موجز سياسات
قرارات مستنيرة بالعلم
مارس 2026

KAUST
The Policy Institute
معهد السياسات

تحسين ممارسات إدارة بحيرات السدود يمكن أن يحدّ من تهديد الترسبات على أمن المياه في المملكة العربية السعودية[1]

المصدر: ©Shutterstock/Khawaja Umer Farooq

ملاحظة: سد وادي قنونا، المملكة العربية السعودية

تشكل الترسبات في بحيرات السدود المائية تهديدًا على مستوى المملكة

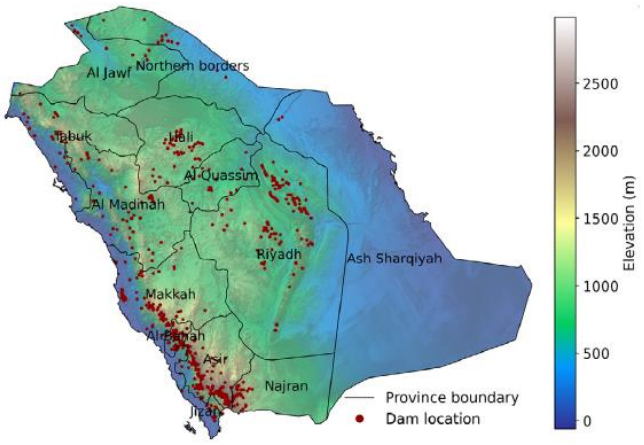
تضم المملكة العربية السعودية 574 بحيرة سد مائية (الشكل 1)، صُممت لاستيعاب ما يقارب 2.6 مليار متر مكعب من المياه، مع خطط لبناء 1000 سد إضافي. وتواجه المملكة تحديات كبيرة ناجمة عن الترسبات بفعل طبيعتها الجافة، حيث تتخلل فترات الجفاف الطويلة عواصف قصيرة وعنيفة، مع غطاء نباتي محدود وتضاريس معرّضة للتعرية.

وتحدث الترسبات في بحيرات السدود المائية عندما تتجرف رواسب التربة والصخور ومواد أخرى من أحواض التصريف العليا لتتراكم داخل هذه البحيرات. ويؤدي ذلك إلى تقليص السعة التخزينية وتدهور جودة المياه، والحدّ من القدرة على الحماية من الفيضانات وتوفير المياه للزراعة والصناعة والاستهلاك البشري. ومن دون إدارة فعّالة، قد تهدد الترسبات الأمن المائي فلمناطق التي تعتمد بشكل كبير على بحيرات السدود.

الموجز

- تؤكد هذه الدراسة المبتكرة بقيادة كاوست[2] أهمية اعتماد استراتيجيات إدارة متكاملة ومنسقة وقائمة على الأدلة للحد من فقدان السعة التخزينية الناتج عن الترسبات في بحيرات السدود بالمملكة.
- تقترح الدراسة حزمة تدابير متساندة تغطي دورة حياة بحيرات السدود وأحواض التصريف في المملكة بالكامل، بدءًا من مرحلة التصميم، إلى جانب معالجة فجوات معرفية كبيرة عبر تعزيز البحث وجمع البيانات.
- تشير التقديرات إلى أن الترسبات ربما استنزفت بالفعل ما يقارب ثلث السعة التخزينية لبحيرات السدود في المملكة عبر 574 موقع سد.
- قد تسهم خطط إنشاء 1000 سد جديد في مضاعفة السعة التخزينية للمملكة تقريبًا إذا أُديرت المواقع بكفاءة، مما يبرز الحاجة الملحة لتحسين ممارسات الإدارة.[1]

الشكل 1 بحيرات السدود المائية في المملكة العربية السعودية



المصدر: Dash et al. (2025)3.
ملاحظة: تشير مواقع السدود، الموضحة بالنقاط الحمراء، إلى وجود بحيرات سدود.

يمكن للإجراءات المتكاملة أن تقلل من تهديد الترسبات

تدعو الدراسة إلى إعطاء الأولوية لتحسين إدارة بحيرات السدود من أجل حماية الموارد المائية المحدودة في المملكة. وتقترح استراتيجية إدارة متكاملة ومنسقة تغطي بحيرات السدود وأحواض التصريف العليا (الجدول 1)، استنادًا إلى أفضل الأدلة المتاحة. فعلى سبيل المثال، يمكن أن تجمع الاستراتيجية بين تمرير الرواسب والتجريف مع التحكم في التعرية في المنبع ومصائد حجز الطمي.

ولتفعيل هذه التدابير، توصي الدراسة بإعداد خطط إدارة متكاملة لأحواض التصريف وبحيرات السدود، ويفضّل أن يكون ذلك قبل إنشاء السدود، لتنسيق ممارسات استخدام الأراضي، وضبط التعرية، وتشغيل بحيرات السدود. ويمكن لهذا التخطيط أن يطيل العمر التشغيلي لبحيرات السدود في البيئات الجافة، مثل المملكة العربية السعودية، حيث تؤدي الأمطار المتقطعة والعنيفة إلى تفاقم تدفق الترسبات بدرجة كبيرة.

تقترح الدراسة أيضًا خطوات لتعزيز الأدلة المستخدمة في اتخاذ قرارات السياسات، من بينها: تحسين تقدير عمليات التعرية، وجمع بيانات إضافية عن تراكم الرواسب في بحيرات السدود، وتعزيز رصد السيول المفاجئة ونقل الرواسب، وتوسيع الوصول إلى البيانات المناخية، وإجراء

المزيد من التقييمات للتدخلات الإدارية في ظل الظروف الواقعية، سواء داخل بحيرات السدود أو في أحواض التصريف.

حددت هذه الدراسة المشكلات والحلول

طرحت الدراسة مجموعة من الأسئلة البحثية المتتابعة وأجابت عنها، من بينها:

هل تحتفظ بحيرات السدود بمياه أقل؟

تشير البيانات المستمدة من الأقمار الاصطناعية حول تغطية المياه4، وهي مؤشر على احتجاز المياه، إلى نمط واسع الانتشار لفقدان المياه تدريجيًا من عام 1986 إلى عام 2024. تباينت الظروف بشكل كبير حسب الموقع، لكن تغطية المياه اتجهت نحو الانخفاض في أكثر من 60% من بحيرات السدود. وبشكل عام، سجل الاتجاه الوسيط في تغطية المياه قيمة سالبة، بلغت نحو 1.5%- سنويًا.

ما العوامل التي تقف وراء هذه الخسائر؟

لا يبدو أن المناخ أو استخدام المياه يفسران هذا التراجع الملحوظ، غير أن تقديرات نماذج التعرية وإنتاجية الرواسب، إلى جانب الأدلة البصرية من الأقمار الاصطناعية، تشير إلى أن الترسبات هي العامل الرئيسي.

إلى أي مدى أدى تراكم الرواسب إلى تقليل السعة التخزينية؟

رغم أن "السعة التصميمية"، أي السعة الأصلية عند إنشاء السد، قد زادت مع مرور الوقت، فإن السعة الفعلية ظلت تتراجع بسبب تراكم الرواسب. وبحلول عام 2024، تُقدّر الدراسة أن السعة التخزينية القابلة للاستخدام قد انخفضت بنسبة تصل إلى 32% مقارنة بالسعة التصميمية. ويعرض الشكل 2 مقارنة بين السعة التصميمية التراكمية والسعة الفعلية المقدرة لبحيرات السدود في المملكة بين عامي 1950 و2024.

الجدول 1: خيارات إدارة بحيرات السدود وأحواض التصريف

الموقع المستهدف	الإجراء المحتمل
بحيرة السد	• تمرير التدفقات المحملة بالرواسب عبر بحرة السد بأقل ترسيب ممكن، بالتزامن مع بداية السيول المفاجئة حيث تبلغ تراكيز الرواسب ذروته. • تفريغ بحيرات السدود من الرواسب المترسبة عبر خفض منسوب المياه باستخدام مخارج مياه سفلية، عندما تتوافر قدرة التصريف وكميات مياه مناسبة. • الحفر والتجريف في بحيرات السدود لإزالة الرواسب ونقلها بصورة منهجية إلى مواقع مخصصة للتخلص منها ومستقرة من الناحية الجيوتقنية، والحد من عودتها أثناء العواصف اللاحقة.

الموقع المستهدف	الإجراء المحتمل
حوض التصريف	• إنشاء سدود حاجزة صغيرة أو مصائد الطمي لاعتراض الرواسب قبل وصولها إلى بحيرة السد الرئيسية • إنشاء المصاطب الزراعية وحراثة الأراضي وفق مبادئ الزراعة الكنتورية، وتطبيق الزراعة المحافظة على الموارد الطبيعية للحد من التعرية. • فرض ضوابط مكافحة التعرية على أنشطة البناء للحد من الجريان السطحي. • زيادة الغطاء النباتي عبر الحد من الرعي الجائر أو تنفيذ برامج استعادة النظم البيئية للحد من التعرية.

المصدر: إعداد معهد السياسات استنادًا إلى **Dash et al (2025)**.

كيف يمكن للسياسات العامة أن تحمي مستقبل المياه في المملكة؟

تقدم الدراسة مقترحات محددة (كما ورد أعلاه تحت عنوان "يمكن للإجراءات المتكاملة أن تقلل من تهديد الترسبات")

لتحسين إدارة بحيرات السدود (الجدول 1)، وتسلط الضوء على فرص سد فجوات البحث والبيانات الرئيسية التي قد تعيق ذلك.

دراسة الأولى من نوعها

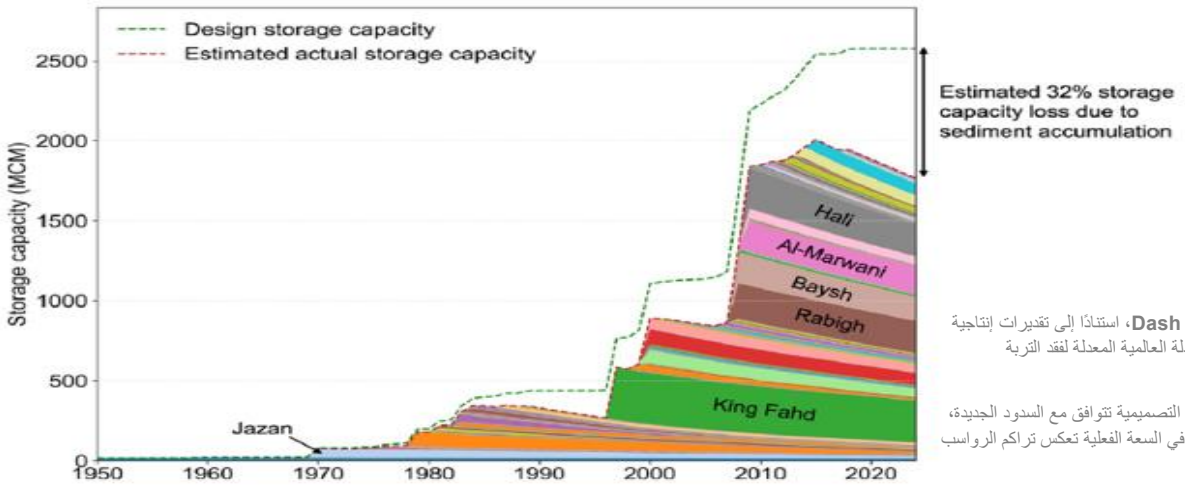
باستخدام منهجية مبتكرة في جمع الأدلة وتحليلها، تحدد الدراسة كمًا نطاق الترسبات في بحيرات السدود المملكة عبر تحليل العوامل المحركة لاتجاهات تغطية المياه في 574 بحيرة سد (الشكل 1) بين عامي 1986 و2024، وستخلص الآثار المترتبة على السياسيات العامة. وجمعت الدراسة بين مصادر متعددة من الأدلة، شملت:

- صور أقمار "لاندسات" الاصطناعية التي قدمت أدلة على تغطية المياه في معظم المواقع الـ 574.
- تقديرات إنتاجية الرواسب وأزمنة امتلاء بحيرات السدود – أي عدد السنوات المتوقع حتى تمتلئ بحيرة السد بالرواسب – المستمدة من المعادلة العالمية المعدلة لفقد التربة (RUSLE) لجميع المواقع الـ 574.
- بيانات المناخ واستخدام المياه.
- تقييمات جيولوجية وأعمال ميدانية في حوض وادي بيش.

الخلاصة

تهدد الترسبات في بحيرات السدود المائية أمن المياه في المملكة العربية السعودية، من خلال تقليل السعة التخزينية والأداء الوظيفي وجودة المياه. وقد تكون قد تسببت بالفعل في فقدان ما يقرب من ثلث السعة التخزينية لبحيرات السدود في البلاد عبر 574 موقعًا للسدود في المملكة. وتدعو هذه الدراسة الجديدة إلى اعتماد استراتيجيات إدارة متكاملة ومنسقة جيدًا وقائمة على الأدلة، تغطي دورة حياة بحيرات السدود وأحواض التصريف بالكامل، بدءًا من التصميم. وتقترح الدراسة إقران هذه الاستراتيجيات بتدابير لسد فجوات بحثية وبيانية كبيرة. وفي أول دراسة من نوعها، جمع الباحثون بقيادة جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (كاوست) أدلة مستمدة من صور الأقمار الاصطناعية على الاتجاهات طويلة الأجل في تغطية المياه (1986 إلى 2024)، إلى جانب أدلة أخرى على الترسبات مستمدة من نموذج محاكاة مجرّب. وتخطط الحكومة لبناء 1000 سد جديد في المملكة، ومن شأن هذه السدود أن تضاعف السعة التخزينية لبحيرات السدود في البلاد إذا أُديرت المواقع بشكل جيد، مما يبرز الحاجة إلى التحسينات المقترحة في ممارسات الإدارة.

الشكل 2: مقارنة السعة التصميمية بالسعة التخزينية الفعلية المقدرة بين عامي 1950 و2024



المصدر: **Dash et al (2025)3**، استنادًا إلى تقديرات إنتاجية الرواسب المستمدة من المعادلة العالمية المعدلة لفقد التربة **(RUSLE)**

ملاحظة: الزيادات في السعة التصميمية تتوافق مع السدود الجديدة، بينما الانخفاضات التدريجية في السعة الفعلية تعكس تراكم الرواسب بمرور الوقت.

جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية
King Abdullah University of Science and Technology

معهد السياسات في كاوست

تستند سلسلة «موجز السياسات» إلى أبحاث كاوست العلمية المنشورة والرائدة عالميًا، لتستخلص نتائجها العلمية وتعرضها في سرديات موجزة ذات صلة بالسياسات، توضّح فيها أهمية هذه الأبحاث، وتناقش انعكاساتها على السياسات العامة، وتقترح خيارات عملية واردة. ومن خلال تقليص الفجوة بين البحث العلمي والسياسات العامة، تسهم سلسلة «موجز السياسات» في ضمان ألا تقتصر مساهمة أبحاث كاوست فقط على الارتقاء العلمي، بل تمتد أيضًا إلى الإسهام في توجيه الاستجابات لتحديات السياسات العامة الأكثر إلحاحًا في المملكة.

صُمِّم معهد السياسات لتوسيع إسهامات كاوست في صياغة السياسات الوطنية، ودعم مستهدفات رؤية السعودية 2030 وما بعدها، من خلال الربط بين العلوم والتقنية والابتكار والسياسات العامة، بما يهيئ مسارًا نحو إحداث تأثير ملموس. ولمزيد من المعلومات عن المعهد، يُرجى الاطلاع على الرابط التالي:
https://www.kaust.edu.sa/ar/about/policy-institute.

kaust.edu.sa

جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية

مبنى 16، الطابق 3، غرفة 3612

ثول 23955-6900، المملكة العربية السعودية

نبذة عن باحثي كاوست

سونام داش

زميل ما بعد الدكتوراه سابق، جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (2024)

اطلع على الملف الشخصي الكامل

هيلكي بيك

أستاذ مساعد, علوم وهندسة البيئة

اطلع على الملف الشخصي الكامل

1. يلخص موجز السياسات هذا النتائج التي توصل إليها سونام داش، ونيكولا إيفانوفيتش، وراند الحربي، وجريجوري هانكوك، وبوشيهيد وادا، وماثيو مكابي، وديباشيش بال، وهانو مارتنيلا، وهيلكي بيك، "الترسبات في 574 بحيرة سد في المملكة العربية السعودية: تقييم على مستوى البلاد باستخدام الاستشعار عن بُعد ونمذجة التعرية"، مجلة Journal of Environmental Management ، المجلد 394، 2025، https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.127199 جميع الحقوق وأي أذونات من أطراف ثالثة تظل مملوكة لأصحاب الحقوق المعنيين.
2. جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (كاوست) مع متعاونين دوليين.
3. أعيد استخدام المادة بموجب ترخيص Creative Commons (CC) ،Dash©، وآخرون (2025)؛ لم يتم إجراء أي تغييرات باستثناء التنسيق.
4. يُعرف باسم "extent water"، وهو المساحة السطحية التي تشغلها المياه.