إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري الزراعي بليبيا وأثرها على البيئة (دراسة تطبيقية على محطة النجيلة بجنزور)

د. مفتاح على نصر زرقون * ليلى علي الشامس قاجوم
الهيئة الليبية للبحث العلمي
Muftahhfi@gmail.com Laylay Ali Shames Ghajom
تاريخ الارسال 2026/2/2م تاريخ القبول 2026/2/25م

Reuse of treated wastewater in agricultural irrigation in Libya and its impact on the environment (an applied study on the Al-Najila station in Janzour)

***Dr. Muftah Ali Nasr Zarqoun**
Muftahhfi@gmail.com
Laylay Ali Shames Ghajom
Layla2181990@gmail.com

Abstract

This study aims to assess the feasibility of reusing treated wastewater for agricultural irrigation in Libya and to evaluate its environmental impact through an applied case study of **Al-Najila Station in Janzour**, a location characterized by agricultural activity and environmental sensitivity. The importance of the study stems from increasing pressure on conventional water resources in Libya and the need for alternative water sources that can support agriculture while minimizing environmental risks to soil, groundwater, and surrounding ecosystems.

The study adopts a **descriptive-analytical approach** supported by an **applied case study design**. It develops a conceptual and regulatory framework for agricultural wastewater reuse and applies it to the Libyan context in general and to Al-Najila Station in Janzour in particular. The study is grounded in relevant Arabic and international literature, especially Libyan applied studies on treatment efficiency, irrigation suitability of treated wastewater, and the impact of wastewater on soil and groundwater, in

حقوق النشر © للمؤلف/للمؤلفين 2025. ينشر هذا البحث بموجب رخصة المشاع الإبداعي Creative Commons (CC BY-NC 4.0)

addition to regional and international references on water reuse standards and health/environmental risk management.

The study concludes that treated wastewater reuse in agricultural irrigation represents a **promising strategic option** in Libya; however, its success depends on several critical conditions, including **compliance with relevant quality standards, effective plant management and operation, periodic water quality monitoring, and continuous assessment of environmental impacts on soil and groundwater**. The study also emphasizes that wastewater suitability should not be treated as an absolute judgment; rather, it should be considered a **use-specific and conditional assessment** based on crop type, irrigation method, soil characteristics, treatment level, and accompanying protective measures.

Regarding the applied case of Al-Najila Station in Janzour, the study highlights that the station's location in an agricultural area creates an important opportunity to integrate treated wastewater into agricultural and environmental uses. Nevertheless, this requires a gradual and controlled implementation strategy, beginning with lower-risk uses, supported by clear institutional, technical, and monitoring frameworks. The study recommends adopting a local framework for safe and sustainable reuse based on integration between the water, agriculture, and environmental sectors, along with strengthened monitoring and transparency in reporting water quality results.

Keywords:

Treated wastewater, agricultural irrigation reuse, Al-Najila Station, Janzour, environmental impact, water quality, groundwater, soil, Libya

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تقويم إمكانية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري الزراعي في ليبيا، مع التركيز على الأثر البيئي لهذا الاستخدام من خلال دراسة تطبيقية على **محطة النجيلة بجنزور** بوصفها محطة تقع في نطاق ذي طابع زراعي وبيئي حساس. وتنبع أهمية الدراسة من تزايد الضغوط على الموارد المائية التقليدية في ليبيا، والحاجة إلى مصادر مائية بديلة تدعم النشاط الزراعي وتحدّ من الهدر البيئي، مع ضمان عدم انتقال المخاطر إلى التربة أو المياه الجوفية أو البيئة المحيطة.

اعتمدت الدراسة على **المنهج الوصفي التحليلي** مدعومًا بأسلوب **دراسة الحالة التطبيقية**، وذلك من خلال بناء إطار مفاهيمي ومعياري لإعادة الاستخدام الزراعي للمياه المعالجة، ثم إسقاطه على الحالة الليبية عمومًا، وعلى محطة النجيلة بجنزور على وجه الخصوص. كما استندت الدراسة إلى الأدبيات العربية والأجنبية ذات الصلة، وخاصة الدراسات الليبية التطبيقية التي تناولت كفاءة المعالجة، وصلاحية المياه للري، وتأثير مياه الصرف على التربة والمياه الجوفية، إضافة إلى المرجعيات الإقليمية والدولية الخاصة بمعايير إعادة الاستخدام الزراعي وإدارة المخاطر الصحية والبيئية.
وتوصلت الدراسة إلى أن إعادة استخدام المياه المعالجة في الري الزراعي تمثل **فرصة استراتيجية واعدة** في السياق الليبي، إلا أن نجاحها يظل مشروطًا بمجموعة من الضوابط، أهمها :**مطابقة المياه المعالجة للمواصفات والاشتراطات ذات الصلة، وكفاءة إدارة وتشغيل المحطة، والرقابة الدورية على جودة المياه، والتقييم المستمر للأثر البيئي على التربة والمياه الجوفية** .كما بينت الدراسة أن الحكم على صلاحية المياه لا ينبغي أن يكون حكمًا مطلقًا، بل يجب أن يكون **حكمًا مقيدًا بنوع المحصول، وطريقة الري، وطبيعة التربة، ومستوى المعالجة، وإجراءات الحماية المصاحبة**.
وفيما يتعلق بالحالة التطبيقية لمحطة النجيلة بجنزور، أوضحت الدراسة أن موقع المحطة في منطقة زراعية يمنحها أهمية عملية كبيرة لإدماج المياه المعالجة في منظومة الاستخدام الزراعي أو البيئي، لكن هذا التوجه يتطلب تطبيقًا تدريجيًا ومنضبطًا يبدأ بالاستخدامات الأقل مخاطرة، مع دعم مؤسسي وفني ورقابي واضح. وتوصي الدراسة بتبني إطار محلي لإعادة الاستخدام الآمن والمستدام قائم على التكامل بين قطاعي المياه والزراعة والجهات البيئية، مع تعزيز الرصد الدوري والشفافية في نتائج الجودة.
الكلمات المفتاحية:مياه الصرف الصحي المعالجة، إعادة الاستخدام الزراعي، الري الزراعي، محطة النجيلة بجنزور، الأثر البيئي، جودة المياه، المياه الجوفية، التربة، ليبيا.

المقدمة:

تُمثّل قضية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري الزراعي أحد الموضوعات الحيوية التي تزداد أهميتها في ليبيا في ظل تزايد الضغوط على الموارد المائية التقليدية، وتنامي الحاجة إلى بدائل مائية تُسهم في دعم النشاط الزراعي وتقليل الفجوة بين العرض والطلب على المياه. وتبرز أهمية هذا الموضوع بصورة أكبر في

المناطق الزراعية القريبة من التجمعات السكانية ومحطات المعالجة، مثل **منطقة النجيلة بجنزور**، حيث يفرض الواقع البيئي والزراعي ضرورة البحث في إمكانات الاستفادة من المياه المعالجة من جهة، وتقويم آثارها البيئية المحتملة من جهة أخرى. ومن هذا المنطلق، فإن دراسة إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري الزراعي لا تُعد مجرد خيار تقني، بل تمثل قضية تنموية وبيئية ذات أبعاد صحية واقتصادية واجتماعية متداخلة.

وتُظهر الأدبيات الليبية الحديثة أن التعامل مع مياه الصرف في البيئات الزراعية المحيطة بمناطق التجميع والمعالجة قد يرتبط بمخاطر بيئية فعلية إذا غابت الضوابط الفنية والرقابية، خاصة فيما يتعلق بحماية المياه الجوفية والتربة. ففي دراسة محلية مباشرة بمنطقة **أنجيلة – جنزور**، تناولت أبوركيبة وآخرون تلوث مياه الآبار الجوفية في المزارع المحيطة بالبيارة (اللاقون) من الناحية الكيميائية والميكروبيولوجية، وهو ما يقدّم مؤشرًا مهمًا على حساسية البيئة المحلية في جنزور تجاه تسربات أو ممارسات غير منضبطة في إدارة مياه الصرف، ويؤكد ضرورة ربط أي مشروع لإعادة الاستخدام الزراعي بإجراءات تقييم ورقابة بيئية صارمة (أبوركيبة وآخرون، 2024). وتكتسب هذه النتيجة أهمية خاصة بالنسبة لمحطة النجيلة بجنزور؛ لأنها تُبرز أن نجاح إعادة الاستخدام لا يقاس فقط بتوفير المياه، وإنما كذلك بقدرة النظام على منع انتقال الملوثات إلى المياه الجوفية وحماية صحة الإنسان والنظام البيئي الزراعي.

وفي السياق نفسه، تشير الدراسات التي بحثت أثر مياه الصرف الصحي على التربة إلى أن التربة تُعدّ العنصر الأكثر تعرضًا للتغيرات التراكمية الناتجة عن الري بمياه ذات خصائص كيميائية أو عضوية أو ميكروبية غير متوازنة. فقد أوضحت دراسة مليطان وآخرين حول منطقة وادي ساسو أن مياه الصرف الصحي يمكن أن تؤثر في بعض خواص التربة، وهو ما يدعم الحاجة إلى المتابعة الدورية لمؤشرات التربة عند تطبيق برامج الري بالمياه المعالجة، مثل الملوحة، ودرجة التفاعل، وبعض العناصر والخصائص الفيزيائية والكيميائية (مليطان وآخرون، 2019، ص 174–182). وتفيد هذه المعطيات في الدراسة التطبيقية المقترحة بمحطة النجيلة، إذ تُبرز أن تقييم الأثر البيئي لا ينبغي أن يقتصر على جودة المياه المعالجة فقط، بل يجب أن يشمل أيضًا استجابة التربة الزراعية على المدى المتوسط والبعيد.

ومن ناحية أخرى، تقدّم الدراسات الليبية التطبيقية حول إمكانية إعادة استخدام المياه المعالجة في الزراعة أساسًا علميًا مهمًا لتبنّي هذا التوجه بصورة مدروسة. فقد تناولت

دراسة العريمي والرشيد، من خلال محطة المعالجة بمصراتة، إمكانية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في أغراض الري، بما يؤكد وجود اهتمام بحثي ليبي متنامٍ بتحويل المياه المعالجة إلى مورد مائي بديل قابل للاستثمار الزراعي عند الالتزام بالاشتراطات الفنية المناسبة (العريمي والرشيد، 2019، ص 89–93). وتُعد هذه الدراسة مرجعًا مهمًا في بناء الإطار التطبيقي للدراسة الحالية؛ لأنها تدعم فكرة الانتقال من الطرح النظري العام إلى التقييم الميداني لمدى ملاءمة المياه المعالجة للاستخدام الزراعي، مع مراعاة الخصوصية المحلية لكل محطة من حيث كفاءة المعالجة وطبيعة الاستخدام الزراعي والبيئة المحيطة.

وبناءً على ما سبق، تأتي هذه الدراسة التطبيقية على **محطة النجيلة بجنزور** لتسهم في سد فجوة معرفية وعملية تتعلق بواقع إعادة استخدام المياه المعالجة في منطقة زراعية ليبية حساسة بيئيًا. فهي تسعى إلى الموازنة بين بعدين متكاملين :**البعد التنموي** المتمثل في الاستفادة من مورد مائي غير تقليدي لدعم الري الزراعي، و**البعد البيئي** المتمثل في تقليل المخاطر المحتملة على التربة والمياه الجوفية والبيئة المحيطة. ومن ثم، فإن أهمية الدراسة لا تنحصر في تشخيص الواقع، بل تمتد إلى دعم متخذي القرار والجهات الفنية بمرتكزات علمية تساعد على تحسين إدارة المياه المعالجة وتعزيز الاستخدام الآمن والمستدام لها في الزراعة داخل ليبيا عمومًا، وفي جنزور على وجه الخصوص.

أولًا ـ مشكلة الدراسة:

تواجه ليبيا تحديات متزايدة في إدارة الموارد المائية، خاصة في المناطق الزراعية القريبة من المدن، في ظل محدودية مصادر المياه التقليدية وارتفاع الطلب على المياه لأغراض الري. وفي هذا السياق، يبرز خيار **إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة** بوصفه بديلًا مائيًا مهمًا يمكن أن يسهم في دعم النشاط الزراعي وتحقيق قدر من الاستدامة البيئية والاقتصادية. وقد أظهرت بعض التطبيقات الليبية إمكانية الاستفادة من مياه الصرف في الاستخدامات الزراعية والتشجيرية، كما في تجربة استخدام مياه الصرف الصحي بمدينة سبها في ري أشجار الطلح، بما يعكس وجود فرص فعلية للتوظيف الزراعي للمياه المعالجة عند توافر المعالجة والضبط المناسبين (أنوير والسنوسي، 2022).

وفي المقابل، فإن نجاح هذا التوجه لا يعتمد فقط على وجود المياه المعالجة، بل يرتبط بدرجة كبيرة بكفاءة **إدارة محطات المعالجة**، وآليات التشغيل والمتابعة، ومدى الالتزام بالضوابط الفنية والبيئية التي تضمن سلامة الاستخدام واستمراريته. وقد أكدت دراسة

استراتيجية إدارة مياه الصرف الصحي المعالجة بمحطة طبرق أهمية البعد الإداري والتشغيلي في تحسين الاستفادة من المياه المعالجة ضمن السياق الليبي، بما يشير إلى أن القصور في الإدارة قد يحد من فرص إعادة الاستخدام أو يضاعف المخاطر البيئية المرتبطة به (اسحام وآخرون، 2022).

وانطلاقًا من ذلك، تتمثل مشكلة الدراسة الحالية في وجود **حاجة علمية وتطبيقية** إلى تقييم واقع وإمكانات إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري الزراعي في **محطة النجيلة بجنزور**، من حيث مدى ملاءمة هذا الاستخدام بيئيًا وزراعيًا، ومدى ارتباطه بكفاءة الإدارة والتشغيل، في ظل نقص الدراسات التطبيقية المحلية التي تجمع بين أبعاد :**الاستفادة الزراعية، والإدارة التشغيلية، والأثر البيئي** في موقع الدراسة نفسه. وعليه، تسعى الدراسة إلى معالجة هذه الفجوة من خلال دراسة تطبيقية تُسهم في تقديم تصور علمي أكثر دقة حول الاستخدام الآمن والمستدام للمياه المعالجة في المنطقة.

ثانيًا: السؤال الرئيسي للدراسة

ما مدى إمكانية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة بمحطة النجيلة بجنزور في الري الزراعي، وما أثر ذلك على البيئة في ضوء كفاءة الإدارة والتشغيل؟

ثالثًا ـ الأسئلة الفرعية:

1. ما واقع معالجة مياه الصرف الصحي بمحطة النجيلة بجنزور من حيث الإدارة والتشغيل وإمكانية توجيه المياه المعالجة للاستخدام الزراعي؟
2. ما مدى ملاءمة المياه المعالجة بمحطة النجيلة للاستخدام في الري الزراعي من الناحية الفنية والبيئية؟
3. ما الآثار البيئية المحتملة لإعادة استخدام المياه المعالجة في الري الزراعي بمنطقة الدراسة، خاصة على التربة والبيئة الزراعية المحيطة؟
4. ما أبرز المعوقات الإدارية والفنية والبيئية التي قد تحدّ من التوسع في إعادة استخدام المياه المعالجة في الري الزراعي بمحطة النجيلة؟
5. ما المقترحات أو الإجراءات التي يمكن أن تعزز الاستخدام الآمن والمستدام لمياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة بمنطقة النجيلة بجنزور؟

رابعًا ـ أهداف الدراسة :

1. **تقييم واقع إدارة وتشغيل محطة النجيلة بجنزور** فيما يتعلق بمعالجة مياه الصرف الصحي وإمكانية الاستفادة من المياه المعالجة في الري الزراعي.

2. **تحليل مدى ملاءمة إعادة استخدام المياه المعالجة في الري الزراعي** بمنطقة الدراسة من منظور بيئي وزراعي.
3. **رصد وتفسير الآثار البيئية المحتملة** الناتجة عن استخدام المياه المعالجة في الري الزراعي، مع التركيز على البيئة الزراعية المحيطة.
4. **اقتراح إطار تطبيقي وتوصيات عملية** لتحسين إدارة إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري الزراعي بمحطة النجيلة بجنزور بما يدعم الاستدامة.

خامسًا ـ أهمية الدراسة :

(1الأهمية العلمية:

تنبع الأهمية العلمية لهذه الدراسة من كونها تتناول موضوعًا تطبيقيًا معاصرًا يرتبط مباشرة بإدارة المياه غير التقليدية في ليبيا، وهو مجال تزداد الحاجة إليه في ظل تحديات ندرة المياه والضغوط البيئية. كما تسهم الدراسة في الربط بين **الاستفادة الزراعية من المياه المعالجة** وبين **البعد الإداري والتشغيلي لمحطات المعالجة**، وهو ربط مهم أشارت إليه الدراسات الليبية التطبيقية بصورة غير مباشرة عند تناولها إمكانات الاستخدام الزراعي (أنوير والسنوسي، 2022) وأهمية الإدارة الاستراتيجية للمحطات (اسحام وآخرون، 2022). وتضيف الدراسة قيمة علمية من خلال تطبيق هذا الطرح على **محطة النجيلة بجنزور** بوصفها حالة ميدانية ذات خصوصية زراعية وبيئية.

(2الأهمية الأكاديمية:

تتمثل الأهمية الأكاديمية للدراسة في أنها تقدم مادة علمية منظمة يمكن الإفادة منها في الدراسات العليا والبحوث المتخصصة في مجالات **الهندسة البيئية، والعلوم الزراعية، وإدارة الموارد المائية، والتخطيط البيئي** .كما تسهم في إثراء الأدبيات العربية والليبية المتعلقة بإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة من خلال دراسة تطبيقية محلية، بما يساعد الباحثين لاحقًا في بناء دراسات مقارنة أو تطوير نماذج تقييم أكثر دقة لمحطات المعالجة في مناطق ليبية أخرى. كذلك يمكن أن تمثل الدراسة مرجعًا أكاديميًا داعمًا للباحثين والطلبة في صياغة دراسات تجمع بين الجوانب الفنية والبيئية والإدارية في موضوعات إعادة الاستخدام.

أولًا ـ منهجية الدراسة:

منهجية الدراسة:

تعتمد هذه الدراسة على **المنهج الوصفي التحليلي** مدعومًا بـ **أسلوب دراسة الحالة التطبيقية**، وذلك لملاءمته لطبيعة الموضوع المتعلق بإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري الزراعي، ولقدرته على الجمع بين وصف الواقع القائم بمحطة النجيلة بجنزور وتحليل مدى ملاءمته بيئيًا وزراعيًا في ضوء المعايير واللوائح المعتمدة. ويُعد هذا الاختيار المنهجي مناسبًا لأن الدراسة لا تقتصر على الجانب الفني للمياه المعالجة، بل تمتد لتشمل أبعادًا تشغيلية وإدارية وبيئية مرتبطة بواقع الاستخدام الزراعي (الخطيب وآخرون، 2023؛ الدويك والمهرة، 2023).

1 ـ نوع الدراسة وتصميمها:

تُصنَّف الدراسة ضمن **الدراسات التطبيقية الميدانية**؛ إذ تتناول محطة النجيلة بجنزور بوصفها حالة دراسية تمثل سياقًا عمليًا لإمكانات إعادة استخدام المياه المعالجة في منطقة زراعية. ويقوم التصميم المنهجي للدراسة على محورين متكاملين:

- **محور وصفي/توثيقي** :لرصد واقع إنتاج المياه العادمة ومعالجتها وإمكانات إعادة توظيفها في الزراعة.
- **محور تحليلي/تقويمي** :لمقارنة خصائص المياه المعالجة (وفق البيانات المتاحة أو التحاليل المخبرية) بالمعايير والاشتراطات الخاصة بإعادة الاستخدام الزراعي، وبخاصة ما يتصل بالمطابقة والصلاحية (العطوي، 2025؛ الدويك والمهرة، 2023).

(2مجتمع الدراسة:

يتمثل مجتمع الدراسة في العناصر المرتبطة مباشرة بموضوع البحث داخل نطاق محطة النجيلة بجنزور، ويشمل:

- محطة معالجة مياه الصرف الصحي (من حيث التشغيل والإدارة والمخرجات).
- المياه المعالجة الناتجة عن المحطة والموجهة/القابلة للتوجيه للري الزراعي.
- البيئة الزراعية المحيطة (التربة/المزارع المستفيدة أو المتأثرة).
- الجهات/العاملين ذوي الصلة (الإدارة الفنية، التشغيل، أو الإرشاد الزراعي – بحسب المتاح).

(3عينة الدراسة:

تعتمد الدراسة **عينة قصدية (Purposive Sample)** تتناسب مع طبيعة الدراسة التطبيقية، وتشمل:

- **عينات من المياه المعالجة** من نقطة/نقاط خروج المياه من المحطة (وعند الإمكان من نقاط توزيع/استخدام زراعي).
- **عينات تربة زراعية** من مواقع يتم ريها بالمياه المعالجة (إن وُجدت) مع إمكانية المقارنة بتربة غير مروية بالمياه المعالجة داخل النطاق نفسه.
- **عينة من العاملين أو المسؤولين الفنيين** بالمحطة لإجراء مقابلات شبه مقننة حول واقع التشغيل وإجراءات المراقبة والتحديات.

ويمكن تحديد عدد العينات وفترات السحب وفق الإمكانات الفنية والزمنية للدراسة، على أن يُراعى التمثيل الزمني (أكثر من مرة) لتحسين دقة النتائج.

(4أدوات جمع البيانات:

تعتمد الدراسة على مجموعة من الأدوات المتكاملة لضمان شمولية التقييم:

أ) استمارة رصد فني وتشغيلي للمحطة

تستخدم لتوثيق واقع المحطة من حيث:

- مراحل المعالجة المتاحة.
- انتظام التشغيل والصيانة.
- آليات التخلص أو إعادة الاستخدام.
- إجراءات المتابعة والرقابة الداخلية.

وهذا يتسق مع أهمية النظر إلى إدارة المعالجة باعتبارها عنصرًا حاسمًا في الاستفادة من المياه المعالجة، وليس فقط توفر المورد المائي نفسه (الخطيب وآخرون، 2023).

ب) تحليل خصائص المياه المعالجة (مخبريًا/من سجلات معتمدة):

يتم جمع بيانات عن أبرز المؤشرات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية ذات الصلة بصلاحية المياه للري، مثل:

- الرقم الهيدروجيني(pH)
- الملوحة/التوصيل الكهربائي(EC)
- المواد الصلبة الذائبة/العالقة(TDS/TSS)
- الطلب الحيوي والكيميائي للأكسجين – (BOD/COD) إذا توافرت
- مؤشرات التلوث الميكروبيولوجي (مثل القولونيات) – إذا توافرت

- عناصر قد تؤثر على التربة أو النبات بحسب الإمكانات التحليلية

ثم تُقارن النتائج بالمعايير واللوائح الخاصة بإعادة الاستخدام الزراعي والمواصفات المرجعية ذات الصلة بالصلاحية (الدويك والمهرة، 2023؛ العطوي، 2025).

ج) تحليل خصائص التربة الزراعية (عند التطبيق الفعلي للري):

لرصد الأثر البيئي المحتمل على التربة، تُفحص مؤشرات مثل:

- pHالتربة
- الملوحة
- بعض العناصر/الأملاح المؤثرة
- مؤشرات التغير في الخواص العامة للتربة (وفق الإمكانات المعملية)

د) مقابلات شبه مقننة:

تُجرى مع المختصين والعاملين بالمحطة (عند الإمكان) للوقوف على:

- واقع التشغيل والصيانة
- التحديات الإدارية والفنية
- فرص التوسع في إعادة الاستخدام الزراعي
- اشتراطات السلامة والمتابعة

(5المعايير المرجعية المعتمدة في التقييم:

تستند الدراسة في تقييم صلاحية المياه المعالجة للري الزراعي إلى:

- **المواصفات والضوابط ذات الصلة بصلاحية المياه المعالجة للري** كما تناولها الأدب الليبي التطبيقي (العطوي، 2025).
- **المعايير واللوائح الإقليمية لإعادة الاستخدام الزراعي** في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، خاصة ما يتعلق بضبط جودة المياه وفق نوع الاستخدام الزراعي ومستوى المعالجة المطلوب (الدويك والمهرة، 2023).
- كما يُستفاد من الطرح النظري المرتبط بفجوة الاستفادة من المياه المعالجة بوصفها موردًا غير مستغل بشكل كافٍ في المنطقة (الخطيب وآخرون، 2023).

(6أساليب تحليل البيانات:

تُحلل البيانات باستخدام الأساليب الآتية:

- **التحليل الوصفي**)الجداول، النسب، المتوسطات – بحسب طبيعة البيانات)

- **التحليل المقارن** بين نتائج المياه المعالجة والمعايير المرجعية الخاصة بإعادة الاستخدام الزراعي.
- **التحليل التفسيري** لبيان العلاقة بين كفاءة التشغيل/الإدارة وبين مستوى صلاحية المياه وفرص إعادة استخدامها.
- **تحليل نوعي للمقابلات** لاستخلاص التحديات والمقترحات العملية.

(7حدود المنهجية وضبط الجودة

لرفع موثوقية النتائج، تراعي الدراسة ما يلي:

- استخدام نماذج جمع بيانات واضحة ومراجعة.
- توثيق مصدر بيانات التحاليل (مختبر معتمد/سجلات رسمية).
- توحيد طريقة المقارنة بالمعايير.
- الإشارة الصريحة لأي قيود تتعلق بعدد العينات أو زمن الدراسة أو توافر التحاليل المتقدمة.

وبذلك توفّر المنهجية إطارًا عمليًا متوازنًا يجمع بين **التقييم الفني للمياه المعالجة والاعتبارات البيئية والإدارية** لإعادة استخدامها زراعيًا في محطة النجيلة بجنزور.

ثانيًا ـ مصطلحات الدراسة :

(1مياه الصرف الصحي المعالجة:

التعريف المفاهيمي:هي المياه الناتجة عن الاستخدامات المنزلية/المؤسسية بعد إخضاعها لعمليات معالجة تهدف إلى خفض الملوثات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية إلى مستويات تجعلها أكثر أمانًا في الاستخدامات المناسبة، ومنها الاستخدام الزراعي وفق ضوابط محددة (الخطيب وآخرون، 2023).

التعريف الإجرائي في الدراسة:يقصد بها في هذه الدراسة **المياه الخارجة من محطة النجيلة بجنزور بعد المعالجة**، والتي سيتم تقييم خصائصها ومقارنتها بالمعايير واللوائح ذات الصلة لمعرفة مدى صلاحيتها لاستخدامها في الري الزراعي.

(2إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري الزراعي

التعريف المفاهيمي:هو توظيف المياه المعالجة كمورد مائي بديل في الأنشطة الزراعية، وفق اشتراطات جودة وضوابط صحية وبيئية تحدد نوع المحاصيل وطريقة الري ومستوى المعالجة المطلوب (الدويك والمهرة، 2023).

التعريف الإجرائي في الدراسة:يقصد به **إمكانية استخدام المياه المعالجة بمحطة النجيلة بجنزور في ري الأراضي الزراعية بالمنطقة،** بعد تقييم جودة المياه ومدى توافقها مع المعايير المنظمة لهذا النوع من الاستخدام.

(3معايير ولوائح جودة المياه لإعادة الاستخدام الزراعي:

التعريف المفاهيمي:هي مجموعة الحدود والاشتراطات الفنية والتنظيمية التي تُستخدم للحكم على جودة المياه المعالجة ومدى ملاءمتها للاستخدام في الري الزراعي، وتشمل مؤشرات فيزيائية وكيميائية وميكروبيولوجية، وقد تختلف بحسب نوع المحصول ونمط الري والسياق التنظيمي (الدويك والمهرة، 2023).

التعريف الإجرائي في الدراسة:يقصد بها **المرجع التقويمي** الذي ستعتمد عليه الدراسة في مقارنة نتائج تحليل المياه المعالجة بمحطة النجيلة، بما يشمل الضوابط ذات الصلة بالمواصفات المعتمدة وصلاحية المياه للري.

(4صلاحية المياه المعالجة لأغراض الري والزراعة:

التعريف المفاهيمي:تعني مدى مطابقة خصائص المياه المعالجة للمتطلبات الفنية والبيئية التي تسمح باستخدامها في الري الزراعي دون التسبب في مخاطر غير مقبولة على التربة أو النبات أو البيئة أو الصحة العامة، وذلك في ضوء المواصفات والاشتراطات المنظمة (العطوي، 2025).

التعريف الإجرائي في الدراسة:يقصد بها **درجة توافق المياه المعالجة بمحطة النجيلة بجنزور مع مؤشرات الجودة المطلوبة للري الزراعي،** كما تُحدَّد من خلال نتائج التحاليل والمقارنة بالمعايير المرجعية المعتمدة في الدراسة.

المبحث الأول: الإطار المفاهيمي والمعياري لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري الزراعي

يُعدّ موضوع إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري الزراعي من الموضوعات التي انتقلت في العقود الأخيرة من هامش النقاش الفني إلى صميم سياسات الأمن المائي والغذائي، خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة. وتزداد أهمية هذا الموضوع في إقليم الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، حيث تتقاطع ندرة الموارد المائية التقليدية مع النمو السكاني والتوسع الحضري وتزايد الطلب على الغذاء، بما يجعل البحث عن مصادر مائية غير تقليدية ضرورة تنموية لا خيارًا ثانويًا. وتؤكد الأدبيات الإقليمية الحديثة أن مياه الصرف الصحي، إذا عولجت وأُديرت وفق معايير مناسبة، يمكن أن تمثل موردًا ثابتًا نسبيًا مقارنة بالمصادر المائية الأخرى، وأن إمكانات الاستفادة

منها لا تزال أقل من الإمكانات المتاحة فعليًا) الخطيب وآخرون، 2023؛ Lahham et al., 2022, pp. 3–14؛ Mateo-Sagasta et al., 2022, pp. 15–42). كما يشير العرض الإقليمي إلى أن المنطقة تنتج كميات كبيرة من مياه الصرف البلدي الغنية بالعناصر الغذائية، مع استمرار وجود فجوة بين الإنتاج والمعالجة وإعادة الاستخدام المنظم، رغم ازدياد مشاريع إعادة الاستخدام عبر العقود الأخيرة .

ومن ثم، فإن بناء إطار مفاهيمي ومعياري متين لهذا الموضوع يُعدّ خطوة أساسية قبل الانتقال إلى الدراسة التطبيقية في أي محطة معالجة، بما في ذلك الحالات الليبية مثل محطة النجيلة بجنزور. فالإطار المفاهيمي يحدد طبيعة المورد، ومراحل إنتاجه ومعالجته، وفرص إعادة استخدامه، والعوائق المؤسسية والفنية والاجتماعية المرتبطة به. أما الإطار المعياري فيحدد شروط السلامة والجودة والرقابة، ويضبط العلاقة بين "إمكانية الاستفادة" و"سلامة الاستخدام"، بحيث لا تتحول إعادة الاستخدام إلى مصدر لمخاطر صحية أو بيئية غير محسوبة. وفي هذا السياق، تُشكّل المراجع المعتمدة في هذا المبحث (العربية والأجنبية) قاعدة علمية مناسبة للجمع بين المنظور الإقليمي (MENA)والمنظور المحلي الليبي، وبين البعد الفني والبعد التنظيمي والبيئي.

المطلب الأول - إنتاج مياه الصرف الصحي ومعالجتها وفرص إعادة الاستخدام الزراعي :

ينطلق هذا المطلب من فرضية أساسية مفادها أن مياه الصرف الصحي ليست مجرد ناتج نهائي للنشاط البشري يجب التخلص منه، بل مورد مائي يمكن استثماره ضمن منظومة إدارة متكاملة، بشرط توافر المعالجة الملائمة والحوكمة الرشيدة. وهذه الرؤية تمثل تحولًا مهمًا في الفكر المائي المعاصر، إذ انتقل التعامل مع مياه الصرف من منطق "التصريف" إلى منطق "الاسترداد وإعادة التوظيف"، بما يشمل الماء ذاته، والعناصر الغذائية المصاحبة له، وأحيانًا الطاقة والمواد القابلة للاسترداد) الخطيب وآخرون، 2023؛ Mateo-Sagasta et al., 2022, pp. 15–42).

(1السياق الإقليمي لإعادة الاستخدام في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا:

تُبرز الأدبيات الحديثة الخاصة بالمنطقة أن الدافع نحو إعادة الاستخدام ليس دافعًا تقنيًا فقط، بل هو نتاج مجموعة متداخلة من الضغوط: ندرة المياه، تذبذب الأمطار، الضغوط المناخية، التوسع الحضري، وتزايد الطلب على الغذاء والخدمات. ويشير العرض الإقليمي الذي قدّمه Lahham وزملاؤه إلى أن إعادة استخدام المياه تتطور في المنطقة بوصفها استجابة لهذه الضغوط، سواء عبر مشاريع رسمية مخططة أو عبر أنماط

استخدام غير رسمية في بعض السياقات .(Lahham et al., 2022, pp. 3–14) وتكتسب هذه النقطة أهمية خاصة لأنها تؤكد أن إعادة الاستخدام ليست مسألة تقنية بحتة، بل ترتبط أيضًا بالإدارة العامة والحوكمة والرقابة والقدرة المؤسسية على تحويل الاستخدام غير المنظم إلى استخدام آمن ومنتج.

كما أن المعطيات الإقليمية تشير إلى مفارقة واضحة: المنطقة من أكثر مناطق العالم ضغطًا مائيًا، ومع ذلك ما زالت إمكانات الاستفادة من مياه الصرف المعالجة دون المستوى المأمول. وقد أشار العرض التعريفي لمنصة الفاو حول المصدر المرجعي لـ IWMIإلى أن متوسط نصيب الفرد من الموارد المائية المتجددة في المنطقة أقل بكثير من المتوسط العالمي، وأن المنطقة تنتج نحو 21.5 مليار متر مكعب من مياه الصرف البلدي سنويًا، مع تضاعف عدد مشاريع إعادة الاستخدام منذ 1990 تقريبًا كل عقد، لكن مع بقاء إمكانات الاسترداد والاستفادة غير مستغلة بالكامل. وهذا المعطى يدعم بصورة مباشرة فكرة "الفرص غير المستغلة" التي ركز عليها الخطيب وآخرون .(2023)

(2مفهوم إنتاج مياه الصرف الصحي بوصفه موردًا مائيًا:

يفيد الخطيب وآخرون (2023) في إعادة تأطير مياه الصرف من خلال النظر إليها ضمن سلسلة إنتاج-جمع-معالجة-إعادة استخدام، بدل حصرها في مرحلة ما بعد الاستهلاك فقط. فإنتاج مياه الصرف يرتبط أساسًا بالاستخدامات المنزلية والحضرية والمؤسسية، ومع التوسع السكاني والعمراني يزداد حجم هذا المورد بصورة شبه منتظمة، وهو ما يجعلها – بخلاف بعض الموارد الطبيعية المتذبذبة – موردًا يتنامى مع زيادة الطلب على المياه والخدمات. هذه الخاصية تمنح مياه الصرف المعالجة قيمة استراتيجية في التخطيط الزراعي، خاصة في المناطق المحيطة بالمدن حيث يتوفر الطلب الزراعي والقرب المكاني من محطات المعالجة.

ومن الناحية المفاهيمية، فإن اعتبار مياه الصرف موردًا لا يعني تجاهل مخاطرها، بل يعني الاعتراف بازدواجيتها: فهي مورد وفرصة من جهة، ومصدر مخاطر محتملة من جهة أخرى. ولذلك فإن المفهوم الحديث لإعادة الاستخدام يقوم على "الإدارة المتدرجة للمخاطر" لا على ثنائية القبول/الرفض المطلقة. وهذا يتقاطع مع فلسفة منظمة الصحة العالمية التي تطورت من نهج المعايير الجامدة فقط إلى نهج يجمع بين الأهداف الصحية، وتقييم المخاطر، وتعدد حواجز الحماية .(WHO, 2006) وتؤكد الأدبيات المساندة لتطبيق إرشادات منظمة الصحة العالمية أن الغرض هو إدارة المخاطر الصحية المرتبطة بري المحاصيل بمياه الصرف عبر أدوات وإجراءات قابلة للتطبيق بحسب

السياق المحلي، وليس فقط عبر اشتراطات مخبرية معزولة عن الواقع (WHO guidance notes referencing Volume 2).

(3مراحل المعالجة وعلاقتها بإمكانات إعادة الاستخدام الزراعي:

تُعد مراحل معالجة مياه الصرف محورًا حاسمًا في الحكم على إمكانية إعادة الاستخدام الزراعي. ورغم اختلاف تقنيات المعالجة من محطة لأخرى بحسب السعة والتكلفة وطبيعة الحمل الملوث، فإن الأدبيات الفنية الكلاسيكية والحديثة تتفق على أن المعالجة تمر – بصورة عامة – بمراحل فيزيائية/أولية، ثم مراحل بيولوجية/ثانوية، وقد تُضاف مراحل متقدمة أو تكميلية بحسب هدف إعادة الاستخدام ونوع المحاصيل وطريقة الري (FAO, 1992; الخطيب وآخرون، 2023).

ويُظهر المرجع الكلاسيكي للفاو (FAO Irrigation and Drainage Paper 47) أن فهم خصائص مياه الصرف ومؤشرات الجودة ذات الأهمية الزراعية والصحية شرط أساسي لفهم نوع المعالجة المطلوبة، كما يفرد فصولًا مستقلة لخصائص المياه، ومؤشرات الجودة الصحية والزراعية، ثم إرشادات جودة المياه للاستخدام الزراعي، ثم المعالجة نفسها، بما يؤكد الترابط المنهجي بين "الجودة المطلوبة" و"نوع المعالجة" (FAO, 1992). كما أن تنظيم محتوى المرجع نفسه حول خصائص المياه ومعايير الجودة والمعالجة ينسجم مع المنهجية التي يجب أن تتبعها الدراسات التطبيقية قبل إصدار حكم بالصلاحية للري .

وعمليًا، كلما ارتفع مستوى المعالجة وتحسنت استمرارية التشغيل والرقابة، ازدادت إمكانية توجيه المياه المعالجة لاستخدامات زراعية أوسع وأكثر أمانًا. والعكس صحيح؛ إذ قد يؤدي ضعف التشغيل أو غياب المتابعة أو عدم ثبات جودة المياه الخارجة إلى تقليص فرص الاستخدام أو فرض قيود صارمة على نوع المحاصيل وطريقة الري. ومن هنا، فإن الحديث عن "فرص إعادة الاستخدام" لا ينفصل عن كفاءة البنية التشغيلية والمؤسسية للمحطة، وهي نقطة تتكرر في الدراسات الليبية التطبيقية المعنية بمحطات المعالجة والصلاحية للري (العريمي والرشيد، 2019؛ العطوي، 2025).

(4فجوة الاستفادة بين الإنتاج والمعالجة وإعادة الاستخدام:

من أهم القضايا التي يسلط عليها الخطيب وآخرون (2023) و Mateo-Sagasta وآخرون (2022) الضوء، مسألة الفجوة بين حجم المياه المنتجة، ونسبة ما يُجمع ويُعالج منها، ثم نسبة ما يُعاد استخدامه فعليًا بشكل منظم. هذه الفجوة ليست مجرد خلل تقني؛ بل هي نتيجة تفاعل عوامل متعددة، منها:

- ضعف البنية التحتية لشبكات الجمع والمعالجة في بعض المدن؛
- محدودية التمويل والاستثمار في التحديث والصيانة؛
- ضعف التنسيق بين قطاعي المياه والزراعة؛
- غياب أطر تنظيمية تنفيذية أو ضعف تطبيقها؛
- المخاوف الصحية والاجتماعية المتعلقة بقبول المنتجات المروية؛
- محدودية نظم الرصد المنتظم لجودة المياه المعالجة.

ولهذا تبدو عبارة "فرص غير مستغلة" وصفًا دقيقًا لواقع كثير من الحالات في المنطقة، وليس فقط توصيفًا نظريًا. فالمنطقة تنتج موردًا مائيًا متناميًا، لكن تحويل هذا المورد إلى مدخل إنتاج زراعي آمن ما زال يواجه حواجز مؤسسية وتشغيلية ومعيارية. ويستفاد من هذا الاستنتاج في الدراسات الليبية، لأن ليبيا تواجه – مثل دول عديدة في المنطقة – مزيجًا من الحاجة المائية من جهة والتحديات التشغيلية والمؤسسية من جهة أخرى، ما يجعل دراسات الصلاحية التطبيقية ذات أهمية مضاعفة.

(5القيمة الزراعية لمياه الصرف المعالجة: بين الماء والمغذيات:

لا تقتصر أهمية مياه الصرف المعالجة على توفير "كمية ماء" إضافية، بل تمتد إلى ما تحمله غالبًا من عناصر غذائية يمكن أن تقلل – في بعض السياقات – جزءًا من احتياجات التسميد، إذا أُدير استخدامها بشكل صحيح. وهذا البعد كثيرًا ما يُذكر في أدبيات إعادة الاستخدام باعتباره عنصرًا اقتصاديًا وزراعيًا داعمًا، لكنه في الوقت نفسه يتطلب ضبطًا دقيقًا لأن زيادة بعض العناصر أو الأملاح قد تؤدي إلى آثار سلبية على التربة أو النبات أو البيئة المحيطة.

ومن ثم، فإن التقييم الزراعي لمياه الصرف المعالجة يجب أن يتجاوز منطق "صالحة/غير صالحة" بصيغة مبسطة، إلى منطق أكثر دقة يأخذ في الاعتبار:

- نوع المحاصيل المستهدفة؛
- طريقة الري (سطحي، بالتنقيط، رش... إلخ)؛
- خصائص التربة؛
- المناخ المحلي؛
- استمرارية جودة المياه الخارجة من المحطة؛
- مستوى الرقابة والمتابعة وهذا التوجه المنهجي يتقاطع مع الإرشادات الدولية (FAO, 1992; WHO, 2006)ومع الفصل الخاص بالمعايير واللوائح في

مرجع) IWMI الدويك والمهرة، 2023؛ Nassif et al., 2022, pp. 79–105)، لأنه يربط صلاحية المياه بالسياق التطبيقي لا بالتحليل المعملي وحده.

(6فرص التوسع في إعادة الاستخدام الزراعي: محددات وشروط:

إن التوسع في إعادة استخدام المياه المعالجة في الري الزراعي لا يتحقق فقط ببناء محطات جديدة أو رفع طاقة المعالجة، بل يحتاج إلى منظومة متكاملة تشمل التخطيط والحوكمة والقبول المجتمعي والضبط الفني. ومن أبرز الشروط التي يمكن استخلاصها من الأدبيات المعتمدة:

1. **التخطيط التكاملي بين المياه والصرف والزراعة**فنجاح إعادة الاستخدام يتطلب أن تكون الزراعة المستهدفة، والمساحات المحتملة، واحتياجات الري، وأنواع المحاصيل، جزءًا من التخطيط منذ البداية، لا مجرد مرحلة لاحقة بعد إنتاج المياه المعالجة.
2. **اختيار مستويات المعالجة وفق الغرض الزراعي**إذ تختلف متطلبات الجودة بحسب نوع المحصول وطريقة الري ومستوى التعرض البشري، وهو ما يستلزم ربطًا مباشرًا بين التصميم/التشغيل والمعايير المستهدفة.
3. **الرقابة الدورية والتحقق من الجودة**لأن صلاحية المياه للري ليست حالة ثابتة تُفترض مرة واحدة، بل حالة يجب التأكد منها دوريًا، خاصة في المحطات التي قد تتأثر بأحمال متغيرة أو مشكلات تشغيلية.
4. **إدارة المخاطر الصحية والبيئية بشكل متعدد الحواجز**وهو جوهر نهج منظمة الصحة العالمية، حيث لا يُعتمد على التحاليل وحدها، بل تُستخدم مجموعة إجراءات تشمل المعالجة، ونمط الري، وإدارة الحقول، وحماية العمال، وسلامة سلاسل الغذاء.
5. **بناء الثقة المجتمعية والمؤسسية**لأن قبول استخدام المياه المعالجة في الزراعة يرتبط بدرجة الشفافية، ووضوح المعايير، وإثبات السلامة، وليس فقط بالجدوى الاقتصادية.

وفي هذا السياق، تأتي المراجع الليبية مثل دراسة العريمي والرشيد (2019) ذات قيمة خاصة؛ لأنها تنقل النقاش من المستوى الإقليمي العام إلى مستوى التطبيق المحلي، وتُظهر أن فكرة استخدام المياه المعالجة في الري ليست مجرد طرح نظري في ليبيا، بل موضوع قابل للدراسة والتقويم والتوسيع بشروط واضحة.

المطلب الثاني - معايير ولوائح جودة المياه المعالجة لإعادة الاستخدام الزراعي:

إذا كان المطلب الأول قد ركّز على "المورد" و"فرص الاستفادة"، فإن هذا المطلب يتناول "شروط السلامة والضبط"، أي الإطار المعياري والتنظيمي الذي يحكم الانتقال من إمكانية إعادة الاستخدام إلى استخدام فعلي آمن ومنظم. وتنبع أهمية هذا المطلب من أن كثيرًا من الإخفاقات العملية في إعادة الاستخدام لا ترجع إلى غياب المورد فقط، وإنما إلى ضعف الربط بين التشغيل والمعايير، أو إلى غموض الإطار التنظيمي، أو إلى عدم ملاءمة المعايير المطبقة للسياق المحلي.

(1معنى "المعايير" و"اللوائح" في سياق إعادة الاستخدام الزراعي:

تشير الدويك والمهرة (2023) و Nassifوآخرون (2022) إلى أن معايير ولوائح جودة المياه لإعادة الاستخدام الزراعي ليست مجرد قيم رقمية منفصلة، بل هي منظومة حوكمة تضم:

- تعريفات الاستخدامات المسموح بها؛
- تصنيفات للمياه المعالجة بحسب الجودة؛
- متطلبات مراقبة وتكرار أخذ العينات؛
- مسؤوليات الجهات المشغلة والرقابية؛
- تدابير إدارة المخاطر؛
- شروط متعلقة بنوع المحاصيل وطرق الري؛
- أحيانًا متطلبات للتواصل والشفافية وخطط إدارة المخاطر.

وبهذا المعنى، فإن المعيار الرقمي (مثل حدود بعض المؤشرات الميكروبيولوجية أو الكيميائية) يمثل جزءًا من إطار أوسع، وليس الإطار كله. وهذه نقطة مهمة جدًا في الدراسات التطبيقية، لأن الاقتصار على مقارنة تحليل مخبري واحد بجدول حدود قصوى قد يعطي انطباعًا ناقصًا عن الصلاحية الفعلية للاستخدام الزراعي.

(2تطور المرجعيات الدولية: من الإرشادات العامة إلى الإدارة القائمة على المخاطر:

يمثل مرجع FAO (1992) أحد الأسس الكلاسيكية المهمة في موضوع جودة مياه الري ومياه الصرف، إذ وضع إطارًا عمليًا لفهم خصائص مياه الصرف، والمعلمات ذات الدلالة الصحية والزراعية، وإرشادات الجودة للاستخدام الزراعي، وربط ذلك بخيارات المعالجة. وتظل أهميته قائمة حتى اليوم من حيث تأسيس المفاهيم الزراعية المتعلقة بالملوحة، وسمية بعض العناصر، وتأثير جودة المياه على التربة والمحصول والإدارة الزراعية .(FAO, 1992) كما أن تنظيمه الموضوعي بين "معلمات ذات

أهمية صحية" و"معلمات ذات أهمية زراعية" يقدم قاعدة منهجية مفيدة لأي دراسة تقييمية .

أما منظمة الصحة العالمية (WHO, 2006) فقد أسهمت في تطوير المقاربة الصحية لإعادة الاستخدام عبر تعزيز منهج إدارة المخاطر، ووضع الأهداف الصحية، وتبني فكرة "الحواجز المتعددة" بدل الاكتفاء باشتراط قيمة نهائية واحدة للمياه الخارجة. وتُظهر المواد المساندة لتطبيق إرشادات WHO أن الهدف هو تكييف متطلبات السلامة مع السياقات المختلفة (منخفضة/متوسطة/عالية الدخل والقدرة المؤسسية)، بما يسمح بتطبيق تدريجي واقعي دون التخلي عن الهدف الصحي النهائي. وهذا مهم جدًا في دول المنطقة، حيث قد تختلف البنى التحتية وقدرات الرقابة من بلد إلى آخر (WHO, 2006; WHO guidance notes).

(3المعايير واللوائح في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا: التباين والحاجة إلى المواءمة:

تؤكد الدويك والمهرة (2023) و Nassifوآخرون (2022) أن منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تُظهر تنوعًا واضحًا في كيفية تنظيم إعادة الاستخدام الزراعي للمياه المعالجة. فبعض الدول تعتمد أطرًا تنظيمية متقدمة نسبيًا تتضمن تصنيفًا واضحًا للاستخدامات ومتطلبات للمراقبة وخطط إدارة مخاطر، بينما ما زالت دول أخرى تعتمد معايير جزئية أو إرشادات عامة أو أطرًا تنظيمية يصعب تنفيذها على أرض الواقع بالدرجة المطلوبة.

ويكمن التحدي في أن نقل المعايير الدولية إلى السياق الوطني لا يمكن أن يكون نقلًا حرفيًا دائمًا؛ إذ يجب مراعاة:

- المناخ المحلي (الحرارة، التبخر، الندرة المائية)؛
- أنماط الزراعة والمحاصيل السائدة؛
- القدرات المؤسسية والفنية للمختبرات والمحطات؛
- أنماط الاستخدام الرسمية وغير الرسمية؛
- القدرة على الإنفاذ والمتابعة.لذلك فإن القيمة العلمية الكبيرة لفصل الدويك والمهرة (2023) لا تقتصر على عرض "حدود معيارية"، بل تشمل أيضًا إبراز العلاقة بين الإطار التنظيمي والممارسة التطبيقية، وبين النص القانوني وإمكانات التنفيذ الفعلي.

(4النموذج الأوروبي الحديث كمثال تنظيمي مقارن:

يُعد تنظيم الاتحاد الأوروبي رقم 2020/741 (EU) بشأن الحد الأدنى لمتطلبات إعادة استخدام المياه مثالًا حديثًا مهمًا في تطور الأطر التنظيمية، ويمكن الاستفادة منه كمقارنة معيارية وتشريعية، لا بوصفه نموذجًا جاهزًا للنقل المباشر إلى السياقات الأخرى. فهذا التنظيم يضع متطلبات دنيا لإعادة استخدام المياه، ويركز على الاستخدام الزراعي للمياه المستصلحة، ويعمل ضمن إطار تشريعي أوسع يتعلق بحماية المياه والبيئة والصحة العامة وسلامة الغذاء. كما أن النص الرسمي يحدد نطاقًا واضحًا ويضع أحكامًا تنفيذية ويرتبط بملاحق تفصيلية للاستخدامات والحدود الدنيا (European Parliament and Council of the European Union, 2020, pp. 32–55).

ومن النقاط المفيدة مقارنًا أن التنظيم الأوروبي يعرّف الاستخدام الزراعي بصورة واضحة ضمن ملحقه، مع التمييز بين أنواع المحاصيل (محاصيل تؤكل نيئة، محاصيل مصنّعة، ومحاصيل غير غذائية)، ما يعكس فلسفة تنظيمية قائمة على ربط جودة المياه بنمط الاستخدام ومستوى التعرض المحتمل، وليس فقط بتعريف عام للري الزراعي. كما أن التنظيم دخل حيز التطبيق الفعلي بعد فترة انتقالية، وهو ما يبرز أهمية التدرج المؤسسي في تنفيذ المعايير .

وهنا تظهر قيمة المقارنة مع السياق الليبي والعربي؛ إذ يمكن الاستفادة من هذا النموذج في تطوير التفكير التنظيمي (خاصة من حيث التصنيف، وخطط إدارة المخاطر، والتتبع المؤسسي)، دون افتراض أن نفس الحدود أو نفس متطلبات البنية المؤسسية قابلة للتطبيق الفوري في جميع السياقات.

(5مؤشرات تقييم جودة المياه المعالجة لأغراض الري الزراعي:

تتطلب الدراسات التطبيقية الخاصة بصلاحية المياه المعالجة للري الاعتماد على مجموعة متكاملة من المؤشرات، يمكن تصنيفها – منهجيًا – إلى ثلاث مجموعات رئيسية:

1. **مؤشرات فيزيائية وكيميائية عامة** مثل الرقم الهيدروجيني، والتوصيل الكهربائي/الملوحة، والمواد الصلبة الذائبة والعالقة، وبعض مؤشرات الحمل العضوي (بحسب طبيعة الدراسة وتوافر التحاليل).
2. هذه المؤشرات مهمة لتقدير الأثر المحتمل على التربة، وكفاءة نظم الري، وملاءمة المياه للاستخدام المستمر.

3. **مؤشرات صحية/ ميكروبيولوجية** وهي ضرورية خصوصًا عند تقييم المخاطر الصحية المرتبطة بالتعرض المباشر أو غير المباشر، وبخاصة إذا كانت المحاصيل المروية تدخل في السلسلة الغذائية.
4. **مؤشرات زراعية/إدارية مرتبطة بالسياق** مثل نوع المحاصيل، وطريقة الري، وتواتر الري، وطبيعة التربة، والإجراءات المصاحبة في الحقل، ومدى استقرار جودة المياه عبر الزمن.

وهذه المؤشرات تعكس الاتجاه الحديث في تقييم الصلاحية بوصفها "ملاءمة سياقية" وليست مجرد نتيجة تحليل مخبري لحظة معينة.

وتنسجم هذه الرؤية مع طرح FAO (1992) في التمييز بين المعلمات الصحية والزراعية، ومع طرح WHO (2006) في إدارة المخاطر، ومع عرض الدويك والمهرة (2023) و Nassifوآخرين (2022) لاختلاف الأطر التنظيمية في المنطقة.

(6المطابقة للمواصفات والصلاحية للري: الفرق المفاهيمي والمنهجي:

من القضايا المنهجية المهمة في هذا المبحث التمييز بين مفهومين كثيرًا ما يُستخدمان بالتبادل رغم اختلافهما :**المطابقة للمواصفات** و**الصلاحية للري والزراعة**.

- **المطابقة للمواصفات** تعني – في الأساس – مقارنة نتائج تحليلية لمجموعة مؤشرات بحدود رقمية أو اشتراطات محددة في مواصفة أو لائحة معينة.
- **الصلاحية للري والزراعة** مفهوم أوسع؛ إذ يشمل المطابقة، لكنه يضيف إليها عناصر السياق التطبيقي (نوع المحصول، طريقة الري، خصائص التربة، إدارة المخاطر، انتظام الجودة، القدرة على المراقبة).

وتبرز أهمية هذا التمييز في الدراسات الليبية التطبيقية الحديثة، مثل دراسة العطوي (2025)، التي تربط بين مطابقة المياه المعالجة للمواصفات القياسية الليبية وبين الحكم على صلاحيتها لأغراض الري والزراعة، أي أنها لا تقف عند حدود القياس المخبري وحده، بل تتجه نحو التقييم الوظيفي المرتبط بالغرض الزراعي. وهذا النوع من الدراسات مهم جدًا لبناء منهجية تقييم متوازنة في الحالات التطبيقية الليبية، ومنها محطة النجيلة بجنزور.

(7القيمة العلمية للمراجع الليبية في بناء الإطار المعياري المحلي:

رغم أهمية المرجعيات الدولية والإقليمية، فإن الدراسات الليبية المحلية تظل ضرورية لأنها تكشف طبيعة التحديات الواقعية في القياس والتشغيل والمطابقة ضمن البيئة المؤسسية والفنية الليبية. وفي هذا السياق، تمثل دراسة العريمي والرشيد (2019) مثالًا

مهمًا لربط صلاحية المياه المعالجة للري بدراسة تطبيقية محلية (مصراتة)، بينما تمثل دراسة العطوي (2025) إضافة نوعية لأنها تُدخل بصورة مباشرة مسألة المطابقة للمواصفات القياسية الليبية ضمن تقييم الصلاحية الزراعية.

ومن منظور منهجي، فإن هذه المراجع المحلية تؤدي ثلاث وظائف أساسية في البحث:

1. **توطين المفاهيم** :أي تحويل المفاهيم العامة (إعادة الاستخدام، الجودة، الصلاحية) إلى سياق ليبي قابل للقياس.
2. **دعم المقارنة** :أي تمكين الباحث من مقارنة نتائج محطة الدراسة بنتائج محطات/دراسات ليبية أخرى.
3. **تطوير التوصيات** :لأن التوصيات تكون أكثر قابلية للتطبيق عندما تستند إلى خبرة محلية لا إلى نقل مباشر من سياقات مختلفة جذريًا.

(8نحو إطار معياري تطبيقي ملائم للدراسة الليبية:

استنادًا إلى ما سبق، يمكن القول إن الإطار المعياري الملائم للدراسات الليبية – ومنها الدراسة المرتبطة بمحطة النجيلة بجنزور – ينبغي أن يجمع بين أربعة مستويات متكاملة:

- **المستوى الأول: المرجعية الوطنية** عبر اعتماد المواصفات القياسية والاشتراطات الليبية ذات الصلة (كما يظهر في أعمال مثل العطوي، 2025).
- **المستوى الثاني: المرجعية الإقليمية(MENA)** عبر الاستفادة من خلاصات الدويك والمهرة (2023) و Nassifوآخرين (2022) في فهم التباين التشريعي والتنظيمي وممارسات التكييف الإقليمي.
- **المستوى الثالث: المرجعية الدولية الصحية والزراعية** عبر WHO (2006) و(1992) FAO، خاصة فيما يتعلق بإدارة المخاطر الصحية، والحواجز المتعددة، والاعتبارات الزراعية المرتبطة بالتربة والملوحة والمحاصيل.
- **المستوى الرابع: المرجعية المقارنة التنظيمية الحديثة** عبر نماذج مثل EU 2020/741لفهم تطور التشريع من منطق الحدود العامة إلى منطق الإدارة المتكاملة للمخاطر والرقابة والمسؤوليات.

هذا الدمج لا يهدف إلى تعقيد التقييم، بل إلى جعله أكثر دقة وواقعية. فالحكم على صلاحية المياه المعالجة للري في الحالة الليبية لا ينبغي أن يكون مفصولًا عن الإمكانات الفعلية للمحطة، ولا عن المخاطر البيئية المحلية، ولا عن طبيعة الاستخدام الزراعي

المستهدف. كما أن الدراسة التطبيقية الرشيدة لا تكتفي بإثبات وجود فجوة أو نقص، بل تُمهد لتوصيات قابلة للتنفيذ تنطلق من الإطار المعياري وتُراعي الواقع المؤسسي.

خلص هذا المبحث إلى أن إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري الزراعي تمثل خيارًا استراتيجيًا واعدًا في البيئات الشحيحة مائيًا، لكنها ليست خيارًا تلقائيًا أو محايدًا من حيث المخاطر. فنجاحها يتطلب فهمًا دقيقًا لطبيعة المورد (إنتاج المياه العادمة، مسارات المعالجة، فجوة الاستفادة، فرص التوسع)، كما يتطلب إطارًا معياريًا وتنظيميًا يضبط جودة المياه وإدارة المخاطر وملاءمة الاستخدام الزراعي)الخطيب وآخرون، 2023؛ الدويك والمهرة، 2023؛ Mateo-Sagasta et al., 2022; Nassif et al., 2022).وفي السياق الليبي، تزداد أهمية هذا الدمج بين المفاهيمي والمعياري في ضوء الحاجة إلى دراسات تطبيقية تقيس المطابقة والصلاحية على مستوى المحطات الفعلية، وتستند في الوقت نفسه إلى مرجعيات وطنية وإقليمية ودولية متكاملة، وهو ما يمهد منطقيًا للانتقال إلى المبحث الثاني الخاص بالصلاحية التطبيقية للمياه المعالجة للري الزراعي في الحالة الليبية، وبصورة أكثر تحديدًا في محطة النجيلة بجنزور.

المبحث الثاني ـ الصلاحية التطبيقية للمياه المعالجة للري الزراعي في السياق الليبي:

يمثل هذا المبحث الحلقة الأهم في الدراسة؛ لأنه ينقل النقاش من المستوى المفاهيمي والمعياري إلى المستوى التطبيقي الذي يجيب عن السؤال الجوهري :**هل المياه المعالجة يمكن استخدامها فعلاً في الري الزراعي بصورة آمنة وفعّالة في البيئة الليبية، وبشكل خاص في منطقة النجيلة بجنزور ذات الطابع الزراعي؟**

وتزداد أهمية هذا السؤال في الحالة الليبية بسبب التداخل بين ثلاثة أبعاد متزامنة :**شح الموارد المائية التقليدية، والحاجة إلى حماية البيئة من آثار التصريف غير المنضبط، والحاجة إلى تعظيم الاستفادة من مورد مائي غير تقليدي يمكن أن يسهم في دعم النشاط الزراعي المحلي**)عبدالله وأوكي، 2015؛ Dweik & Mhareh, 2023 ؛ WHO, 2006).كما أن الأدبيات الإقليمية تشير إلى أن منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تمتلك إمكانات كبيرة غير مستغلة في مجال إعادة استخدام المياه المعالجة، لكن هذه الإمكانات تبقى مشروطة بجودة المعالجة، والامتثال للمعايير، وكفاءة الإدارة والتشغيل، والتقييم البيئي المستمر .

وفي ضوء ذلك، ينقسم هذا المبحث إلى مطلبين متكاملين:

- **المطلب الأول** يعالج قضية المطابقة والصلاحية للري والزراعة من منظور معياري وفني.
- **المطلب الثاني** يركز على **التقييم التطبيقي لمحطة النجيلة بجنزور** بوصفها حالة دراسية في بيئة زراعية، مع تحليل الأثر البيئي والتحديات والفرص.

المطلب الأول ـ مطابقة المياه المعالجة للمواصفات وصلاحيتها للري والزراعة:

أولًا ـ مفهوم المطابقة والصلاحية في سياق إعادة الاستخدام الزراعي:

لا يكفي في تقييم المياه المعالجة القول بأنها "مياه معالجة" حتى تُعد صالحة للري؛ فالمعيار العلمي والمهني يقوم على التمييز بين مفهومين متلازمين:

1. **المطابقة** :**(Compliance/Conformity)** أي مدى توافق خصائص المياه الخارجة من المحطة مع الحدود القصوى/الدنيا المنصوص عليها في المواصفات القياسية أو اللوائح المنظمة.
2. **الصلاحية** :**(Suitability/Fitness for Use)** أي مدى ملاءمة هذه المياه فعليًا للاستخدام الزراعي المحدد، بالنظر إلى نوع المحصول، وطريقة الري، ونوع التربة، والظروف المناخية، والمخاطر البيئية والصحية المحيطة.

وبهذا المعنى، قد تكون المياه **مطابقة جزئيًا** لبعض المؤشرات) مثل pH أو بعض الأملاح(، لكنها غير صالحة لمحصول معين أو لطريقة ري معينة إذا كانت المؤشرات الميكروبيولوجية أو مؤشرات الملوحة/الصوديوم مرتفعة. والعكس صحيح أيضًا: قد تكون المياه مناسبة لبعض الاستخدامات المقيدة (التشجير، المسطحات الخضراء، بعض الأشجار غير الغذائية) حتى لو لم تستوفِ أعلى درجات الاشتراطات اللازمة للمحاصيل التي تؤكل نيئة. وهذا المنطق هو جوهر المقاربات الحديثة في WHO (2006) والتنظيمات المقارنة، ومنها الإطار الأوروبي لحدود ومتطلبات إعادة الاستخدام وفق مستويات وضوابط استخدام محددة .(WHO, 2006; EU, 2020/741)

ومن هنا تتضح قيمة دراسة العطوي (2025) في السياق الليبي؛ إذ تركز مباشرة على **مدى المطابقة للمواصفات القياسية الليبية** ثم تنتقل إلى الحكم على **الصلاحية لأغراض الري والزراعة**، وهو ترتيب منهجي صحيح ينبغي الإفادة منه في تقييم محطة النجيلة بجنزور، لأن الحكم العلمي لا يُبنى على الانطباع العام عن "جودة المعالجة"، وإنما على **مصفوفة مؤشرات** تُقارن بالمواصفات المحلية والمعايير المرجعية ذات الصلة (العطوي، 2025؛ Dweik & Mhareh, 2023).

ثانيًا ـ مؤشرات تقييم المطابقة والصلاحية الزراعية:

تقييم صلاحية المياه المعالجة للري الزراعي يعتمد عادةً على حزمة مترابطة من المؤشرات، ويمكن تنظيمها في أربع مجموعات رئيسية:

(1المؤشرات الفيزيائية العامة:

مثل: اللون، الرائحة، العكارة، المواد الصلبة العالقة، ودرجة الحرارة.هذه المؤشرات لا تُعد شكلية فقط، بل تؤثر مباشرة في:

- قابلية استخدام المياه في شبكات الري (خصوصًا التنقيط والرش)؛
- احتمالات انسداد الخطوط والمرشحات؛
- القبول التشغيلي والمجتمعي لاستخدام المياه المعالجة؛
- الاستدلال الأولي على استقرار المعالجة.

فارتفاع المواد العالقة أو العكارة مثلًا قد يشير إلى قصور في المعالجة الثانوية/الترشيح أو إلى تذبذب في الأداء التشغيلي، وهو ما ينعكس سلبًا على كفاءة نظام الري وعلى تجانس توزيع المياه في الحقل(FAO, 1992) ؛ عبدالله وأوكي، 2015) .

(2المؤشرات الكيميائية:

وتشمل مجموعة واسعة، أهمها:

- **الأس الهيدروجيني(pH)**
- **التوصيلية الكهربائية (EC)** والملوحة
- **الأملاح الذائبة الكلية(TDS)**
- **الصوديوم** ونسبة امتزاز الصوديوم
- **الكلوريد، والكبريتات، والبيكربونات**
- **النيتروجين والفوسفور**)من زاويتين: الفائدة السمادية + مخاطر التراكم)
- **المعادن الثقيلة** عند الحاجة (وفق طبيعة الصرف ومصدره)

وتبرز أهمية هذه المؤشرات لأن صلاحية مياه الري ليست فقط مسألة ‘‘نظافة’’، بل أيضًا **مسألة اتزان ملحي-كيميائي** يحافظ على بنية التربة وقدرتها الإنتاجية. فبعض المياه المعالجة قد تحمل قيمة سمادية مفيدة (نيتروجين/فوسفور) تقلل جزئيًا الحاجة إلى الأسمدة، لكن الاستخدام غير المنضبط قد يؤدي إلى تراكم أملاح أو اضطراب في خصائص التربة على المدى المتوسط والبعيد(FAO, 1992) ؛ مليطان وآخرون، 2019 .)

(3المؤشرات الميكروبيولوجية:

وهي من أكثر المؤشرات حساسية، خاصة في حال الاستخدام الزراعي المباشر. وتشمل عادةً مؤشرات التلوث البكتيري (مثل القولونيات) ومؤشرات السلامة الصحية العامة.وهنا تظهر أهمية التفريق بين الاستخدامات الزراعية:

- محاصيل تؤكل نيئة.
- محاصيل مصنّعة/مطبوخة.
- أشجار مثمرة.
- تشجير ومصدات رياح ومساحات خضراء.

فكلما زادت احتمالات التماس المباشر مع الجزء المأكول أو مع العمال والسكان، ارتفعت متطلبات السلامة والضبط. وتؤكد أدلة WHO أن إدارة المخاطر في إعادة الاستخدام الزراعي لا تُختزل في معيار واحد، بل تقوم على **سلسلة ضوابط** تشمل نوع المعالجة، طريقة الري، اختيار المحصول، واحتياطات التداول الزراعي (WHO, 2006).

(4مؤشرات التشغيل والاستقرار الزمني:

وهي غالبًا ما تُهمل في بعض الدراسات التطبيقية، رغم أهميتها العالية. فالمياه قد تظهر "مطابقة" في عينة واحدة، لكن **التذبذب الزمني** (اليومي/الموسمي) في الأحمال الداخلة للمحطة أو في كفاءة التشغيل يجعل الحكم النهائي على الصلاحية الزراعية غير دقيق إذا لم يعتمد على سلسلة تحاليل منتظمة.ومن ثم، فإن الحكم المهني الأفضل يكون من خلال:

- عينات متكررة،
- رصد موسمي،
- مقارنة بمتوسطات واتجاهات،
- وليس الاكتفاء بقياس لحظي منفرد.

وهذا الاعتبار مهم جدًا عند تقييم محطات المعالجة في السياق الليبي، حيث قد تتأثر كفاءة التشغيل بعوامل الطاقة، الصيانة، الكوادر، ونمط التدفقات الداخلة (اسحام وآخرون، 2022؛ عبدالله وأوكي، 2015).

ثالثًا ـ الصلاحية الزراعية ليست حكمًا مطلقًا بل حكمًا مقيدًا بالاستخدام:

من الأخطاء المنهجية الشائعة التعامل مع الصلاحية الزراعية بوصفها حكمًا ثنائيًا (صالحة/غير صالحة) بصورة مطلقة. والأدق علميًا أن تكون الصياغة على النحو الآتي:

- صالحة للري **مع القيود**
- صالحة لبعض **المحاصيل دون غيرها**
- صالحة لـ **طرق ري محددة**
- صالحة **بعد معالجة إضافية/تعقيم**
- غير صالحة في وضع التشغيل الحالي

وهذا النهج يتسق مع المرجعيات الدولية والإقليمية التي تربط الجودة المقاسة بسيناريو الاستخدام الزراعي. ففي التطبيق العملي، قد تكون المياه مناسبة للتشجير الحضري أو المسطحات الخضراء أو الأشجار الحرجية، بينما تتطلب المحاصيل الغذائية عالية الحساسية معايير أكثر صرامة وضوابط إضافية (Dweik & Mhareh, 2023; WHO, 2006; FAO, 1992). كما أن التنظيم الأوروبي الحديث يعكس هذا الاتجاه عبر تحديد حد أدنى للمتطلبات وفق أنماط استخدام ومخاطر مختلفة، وهو ما يفيد كمرجع مقارن عند تطوير أطر محلية أكثر تفصيلًا (EU, 2020/741).

رابعًا ـ قراءة في الأدبيات الليبية الداعمة لمفهوم المطابقة والصلاحية:

(1دراسة العطوي (2025): المطابقة للمواصفات الليبية كمدخل للحكم

تمثل دراسة العطوي (2025) قيمة خاصة لأنها تنطلق من **مرجعية ليبية مباشرة** في تقييم مطابقة مياه الصرف الصحي المعالجة، ثم تربط ذلك بالحكم على صلاحيتها للري والزراعة. والأهمية المنهجية لهذا المرجع أنه يعزز فكرة أن **المقارنة بالمواصفات الليبية ليست إجراءً شكليًا**، بل خطوة تأسيسية لأي توصية تطبيقية مسؤولة في السياق المحلي.

وفي هذا الإطار، يمكن الاستفادة من منطق الدراسة في بناء نموذج تقييم لمحطة النجيلة بجنزور يقوم على:

- تحليل المؤشرات الأساسية،
- المقارنة بالمواصفات الليبية ذات العلاقة،
- تقييم الاستخدام الزراعي المقترح،
- ثم صياغة توصية عملية (مسموح/مقيد/مؤجل لحين تحسين المعالجة).

(2دراسة العريمي والرشيد (2019): الربط بين التحليل والجدوائية الزراعية

تبرز دراسة مصراتة (العريمي والرشيد، 2019) كمرجع ليبي مفيد لأنها تتناول **إمكانية إعادة استخدام المياه المعالجة في أغراض الري**، أي أنها لا تقف عند الوصف الكيميائي للمياه فقط، بل تنتقل إلى سؤال الإمكان التطبيقي. وهذا الربط مهم جدًا لمحطة النجيلة؛ لأن الدراسة الحالية لا تهدف فقط إلى "وصف" خصائص المياه، وإنما إلى تقييم مدى إمكانية توظيفها كحل مائي داعم للزراعة المحلية بصورة منضبطة.

Milad & Arafa (2014) (3و :Abdulla & Ouki (2015)دعم المقاربة التطبيقية الليبية:

الأدبيات الأجنبية الخاصة بليبيا، خصوصًا دراستي سرت وطبرق، تقدم دعمًا مهمًا للمطلب الأول من زاويتين:

- زاوية **كفاءة محطة المعالجة وانعكاسها على جودة المياه النهائية،**
- وزاوية **الفرص والتحديات العملية لإعادة الاستخدام الزراعي** في البيئة الليبية (Milad & Arafa, 2014; Abdulla & Ouki, 2015).

وتكمن أهمية دراسة عبدالله وأوكي (2015) تحديدًا في أنها تركز على ليبيا (طبرق حالةً تطبيقيةً)، وتجمع بين الاعتبارات الفنية والإدارية، وهو ما يجعلها مرجعًا مناسبًا لبناء منطق التقييم في النجيلة بجنزور، لا سيما من حيث ضرورة الجمع بين **الجودة الفنية للمياه وجاهزية منظومة الإدارة والتوزيع والقبول التطبيقي** .وقد أمكن التحقق من بيانات هذه الدراسة ومعلومات نشرها عبر صفحة المجلة (Global NEST Journal)بما في ذلك العنوان والبيانات الببليوغرافية الأساسية .

Benzaghta et al. (2025):4)أهمية المرجع الليبي الحديث في مصراتة

يُعد هذا المرجع الحديث مهمًا جدًا لأنه يعكس اتجاهًا بحثيًا أكثر نضجًا في تقييم المياه البلدية المعالجة للري في ليبيا، مع التركيز على **المقارنة بالمواصفات الليبية والدولية** والحكم على الصلاحية وتقديم توصيات فنية. ووجود الدراسة ضمن أعداد 2025 من IJETMيعزز قيمتها كمرجع حديث للمقارنة المنهجية عند معالجة حالة النجيلة بجنزور. وقد ظهرت الدراسة ضمن فهرس العدد (Vol. 28, 2025) بصفحات 190–212 .

خامسًا ـ خلاصة المطلب الأول وانعكاسه على محطة النجيلة:

انطلاقًا مما سبق، فإن تقييم مطابقة وصلاحية المياه المعالجة بمحطة النجيلة بجنزور يجب أن يقوم على مبادئ واضحة:

1. **المطابقة خطوة لازمة وليست كافية.**
2. **الصلاحية حكم استخدامي مقيد** بنوع المحصول وطريقة الري والتربة والبيئة المحيطة.
3. **التحليل الكيميائي والميكروبيولوجي يجب أن يُقرأ معًا** لا منفصلًا.
4. **الاستقرار التشغيلي والزمني للمحطة** جزء من الحكم على الصلاحية.
5. **التوصية النهائية** ينبغي أن تكون عملية ومتدرجة (استخدام مقيد/تحسين المعالجة/مراقبة دورية/تغيير نمط الري).

وبذلك يمهّد هذا المطلب للانتقال إلى الحالة التطبيقية لمحطة النجيلة بجنزور، حيث لا يكفي السؤال: "هل المياه جيدة؟" بل يجب أن يصبح السؤال الأدق" :**هل المياه المعالجة بمحطة النجيلة مناسبة للاستخدام الزراعي المقترح في هذه المنطقة الزراعية، ضمن شروط تشغيل وضبط بيئي محددة؟"**

المطلب الثاني - التقييم التطبيقي لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة بمحطة النجيلة بجنزور وأثرها البيئي:

أولًا - خصوصية محطة النجيلة بجنزور بوصفها حالة دراسية زراعية:

تكتسب محطة النجيلة بجنزور أهمية تطبيقية خاصة لأن تقييمها لا يتم في فراغ نظري، بل داخل **سياق مكاني زراعي** تتداخل فيه أنشطة الري والتربة والمياه الجوفية والاستعمالات البشرية. وهذا يجعل أي قرار يتعلق بإعادة استخدام المياه المعالجة قرارًا ذا أثر مزدوج:

- **أثر تنموي/اقتصادي**)توفير مصدر مائي بديل ودعم الزراعة)،
- و**أثر بيئي**)إيجابي عند الإدارة الجيدة أو سلبي عند ضعف الضبط).

وتزداد حساسية الحالة لأن منطقة أنجيلة–جنزور شهدت اهتمامًا بحثيًا محليًا يتعلق بتأثر المياه الجوفية بمياه الصرف في محيط البيارة/اللاقون، وهو ما يجعل البعد البيئي في الدراسة الحالية بعدًا جوهريًا لا ثانويًا. وقد أمكن التحقق من إدراج دراسة أبوركيبة وآخرين ضمن محتويات العدد 35 منISTJ ، بما يدعم الاعتماد عليها كمرجع محلي مباشر في الإطار التطبيقي للدراسة .

ثانيًا - الإطار المنهجي للتقييم التطبيقي في محطة النجيلة:

لكي يكون التقييم التطبيقي لمحطة النجيلة علميًا ودقيقًا، ينبغي أن يتكون من أربعة محاور متكاملة:

المحور (1): تقييم واقع المحطة والتشغيل:

ويشمل:

- نوع المعالجة المطبقة (أولية/ثانوية/ثالثية)،
- الطاقة التصميمية مقابل الحمل الفعلي،
- انتظام التشغيل،
- الصيانة الدورية،
- نقاط السحب وأماكن أخذ العينات،
- مصير المياه المعالجة الحالية (تصريف/تجميع/إعادة استخدام جزئي).

وتفيد هنا دراسة اسحام وآخرين حول استراتيجية إدارة المياه المعالجة بمحطة طبرق؛ لأنها تؤكد أن فعالية إعادة الاستخدام لا ترتبط بالتحليل المختبري فقط، بل بمنظومة الإدارة والتشغيل والقرار المؤسسي، وهي مسائل حاسمة في نجاح أي برنامج إعادة استخدام في ليبيا (اسحام وآخرون، 2022).

المحور (2)- تقييم جودة المياه المعالجة ومطابقتها:

وهذا المحور يطبق منطق المطلب الأول، لكن بصورة تطبيقية على محطة النجيلة، بحيث تُحلل العينات وتُقارن بالمواصفات القياسية الليبية والمعايير المرجعية ذات الصلة، ثم يُبنى عليها حكم الصلاحية.

وهنا ينبغي التأكيد على أن **الحكم النهائي على المحطة** لا يُستنتج من مرجع مقارن (مثل مصراتة أو طبرق أو سرت)، بل من **نتائج عينات النجيلة نفسها**؛ غير أن الدراسات الليبية الأخرى تمنح الباحث إطارًا مقارنًا لفهم ما إذا كانت المؤشرات تقع ضمن نطاقات مقبولة أو تكشف عن مشكلات تشغيلية تتكرر في محطات مشابهة.

المحور (3) - تقييم الأثر البيئي المباشر وغير المباشر:

ويشمل أثر استخدام المياه المعالجة (أو تصريفها/تسربها) على:

- التربة الزراعية،
- المياه الجوفية،
- الغطاء النباتي،
- الصحة البيئية المحلية (روائح/حشرات/برك راكدة)،
- واستدامة الاستعمال الزراعي.

المحور (4) - تقييم الجدوى التطبيقية والقيود:

أي الإجابة عن سؤال: إذا كانت المياه صالحة جزئيًا أو مقيدة، فما هي **أفضل سيناريوهات الاستخدام** لمحطة النجيلة؟

- تشجير؟
- مسطحات خضراء؟
- محاصيل محددة؟
- ري مقيد بطريقة التنقيط؟
- أو تأجيل الاستخدام لحين رفع كفاءة المعالجة؟

ثالثًا- الأثر البيئي على المياه الجوفية في منطقة أنجيلة–جنزور:

يُعد هذا البعد من أكثر الأبعاد حساسية في حالة محطة النجيلة/أنجيلة بجنزور، لأن أي خلل في الاحتواء أو التسرب أو سوء إدارة المياه المعالجة قد ينعكس على **نوعية المياه الجوفية**، خاصة في البيئات الزراعية التي تعتمد بصورة متفاوتة على الآبار.وفي هذا السياق، تمثل دراسة أبوركيبة وآخرين (2024) مرجعًا محليًا بالغ الأهمية؛ لأنها تتناول بشكل مباشر تلوث مياه الآبار الجوفية بمياه الصرف في المزارع المحيطة بالبيارة (اللاقون) في منطقة أنجيلة–جنزور من الزاويتين الكيميائية والميكروبيولوجية. هذا النوع من الدراسات لا يقدّم فقط "نتيجة محلية"، بل يقدّم أيضًا **إنذارًا منهجيًا** للدراسة الحالية:

أن تقييم إعادة الاستخدام في النجيلة يجب أن يسير بالتوازي مع تقييم حماية المياه الجوفية، لا أن يُنظر إليهما كملفين منفصلين.

وعليه، فإن أي توصية بإعادة الاستخدام الزراعي في محطة النجيلة ينبغي أن تتضمن -وجوبًا- تدابير حماية المياه الجوفية، مثل:

- تحديد مناطق الري الآمنة نسبيًا،
- منع التسرب غير المنضبط،
- مراقبة دورية لآبار المراقبة (إن وجدت) أو لآبار قريبة مختارة،
- وضبط معدلات وكميات الري بما يتناسب مع خصائص التربة وقدرتها على الصرف والاحتجاز) أبوركيبة وآخرون، 2024؛ .(WHO, 2006

رابعًا - الأثر البيئي على التربة الزراعية وخواصها:

التربة هي المستقبل المباشر للمياه المعالجة في الري، ولذلك فإن سلامة برنامج إعادة الاستخدام تتوقف على مدى الحفاظ على خصائصها الفيزيائية والكيميائية مع الزمن.

وهنا تبرز أهمية دراسة مليطان وآخرين (2019) حول أثر مياه الصرف الصحي على بعض خواص التربة في منطقة وادي ساسو؛ إذ تشير إلى ضرورة قراءة أثر المياه ليس فقط من خلال "جودة المياه الداخلة"، بل من خلال **الاستجابة التراكمية للتربة** نتيجة الجريان أو التسرب أو التعرض المتكرر.

وقد أمكن التحقق من وصف الدراسة على موقع مجلة البحوث الأكاديمية، حيث تشير بوضوح إلى دراسة الخواص الفيزيائية والكيميائية لتربة وادي ساسو ورصد تغيراتها نتيجة جريان المياه المعالجة بجوار خزانات التجميع. هذا يعزز الاستفادة منها في بناء إطار تقييم الأثر البيئي للتربة في النجيلة بجنزور .

وبالقياس المنهجي على ذلك، فإن التقييم التطبيقي في النجيلة يجب أن يتضمن مؤشرات للتربة مثل:

- الملوحة ECe) عند الإمكان(،
- pHالتربة،
- المادة العضوية،
- تراكم بعض الأيونات (خصوصًا الصوديوم والكلوريد)،
- مؤشرات النفاذية/التماسك،
- وأي تغيرات في البنية السطحية للتربة.

كما يجب الانتباه إلى أن أثر المياه المعالجة على التربة قد يكون **إيجابيًا جزئيًا** إذا كانت المياه ضمن حدود مقبولة وتحمل عناصر غذائية نافعة، لكنه قد يتحول إلى أثر سلبي عند الإفراط في الري، أو عند ضعف الصرف، أو عند الاستخدام طويل الأمد دون مراقبة دورية (FAO, 1992; مليطان وآخرون، 2019 .(

خامسًا - فرص الاستخدام الزراعي والبيئي في محطة النجيلة (منظور تطبيقي):

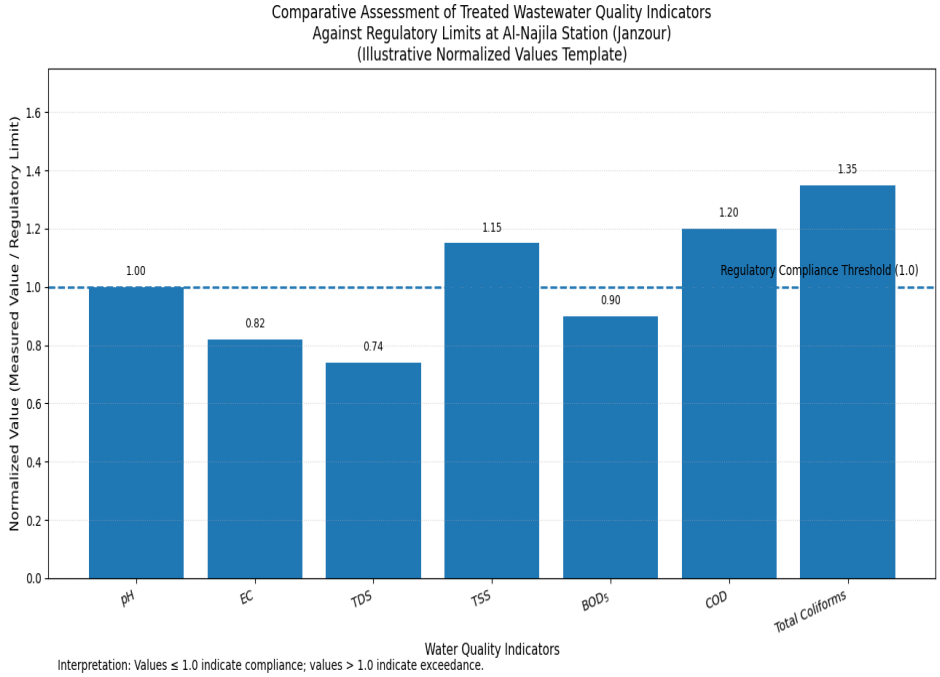
في ضوء الأدبيات الليبية المعاصرة، لا ينبغي حصر قيمة المياه المعالجة في "الري الزراعي الإنتاجي" فقط، بل يمكن تبني منظور أوسع يشمل الاستخدامات الزراعية والبيئية ذات المردود المحلي، مثل:

- تشجير المناطق الهامشية،
- إنشاء أحزمة خضراء،
- ري المسطحات الخضراء،
- دعم نباتات مقاومة نسبيًا للظروف الجافة،
- تقليل العبء البيئي الناتج عن التجمعات الراكدة لمياه الصرف.

وهنا تقدم دراسات أنوير والسنوسي في سبها (2022/2021) نموذجًا ليبيًا عمليًا مهمًا؛ إذ تتجه نحو تحويل مياه الصرف من عبء بيئي إلى مورد يمكن توظيفه في التشجير/الري المقيد بعد التقييم والمقارنة بالمحددات والمعايير. وقد أمكن التحقق من وجود الورقة الخاصة بري أشجار الطلح ضمن المؤتمر الهندسي الثالث بالزاوية، ومن توفر بياناتها الأساسية، كما أمكن التحقق من مقال "نقل مياه الصرف الحضري لري المسطحات الخضراء..." في مجلة الجامعة الأسمرية مع بيانات المؤلفين و .DOI

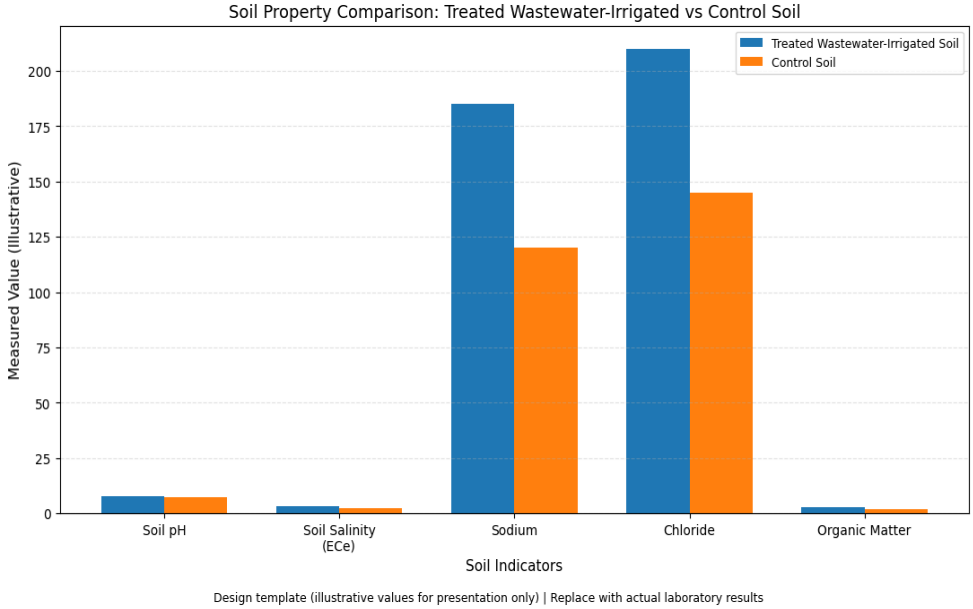
وتفيد هذه الخبرات الليبية المقارنة في حالة النجيلة بجنزور من ناحيتين:

1. **الناحية الفنية**: إمكانية تصميم استخدامات مقيدة وآمنة تدريجيًا بدل القرار الثنائي (منع/سماح مطلق).
2. **الناحية البيئية**: تقليل آثار التجمعات السطحية والروائح والمظاهر غير الصحية عبر إدخال المياه في دورة استخدام منضبطة بدل تركها كمصدر ضغط بيئي.



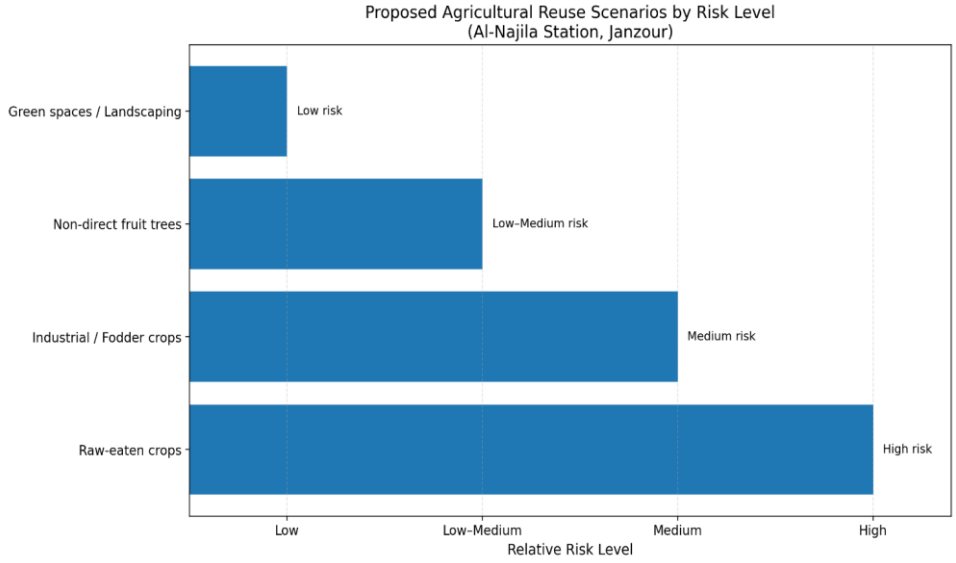
شكل (1): مقارنة مؤشرات جودة المياه المعالجة بمحطة النجيلة بجنزور بالحدود المعيارية المرجعية لتقييم مدى المطابقة (مخطط أعمدة مقارن).

يوضح الشكل مقارنةً مباشرة بين القيم المقاسة لمؤشرات جودة المياه المعالجة بمحطة النجيلة والحدود المعيارية المرجعية لكل مؤشر، بما يسهّل تقييم مدى المطابقة بصورة بصرية واضحة. وتبرز أهمية هذا الشكل في دعمه للسؤال الرئيس للدراسة المتعلق بمدى صلاحية المياه المعالجة للاستخدام الزراعي، إذ يُظهر المؤشرات التي تقع ضمن الحدود المقبولة وتلك التي قد تتطلب تحسينًا في المعالجة أو تشديدًا في المراقبة قبل التوسع في إعادة الاستخدام.



الشكل (2): مقارنة خصائص التربة بين التربة المروية بالمياه المعالجة والتربة الضابطة

يبين الشكل الفروق في بعض خصائص التربة بين موقع مروي بالمياه المعالجة وموقع ضابط غير مروي بها، بما يساعد على تقييم الأثر البيئي المحتمل لإعادة الاستخدام الزراعي على التربة. ويسهم هذا العرض المقارن في إظهار اتجاهات التغير في المؤشرات المختارة) مثل pH والملوحة وبعض الأملاح/العناصر عند توافرها(، وهو ما يدعم التحليل التطبيقي للدراسة بشأن ضرورة المتابعة الدورية لخصائص التربة عند اعتماد برامج الري بالمياه المعالجة.



شكل (3): سيناريوهات إعادة الاستخدام الزراعي المقترحة للمياه المعالجة بمحطة النجيلة بجنزور وفق درجة المخاطر

يوضح الشكل تصنيفًا تدريجيًا لسيناريوهات استخدام المياه المعالجة بحسب مستوى المخاطر، بدءًا من الاستخدامات الأقل خطورة (مثل التشجير والمسطحات الخضراء) وصولًا إلى الاستخدامات الأعلى خطورة (مثل المحاصيل التي تؤكل نيئة). وتكمن أهمية هذا الشكل في ترجمته لإحدى النتائج الجوهرية للدراسة، وهي أن صلاحية المياه المعالجة ليست حكمًا مطلقًا، وإنما صلاحية مقيدة بنوع الاستخدام الزراعي، وطريقة الري، ومستوى المعالجة، وإجراءات الحماية والرقابة المصاحبة.

سادسًا ـ التحديات التطبيقية المتوقعة في محطة النجيلة بجنزور:

حتى إذا أثبتت النتائج المخبرية الأولية صلاحية المياه المعالجة بدرجة مقبولة، فإن نجاح إعادة الاستخدام الزراعي في محطة النجيلة سيظل مشروطًا بمعالجة مجموعة من التحديات العملية، من أهمها:

(1تذبذب جودة المياه الخارجة:

قد تنتج المحطة مياهًا ضمن الحدود المقبولة في فترة معينة، ثم تتغير الجودة نتيجة تغير الأحمال الداخلة أو ضعف الصيانة أو انقطاع الطاقة. وهذا يفرض اعتماد **برنامج مراقبة مستمر** لا قياسًا منفردًا.

(2تحديات البنية التحتية للتوزيع والري:

إعادة الاستخدام الزراعي تحتاج إلى نظام نقل وتوزيع وضبط، وليس فقط "خروج مياه من المحطة". وقد أظهرت الأدبيات الليبية المتعلقة بسببها أهمية التخطيط الهندسي للشبكات عند توجيه المياه نحو المسطحات الخضراء أو الاستخدامات الزراعية (أنوير والسنوسي، 2021).

(3حماية التربة والمياه الجوفية:

في منطقة زراعية مثل النجيلة، لا بد من أن يُصاغ مشروع إعادة الاستخدام ضمن إطار حماية بيئية واضح، خاصة مع حساسية ملف المياه الجوفية في أنجيلة–جنزور (أبوركيبة وآخرون، 2024).

(4الإطار المؤسسي والتنظيمي:

نجاح المشروع يتطلب تنسيقًا بين الجهة المشغلة للمحطة، والقطاع الزراعي، والجهات البيئية/الرقابية، وتحديد مسؤولية المتابعة والتحاليل والاستجابة لأي تجاوزات. وهنا تفيد دراسات الإدارة الاستراتيجية لمحطات المعالجة في ليبيا، ومنها دراسة طبرق (اسحام وآخرون، 2022).

(5القبول المجتمعي والثقة:

هذا البعد مهم خصوصًا إذا كان الاستخدام الزراعي قريبًا من مناطق سكنية أو مزارع خاصة. بناء الثقة يعتمد على الشفافية في نتائج التحاليل، وتحديد الاستخدامات المسموح بها، وإظهار الفوائد البيئية والاقتصادية مع ضمانات السلامة.

سابعًا ـ خلاصة تقييمية تطبيقية لمحطة النجيلة بجنزور:

استنادًا إلى الأدبيات الليبية والأجنبية المذكورة، يمكن صياغة حكم تحليلي مبدئي (قبل إدراج نتائج التحاليل الميدانية النهائية) على النحو الآتي:

- **محطة النجيلة بجنزور تمتلك أهمية تطبيقية عالية** بسبب موقعها في منطقة زراعية وما يرتبط بذلك من فرصة حقيقية لإعادة استخدام المياه المعالجة في دعم النشاط الزراعي أو البيئي.
- **غير أن هذه الفرصة مشروطة** بإثبات المطابقة للمواصفات ذات الصلة، والحكم على الصلاحية وفق استخدامات محددة لا مطلقة، وربط ذلك بخطة مراقبة وتشغيل منتظمة.

- **الأثر البيئي عنصر حاسم** في الحالة المدروسة، خاصة فيما يتعلق بالمياه الجوفية والتربة، ولا يجوز الفصل بين "مشروع إعادة الاستخدام" و"برنامج الحماية البيئية المصاحب له."
- **البديل الأفضل عمليًا** ليس دائمًا الاستخدام الواسع المباشر، بل قد يكون البدء باستخدامات مقيدة وآمنة (تشجير/مسطحات خضراء/أنواع محددة من الري) ثم التوسع التدريجي وفق نتائج المتابعة.

وبذلك، فإن المطلب الثاني يؤكد أن الدراسة التطبيقية لمحطة النجيلة ليست مجرد اختبار جودة مياه، بل هي **تقييم متكامل لمورد مائي غير تقليدي داخل منظومة بيئية-زراعية محلية**، وهو ما يجعل نتائجها ذات قيمة علمية وعملية لصانعي القرار المحليين في ليبيا.

خاتمة المبحث الثاني:

خلص هذا المبحث إلى أن الصلاحية التطبيقية للمياه المعالجة في السياق الليبي - وبخاصة في محطة النجيلة بجنزور- لا تُفهم إلا عبر الجمع بين **المطابقة المعيارية، والملاءمة الزراعية المقيدة، والتقييم البيئي المستمر، وكفاءة الإدارة والتشغيل** .كما بيّن أن الأدبيات الليبية الحديثة (سبها، طبرق، مصراتة، أنجيلة–جنزور) توفر قاعدة مقارنة قوية تساعد في بناء حكم علمي متزن بشأن إعادة الاستخدام الزراعي، مع ضرورة أن يظل الحكم النهائي في حالة النجيلة قائمًا على نتائج التحاليل الميدانية الفعلية للمحطة والتربة والمياه الجوفية في منطقة الدراسة.

الخاتمة العامة للدراسة:

تناولت هذه الدراسة موضوع إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري الزراعي بليبيا بوصفه أحد البدائل المائية ذات الأهمية المتزايدة في ظل ندرة الموارد المائية التقليدية، مع التركيز على البعد البيئي الذي لا ينفصل عن أي توجه نحو التوسع في هذا النوع من الاستخدام. وقد اختيرت **محطة النجيلة بجنزور** حالةً تطبيقيةً للدراسة نظرًا لخصوصية موقعها داخل نطاق زراعي، وما يترتب على ذلك من تداخل مباشر بين احتياجات الري ومتطلبات حماية التربة والمياه الجوفية والبيئة المحلية.

وأظهرت الدراسة أن إعادة استخدام المياه المعالجة في الزراعة لا ينبغي التعامل معها كحل تقني بسيط قائم على توفر المياه فقط، بل كمنظومة متكاملة تتطلب التوازن بين **الاستفادة التنموية** و**الضبط البيئي والصحي** .فنجاح إعادة الاستخدام يرتبط ارتباطًا وثيقًا بكفاءة المعالجة، واستقرار التشغيل، وجودة المتابعة، ودقة الربط بين خصائص

المياه المعالجة ونوع الاستخدام الزراعي المستهدف. كما أكدت الدراسة أن الحكم على صلاحية المياه المعالجة يجب أن يكون حكمًا مقيدًا بسيناريو الاستخدام، لا حكمًا عامًا أو مطلقًا.

كما بينت الدراسة أن السياق الليبي، رغم ما يواجهه من تحديات تشغيلية ومؤسسية، يمتلك فرصًا حقيقية لتعزيز الاستفادة من المياه المعالجة في الري الزراعي إذا ما تم اعتماد نهج تدريجي قائم على المعايير، وإدارة المخاطر، والمراقبة المستمرة. وفي هذا الإطار، تمثل محطة النجيلة بجنزور نموذجًا مهمًا يمكن أن يسهم في بناء خبرة محلية قابلة للتطوير، شريطة أن يُصاحب إعادة الاستخدام برنامج واضح لحماية التربة والمياه الجوفية، وأن يتم التنسيق بين الجهات المشغلة والقطاعات الزراعية والبيئية ذات العلاقة.

وعليه، تخلص الدراسة إلى أن إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة بمحطة النجيلة بجنزور تمثل خيارًا واعدًا لدعم الري الزراعي وتحسين إدارة المياه غير التقليدية، لكن هذا الخيار لا يكون مستدامًا إلا إذا قام على **المطابقة المعيارية، والتقييم البيئي المستمر، والإدارة التشغيلية الكفؤة، والتخطيط المؤسسي المتكامل**.

نتائج الدراسة:

1. **إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري الزراعي تمثل خيارًا استراتيجيًا مهمًا لليبيا** في ظل الضغوط المتزايدة على الموارد المائية التقليدية والحاجة إلى بدائل مائية أكثر استدامة.
2. **نجاح إعادة الاستخدام الزراعي لا يعتمد على توفر المياه المعالجة وحده،** بل يتطلب منظومة متكاملة تشمل كفاءة المعالجة، انتظام التشغيل، الرقابة الدورية، والإطار التنظيمي والبيئي المصاحب.
3. **هناك فرق منهجي جوهري بين "مطابقة المياه للمواصفات" و"صلاحيتها الفعلية للري الزراعي"**؛ فالمطابقة تمثل خطوة أساسية، لكنها لا تكفي وحدها للحكم النهائي على ملاءمة الاستخدام الزراعي.
4. **الصلاحية الزراعية للمياه المعالجة هي صلاحية مقيدة بالاستخدام،** وتتأثر بنوع المحصول، وطريقة الري، وطبيعة التربة، ومستوى المعالجة، ومستوى التعرض البيئي والصحي المحتمل.

5. **الإطار المعياري الأكثر فاعلية هو الإطار الذي يجمع بين المرجعيات الوطنية والإقليمية والدولية**، ويوازن بين متطلبات الجودة وإدارة المخاطر وقابلية التطبيق في السياق المحلي.
6. **محطة النجيلة بجنزور تملك أهمية تطبيقية مرتفعة** بسبب موقعها في منطقة زراعية، ما يجعلها مرشحة للاستفادة من المياه المعالجة في الاستخدامات الزراعية أو البيئية المنظمة.
7. **الأثر البيئي يعد محورًا حاسمًا في تقييم محطة النجيلة**، خاصة في ما يتعلق بحماية **التربة والمياه الجوفية**، ولا يمكن الفصل بين مشروع إعادة الاستخدام وبرنامج الحماية البيئية المصاحب له.
8. **التقييم التطبيقي للمحطة يجب أن يكون متعدد الأبعاد**، بحيث يشمل:
   - تقييم واقع التشغيل والإدارة،
   - تقييم جودة المياه المعالجة ومطابقتها،
   - تقييم الأثر البيئي على التربة والمياه الجوفية،
   - تقييم سيناريوهات الاستخدام الزراعي الأكثر أمانًا.
9. **البدء بالاستخدامات الزراعية/البيئية منخفضة المخاطر هو الخيار الأكثر واقعية** في الحالة التطبيقية لمحطة النجيلة، بدلًا من التوسع المباشر في الاستخدامات الزراعية الحساسة.
10. **إعادة الاستخدام الآمن والمستدام في محطة النجيلة يتطلب تنسيقًا مؤسسيًا واضحًا** بين الجهات المشغلة للمحطة، والقطاع الزراعي، والجهات البيئية والرقابية، مع تحديد مسؤوليات المتابعة والتحليل والاستجابة.

التوصيات:

1. **إجراء برنامج تحاليل دوري منتظم للمياه المعالجة بمحطة النجيلة** يشمل المؤشرات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية الأساسية، وعدم الاكتفاء بقياسات متقطعة أو آنية.
2. **إنشاء برنامج مراقبة بيئية مصاحب لإعادة الاستخدام** يشمل متابعة خصائص التربة الزراعية والمياه الجوفية في المناطق القريبة من الاستخدام أو التصريف، وخاصة في نطاق أنجيلة–جنزور.

3. **تعزيز التنسيق المؤسسي** بين الجهات المشغلة لمحطات المعالجة، والقطاع الزراعي، والجهات البيئية والرقابية، ضمن إطار عمل واضح ومسؤوليات محددة.
4. **إجراء دراسات ميدانية طويلة الأمد في محطة النجيلة** لقياس الأثر التراكمي على التربة والمياه الجوفية تحت سيناريوهات ري مختلفة.

بيان تضارب المصالـــح:

يُقر المؤلف بعدم وجود أي تضارب مالي أو علاقات شخصية معروفة قد تؤثر على العمل المذكور في هذه الورقة.

قائمة المراجع:

أولًا - المراجع العربية:

1. **أبوركيبة، راضية أبوالقاسم، وآخرون.**(2024) **.**
دراسة مدى تلوث مياه الآبار الجوفية بمياه الصرف في المزارع المحيطة بالبيارة (اللاقون) من الناحية الكيميائية والميكروبيولوجية بمنطقة أنجيلة–جنزور .*المجلة الدولية للعلوم والتقنية (ISTJ)* ، العدد (35)، أكتوبر 2024.
2. **أنوير، محمد أنوير عبدالرحمن، والسنوسي، المبروك عبدالقادر.**(2021) **.**
نقل مياه الصرف الحضري لري المسطحات الخضراء على أطراف المدن (مدينة سبها أنموذجًا) .*مجلة الجامعة الأسمرية للعلوم التطبيقية (JAUAS)* ، 6(5)، 230.244– https://doi.org/10.59743/aujas.v6i5.1482
3. **أنوير، محمد أنوير عبدالرحمن، والسنوسي، المبروك عبدالقادر.**(2022) **.**
استخدام مياه الصرف الصحي لمدينة سبها في ري أشجار الطلح. ضمن *أعمال المؤتمر الهندسي الثالث لنقابة المهن الهندسية بالزاوية*)منشور إلكتروني.(
4. **اسحام، يونس عبدالسلام، وعبد الله، عمر محمد، وعبدالنبي، مهدي هنداوي.**(2022) **.**
استراتيجية إدارة مياه الصرف الصحي المعالجة بمحطة طبرق .*المجلة الدولية للعلوم والتقنية (ISTJ)* ، المجلد (2)، العدد.(63)
5. **الجحاوي، عمر حامد، والصغير، محمد حسن، والعريفي، إمحمد عمر، وهرام، إبراهيم محمد، والسباني، نادية حسين.**(2025) **.**
دراسة مقارنة لفعالية فلتر الحصى والرمل وخزان الأكسدة في معالجة مياه الصرف الصحي بمدينة الخمس - ليبيا .*المجلة الأفروآسيوية للبحث العلمي*، 3(3)، 717.708–

6. **الخطيب، سامر، والطيب، فاطمة، وزايغ، فاتن**.(2023) .
إنتاج مياه الصرف الصحي ومعالجتها: فرص غير مستغلة؟ في *الكتاب المرجعي حول إعادة استخدام المياه في الزراعة في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا* .المعهد الدولي لإدارة المياه.(IWMI)
7. **الدرادكة، محمد سلام، وزيدان، هيدلبرغ، وهلسة، يزن، والأتوم، أحمد، والنابلسي، جمانة، ومسمار، علا**.(2023) .
نحو تخطيط وإدارة أكثر انسجامًا لإعادة استخدام المياه الزراعية. في *الكتاب المرجعي حول إعادة استخدام المياه في الزراعة في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا* .المعهد الدولي لإدارة المياه.(IWMI)
8. **الدويك، خولة، والمهرة، هديل**.(2023) .
معايير ولوائح جودة المياه لإعادة استخدام المياه الزراعية في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. في *الكتاب المرجعي حول إعادة استخدام المياه في الزراعة في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا* .المعهد الدولي لإدارة المياه.(IWMI)
9. **العريمي، هبة، والرشيد، فاطمة**.(2019) .
إمكانية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في أغراض الري: دراسة على مياه الصرف الصحي المعالجة بمحطة المعالجة بمصراتة .*مجلة جامعة مصراتة للعلوم الزراعية*، 18(1)، 89.93–
10. **العطوي، رمضان عثمان مسعود**.(2025) .
مدى مطابقة مياه الصرف الصحي المعالجة بمركز سبها الطبي للمواصفات القياسية الليبية ومدى صلاحيتها لأغراض الري والزراعة .*مجلة روافد المعرفة*.
11. **مليطان، عبد المجيد، وأحسونة، حنان، والقنيدي، خديجة، وأبورويص، خولة**.(2019) .
دراسة أثر مياه الصرف الصحي على بعض خواص التربة في منطقة وادي ساسو .*مجلة البحوث الأكاديمية (Journal of Academic Research)* ، يونيو 2019، 174–182.

ثانيًا: المراجع الأجنبية

1. **Abdulla, A., & Ouki, S.** (2015).
The potential of wastewater reuse for agricultural irrigation in Libya: Tobruk as a case study. *Global NEST Journal, 17*(2), 357–369.
2. **Benzaghta, M. A., Kreba, S. A., Ali, M. A., & Zaghinin, I. S.** (2025).
Treated municipal wastewater for irrigation: A case study from

Misurata City, Libya. *International Journal of Environmental Technology and Management, 28*(1/2/3), 190–212.

3. **European Parliament and Council of the European Union.** (2020). Regulation (EU) 2020/741 of 25 May 2020 on minimum requirements for water reuse. *Official Journal of the European Union, L 177*, 32–55.

4. **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).** (1992). *Wastewater treatment and use in agriculture* (FAO Irrigation and Drainage Paper 47). Rome: FAO.

5. **Lahham, N., Mateo-Sagasta, J., Orabi, M. O. M., & Brouziyne, Y.** (2022). Context and drivers of water reuse in MENA. In J. Mateo-Sagasta, M. Al-Hamdi, & K. AbuZeid (Eds.), *Water reuse in the Middle East and North Africa: A sourcebook* (pp. 3–14). Colombo, Sri Lanka: IWMI.

6. **Mateo-Sagasta, J., Velpuri, N. M., & Orabi, M. O. M.** (2022). Wastewater production, treatment and reuse in MENA: Untapped opportunities? In J. Mateo-Sagasta, M. Al-Hamdi, & K. AbuZeid (Eds.), *Water reuse in the Middle East and North Africa: A sourcebook* (pp. 15–42). Colombo, Sri Lanka: IWMI.

7. **Milad, M. I., & Arafa, M. S.** (2014). Evaluation of wastewater treatment plant efficiency and the quality of treated wastewater for irrigation purposes (A case study on Sirte City, Libya). *Alexandria Science Exchange Journal, 35*, 301–310.

8. **Nassif, M.-H., Tawfik, M., & Abi Saab, M. T.** (2022). Water quality standards and regulations for agricultural water reuse in MENA: From international guidelines to country practices. In J. Mateo-Sagasta, M. Al-Hamdi, & K. AbuZeid (Eds.), *Water reuse in the Middle East and North Africa: A sourcebook* (pp. 79–105). Colombo, Sri Lanka: IWMI.

9. **World Health Organization (WHO).** (2006). *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater: Volume 2 – Wastewater use in agriculture*. Geneva: WHO.