اعتماد المعالجة اللامركزية كاحدى الطرق الرائدة في تقديم حلول فعالة ومستدامة لإدارة مياه الصرف الصحي في لبنان

The implementation of decentralized treatment as one of the main methods for providing effective and sustainable wastewater management solutions in Lebanon

El Moll Ahmad, Faculty of Public Health, Faculty of Science 3, DSST, Lebanese University, February 10, 2026

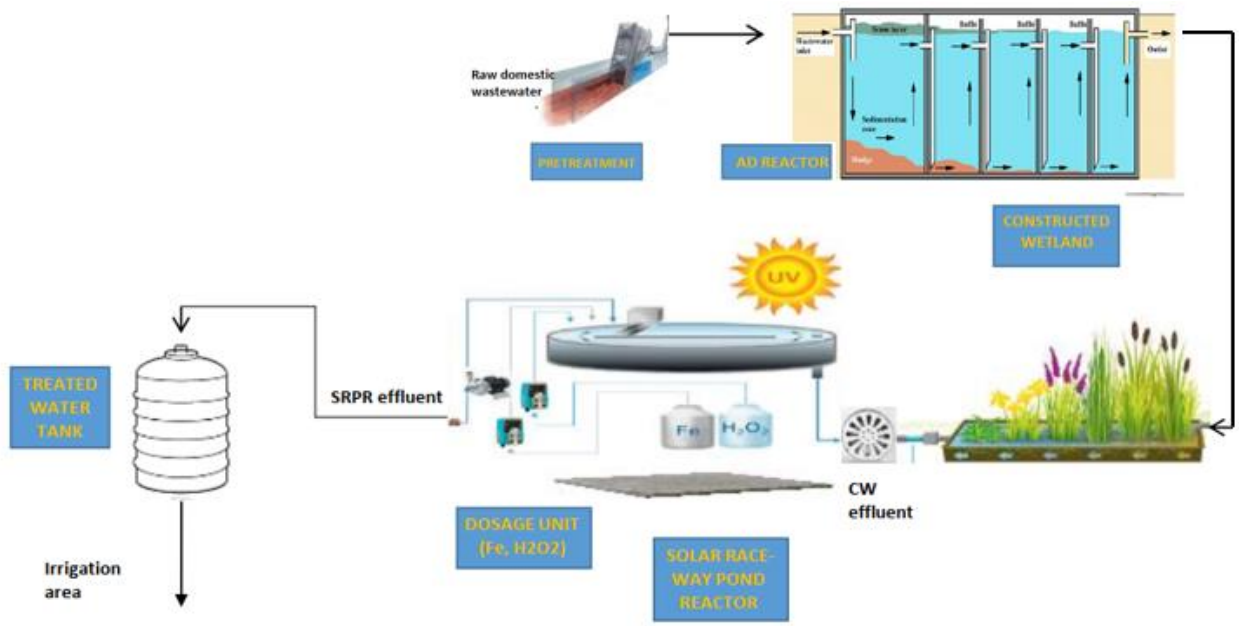
د. أحمد عبد الرؤوف المـــل

كلية الصحة العامة، كلية العلوم ، قسم فيزياء الطاقة، المعهد العالي للدكتوراة، الجامعة اللبنانية

يواجه قطاع إدارة ومعالجة الصرف الصحي في لبنان تحديات كبيرة ومتنوعة لأسباب عديدة منها نقص الموارد المالية البشرية إلى الصعوبات التقنية، عدم وجود شبكات صرف صحي متكاملة في أغلب المناطق بالإضافة الى الخلل في عملية التشغيل والصيانة فيما صُممت هذه المحطات في الأساس لتحويل المياه المبتذلة إلى مياه آمنة للاستخدام .يمكننا ان نأخذ على سبيل المثال لا الحصر محطة معالجة مياه الصرف الصحي في طرابلس، المحطة الأضخم ضمن نطاق الشمال، والتي يُفترض أن تخدم مليون نسمة، ومُصمّمة لمعالجة المياه بالمراحل الثلاث primary وsecondary وtertiary، مع توليد طاقة من الغاز والصرف الصحي، بقدرة استيعابية 135 ألف م3 في اليوم، يقتصر عملها حاليا على فلترة الصرف الصحي بشكل بدائي، ومن ثم ضخه في عرض البحر بواسطة أنابيب بطول 2 كيلومتر، وهذا بسبب بعض الصعوبات التقنية وعدم توفّر كمية مياه كافية لتشغيل المحطة، إذ يصل إليها ما بين 30 و40 ألف م3 في اليوم فقط، لأن شبكات الربط بين المحطة ومناطق زغرتا والكورة والضنية لم تُستكمل.

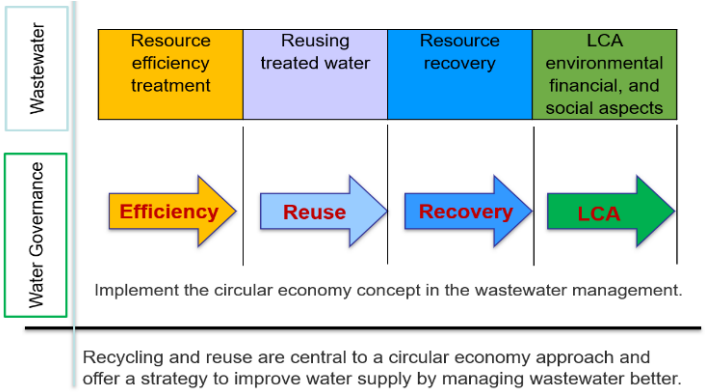
تُعد شبكات الصرف الصحي ومحطات المعالجة المركزية منظومة حيوية متكاملة لحماية الصحة العامة والبيئة من التلوث من خلال إزالة الملوثات العضوية والصلبة عبر مراحل (فيزيائية، بيولوجية، وكيميائية) لإنتاج مياه آمنة قابلة لإعادة الاستخدام في الزراعة أو الصناعة. إلا أن هذا النظام يستهلك كميات كبيرة من الطاقة والصيانة الدورية والكلفة المرفعة وإنتاج كميات كبيرة من الحمأة.

ويُجبرنا تغير المناخ، والنمو السكاني، والفقدان الهائل للتنوع البيولوجي، على إعادة النظر في النظام الحالي. فإذا ما ازدادت موجات الحر وتغيرت أنماط هطول الأمطار، ستزداد الحاجة إلى كميات كبيرة من المياه في المدن ذات الكثافة السكانية المتزايدة لتشكل المحطات اللامركزية أحد التقنيات الفعالة المبتكرة ومنخفضة الكلفة حيث تضمن معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية بشكل أساسي جمع مياه الصرف الصحي ومعالجتها وإعادة استخدامها بحيث يمكن لأنظمة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية إعادة استخدام المياه المعالجة في الري أو في تطبيقات أخرى وفقًا للمعايير البيئية الوطنية. تُركّب هذه الأنظمة عادةً بالقرب من مصدر مياه الصرف الصحي، ويمكن تشغيلها كمحطات مستقلة



تعتمد المحطات اللامركزية التقنيات الحديثة القائمة على الطبيعة (Nature-based Solutions - NbS) في معالجة مياه الصرف الصحي على محاكاة النظم البيئية (مثل الأراضي الرطبة Constructed Wetlands) لتنقية المياه بكفاءة واستدامة. تعمل هذه الأنظمة على ترشيح المواد الصلبة، وتحليل الملوثات العضوية، وإزالة العناصر الغذائية (النيتروجين/الفوسفور) من خلال النشاط الميكروبي وامتصاص النباتات. من جهة أخرى تشكل المفاعلات اللاهوائية ذات الحواجز (ABR) الجزء الأول والمبتكر في المعالجة وهو نظام لامركزي عالي الكفاءة ومنخفض التكلفة لمعالجة مياه الصرف الصحي دون الحاجة إلى الكهرباء. المرحلة الأخيرة وهي التطهير الشمسي: تُعدّ مفاعلات أحواض السباق (RPRs) أنظمة منخفضة التكلفة ذات قنوات مفتوحة ضحلة، تُستخدم بكفاءة عالية لتطهير ومعالجة مياه الصرف الصحي، لا سيما من خلال عمليات تعمل بالطاقة الشمسية مثل عملية فنتون الضوئية، (Photo-Fenton)

تعتبر هذه الأنظمة حلاً مناسباً لمواجهة التحديات الهيكلية التي تواجه قطاع الصرف الصحي في لبنان، بما في ذلك تهالك البنية التحتية ونقص الموارد البشرية والتقنية لدى المؤسسات العامة ، حيث توفر تكاليف إنشاء وتشغيل منخفضة، وتعتمد غالباً على تقنيات طبيعية لا تستهلك طاقة، مما يقلل العبء على الشبكات العامة ويسهل إدارتها من قبل مؤسسات المياه والوزارات المعنية .كما أنها توفر مرونة عالية، وتعالج التحديات الجغرافية للمناطق النائية، وتساهم في حماية الصحة العامة والبيئة من خلال منع التلوث والحفاظ على الموارد الطبيعية.



المزايا الرئيسية لمعالجة مياه الصرف الصحي اللامركزي في لبنان:

- **انخفاض التكاليف والتشغيل:** توفر أنظمة (DEWATS) أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي اللامركزية) حلولاً منخفضة التكلفة للإنشاء والصيانة، مما يناسب القيود المالية الحالية.
- **استدامة الطاقة:** تعتمد هذه الأنظمة في كثير من الأحيان على المعالجة اللاهوائية والطبيعية التي لا تتطلب طاقة كهربائية، وهو حل مثالي في ظل أزمة الطاقة المستمرة في لبنان.
- **سهولة الإدارة للمؤسسات:** يسهل تشغيلها وصيانتها محلياً، مما يقلل الحاجة إلى بنية تحتية مركزية معقدة، ويخفف الضغط على وزارة الطاقة والمياه ومؤسسات المياه الإقليمية.
- **المرونة والفعالية:** تتميز بالقدرة على الصمود في وجه الكوارث، وتلائم المجتمعات الصغيرة والمواقع النائية التي تفتقر لشبكات صرف صحي متكاملة.
- **الفوائد البيئية:** تمنع بشكل مباشر تصريف مياه الصرف الصحي غير المعالجة إلى الوديان والأنهار (كما يحدث في أكثر من 70 محطة في لبنان)، مما يحمي المياه الجوفية ويحد من الأوبئة والأمراض
- **إعادة استخدام المياه:** تسهل هذه الأنظمة إعادة استخدام المياه المعالجة محلياً في الري أو الأغراض الزراعية، مما يوفر مصدراً غير تقليدي للمياه