الاقتصاد الدائري كآلية للحد من أزمة المياه العذبة في مصر خلال الفترة (2000م - 2024م)

بحث مستل من رسالة ماجستير

إعداد

عاصم أحمد مؤنس يوسف عيسى أحمد

باحث ماجستير بكلية التجارة بنين – جامعة الأزهر

الأستاذ الدكتور

محمد يونس عبدالحليم

أستاذ ورئيس قسم الاقتصاد الأسبق بالكلية وعميد الكلية السابق

الدكتور

علاء مصطفى أبو عجيلة

مدرس الاقتصاد بالكلية

ملخص الدراسة:

هدفت الدراسة إلى توضيح دور الاقتصاد الدائري في تحقيق تنمية المياه المستدامة في مصر، وضمان توافر المياه العذبة للزراعة والصناعة والشرب لمواجهة الأزمات المائية المستقبلية، وتقييم السياسات البيئية. أظهرت النتائج تفاقم أزمة ندرة المياه بسبب النمو السكاني والتغير المناخي، بالإضافة إلى تأثير بناء السد الإثيوبي على حصة مصر من مياه النيل، مما أثر على جودة المياه وصحة البيئة. أكدت الدراسة على فعالية الاقتصاد الدائري في تقليل الضغط على الموارد المائية وتحسين إدارتها، مع ضرورة تحسين البنية التحتية وزيادة الاستثمار في معالجة مياه الصرف الزراعي والصرف الصحي والصرف الصناعي، كما أوصت الدراسة بتعزيز التعاون والشراكات، وتطوير برامج توعية، وزيادة الاستثمار في البحث والتطوير، وتعزيز السياسات الحكومية الداعمة للاقتصاد الدائري.

الكلمات الدلالية: الاقتصاد الدائري، إعادة تدوير المياه، التنمية المستدامة، ندرة المياه، النمو السكاني، السياسات البيئية، معالجة المياه، الصرف الصحي، الصرف الزراعي، الصرف الصناعي.

abstract

The study aimed to clarify the role of the circular economy in achieving sustainable water management in Egypt, ensuring the availability of freshwater for agriculture, industry, and drinking to address future water crises, and evaluating environmental policies. The results showed that water scarcity has worsened due to population growth and climate change, as well as the impact of the Ethiopian dam on Egypt's share of Nile water, affecting water quality and environmental health. The study confirmed the effectiveness of the circular economy in reducing pressure on water resources and improving their management, emphasizing the need for improved infrastructure and increased investment in agricultural, sanitary, and industrial wastewater treatment. The study recommended enhancing cooperation and partnerships, developing awareness programs, increasing investment in research and development, and supporting government policies that promote the circular economy.

Keywords: Circular economy, water recycling, sustainable development, water scarcity, population growth, environmental policies, water treatment, wastewater, agricultural drainage, industrial drainage.

الاقتصاد الدائري كآلية للحد من أزمة المياه العذبة في مصر خلال الفترة (2000م - 2024م)

مقدمة

يعد الماء عنصرًا حيويًا لا غنى عنه للحياة والوجود، وتواجه مصر أزمة مائية متفاقمة بسبب النمو السكاني المتزايد والتوسع الاقتصادي زراعيًا وصناعيًا، إضافة إلى التحديات الخارجية المتعلقة بنهر النيل خاصة سد النهضة الإثيوبي، وفي ظل هذه الظروف، تتجه مصر نحو تبني نماذج اقتصادية مستدامة، أبرزها الاقتصاد الدائري. يهدف هذا النموذج إلى تحسين جودة الحياة مع الحفاظ على البيئة، ويعد تطبيقه في مجال إدارة الموارد المائية ضرورة ملحة لضمان استدامتها وعدالة توزيعها، كما يتعين على الدولة المصرية دمج هذا النهج في استراتيجيات الأمن المائي والغذائي، نظرًا للترابط الوثيق بينهما وتأثيرهما على الأمن القومي. يقدم الاقتصاد الدائري للمياه حلولًا واعدة لمواجهة أزمة المياه من خلال إعادة التدوير والاستخدام الكفء، مما يخفف الضغط على الموارد الطبيعية، لذا، يتوجب على مصر وضع خطط إستراتيجية لتعزيز دور الاقتصاد الدائري في تنمية الموارد المائية، بهدف تحقيق أمن مائي مستدام وفعال.

مشكلة الدراسة: تتمحور إشكالية هذه الدراسة حول الوضع المائي الحرج في مصر. فالبيانات الراهنة تشير إلى أن المجتمع المصري يواجه شحًا مائيًا متزايدًا، يتفاقم مع النمو السكاني المتسارع والتحديات الجيوسياسية، خاصة فيما يتعلق بنهر النيل وسد النهضة الإثيوبي، مع تناقص نصيب الفرد من المياه سنويًا، تبرز الحاجة الملحة لاستراتيجيات مبتكرة لإدارة الموارد المائية. وفي هذا السياق، تسعى الدراسة لاستكشاف إمكانية تطبيق نموذج الاقتصاد الدائري كحل محتمل لمعالجة أزمة المياه في مصر. في هذا السياق تتمحور مشكلة الدراسة في:

هل يمكن للاقتصاد الدائري أن يشكل نموذجًا فعالًا لمواجهة نقص الموارد المائية في مصر؟

أهداف الدراسة: تهدف الدراسة إلى تحليل مفهوم الاقتصاد الدائري وعلاقته بأزمة المياه في مصر من 2000 إلى 2024، وتقييم تأثيره على استدامة الموارد المائية. كما تسعى إلى دراسة تأثير التغيرات البيئية والنمو الاقتصادي على موارد المياه وتحليل فعالية تطبيق الاقتصاد الدائري في التخفيف من أزمة المياه. بالإضافة إلى ذلك، تقيّم الدراسة السياسات والبرامج البيئية الحالية في مصر حتى عام 2024، لقياس نجاحها في معالجة أزمة المياه وتحسين إدارة الموارد.

أهمية الدراسة:

تساهم هذه الدراسة في تطوير المعرفة الأكاديمية في مجالات الاقتصاد البيئي وإدارة الموارد المائية، من خلال تحليل للعلاقة بين الاقتصاد الدائري والموارد المائية حتى عام 2022 في مصر. وتقدم توصيات عملية تدعم تنفيذ مبادرات الاقتصاد الدائري في قطاع المياه، مما يسهم في تعزيز التنمية البيئية وتحسين إدارة الموارد المائية.

فرضية الدراسة: يمكن للاقتصاد الدائري أن يلعب دورًا جوهريًا في التخفيف من حدة أزمة المياه في مصر وتعزيز الاستدامة المائية.

حدود الدراسة: تغطي الدراسة الفترة من 2000 إلى 2024، مما يتيح تحليلًا شاملًا لتطور دور الاقتصاد الدائري في معالجة قضايا المياه العذبة في مصر خلال ربع قرن، وتركز الدراسة على جمهورية مصر العربية، في المناطق التي تم تطبيق مبادرات الاقتصاد الدائري فيها في قطاع المياه.

منهجية الدراسة: تم استخدام المنهج الاستقرائي والاستنباطي، لجمع وتحليل البيانات المتعلقة بتطبيقات الاقتصاد الدائري في هذا القطاع، مما يوفر قاعدة بيانات قوية لدراسة كيفية تأثير هذا النموذج على إدارة المياه. سيعتمد المنهج الاستنباطي في استخلاص النتائج والتوصيات بناءً على تحليل البيانات والمعلومات المجمعة، مما سيمكن من تقديم رؤى دقيقة حول فعالية الاقتصاد الدائري في المجال المائي. كما سيتناول المنهج الوصفي التحليلي وصف وتحليل الوضع الراهن لمنظومة المياه في مصر، مما يساعد على فهم التحديات والفرص المتعلقة بتطبيق الاقتصاد الدائري في هذا المجال.

الدراسات السابقة

1. دراسة: (علاء مصطفى عبدالمقصود أبوعجيلة، العوائد الاقتصادية لتطبيق الاقتصاد الدائري في مصر: دراسة تنظيرية وتطبيقية"، مصر، 2021)

هدفت الدراسة إلى تسليط الضوء على مفهوم الاقتصاد الدائري وأهميته كآلية لإدارة النفايات وتحقيق التنمية المستدامة في مصر. استخدمت الدراسة منهجًا تحليليًا لمشكلات الاقتصاد الخطي التقليدي القائم على استنزاف الموارد الطبيعية وتوليد كميات كبيرة من النفايات، وتوصلت الدراسة إلى أن الاقتصاد الدائري يتوافق مع مقاصد الشريعة الإسلامية، ويعد مدخلًا لتحقيق العديد من العوائد الاقتصادية لمصر. كما يمكن أن تساهم إعادة التدوير وإنشاء صناعة

قوية لإدارة النفايات في تحسين الاقتصاد المصري بدلًا من الاعتماد على الطرق التقليدية الملوثة. أوصت الدراسة بضرورة إدراج الاقتصاد الدائري في الخطط الإستراتيجية لمصر، وزيادة جهود إعادة التدوير، وتشجيع السياسات الحكومية التي تدعم التحول نحو الاقتصاد الدائري، وتعزيز الوعي بأهمية الاقتصاد الدائري ودوره في تحقيق التنمية المستدامة.

2. دراسة: (سوزي عدلي ناشد، "استدامة الموارد الطبيعية من خلال الاقتصاد الدائري"، مصر، 2023): هدفت الدراسة إلى تقديم نموذج بديل للاقتصاد الخطي يحافظ على صحة الإنسان والكائنات الحية، ويعزز استدامة الموارد الطبيعية عبر استخدام مصادر الطاقة المتجددة وتقليل النفايات بشكل آمن. تناولت مفهوم الاقتصاد الدائري ودوره في مواجهة الطلب المتزايد على الموارد الطبيعية وتقليل الآثار البيئية الناتجة عن الإنتاج الملوث. توصلت إلى أن الاقتصاد الدائري هو بديل فعّال للاقتصاد الخطي، وأوصت بتشجيع اعتماده في السياسات الاقتصادية، وتعزيز استخدام الطاقة المتجددة، وتطوير تقنيات للتخلص الآمن من النفايات، وزيادة الوعي بأهميته في الحفاظ على البيئة.

3- (SOO, Allan; KIM, Jungbin; SHON, Ho Kyong. "Technologies for the wastewater circular economy–a review". UK , 2024)

هدفت الدراسة بصفة رئيسية إلى تقديم وجهة نظر للأكاديميين والمهنيين حول التقنيات الحالية المتاحة واتجاهاتها الناشئة في مجال معالجة مياه الصرف الصحي وربطها بقوانين الاقتصاد الدائري في دائرة مياه الصرف الصحي. توصلت الدراسة إلى أن ارتفاع تكاليف نقل المخلفات ومياه الصرف الصحي قد يضغط على محطات المعالجة لاعتماد تقنيات استرداد الموارد ذات القيمة المضافة في الموقع، وأن هناك تحولًا في محطات المعالجة المركزية واللامركزية لتصبح منشآت لاسترداد موارد مياه الصرف الصحي. أوصت الدراسة بزيادة الوعي بأهمية تطبيق التقنيات الحديثة لاسترداد الموارد في محطات معالجة مياه الصرف الصحي، وتعزيز الاستثمار في تقنيات استرداد الموارد ذات القيمة المضافة في الموقع، بالإضافة إلى تطوير سياسات تشجع على تبني ممارسات الاقتصاد الدائري في مجال معالجة مياه الصرف الصحي.

بعض الفجوات البحثية التي يمكن معالجتها من خلال هذه الدراسة:

من جهة أخرى، توجد فجوات بحثية يمكن معالجتها من خلال الدراسة الحالية. على الصعيد النظري، هناك نقص في تطوير إطار نظري متكامل يربط بين مبادئ الاقتصاد الدائري والتنمية المستدامة للمياه، خاصة في السياق المصري. وعلى الصعيد التطبيقي، تفتقر الدراسات إلى تحليل مفصل حول تطبيق الاقتصاد الدائري في مصر، بما في ذلك تحديد الفرص والتحديات. كما يتعين تناول العقبات المحددة مثل القضايا التنظيمية والسياسية ومستويات الوعي والبنية التحتية. يمكن للدراسة أن تسهم في سد هذه الفجوات وتوصي بمزيد من البحث والتعاون بين الجهات المختلفة لتعزيز تنفيذ الاقتصاد الدائري في قطاع المياه المصري.

خطة البحث

المبحث الأول: الاقتصاد الدائري وواقعه في مصر

المبحث الثاني: الوضع المائي في مصر: الواقع والمأمول

المبحث الثالث: دور الاقتصاد الدائري في الحد من أزمة المياه العذبة في مصر

النتائج والتوصيات.

المصادروالمراجع.

المبحث الأول

الاقتصاد الدائري وواقعه في مصر

شهدت مصر في السنوات الأخيرة تحولاً نحو تبني مفهوم الاقتصاد الدائري بهدف تعزيز التنمية المستدامة وتقليل استنزاف الموارد الطبيعية. يسعى الاقتصاد الدائري إلى الاستفادة القصوى من الموارد عبر إعادة تدويرها وتقليل الفاقد، مما يساهم في تخفيف الضغط على الموارد وتحسين إدارتها. يكتسب هذا التوجه أهمية خاصة في ظل التحديات البيئية والاقتصادية التي تواجه البلاد. لذلك، يأتي هذا البحث لتسليط الضوء على واقع الاقتصاد الدائري في مصر، ودوره في الحفاظ على استدامة الموارد، مع التركيز على السياسات والبرامج البيئية المطبقة ومدى فعاليتها في تحقيق هذه الأهداف.

أولاً: ماهية الاقتصاد الدائري: تقدم الوكالة الأوروبية للبيئة (EEA) تعريفًا شاملاً للاقتصاد الدائري، حيث تراه فرصة لتحقيق الرفاهية والنمو الاقتصادي وخلق فرص العمل، مع الحد من

الضغوط البيئية. ويمكن تطبيق مفهوم الاقتصاد الدائري على جميع أنواع الموارد الطبيعية، بما في ذلك المواد الحيوية وغير الحيوية، والمياه، والأراضي. ()

يعرفه صالح زنكي: بأنه نظام تجديدي يهدف إلى الحد من استهلاك الموارد، وبالتالي تعزيز الصيانة والإصلاح وإعادة الاستخدام والتصنيع والتدوير بشكل متكرر، وذلك لاستنفاذ ما يمكن استخدامه من إمكانيات الموارد عن طريق تطبيق التكنولوجيا في إعادة التدوير والاستخدام، بهدف تقليل استنزاف الموارد المستعملة إلى أدنى حد ممكن والاستفادة منها إلى أقصى حد. ()

أما البحث فيعرفه بأنه: النظام الاقتصادي الذي يقوم على عمليات إعادة التدوير وإعادة استخدام المنتجات بهدف زيادة فترة عمرها الافتراضي وتقليل الهدر، ويسعى بشكل مستمر إلى تقليل النفايات، والشكل رقم (1) يوضح عمليات الاقتصاد الدائري.

شكل رقم (1)

عمليات الاقتصاد الدائري

Source: REH, Lothar. Process engineering in circular economy. Particuology, 2013, 11.2: pp119-133.

يوضح شكل رقم (1) عمليات الاقتصاد الدائري، حيث تعد كل من إعادة التدوير وإعادة الاستخدام من العمليات الأساسية والمكونات المهمة في الاقتصاد الدائري، ولكنها تختلف في مفهومها وآليتها. فإعادة التدوير تشمل تحويل السلع أو المواد التي انتهت فائدتها إلى مواد خام

جديدة يمكن استخدامها في عمليات إنتاجية أخرى. في المقابل، تهدف إعادة الاستخدام إلى استعمال المنتجات أو المواد مرة أخرى لنفس الغرض الأصلي، دون الحاجة إلى تحويلها.

1. أهمية الاقتصاد الدائري: يشكل الاقتصاد الدائري نموذجًا مهمًا لتحقيق الاستدامة في إدارة الموارد، حيث يهدف إلى تقليل الهدر وتحسين كفاءة استخدام الموارد. يتجلى دور هذا النموذج في الحد من التأثيرات البيئية السلبية عبر إعادة الاستخدام وإعادة التدوير، مما يقلل من الضغط على الموارد الطبيعية ويحد من التلوث. كما يعزز الاقتصاد الدائري الابتكار ويوفر فرص عمل جديدة، خاصة في قطاعات الصيانة والإصلاح وإعادة التصنيع. إضافة إلى ذلك، يساهم في تقليل الاعتماد على الموارد المستوردة، ما يحقق استقرارًا اقتصاديًا واستقلالية للدول. في النهاية، يمثل الاقتصاد الدائري نهجًا شاملاً يربط بين النمو الاقتصادي وحماية البيئة بشكل متوازن ومستدام. ()

2. أهداف الاقتصاد الدائري: ()

أ. تقليل استخدام الموارد الطبيعية: يهدف إلى الحد من تآكل النظم البيئية من خلال زيادة القيمة باستخدام مواد أقل، مما يحافظ على الموارد الطبيعية ويعزز كفاءة استخدام المواد والمياه والطاقة.

ب. تقليل الانبعاثات: يؤدي إلى خفض حرق النفايات وتقليل خسائر الطاقة والمواد، من خلال استعادة وإعادة تدوير المنتجات والمواد، ومنع النفايات.

ج. زيادة استخدام الموارد المتجددة والقابلة لإعادة التدوير: يساهم في تقليل الانبعاثات عبر استخدام مواد خام أكثر استدامة، وتحقيق دورات مواد أكثر نظافة.

د. زيادة متانة المنتجات: يمتد عمر المنتجات من خلال نماذج أعمال جديدة، مثل خدمات تأجير المنتجات، وتجميع واستخدام المنتجات والمكونات بشكل أكثر كفاءة.

رابعًا: جهود الحكومة المصرية في تطبيق الاقتصاد الدائري

أطلق مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار التابع لمجلس الوزراء مجموعة من الإنفوجرافات والفيديوهات حول "الاقتصاد الدائري". ووفقًا لهذه المواد، يُعد الاقتصاد الدائري جزءًا من أبعاد رؤية مصر 2030، التي تستهدف جمع 80% من النفايات البلدية بكفاءة تصل إلى 90%، وتحديد الحد الأقصى للفقد المائي من معالجة المياه بنسبة 10%. يشمل الاقتصاد الدائري

في مصر 51 مصنعًا لإعادة التدوير و421 محطة لمعالجة مياه الصرف الصحي، مما ساعد مصر على تحسين ترتيبها العالمي في هذا المجال مقارنة بدول أخرى. ()

أوضحت الإنفوجرافات أن الاقتصاد الدائري جزء من رؤية مصر 2030، التي تهدف إلى جمع 80% من النفايات البلدية بكفاءة تصل إلى 90%، وتقليل الفاقد المائي من معالجة المياه إلى 10%. ويضم الاقتصاد الدائري في مصر 51 مصنعًا لإعادة التدوير و421 محطة لمعالجة مياه الصرف الصحي، مما ساعد مصر على تحسين ترتيبها العالمي في هذا المجال مقارنة بالدول الأخرى.

سلطت الفيديوهات على الجهود القومية المصرية لتعزيز الاقتصاد الأزرق، في إطار دعم الاقتصاد الدائري في مصر. تشمل هذه الجهود تشغيل 16 محطة إرشاد بالطاقة المتجددة في منطقة قناة السويس، واستخدام الغاز الطبيعي في معظم المرافق في المنطقة. وتم تدشين أول مصنع في العالم لتحويل المخلفات إلى هيدروجين بالسويس، وتشغيل محطة العين السخنة كأول محطة لإنتاج الهيدروجين الأخضر بقدرة إنتاجية تبلغ 100 ميجاوات. بالإضافة إلى ذلك، تم إنشاء محطة بحر البقر، وهي أكبر محطة معالجة مياه الصرف في العالم بطاقة استيعابية تصل إلى 5.6 مليون متر مكعب يوميًا، ومحطة الحمام لمعالجة مياه الصرف بطاقة استيعابية تبلغ 6.5 مليون متر مكعب يوميًا. () كما يوضح الشكل رقم (2) التالي:

شكل رقم (2)

انفوجراف يوضح قوام الاقتصاد الدائري في مصر في اطار رؤية مصر 2030

المصدر: مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار، مجلس الوزراء المصري. تقرير الاقتصاد الدائري، 2020، إنفوجراف منشور عبر الموقع الإلكتروني باليوتيوب، من خلال الرابط التالي: www.youtube.com/shorts/0iaqZZKYWaw

خامسًا: أبرز التحديات التي تواجه تطبيق الاقتصاد الدائري في مصر ()

من أبرز التحديات التي واجهت تطبيق الاقتصاد الدائري في مصر ما يلي:

1. قلة الوعي وفهم محدود لمفهوم الاقتصاد الدائري، مما يتطلب توعية وتثقيف أوسع.

2. نقص البنية التحتية المتكاملة لإدارة النفايات، مما يؤدي إلى مشاكل في الصرف الصحي والتلوث.

3. ضعف الوعي العام بفوائد الاقتصاد الدائري وطرق تطبيقه.

4. قلة مرافق التدوير الفعالة.

5. هيمنة القطاع غير الرسمي على صناعة إعادة التدوير، مما يساهم في ممارسات غير فعالة.

6. الاعتماد على المواد الخام المستوردة، مما يؤثر على استقلالية الموارد.

7. التحديات البيئية والاجتماعية مثل تلوث الهواء وندرة المياه وارتفاع البطالة.

8. ضعف مشاركة قطاع الأعمال في تبني نماذج أعمال مستدامة.

في ختام هذا المبحث، يتضح أن تطبيق مبادئ الاقتصاد الدائري في مصر يحمل إمكانات كبيرة لتحقيق التنمية المستدامة وتعزيز الفوائد البيئية والاقتصادية. ومع ذلك، فإن التغلب على التحديات الحالية يتطلب تحسين البنية التحتية، زيادة الوعي، وتعزيز مشاركة القطاعين العام والخاص. من خلال مواجهة هذه المعوقات والعمل على تنفيذ استراتيجيات فعالة، يمكن لمصر أن تحقق تقدماً ملحوظاً نحو اقتصاد دائري يساهم في الحفاظ على الموارد وتعزيز الاستدامة.

المبحث الثاني

الوضع المائي في مصر: الواقع والمأمول

المياه تعد من الموارد الحيوية والأساسية في التنمية الاقتصادية والاجتماعية وتحقيق الاستدامة البيئية. وفي مصر، يمثل الوضع المائي تحديًا كبيرًا نظرًا لتزايد الطلب مع النمو السكاني والتغيرات المستمرة. سنستعرض الحالة الراهنة للموارد المائية في مصر، والتحديات في إدارتها، بالإضافة إلى الأهداف والطموحات لتحقيق إدارة مائية مستدامة.

أولا: مصادر واستخدامات المياه في مصر:

- **مصادر المياه:** تختلف الإحصاءات خلال الفترة بين 2007 و 2022 من حيث إمدادات المياه خلال الفترات المختلفة ويظهر ذلك فيما يلي:

استقرار إمدادات نهر النيل عند 55.5 مليار م3 سنويًا بين 2007 و2022، مع زيادة تدريجية في استخدام المياه الجوفية التي بلغت ذروتها عند 10.85 مليار م3 في 2020، قبل أن تنخفض قليلاً في السنوات اللاحقة. كانت إمدادات الأمطار والسيول متقلبة، وتحلية مياه البحر ظلت منخفضة جدًا، دون تجاوز 0.1 مليار م3. من ناحية أخرى، شهدت إعادة تدوير المياه الزراعية والصحية ارتفاعًا كبيرًا، من 5.7 مليار م3 في 2007 إلى 15.36 مليار م3 في 2021. زاد إجمالي الموارد المائية في مصر من 70 مليار م3 في 2007 إلى 86.66 مليار م3 في 2020، مع تراجع بسيط في 2022.

وفيما يلي الجدول رقم (1) التالي حيث يوضح مصادر المياه المتنوعة خلال الفترة 2007 – 2022 لمعرفة إجمالي المياه المتاحة خلال السنوات المختلفة لتحليل الفجوة بين العرض والطلب خلال الفترة المذكورة فيما ما يلي:

جدول رقم (1)

مصادر المياه المتاحة خلال الفترة 2007 - 2022

السنة	نهر النيل	المياه الجوفية	الأمطار والسيول	تحلية مياه البحر	إعادة تدوير مياه الصرف الزراعي	إعادة تدوير مياه الصرف الصحي	إجمالي الموارد المائية
2007	55.5	6.1	1.3	0.06	5.7	1.3	70
2008	55.5	6.2	1.3	0.06	8	1.3	72.4
2009	55.5	6.3	1.1	0.06	9.7	1.1	73.8
2010	55.5	6.3	1.3	0.06	9.5	1.3	74
2011	55.5	6.3	1.3	0.06	9.3	1.3	73.8
2012	55.5	7.5	1.3	0.1	9.2	0.9	74.5
2013	55.5	7.7	0.7	0.1	10.1	1.8	75.9

السنة	نهر النيل	المياه الجوفية	الأمطار والسيول	تحلية مياه البحر	إعادة تدوير مياه الصرف الزراعي	إعادة تدوير مياه الصرف الصحي	إجمالي الموارد المائية
2014	55.5	6.7	0.9	0.1	11.5	1.3	76
2015	55.5	6.9	0.9	0.1	11.7	1.3	76.4
2016	55.5	6.9	0.7	0.1	11.9	1.2	76.3
2017	55.5	6.9	0.8	0.1	11.8	1.3	76.3
2018	55.5	7.5	0.4	0.1	13.5	1.3	78.3
2019	55.5	10.37	1.3	0.38	13.51	4.44	85.50
2020	55.5	10.85	1.3	0.38	13.40	5.23	86.66
2021	55.5	8.83	1.3	0.38	15.36	4.57	85.94
2022	55.5	9.09	1.3	0.38	10.13	5.23	81.63

المصدر: من إعداد الباحث بالرجوع إلى مصادر متعددة: الجهاز المركزي للتعبئة العامة والاحصاء، نشرة إحصاءات المياه النقية والصرف الصحي، أعداد مختلفة، الجهاز المركزي للتعبئة العامة والاحصاء، نشرة الموارد المائية والري، أعداد مختلفة، والجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، الميزان المائي "مصر في أرقام، 2024، ص202، ونادية فتح الله جمعة، وأخرون، "دراسة اقتصادية للوضع المائي في مصر" مجلة الاقتصاد الزراعي والعلوم الزراعية، مصر، 2020، ص 511.

- **استخدامات المياه:** تختلف الإحصاءات خلال الفترة بين 2007 و 2022 من حيث استخدامات المياه خلال الفترات المختلفة ويظهر ذلك في الجدول التالي رقم (2) حيث يوضح استخدامات المياه خلال هذه الفترة فيما يلي:

جدول رقم (2)

استخدامات المياه خلال الفترة 2007 - 2022

السنة	الزراعة	الشرب والاستخدامات الصحية	الفاقد بالتبخر من النيل والترع	الصناعة والملاحة	إجمالي الاستخدامات
2007	59.3	8.9	2.1	1.4	68.9
2008	60.0	9.3	2.1	1.4	70.0
2009	61.0	9.3	2.1	1.5	71.2
2010	61.3	12.2	2.1	1.2	73.0
2011	60.9	12.8	2.0	1.2	73.5
2012	61.3	12.7	2.2	1.2	74.1
2013	62.1	12.7	2.5	1.2	75.4
2014	62.4	12.8	2.5	1.2	75.8
2015	62.4	13.0	2.5	1.2	76.0
2016	62.2	13.6	2.5	1.2	76.3
2017	62.4	13.6	2.2	1.2	76.2
2018	63.6	12.4	2.5	1.3	76.9
2019	61.63	11.53	2.5	5.4	81.06
2020	61.01	11.52	2.5	5.4	81.43
2021	61.78	11.48	2.5	5.52	81.37
2022	61.13	11.48	2.5	5.52	81.63

المصدر: من إعداد الباحث بالرجوع إلى مصادر متعددة: الجهاز المركزي للتعبئة العامة والاحصاء، نشرة إحصاءات المياه النقية والصرف الصحي، أعداد مختلفة، الجهاز المركزي للتعبئة العامة والاحصاء، نشرة الموارد المائية والري، أعداد مختلفة، والجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، الميزان المائي "مصر في أرقام، 2024، ص202، ونادية فتح الله جمعة، وأخرون، "دراسة اقتصادية للوضع المائي في مصر" مجلة الاقتصاد الزراعي والعلوم الزراعية، مصر، 2020، ص 511.

يشير الجدول رقم (2) إلى أن الزراعة هي أكبر مستهلك للمياه في مصر، حيث تراوحت الكميات المستخدمة بين 59.3 مليار م3 في 2007 و63.6 مليار م3 في 2018، مع انخفاض طفيف في السنوات الأخيرة. كما سجلت استخدامات الشرب والخدمات الصحية زيادة ثابتة من

8.9 مليار م3 في 2007 إلى 13.6 مليار م3 في 2016، ثم استقرت حول 11.5 مليار م3. بقي الفاقد بالتبخر مستقرًا بين 2.1 و2.5 مليار م3، بينما زاد استخدام المياه في الصناعة والملاحة من 1.4 مليار م3 في 2007 إلى 5.52 مليار م3 في 2021. إجمالي الاستخدامات ارتفع من 68.9 مليار م3 في 2007 إلى 81.63 مليار م3 في 2022، مما يؤكد الحاجة إلى تحسين إدارة الموارد المائية.

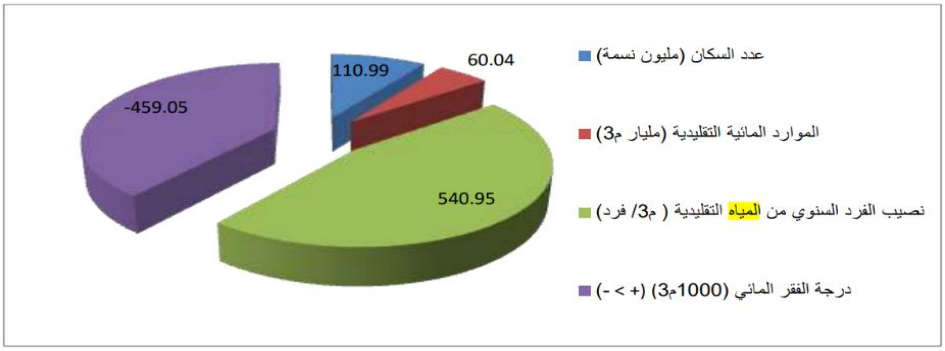
ثانياً: متوسط نصيب الفرد وقياس درجة الفقر المائي في مصر:

1. متوسط نصيب الفرد من المياه المتاحة: [0] في عام 2022، بلغ متوسط نصيب الفرد من المياه المتاحة في مصر 540.95 متر مكعب سنويًا، بناءً على عدد سكان يبلغ 110.99 مليون نسمة وموارد مائية تقليدية قدرها 60.04 مليار متر مكعب. يتم حساب هذا المتوسط بقسمة إجمالي الموارد المائية المتاحة على عدد السكان.

2. متوسط نصيب الفرد من المياه المستهلكة: [0] وفقًا لبيانات البنك الدولي لعام 2022، بلغ متوسط نصيب الفرد من المياه المستهلكة في مصر أقل من 459.05 متر مكعب سنويًا.

3. درجة الفقر المائي في 2023/2022: [0] ولحساب درجة الفقر المائي في ذلك العام، يمكن استخدام معيار الفقر المائي المحدد بـ 1000 متر مكعب سنويًا للفرد، وهو الحد الأدنى المطلوب من المياه النظيفة للشرب والاستخدامات الأخرى وفقًا للهيئات الدولية. [0] والشكل رقم(1) التالي، يوضح درجة الفقر المائي لمصر لسنة 2022.

شكل رقم (1)



درجة الفقر المائي لجمهورية مصر العربية لسنة 2022

المصدر: قاعدة بيانات البنك الدولي، مؤشرات التنمية العالمية، 2022. بالرجوع إلى الرابط: https://data.albankaldawli.org/country/EG

يوضح الشكل رقم (1) درجة الفقر المائي في مصر لعام 2022، حيث يبلغ عدد السكان 110.99 مليون نسمة، وتصل الموارد المائية التقليدية إلى 60.04 مليار متر مكعب، ومتوسط نصيب الفرد السنوي من المياه التقليدية 540.95 متر مكعب. وهذا يضع مصر تحت خط الفقر المائي.

ثانياً: تحليل فجوة (العرض والطلب) على المياه في مصر:

حساب الفجوة بين العرض والطلب: لإيجاد الفجوة بين الموارد المائية المتاحة والاستخدامات في مصر، يمكن مقارنة إجمالي الموارد المائية مع إجمالي الاستخدامات على مدار السنوات من 2007 إلى 2022.

الفجوة = إجمالي الموارد المائية - إجمالي الاستخدامات

والجدول رقم (3) التالي يوضح حساب الفجوة بين العرض والطلب على المياه خلال الفترة 2007 - 2022 كما يلي:

جدول رقم (3)

حساب الفجوة بين العرض والطلب على المياه خلال الفترة 2007 - 2022

السنة	إجمالي الموارد المائية (مليار متر مكعب)	إجمالي الاستخدامات (مليار متر مكعب)	الفجوة (مليار متر مكعب)
2007	70	68.9	1.1
2008	72.4	70	2.4
2009	73.8	71.2	2.6

2010	74	73	1
2011	73.8	73.5	0.3
2012	74.5	74.1	0.4
2013	75.9	75.4	0.5
2014	76	75.8	0.2
2015	76.4	76	0.4
2016	76.3	76.3	0
2017	76.3	76.2	0.1
2018	78.3	76.9	1.4
2019	85.5	81.06	4.44
2020	86.66	81.43	5.23
2021	85.94	81.37	4.57
2022	81.63	81.63	0

المصدر: من إعداد الباحث بالرجوع إلى مصادر متعددة: الجهاز المركزي للتعبئة العامة والاحصاء، نشرة إحصاءات المياه النقية والصرف الصحي، أعداد مختلفة، الجهاز المركزي للتعبئة العامة والاحصاء، نشرة الموارد المائية والري، أعداد مختلفة، والجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، الميزان المائي "مصر في أرقام، 2024، ص202، ونادية فتح الله جمعة، وأخرون، "دراسة اقتصادية للوضع المائي في مصر" مجلة الاقتصاد الزراعي والعلوم الزراعية، مصر، 2020، ص 511.

يشير الجدول رقم (3) إلى وجود فائض في الموارد المائية بين 2007 و2012، حيث كانت الفجوة إيجابية بين العرض والطلب. مع مرور الوقت، بدأت الفجوة تضيق بدءًا من 2011، بسبب زيادة الاستخدامات الناتجة عن النمو السكاني والاقتصادي. في عامي 2019 و2020، تم تسجيل أكبر فائض، مما قد يعكس تحسن إدارة الموارد أو زيادة من مشاريع التحلية وإعادة التدوير. بحلول عام 2022، وصلت الفجوة إلى التوازن، مما يستدعي اتخاذ إجراءات فورية لتجنب أي نقص مستقبلي. بشكل عام، تحتاج مصر إلى تحسين إدارة المياه وزيادة تنويع المصادر لمواجهة الطلب المتزايد.

ثالثاً: مؤشرات الإجهاد المائي في مصر

1. انخفاض نصيب الفرد من الموارد المائية النيلية: تراجع نصيب الفرد من الموارد المائية النيلية من 786 متر مكعب في عام 2005 إلى 540.95 متر مكعب في عام 2022، مسجلاً انخفاضًا بنسبة 31.18%. ويعود هذا الانخفاض إلى النمو السكاني المتزايد. ()

2. زيادة الطلب على المياه للقطاعات المُستَهلِكة: يسبب النمو السكاني زيادة في الطلب على المنتجات الغذائية، مما يستدعي توسيع المساحات الزراعية واستخدام كميات أكبر من المياه للري. كما يترافق هذا مع زيادة الطلب على المياه في القطاعات المنزلية والصناعية. ()

3. انخفاض إمدادات المياه المتاحة للقطاعات المستهلكة: من المتوقع أن يؤدي ملء خزان سد النهضة الإثيوبي إلى انخفاض كبير في إمدادات المياه في مصر، يصل إلى نحو 2.63 مليار متر مكعب للقطاع المنزلي و1.24 مليار متر مكعب للقطاع الصناعي، إذا تم الملء خلال 3 سنوات فقط. ()

4. تراجع نصيب الفرد من المياه للاستخدامات المنزلية: وفقًا لإحصائيات 2022، سينخفض متوسط نصيب الفرد السنوي من مياه الشرب والاستهلاك المنزلي من 115.3 متر مكعب إلى حوالي 89 متر مكعب إذا تم ملء سد النهضة خلال 3 سنوات، مع افتراض ثبات عدد السكان.

5. ارتفاع تكاليف توفير مصادر مياه بديلة: قد تضطر مصر إلى تخصيص موارد مالية إضافية لتوفير مصادر مياه بديلة لتعويض نقص الإمدادات، مما سيزيد من الأعباء الاقتصادية على الدولة.

تشير هذه المؤشرات إلى الحاجة الملحة لاستراتيجيات فعالة ومستدامة لتنمية الموارد المائية، بما في ذلك تطبيق الاقتصاد الدائري وتقنيات إعادة التدوير لضمان الأمن المائي المستقبلي، ويوضح جدول رقم (4) تحليل مؤشرات الإجهاد المائي في مصر:

ملاحظات: (كيفية حساب مؤشرات الإجهاد للسنوات المختلفة):

- نسبة الاستخدام إلى الموارد = (إجمالي الاستخدامات / إجمالي الموارد المائية) × 100
- العجز/الفائض = إجمالي الموارد المائية - إجمالي الاستخدامات
- نسبة العجز/الفائض = (العجز أو الفائض / إجمالي الموارد المائية) × 100

●القيم السالبة في العجز/الفائض تشير إلى عجز، بينما القيم الموجبة تشير إلى فائض.

جدول رقم (4)

تحليل مؤشرات الاجهاد المائي في مصر خلال الفترة (2007 م- 2023 م)

السنة	إجمالي الموارد المائية (مليار م3)	إجمالي الاستخداما ت (مليار م3)	نسبة الاستخدام إلى الموارد (%)	العجز/الفائض (مليار م3)	نسبة العجز/الفائض (%)
2007	70	68.9	%98.43	1.1	%1.57
2008	72.4	70	%96.69	2.4	%3.31
2009	73.8	71.2	%96.48	2.6	%3.52
2010	74	73	%98.65	1	%1.35
2011	73.8	73.5	%99.59	0.3	%0.41
2012	74.5	74.1	%99.46	0.4	%0.54
2013	75.9	75.4	%99.34	0.5	%0.66
2014	76	75.8	%99.74	0.2	%0.26
2015	76.4	76	%99.48	0.4	%0.52
2016	76.3	76.3	100.00 %	0	%0.00
2017	76.3	76.2	%99.87	0.1	%0.13
2018	78.3	76.9	%98.21	1.4	%1.79
2019	80.25	81.03	100.97 %	0.78-	%0.97-
2020	80.28	81.03	100.93 %	0.75-	%0.93-
2021	85.94	81.37	%94.68	4.57	%5.32
2022	81.63	81.37	%99.68	0.26	%0.32

المصدر: من إعداد الباحث بالرجوع إلى مصادر متعددة: الجهاز المركزي للتعبئة العامة والاحصاء، نشرة إحصاءات المياه النقية والصرف الصحي، أعداد مختلفة، الجهاز المركزي للتعبئة العامة والاحصاء، نشرة الموارد المائية والري، أعداد مختلفة، والجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، الميزان المائي "مصر في أرقام، 2024، ص202، ونادية فتح الله جمعة، وأخرون، "دراسة اقتصادية للوضع المائي في مصر" مجلة الاقتصاد الزراعي والعلوم الزراعية، مصر، 2020، ص 511.

تشير مؤشرات الإجهاد المائي في مصر إلى أن نسبة استخدام الموارد المائية تتراوح بين 94.68% و100.97%، مما يعكس ضغطًا كبيرًا على هذه الموارد، مع تجاوز الاستخدام للموارد المتاحة في بعض السنوات مثل 2019 و2020. بينما شهدت معظم السنوات فائضًا صغيرًا في الموارد، إلا أن هذا الفائض بدأ في التناقص، حيث تم تسجيل عجز في عامي 2019 و2020. ورغم أن عام 2021 شهد فائضًا كبيرًا بلغ 4.57 مليار م3، إلا أنه انخفض في 2022. الاتجاه العام يظهر زيادة تدريجية في كل من الموارد والاستخدامات المائية، ما أدى إلى تضييق الفجوة بينهما وزيادة الضغط على الموارد. هناك نقاط حرجة مثل عام 2016 الذي شهد توازنًا تامًا بين الموارد والاستخدامات، بينما سجلت فترة 2019-2020 عجزًا مائيًا. تشير هذه المؤشرات إلى ضرورة تبني إدارة مستدامة للمياه وتطوير مصادر جديدة لتلبية الطلب المتزايد.

سابعًا: المأمول في ملف المياه في مصر ودور الحكومة المصرية والتشريعات السياسية في الحد من أزمة المياه: في إطار مواجهة أزمة المياه المتفاقمة في مصر، يجب أن تتمكن الحكومة المصرية من تحقيق تحول جذري في إدارة ملف المياه عبر تطبيق سياسات جديدة وإصلاحات شاملة. على الرغم من الجهود المبذولة، فإن التحديات ما زالت قائمة بسبب غياب التشريع الفعّال والبيئة القانونية اللازمة، فضلاً عن نقص التنسيق المؤسسي وضعف إشراك أصحاب المصلحة. كما تفتقر السياسات الحالية إلى التفاعل والتكامل المطلوب مع دول حوض النيل، مما يزيد من تعقيد الأزمة.

مما سبق يتضح أنه، من أجل تحقيق تقدم ملموس، يجب على الحكومة تصميم وتنفيذ سياسات توازن بين تلبية الاحتياجات المتزايدة والترشيد الفعّال للموارد المائية. يتطلب ذلك إصلاح البيئة القانونية، وتعزيز التنسيق الداخلي والخارجي، ونشر الوعي المجتمعي حول أهمية المياه. بالإضافة إلى ذلك، يجب أن تركز الاستراتيجيات على تطبيق مبادئ الاقتصاد الدائري، مثل تحسين إعادة استخدام المياه والصرف الصحي المعالج، وتحسين كفاءة استخدام الموارد.

المبحث الثالث

دور الاقتصاد الدائري في الحد من أزمة المياه العذبة في مصر من 2000 إلى 2024

الاقتصاد الدائري يقدم حلاً واعدًا لأزمة المياه، حيث تواجه العديد من الدول ندرة متزايدة وارتفاعًا في الطلب على المياه، مما يهدد الأمن المائي والتنمية المستدامة. تعتمد استراتيجيات الاقتصاد الدائري على إعادة استخدام المياه وإغلاق الدورة، مما يعزز تبني مصادر بديلة للمياه ويخلق توافقات بين القطاعات المختلفة للتعامل مع التحديات المائية. يتضمن ذلك، [0] معالجة الصرف الزراعي وإعادة استخدام المياه الناتجة عنه، وكذلك إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة، والمياه المعالجة من الصرف الصناعي.

أولا: تحليل تأثير نموذج الاقتصاد الدائري على تنمية الموارد المائية في مصر

1. نموذج الاقتصاد الدائري وتأثيره على تقليل الفاقد المائي:

نموذج الاقتصاد الدائري، ساهم في تقليل الفاقد والحد من استنزاف الموارد المائية في مصر خلال الفترة 2000-2022، حيث استطاعت مصر تحقيق تقدم ملحوظ في تعزيز تنمية مواردها المائية، والجدول رقم (5) التالي يوضح مساهمة الاقتصاد الدائري بنسبة كبيرة في إجمالي الموارد المائية من خلال إعادة تدوير مياه الصرف الزراعي والصرف الصحي خلال الفترة 2007-2022:

جدول رقم (5)

مساهمات الاقتصاد الدائري في إجمالي الموارد المائية خلال الفترة 2007 -2022

السنة	إعادة تدوير مياه الصرف الزراعي	إعادة تدوير مياه الصرف الصحي	إجمالي إعادة التدوير (مليار م3)	إجمالي الموارد المائية المتاحة (مليار م3)	النسبة المئوية لإجمالي إعادة التدوير من إجمالي الموارد المائية المتاحة
2007	5.7	1.3	7	70	%10.00
2008	8	1.3	9.3	72.4	%12.85
2009	9.7	1.1	10.8	73.8	%14.63
2010	9.5	1.3	10.8	74	%14.59
2011	9.3	1.3	10.6	73.8	%14.36
2012	9.2	0.9	10.1	74.5	%13.56
2013	10.1	1.8	11.9	75.9	%15.68
2014	11.5	1.3	12.8	76	%16.84
2015	11.7	1.3	13	76.4	%17.02
2016	11.9	1.2	13.1	76.3	%17.17
2017	11.8	1.3	13.1	76.3	%17.17
2018	13.5	1.3	14.8	78.3	%18.90
2019	13.51	4.44	17.95	85.50	%20.99
2020	13.40	5.23	18.63	86.66	%21.50
2021	15.36	4.57	19.93	85.94	%23.19
2022	10.13	5.23	15.36	81.63	%18.82

المصدر: من إعداد الباحث بالرجوع إلى مصادر متعددة: الجهاز المركزي للتعبئة العامة والاحصاء، نشرة إحصاءات المياه النقية والصرف الصحي، أعداد مختلفة، الجهاز المركزي للتعبئة العامة والاحصاء، نشرة الموارد المائية والري، أعداد مختلفة، والجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، الميزان المائي "مصر في أرقام، 2024، ص202، ونادية فتح الله جمعة، وأخرون، "دراسة اقتصادية للوضع المائي في مصر" مجلة الاقتصاد الزراعي والعلوم الزراعية، مصر، 2020، ص 511.

يشير الجدول رقم (5) إلى تطور إعادة تدوير مياه الصرف الزراعي والصحي في مصر بين 2007 و2022. في عام 2007، تم إعادة تدوير 7 مليارات م^3 (10% من الموارد المائية)، وارتفع

إجمالي إعادة التدوير إلى 18.63 مليار م³ في 2020 (21.5%). بحلول 2021، بلغت النسبة 23.19% مع 19.93 مليار م³ من المياه المعاد تدويرها. لكن في 2022، انخفض إجمالي إعادة التدوير إلى 15.36 مليار م³ (18.82%)، مما يعكس تحديات تتطلب جهودًا إضافية لتعزيز تنمية الموارد المائية وتحسين الاستدامة.

من خلال تطبيق نموذج الاقتصاد الدائري في تنمية الموارد المائية، تمكنت مصر من تقليل الفاقد بشكل كبير في القطاعات الزراعية، الصناعية، والمنزلية. إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي والصحي والمعالجة الصناعية أسهم في تحسين كفاءة استخدام المياه، وتوفير كميات هائلة من المياه التي كانت تُهدر في الماضي، مما يدعم الاستدامة المائية ويعزز قدرة مصر على مواجهة التحديات المستقبلية المتعلقة بنقص المياه.

2. المخاطر التي كانت ستواجهها مصر في ظل عدم اتباع نموذج الاقتصاد الدائري و اتباع نموذج الاقتصاد الخطي خلال فترة الدراسة:

في ظل عدم اتباع نموذج الاقتصاد الدائري واستمرار الاعتماد على نموذج الاقتصاد الخطي خلال فترة الدراسة المذكورة، كانت مصر ستواجه مجموعة من الخسائر الكبيرة كالعجز المائي ومن ثم خسائر اقتصادية كبيرة، والجدول رقم (6) التالي يوضح تقدير حجم العجز المائي المحتمل لتقدير حجم الخسائر الاقتصادية في حالة الاعتماد على النموذج الخطي فقط، خلال الفترة 2007-2022:

- العجز المائي المحتمل يتم حسابه من خلال:

العجز المائي المحتمل =

إجمالي الموارد المائية -إجمالي إعادة التدوير - إجمالي الاستخدامات

- القيم السالبة: تشير إلى أن إجمالي إعادة التدوير لم يكن كافياً لتلبية الاستخدامات.

النسبة المئوية للعجز: تشير إلى النسبة من إجمالي الموارد المائية المتاحة.

جدول رقم (6)

يوضح العجز المائي المحتمل في حالة الاعتماد على النموذج الخطي فقط

خلال الفترة 2007-2022

السنة	إجمالي الموارد المائية (مليار م³)	إجمالي الاستخدامات (مليار م³)	إجمالي إعادة التدوير (مليار م³)	العجز المائي المحتمل (مليار م³)	النسبة المئوية للعجز من إجمالي الموارد المائية المتاحة
2007	70	68.9	7	5.9-	%8.43-
2008	72.4	70	9.3	1.1-	%1.52-
2009	73.8	71.2	10.8	3.8-	%5.15-
2010	74	73	10.8	8-	%10.81-
2011	73.8	73.5	10.6	3.7-	%5.02-
2012	74.5	74.1	10.1	0.5-	%0.67-
2013	75.9	75.4	11.9	1.6	%2.11
2014	76	75.8	12.8	0.4	%0.53
2015	76.4	76	13	0.4	%0.53
2016	76.3	76.3	13.1	0.1	%0.13
2017	76.3	76.2	13.1	0	%0.00
2018	78.3	76.9	14.8	0.6	%0.77
2019	85.5	81.03	17.95	1.58-	%1.85-
2020	86.66	81.03	18.63	1-	%1.15-
2021	85.94	81.37	19.93	0.38-	%0.44-
2022	81.63	81.37	15.36	15.08-	%18.44-

المصدر: من إعداد الباحث بالرجوع إلى مصادر متعددة: الجهاز المركزي للتعبئة العامة والاحصاء، نشرة إحصاءات المياه النقية والصرف الصحي، أعداد مختلفة، الجهاز المركزي للتعبئة العامة والاحصاء، نشرة الموارد المائية والري، أعداد مختلفة، والجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، الميزان المائي "مصر في أرقام، 2024، ص202، ونادية فتح الله جمعة، وأخرون، "دراسة اقتصادية للوضع المائي في مصر" مجلة الاقتصاد الزراعي والعلوم الزراعية، مصر، 2020، ص 511.

يشير جدول رقم (6) السابق، العجز المائي المحتمل في حالة الاعتماد على النموذج الخطي فقط، وعدم استخدام نموذج الاقتصاد الدائري، ويلاحظ ما يلي:

تظهر الأرقام المحتملة في حالة عدم تطبيق الاقتصاد الدائري، أن مصر كانت ستواجه عجزًا مائيًا كبيرًا كل عام، مما يبرز أهمية تبني نموذج الاقتصاد الدائري في تنمية الموارد المائية.

في عام 2007، كان العجز المائي المتوقع في مصر 5.9 مليار م^3، ما كان سيؤثر سلبًا على الزراعة والصناعة. في الأعوام التالية، تراوحت العجوزات بين 0.5 و8 مليار م^3، مما كان سيؤدي إلى تفاقم الأزمات المائية والتأثير السلبي على الإنتاجية الزراعية والأمن الغذائي. رغم وجود فائض بسيط في بعض السنوات مثل 2013 و2015، فإن الاعتماد على الاقتصاد الخطي كان سيحول دون الاستفادة الكاملة من هذه الفرص. بحلول 2022، وصل العجز إلى 15.08 مليار م^3، ما كان سيزيد من المخاطر البيئية والاقتصادية والاجتماعية.

تظهر هذه السيناريوهات بوضوح أن اعتماد نموذج الاقتصاد الخطي كان سيؤدي إلى عواقب وخيمة على مصر، بما في ذلك تفاقم العجز المائي والمخاطر الاقتصادية.

ثانياً: تحليل سوات لتفعيل دور الاقتصاد الدائري كحل لأزمة المياه في مصر

تحليل سوات هو أداة فعالة لتقييم العوامل المؤثرة على تطبيق الاقتصاد الدائري لمعالجة أزمة المياه في مصر، مما يساعد في وضع استراتيجيات ملائمة لتحقيق أهداف الاستدامة المائية، يوضح الجدول رقم (7) تحليل سوات لتفعيل الاقتصاد الدائري كحل لأزمة المياه في مصر.

جدول رقم (7) تحليل سوات لتفعيل دور الاقتصاد الدائري كحل لأزمة المياه في مصر

أولاً: نقاط القوة والضعف

نقاط القوة	نقاط الضعف
- استخدام الموارد بكفاءة، وتقليل الفاقد من خلال إعادة التدوير وإعادة الاستخدام.	- التكلفة الأولية العالية لتنفيذ مبادرات الاقتصاد الدائري.
- حماية البيئة وتحقيق الاستدامة من خلال تحسين كفاءة استخدام الموارد.	- نقص الوعي والفهم بمبادئ الاقتصاد الدائري بين الجمهور وصناع القرار.

- دعم الابتكار في إدارة الموارد المائية من خلال تطبيق تقنيات جديدة.	- القيود التشريعية التي قد تعيق تطبيق مبادرات الاقتصاد الدائري.
- خلق فرص عمل جديدة وتعزيز النمو الاقتصادي المحلي.	- محدودية التكنولوجيا المتاحة حالياً لدعم تطبيق الاقتصاد الدائري بشكل كامل.

ثانيًا: الفرص والتهديدات

الفرص	التهديدات
- التعاون الدولي للحصول على الدعم الفني والمالي.	- التغيرات المناخية التي قد تؤثر على إدارة الموارد المائية وتزيد من صعوبة التنفيذ.
- التقدم التكنولوجي الذي يتيح تطوير حلول جديدة لتحسين كفاءة استخدام المياه.	- مقاومة التغيير من قبل بعض الجهات التي تفضل الأساليب التقليدية.
- زيادة الوعي العام وفهم قوائد الاقتصاد الدائري من خلال حملات توعية وتعليم.	التحديات الاقتصادية التي قد تؤثر على القدرة على الاستثمار في مبادرات الاقتصاد الدائري.
- دعم السياسات الحكومية وتطوير تشريعات ملائمة التطبيق الاقتصاد الدائري.	- التغيرات السياسية وعدم الاستقرار التي قد تؤثر على استمرارية المبادرات

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على ما تم تناوله

رابعاً: التحديات التي تواجه تطبيق الاقتصاد الدائري على المجال المائي:

يواجه تطبيق الاقتصاد الدائري في مجال تنمية الموارد المائية بعض التحديات، من أبرزها:

1. ارتفاع التكاليف الاستثمارية لمشاريع إعادة تدوير المياه، والبنية التحتية والتقنيات الحديثة.()

2. قلة الوعي المجتمعي بفوائد الاقتصاد الدائري على الموارد المائية تؤدي إلى عدم تقدير هذه المبادرات وعدم المشاركة فيها بفعالية.

3. غياب التشريعات والسياسات الداعمة للاقتصاد الدائري يحد من الدعم والتمويل اللازمين لتطبيقه.

4. محدودية البنية التحتية لإعادة تدوير المياه وتوزيعها تتطلب شبكات أنابيب نقل متطورة.()

5. مقاومة التغيير من بعض الجهات المعنية في مجال تنمية الموارد المائية، بسبب اعتقادهم بأن الاقتصاد الدائري يهدد مصالحهم أو يتعارض مع الممارسات التقليدية.[0]

إن تحديات تطبيق مبادئ الاقتصاد الدائري في قطاع المياه يمكن التغلب عليها بتضافر الجهود وتعزيز الوعي ووضع السياسات المناسبة. من خلال التعاون بين الحكومة والقطاع الخاص والمجتمع المدني، يمكن تحسين استهلاك المياه، الحد من التلوث، وزيادة إعادة استخدامها، مما يساهم في بناء مستقبل مستدام للموارد المائية.

الخاتمة والنتائج والتوصيات

تركز المرحلة الحالية على النتائج والتوصيات المتعلقة بدور الاقتصاد الدائري في مواجهة أزمة المياه في مصر من 2000 إلى 2024. تقدم النتائج رؤية حول الوضع الحالي والتحديات والفرص، بينما تتضمن التوصيات تحسين كفاءة استخدام المياه وتعزيز التعاون لضمان استدامتها للأجيال القادمة،

وقد تم التوصل إلى تحقيق فرضية الدراسة، والتي تنص على: " يمكن للاقتصاد الدائري أن يلعب دورًا جوهريًا في التخفيف من حدة أزمة المياه في مصر وتعزيز الاستدامة المائية "

- وتم إثبات صحة الفرضية من خلال النتائج التالية:

1. أظهرت الدراسة أن تطبيق مبادئ الاقتصاد الدائري في إدارة الموارد المائية يعزز كفاءة استخدام المياه ويقلل الهدر، مما يخفف الضغط على المصادر التقليدية.

2. كشفت النتائج عن إمكانية إعادة استخدام كميات كبيرة من مياه الصرف المعالجة، حيث يمكن إعادة استخدام ما متوسطه 10.13 مليار متر مكعب سنويًا من مياه الصرف الزراعي المعالجة و5.23 مليار متر مكعب سنويًا من مياه الصرف الصحي المعالجة، بما يعادل في مجموعهما ما يقرب من 18% من إجمالي الموارد والاستخدامات المائية في مصر وهو ما يؤكد وجود أزمة في المياه مع ضرورة تبني نموذج الاقتصاد الدائري في الحل من تلك الأزمة.

3. أثبتت الدراسة فعالية المشروعات الكبرى لمعالجة المياه، مثل محطة معالجة مياه مصرف بحر البقر ومحطة الجبل الأصفر، في توفير مصادر مياه بديلة وتعزيز الأمن المائي.

4. بينت النتائج أن تطبيق الاقتصاد الدائري يحسن جودة المياه ويقلل التلوث، مما يعزز استدامة الموارد المائية على المدى الطويل.

5. أكدت الدراسة الآثار الإيجابية للاقتصاد الدائري في تحسين الأمن الغذائي من خلال توفير مياه الري للزراعة، وتعزيز التنمية الاقتصادية عبر خلق فرص استثمارية جديدة في مجال تنمية المياه.

وبناءً على هذه النتائج، يُعتبر الاقتصاد الدائري نهجًا فعالًا وواعدًا في مواجهة تحديات ندرة المياه في مصر، مع تحقيق فوائد اقتصادية وبيئية واجتماعية متعددة.

وبناءً على هذه النتائج، تم توجيه التوصيات التالية:

1. تعزيز التعاون والشراكات بين الحكومة والقطاع الخاص والمجتمع المدني والمؤسسات الأكاديمية والبحثية لتنسيق الجهود وتبادل الخبرات والموارد بشكل أفضل في تنفيذ مبادرات الاقتصاد الدائري في قطاع المياه وجذب الاستثمارات اللازمة.

2. تطوير وتنفيذ برامج توعية وتثقيف مجتمعية مستمرة حول أهمية ترشيد استهلاك المياه والحفاظ على الموارد المائية، مع التركيز على جميع شرائح المجتمع، بما في ذلك المدارس والجامعات، وتوعية العاملين في القطاعات الزراعية والصناعية بشكل خاص.

3. زيادة الاستثمار في البحث العلمي والتطوير التكنولوجي المتعلقين بتنمية الموارد المائية وتطبيق الاقتصاد الدائري، بهدف تطوير حلول وتقنيات جديدة لمعالجة المياه وزيادة كفاءتها وتحسين عمليات إعادة التدوير وإعادة الاستخدام.

4. تعزيز الشراكات الدولية في مجال تنمية الموارد المائية والاقتصاد الدائري لتبادل الخبرات والتكنولوجيا والممارسات الفضلى مع الدول الأخرى، وجذب التمويل والاستثمارات اللازمة لتطوير البنية التحتية وتنفيذ مشروعات المياه.

5. تشجيع السياسات والتشريعات الحكومية الداعمة للاستدامة في استخدام الموارد المائية وتعزيز التحول نحو الاقتصاد الدائري، بما في ذلك تحديث التشريعات وإصدار قوانين جديدة تنظم استخدام المياه وتدعم الممارسات المستدامة مثل إعادة التدوير، مع توفير الحوافز والدعم للمشروعات والاستثمارات في هذا المجال.

بتنفيذ التوصيات بشكل شامل وتعاون جميع الأطراف يمكن أن يساعد مصر في مواجهة أزمة المياه من خلال تطبيق مبادئ الاقتصاد الدائري وتحسين إدارة الموارد المائية بشكل مستدام. تحقيق الاستدامة في تنمية الموارد المائية يتطلب التنسيق الفعال والابتكار والبحث العلمي.

المراجع العربية

1. الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، "**مصر في أرقام**"، 2024.
2. جعفر سعدي، وأخرون. "**إدارة سلسلة التوريد الخضراء كمدخل لتفعيل الاقتصاد الدائري - دراسة حالة شركة دولفين للطاقة**"، مجلة الدراسات المالية والمحاسبية، العدد الثامن، 2019.
3. رحاب الإسلام وأخرون، "**متطلبات تفعيل الاقتصاد الدائري لتحقيق تنمية بيئية مستدامة**"، مجلة أبحاث اقتصادية معاصرة، 2021، مجلد 4، عدد 1.
4. سامح فرج عوض، "**دراسة المؤشرات والعوائد الاقتصادية لوحدة المياه لأهم المحاصيل الإستراتيجية المصرية**"، المجلة الدولية للأبحاث العلمية والتنمية المستدامة، مجلد 7، عدد 1، 2023.
5. سوزي عدلي ناشد، "**استدامة الموارد الطبيعية من خلال الاقتصاد الدائري**"، مجلة الدراسات القانونية والاقتصادية، 2023، مجلد 9، العدد 1.
6. صالح الزنكي، وأخرون، "**الاقتصاد الدائري من منظور إسلامي**"، دراسة مقدمة إلى المجلة العالمية للدراسات الفقهية والأصولية، قطر، 2021.
7. علاء مصطفى عبد المقصود أبو عجيلة، "**العوائد الاقتصادية لتطبيق الاقتصاد الدائري في مصر: دراسة تنظيرية وتطبيقية**"، مجلة الدراسات والبحوث التجارية، كلية التجارة، جامعة بنها، العدد الرابع، مصر، 2021.
8. غسان الكحلوت، "**ملف المياه في مصر**"، مجلة سياسات عربية 2022م.
9. محمد محمد الماحي، وأخرون، "**الآثار الاقتصادية لسد النهضة الإثيوبي على الميزان المائي المصري والقطاعات المستهلكة للمياه**"، مؤتمر الجزائر 2021م.
10. مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار، مجلس الوزراء المصري، "**تقرير الاقتصاد الدائري**"، 2020.
11. **مصر وقضية المياه**، الهيئة العامة للاستعلامات، 2022.

12. نصر رمضان سعد الله الحربي، "**أزمة النهضة الإثيوبية والآثاريات البحرية المصرية (المسؤولية المدنية الكبيرة على بنائه – سبل التكيف)**"، مجلة الدراسات والأبحاث البيئية، 2021، المجلد 11، العدد 1.

13. نصر القزاز، وأخرون، "**إمكانيات ترشيد الموارد الإروائية في مصر**"، مجلة الأزهر للبحوث الزراعية، 46.1: 2021.

14. وزارة الموارد المائية والري، "**إستراتيجية تنمية وإدارة الموارد المائية حتى عام 2050**"، مصر، 2016.

15. وزارة الموارد المائية والري، جمهورية مصر العربية، 2024، بالرجوع إلى الرابط التالي:
https://www.mwri.gov.eg/?page_id=21991.

16. الموقع الرسمي لرئاسة الجمهورية:
https://www.presidency.eg/ar/%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%B4%D8%A7%D8%B1%D9%8A%D8%B9-%D8%A7%D9%84%D9%82%D9%88%D9%85%D9%8A%D8%A9/%D9%85%D8%AD%D8%B7%D8%A9-%D9%85%D8%B9%D8%A7%D9%84%D8%AC%D8%A9-%D9%85%D9%8A%D8%A7%D9%87-%D9%85%D8%B5%D8%B1%D9%81-%D8%A8%D8%AD%D8%B1-%D8%A7%D9%84%D8%A8%D9%82%D8%B1.

المراجع الأجنبية

1. AHMED, Menatalla, et al. "**Recent developments in hazardous pollutants removal from wastewater and water reuse within a circular economy**". NPJ Clean Water, 2022.

2. BADRUZZAMAN, Mohammad, et al. "**Selection of pretreatment technologies for seawater reverse osmosis plants: A review**". Desalination, 2019.

3. GIAKOUMIS, Theodoros; VAGHELA, Chetna; VOULVOULIS, Nikolaos. "**The role of water reuse in the circular economy**". In: Advances in Chemical Pollution, Environmental Management and Protection. Elsevier, 2020.

4. GEZA, Mengistu, et al. iDST: "**An integrated decision support tool for treatment and beneficial use of non-traditional water supplies–Part** I". Methodology. Journal of Water Process Engineering, 2018.

5. GITELMAN, Lazar, et al. "**Rational behavior of an enterprise in the energy market in a circular economy**". Resources, 2019.

6. HAMDY, Atef, et al. "**Coping with water scarcity in the Mediterranean: what, why and how**". CIHEAM. Mediterranean Agronomic Institute. Bari. Italy, 2005.

7. HASAN, An "**Economic Study of the Impact of Surface Irrigation Developed on the Maize Production in Dakahlia Governorate**". Journal of the Advances in Agricultural Researches, 2022.

8. ISTIYANI, Ambar; WIJAYANTO, Dwi." **The Role of Social Capital in the Circular Economy of Water Management: A Case Study**". Jurnal Mimbar: Sosial dan Pembangunan, 2022.

9. JURY, William A.; VAUX JR, Henry J. "**The emerging global water crisis: managing scarcity and conflict between water users**". Advances in agronomy, 2007.

10. KAZANCOGLU, Ipek, et al. "**Circular economy and the policy: A framework for improving the corporate environmental management in supply chains**". Business Strategy and the Environment, 2021.

11. MAC MAHON, Joanne; GILL, Laurence W. "**Sustainability of novel water treatment technologies in developing countries: Lessons learned from research trials on a pilot continuous flow solar water disinfection system in rural Kenya**". Development Engineering, 2018.

12. MAILA, D., et al. "**Towards the development of economic policy instruments for sustainable management of water resources**". Water Research, 2018.

13. MANNINA, Giorgio, et al. "**Enhancing a transition to a circular economy in the water sector: the EU project wider uptake**". Water, 2021.

14. MAZUR-WIERZBICKA, Ewa. "**Circular economy: advancement of European Union countries"**. Environmental Sciences Europe, 2021.

15. MIHAI, Florin-Constantin; MINEA, Ionut; ULMAN, Simona-Roxana. "**Water resources preservation through circular economy: The case of Romania**". In: Water management and circular economy. Elsevier, 2023.

16. PATON, Fiona L.; DANDY, Graeme C.; MAIER, Holger R. **Integrated framework for assessing urban water supply security of systems with non-traditional sources under climate change**. Environmental Modelling & Software, 2014.

17. POSTEL, Sandra L. "**Water and world population growth**". Journal-American Water Works Association, 2000.

18. QUON, Hunter; JIANG, Sunny. "**Decision making for implementing non-traditional water sources: a review of challenges and potential solutions**". npj Clean Water, 2023.

19. REZK, Mohamed Ramadan A., et al. "**Circular economy in Egypt: An overview of the current landscape and potential for growth**". Insights Into Regional Development, 2023.

20. ROSEGRANT, Mark W.; RINGLER, Claudia; ZHU, Tingju. "**Water for agriculture: maintaining food security under growing scarcity**". Annual review of Environment and resources, 2009.

21. SCHROEDER, Patrick; ANGGRAENI, Kartika; WEBER, Uwe. "**The relevance of circular economy practices to the sustainable development goals**". Journal of Industrial Ecology, 2019.

22. SOO, Allan; KIM, Jungbin; SHON, Ho Kyong. "**Technologies for the wastewater circular economy–a review"**. Desalination and Water Treatment, 2024.

23. SU, Biwei, et al. "**A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation**". Journal of cleaner production, 2013.

24. TIWARI, Ankit Kumar, et al. "**Sustainable water management in agriculture: irrigation techniques and water conservation**". Ajay B. Jadhao, 2023.

25. United Nations Economist Network. "**NEW ECONOMICS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, CIRCULAR ECONOMY**", 2024.

26. VOROSMARTY, Charles J., et al. "**Global water resources: vulnerability from climate change and population growth**". Science, 2000.

27. VOULVOULIS, Nikolaos." **Water reuse from a circular economy perspective and potential risks from an unregulated approach**". Current Opinion in Environmental Science & Health, 2018.

28. VUJI**Circular Economy as an Instrument** " .ČIĆ TRKULJA, Maja, et al Digitization and Smart -FINIZ 2019 ."**of Nature Conservation** .ting, 2019Financial Repor

29. WANNER, Ji**Water reuse in the** " .ří; SRB, Martin; BENEŠ, Ondřej In: Current Developments in ."**frame of circular economy** .Biotechnology and Bioengineering. Elsevier, 2023

30. WICHELNS, Dennis. "**The role of 'virtual water'in efforts to achieve food security and other national goals, with an example from Egypt**". Agricultural water management, 2001.

31. ZAREI, Mohanna. "**Wastewater resources management for energy recovery from circular economy perspective**". Water-Energy Nexus, 2020.