وزارة البيئة والمياه والزراعة
Ministry of Environment Water & Agriculture

الابتكار المائي في المملكة العربية السعودية

خارطة طريق تبني التقنيات

صاحب السمو الملكي الأمير محمد بن سلمان

ولي العهد رئيس مجلس الوزراء
رئيس اللجنة العليا للبحث والتطوير والابتكار

"اعتمدنا تطلُّعات طموحة لقطاع البحث والتطوير والابتكار، لتصبح المملكة من رواد الابتكار في العالم، وسيصل الإنفاق السنوي على القطاع إلى 2.5 في المائة من إجمالي الناتج المحلي في عام 2040 ليُسهم القطاع في تنمية وتنويع الاقتصاد الوطني من خلال إضافة 60 مليار ريال سعودي إلى الناتج المحلي الإجمالي في عام 2040، واستحداث آلاف الوظائف النوعية عالية القيمة في العلوم والتقنية والابتكار، بمشيئة الله."

كلمة معالي وزير البيئة والمياه والزراعة

"لقد جاءَ إطلاقُ اللجنة العليا للبحث والابتكار في عام 2021م إيمانًا من قيادة المملكة بأهمية هذا القطاع، وإكمالاً لمسيرة العمل والتنفيذ لبرامج رؤية المملكة 2030 وأهدافها، التي من ضمن مستهدفاتها الرئيسة دعم البحث العلمي وتمكين الابتكار لبناء اقتصاد معرفي وتحقيق التنوع الحقيقي لموارد الدولة. إنَّ أولويات الوزارة تشملُ تمكينَ الشركاء في منظومة البحث والتطوير والابتكار في تحفيز الابتكار وتوطين التقنيات لتقديم الحلول الفعالة في قطاعات الوزارة، باستخدام أحدث التقنيات مثل تقنيات المياه والتقنيات الحيوية وتقنيات الذكاء الاصطناعي و"إنترنت" الأشياء."

م. عبدالرحمن بن عبدالمحسن الفضلي

كلمة معالي نائب وزير البيئة والمياه والزراعة

تحظى منظومة البيئة والمياه والزراعة باهتمام ودعم لا محدود من قيادتنا الرشيدة-أيدها الله- ضمن رؤية المملكة 2030 والتي أحدثت نقلات تحولية كبرى في جميع قطاعات المنظومة، وأحدثت أثراً ملحوظاً في تعزيز الاستدامة والحفاظ على مواردنا الحيوية. ونحن في وزارة البيئة والمياه والزراعة، إذ نقطف اليوم ثمار تلك النجاحات، فإننا نتطلع إلى المستقبل بكل ثقة، وذلك بتبني التقنيات الحديثة وتعزيز الممارسات والحلول المبتكرة في منظومة البيئة والمياه والزراعة، لزيادة الكفاءة وتحفيز الإنتاجية مما سيكون له أبلغ الأثر في تحقيق المستهدفات الوطنية الطموحة.

م. منصور بن هلال المشيطي

كلمة وكالة الوزارة للمياه

د. عبدالعزيز بن محارب الشيباني

وكيل الوزارة للمياه

تعد المملكة العربية السعودية ضمن أكثر الدول شحاً في مصادر المياه، وهو ما يحتم تفعيل إدارة فاعلة ومتكاملة لمواردها المائية بما يضمن استدامتها كعامل أساسي للتنمية المجتمعية والاقتصادية، وتحقيق مستهدفات رؤية المملكة 2030 وطموحاتها

وقد جاءت الاستراتيجية الوطنية للمياه 2030 بصفتها خطة ومنهجًا شاملا لمنظومة المياه في المملكة، لتفعيل الإدارة المتكاملة لموارد المياه، وإيجاد حلول لتحديات المياه لتمكّن المملكة من تخفيف الضغط على مصادرها المائية الطبيعية، علاوة على تحقيقها لأمن الإمداد، والجودة، والتميز في خدمات المياه، وتحقيق الاستدامة البيئية والاقتصادية، وإدارة التكاليف.

ولعل أبرز الحلول التي تناولتها الاستراتيجية في هذا الشأن هي تحلية مياه البحر، والتي تعد المملكة رائدةً فيها على مستوى العالم، وكذلك رفع كفاءة إعادة تدوير مياه الصرف الصحي المعالجة، والذي شهد نمواً ملحوظاً في السنوات الأخيرة. ومع ذلك، فلا تزال المملكة في حاجة إلى المزيد من الحلول في قطاع المياه، فمثلًا، سيمكّن تقليل تكلفة تحلية المياه من توفير مليارات الريالات للمملكة، وذلك بخفض استخدام الطاقة، وتقليل الفاقد في شبكات المياه، كما تسهم إدارة المتطلبات الزراعية والصناعية بشكل مستدام — من خلال إعادة الاستخدام — إلى زيادة كفاءة استهلاك المياه بتقليل الاستخدام من المصادر الطبيعية دون التأثير على الإنتاجية والجودة.

وقد حدّدت الاستراتيجية الوطنية للمياه 2030 عدداً من المستهدفات في هذا الصدد، مثل تعزيز إمدادات المياه من خلال تحلية المياه، وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي، وزيادة الكفاءة في سلسلة القيمة لقطاع المياه، وتحسين تغطية خدمات المياه للمستهلكين، وتهدف الاستراتيجية كذلك إلى خفض الفاقد من الشبكات الى ٪15 مع الوصول إلى نسبة ٪100 من تغطية شبكات التوزيع بحلول عام 2030.

وفيما تتضمن الاستراتيجية الوطنية للمياه 10 برامج، فقد خصصت الاستراتيجية أحد هذه البرامج — وهو البرنامج الرابع — ليهدف إلى وضع الحلول من خلال تشجيع البحث والتطوير وتوطين الابتكار والتقنيات الحديثة، وهي الأدوات التي تشكل عاملًا حاسماً في التنفيذ الناجح للاستراتيجية الوطنية للمياه، وسيكون تفعيل هذه الحلول الرائدة مرتكزاً مهماً في تحوّل قطاع المياه في مجالات عدة، مثل: تحلية المياه بالتقنيات المتقدمة، والإدارة الذكية للفاقد، والمعالجة المبتكرة لمياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها، وتنمية مصادر المياه من خلال طرق مبتكرة لحصاد مياه الأمطار والسيول. ولذلك فإن تبنّي التقنيات على نطاق واسع هو ضرورة لخفض تكلفة إنتاج المياه، وتحسين رقمنة خدمات المياه على طول سلسلة القيمة بما يضمن تعزيز الأمن المائي.

وتؤكد وزارة البيئة والمياه والزراعة التزامها بتسخير الابتكار لخدمة قطاع المياه، من خلال خارطة طريق تبنّي التقنيات المتوائمة مع الاستراتيجية الوطنية للمياه، لضمان تحسين أداء منظومة المياه في المملكة، ولرفع معايير الاستدامة المائية والبيئية والمالية فيها، وليسترشد العاملون في قطاع المياه بالمملكة بهذا التقرير لتوجيه جهودهم في مجال التقنية والابتكار.

والوزارة على ثقة بأن التقنيات التي خرج بها هذا التقرير ستحقق فوائد جمّة لقطاع المياه، متطلعة إلى تسريع وتيرة نشر التقنيات، التي يُرجى أن يكون لها دور فعّال في تحقيق طموحات قطاع المياه ومستهدفاته في رؤية المملكة 2030.

كلمة وكالة الوزارة للبحث والابتكار

د. عبدالعزيز بن مالك المالك

وكيل الوزارة للبحث والابتكار

أولت العديد من الدول اهتمامًا بتنمية قدراتها التقنية والابتكارية، حيث إنها عامل تمكين رئيس للنمو الاقتصادي المستدام، كما أنها تساعد على زيادة تنافسية مختلف القطاعات الاقتصادية وإنتاجيتها، وقد توفر حلولا ناجعة للعديد من التحديات الملحة، وقد أولت المملكة العربية السعودية اهتمامًا لافتاً بالتقنية والابتكار في شتى القطاعات الحيوية، حيث أعلن صاحب السمو الملكي الأمير محمد بن سلمان بن عبد العزيز آل سعود، ولي العهد رئيس مجلس الوزراء رئيس اللجنة العليا للبحث والتطوير والابتكار، عن التطلُّعات والأولويات الوطنية للبحث والتطوير والابتكار في المملكة العربية السعودية للعقدين المُقبلين، والتي تستند إلى أربع أولويات رئيسة، منها: استدامة البيئة والاحتياجات الأساسية؛ وذلك لحرص المملكة على توفير الاحتياجات الأساسية للإنسان من الماء والغذاء بشكل مستدام، من خلال تطوير تقنيات صديقة للبيئة لتوفير المياه وتحليتها، وتقنيات حديثة ومستدامة لإنتاج الغذاء وزيادة المساحات الخضراء.

تنبع الحاجة الملحة لتبني التقنية والابتكار في قطاع المياه في المملكة من ضرورة الموازنة بين احتياجات المملكة المائية في الاستخدامات الزراعية والصناعية والسكنية، وواقع شح الموارد المائية في المملكة، والذي يؤثر على أمن المملكة المائي، واستدامة مواردها المائية.

واستشعاراً منها لأهمية تبني التقنية والابتكار، استحدثت وزارة البيئة والمياه والزراعة وكالة للبحث والابتكار ضمن هيكلها التنظيمي لتقوم بتفعيل دور الوزارة ضمن الإطار المؤسسي ونموذج الحوكمة الوطني لقطاع البحث والتطوير والابتكار، حيث قامت بتطوير خطة مؤسسية تنفيذية للبحث والابتكار لجعل منظومة البيئة والمياه والزراعة أكثر المنظومات استعداداً وقدرة على احتضان التقنيات والممارسات المبتكرة وتطويرها. إن أحد أهم مكونات هذه الخطة — والذي هي محور تقريرنا هذا- هو نطاق التركيز الاستراتيجي الموجه نحو تبني الحلول التقنية المبتكرة ذات الأولوية لسد الاحتياجات في قطاع المياه، والذي سيشكل بوصلة للتدخلات والمبادرات المؤسسية لضمان التوجيه الأمثل للجهود والموارد.

وقد اتبعت وزارة البيئة والمياه والزراعة منهجية مصممة بدقة لتحليل الطلب وحصر الامدادات المتوفرة من الحلول الابتكارية الأكثر أهمية لقطاع المياه، والتي يجدر التركيز عليها على المديين القصير والمتوسط، وفصلت مراحل تبنيها ونشرها على نطاق واسع في خارطة طريق لتبني التقنيات في قطاع المياه بالمملكة. وقد اعتمدت تلك المنهجية على عدد من المعايير، منها: الأثر المتوقع لنشر التقنية وقدرتها على معالجة التحديات التي تواجه قطاع المياه وسهولة تبنيها، مع التركيز على التقنيات الأكثر نضجاً وجاهزيتها للنشر على نطاق واسع في القطاع، بعد تجريبها وتكييفها بما يتناسب مع الظروف المحلية. وقد طُورت هذه الخارطة بالتكامل والتعاون والدعم من مختلف أصحاب المصلحة، وبما يتوافق مع الاستراتيجيات الوطنية ذات الصلة بقطاعات البيئة والمياه والزراعة وقطاع البحث والتطوير والابتكار، وقد ساهم في هذه العملية العشرات من صانعي السياسات والخبراء المختصين في الابتكار في قطاع المياه.

والغرض من نشر هذا التقرير هو اطلاع جميع الجهات الفاعلة في منظومة المياه من شركات رائدة وناشئة، ومراكز بحث وتطوير، ومنظمات غير ربحية، بالتوجه الاستراتيجي للوزارة في هذا القطاع؛ لمساعدتهم في اتخاذ قراراتهم، وتطوير خططهم وسياساتهم الخاصة، مستنيرين بالفرص الواعدة الواردة في هذا التقرير؛ لتضمين التقنية والابتكار في عملياتهم ومنظوماتهم، مما سيكون له أكبر الأثر بإذن الله في الارتقاء بالمنظومة الوطنية للمياه.

عن التقرير

هذا التقرير جزء من ثلاثة تقارير أصدرتها وزارة البيئة والمياه والزراعة عن تبني التقنيات في قطاعات المملكة، وتهدف هذه التقارير إلى تحديد التقنيات الجاهزة التي تسهم في حل التحديات القطاعية في المملكة، وبيان خطة الوزارة التنفيذية في هذا الصدد.

الابتكار المائي في المملكة العربية السعودية

الابتكار الزراعي في المملكة العربية السعودية

الابتكار البيئي في المملكة العربية السعودية

عن وزارة البيئة والمياه والزراعة

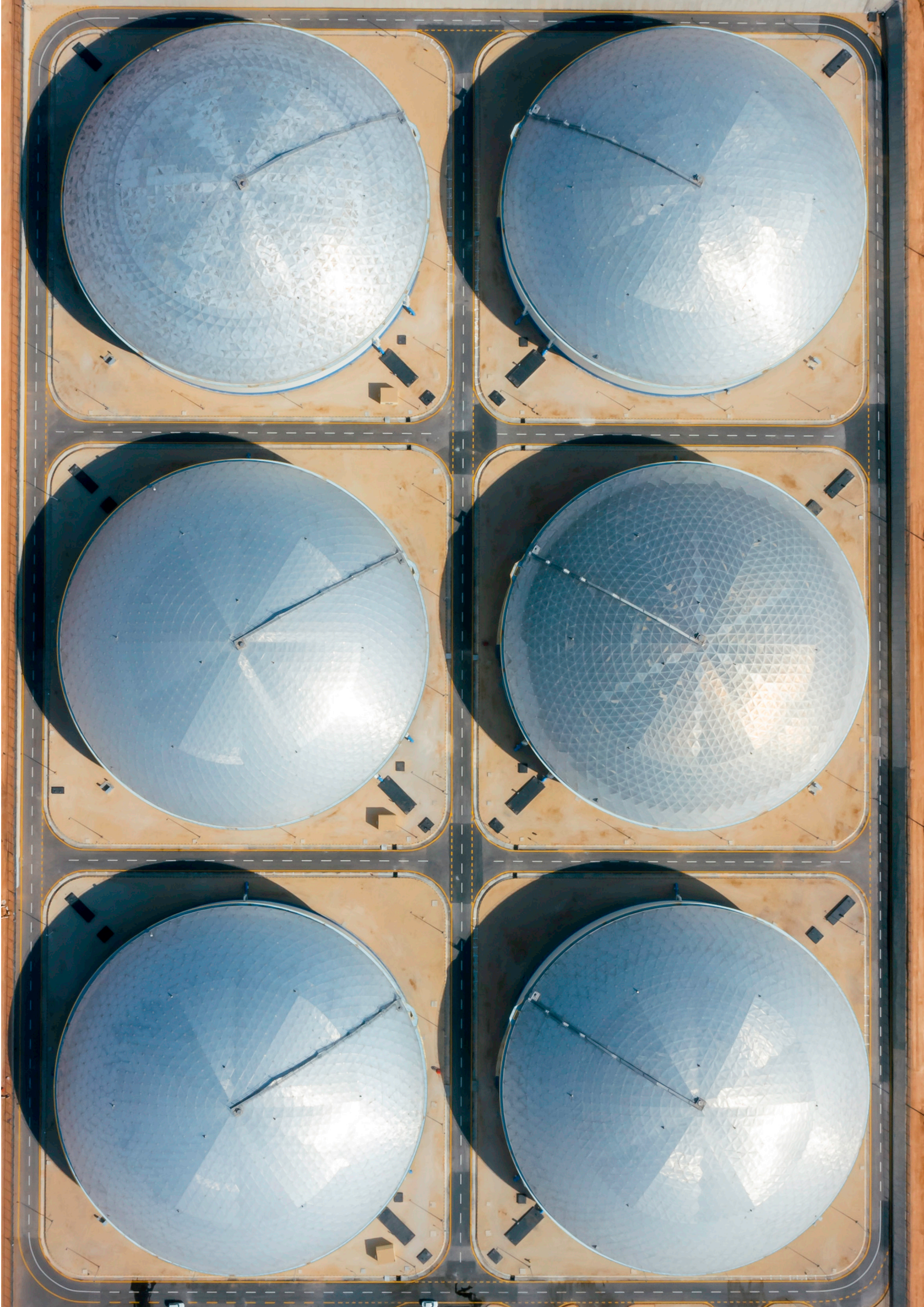
إن وزارة البيئة والمياه والزراعة في المملكة العربية السعودية مسؤولة عن تنظيم جميع جوانب سياسات المملكة وتنفيذها في قطاعات البيئة والمياه والزراعة. وتقوم الوزارة بتنفيذ خطط وبرامج بيئية ومائية وزراعية على مستوى المملكة، مع التركيز على الاستدامة وخلق القيمة. وقد زادت مساهمتها في الاقتصاد الوطني من خلال العديد من البرامج، خاصة في مجالات الأمن الغذائي، وتوفير المياه، وحماية البيئة.

الرؤية

بيئة وموارد طبيعية مستدامة تحقق الأمن المائي، وتسهم في الأمن الغذائي، وتحسين جودة الحياة.

الرسالة

نسعى للتميز في تطوير وتطبيق السياسات الشاملة والاستراتيجيات الفاعلة، والارتقاء بالخدمات بمشاركة القطاع الخاص والجهات ذات العلاقة؛ لازدهار واستدامة البيئة والمياه والزراعة.



جدول المحتويات

الملخص التنفيذي **12**

مقدمة **14**

الغرض من التقرير **24**
الجهات ذات العلاقة 24

منهجية خارطة تبني التقنيات **26**
نظرة عامة 28
جانب الطلب على التقنيات 28
جانب العرض للتقنيات 30
تقييم التقنيات 32

التقنيات ذات الأولوية **34**
أنظمة التناضح العكسي المتقدمة 36
إدارة التسرب الذكية 38
معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها 40
الري المبتكر 42
الاستهلاك المبتكر للمياه في المنازل 44
تقنيات أوسع نطاقًا 45

خطة الوزارة التنفيذية لتبني التقنيات و نشرها **46**

الملخص التنفيذي

يتعاظم دور التقنية والابتكار في تحقيق المستهدفات الوطنية في قطاعات البيئة والمياه والزراعة والمتمثلة في الوصول إلى نسب مرتفعة من الأمن الغذائي والأمن المائي، وفي تحقيق الاستدامة البيئية. وقد بلغت أهمية تبني التقنية والابتكار في قطاع المياه أقصى درجاتها نظراً لمستوى التطلعات الوطنية الطموحة لهذا القطاع والتي يتطلب تحقيقها تبني التقنية والممارسات المبتكرة على نطاق واسع للتغلب على التحديات في القطاع وتحويلها الى فرص.

ويلقي هذا التقرير الضوء على خطة الوزارة التنفيذية لتعزيز تبني التقنية والممارسات المبتكرة في قطاع المياه، ونطاق التركيز الاستراتيجي الموجّه نحو تبني المنتجات والحلول الابتكارية ذات الأولوية لسد الاحتياجات في قطاع المياه، والذي سيشكل بوصلة للتدابير والمبادرات المؤسسية لضمان التوجيه الأمثل للجهود والموارد.

وقد اتبعت الوزارة منهجية مفصّلة لانتخاب التقنيات ذات الأولوية في قطاع المياه، حيث بدأت بتحليل جانب الطلب على التقنية والابتكار من خلال النظر في التحديات التي يواجهها قطاع المياه في المملكة، موزعة على سلسلة القيمة ومقسمة على القطاعات الفرعية، كما درست الأثر المتوقع من تبني التقنية والابتكار على هذه التحديات. ومن ثم نظرت في جانب العرض من خلال مسح قائمة مطولة من حلول التقنية والابتكار المتاحة للتبني، وتمحيصها بناء على عدد من المعايير، وخرجت أخيراً بقائمة من التقنيات والابتكارات الأكثر تأثيرًا وجاهزية للتبني والتوسع فيها كما وفرت حلولاً سريعة وناجعة لتحديات قطاع المياه الأكثر إلحاحاً على المديين القصير والمتوسط.

شارك في هذا الجهد أكثر من 120 من صانعي السياسات وخبراء التقنية والابتكار وكذلك المعنين في قطاع المياه في المملكة، وحُدد أكثر من 45 تحديًا وفرصة مواتية، وانتُخبت أكثر من 100 تقنية فردية صُنفت ضمن 20 عائلة تقنية. وبناءً على ذلك، انتخبت عشر مجموعات تقنية لقطاع المياه، سيُتبنى نصفها ضمن موجة تفعيل أولى «عالية الأولوية» حتى عام 2025، وسيكون النصف الآخر ضمن موجة ثانية تتبعها مباشرة. وتشمل الموجة الأولى تقنيات أنظمة التناضح العكسي المتقدمة، وإدارة التسرب الذكية، ومعالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها، والري المبتكر، والاستهلاك المبتكر للمياه في المنازل. وقد تناول هذا التقرير تفصيلا لهذه المجموعات الخمس معرّفاً بها، وموضحاً محركات الطلب والعرض لها، والعوائق الحالية التي تواجه تبنيها على نطاق واسع، كما تطرّق التقرير إلى تقنيات المرحلتين الثانية والثالثة، والتي تنوي الوزارة تبنيها بين عامي 2025 و 2030.

وتستهدف الوزارة تنفيذ عدد من المبادرات المؤسسية لتبني التقنيات ذات الأولوية في قطاع المياه ونشرها بالشراكة مع أصحاب المصلحة. وقد طُورت هذه المبادرات بعد مسح وتحليل شامل للجهود القائمة في قطاع المياه؛ لتحقيق التطلعات المستقبلية الطموحة لهذا القطاع ضمن رؤية المملكة 2030، بالإضافة الى الأجندة الوطنية لقطاع البحث والتطوير والابتكار، ودور الوزارة ضمن الإطار المؤسسي المنظّم لها، والوضع الراهن لأنشطة تبني التقنية والابتكار في قطاع المياه، وتحليل حالة ممكّنات تبني التقنية والابتكار، كالبنى التحتية المتوفرة، والكوادر العاملة في منظومة الابتكار في قطاع المياه، والسياسات واللوائح التنظيمية الداعمة لتبني التقنية والابتكار في القطاع. ومن خلال الاستعانة بأفضل ممارسات صناعة سياسات الابتكار القطاعية والوطنية والمُوصى بها من عدد من المنظمات الدولية.

محطة لتحلية المياه المالحة، المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة

وقد حُدد نطاق التدابير المؤسسية ذات الأولوية لتعزيز تبني التقنية والابتكار في قطاع المياه، والتي تستهدف تحقيق أربع غايات رئيسة، وهي:

- توجيه الخطط والمساعي والموارد المخصصة وتنسيقها لتبني التقنية والابتكار في قطاع المياه ضمن نطاق استراتيجي يركز على مجابهة التحديات القطاعية الملحة، وبما يتماشى مع أولويات البحث والتطوير والابتكار والاستراتيجيات الوطنية ذات العلاقة.

- تحسين الترابط والتعاون بين الجهات الفاعلة في تبني التقنية والابتكار في قطاع المياه؛ لتعزيز الشراكات والتآزر وتبادل الخبرات ونشر المعارف ضمن القطاع، وتعزيز الوعي بجهود منظومة المياه ونجاحاتها في تبني التقنية والابتكار في خططها وعملياتها؛ لخلق زخم إيجابي في القطاع يضمن استدامة الجهود.

- تحفيز الطلب على تبني منتجات التقنية والحلول الابتكارية في قطاع المياه، وتحسين استجابة الطلب للعرض المتاح من التقنيات من خلال التدابير المدروسة والحوافز المستهدفة.

- بناء قدرات البحث والتطوير والابتكار في قطاع المياه، لضمان إمدادٍ محلي كافٍ ومستمر من منتجات التقنية والحلول الابتكارية.

مقدمة

إن التقنية والابتكار أحد أهم محركات النمو الاقتصادي بتأثيرها الإيجابي على إنتاجية مختلف القطاعات، وينطبق هذا الأمر على قطاع المياه، والذي هو في حاجة ملحّة لجميع ممكنات النمو المتاحة، ولا سيما في وقت يشكّل فيه الازدياد السكاني تحديا لتلبية الطلب المتزايد على المياه، وتزداد حاجة قطاع المياه للابتكار في المملكة لكونها تواجه تحديات إضافية باستهدافها الحفاظ على مواردها المائية غير المتجددة، ولطبيعة طقسها الذي يميل للحرارة والجفاف، ولطبيعتها الجغرافية التي وضعتها في المركز الثامن عالمياً في شح المياه، وهو ما جعل أمنها المائي ضرورة استراتيجية.

وتسهم التقنية والابتكار في قطاع المياه في جوانب عديدة، مثل: تحسين إدارة الطلب على المياه في جميع القطاعات؛ لتعزيز الاستخدام الفعّال والمسؤول عن المياه، والتغلّب على التحديات التي تواجهها بعض مراحل سلسلة القيمة، مثل: النقل والتوزيع، والتي تتمثل في تسرب المياه من خلال تقنيات كشف التسرب بأنواعها، والمعالجة المبتكرة لمياه الصرف الصحي وتفعيل استخدامها في الأغراض غير المنزلية، مما يقلل استهلاك المياه العذبة، وتقنيات تنقية المياه التي تمثل المصدر الرئيس للمياه المستخدمة للأغراض الحضرية في المملكة، وتساهم هذه التقنيات في رفع جودة الخدمة المقدمة في قطاع المياه، وترشيد استهلاك المياه المحلّاة، والحفاظ على منسوب المياه الجوفية غير المتجددة، وتوفير حلول مبتكرة للري تزيد من الإنتاجية وتقلل من استهلاك المياه

لقد مر قطاع المياه العالمي في العقود الأخيرة بتحولات عدة وقد جذبت التقنية والابتكار اهتماماً متزايداً ونالت زخما متسارعا لإدماجها في الممارسات المتبعة في قطاع المياه، وذلك لسببين رئيسين: الأول: هو زيادة الطلب على التقنيات والممارسات المبتكرة للتغلب على التحديات المتزايدة التي يواجهها قطاع المياه، مثل نقص منسوب المياه العالمي الذي أدى إلى شح المياه في الكثير من مناطق العالم، وضرورة تحقيق الأمن المائي الذي يؤثر بدوره على قطاعات كثيرة، مثل: الزراعة والصناعة والصحة وجودة الحياة، وخلق ذلك بيئة مواتية وأكثر استعداداً لتبني التقنيات في قطاع المياه. والثاني: هو الإمداد المتزايد من الحلول الابتكارية الناتج عن التطور التقني المتسارع، والذي خلق فرصاً واعدة أدت الى فتح المجال لتعظيم الكفاءة وزيادة الإنتاجية في قطاع المياه. وعلى سبيل المثال لا الحصر، أصبحت التقنيات الرقمية توفّر حلولاً فعّالة لمشكلات المياه، مثل: التسرب وترشيد المياه، وأدى تقدم علوم المواد إلى إيجاد حلول ابتكارية لتحلية المياه.

وقد حقق قطاع المياه في المملكة العديد من الإنجازات الجديرة بالذكر بتفعيل الأدوات التنظيمية والابتكارية، مثل تحقيق انخفاض كبير في استخدام المياه الجوفية غير المتجددة، حيث انخفض من 19 مليار متر مكعب في عام 2015 إلى 8.5 مليار متر مكعب في عام 2020،[1] وذلك بفضل التدابير الاستباقية تجاه إنتاج الأعلاف والقمح، إلى جانب تحسين ممارسات الري. بالإضافة إلى ذلك، تحسنت كفاءة إنتاج تحلية المياه بشكل ملحوظ خلال العقدين الماضيين، مع الاستبدال التدريجي لمحطات التوليد المشترك للطاقة القديمة (إنتاج الكهرباء والمياه) بتقنيات تحلية المياه الحديثة والمتقدمة. وأخيرًا، يشهد القطاع تحولاً كبيرًا، أدى إلى زيادة مشاركة القطاع الخاص وتسويق كيانات قطاع المياه على طول سلسلة القيمة.

1 Ministry of Environment, Water and Agriculture. «Statistical Book». 2021

وعلى الرغم من هذه الإنجازات، لا تزال هناك تحديات مستمرة حيث إن خطر شح المياه الجوفية غير المتجددة واستنزافها، وتصاعد الضغوط العالمية وضغوط الاقتصاد الكلي على سلسلة القيمة، وضرورة القدرة التنافسية والأداء والكفاءة في هذا القطاع يتطلب اهتماما وتركيزا مستمرين، وتشكل معالجة هذه التحديات جزءًا لا يتجزأ من رؤية المملكة العربية السعودية 2030، وقد خصصت المملكة استثمارًا كبيرًا بقيمة 92 مليار ريال لتعزيز قطاعات البيئة والمياه والزراعة، تماشيًا مع خطة التحول الوطنية، حيث من المقرر أن يكون هناك استثمار كبير في البنية التحتية في قطاع المياه بإجمالي أكثر من **3000 مشروع مخطط له، واستثمارات تراكمية تزيد عن 300 مليار ريال بحلول عام 2030**.[2] وتسلط هذه الاستثمارات الضوء على الدور الحاسم للمياه في تحقيق أهداف التنمية المستدامة.

يبن الشكل رقم [1] نظرة عامة للمملكة في قطاع المياه على طول سلسلة القيمة.

شكل 1: نظرة عامة على قطاع المياه في المملكة العربية السعودية

الإمداد	النقل والتوزيع	معالجة مياه الصرف وإعادة استخدامها	الطلب
تبلغ سعة انتاج المياة في اليوم 11.5 مليون م^3	تبلغ أطوال أنابيب شبكات المياه التراكمي +127 الف كم	تبلغ كمية مياه الصرف الصحي المعالجة ~2 مليار م^3	تبلغ كمية الطلب على المياه للأغراض الزراعية ~12 مليار م^3
	عدد محطات ضخ المياه التراكمي +60		تبلغ كمية الطلب على المياه للأغراض الصناعية ~0.6 مليار م^3
			تبلغ كمية الطلب على المياه للأغراض الحضرية +3.5 مليار م^3

2 Ministry of Environment. Water and Agriculture. ""The achievements of the environment. water and agriculture ecosystem during 2018 confirm the collaboration of the sector in achieving Vision 2030". 2018

يبين الشكل رقم [2] أدناه التطلعات الحالية لقطاع المياه وتصنيفها وفقاً لسلسة القيمة. وضعت هذه التطلعات بناءً على نتائج تحليلات الاستراتيجيات الوطنية والاجتماعات المكثفة مع الجهات المعنية.

ومن خلال من خلال هذه التطلعات ستُعالج التحديات المتنوعة التي تواجه قطاع المياه وستساهم بشكل عام في تحسين الاستدامة والتكلفة.

وتبرز أهمية الاستثمارات في البحث والتطوير في قطاع المياه من التحديات التي يواجهها العالم في قطاع المياه وليس المملكة فحسب، ومما يزيد أهمية رفع القدرات الابتكارية المحلية هو اختلاف أهداف ومشكلات الدول تجاه قطاع المياه، ولذلك فمن المهم التركيز على توجيه الجهود نحو التقنيات التي تعالج المشكلات المحلية وتسهم في تحقيق المستهدفات الوطنية، ويتحقق ذلك بالمراقبة المستمرة للوضع الراهن في السياق الوطني وربطه بآخر المستجدات التقنية والابتكارية في قطاع المياه، وتنسيق الجهود الوطنية نحو أهداف موحدة تقدم القيمة المضافة لهذا القطاع. علاوة على ذلك، فمن الضروري تمكين الجهود الحالية والمستقبلية بتقديم الدعم اللازم لها من خلال التحديث المستمر للأنظمة والسياسات الداعمة، وخلق بيئة ابتكار خصبة، والنظر في العوائق التي تواجهها المنظومة الابتكارية المائية وتقديم الدعم والمشورة بشكل مستمر.

شكل 2: نظرة عامة على التحديات والفرص لقطاع المياه

الإمداد	النقل والتخزين	التوزيع	معالجة مياه الصرف وإعادة استخدامها	الطلب
تحسين الاقتصاد المتكامل للمياه/صافي المياه الإيجابية				
تقليل تكاليف الطاقة الإنتاجية والتكاليف الرئيسية	تقليل تكاليف نقل المياه	تحسين تغطية شبكة المياه	تحسين شبكة مياه الصرف الصحي	تقليل مستويات استهلاك المياه في المناطق الحضرية [لتر للفرد في اليوم الواحد]
تحقيق الأثر البيئي الأمثل لتحلية المياه	زيادة عدد أيام التخزين المتاحة	تقليل خسائر توزيع المياه	تحسين معالجة مياه الصرف الصحي	تقليل مستويات استهلاك المياه الصناعية
تقليل سحب المياه غير المتجددة		ضمان إمدادات مياه موثوقة وبدون انقطاع	زيادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة	الحدّ من استخدام مصادر المياه غير المتجددة [استهلاك المياه الزراعية]
تحسين المحافظة على جودة المياه الجوفية				

محطة عائمة لتحلية المياه المالحة، المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة

وقد أولت حكومة المملكة العربية السعودية أهمية قصوى للابتكار في قطاعاتها الحيوية، مؤمنة أن التقنية والابتكار ممكّن رئيس لنمو هذه القطاعات، ومن ضمنها قطاع المياه، ضمن أولوية استدامة البيئة والاحتياجات الأساسية، والتي هي إحدى أولويات الابتكار الوطنية الأربع التي أعلن عنها صاحب السمو الملكي ولي العهد رئيس مجلس الوزراء الأمير محمد بن سلمان. واستشعارا منها لعظم الأثر الناتج عن التقنية والابتكار وضرورة تبنيها لتحقيق التطلعات المستقبلية، فقد استحدثت وزارة البيئة والمياه والزراعة وكالة للبحث والابتكار ضمن هيكلها التنظيمي لتقوم بتفعيل دور الوزارة ضمن الأطر الوطنية الناظمة لقطاع البحث والتطوير والابتكار، وبدأت الوزارة في تنفيذ خطتها للبحث والابتكار والتي تمتد حتى عام 2030، وتهدف إلى دمج التقنية والابتكار في منظوماتها وعملياتها التشغيلية على طول سلسلة القيمة لقطاعات البيئة والمياه والزراعة لجعلها من أكثر المنظومات استعدادا وقدرة على احتضان التقنيات والممارسات المبتكرة وتطويرها.

وفيما نظمت وزارة البيئة والمياه والزراعة منظومتها بإطلاق عدد من الإصلاحات الهيكلية، والسياسات المنظّمة، واستحداث جهات جديدة ذات صلاحيات، والتي نتج عنها تطوّر ملفت كما ذكر آنفاً، فإن الابتكار هو العامل القادم الذي قد يقود قطاعات الوزارة نحو تطورات جديدة، بتحسين كفاءة القطاعات، وزيادة إنتاجيتها، ورفع مساهمتها في الناتج الاقتصادي. وتشير قصة النجاح القادمة إلى مثال محلي كان للابتكار فيه دور حاسم في تقديم الحلول الناجعة.

قصة نجاح عالمية

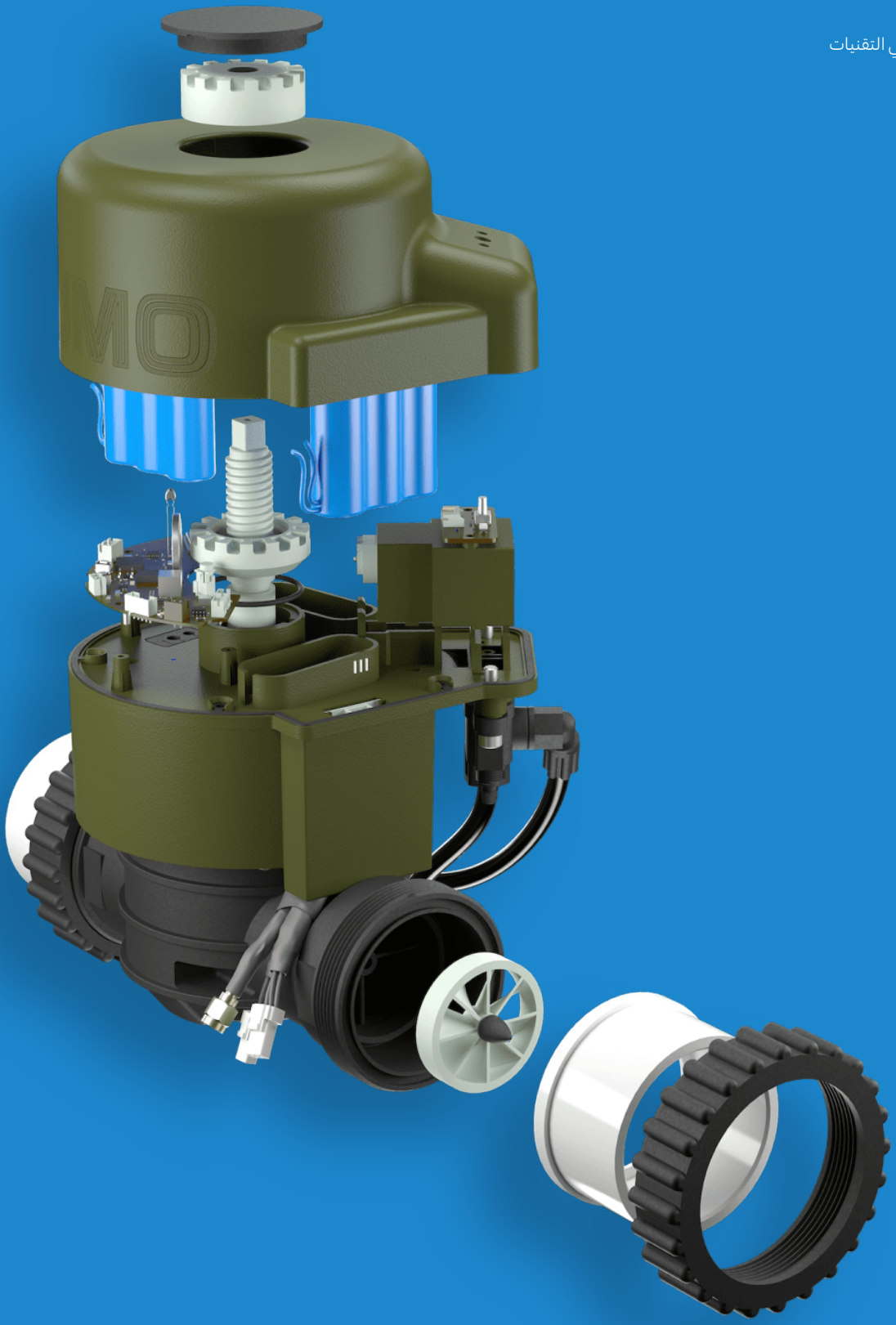
نظام ذكي للري الدقيق

نُفذ مشروع نظام الري الذكي من قبل شركة Lumo، وهي شركة تختص بتطوير تقنيات إدارة المياه ومواجهة التحدي العالمي المتمثل في ندرة المياه. يقدم هذا الابتكار نهجاً عملياً ومستداماً لإدارة الري من خلال معالجة أوجه القصور في أساليب الري التقليدية. يوفر المشروع حلاً مستداماً من خلال تطوير صمام ذكي متطور يساعد على توفير الكمية المحددة المطلوبة من المياه، مع تقليل التكلفة وتحسين الاستهلاك.

يشتمل نظام الري الذكي على ميزات متطورة، بما في ذلك وحدات التحكم المدمجة وأجهزة استشعار تدفق المياه والضغط والاتصال بشبكة الإنترنت. وتتيح هذه التقنيات التحكم الدقيق في توزيع المياه عن طريق أتمتة توصيل المياه بناءً على الاحتياجات في الوقت الفعلي بدلاً من الجداول الزمنية الثابتة.

علاوة على ذلك، يمكّن النظام من إعداد تقارير متقدمة، وهو ما يسهل الامتثال لمختلف لوائح استخدام المياه. كما تتلقى الصمامات الذكية البيانات التي يمكن استخدامها لإنشاء تقارير فورية، مما يسهل الالتزام بالبيئات التنظيمية الصارمة بشكل متزايد.

ونتيجة لهذا المشروع، فإن نظام الري الذكي يوفر ما يصل إلى ٪90 من تكاليف عمالة الري الحالية ويقلل الاستخدام الزائد للمياه بنسبة ٪20 على الأقل من خلال نظام الري المتقدم. ويساهم هذا الابتكار في الحفاظ على الموارد المائية، والإدارة الفعالة للمياه، وتعزيز الاستدامة البيئية.



قصص النجاح المحلية

المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة

«المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة في المملكة العربية السعودية تؤمن بأنها قادرة على المساهمة الفعالة في معركة الإنسانية مع نقص المياه الصالحة للاستهلاك البشري، و إحداث فرق في حياة الملايين حول العالم من خلال تطوير وتنفيذ حلول مبتكرة للمياه تلبي احتياجات البشرية وتحافظ على النظم البيئية بطريقة عادلة ومستدامة»

معالي محافظ المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة
م. عبدالله بن إبراهيم العبدالكريم

تصميم وبناء محطة تجريبية لصفر رجيع الملحي ZLD في حقل لتحلية المياه البحر بالتناضح العكسي لإنتاج ملح بلورات كلوريد الصوديوم النقي والبروم السائل ومعدن المغنيسيوم

قامت المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة من خلال ذراعها البحثي والابتكاري « معهد ابتكار تقنيات المياه والأبحاث المتقدمة. « ببناء مصنع تجريبي لتقنيات الرجيع الملحي الصفري، والتركيز على تعدين المحلول الملحي المجدي اقتصادياً للمنتجات التي تُستخرج من مياه البحر: وهي كلوريد الصوديوم والبروم ومعدن المغنيسيوم.

المبدأ الرئيس الأول للمصنع التجريبي هو استخدام تقنيات النانو لتنقية المياه [NF]: حيث يفصل الغشاء الأيونات ثنائية الشحنة بشكل انتقائي مثل المغنيسيوم والكالسيوم والكبريتات، ويسمح بمرور الأيونات أحادية الشحنة، مثل الصوديوم والكلوريد. وتلعب تقنيات النانو لتنقية المياه دوراً هامًا في عملية الفصل بين التيارات إلى جزئين: تيار أكثر تركيزا يحتوي على المغنيسيوم، وتيار يحتوي على كل الصوديوم والكلوريد تقريباً، والذي يمكن تركيزه بكفاءة عالية، باستخدام تقنية تركيز المحلول الملحي.

يساهم الغشاء في تركيز حوالي 25٪ من المواد الصلبة، حيث تتبلور جزيئات كلوريد الصوديوم في مبلور حراري، مما يعطي كلوريد الصوديوم نقاء أعلى من 99٪ مما يجعله مناسبا للاستخدام في الصناعة الكيميائية في المملكة. وسينتج جهاز التبلور أيضا كمية صغيرة من المحلول المركز الغني بالبوتاسيوم والبروم، والتي سيُعالج بواسطة التقنيات القياسية لاستخراج البروم، وهي مادة كيميائية مهمة تستخدم في تطوير حقول النفط، والتي لا تُنتج في المملكة حالياً.

تعمل تقنية النانو على حصر التيار الغني بالمغنيسيوم لإنتاج هيدروكسيد المغنيسيوم، والذي سيُجفف إلى أكسيد المغنيسيوم ثم يُحوَّل إلى معدن المغنيسيوم [وهو مادة استراتيجية رئيسة في القرن 21 والتي تستخدم بشكل متزايد في السيارات والطائرات والإلكترونيات الاستهلاكية] كما ستُستخدم عملية حرارية مطورة حديثا لإنتاج المغنيسيوم المعدني الذي يتفاعل فيه أكسيد المغنيسيوم مع الكربون، بحوالي نصف تكلفة الطاقة والبصمة الكربونية للعملية الحرارية التقليدية.

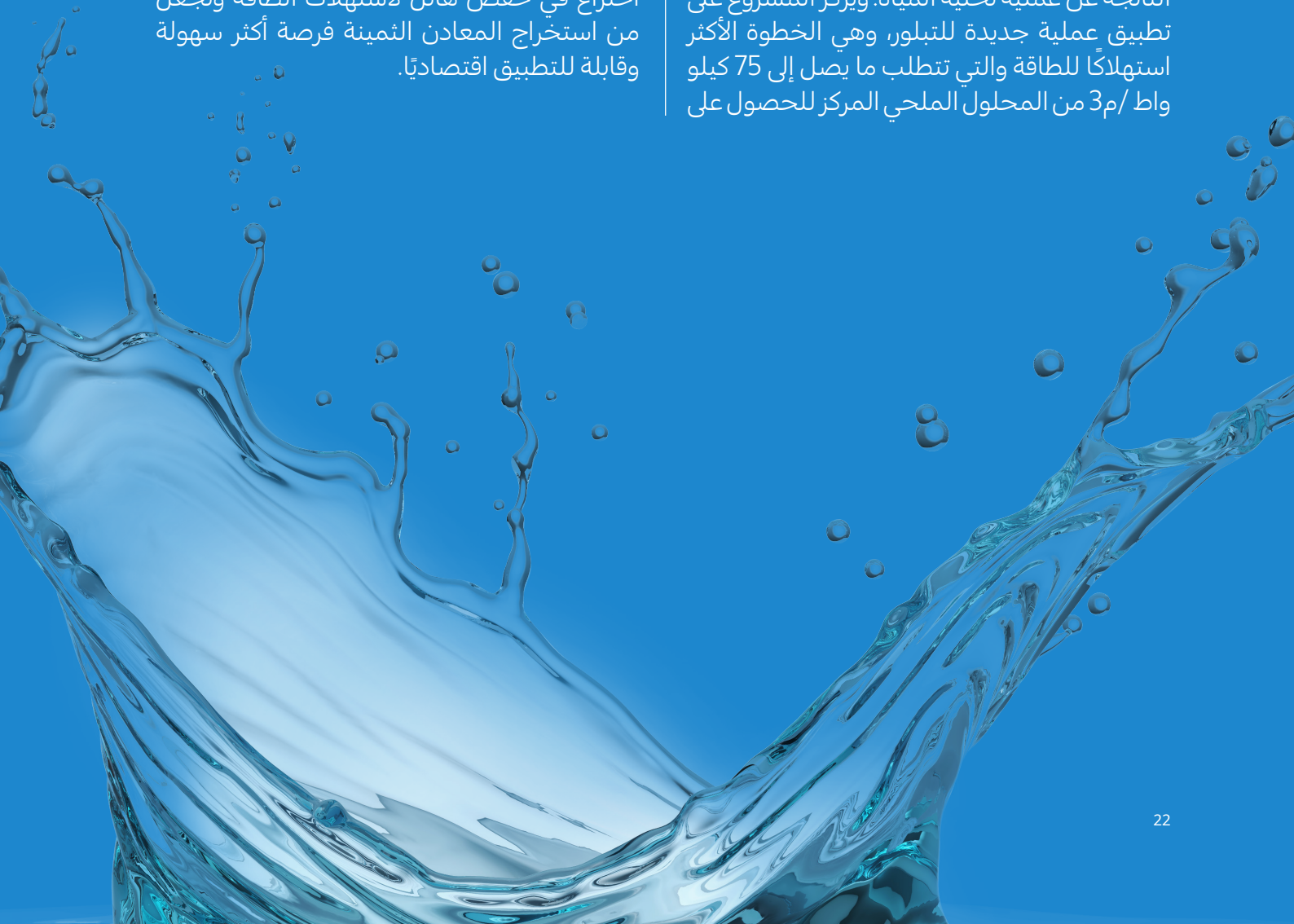
سيثبت المشروع أنه من الممكن تقنيا للمملكة أن تنتقل من كونها مستوردا صافياً إلى مصدّر مهم لصافي كلوريد الصوديوم والبروم ومعدن المغنيسيوم، لتصبح مكتفية ذاتيا في هذه المواد الحيوية دون الحاجة إلى عمليات تعدين برية واسعة النطاق.

معدات التناضح العكسي داخل محطة لتحلية المياه المالحة، المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة

قصص النجاح المحلية

نظام تبلـــور الغشـــــاء

يتم تنفيذ مشروع نظام تبلور الأغشية من قبل شركة نيوم للطاقة والمياه «إينووا»، التي تقود تطوير نظام الطاقة والمياه المستدام على مستوى عالمي في نيوم. يهدف المشروع إلى تحسين هائل لاقتصاديات استخراج المعادن من المحاليل الملحية المركزة الناتجة عن عملية تحلية المياه. ويركز المشروع على تطبيق عملية جديدة للتبلور، وهي الخطوة الأكثر استهلاكًا للطاقة والتي تتطلب ما يصل إلى 75 كيلو واط /م3 من المحلول الملحي المركز للحصول على معادن صلبة متبلورة، بما في ذلك الملح والليثيوم والبروم وغيرها. وهذا يتيح تحويل ما هو بالعادة منتج ثانوي يتم تصريفه في البحر إلى موارد ذات قيمة، مما يخلق إيرادات جديدة لمحطات تحلية المياه. تساهم العملية الجديدة الحاصلة على براءة اختراع في خفض هائل لاستهلاك الطاقة وتجعل من استخراج المعادن الثمينة فرصة أكثر سهولة وقابلة للتطبيق اقتصاديًا.



تستخدم هذه التقنية جهاز تبلور غشائي متخصص يعمل وفقًا لمبادئ التناضح الأمامي (FO) بحيث يسمح الغشاء باستخراج مجموعة واسعة من المعادن من البحر. تتضمن العملية تبلور معادن مختارة على سطح الغشاء، ويتم تسهيل ذلك من خلال فرق الضغط الأسموزي الناتج عن محلول سحب ذو ضغط أسموزي أعلى من المعادن. الغشاء المستخدم في هذه العملية له العديد من المزايا ومنها أن سطحه الأملس يمنع التقشر ويعزز تكوين بلورات صغيرة، والتي يمكن جمعها بسهولة. بالإضافة إلى ذلك، يقوم نظام التناضح العكسي المدعوم تناضحيًا (OARO) بإعادة تركيز محلول السحب المخفف داخليًا، مما يتيح إعادة استخدامه للبلورة. يساهم هذا النهج المبتكر القائم على الغشاء في توفير كبير في الطاقة مقارنة بعمليات التبخر الحراري والبلورة التقليدية.

ونتيجة لهذا المشروع، حققت شركة نيوم للطاقة والمياه «إينووا» نجاحًا ملحوظًا في تقليل استهلاك الطاقة أكثر من 10 مرات، من 75 كيلو واط /م3 إلى 7 كيلو واط /م3. يسلط هذا المشروع الضوء على إمكانات تقنيات البلورة الغشائية لاستخراج المعادن ويفتح فرصًا أوسع لقطاع المياه للمساهمة في الاستدامة والاقتصاد الدائري.[4]

جهاز التبلور الغشائي المتخصص لدى شركة نيوم للطاقة والمياه «إينووا»

توطين إنتاج الأغشية في شركة نيوم للطاقة والمياه «إينووا» وتطوير غشاء انتقائي لاستخراج المحلول الملحي

الغرض من التقرير

تهدف الوزارة من هذا العمل إلى الخروج بنطاق تركيز استراتيجي مبني على احتياجات قطاع المياه وموجه نحو تبني الحلول التقنية ذات الجاهزية الأعلى لسد تلك الاحتياجات. وتسعى الوزارة إلى أن يشكل هذا النطاق بوصلة للتدخلات والمبادرات المؤسسية، لضمان التوجيه الأمثل للجهود والموارد.

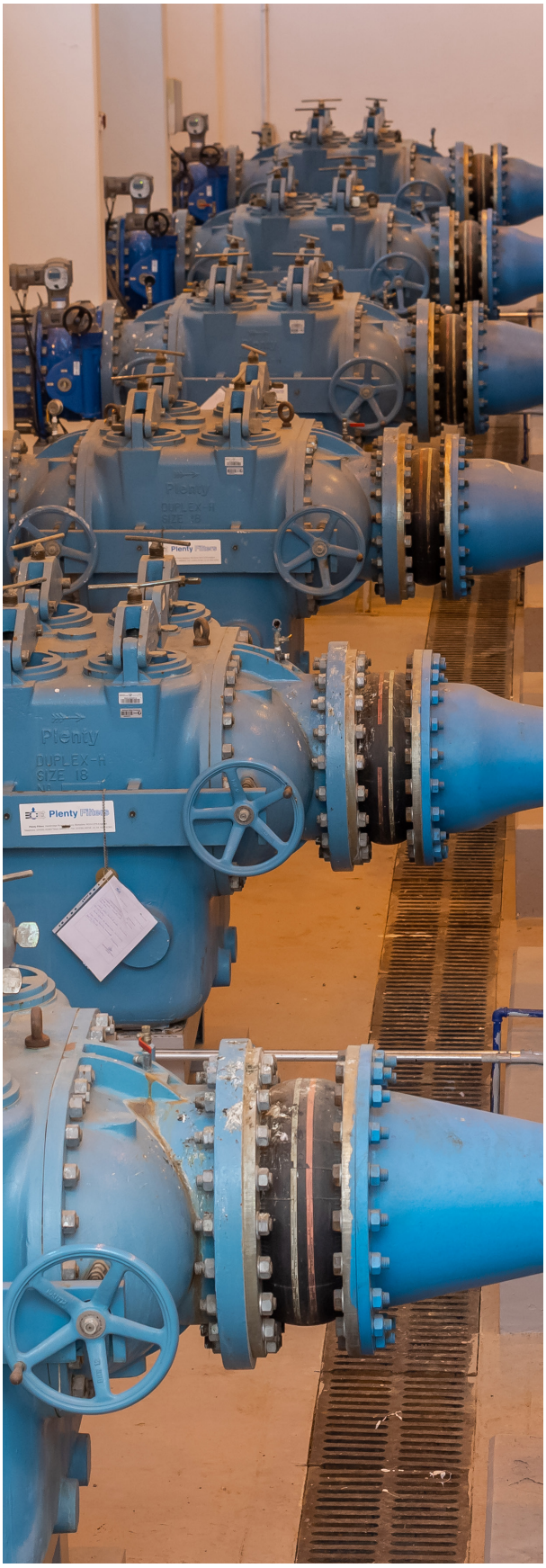
والتقرير بذلك يقدم خارطة طريق للتقنيات الجاهزة للتطبيق، والتي تخطط وزارة البيئة والمياه والزراعة لتبنيها، بداية من تحديد المشكلات التي تواجهها المملكة في قطاع المياه، انتقالا إلى التقنيات التي تعالجها، وانتهاء إلى البرامج التنفيذية التي تمكّن من تبنّي هذه الحلول. وتوضح خارطة الطريق المسار الذي تستهدفه الوزارة لتبني التقنيات لأهداف منها: تأكيد وجود حلول متوفرة للعديد من التحديات التي يعاني منها قطاع المياه في المملكة، وتوضيح التوجه الاستراتيجي للوزارة لأصحاب المصلحة الذين يؤدون أدواراً حيوية في تحقيق طموح المملكة نحو قطاع مائي مستدام، ويربط القسم التالي بين أصحاب المصلحة وهذا التقرير.

الجهات ذات العلاقة

إن خارطة طريق تبنّي التقنيات هي نتاج جهد مكثف قادته وزارة البيئة والمياه والزراعة، بدعم ومساهمة من جميع أصحاب المصلحة في منظومة المياه، بما في ذلك الجهات التنظيمية والتشريعية، والمعاهد البحثية والجامعات، وملّاك التقنية، والجهات الحكومية والمنظمات غير الحكومية، وصناديق الاستثمار، ومؤسسات القطاع الخاص.

وقد ساهم في هذا التقرير أكثر من 120 خبيراً ومتخصصاً من الجهات ذات العلاقة، مثلوا نحو 30 كياناً، وقد حلل فريق العمل أكثر من 50 مشاركة في الاستبيان المرتبط بالتقنيات القطاعية، كما واءم فريق العمل بين هذه التقنيات وأكثر من 10 استراتيجيات وطنية، منظّماً عددا من ورش العمل والاجتماعات لضمان فهم وجهات نظر أصحاب المصلحة.

ويمكن للعديد من الجهات ذات العلاقة الاستفادة من هذا التقرير بأشكال عديدة بحسب هذه الجهات، ومنها:



مضخات لتوزيع المياه، شركة المياه الوطنية

1

المؤسسات الحكومية: وهي المعنية بتقديم الدعم التنظيمي والاستراتيجي، وتهيئة بيئة ممكّنة للابتكار، وضمان توافق السياسات والمعايير مع أهداف النمو المستدام لقطاع المياه. وفيما يقدم هذا التقرير النظرة إجمالية عن التقنيات المتوقع تبنّيها في المملكة خلال السنوات القليلة القادمة، فإن العديد من الجهات الحكومية تؤدي دوراً في تسهيل تبني هذه التقنيات من نواح عدة، كتسهيل دخول ملّاك التقنية إلى المملكة، وضمان تمكين الأدوات التنظيمية لتطبيق هذه التقنيات المتقدمة وغيرها.

2

القطاع الخاص: وهو الشريك الأساسي في هذا المسعى، ويؤدي القطاع الخاص عدة أدوار في تبني التقنيات المتقدمة، منها استيراد التقنيات الجاهزة إلى المملكة وتوطينها وتطويرها وتنشرها محليا، إضافة إلى ذلك فإن القطاع المائي الخاص هو المستهدف بتطبيق التقنيات في منظوماته وعملياته التشغيلية، وهو أحد أهم ممثلي جانب الطلب الذي يستهدفه هذا التقرير، وبذلك فهو المحرك نحو استدامة قطاع المياه وزيادة فاعليته.

3

الشركات الناشئة المبتكرة: وهي المنشآت الصغيرة الناشئة التي تمتلك المعرفة الكافية لاستيعاب التقنيات الحديثة وتطبيقها على أرض الواقع، ولديها المرونة اللازمة لاستيعاب الاستثمارات التقنية ذات الأثر الاقتصادي متوسط المدى، كما يمكنها الوصول إلى أدوات تمويلية متخصصة في الابتكار مثل صناديق الاستثمار الجريء وغيرها. وتؤدي هذه المنشآت دوراً جوهرياً في إدخال التقنيات إلى الأسواق لكون الابتكار في صلب نشاطها القطاعي، وبموقعها الوسيط بين المنظومتين العلمية والقطاعية.

4

مراكز البحوث والجامعات: وهي بيوت الخبرة التي تسهم في خلق التقنيات وتنميتها في قطاع المياه، وتؤدي هذه الجهات عدة أدوار، منها تقديم الاستشارات للقطاع الخاص في التقنيات الحديثة المطبّقة، وتكييف هذه التقنيات لتتناسب مع البيئة المحلية، ومن ثم تطويرها لزيادة فاعليتها في المستقبل، كما تنقل هذه العلوم والتقنيات إلى المؤسسات التعليمية لتكون في صلب العملية التعليمية.

5

المستثمرون: ويمثلون صناديق الاستثمار الوطنية والخاصة، والمستثمرين الملائكيّين، والمؤسسات المالية، وهم يؤدون أدواراً محورية في تبنّي التقنيات، مثل التمويل والدعم المالي، وتخفيف المخاطر على المبتكرين بتمكينهم من تقديم منتجات جديدة حتى مع ارتفاع نسبة عدم التيقّن، والإرشاد والتوجيه للمبتكرين بما يملكه المستثمرون بأنواعهم من خبرة في الأسواق، والوصول إلى الأسواق من خلال شبكاتهم التجارية والصناعية، وزيادة موثوقية المبتكرين لدى الأسواق التجارية بتبنّي ابتكاراتهم، وتمكين المبتكرين من التوسّع المحلي والدولي.

منهجية خارطة طريق تبني التقنيات

إن تصميم خارطة طريق دقيقة وقابلة للتحديث مهمة معقدة لأسباب عديدة، منها تسارع وتيرة التقدم التقني ومتطلبات السوق. ويتطلب الخروج بخارطة طريق لتبني التقنيات يتطلب استشراف الاتجاهات التقنية المستقبلية، ومواءمتها مع الطموحات الوطنية طويلة الأمد، وهو ما يشكل تحدياً ولا سيما في المشهد التقني المتسارع والمتقلب.

خزان الترسيب في محطة معالجة مياه الصرف الصحي، شركة المياه الوطنية

وتشمل العوامل التي تسهم في هذا التعقيد الحاجة إلى توقع التقنيات الناشئة والتكيف معها، والتكامل مع الأنظمة الحالية، وإدارة تخصيص الموارد، والحفاظ على مرونة التعامل مع المعلومات الجديدة أو تحولات الأسواق، وبالإضافة إلى ذلك، فإن ضمان توافق أصحاب المصلحة يضيف تعقيدات تنظيمية، ونتيجة لهذا، لا بد أن توازن خريطة طريق تمكين التقنيات بين الرؤى المستقبلية والقدرة على التكيف، والوضع الراهن للقطاع، مما يجعل تصميمها عملية دقيقة.

نظرة عامة

يتألف النهج الشامل لوضع خارطة طريق تمكين التقنيات من ثلاثة أجزاء أساسية، أولها: تقييم حجم الطلب على الحلول التقنية وطبيعته، من خلال التواصل الوثيق مع القطاعات، بهدف معرفة التحديات التي تواجهها، ومن ثم تحديد الطلب المرتبط بها. ثانيها: تحديد التقنيات المناسبة للقطاعات على نطاق واسع، وهو ما أسفر عن تحديد أكثر من 100 تقنية عبر 20 عائلة تقنية لقطاع المياه. وثالثها: الاتفاق على أولويات التقنيات على أساس معيارين رئيسين وهما: التأثير في التحديات، أي مدى قدرة هذه التقنية على معالجة التحديات القطاعية، وسهولة تبني هذه التقنيات في المملكة، ومن المهم الإشارة إلى أن عامل سهولة التنفيذ أمر جوهري، لأن أحد الأغراض الرئيسة لتمكين التقنية هو مواجهة التحديات الأكثر إلحاحًا. ولذلك، كان لعامل الوقت دور كبير في تحديد أولويات تبنّي التقنيات، ومن ثم الخروج بمراحل أو موجات لتبني التقنيات، وتركز الأقسام الفرعية التالية على هذه الأجزاء الثلاثة.

جانب الطلب على التقنيات

إن الطلب على الحلول التقنية في قطاع المياه مدفوع بعدد من العوامل، منها وجود تحديات لهذا القطاع في المملكة، أبرزها شح المياه، واستهداف المملكة للحفاظ على المياه الجوفية غير المتجددة، والضرورة الاستراتيجية للأمن المائي في المملكة، ووجود العديد من الفرص مثل إعادة تدوير مياه الصرف الصحي واستخدامها للأغراض غير المنزلية، وتوفير المياه العذبة، إضافة إلى وجود تحديات عديدة مثل التسرب في شبكات المياه وغيرها. كما أن القطاع قد شهد خلال السنوات الأخيرة إطلاق عدد من التشريعات الهادفة إلى تنظيمه، وهو بحاجة في المرحلة المقبلة إلى الحلول الابتكارية، لتمكنه من الارتقاء إلى ما يتناسب مع الطموحات الوطنية.

ولذلك كان من الضروري أن ترتكز خارطة طريق تبني التقنيات على هذه التحديات الوطنية والاحتياجات الملحة [جانب الطلب] وعلى الفرص السانحة في الوقت نفسه [جانب العرض]. ولهذا الغرض، بذلت جهود واسعة النطاق، بالتعاون الوثيق مع القطاعات، لتحديد التحديات الأكثر أهمية وتوصيفها، وقد أسهمت الاستراتيجيات الوطنية المتسقة مع المتطلبات المحلية، والجهود الحالية للقطاعات في تيسير العمل إلى حد كبير.

وحتى يصل التقرير إلى حجم الطلب على الحلول التقنية وطبيعته، فقد بدأ بتوصيف القطاعات وقسّمها إلى عدة قوائم بحسب سلسلة القيمة فيها، وفي قطاع المياه كانت هذه القوائم هي: الإنتاج، والنقل والتوزيع، ومعالجة المياه وإعادة استخدامها، واستهلاك المياه. وحدد التقرير بعد ذلك التحديات لكل قائمة بشكل دقيق، مقيّما إمكانات الحلول التقنية لكل منها، وأخيراً واءم التقرير بين التحديات والتقنيات المعروضة، منتهياً بذلك بخرائط تمثل الطلب على الحلول التقنية.

محطة معالجة مياه الصرف الصحي، وزارة البيئة والمياه والزراعة

جانب العرض للتقنيات

إن العمل على إيجاد الحلول التقنية لقطاع المياه مستمر منذ عشرات السنين، وتتنوع هذه الحلول بحسب الاحتياجات المناطقية والتوجهات الوطنية، وقد بُذلت جهود عديدة للمواءمة بين التقنيات المتوفرة لقطاع المياه وهذه الاحتياجات، ولأن عدد تقنيات المياه المتوفرة هائل، وقد لا تتناسب بعضها بكل حال مع الاحتياج الوطني، فقد كان من الضروري وضع نهج يمكّن من تصنيف المعروض من التقنيات الجاهزة ومواءمتها مع الاحتياجات القطاعية في المملكة، لتحديد التقنيات ذات الأولية، ومن ثم تصميم المبادرات الاستراتيجية لتبنّيها.

ولتسهيل تصنيف هذه التقنيات، فقد حدد النهج المستخدم قائمة طويلة من تقنيات المياه، ومن ثم صنّفها إلى مجموعات من المجموعات التقنية، ترتبط فيما بينها بتقديم حلول للمشكلات المتشابهة، فمثلاً: تتكتل جميع التقنيات التي تقدم حلولا في التوزيع والنقل في مجموعة واحدة، حتى وإن اختلفت في مجالاتها التقنية مثل المواد المتقدمة، أو التطبيقات الرقمية، أو التقنية الحيوية، أو غيرها. وبذلك خرج النهج المستخدم بمجموعات من المجموعات التقنية التي يستهدف كل منها حل مشكلات متشابهة. وقد راجع خبراء متخصصون أكثر من 100 تقنية في قطاع المياه، وأسهموا

شكل 3: الإطار التقني لقطاع المياه

الإمداد		النقل والتوزيع
تقنية تحلية المياه وتقنيات الإمداد البديلة	تقنيات المياه الجوفية والمياه العذبة	10. أجهزة الاستشعار الذكية
1. أنظمة التناضح العكسي المتقدمة	6. تقنية الحفاظ على مياه السطح	11. المواد الذكية
2. طرق تحلية المياه الجديدة (باستثناء التناضح العكسي)	7. تقنية المياه الجوفية	12. إدارة التسرب الذكية
3. تعدين المياه المالحة	8. إدارة مستجمعات المياه ورصدها والتنبؤ بها	
4. تحلية مياه البحر باستخدام الطاقات المتجدّدة	9. تنقية المياه	
5. الإمدادات البديلة		
20. أنظمة التحكم الذكية في المياه		

المصدر: مركز الاستشراف التقني في مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

في تصنيفها إلى 20 مجموعة تقنية، قبل أن تُقيم هذه التقنيات بحسب إلحاح التحديات التي تعالجها وأولويتها، ومدى سهولة تبنّيها كما ذكر آنفا.

وقد رُوعيت مواءمة الطلب مع العرض عند تحديد الأولويات وموجات التقنية، وهو أمر ضروري حتى توجّه الجهود نحو تبنّي التقنيات المتصلة بالتحديات الأكثر إلحاحاً، ولم تغفل هذه العملية أهمية تفضيل التقنيات الأسهل في التبنّي، ولا سيما التقنيات القابلة للتطوّر والتوسع في المملكة. وحفاظاً على هذا الهدف، قيّم هذا التقرير الممكّنات المرتبطة بهذه التقنيات بناء على الحقائق والمعلومات المتوفرة، ومن ثم راجع المختصون وأصحاب المصلحة نتائج هذا التقييم.

يبين الشكل رقم [3] أدناه إطار الممكنات التقنية وتوزيع فئاتها المحددة — البالغ عددها 20 فئة — حيث رُتبت أفقياً بحسب عناصر سلسلة القيمة في قطاع المياه.

يقدم الإطار صورة شاملة عن استخدامات تقنيات المياه في عناصر سلسلة القيمة، ويضمن الإطار التغطية الشاملة لجميع التقنيات المبتكرة في قطاع المياه.

معالجة مياه الصرف وإعادة استخدامها	الطلب
13. التقنيات التكيفية لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي	17. الاستهلاك المبتكر للمياه
14. تقنية الاسترداد	18. الاستهلاك المبتكر للمياه في الصناعة
15. العلاج المبتكر	19. الاستهلاك المبتكر للمياه في الزراعة
16. اختبار المياه المبتكرة	

تقييم التقنيات

في مرحلة تقييم التقنيات، كان من المهم في البداية تحديد معايير هذا التقييم، وبعد دراسة طُرق عدة لتقييم التقنيات، وإسقاطها على المتطلبات الوطنية الحالية، اتضح أن أهم معيارين لتحقيق الغرض المنشود هما: الأثر المتوقع من نشر التقنيات، ومدى سهولة تبنيها في المملكة. ويقاس الأثر الذي تحدثه التقنيات بعدد من المؤشرات، مثل مدى إسهام التقنية في تحقيق مستهدفات الاستراتيجية القطاعية، وقدرتها على التصدي للتحديات المحلية والعالمية، ودورها المحتمل في السوق السعودي (على سبيل المثال، زيادة الإنتاجية أو التنافسية)، أما سهولة التنفيذ فتُقاس بمدى القدرة على تبني هذه التقنيات في المملكة من خلال عدد من المؤشرات مثل: البنية التحتية الحالية، وتوفر سلاسل التوريد، ووجود التنظيمات الداعمة، وإمكانية التوطين من خلال الكفاءات البشرية، والوعي بدور التقنيات، والقابلية لاستيعاب التقنية.

وقد أُجري تقييم شامل للتقنيات المحددة ورُكز فيه على الأثر المتوقع من تلك التقنيات وسهولة تنفيذها. وتقيس معايير الأثر الدور الذي ستؤديه التقنية المحددة في استراتيجية القطاع ومعالجة التحديات وتلبية متطلبات السوق بينما تدرس معايير سهولة التنفيذ الوقت اللازم لدخول التقنية للسوق، وعوائق دخولها وإمكانيات التوطين كما هو موضح في الشكل رقم [4] أدناه.

شكل 4: معايير تقييم المجموعات التقنية

سهولة التنفيذ

التقييم على مستوى التقنيات ومن ثم التجميع على مستوى المجموعات التقنية

وقت الوصول إلى السوق	تقييم الوقت اللازم لتبني التقنية
عوائق دخول السوق	تقييم حواجز الدخول المتعلقة بالتقنيات: • البنية التحتية وسلسلة التوريد • التنظيمات الداعمة • تعقيدات التبني
إمكانية تبني توطين التقنيات في المملكة	تقييم إمكانات التوطين: • قابلية استيعاب التقنية • الكفاءات البشرية • الوعي بدور التقنيات

التأثير المحتمل

التقييم على مستوى المجموعات التقنية

مدى الإسهام في تحقيق الاستراتيجيات القطاعية	• التوافق مع استراتيجيات القطاع [الأهداف والبرامج والمبادرات] والأولويات • المساهمة في حل تحديات القطاع
التحديات العالمية	المساهمة في حل التحديات العالمية الملحة
الطلب في السوق السعودي	المساهمة المحتملة في سوق المملكة: • زيادة الإيرادات • خفض التكاليف • تحسين الإنتاجية

وشكل هذا النهج أسس تقييم الممكنات التقنية حيث يقدم أساسًا منظمًا لتقييم هذه الممكنات وترتيبها وفقًا لأولويتها.

وبناء على هذين المعيارين، فقد قُيمت جميع مجموعات التقنية بمشاركة خبراء في المؤشرات المذكورة سالفاً، وخضعت هذه التقييمات لتحليلات عدة، لتخرج بعد ذلك التقنيات في أربع مجموعات بحسب مدى تأثيرها (عال أم متوسط)، ومدى سهولة تبنيها (سهلة التنفيذ أم قابلةً للتنفيذ)، بحيث يمكن البدء بالمجموعة ذات التأثير العالي وسهلة التنفيذ، على أن تبدأ المجموعات الأخرى لاحقاً بعد معالجة المسببات التي أثرت على تقييمها.

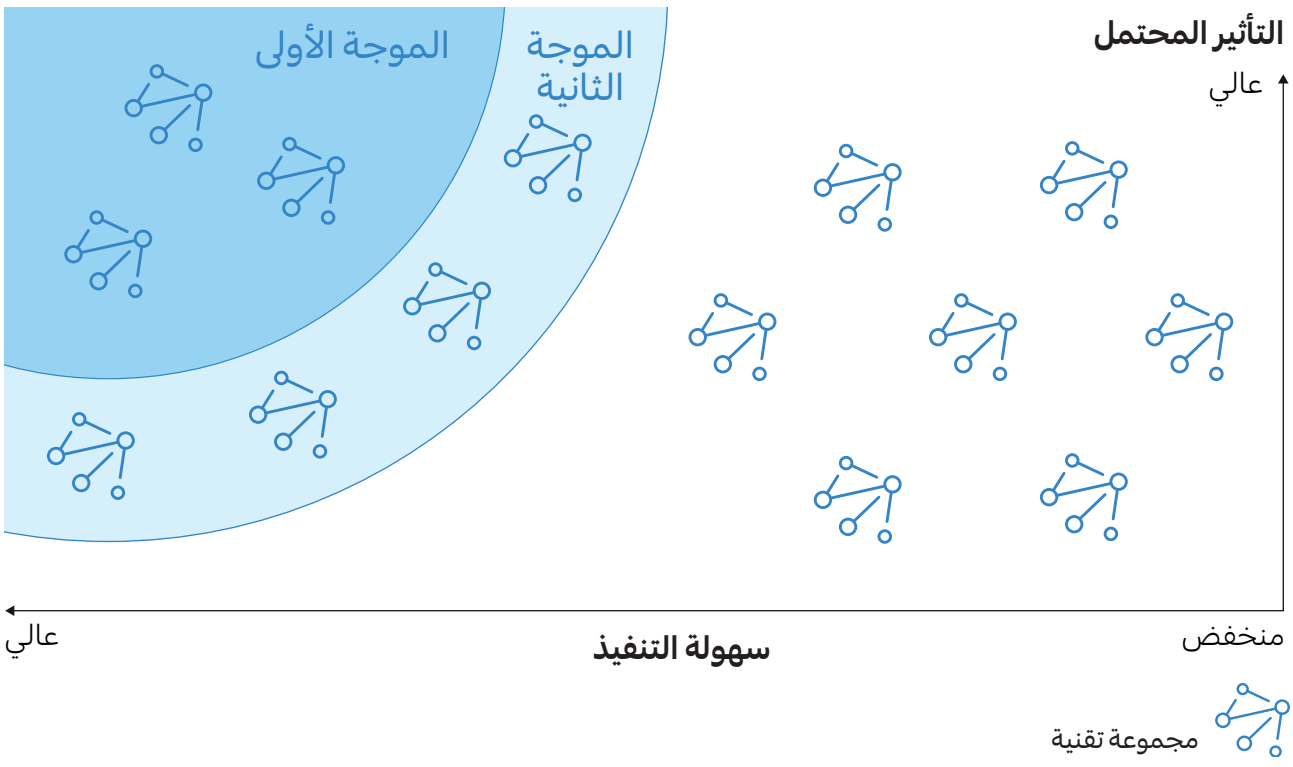
بعد الخروج بقائمة مبدئية للتقنيات ذات الأولوية العالية للتبني، راجع عدد من المختصين وأصحاب المصلحة هذه القائمة للتأكد من دقة التقييم والتوافق مع التوقعات القطاعية للمتخصصين العلميين، ومن أصحاب المصلحة ممن يعملون في هذا القطاع من الناحيتين التنظيمية والصناعية، واتبعت هذه المرحلة وسائل عديدة للمراجعة بحسب طبيعة المؤشرات والمُراجعين، فعقدت اجتماعات فردية مع بعض الجهات القطاعية، وأرسلت استبيانات مختصة للبعض الآخر، كما عقدت كذلك ورش عمل لجمع أطراف عدة على طاولة نقاش واحدة.

ويجدر بالذكر أن جميع هذه الوسائل جمعت على شكل تقارير في حال ورش العمل، وبشكل محاضر اجتماعات، وحفظت بيانات الاستبيانات المرسلة بصيغ رقمية، وذلك لغرض الاستفادة منها في مشاريع مقبلة، أو عند إعادة تقييم التقنيات مستقبلا في حال وجود مستجدات تحتم ذلك.

يوضح الشكل رقم (5) أدناه مرحلتي توظيف الممكنات التقنية، وتوزيع فئات الممكنات التقنية بحسب سهولة التنفيذ والأثر المتوقع.

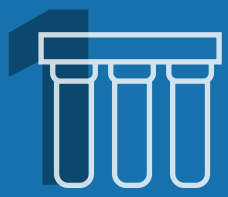
وسيتم التركيز على تبني مجموعات التقنية المدرجة ضمن الموجة الأولى، ومن ثم سيتم التركيز على الموجة الثانية للتبني.

شكل 5: تقييم مجموعات التقنية



التقنيات ذات الأولوية

حُددت الموجات التقنية بناء على المنهجية المذكورة في القسم السابق، بحيث مثلت الموجة الأولى خمس تقنيات يُستهدف تبنيها في العامين 2024 و2025، كما تكونت الموجة الثانية من خمس تقنيات كذلك يُستهدف تبنيها ابتداء من عام 2025. كما سيُنظر في الموجة الثالثة ذات النطاق الأوسع بين عامي 2026 و2030 بحسب الجاهزية للتبني.



أنظمة التناضح العكسي المتقدمة

إدارة التسرب الذكية

ويقدم هذا التقرير تفصيلا عن تقنيات الموجة الأولى المقرر تبنّيها في عامي 2024 و2025، مسلطا الضوء على جانب الطلب (أي التحديات التي تسهم هذه التقنيات في حلها)، وجانب العرض (أي القدرات التي تمتلكها المملكة في هذه التقنيات)، وأبرز المعوّقات التي قد تواجهها هذه التقنيات عند تبنّيها، وأخيرا سبل تبني هذه التقنيات. وشملت الموجة الأولى التقنيات التالية:

معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها

الري المبتكر

الاستهلاك المبتكر للمياه في المنازل

أنظمة التناضح العكسي المتقدمة

نظرة عامة

تركّز أنظمة التناضح العكسي المتقدمة على التقنيات التي تعمل على تحسين أداء محطات تحلية المياه المُطوَّرة بناءً على تقنية التناضح العكسي التي تستعمل أغشية رقيقة وشبه نفاذة ذات مسام ضيق لتصفية المياه النقية، بينما تحجز الجزيئات الأكبر مثل الأملاح الذائبة والشوائب الأخرى مثل البكتيريا، وتعتبر هذه التقنيةُ الرائدةَ في مجال تحلية المياه اليوم. وتنبع أهمية خفض تكلفة تحلية مياه البحر من كونه يشكل مصدراً أساسياً لتلبية الطلب السكني والصناعي على المياه، مع إمكانية اعتماده أيضاً للاستخدامات الزراعية.

وتصنّف هذه التقنيات ضمن إطار تقنيات أنظمة تحلية المياه (بما في ذلك المواد الغشائية، وأجهزة استعادة الطاقة، والتحسينات الأوسع للمعدات مثل المضخّات والصمامات، وتحسين إعدادات أنظمة التناضح العكسي، وتحسين الكفاءة أو تقليل التلوث)، وتقنيات توازن المحطات (بما في ذلك المعالجة المسبقة، المعالجة اللاحقة، المدخلات، المخرجات).

محركات الطلب

يُعد التناضح العكسي التقنية الرئيسة المستخدمة حالياً في المملكة؛ نظراً لأدائها الأعلى مقارنة بالبدائل (بشكل أساسي محطات التوليد المشترك للطاقة التي تنتج الماء والكهرباء، بناءً على تقنيات التقطير الومضي متعدد المراحل أو تقنيات التقطير متعدد التأثيرات). وقد أسهمت المملكة بشكل فعّال في خفض تكاليف التناضح العكسي على مدى العقدين الماضيين، كما تهدف إلى إجراء تخفيض إضافي في تكاليف بعض مراحل الإنتاج.

ويتوقع نمو الطلب العالمي مع زيادة قيمة سوق تقنيات التناضح العكسي المتقدمة من 2.5 مليار دولار في عام 2019 إلى 9.2 مليار دولار بحلول عام 2032.[3] ويرجع ذلك إلى تزايد اعتماد محطات التناضح العكسي المرشّدة للطاقة، مقارنة بتلك التي تعتمد الأساليب الحرارية.

محركات العرض

ينتشر استخدام تقنيات التناضح العكسي المتقدمة على نطاق واسع في المملكة، بوجود مستويات اعتماد عالية. ويُعدُّ معهد ابتكار تقنيات المياه والأبحاث المتقدمة (WTIIRA) — وهو جزء من المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة — معهداً بحثياً رائداً في المملكة في هذا الصدد، ويعمل المعهد على تحسين أداء التناضح العكسي، وقد سجّل رقماً قياسياً[4] من خلال إنجاز استهلاك منخفض للطاقة يبلغ 2.27 كيلوواط ساعة/م3. وبالإضافة إلى ذلك، طرحت أرامكو السعودية تقنية الشحن السريع والمعالجة اللاحقة لغشاء التناضح العكسي. وأخيراً، تشارك الجامعات الرائدة مثل جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية ومدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية بفاعلية في برامج بحثية تركّز على تطوير تقنيات التناضح العكسي.

وتتميز عدد من الشركات العالمية في هذا الصدد، ومنها ACCIONA Water، وVeolia Water Technologies، وABB، وSiemens.

معوقات التبني

تشترط السياسات اختبار تقنيات التناضح العكسي المتقدمة لمدة 5 سنوات على الأقل قبل استخدامها في المرافق، ويتطلب ذلك بنية تحتية متقدمة وبيئات تجريبية متخصصة، وقد أطلقت الوزارة برامج متخصصة في هذا الشأن، مثل برنامج برهنة التقنيات ذات الأولوية من خلال تجريبها في بيئاتها الحقيقية لتكييفها وتوظيفها، كما أطلقت مبادرة مراجعة الأطر والبيئات التشريعية وتطويرها وتعديلها لمعالجة العوائق بالتنسيق مع الجهات المنظّمة.

3 Yahoo Finance. "Reverse Osmosis Membrane Market to Reach $9.23 Billion by 2032; Ongoing Advancements in Membrane Materials & Design to Propel Growth". 2023

4 United Nations. "Saline Water Conversion Corporation: Decarbonatization in desalination sector in KSA". 2022

معدات التناضح العكسي داخل محطة لتحلية المياه المالحة، المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة

إدارة التسرب الذكية

نظرة عامة

تركّز إدارة التسرب الذكية على التقنيات والاستراتيجيات المتقدمة لاكتشاف التسربات وتحديد موقعها والتخفيف منها في مرحلتي النقل والتوزيع في سلسلة قيمة المياه. وتتضمن إدارة التسرب الذكية ما يأتي:

الكشف المباشر عن التسرب: وذلك باستخدام التقنيات التي تتضمن الفحص اليدوي لنظام التوزيع في الموقع، لتحديد حالات التسرّب، مثل كشف التسرب بواسطة الروبوتات، واستشعار أثر الغاز، وتقنية الليزر.

اكتشاف التسرب عن بعد: باستعمال التقنيات وعمليات تحليل البيانات المتقدمة لتحديد حالات التسرّب دون إمكانية الوصول المادي المباشر إلى نظام توزيع المياه، والاعتماد على شبكات الاستشعار، وأجهزة جمع البيانات، وتقنيات الاتصالات مثل أجهزة استشعار تدفق المياه، وأجهزة استشعار الضغط، والنمذجة الهيدروليكية، وأنظمة «SCADA».

تقنيات التخفيف من التسرب: وهي تقنيات وأجهزة وأنظمة لتحديد التسريبات في وقت مبكر، والتخفيف من تأثيرها، ومنع المزيد من الضرر، مثل لحام الوصلات عن بعد وطلائها، وسد مكان التسرب تلقائياً بواسطة مواد معالجة لزجة، والتحليل الطيفي للانبعاثات البصرية (OES).

محركات الطلب

يمكن لتقنيات إدارة التسرب الذكية أن تزيد من كفاءة المياه إلى أقصى حد ممكن في مرحلة النقل والتوزيع في سلسلة قيمة المياه عن طريق تقليل المياه المهدرة، وتعرّف المياه التي لا تدر عائداً بأنها الفرق بين حجم مدخلات النظام والاستهلاك المفوتر. وهذا أمر ضروري لأنه يسهم في تحقيق أهداف الاستراتيجية الوطنية للمياه التي تهدف إلى تقليل المياه المهدرة بنسبة 15٪، كما تهدف إلى ضمان استمرارية إمدادات المياه بنسبة 100٪. بالإضافة إلى ذلك، يمكن لتقنيات إدارة التسرب الذكية أن تزيد من الكمية المحتملة من المياه المستهلكة والمفوترة.

على الصعيد العالمي، من المتوقع أن تنمو قيمة سوق تقنيات إدارة التسرب الذكية من 10.1 مليار دولار في عام 2023 إلى 14.4 مليار دولار في عام 2026.[5] ويرجع ذلك إلى تزايد ندرة المياه على مستوى العالم، وارتفاع مستويات تلوث المياه، مما يؤدي إلى نقص حاد في المياه العذبة، بالإضافة إلى التقدم التقني في قطاعات إنترنت الأشياء وتحليل البيانات.

محركات العرض

ثمة جهود كبيرة مبذولة للبحث والتطوير في مجال تقنيات إدارة التسرب الذكية، إذ تعمل جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية على تطوير نظام يستخدم الصوت، وأجهزة استشعار الضغط، وتحليل نظام تخطيط موارد المؤسسات (ERP)، ورسم خرائط ثلاثية الأبعاد لنظم المعلومات الجغرافية، للكشف عن حالات التسرّب. كما تعاون باحثون من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا (MIT) وجامعة الملك فهد للبترول والمعادن لتطوير نظام آلي للكشف عن التسرب في الأنابيب. وبالإضافة إلى ذلك، تنفّذ المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة مشاريع تجريبية لأنظمة كشف التسرب في الأنابيب وتقنيات الاستشعار بالألياف الضوئية الموزعة.

ويتميز عدد من الشركات العالمية في هذه التقنيات، مثل Echologics، و Grundfos، و Aqualeak، و Xylem، و Sensus.

معوقات التبني

يصعب تطبيق تقنيات إدارة التسرب الذكية لأسباب، منها: اتساع رقعة المملكة الجغرافية، وتوسع شبكات النقل التي بُنيت على امتداد سنوات طويلة، مما سبب تفاوتا في تصميمها الهندسي وعقّد تبني تقنيات إدارة التسرب الذكية. وقد أطلقت الوزارة برنامج برهنة التقنيات والابتكارات من خلال تجريبها في بيئاتها الحقيقية لتكييفها وتوظيفها بما يتناسب مع نشرها محلياً على نطاق واسع. وتعمل الوزارة في هذا الصدد مع الجهات الشقيقة ذات العلاقة مثل الشركة الوطنية للمياه.

5 Global Water Intelligence. "Digital Water". 2022

مركز القيادة والتحكم، شركة المياه الوطنية

معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها

نظرة عامة

تشتمل معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها على مجموعتين من المجموعات التقنية، واللتان تركزان على معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة تدويرها لتُستخدم لأغراض إضافية. ونظراً لندرة المياه، فإن إعادة استخدام مياه الصرف الصحي أمر ضروري للمملكة، ويتطلب استخدام تقنيات مناسبة. وتشمل تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها كلًا من:

المعالجة المبتكرة: وهي استخدام العمليات والتقنيات المتقدمة لمعالجة مياه الصرف الصحي، مثل إزالة المواد الصلبة المعلقة، والمعالجة البيولوجية، والتطهير، والامتصاص والامتزاز.

التقنيات التكيفية لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي الصحي لأغراض مفيدة بدلًا من تصريفها في البيئة، مثل أنظمة إعادة تدوير المياه، وأنظمة الترشيح، وأنظمة إعادة تدوير المياه الرمادية.

محركات الطلب

تهدف المملكة العربية السعودية إلى معالجة مياه الصرف الصحي المجمعة بنسبة 100٪.[6] وستسهّل التحسينات المتوقعة تحقيق ذلك، من خلال تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها التي يمكنها تحسين معدل إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة من 17٪ إلى 70٪ بحلول عام 2030 وزيادة نسبة السكان الذين تشملهم خدمات الصرف الصحي من 60٪ إلى 75٪ بحلول عام 2030.[7]

من المتوقع أن تنمو قيمة السوق العالمي لتقنيات معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها من 178.7 مليار دولار في عام 2023 إلى 236.2 مليار دولار بحلول عام 2028. وينمو سوقا الشرق الأوسط وأفريقيا بأعلى المعدلات (9.3٪ و8.3٪ معدل النمو السنوي المركب في المنطقتين[8]). ويرجع ذلك إلى زيادة الاستثمار في البنية التحتية للصرف الصحي.

محركات العرض

تُعد معالجةَ مياه الصرف الصحي أولوية في المملكة، بالإضافة إلى وجود توجّه واضح نحو زيادة تطبيق المعالجة الثلاثية لمياه الصرف الصحي. كما أن ثمة جهود كبيرة مبذولة للبحث والتطوير في مجال تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها. فجامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية تُجري أبحاثاً في مجال إعادة استخدام مياه الصرف الصحي وتقنيات المياه المستدامة في الصناعة والزراعة وتربية الأحياء المائية، وأنشأت منشأة بحث وتطوير معترف بها عالمياً لمعالجة مياه الصرف الصحي. ولدى مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية أيضاً برامج بحثية مهمة حول تقنيات معالجة المياه. وأخيراً، فإن القطاع الخاص (بما في ذلك، على سبيل المثال لا الحصر، شركة «حلول المياه»، ومجموعة بن لادن السعودية) يعمل بالفعل على تطوير الحلول التجارية.

ويتميز عدد من الشركات العالمية في هذا المجال، مثل Netafim، وHydrosol Inc، وVeolia، وSUEZ، و Watergen.

معوقات التبني

لا يرقى استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة إلى المستوى الذي يحقق المستهدفات الاستراتيجية، ويعود ذلك إلى أسباب منها وجود بعض العوائق التنظيمية في استخدام المياه الرمادية، وقد أطلقت الوزارة في هذا الشأن مبادرة لمراجعة الأطر والبيئات التشريعية وتعديلها لمواجهة العوائق المساهمة في كبت الطلب، كما أطلقت الوزارة كذلك برامج لرفع مستوى الوعي بأهمية التقنيات المستخدمة في معالجة مياه الصرف الصحي وفاعليتها، وهو ما سيسهم في رفع مستوى الوعي بجدوى استخدام هذه المياه للاستخدامات غير المنزلية لتكون مكمّلة لمصادر المياه العذبة الحالية.

6 Ministry of Environment. Water and Agriculture. "National Water Strategy". 2018

7 Ministry of Environment. Water and Agriculture. "National Water Strategy". 2018

8 Global Water Intelligence. "Market Insight" 2022

خارطة طريق تبني التقنيات

وحدة معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها
وحدة لامركزية رُكبت في رابغ، واختُرعت في جامعة
الملك عبدالله للعلوم والتقنية

الري المبتكر

نظرة عامة

تشتمل تقنيات الري المبتكر على مجموعة متنوعة من الأنظمة التي تهدف إلى تحسين استخدام المياه، وزيادة كفاءة الري، وإدارة الموارد المائية بفاعلية. فهي تمكّن من تقليل فقدان المياه من الري وتخصيص عملية الري وفقاً لاحتياجات نباتات معينة أو بحسب خصائص الأرض. وتشمل هذه التقنيات ما يأتي:

الري الخطّي: وهو نظام الري الميكانيكي الذي يوزّع المياه على المحاصيل في خط مستقيم باستخدام آليات الرشاشات.

الري المحوري المركزي: وهو نظام الري الميكانيكي لسقي الحقول الكبيرة أو المحاصيل بنمط دائري باستخدام آلية الرشاشات للرش، وهي مناسبة للأراضي المسطحة تحديدًا

الري الجزئي/بالتنقيط: وهو نظام الري الذي يوصل المياه مباشرة إلى جذور النباتات بكميات صغيرة يمكن التحكم بها باستخدام شبكة من الأنابيب تطلق الماء على شكل قطرات أو بتدفق بطيء وثابت.

الري الذكي: وهو أنظمة تتضمن أجهزة استشعار، وبيانات الطقس، والاتصال بالإنترنت لمراقبة جداول الري وضبطها بناءً على الظروف السائدة وقت الري الفعلي.

محركات الطلب

تُعدُّ المملكة العربية السعودية من بين أكثر دول العالم معاناة من شح المياه، حيث تحتل المملكة المرتبة الثامنة عالمياً على مؤشر شح المياه، لأن ما يقرب من 80٪ من المياه المستهلكة في الزراعة تأتي من المياه الجوفية غير المتجددة. ومع تزايد الضغط على احتياطيات المياه الجوفية، يُعدُّ اعتماد تقنيات الري المبتكر الحديثة أمراً بالغ الأهمية لاستدامة هذا القطاع على المدى الطويل.

تقود تقنيات الري المبتكر إلى تخفيض كبير في استخدام المياه مقارنةً بنظام الري التقليدي المفتوح. فعلى سبيل المثال، يمكن أن تؤدي تقنيات الري الجزئية إلى تقليل استهلاك المياه بنسبة تتراوح بين 10% و15%.[9]

كما أن الطلب العالمي يتنامى تنامياً كبيراً، وهو ما يتضح من سوق تقنيات الري الجزئي/الري بالتنقيط، والذي سيتضاعف أكثر من أربعة أضعاف خلال السنوات العشر القادمة، من 15 مليار دولار أمريكي في عام 2022 إلى 64 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2032.[10]

محركات العرض

تشارك مؤسسات مثل جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية وجامعة طيبة، إلى جانب شركات خاصة مثل "المراعي"، في أنشطة بحث وتطوير كبيرة في مجال تقنيات الري المبتكر، حيث تتوفّر تقنيات متقدمة في المملكة مع تزايد اعتماد تقنيات مثل الري الخطي والري الجزئي/الري بالتنقيط.[11]

معوقات التبني

يمكن حصر معوقات تبني تقنيات الري المبتكر في عدة نقاط، أولها: معرفة المزارعين بفاعلية هذه التقنيات التي تزيد الإنتاجية وتقلل استهلاك المياه الجوفية، والتي أطلقت من أجلها المؤسسة العامة للري حملة توعوية متخصصة، كما ستطلق الوزارة لأجلها مبادرة تحسين التعاون وتعزيز الوعي بمجالات التقنية. والثانية: هي تكلفة هذه التقنيات التي تقدر بنحو 1000 دولار للهكتار الواحد]،[12] والثالثة: هي منافسة هذه التقنيات التي قد تكون مكلفة لبعض المزارعين، مقارنة بالوصول للمياه الجوفية غير المتجددة الأقل تكلفة، والأخيرة: هي ضعف الصناعة المحلية لخطوط وأنابيب الري التي تتناسب مع الاحتياجات الوطنية، والتي ستطلق لأجلها مبادرة بناء قدرات البحث والتطوير والابتكار في قطاع الزراعة لضمان إمدادٍ محلي كافٍ ومستمر من الحلول الابتكارية.

9 EPA Water Sense. "Saving Water with Micro irrigation". 2023

10 Morgan Stanley. "Sustainability Report". 2022

11 Ghanim. Abdulnoor. "Water Resources Crisis in Saudi Arabia Challenges and Possible Management Options an Analytic Review". 2019

12 Feed the Future. "Drip Irrigation in Smallholder Markets: A cross-partnership study". 2016

خارطة طريق تبني التقنيات

استخدام تقنية الري بالتنقيط لزراعة الخس

الاستهلاك المبتكر للمياه في المنازل

نظرة عامة

يركّز الاستهلاك المبتكر للمياه في المنازل على اعتماد ممارسات وتقنيات متقدمة لترشيد استخدام المياه. ويُعد ذلك ضرورياً ضمن سياق لا يزال فيه نصيب الفرد من الاستهلاك الحضري في المملكة مرتفعًا، ويؤدي إلى زيادة الحاجة إلى البنية التحتية للمياه على طول سلسلة القيمة (بما في ذلك تحلية المياه والنقل والتخزين الاستراتيجي والتوزيع). ويمكن تصنيف تقنيات استهلاك المياه المبتكرة عموماً ضمن تقنيتين رئيستين: أنظمة التحكم والإدارة الآلية، وتقنيات بستنة الحدائق الفعالة. وتوفّر أنظمة التحكم والإدارة الآلية عمليات وتقنيات لتعزيز فاعلية استخدام المياه في المنازل وكفاءتها (مثل ملحقات الصنابير التي تتضمن شاشة لعرض كمية المياه المتدفقة، وإكسسوارات دورات المياه الذكية التي تعتمد على التدفق المنخفض للمياه، والتحكم الذكي بالمياه المستخدمة في الهواء الطلق، والمراحيض الذكية، وأنظمة كشف التسرب ومراقبته، والأجهزة المنزلية ذات الكفاءة العالية لاستخدام المياه). وتمكّن تقنيات بستنة الحدائق الفعالة من اتّباع ممارسات تنسيق الحدائق الموفرة للمياه في البيئات المنزلية (مثل التربة التي تحتفظ بالمياه، والحدائق الجافة، وتجميع مياه الأمطار، والري الجزئي، وأنظمة التنقيط، وأنظمة إعادة تدوير المياه الرمادية).

محركات الطلب

في الوقت الحاضر، يتجاوز نصيب الفرد من استهلاك المياه في المناطق الحضرية 275[13] لتراً يومياً. وحددت الاستراتيجية الوطنية للمياه مستهدفاً يتمثل في 150 لتراً يومياً للفرد بحلول عام 2030، الأمر الذي سيتطلب رفع الوعي باستخدام التقنيات وتقليل الاستهلاك المحلي للمياه، مع العمل على رفع كفاءة الري.

من المتوقع أن تنمو قيمة سوق التقنيات المبتكرة لاستهلاك المياه في المنازل في السوق العالمية من 2.5 مليار دولار في عام 2024 إلى 3.8 مليار دولار بحلول عام 2028.[14] وترجع هذه الزيادة إلى تنامي الممارسات التي تعزز الاستخدام المستدام للمياه.

محركات العرض

في حين أن التقنيات المبتكرة لاستهلاك المياه في المنازل لا تزال محدودة الاستخدام في المملكة، إلا أن هناك العديد من مبادرات البحث والتطوير والابتكار التي تنفّذ حالياً في هذا المجال. وتشمل الأنشطة أبحاث إعادة استخدام المياه الرمادية في جامعة الملك سعود، وأبحاث جامعة الملك فيصل حول الحدائق الجافة، وأبحاث جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية حول استشعار المياه لأغراض الري. وبالإضافة إلى ذلك، نجحت جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية في تنفيذ تقنية الحدائق الجافة في كل من الحرم الجامعي والمجتمعات السكنية، مما أسهم في خفض استهلاك مياه الري بنسبة 50٪. كما أن هناك مشاركة فعّالة من شركات خاصة مثل «عِلم» التي تقدم للمنازل خدمات الكشف عن تسرّب المياه عبر تطبيق «كشف».

وتتميز عدد من الشركات العالمية في مجال التقنيات المبتكرة لاستهلاك المياه في المنازل مثل: Groenwater ، وMoen Smart Home ، وMoen ، وNetafim.

معوقات التبني

تتمثل العوائق الرئيسة أمام استخدام تقنيات الاستهلاك المبتكر للمياه في المنازل في البنية التحتية ومستوى الوعي. وقد ساعدت مبادرات مثل مبادرة «قطرة» على زيادة الوعي، لكن ما تزال هناك حاجة إلى بذل جهود إضافية لزيادة الوعي بالتقنيات الحالية لإدارة استهلاك المياه في المنزل. وتعمل الوزارة مع شركائها في منظومة المياه لرفع الطلب على هذه التقنيات، بإطلاق مبادرات مثل مراجعة الأطر التنظيمية وتعديلها لمعالجة العوائق المساهمة في كبت الطلب على هذه التقنيات، واقتراح آليات وسياسات لتحفيز الطلب على التقنيات المبتكرة.

13 Ministry of Environment, Water and Agriculture, 2021

14 Fortune Business Insights, "Smart water meter", 2020

اتباع منهجية الزراعة الجافة (Xeriscaping) في الحرم الجامعي لجامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية، جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية

تقنيات أوسع نطاقًا

بالإضافة إلى مجموعات التقنيات الخمس ذات الأولوية في الموجة الأولى، هناك 19 مجموعة أخرى من التقنيات القادرة على مواجهة تحديات هذا القطاع في المملكة العربية السعودية. وستحظى هذه التقنيات أيضاً بالدعم بفضل مجموعة من المبادرات المحددة (أي المصممة خصيصًا لتبني تلك التقنيات) والمبادرات الشاملة والأكثر منهجية.

ويقدم القسم التالي نظرة عامة على خطة التنفيذ، التي تغطي جميع التقنيات المناسبة لقطاع المياه، بالإضافة إلى المبادرات المحددة الموضحة أعلاه لمجموعات التقنية الخمس في الموجة الأولى.

خطة الوزارة التنفيذية لتبني ونشر التقنيات

قامت وزارة البيئة والمياه والزراعة بمسح الجهود القائمة في قطاع المياه وتحليلها، لتحقيق التطلعات المستقبلية الطموحة لهذا القطاع ضمن رؤية المملكة 2030، وقد شمل التحليل: الأولويات، والتطلعات، والاستراتيجيات الوطنية للمياه، بالإضافة الى الأجندة الوطنية لقطاع البحث والتطوير والابتكار، والوضع الراهن لأنشطة تبني التقنية والابتكار في قطاع المياه، وحالة ممكّنات تبني التقنية والابتكار كالبنى التحتية المتوفرة، والكوادر البشرية العاملة في منظومة الابتكار في قطاع المياه، والسياسات واللوائح التنظيمية الداعمة لتبني التقنية والابتكار في القطاع.

وبناء عليه تم تحديد التحديات والفجوات الحالية، وبالاستعانة بأفضل ممارسات صناعة سياسات الابتكار القطاعية والوطنية، كما حُدد نطاق التدابير المؤسسية ذات الأولوية لتعزيز تبني التقنية والابتكار في القطاع، والتي تستهدف تحقيق أربع غايات رئيسة، وهي:

توجيه الخطط والمساعي والموارد المخصصة وتنسيقها لتبني التقنية والابتكار في قطاع المياه ضمن نطاق استراتيجي يركز على مجابهة التحديات القطاعية الملحة، وبما يتماشى مع أولويات البحث والتطوير والابتكار الوطنية، والاستراتيجيات الوطنية ذات العلاقة.

تحسين الترابط والتعاون بين الجهات الناشطة في تبني التقنية والابتكار في قطاع المياه؛ لتعزيز الشراكات والتآزر ضمن القطاع وتبادل الخبرات ونشر المعارف، وتعزيز الوعي بجهود منظومة المياه ونجاحاتها في تبني التقنية والابتكار في خططها وعملياتها، لخلق زخم إيجابي في القطاع يضمن استدامة الجهود.

تحفيز الطلب على تبني منتجات التقنية والحلول الابتكارية في قطاع المياه، وتحسين استجابة الطلب للعرض المتاح من التقنيات من خلال التدابير المدروسة والحوافز المستهدفة.

بناء قدرات البحث والتطوير والابتكار في قطاع المياه، لضمان إمدادٍ محلي كافٍ ومستمر من منتجات التقنية والحلول الابتكارية.

وعليه، ستنفذ الوزارة أربع مبادرات مؤسسية تتضمن عدداً من البرامج الفرعية المصممة بعناية لتحقيق الغايات وهي كالتالي:

1- مبادرة توجيه مساعي تبني التقنية والابتكار بقطاع المياه وتنسيقها والتي تهدف الى:

- إنشاء إطار حوكمة شفاف وفعال يحدد الأدوار والآليات المطلوبة لتحديد الحلول الابتكارية ذات الأولوية، بما يتماشى مع الأولويات الوطنية والقطاعية، ويعمل على إشراك أصحاب المصلحة في المنظومة من خلال مواءمة الأهداف والتبادل الفعال للمعلومات، والتعاون بهدف الحفاظ على استمرارية أنشطة تبني التقنية والابتكار في القطاعات.
- تطوير آلية لتوجيه التمويل الصادر من جهات مختلفة نحو أنشطة تبني التقنية والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة التي تنفذها الجهات العامة والخاصة في المنظومة، بطريقة قائمة على الأداء تراعي المواءمة مع الحلول الابتكارية ذات الأولوية لقطاعات البيئة والمياه والزراعة، وتحقق التوازن بين التمويل المؤسسي وتمويل المشاريع.
- تطوير وتفعيل أدوات لقياس أداء منظومة المياه ومتابعته في مجال تبني التقنية والابتكار، وتقديم تصورات وتوصيات مستندة على بيانات ومؤشرات دقيقة عن الوضع الراهن لأنشطة تبني التقنية والابتكار في القطاع، بهدف دعم عمليات اتخاذ القرار.
- تطوير برنامج مؤسسي لرصد التقنيات واستشرافها بهدف تقديم رؤية منتظمة حول التقنية والحلول الابتكارية الواعدة المناسبة لمعالجة التحديات والاستفادة من الفرص في قطاع المياه، ودعم عمليات التخطيط واقتراح السياسات المؤسسية.
- التعاون مع هيئة تنمية البحث والتطوير والابتكار لإعداد الخطط التنفيذية التفصيلية لمهام البحث والتطوير والابتكار الوطنية ذات العلاقة بقطاع المياه.

2- مبادرة تحسين التعاون وتعزيز الوعي بمجالات التقنية والابتكار وريادة الأعمال في قطاع المياه والتي تهدف إلى:

- تطوير إطار لإعداد شراكات تبني التقنية والابتكار وإدارتها في قطاع المياه مع مختلف الشركاء المحتملين من الجهات الحكومية والخاصة، والجهات البحثية والابتكارية المحلية والدولية، بما يعزز كفاءة تلك الشراكات ويحقق الوصول إلى غاياتها المرجوة.
- تطوير منصة رقمية تحتوي معلومات عن برامج الدعم المتاحة لتبني التقنية والابتكار، وعن مشاريع البحث والتطوير والابتكار القائمة، والخدمات الاستشارية، ومخرجات البحث والتطوير والابتكار وتبني التقنية، وفرص التعليم والتدريب، والأخبار، والفعاليات، وقصص النجاح، لدعم التواصل وتعزيز الروابط بين مختلف الفاعلين في المنظومة.
- تخطيط ورامج للجوائز والمسابقات التحفيزية وإطلاقها لتبني التقنية والابتكار بالتعاون مع الجهات ذات العلاقة، بهدف تعزيز ثقافة البحث والتطوير والابتكار وتبني التقنية، ونشر قصص النجاح في القطاع للاستلهام بها.
- تعزيز الوعي بجهود منظومة البيئة والمياه والزراعة في تبني التقنية والابتكار، من خلال نشر تقارير دورية في منصات مرموقة عن أبرز النجاحات والتطلعات لمنظومة المياه في مجال البحث والابتكار.
- تنظيم الأحداث والمعارض لتوفير منصات لجهات البحث والتطوير ومزودي التقنية المحليين والدوليين، لعرض منتجاتهم على المستثمرين والمشترين المحتملين، بهدف تسهيل إقامة الشراكات وتشجيع الابتكار، والحث على تبني أحدث التقنيات في قطاع المياه.

3- مبادرة تحفيز الطلب على تبني المنتجات والحلول الابتكارية في قطاع المياه والتي تهدف إلى:

- مراجعة الأطر والبيئات التشريعية وتطويرها وتعديلها لمعالجة العوائق القائمة والمساهمة في كبت الطلب على تقنيات البحث والتطوير والابتكار وحلولها لقطاع المياه، من خلال التنسيق مع الجهات المنظمة.
- برهنة فاعلية التقنيات والابتكارات ذات الأولوية في قطاع المياه، من خلال تجريبها في بيئاتها الحقيقية لتكييفها وتوظيفها بما يتناسب مع نشرها محليا على نطاق واسع.
- اقتراح آليات وسياسات لتحفيز الطلب على تقنيات البحث والتطوير والابتكار وحلولها ذات الأولوية لقطاع المياه.
- زيادة القدرة الاستيعابية للتقنية للمستخدمين النهائيين للتقنية بقطاع المياه، لتحسين تبني المنتجات والحلول الابتكارية وتعزيز الطلب في السوق.

4- مبادرة بناء قدرات البحث والتطوير والابتكار في قطاع المياه، لضمان إمدادٍ محلي كافٍ ومستمر من الحلول الابتكارية والتي تهدف إلى:

- تعزيز منظومة ريادة الأعمال في قطاع المياه، بما يشمل تطوير آليات تجذب التمويل والاستثمارات نحو شركات القطاع الناشئة، وإنشاء مجتمعات لرواد الأعمال، ومعالجة العقبات المتعلقة بالمعلومات والأطر التنظيمية التي يواجهها رواد الأعمال، وتتبع مستوى أداء الشركات الناشئة والأسواق في القطاع.
- تسهيل إنشاء مساحات ريادة الأعمال الخاصة بقطاع المياه، وبرامج دعم ريادة الأعمال بما يشمل الحاضنات والمسرعات ومصانع الشركات الناشئة، ومساحات العمل المشتركة وبرامج وعيادات الدعم الفني، بالتعاون مع أصحاب المصلحة المعنيين على الصعيدين الوطني والقطاعي.
- إنشاء مؤسسات الابتكار الوسيطة لتجسير الفجوة بين قطاع المياه والقطاع البحثي والأكاديمي، مثل مراكز تطوير التقنيات وأودية التقنية ومكاتب نقل التقنية وغيرها.
- تطوير سياسات وأطر مؤسسية لإدارة التقنية وحماية الملكية الفكرية في قطاع المياه، والمشاركة مع الهيئة السعودية للملكية الفكرية في تطوير السياسات الوطنية المتعلقة بالقطاع.
- التعاون مع أصحاب المصلحة المعنيين في منظومة التعليم وتطوير الكفاءات، لإطلاق برامج محددة تستهدف تنمية كفاءات تساهم في تبني التقنية والابتكار في قطاع المياه، بالإضافة إلى تطوير البرامج المؤسسية للارتقاء بمهارات منسوبي القطاع من خلال برامج التدريب المتخصصة.

Unsure of the entity

خاتمة

تؤدي التقنيات دوراً حاسماً في الاستجابة للتحديات التي يواجهها قطاع المياه، مثل: الحاجة الملحّة لزيادة الإنتاجية، والحفاظ على الموارد الطبيعية، والتكيّف مع الظروف البيئية القاسية وشح المياه، وتحويل التحديات المتمثلة في مياه الصرف الصحي إلى فرص بإعادة تدويرها واستخدامها. وتمكّن هذه التقنيات المبتكرة من إيجاد حلول مستدامة لهذه المشكلات، كما تسهم أيضاً في إيجاد العديد من الفرص التي تزيد من مساهمة قطاع المياه في الناتج الاقتصادي، وتحقيق نسب مرتفعة من الأمن المائي.

وقد سعى هذا التقرير إلى إيضاح دور تبني التقنية والابتكار في حل التحديات التي يواجهها قطاع المياه في المملكة، مشيراً إلى أمثلة دولية ومحلية للابتكار في قطاع المياه أدت فيها التقنيات دوراً حاسماً في توفير الحلول. كما هدف بشكل رئيس إلى المواءمة بين التحديات التي تواجهها المملكة في قطاعات البيئة والمياه والزراعة، والحلول التي تجود بها التقنيات المتوفرة والجاهزة، كما وضح خطة الوزارة التنفيذية لتبني هذه التقنيات ونشرها على المديين القصير والمتوسط.

وقد اتبع التقرير منهجية موضوعية للخروج بقائمة التقنيات ذات الجاهزية العالية التي توفر حلولاً لقطاع المياه، حيث بدأ فيها بحصر التحديات التي يواجهها هذا القطاع في المملكة، مقسّماً القطاع إلى أربع مجموعات، وهي الإنتاج، والتوزيع والنقل، وإعادة التدوير والاستخدام لمياه الصرف الصحي، واستخدام المياه. ومن ثم نظر في التقنيات المتوفرة وصنّفها إلى مجموعات تقنية بحسب هذه المجموعات الأربعة، قبل أن يرتبها بحسب الأولوية التي اعتمدت على الأثر الذي تحدثه هذه التقنيات، ومدى سهولة تبنّيها ونشرها، منتهياً بذلك إلى موجات من التقنيات التي تنوي الوزارة تبنّيها خلال السنوات القادمة.

ولتعقيد منظومة البيئة والمياه والزراعة، وكثرة أصحاب المصلحة في قطاع المياه، فقد راعى التقرير الاستراتيجيات الوطنية والقطاعية لمنظومة المياه ومنظومة الابتكار الوطنية، كما لم يغفل وجهات نظر العاملين في قطاعات الوزارة، من خلال عقد سلسلة من الاجتماعات وورش العمل مع أكثر من 30 جهة، آخذاً برأي أكثر من 120 خبيرٍ ومتخصصٍ في جميع مراحل الإعداد.

ووزارة البيئة والمياه والزراعة إذا تصدر هذا التقرير، فإنها تهدف إلى بيان توجهها الاستراتيجي تجاه تبنّي التقنيات التي تسهم في حل التحديات القطاعية، موضحة خطتها التنفيذية لنشر هذه التقنيات، ومحددة غاياتها الأربع الرئيسة في هذا الشأن، وهي توجيه الخطط والمساعي والموارد المخصصة وتنسيقها لتبني التقنية والابتكار في قطاع المياه ضمن نطاق استراتيجي مركّز نحو حل تحديات القطاع، وتحسين الترابط والتعاون بين العاملين في منظومة البحث والتطوير والابتكار في قطاع المياه، لخلق زخم إيجابي في القطاع يضمن استدامة الجهود، وتحفيز الطلب على تبنّي المنتجات والحلول الابتكارية في قطاع المياه وتحسين استجابته للعرض المتاح من خلال التدخلات المدروسة والحوافز المستهدِفة، وبناء قدرات البحث والابتكار في قطاع المياه لضمان إمدادٍ كافٍ ومستمر من المنتجات والحلول الابتكارية.

وإيماناً من الوزارة بأهمية العمل التكاملي، وضرورته لتحقيق المستهدفات الوطنية، فهي تدعو جميع شركائها من الجهات الفاعلة في قطاع المياه للإسهام في تنفيذ هذه الخطة، طامحة إلى يكون هذا التقرير داعماً في تبنّي الحلول الابتكارية التي تساعد في تجاوز التحديات التي يواجهها العاملون في المنظومة، وممكّنا لتحقيق الطموحات والمستهدفات الوطنية لقطاعات البيئة والمياه والزراعة.

وأخيراً فإن وزارة البيئة والمياه تعرب عن خالص شكرها وامتنانها لجميع من أسهم في هذا التقرير، من شركائها في المنظومة، ومن فريق الخبراء والمتخصصين الذين قدموا عُصارة خبراتهم، ولفريق وكالة البحث والابتكار الذين بذلوا قصارى جهدهم في إعداد وتحرير هذا التقرير.

ملحق

تعريب وتعريف التقنيات

	المجموعة التقنية باللغة العربية	الوصف باللغة العربية	أمثلة على التقنيات باللغة العربية
1	أنظمة التناضح العكسي المتقدمة	التقنيات المستخدمة في عملية تحلية المياه بالأغشية، بما في ذلك المعالجة المسبقة المتقدمة واستعادة الطاقة	أنظمة تحلية المياه بقية محطة التحلية
2	تحلية المياه بطرق جديدة (استثناء التناضح العكسي)	طرق مبتكرة لتحويل المياه المالحة إلى مياه عذبة، بما في ذلك استخراج المذيبات، والفصل الكهربائي للأيونات، والتناضح المباشر، والتقطير الغشائي، والطرق الهجينة، والتناضح العكسي المعزز بالتناضح.	الاستخلاص بالمذيبات الفصل الكهربائي للأيونات التناضح المباشر التقطير الغشائي الأساليب الهجينة التناضح العكسي المعزز بالتناضح الهندسة الحيوية
3	تعدين المياه المالحة	عمليات الاستفادة من المحلول الملحي، ومن بينها تبخير المحلول الملحي، و رجيع ملحي صفري، واستخلاص النواتج ذات القيمة	تبخير المحلول الملحي تصريف صفري متقدم للسوائل استخلاص النواتج ذات القيمة
4	تحلية مياه البحر باستخدام الطاقة المتجدّدة	التقنيات المستخدمة في تحلية المياه بالطاقة المتجددة، من بينها تدرجات الملوحة، وطاقة الرياح، وتقنيات تجميع الطاقة الشمسية الحرارية، وتحلية المياه المباشرة بالطاقة الشمسية والكهروضوئية، وتخزين الطاقة.	تدرجات الملوحة طاقة الرياح تقنيات الطاقة الشمسية تحلية المياه بالطاقة الشمسية الحرارية المباشرة تحلية المياه بالطاقة الكهروضوئية تخزين الطاقة واحتجاز ثاني أكسيد الكربون
5	الامدادات البديلة	طرق غير تقليدية للحصول على موارد مائية تتجاوز المصادر التقليدية، بما في ذلك تلقيح السحب وتقنيات الماء من الهواء وتجميع مياه الأمطار	استمطار السحب تقنيات الماء من الهواء تجميع مياه الأمطار/ مياه تصريف العواصف
6	تقنية الحفاظ على المياه السطحية	تقنيات لتحسين الحفاظ على المياه السطحية، بما في ذلك هندسة السدود والبنية التحتية	هندسة السدود والبنية التحتية
7	تقنية المياه الجوفية	التقنيات المستخدمة لإدارة واستخدام موارد المياه الجوفية بشكل فعال. بما في ذلك تقنيات إعادة تغذية المياه الجوفية الاصطناعية	تقنيات إعادة تغذية وتعبئة المياه الجوفية الاصطناعية التحكم في التلوث من المصدر نمذجة الفيضانات والجفاف

	المجموعة التقنية باللغة الإنجليزية	الوصف باللغة الإنجليزية	أمثلة على التقنيات باللغة الإنجليزية
1	Advanced RO	Technologies involved in the membrane-based desalination process, including advanced pre-treatment and energy recovery	Desalination systems Balance of plant
2	New desalination methods (excluding RO)	Innovative methods to convert saline water to freshwater, including solvent extraction, electrodialysis, forward osmosis, membrane distillation, hybrid methods and osmotically assisted reverse osmosis	Solvent extraction Electrodialysis Forward osmosis Membrane distillation Hybrid methods Osmotically assisted reverse osmosis Bioengineering
3	Brine mining	Processes involved in the valorization of brine, including brine evaporation, advanced zero-liquid discharge, and valuable products extraction	Evaporation of brine Advanced ZLD Valuable products extraction
4	Renewable desalination	Technologies involved in renewable desalination, including salinity gradients, wind energy, solar collector techniques, direct solar and PV-powered desalination, and energy storage	Salinity gradients Wind energy Solar collector techniques Direct solar desalination PV powered desalination Energy storage and CO2 capturing
5	Alternative supply	Unconventional methods of obtaining water resources beyond traditional sources, including cloud seeding, air to water technologies and rain/ stormwater harvesting	Cloud seeding Air to water technologies Rain/stormwater harvesting
6	Surface water preservation technology	Technologies to improve preservation of surface water, including dam and infrastructure engineering	Dams and Infrastructure Engineering
7	Groundwater technology	Technologies used to manage and utilize groundwater resources effectively. Including artificial groundwater recharge technologies	Artificial Groundwater Recharge Technologies Point Source Pollution Control Flooding and Drought Modelling

	المجموعة التقنية باللغة العربية	الوصف باللغة العربية	أمثلة على التقنيات باللغة العربية
8	إدارة تجمعات المياه ورصدها والتنبؤ بها	تقنيات إدارة ورصد وتوقع تجمعات المياه، بما في ذلك إدارة الترسيب	إدارة الترسيب مراقبة تجمعات المياه لحظياً تقنية السيطرة على التسرب نمذجة تجمعات المياه (محاكاة حركة المياه وتحليلها
9	تنقية المياه	تقنيات لإزالة الملوثات والشوائب من إمدادات المياه لجعلها آمنة للاستهلاك والاستخدامات الأخرى	إزالة المواد العضوية تقنية الترشيح التنقية بالطاقة المتجددة التطهير بالأشعة فوق البنفسجية والأوزون تقنيات التهوية والتنقية بالهواء
10	أجهزة الاستشعار الذكية	أجهزة الاستشعار المتقدمة والتقنيات المستخدمة لرصد وجمع البيانات لحظياً حول مختلف قياسات أنظمة توزيع المياه	أجهزة استشعار للمياه على مستوى شبكة الري أجهزة استشعار للمياه على مستوى النبات
11	المواد الذكية	الطلاءات المتخصصة ومواد خطوط الأنابيب لتعزيز الأداء والمتانة وسلامة خطوط أنابيب توزيع المياه	الطلاءات المتخصصة مواد خطوط الأنابيب المتخصصة
12	إدارة التسرب الذكية	التقنيات والاستراتيجيات المتقدمة للكشف عن التسربات في أنظمة توزيع المياه وتحديد موقعها والتخفيف من حدتها	كشف التسرب المباشر كشف التسرب عن بعد تقنيات الحد من التسرب
13	معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها	تقنيات تستفيد من مياه الصرف الصحي بدلاً من تصريفها في البيئة	تقنيات إعادة استخدام نفايات الزراعة وتربية الأحياء المائية وتربية الحيوانات تقنيات إعادة الاستخدام الصناعي تقنيات إعادة الاستخدام للصرف الصحي (مثل المياه الرمادية أو الري)
14	تقنية الاسترداد	العمليات والأساليب المبتكرة التي تستخرج موارد ذات قيمة أو تولد الطاقة من مياه الصرف الصحي	توليد الطاقة استعادة المغذيات استعادة المعادن الثمينة
15	المعالجة المبتكرة	استخدام العمليات والتقنيات المتقدمة لمعالجة المياه ومياه الصرف الصحي	إزالة العوالق الصلبة المعالجة البيولوجية التطهير المعالجة المتقدمة

	المجموعة التقنية باللغة الإنجليزية	الوصف باللغة الإنجليزية	أمثلة على التقنيات باللغة الإنجليزية
8	Watershed management, monitoring, and forecasting	Technologies to manage, monitor and forecast watershed, including sedimentation management	Sedimentation Management Real-time Watershed Monitoring Leak Mitigation Technology Watershed Modelling (simulation and analysis of water movement)
9	Water purification	Technologies to remove contaminants and impurities from water supply to make it safe for consumption and other uses	Organic Matter Removal Filtration Technology Renewable Energy Purification UV and Ozone Disinfection Aeration and Air Stripping Technologies
10	Smart sensors	Advanced sensing devices, and technologies used to monitor and collect real-time data on various parameters in water distribution systems	Network-Level Sensors Plant-Level Sensors
11	Smart materials	Specialized coatings and pipeline materials to enhance performance, durability, and safety of water distribution pipelines	Specialized Coatings Specialized Pipeline Materials
12	Smart leakage management	Advanced technologies and strategies to detect, locate, and mitigate leaks in water distribution systems	Direct Leak Detection Remote Leak Detection Leak Mitigation Technology
13	wastewater treatment and reuse	Technologies utilizing wastewater for beneficial purposes instead of discharging it into the environment	Agriculture and aquaculture/ animal husbandry reuse technologies Industrial reuse technologies Municipal reuse technologies (e.g. greywater or irrigation)
14	Recovery technology	Innovative processes and methods that extract valuable resources or generate energy from wastewater	Energy Generation Nutrient Recovery Precious Metal Recovery
15	Innovative treatment	Use of advanced processes and technologies to treat water and wastewater	Suspended Solid Removal Biological Treatment Disinfection Advanced Treatments

	المجموعة التقنية باللغة العربية	الوصف باللغة العربية	أمثلة على التقنيات باللغة العربية
16	الفحص المبتكر للمياه	استخدام التقنيات والأساليب المتقدمة لفحص جودة المياه	تقنيات الفحص المحمولة الاختبارات الفيزيائية الكيميائية
17	الاستهلاك المبتكر للمياه في المنازل	اعتماد ممارسات وتقنيات متقدمة لتحسين استخدام المياه في المنازل	أنظمة التحكم والإدارة الآلية تقنية فعالة لبستنة الحدائق
18	الاستهلاك المبتكر للمياه في الصناعة	تبني الممارسات والتقنيات المتقدمة لتحسين استخدام المياه في الصناعة	تقنية التبريد الفعالة تقنية التنظيف الفعالة
19	الري المبتكر	اعتماد ممارسات وتقنيات متقدمة لتحسين استخدام المياه في الزراعة	أدوات الاحتفاظ بالمياه تقنيات خفض الطلب الري الذكي
20	أنظمة التحكم الذكية في المياه	تحسين استخدام المياه من خلال أجهزة الاستشعار والتحكم عن بعد والأتمتة للحفاظ على البيئة والكفاءة والاستدامة	صور الأقمار الصناعية للتنظيم والرصد شبكة استشعار معالجة المياه شبكة استشعار الطلب على المياه شبكة استشعار إمدادات المياه تحليل البيانات النمذجة والتقييم المتكامل

	المجموعة التقنية باللغة الإنجليزية	الوصف باللغة الإنجليزية	أمثلة على التقنيات باللغة الإنجليزية
16	Innovative water testing	Use of advanced technologies and methods for analyzing water quality	Portable Solutions Physical Chemical Testing
17	Innovative water consumption in homes	Adoption of advanced practices and technologies to optimize water usage in homes	Automated Control and Management Systems Efficient Landscaping Technology
18	Innovative water consumption in industry	Adoption of advanced practices and technologies to optimize water usage in industry	Efficient Cooling Technology Efficient Cleaning Technology
19	Innovative irrigation	Adoption of advanced practices and technologies to optimize water usage in agriculture	Water Retaining Tools Demand Reduction Technology Smart Irrigation
20	Smart water control systems	Optimizes water use through sensors, remote control, and automation for conservation, efficiency, and sustainability	Satellite Imagery for Regulation and Monitoring Water Treatment Sensor Network Water Demand Sensor Network Water Supply Sensor Network Data Analytics Modelling and Integrated Assessment

المشاركون في التقرير

فريق المشروع بوزارة البيئة والمياه والزراعة

د. عبدالعزيز مالك المالك
وكيل وزارة البيئة والمياه والزراعة للبحث والابتكار

د. معتز عبدالرحمن السليم
المشرف العام للإدارة العامة للابتكار والتقنيات الحديثة

د. عبدالله بن عائض الردادي
مستشار بوكالة البحث والابتكار

د. زياد بن عبدالله الزيدي
المشرف العام على الإدارة العامة للبحث والمعرفة

د. علي بن محمد السبهان
المدير العام للإدارة العامة لريادة الأعمال

د. خالد بن ناصر الدهيش
مستشار بوكالة البحث والابتكار

د. محمد بن بروجي آل فقيه
خبير أول بمجال البحث والتطوير والابتكار

مازن سعد القرني
مدير إدارة رصد وتمكين الابتكار والتقنيات الحديثة

عبدالعزيز بن عبدالله السويلم
مستشار بوكالة البحث والابتكار

د. أحمد بن صالح النفيسة
خبير تقني بمجال الذكاء الاصطناعي

ليلى عمر غزواني
خبير بحث وابتكار

م. عاكف حمزة هاشم
مدير مشروع بوكالة البحث والابتكار

هنادي مشبب القحطاني
أخصائي أول

أديم صالح المشعلي
أخصائي قانوني بوكالة البحث والابتكار

أمجاد عبدالله البشري
أخصائي احصاء مساعد

شيخة بنت محمد القحطاني
منسقة مشاريع في الإدارة العامة للابتكار والتقنيات الحديثة

وكالة قطاع المياه

د. عبدالعزيز بن محارب الشيباني
وكيل وزارة البيئة والمياه والزراعة للمياه

د. جلال بن محمد باصهي
مدير عام المركز الوطني لأبحاث المياه

د. عبدالعزيز بن علي القحطاني
مستشار المركز الوطني لأبحاث المياه

خبير قطاع المياه

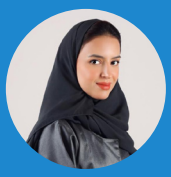
د. باسل أبو الشرخ
مستشار المياه بوكالة الوزارة للبحث والابتكار

حسين علي طوهري
أخصائي حماية بيئة
بوكالة البحث والابتكار

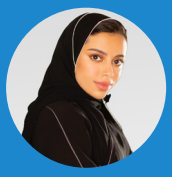
ثامر فهد الغفيلي
مدير مشروع بوكالة
البحث والابتكار

محمد بن صالح الغميز
مدير مكتب المشرف
العام على الإدارة العامة
للابتكار والتقنيات

ماريا عايض القرني
الفريق الإداري



دانية عبدالعزيز المديهش
الفريق الإداري



ندا لافي الحربي
الفريق الإداري

عبير سويد العبدلي
الفريق الإداري

عبدالرحمن علي عسيري
مدير عام مكتب وكالة
البحث والابتكار

فهد عبدالرحمن العلي
الفريق الإداري

مروان سعد العطني
الفريق الإداري

الجهات الحكومية

د. مبارك المسلّم
مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

د. محمد العتيبي
مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

د. مشعل المطيري
مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

هاني العساف
مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

أحمد الماجد
هيئة الاتصالات والفضاء والتقنية

ريان البريدي
هيئة الاتصالات والفضاء والتقنية

عبدالمحسن العجلان
هيئة الاتصالات والفضاء والتقنية

مشعل الزهرة
هيئة الاتصالات والفضاء والتقنية

حنان السلامة
هيئة الحكومة الرقمية

خالد المرعي
هيئة الحكومة الرقمية

معاذ الزهراني
هيئة الحكومة الرقمية

د. بسمة البحيران
هيئة تنمية البحث والتطوير والابتكار

د. رامي النيازي
هيئة تنمية البحث والتطوير والابتكار

العنود العبدالواحد
وزارة الاتصالات وتقنية المعلومات

المها البليهي
وزارة الاتصالات وتقنية المعلومات

منيرة العطي
وزارة الاتصالات وتقنية المعلومات

هاني الحمصي
وزارة الاتصالات وتقنية المعلومات

د. صالح القحطاني
ممثلي برنامج الوطني لتعظيم الاستفادة من المياه الغير متجددة

د. عمر العودة
ممثلي برنامج الوطني لتعظيم الاستفادة من المياه الغير متجددة

الجهات الشقيقة

محمد اليوسف
الشركة السعودية لشراكات المياه

محمد الغامدي
المركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه

حسين السليطين
المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة

طارق الغفاري
المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة

عبدالرحمن العبلان
المؤسسة العامة للري

محمد العبد اللطيف
المؤسسة العامة للري

د. محمد العمري
المؤسسة العامة للري

أحمد أبوالغيث
شركة المياه الوطنية

سلمان جمال
شركة المياه الوطنية

سيف الحواشي
شركة المياه الوطنية

فهد الصقهان
شركة المياه الوطنية

سعيد المزركة
شركة نقل وتقنيات المياه

علي الشري
شركة نقل وتقنيات المياه

محمد العتيبي
منظم المياه

مشاري الفضل
منظم المياه

م. تركي القرني
المركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه [مائي]

نوال الحارثي
المركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه [مائي]

المنظمات غير الحكومية

فيصل التميمي
مؤسسة محمد بن سلمان الخيرية - مسك الخيرية

محمد المطوع
مؤسسة محمد بن سلمان الخيرية - مسك الخيرية

الجامعات

د. ثامر البهكلي
جامعة الملك سعود

د. حنان العتيبي
جامعة الملك سعود

د. خالد الحسيني
جامعة الملك سعود

د. نورة الحقباني
جامعة الملك سعود

مراكز الابتكار

حسن خرد
شركة وادي الرياض

خالد الزهراني
شركة وادي الرياض

مروة الخرفي
شركة وادي الرياض

محمد السدعان
شركة وادي الرياض

أسامه السيني
شركة وادي طيبة

العنود الكيال
شركة وادي طيبة

د. فيصل البلوي
شركة وادي طيبة

د. ندى المرواني
شركة وادي طيبة

المشاريع الكبرى

بدر الجهني
شركة البحر الأحمر العالمية

بندر مخدوم
شركة البحر الأحمر العالمية

راشد الحطيلة
شركة البحر الأحمر العالمية

رائد البسيط
شركة البحر الأحمر العالمية

لوسي بيتفورد
شركة نيوم للمياه

نوره شهاب
شركة نيوم للمياه

القطاع الخاص

أحمد الحارثي
شركة أكوا باور

حسن المساعيد
شركة أكوا باور

د. طارق ندا
شركة أكوا باور

أشواق الشثري
شركة مايكروسوفت

رائد الزهراني
شركة مايكروسوفت

زينب الأمين
شركة مايكروسوفت

سعيد القحطاني
شركة مايكروسوفت

ميغيل سان جوليان
شركة IDOM

عبدالله العوهلي
شركة iot squared

م. عبدالمحسن العبدالكريم
شركة iot squared

وزارة البيئة والمياه والزراعة
Ministry of Environment Water & Agriculture