى يذهب إلى المصارف الزراعية فى حدود 10 مليارات متر مكعب. ومع أن ذلك من شأنه تحقيق توفير فى مياه الري بنفس القدر ، فإن هذه المياه من المخطط معالجتها لكي يعاد استخدامها فى الرى، من خلال محطات المعالجة : بحر البقر والمحسمة التي تخدم مشروع سيناء ، ومحطة الحمام لرى أراضى مشروع الدلتا الجديدة . ومن ثم ينبغى إعادة الحساب بدقة فيما يتعلق بالآثر الجانبية لمشروع تطوير طرق الرى الحقلى فى محافظات شرق وغرب الدلتا حتى لا تقل كمية المياه الواصلة إلى محطات المعالجة، وإلا انخفضت إنتاجية محطات المعالجة بسبب تراجع كميات المياه الواصلة إلى المصارف بعد تطوير الرى الحقلى فى هذه المناطق، وبالتالى تضيع جدوى المحطات ومشاريع الاستصلاح معا.

2.1.2.5 سياسة التوسع فى معالجة مياه الصرف الصحي:

فى ظل الزيادة السكانية ووصول عدد السكان إلي نحو 116 مليون نسمة (بمعدل نمو 1.5% سنويا) بحلول 2030 ، يتوقع أن تزيد استخدامات الشرب والصناعة من المياه بنحو 2.8 مليار متر مكعب ، والتي سوف تخصم بالضرورة من مخصصات مياه الري. ويقتضي ذلك التوسع فى الاستثمارات الموجهة لإقامة محطات معالجة مياه الصرف الصحي، لتعويض هذا الخصم من مياه الري ، خاصة فى ظل تنفيذ مشروعات التوسع الزراعي الأفقي التي تتزايد احتياجاتها المائية وتضع ضغوطا هائلة علي الموارد المائية.

3.1.2.5 سياسة تحلية مياه البحر:

ما يتم إنتاجه حاليا من مياه التحلية سوف يصل إلى مليار متر مكعب قريبا، ومن المتوقع وصولها إلى 3 مليارات متر مكعب فى عام 2030، وإلى 5 مليارات متر مكعب فى عام 2050 .تتسم التحلية بارتفاع تكلفة إنتاجها (حوالي نصف دولار أو 50 جنيه/م3) وهو ما يجعل استخدامها محصورا حتي الآن فى الأغراض السياحية.ومع ذلك ، فإنه علي المدي البعيد ، مع تطور تكنولوجيات التحلية والتوسع فى استخدام الطاقة الشمسية

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

، ومن ثم تقليل تكلفة إنتاجها ، من ناحية، وتزايد القيمة الاقتصادية للمياه مع دخول مصر مرحلة الندرة المائية المطلقة، من ناحية أخري، قد يساهم فى جعل التحلية ذات جدوي اقتصادية فى بعض الأنشطة الزراعية عالية القيمة مستقبلا .

4.1.2.5 الاسترشاد بتقييم المياه في تحديد أولويات السياسة المائية:

مع ما تشير إليه نتائج الميزان المائي المستقبلي المشار إليها ودخول مصر مرحلة الندرة المائية المطلقة، تزداد أهمية تقدير قيمة المياه Valuing water والاسترشاد بها فى تحديد أولويات السياستين المائية الزراعية. وتفتقد السياسات المائية المصرية فى الوضع الراهن تقييم المياه فى استخداماتها المختلفة. إن غياب تقييم حقيقي لقيمة المياه عموما وفي إنتاج الغذاء علي وجه خاص ، يؤدي إلى استخدامها بشكل غير كفء، مما يعيق التقدم نحو هدفي تحقيق الأمن الغذائي والتخفيف من حدة الفقر، فضلا عن الآثار الجانبية السلبية العديدة على الصعيدين الاجتماعي والاقتصادي، بالإضافة للأثر البيئي. ولذلك، فإن تقييم المياه في إنتاج الغذاء يمكن أن يلعب دورًا حاسمًا في عمليات اتخاذ القرار وتحديد الأولويات ،كما يساهم هذا التقييم في فهم أفضل لأسباب سوء استخدام المياه داخل النظام الغذائي، ويوفر حوافز لزيادة الاستثمارات في تحديث البنية التحتية للمياه. ويمكن أن يؤدي ذلك بدوره إلى تحسين كفاءة وإنتاجية استخدام المياه في إنتاج الغذاء، مع تجنب الآثار السلبية المتسلسلة لسوء استخدام المياه مثل ندرتها وتلوثها، وضمان بقاء كميات كافية من المياه للحفاظ على صحة النظم البيئية المائية وإنتاجيتها وقدرتها على الصمود في مواجهة التغيرات المناخية.((UNESCO &UN-Water,(2021)

2.2.5 السياسات الزراعية:

يستهلك القطاع الزراعي نحو 76% من إجمالي الموارد المائية (61.6 مليار متر مكعب) أو 67% من المياه العذبة و 100% من المياه المعاد استخدامها.وفي ضوء هذه الحقيقة، فإن ضعف مؤشرات الأداء فى القطاع ،تنعكس سلبا علي كافة الأهداف المنوطة بقطاع المياه.والعكس صحيح، إذ أن أي سياسات أو تدخلات تعمل علي رفع كفاءة الأداء بالقطاع الزراعي، تؤدي مباشرة إلي تحسين الأهداف المنوطة بقطاع المياه.ولذلك، من المهم جدا تبني سياسات زراعية تتكامل مع السياسات المائية. وفيما يلي بعض السياسات الزراعية المتكاملة مع السياسات المائية:

1.2.2.5 سياسة التركيز علي تبني أسلوب التنمية الزراعية الرأسية:

المقصود بالتنمية الرأسية ،زيادة الإنتاج الزراعي من نفس الرقعة الزراعية الراهنة ونفس كمية الموارد المائية، وهذا من شأنه رفع كفاءة استخدام المياه. Water use efficiencyويشتمل هذا الأسلوب علي زيادة الإنتاجية الكلية لعناصر الإنتاج الزراعي Total factor productivity بما فى ذلك زراعة الأصناف مرتفعة الإنتاجية High yield varieties (HYVs) وبخاصة الأصناف المتحملة للجفاف والإجهاد الحراري والبيئي ، واستخدام مستلزمات الإنتاج مرتفعة النوعية، وتبني الممارسات الزراعية الموفرة للمياه Wates-saving technologies . متوسط إنتاجية المياه فى القطاع الزراعي فى الوضع الراهن يبلغ نحو 0.55 دولار/متر مكعب) الناتج المحلي الإجمالي الزراعي Agricultural Gross Domestic Product (AGDP) مقسوما علي إجمالي الموارد المائية المستخدمة.(وترتفع هذه الإنتاجية بنحو 11% بحلول 2030 إذا نما الناتج الزراعي

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

ب 3% سنويا، بينما ترتفع بنحو 23% إذا تحقق نمو فى الناتج الزراعي بمعدل 4% سنويا (معهد التخطيط القومي، 2024).

2.2.2.5 سياسة تضييق التوسع الزراعي الأفقي :

تستهدف هذه السياسة تقييد استصلاح الأراضي الصحراوية إلي أقصي حد لأنه سوف يتم فى جميع الأحوال علي حساب الرقعة الزراعية الراهنة (نظرا لمحدودية الموارد المائية) ، وهو أمر يعد من "المربكات" الكبري للأهداف المنوطة بقطاع المياه. صحيح أن التوسع الأفقي (يجري تنفيذ استصلاح 4 ملايين فدان خلال الفترة 2015-2030) يحقق أثارا إيجابية فى مجالات الغذاء وتشغيل القوة العاملة والصادرات والتصنيع الغذائي والتوطين،إلا أن أثاره السلبية (فى نفس المجالات المشار إليها وغيرها) قد تتجاوز بكثير أثاره الإيجابية علي المدي البعيد فى ضوء تعمق أزمة المياه، ومن ثم فهو منهج يتناقض مع مفهوم الاستدامة. أما إذا اقتضت الضرورة بعض التوسع الأفقي لأهداف غير اقتصادية، فينبغي مراعاة أربعة أمور. الأمر الأول، مراعاة التوازن بين التوسع الأفقي والتوسع الرأسي كما تقرره دراسات الجدوي الاقتصادية والاستخدام الأمثل للموارد الاقتصادية الزراعية وخاصة المياه. الأمر الثاني، أن ترتبط سياسة التوسع الأفقي بسياسة فعالة للتوطين وإعادة توزيع السكان تستهدف زيادة المساحة المأهولة وتخفيف التكدس السكاني فى الأراضي القديمة . الأمر الثالث، تقييم الأثر البيئي لمشاريع التوسع الزراعي الأفقي. الأمر الرابع، أن يتم باستخدام المياه المعاد استخدامها (مياه الصرف الزراعي ومياه الصرف الصحي المعالجة) فى مشاريع التوسع، وليس باستخدام المياه العذبة (كفاءة تخصيص الموارد المائية).

3.2.2.5 سياسة تقليل الفاقد فى الإنتاج الزراعي:

تتراوح معدلات الفاقد فى الإنتاج الزراعي بين 10% فى محاصيل الحبوب و 40% فى بعض المحاصيل القابلة للتلف مثل الخضر والفاكهة.، وذلك لسوء معاملات ما بعد الحصاد فو التداول والنقل والتخزين وضعف سلسلة التبريد ، وضعف سلاسل القيمة الزراعية بوجه عام. ويعتبر هذا الفاقد هدرا صريحا للموارد المائية المستخدمة فى الري وغيرها من المدخلات الزراعية. وبافتراض أن نسبة الفاقد في المنتجات الزراعية ، تبلغ 10% كمتوسط مرجح ، فذلك يعني أن الفاقد فى مياه الري يبلغ أكثر من 6 مليارات متر مكعب سنويا (تعادل 10% من مخصصات القطاع الزراعي من المياه). وتعمل هذه السياسة علي خفض الواردات الغذائية ومن ثم خفض واردات المياه الافتراضية.

4.2.2.5 سياسة التقليل من تصدير الحاصلات الزراعية الخام والتحول إلي تصديرها مصنعة:

تصاعدت صادرات الخضر والفاكهة إلي أكثر من 7 ملايين طن فى السنوات الأخيرة، تستهلك نحو 3 مليارات متر مكعب سنويا، هي بمثابة مياه مصدرة للخارج.ولاشك أن هذه سياسة غير مستدامة بالنظر إلي الوضع المائي المستقبلي. فليس من المنطقي بالنسبة لبلد مثل مصر يعيش تحت خط الفقر المائي منذ ربع قرن ، وعلي وشك الدخول فى مرحلة الندرة المائية المطلقة بعد 5-7 سنوات، أن تصدر مياها (3-4 مليارات) فى صورة منتجات زراعية طازجة (خام).وتحصل مصر من تصدير ال 7 مليون طن خضر وفاكهة علي نحو 4 مليار دولار،بينما تحصل من تصدير 2 مليون طن زراعية (غذائية) مصنعة علي نحو 6 مليارات دولار. ويبلغ

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

العائد علي وحدة المياه فى الحالة الأولي 1.3 دولار/ متر مكعب، أما العائد فى الحالة الثانية فيبلغ نحو 3 دولارات/ متر مكعب. وعلي ذلك فالسياسة البديلة الصحيحة فى هذه الحالة هي التحول من الصادرات الزراعية الخام إلي الصادرات الزراعية المصنعة. الفكرة هنا ليست توفير المياه بقدر ما هي رفع كفاءة استخدام المياه . وتجدر ملاحظة أن المنتجات الزراعية الطازجة المصرية، تتمتع بمزايا نسبية وبعض المزايا التنافسية فى عدد من الأسواق العالمية وخاصة بالنسبة للتبكير فى التصدير ، بينما قد لا تتمتع المنتجات الزراعية المصنعة بنفس القدر من المزايا النسبية والتنافسية. ومع ذلك ، فإن إدخال المياه فى تقديرات المزايا قد يحسم مسألة الاختيار بين التصدير الطازج والتصدير المصنع علي أساس اقتصادي صحيح (نصار وآخرون 2025).

جدول 6: ملخص السياسات المائية والزراعية المقترحة لمواجهة آثار المتغيرات المدروسة علي الميزان المائي المستقبلي.

السياسة	الهدف	أدوات التنفيذ
أولا: السياسات المائية		
1. التوسع فى معالجة مياه الصرف الصحي	• معالجة 4 مليارات م^3 بحلول 2030 لتعويض أثر الزيادة السكانية علي الميزان المائي • معالجة 23 مليار م^3 من مياه الصرف الصحي بحلول 2050	• إعداد دراسات الجدوي • تخصيص الاستثمارات المطلوبة لإقامة محطات المعالجة بالتدرج حسب جدول زمني خلال الفترة 2025-2050
2. مراجعة تحديث أنظمة الري	• ضبط الآثار الجانبية للتحديث علي مياه الصرف الزراعي المعاد استخدامها	• إعداد دراسات الجدوي • تطبيق أساليب بديلة تحقق وفرا فى المياه
3. مراجعة تبطين وتأهيل الترع	• ضبط الآثار الجانبية للمشروع علي المياه الجوفية بالدلتا	• إعداد دراسات الجدوي • تطبيق أساليب بديلة
4. تحلية مياه البحر	• إنتاج 3 مليار م^3 بحلول 2030 • إنتاج 5 مليار م^3 بحلول 2050	• إعداد دراسات الجدوي • تخصيص الاستثمارات المطلوبة (قطاع خاص)
5. البحوث والتطوير فى مجال المياه	• تطوير تكنولوجيات منخفضة التكلفة لتحلية مياه البحر ومعاجة مياه الصرف بأنواعها • تطوير ممارسات حقلية موفرة للمياه	• زيادة الإنفاق علي R&D (ميزانية مركز البحوث المائية ضئيلة للغاية ولا تتجاوز 50 مليون جنيه) • التنسيق مع مركز البحوث الزراعية بشأن الممارسات الموفرة للمياه
6. إصلاح وتحديث المؤسسات المائية	• رفع كفاءة الأداء للمؤسسات المائية	• إصدار قانون الموارد المائية والري • ربط روابط مستخدمي المياه بالتعاونيات الزراعية(للتعامل مع الأحواض الزراعية كوحدة مائية) • تعزيز الإرشاد المائي (بالتنيق مع الإرشاد الزراعي)
7. التوزيع الأمثل للموارد المائية بين القطاعات علي	• رفع القيمة الاقتصادية للمياه Shadow price(كمحصلة للقيمة فى القطاعات المستخدمة للمياه)	• تقدير الميزان المائي وتطوره السنوي حتي 2030

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

أساس التقييم الاقتصادي للمياه	• الاسترشاد بالقيمة الاقتصادية للمياه فى تحديد أولويات السياسة وتخصيص الموارد المائية	• تقدير القيمة الاقتصادية للمياه المتضمنة فى الميزان المائي باستخدام النمذجة المتقدمة
ثانيا: السياسات الزراعية		
1. تبني أسلوب التنمية الزراعية الرأسية	• زيادة الإنتاجية الكلية لعناصر الإنتاج الزراعي • رفع كفاءة استخدام مياه الري	• زراعة أصناف محاصيل عالية الإنتاجية وبخاصة المتحملة للجفاف والإجهاد الحراري والبيئي • تعميم الممارسات الموفرة للمياه
2. تقييد التوسع الزراعي الأفقي	• تقليل (تصفير) هدر المياه العذبة فى المزيد من الزراعة الصحراوية أو فى المجالات التجارية	• إصدار قانون يجرم استخدام المياه العذبة فى استصلاح الأراضي الجديدة أو مجالات تجارية (مشروع جريان)
3. تقليل الفاقد فى الإنتاج الزراعي	• تضييق الفجوة الغذائية وتقليل الطلب علي المياه الافتراضية	• تبني مهنج سلاسل القيمة الزراعية • تحسين البنية التحتية للخدمات التسويقية وممارسات مابعد الحصاد
4. التحول من تصدير المنتجات الزراعية الطازجة إلي تصدير المنتجات الزراعية المصنعة	• رفع العائد علي المياه • رفع معدلات الأداء للقطاع الزراعي بوجه عام	• إلغاء دعم التصدير الطازج وتوجيه الدعم إلي التصنيع الغذائي • تحفيز المصنعين للاتجاه إلي الزراعة التعاقدية
5. البحوث والتطوير R&D فى الزراعة	• استنباط أصناف وممارسات وتكنولوجيات حديثة (السياسة 1 أعلاه)	• زيادة الإنفاق علي البحوث والتطوير فى الزراعة إلي 0.5% من الناتج الزراعي بحلول 2030 (ميزانية مركز البحوث الزراعية لا تتجاوز حاليا 300 مليون جتيه) وزيادته إلي 1% بعد 2030
6. إصلاح المؤسسات الزراعية	• رفع كفاءة المؤسسات الزراعية (منظمات المزارعين، الإرشاد ، التمويل، التدريب إلخ) (تنمية رأسية)	• إصدار قانون جديد للتعاون الزراعي (التعاونيات أصبحت مجرد هياكل شكلية فى ظل قانون صدرمن نصف قرن) • إصلاح منظومة الإرشاد الزراعي (خدمات الإرشاد الزراعي حاليا منعدمة لأنه لا يوجد مرشدين زراعيين علي مستوي القرية)
ثالثا: التنسيق مؤسسيا بين قطاعي الزراعة والري		
1. تنسيق وتكامل السياسة العليا للمياه فى الزراعة	• رفع كفاءة إدارة المياه فى القطاع الزراعي	• مجلس أعلي للزاعة والري برئاسة رئيس مجلس الوزراء
2. لامركزية إدارة المياه فى الزراعة	• رفع كفاءة استخدام المياه علي مستوي الأحواض	• خريطة وظيفية لامركزية لإدارة المياه فى الزراعة • دمج روابط استخدام المياه بالتعاونيات الزراعية بشرط إصدار إطار تشريعي ملائم

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

الملخص

يستهدف هذا البحث تحليل الوضع المستقبلي للمياه فى مصر من خلال تقدير أولي للميزان المائي فى 2050 ووتحليل متضمناته السياساتية المائية والزراعية. ويتفرع من هذا الهدف تحليل الوضع المائي الراهن من خلال الميزان المائي الراهن ، وتحديد وعرض المتغيرات والعوامل والتحديات المؤثره علي مكونات الميزان المائي خلال الفترة 2020-2025 ، وتقدير الميزان المائي لعام 2050 فى ضوء الآثار الكمية لتطور المتغيرات السابق الإشار إليها ،ومناقشة المتضمنات السياساتية المائية والزراعية للميزان المائي المقدر لعام 2050. ويعتمد البحث بصورة أساسية علي أسلوب التحليل الوصفي فضلا عن بعض أساليب التحليل الكمي للتوصل إلي تقدير المكونات الأساسية للميزان المائي لعام 2050 فى ظل بعض الفرضيات المتعلقة بمتغيرات محددة يركز عليها البحث باعتبارها التحديات الكبري التي تكرس أزمة المياه فى مصر مستقبلا ، وهي الزيادة السكانية والتغيرات المناخية وسد النهضة .وقد تم تقدير الميزان المائي لعام 2050 فى ظل أربعة سيناريوهات تبدأ بسيناريو الزيادة السكانية، والثاني بإضافة أثرالتغيرات المناخية والثالث بإضافة سد النهضة .أما السيناريو الرابع فيتناول الأثر الكلي للمتغيرات الثلاثة فى ظل فرض عدم استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لسد العجز المائي الناشيء عنها مستقبلا.ويناقش البحث المتضمنات السياساتية المائية والزراعية للتطلورات المتوقعة فى الميزان المائي بحلول 2050.وقد توصل البحث إلي تقدير للميزان المائي لعام 2050 بجانبيه، الموارد والاستخدامات فى ضوء المتغيرات الثلاثة موضع الدراسة، الزيادة السكانية والتغيرات المناخية وسد النهضة. ومن أهم نتائج ودلالات هذا الميزان : (1) ينطوي هذا الميزان علي نقص فى الموارد بنحو 7.5 مليار متر مكعب، وزيادة فى الاستخدامات قدرها 14.4 مليار متر مكعب، ومجموعهما البالغ 21.9 مليار متر مكعب ، يعبر عن الزيادة فى العجز المائي ويمثل 102% من العجز فى الوضع الراهن ، مع دخول مصر مرحلة الندرة المائية المطلقة. (2) تتناقص مخصصات القطاع الزراعي لحساب قطاعي الإسكان والصناعة ، بنحو 17 مليار متر مكعب أي بنسبة نحو 27.8%، وهو انخفاض جوهري ، له انعكاسات خطيرة علي القطاع الزراعي والأمن الغذائي . إذ يعني تبوير نحو 2.7 مليون فدان من الرقعة الزراعية الراهنة ، ونقص فى الإنتاج الزراعي والغذائي بنفس النسبة، الأمر الذي يضاعف إلي حد كبير الفجوة الغذائية الراهنة البالغة نحو 40%، وهو ما يمثل تهديدا هائلا للأمن الغذائي المصري.وفى هذه الحالة من المؤكد أن تلجأ مصر إلي مزيد من واردات الغذاء لتعويض هذا النقص المحتمل فى الإنتاج المحلي، مما يعني تعريض مصر إلي مزيد من الانكشاف علي المخاطر العالمية. (3) تنطوي مرحلة الندرة المائية المطلقة علي احتمالات متزايدة لزيادة التلوث المائي وتدهور نوعية المياه وتكريس التدهور البيئي، خاصة مع تزايد المخاطر البيئية لخلط المزيد من مياه الصرف الصحي غير المعالجة بمياه الصرف الزراعي ، واستخدامها فى الزراعة ، أو حتي مع التوسع فى استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة علي نطاق واسع ولمدي طويل.(4) تقدر الاحتياجات المائية المتوقعة لعام 2050 بنحو 147 مليار متر مكعب ، بينما تبلغ الموارد المائية المتجددة المتوقعة 57 مليار متر مكعب، ويكون العجز الحقيقي المتوقع 90 مليار متر مكعب ، بزيادة 36 مليار متر مكعب تمثل 67% عن الوضع الراهن. وبناء علي هذه النتائج ، يعرض البحث بعض المتضمنات السياساتية المائية والزراعية للميزان المائي 2050 . يمكن مواجهة قسم كبير من التهديدات علي صعيدي الأمن المائي والأمن الغذائي ، عن طريق إحداث تغييرات جوهرية فى كل من السياسات المائية والسياسات الزراعية.وفى هذا الصدد ، فإن استمرار السياسات الراهنة علي ما هي عليه فى مواجهة وضع الشح المائي أوالندرة المائية المطلقة، أمر يعمل علي

10.21608/MEAE.2025.409097.1403

تكريس وتفاقم الآثار السلبية للتحديات المشار إليها. وفى مجال السياسات المائية ينبغي مراجعة مشروعي تطوير الري الحقلي باالدلتا وتبطين وتأهيل الترع ، وتبني سياسة التوسع فى معالجة مياه الصرف الصحي الاسترشاد بتقييم المياه في تحديد أولويات السياسة المائية. وفى مجال السياسة الزراعية، ينبغي اتباع سياسات تتكامل مع السياسات المائية. ومن هذه السياسات : (1) التركيز علي تبني أسلوب التنمية الزراعية الرأسية والتي من شأنها رفع كفاءة استخدام المياه متوسط إنتاجية المياه بنحو 23% إذا نما الناتج الزراعي بمعدل 4% سنويا, (2) سياسة تضييق التوسع الزراعي الأفقي الذي ينشأ عنه آثار سلبية تتجاوز بكثير أثاره الإيجابية علي المدي البعيد فى ضوء اشتداد أزمة المياه، ومن ثم فهو منهج يتناقض مع مفهوم الاستدامة (كفاءة تخصيص الموارد المائية). (3) سياسة تقليل الفاقد فى الإنتاج الزراعي،التي تستهدف توفير نحو 6 مليارات متر مكعب سنويا. (4) سياسة التقليل من تصدير الحاصلات الزراعية الخام والتحول إلي تصديرها مصنعة، ومن شأن هذه السياسة رفع القيمة الاقتصادية للمياه المستخدمة فى إنتاج الحاصلات المصدرة والبالغة نحو 3 مليارات متر مكعب سنويا.

المراجع باللغة العربية:

- أبوحديد، أيمن فريد (2009)، المتغيرات المناخية المستقبلية وأثرها علي قطاع الزراعة فى مصر وكيفية مواجهتها، مركز البحوث الزراعية ، وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي
- الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، (2024)،الكتاب الاحصائي السنوي، باب السكان، ديسمبر 2024.
- حلول للسياسات البديلة .(2018) الورقة خلفية: إدارة الموارد المائية في مصر: تقييم الوضع الحالي وخارطة طريق للسياسات المستقبلية.
- معهد التخطيط القومي (2025). التغيرات المُناخية والقطاع الزراعي المصري: تحليل كمي وكيفي للآثار وسياسات وآليات المواجهة ، سلسلة قضايا التخطيط والتنمية، العدد رقم (358) يناير 2025.
- معهد التخطيط القومي (2024). دور التقنيات الزراعية الحديثة وتطبيقاتها فى تعزيز استدامة الزراعة والغذاء فى مصر : التحديات والفرص، سلسلة قضايا التخطيط والتنمية، العدد رقم (350) أبريل 2024.
- منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلوم والثقافة (2024) . تقدير قيمة المياه.
- نصار، سعد زكي ، جمال صيام، يسري أحمد، صالح نصر، محمد سيد (2025) . دور الاتفاقات التجارية الإقليمية فى تحقيق الاهداف التصديرية المصرية بعيدة المديمن السلع الزراعية الطازجة والمصنعة، المجلة المصرية للاقتصاد الزراعي، مجلد 35 العدد 1 مارس 2025 .
- نور الدين، نادر (2018) ، انحسار خيارات مصر فى مواجهة أزمة مياه النيل، مركز الجزيرة للدراسات
- وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى . (2019). استرانيجية التنمية الزراعية المستدامة 2030.
- وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي (2022) ، نشرة الإحصاءات الزراعية 2022 ، قطاع الشؤون الاقتصادية.
- وزارة الموارد المائية للري ، (2020) ، نشرة الميزان المائي 2020.

- وزارة الموارد المائية والري. الخطة القومية للموارد المائية والري 2017-2037.

المراجع باللغة الانجليزية:

Alban momas, 2019. Water Management in Egypt. AUC. https://aps.aucegypt.edu/en/articles/529/policy-paper-water-management-in-egypt

de Waal, Dominick; Khemani, Stuti; Barone, Andrea; Borgomeo, Edoardo. (2023). The Economics of Water Scarcity in the Middle East and North Africa: Institutional Solutions. © World Bank. http://hdl.handle.net/10986/39594 License: CC BY 3.0 IGO." https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/ab35b03a-23fa-4457-aebd-0f4a89848be1

Elena Vallino*, Luca Ridolfi, Francesco Laio, (2020). Measuring economic water scarcity in agriculture: a cross-country empirical investigation. Environmental Science and Policy. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S146290111931562X

FAO & UN-Water. (2024). Progress on change in water-use efficiency – Mid-term status of SDG Indicator 6.4.1 and acceleration needs, with special focus on food security and climate change, 2024. Rome, FAO. https://doi.org/10.4060/cd2023en

FAO. (2023). Climate-smart Policies to Enhance Egypt's Agrifood System Performance and Sustainability. Rome

OECD, (2024), The economics of water scarcity, Environment Working Paper No. 239. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2024/05/the-economics-of-water-scarcity_06943700/81d1bc0a-en.pdf

UNESCO &UN-Water,(2021). The United Nations World Development Report 2021, Valuing Water. https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2021

https://aps.aucegypt.edu/ar/articles/470/background-paper-water-resources-management-in-egypt-assessment-and-recommendations