

المواضيع البيئية ومراقبتها

ENVIRONMENTAL ISSUES AND MONITORING

مقدمة Introduction

المياه مصدر طبيعي ضروري لاستمرار الحياة. وهو يستنفذ باستمرار ويعاد التزود به من خلال الدورة الهيدرولوجية. ومع هذا، هناك عدد كبير من الاستخدامات التنافسية تجعل من تخصيص المياه بشكل منصف للاستخدامات المختلفة أمراً بالغ الصعوبة. وإن تحديد مصادر المياه لواحد أو أكثر من الاستخدامات المختارة يؤثر على إتاحته لاستخدامات أخرى محتملة. وأحد أنواع الاستخدام الذي يمكن أن يعد استهلاكياً في أحد الأشكال يمكن أن يعد غير استهلاكي ضمن إطار العمل المجمل للدورة الهيدرولوجية. فعلى سبيل المثال، المياه التي تحول للاستخدام في الري يمكن أن تعد استهلاكية مادامت مصادر المياه السطحية في نظام المخزون قد تأثرت لأن هذه المياه لن تكون متاحة بسهولة للاستخدامات الأخرى ضمن بيئة محلية بعينها. ومع هذا، فإن كمية المياه المتحولة التي تُفقد بالرشح تعود للظهور كسريان في هيئة مختلفة من المياه يمكن أن تكون استخداماً غير استهلاكي بمعنى الاتزان الكلي للمياه في الطبيعة. وإن عدم إتاحة المياه بالكمية والجودة المطلوبة للاستخدام غير تلك التي تم

تحديد لها لأجلها تحت مشروع هندسة مصادر المياه تشكل أثراً على خصائص بيئية أخرى.

ولضمان الاستخدام الأمثل والمنصف لكمية وجودة المياه المتاحة في إقليم ما، فمن الضروري تقييم كل الآثار البيئية المفيدة محتملة الحدوث والآثار البيئية غير المواتية لمشروع هندسة مصادر المياه. ويشمل مصطلح "البيئة" كل من البيئة الطبيعية والفيزيائية وعلاقة الناس بتلك البيئة (مثل، الأرض، ونظام المياه الجوفية- المياه السطحية، والهواء، والنظام البيئي، والكائنات الحية، وسمات الآثار، والصناعات التاريخية، والوحدات الثقافية، والاجتماعية، والاقتصادية، والسياسية، والقيم الجيولوجية والبيئية في الموقع). ويمكن أن يؤدي إعادة توزيع مصادر المياه بين الأنواع المختلفة من الاستخدامات في الماضي والحاضر والمستقبل التي تلي تحديد مشروع هندسة مصادر المياه إلى النزاع بين المصالح المتنافسة. وأحدى الطرق التي يمكن تطبيقها لحل أو للحد من هذه النزاعات هي إعداد تقييم بيئي (EA) أو بيان الأثر البيئي (EIS) قبل اتخاذ القرار. والأثر هو تغيير أو عاقبة، يمكن أن تكون إيجابية أو سلبية، تنتج عن المشروع.

في الولايات المتحدة، يتم التحكم في تقييم الآثار البيئية للسدود ومشروعات مصادر المياه الأخرى عن طريق التالي:

- تعديل بيان السياسة البيئية القومي (NEPA) لعام ١٩٦٩، (Public Law 91-190، 42 U.S.C. 4321 et seq.)

- تعديل بيان تحسين جودة البيئة لعام ١٩٧٠، (42U.S.C. 4371 et seq.)

- تعديل القرار التنفيذي ١١٥١٤، بعنوان حماية وتحسين جودة البيئة (٥ مارس

١٩٧٠، بالقرار التنفيذي ١١٩٩١، ٢٤ مايو ١٩٧٧).

يعمل بيان السياسة البيئية القومي (NEPA) على تقرير السياسة ووضع الأهداف وتقديم الوسائل لتنفيذ هذه السياسة ويحتوى على تدابير احتياطية لضمان أن تعمل الوكالات الفيدرالية وفقاً لنص وروح البيان. وتضمن إجراءات بيان السياسة البيئية القومي إتاحة البيانات البيئية حول المشروع لعامة المستولين والمواطنين قبل أن يتم اتخاذ القرارات وقبل القيام بالتنفيذ. ومن الضروري لتنفيذ بيان السياسة البيئية القومي وجود تحليل علمي دقيق، وتعليقات من وكالة خبيرة، والأمن العام. وتكون الوكالات الفيدرالية مسئولة عن التالي:

- تفسير وإدارة السياسات والتنظيمات والقوانين العامة المتعلقة ببيان السياسة البيئية القومي.
- تنفيذ الإجراءات لجعل عمل بيان السياسة البيئية القومي أكثر نفعاً لمتخذي القرارات وللغامة.
- التشديد على المشاكل البيئية والبدائل.
- دمج متطلبات بيان السياسة البيئية القومي مع إجراءات العرض البيئي والتخطيط الأخرى.
- تشجيع وتسهيل المشاركة العامة في القرارات التي تؤثر على جودة بيئة الإنسان.
- استخدام بيان السياسة البيئية القومي لتحديد عمل وتقييم البدائل المعقولة للأعمال المقترحة.
- استخدام كل الوسائل العملية لاستعادة وتحسين جودة بيئة الإنسان ولتجنب أو لتقليل التأثيرات غير المواتية الممكنة على جودة بيئة الإنسان (CFR 40, Part 1500).

يشمل مصطلح "الأثار البيئية" كل الأثار النافعة أو غير المواتية أو التغييرات في النظام الهيدرولوجي الذي ينسب إلى الإنشاء، أو التعديل، أو تشغيل السد، أو تحويل السريان، أو تنفيذ أنشطة هندسة مصادر مائية أخرى. ويمكن أن تكون الأثار بنائية، أو غير بنائية، أو متعلقة بالنظام البيئي، أو جمالية، أو أثرية، أو متعلقة بالمياه والترسبات والتربة، أو اقتصادية (متعلقة بالتجارة)، أو متعلقة بتدفق المجرى المائي وجودة المياه، أو جيومورفية (خاصة بمظاهر السطح)، أو اجتماعية اقتصادية، أو ثقافية وإبداعية. ويجب إعداد بيان الأثر البيئي EISs باستخدام منهج الانضباط المتبادل الذي يضمن الاستخدام المتكامل للعلوم الطبيعية والاجتماعية وفنون التصميم البيئية. وبالإضافة إلى ذلك قامت العديد من الولايات بتحديد خطوط إرشادية أو قوانين لإعداد بيان الأثر البيئي EISs للسدود ومتطلبات التصريح البيئي لمشروعات هندسة مصادر المياه الأخرى في نطاق سلطاتها القضائية.

وقد تم تقرير خطوط إرشادية وقوانين مثيلة من قبل البنك الدولي ومنظمات أخرى تقدم المساعدة في مجال إنشاء وتشغيل مشروعات هندسة مصادر المياه. وبالإضافة إلى ذلك، قامت كثير من الدول بتحديد الخطوط الإرشادية الخاصة بها لإعداد تقرير الأثر البيئي EIR أو بيان الأثر البيئي EIS لمشروعات هندسة مصادر المياه.

ففي بعض الدول، بما فيها الولايات المتحدة، تم تقرير نظام لحقوق المياه لتسهيل توزيع واستخدام المياه الجوفية والمياه السطحية. وهناك نوعان من حقوق المياه: الشاطئية والمخصصة. وسحب المياه من المجاري المائية يتم التحكم فيه عن طريق حقوق المياه الشاطئية أو المخصصة التي تدار بشكل عام عن طريق وكالات الدولة. وضمن الحقوق المخصصة يخول ماللك الأرض المجاورة للمجرى المائي أن

يُستفاد بشكل مفيد ومعقول من التدفق الطبيعي للمجرى المائي بدون تغيير في الجودة أو الكمية. ويمكن للمالك حقوق المياه المخصصة عند منبع التدفق أن يعملوا بشكل كبير على زيادة أو تقليل التدفق الطبيعي لإيذاء مالك حقوق المياه في اتجاه سير التدفق حتى المصب. وتقرر حقوق المياه المخصصة الكميات والأولويات لسحب المياه للاستخدام النافع من قبل كل مالك لحق المياه، ويفرض أن الكميات المتاحة كافية بعد تلبية طلبات حقوق المياه الأعلى مرتبة. وهي تقوم على مفهوم أن الأول في الوقت هو الأول في الحق. ويمكن أن تتحول حقوق المياه من أحد الهيئات أو أحد الملاك إلى آخر. وكذلك يمكن أن تتحول نقاط سحب المياه من أحد المواقع إلى آخر باستخدام الإجراءات القانونية والإدارية. وعندما يكون الماء المتاح قليلاً، فإن مالك حقوق المياه الأعلى مرتبة يمكن أن يستخدم حصته أو حصتها الكاملة، بينما يجب على مالكي حقوق المياه الأقل مرتبة العيش بنقص في المياه. وإن مشروعات هندسة مصادر المياه، التي يمكن أن تمثل خطراً على حقوق المياه الأعلى مرتبة، لا يصرح لها بدون تعويض مناسب. وقد تم تقرير حقوق المياه المخصصة في معظم الولايات الغربية بالولايات المتحدة. وتعد المياه الجوفية في كثير من الحالات، رافد للمياه السطحية التي تتصل بها هيدروليكيًا.

بيان الأثر البيئي

Environmental Impact Statement

تعريف وصياغة بيان الأثر البيئي Definition and Format of an FIS

بيان الأثر البيئي EIS هو وثيقة تصف الأثر الذي سوف ينتج من تنفيذ مشروع ما مقترح على البيئة. وهي أيضاً تصف أثار المشروعات المتخيلة التي يمكن أن تكون بدائل للمشروع المقترح، وكذلك تخطط لتخفيف هذا الأثر. ويعنى التخفيف تقليل أو

إزالة الآثار السلبية. "لا تنفيذ" يعامل أيضاً على أنه بديل للمشروع المقترح. وبمجرد أن تخضع خطة المشروع إلى وكالة منظمة، تقوم الوكالة بإعداد تقييم بيئي EA، التي تقيم ما إذا كان المشروع المقترح له آثار بيئية مهمة وما إذا كان هناك حاجة لبيان الأثر البيئي EIS. وإذا كان التقييم البيئي يحدد أنه ليس هناك حاجة لبيان الأثر البيئي، تصدر الوكالة نتيجة بعدم وجود أثر ذو أهمية والذي يشرح باختصار لماذا لن يكون لهذا العمل أثراً مهمة على البيئة. واعتماداً على الحجم، والوضع، والحساسية، والتفاصيل الخاصة بالمشروع المقترح، يمكن أن يكون من المطلوب عمل بيان الأثر البيئي EIS، أو يمكن أن يكون من المطلوب عمل التقييم البيئي EA وليس بيان الأثر البيئي EIS، أو يمكن ألا يكون هناك حاجة لأي منهما.

تشمل وثيقة بيان الأثر البيئي EIS النموذجية المكونات التالية:

١ - صفحة الغلاف، التي تشمل عنوان العمل، وموقعه، وتحديد دلالة بيان الأثر البيئي (نهائي أم مسودة)، والوكالة الفيدرالية المسؤولة والوكالات المتعاونة، جهة الاتصال بالوكالة، بالاسم، والعنوان، ورقم الهاتف، وموعد استحقاق التعليقات على بيان الأثر البيئي، وملخص من فقرة واحدة.

٢ - الملخص (لا يزيد عن حوالي ١٨ صفحة)، ويشمل موجز عن العمل المقترح والبدائل والخلاصة ونقاط الخلاف والمشاكل الهامة التي يراد تسويتها.

٣ - جدول بالمحتويات، ويشتمل على العناوين الرئيسة والفرعية والأشكال والجداول والاختصارات والرموز العلمية أو غيرها المستخدمة فيه.

٤ - الأقسام التي تصف التالي:

• الغرض والحاجة إلى العمل.

• البدائل، بما فيها العمل المقترح والعمل الغير مقترح، والبدائل غير المدروسة بدقة، والعواقب البيئية للبدائل في شكل مقارنة، ومقاييس التخفيف.

• وصف البيئة المتأثرة.

• العواقب البيئية، بما فيها الآثار المباشرة ومغزاها، والآثار غير المباشرة ومغزاها، والنزاع مع اتحاد، أو ولاية، أو أحد القبائل الأمريكية الأخرى، ومتطلبات الطاقة واحتمالات الوقاية، ومتطلبات الموارد الطبيعية أو المستنفذة واحتمال المحافظة، والآثار على الموارد التاريخية والثقافية، ومقاييس التخفيف.

٥- قائمة بالكتاب، تتضمن الأسماء والمؤهلات.

٦- قائمة التوزيع، التي تشمل التعريف بالوكالات التي يتم طلب التعليق الرسمي منها، والتعريف بالمسؤولين والمنظمات التي يُلتمس منها التعليق، وهؤلاء الذين قاموا بطلب نسخ من بيان الأثر البيئي (رغم أن التعريف بالمواطنين ليس ضرورياً)، وموقع وصول العامة للنسخ.

٧- فهرس بالموضوعات البيئية.

٨- ملحق يحتوي على مواد تم إعدادها لدعم بيان الأثر البيئي، والتحليل لدعم الآثار والحسابات التحليلية المتعلقة بالقرار.

محتوى بيان الأثر البيئي Content of an EIS

بيان الأثر البيئي الخاص بمشروع هندسة مصادر المياه يقدم البيانات التالية:

- وصف العمل المقترح، بتفصيل كاف ليسمح بالتقييم الدقيق للآثار البيئية.
- مناقشة الآثار المحتملة على البيئة النهرية والبشرية ووسائل تخفيف الآثار البيئية المعاكسة.

• التعريف بالآثار البيئية المعاكسة التي لا يمكن تجنبها.

- البدائل التي يمكن أن تساعد على تجنب بعض أو كل الآثار البيئية المعاكسة، بما فيها تحليلات التكاليف والآثار البيئية لهذه البدائل.
- تقييم الآثار التراكمية طويلة المدى، بما فيها علاقتها بالاستخدام قصير المدى للبيئة النهرية مقابل الإنتاجية طويلة المدى الخاصة بالبيئة.
- أي التزام غير قابل للعكس أو لا يمكن تعويضه للموارد التي يمكن أن تنتج أو التي يمكن أن تقلص من الاستخدام النافع للبيئة النهرية ومصادر المياه.
- المناقشات، أو الاعتراضات، أو الملاحظات من قبل الوكالات الفيدرالية أو المحلية أو وكالات الولاية، والمنظمات الخاصة، والأفراد وكيفية الاهتمام بها.
- بيان الأثر البيئي يوثق التالي أيضاً:
- مقاييس جودة المياه التي يمكن تطبيقها وتصنيف أنواع المجاري المائية.
- الاهتمام بقيم التدفق الأدنى المقترح بها.
- طرق حماية وتحسين جودة المياه.
- التأثير على جودة المياه.
- التأثير على الأسماك والحياة البرية والموارد النباتية، بما فيها أنواع الكائنات الحية المهددة والمعرضة للخطر، وطريقة تخفيف التأثير على هذه الموارد.
- التعريف بالمواقع التاريخية والأثرية المتأثرة التي يكون هناك رغبة لاحتوائها في السجل القومي للأماكن التاريخية.
- طريقة تحسين أو خلق فرص ترفيهية.
- التأثير على المناطق الرطبة والأراضي المستخدمة وطرق تخفيف تلك الآثار.
- تنفيذ أو وضع جدول لأي طريقة مقترحة، بما فيها مصادر التمويل للقيام بالتنفيذ.

إن بيان الأثر البيئي أو تقرير الأثر البيئي الخاص بالموقع ومستوى التفاصيل الذي يقدمه يجب أن يكون متناسباً مع تعقيد الأثر البيئي المحتمل. ويشمل بيان الأثر البيئي أو تقرير الأثر البيئي بيانات/ تعهدات تتعلق ببرامج المراقبة أثناء الإنشاء والتشغيل، والحلول البيئية، والبحث والتطوير، وتحديد الطرق التي سوف تعامل كروتين أو كحاجات تظهر للوجود. وهي توثق إمدادات المراقبة السابقة واللاحقة للأثار البيئية المهمة الخاصة بالمشروع، بما فيها برامج مراقبة التغيرات في المرحلة التشغيلية وطرق تحري وتعديل مستوى الضوضاء، ومراقبة جودة الماء والهواء، وعمل بيان مفصل بالأنواع الرئيسة في السلسلة الغذائية، وتحري التغيرات المستحقة في المناخ. وبالإضافة لذلك، يحدد بيان الأثر البيئي أو تقرير الأثر البيئي القوانين الفيدرالية والمحلية والإقليمية وقوانين الولاية والمدونات التي يجب أن تتوافق مع إنشاء وصيانة وتشغيل المشروع.

وفي حالة مشروعات محددة أقل حساسية نسبياً أو مشروعات صغيرة نسبياً، يمكن أن يكون التقييم البيئي EA كافياً. وبشكل عام، يكون التقرير البيئي وثيقة أقل تفصيلاً عن بيان الأثر البيئي أو تقرير الأثر البيئي EIS.

الآثار البيئية لمشروعات هندسة مصادر المياه

Environmental Impacts of Water Resources Engineering Projects

الآثار البيئية للسدود Environmental Impacts of Dams

تشمل آثار السدود على البيئة التأثيرات على السنة القنوات الممتدة في اتجاه التيار أو مصدر المنبع للتيار من السد. ويمكن أن تشمل هذه التأثيرات بوجه خاص التأثير على جودة المياه، وعلم تشكل النهر، والفيضان، ومصايد الأسماك، وموارد

الحياة البحرية، والحياة البرية، والأنواع الحية المهددة والمعرضة للخطر والانقراض، والغطاء النباتي، والموارد الثقافية، واستصلاح الأراضي، والترفيه، والخصائص الجمالية والتاريخية والأثرية، والاقتصاديات الاجتماعية.

الآثار البيئية العامة على البيئات النهرية والتدفق من منبع السريان للسد أو الأبنية الهيدروليكية الأخرى التي يجب أن يتم تحليلها وتقييمها تشمل التالي (ASCE 1989; CFR 18, Chapter 1 and Part 380; Prakash 2002):

- تراكم المواد الراسخة ومجري النهر المصفحة في اتجاه مصب السريان من السد التي يتسبب فيها الطرد الطيني المتعاقب للماء الصافي ونقص إعادة ترسيب المادة المتخمرة.

- حدوث ترسب حراري ثابت ومنخفض نسبياً (غائر) للماء المنطلق من مدخل خزان عميق.

- التراكم الغزير للطحالب الناتج عن الشفافية، والمغذيات، وعدم استقرار القاع، وغياب الرواسب الناعمة.

- النقص في تنوع الكائنات الحية في فصيلة اللافقاريات الكبيرة، التي يمكن أن ينسب لها النقص في اختلافات درجة حرارة الماء الضرورية لاكمال أحداث تاريخ الحياة الهامة، كفقس البيض والنضج.

- تجمع اللافقاريات الكبيرة الزائد والتنوع القليل المرتبط بثبات التدفق أو الحمل العضوي من الخزان.

- التأثير على الأنواع المهددة بالانقراض أو المعرضة للخطر المذكورة من قبل الوكالات الفيدرالية والحكومية.

- التأثير على الحياة البرية والأنهار الخلابة المصنفة فيدرالياً.

- التأثير على مستويات المياه الجوفية في اتجاه مصب السريان للسد بسبب الرشح طويل المدى من تجمع المياه.
- التأثير على الأسماك المهاجرة بسبب انسداد الممر والتكيف الضعيف للأسماك مع الدرجات التي تعبرها الأسماك ومع الطرق السمكية.
- الآثار المتعلقة بالعجز في الأكسجين المذاب DO بسبب العمليات البيولوجية والكيميائية في الخزان الذي يستهلك الأكسجين.
- الآثار المتعلقة بالتركيز المذاب الأعلى من المعادن، مثل الحديد والمنجنيز، بسبب زيادة ذوبانها في البيئة التي ينخفض فيها الأكسجين المذاب.
- الآثار المتعلقة بالتشبع المفرط للماء المنطلق من الخزان، الذي يؤدي إلى مرض فقاعة الغاز في مجتمع الأسماك. وعندما يغمد الماء إلى عمق كبير في اتجاه تيار السد عند نهاية قناة التصريف، يقوم بحبس الهواء. والزيادة في العمق أثناء الغمد تسبب المزيد من الغازات المذابة أكثر مما يحدث عند السطح. وعندما يرتفع الماء المفرط في التشبع هذا من قاع الغمد إلى قرب سطح الماء في قناة اتجاه التيار، تبدأ الغازات في الخروج من المحلول، مسببة مرض فقاعة الغاز. ويكون الماء في الخزانات الأكثر عمقاً مشبعاً بالغازات المذابة. وعندما ينطلق هذا الماء من مدخل خزان عميق، يتعرض لكثير من الضغط المنخفض ودرجات الحرارة الأعلى في قناة اتجاه التيار حيث يمكن أن تبدأ الغازات في الخروج من المحلول، مسببة مرض فقاعة الغاز.
- تعديل نظام النهر بسبب التبديل في المنحنى المائي للتدفق الطبيعي، بما فيها التبديلات في السهول الفيضية، والأراضي الرطبة، والجزر، والحواجز الرملية، والآثار على الكثافة المائية المتعلقة بهذه الخواص.

- مساحة الاستيعاب الأكثر انخفاضاً لقناة اتجاه التيار لتصرفات الماء الفائض بسبب تحولات التدفق وتنظيم السد.
- المخاطرة المتزايدة للفيضان مع الخسارة المرافقة للحياة والممتلكات بسبب احتمال عطل (فشل) السد.
- الآثار المفيدة المتعلقة بالفوائد الرئيسة والثانوية ومن الدرجة الثالثة والفوائد الملموسة وغير الملموسة للسد المرتبطة بالبيئة في اتجاه التيار.
- الآثار البيئية أو البيئة الهيدرولوجية عند منبع التدفق للسد أو أبنية هيدروليكية أخرى، والتي يجب أن يتم تقييمها تشمل التالي:
- المناطق الغارقة أو المغمورة بتجمعات المياه (مثل المرافق، والآثار التاريخية، والمواقع الدينية، والمقابر القديمة، والمزارع، وأي مواقع أخرى مذكورة أو محدد أنها مؤهلة للاحتواء في السجل القومي للأماكن التاريخية)، والتأثير على استصلاح الأراضي، والبيئة البرية، والغابات، والمعادن، والأنظمة البيئية الفريدة.
- الكثافة السكانية المتبدلة والتأثير على صحة الإنسان والأمن وعلى القيم الجمالية والثقافية ومعايير الحياة.
- مستويات الفيضان المتزايدة وتكرار الفيضان بسبب العرقلة الهيدروليكية في قناة النهر الناتجة عن السد.
- احتمال الانهيارات الأرضية وانجراف التربة على امتداد خط الساحل بالخزان.
- الآثار على الحياة النباتية والحيوانية في منطقة الخزان وقناة عكس اتجاه التيار.
- احتمال انخفاض جودة المياه بسبب التفاعل طويل المدى بين الرواسب المترسبة والماء المخزون في الخزان.

- الآثار النافعة المتعلقة بالفوائد الرئيسة والثانوية ومن الدرجة الثالثة والفوائد الملموسة وغير الملموسة للسد المرتبطة بالبيئة في منبع التيار.

الآثار البيئية لمشروعات هندسة مصادر المياه الأخرى

Environmental Impacts of Other Water Resources Engineering Projects

أنشطة هندسة مصادر المياه الأخرى التي تؤدي إلى آثار عكسية على البيئة تشمل تصريف المياه الملوثة من مصادر محددة ومصادر غير محددة. تصريفات المصادر المحددة التي تؤثر على البيئة تشمل مخلفات المياه الصحية، ومخلفات المياه الصناعية، وانسياب مياه العواصف من مناطق الإنشاء أو التعدين، والمباني الصناعية، والطرق، أماكن وقوف السيارات خلال المصاب الفردية. المصادر غير المحددة لتلوث المياه تشمل الانسياب من المناطق الزراعية والغابات.

من المعلوم أن المصادر غير المحددة، التي تشمل أساساً الانسياب الزراعي، تساهم في ثلثي ما يتعلق بآثار جودة المياه على البحيرات والخزانات (NRCS 1996; Ojima *et al.* 1999). وتحتوي تصريفات المصادر غير المحددة من المناطق الزراعية على الملوثات الناتجة من الأسمدة، ومبيدات الأعشاب، ومبيدات الحشرات، ومخلفات الماشية، والأملاح، والرواسب. ويؤدي هذا إلى زيادة درجة الملوحة والحمل الغذائي الزائد، والتعكر الزائد، وامتلاء المجرى المائي بالغرين.

ومصدر مهم آخر من المصادر غير المحددة للآثار البيئية على جودة المياه السطحية هو الجريان السطحي عن طريق التدفق البري من تراكم مخلفات المناجم المهجورة والمناطق القديمة للتخلص من النفايات. وإن تسرب مياه الأمطار من مثل هذه المباني أو دخول أماكن عمل منجم مهجورة إلى تحت الأرض فتدخل بيئة المياه الجوفية على أنها مياه ملوثة (مثل، صرف منجم حمضي أو مياه تحتوي على مستويات

عالية من المواد الصلبة الذائبة)، والتي تصل في النهاية إلى المجرى المائي القريب. وهذا النوع من التأثير يمكن أن يتعلق بمناطق تعدين الفحم القديمة، أو مناجم النحاس أو مناجم معادن أخرى، ومناجم اليورانيوم. وفي أوقات معينة، تصبح بقايا مصنع اليورانيوم التي يتم التخلص منها في سهول الأنهار معرضة لتدفقات النهر وتتطلب معالجة. وإذا تم تصريف التدفق البري أو الرشح من مثل هذه المباني خلال واحد أو أكثر من مصاب الأنهار، فإنها يمكن أن تكون مصدر محدد لتلوث المجرى المائي.

أنواع شبيهة من الآثار تنتج عن الجريان السطحي والرشح من مباني صناعية قديمة مهجورة.

إن معالجة أو تخفيف الآثار الناتجة من الأنشطة التعدينية والصناعية السابقة تم التعهد بها من خلال برامج المعالجة التي تنفذ من قبل الوكالات الحكومية، والإجراءات التي تقوم بها الهيئات الفردية، والأطراف الرئيسية المسؤولة المحددة من قبل الوكالات المنظمة. وفي الولايات المتحدة، يتم التحكم وتنظيم الآثار المتعلقة بالمناجم القائمة والجديدة عن طريق المكتب الفيدرالي لتعدين السطح بمناجم الفحم، والمفوضية الأمريكية للتنظيم النووي بمناجم اليورانيوم، والوكالات الفيدرالية ووكالات الدولة لحماية البيئة للمعادن الأخرى من خلال نظام للتصاريح، والقوانين، والتفتيشات. وهناك قوانين مثيلة تنفذ من قبل وكالات الحكومة في كثير من البلاد الأخرى.

أنشطة التعدين والأنشطة التطويرية الأخرى (بما فيها المدنية والصناعية) تتطلب تغيير موقع أو تحويل المجرى المائي لتعظيم استخلاص الخامات، أو لتقليل التدفق، أو للقيام بإنشاء المباني المجاورة. ولتغيير موقع المجرى المائي أثاراً سلبية على حياة الكائنات الحية بالمجرى المائي. وأحياناً ما تندمج الأماكن المنخفضة والتجاويف

في القناة المنقولة. ويمكن أن يؤدي هذا إلى نقص البيئة الطبيعية المائية المتحركة (المياه المتدفقة) وزيادة البيئة الطبيعية المائية الساكنة (الماء الراكد) في المجرى المائي.

وتؤدي عمليات التصنيع أيضاً إلى آثار متعلقة بجودة المياه على البيئة الهيدرولوجية. وإن الاستخدام الواسع للمداخن العالية وأنابيب المداخن ينبثق عنها غاز الوقود مع مادة محددة تحتوى على مكونات كيميائية مختلفة. وهذه الجزيئات يتم تجمعها على فروع الأشجار، والأغصان، ومنحدرات التل أو يتم الاحتفاظ بها عالقة في الغلاف الجوي. وعندما يمر هواء رطباً بها، تكون أنوية صغيرة لتكثيف بخار الماء. وتذاب المواد الكيميائية في قطرات المياه وتصل إلى الأرض على شكل تساقط للمطر والبيئة الهيدرولوجية مع الجريان السطحي. وحيث أن القطرات الساقطة تكون ذات خاصية حمضية بشكل كبير، فإن هذه الظاهرة تعرف بالأمطار الحمضية.

وفي الولايات المتحدة، تحت بند ٣٠٣(د) من بيان المياه النقية لعام ١٩٧٢م، يجب على كل ولاية أن تحدد المياه التي لا يُتوقع أن تتوافق مع طرق جودة المياه المناسبة مع وجود مصادر مفردة وغير مفردة للتصريف. ثم يجب على هذه الولاية أن ترتب أولويات هذه المياه الضعيفة، آخذة بعين الاعتبار شدة التلوث واستخدامات هذه المياه. وبعد وضع الأولويات، يجب أن تحدد أقصى أحمال يومية كلية (TMDLs) سوف تؤدي إلى أن يوافق كل منطقة مياه الطريقة المحيطة، معللة الاختلافات الموسمية وشاملة هامش السلامة (USEPA 1991b; Eheart et al. 1999). ولأجل تحديد أقصى أحمال يومية كلية، فإنه يجب الأخذ في الاعتبار كل من التركيز المستمر للمعايير (CCS) والتركيز الأقصى للمعايير (CMC). وتعرف الوكالة الأمريكية لحماية البيئة (EPA) التركيز المستمر للمعايير والتركيز الأقصى للمعايير، على الترتيب، على أنها متوسط تركيزات أربع أيام ومتوسط تركيزات ساعة واحدة للمادة الملوثة في المياه المحيطة التي

يجب ألا تتجاوز أكثر من مرة واحدة كل ثلاث سنوات في المتوسط. ولأن هناك اختلافات في التأثيرات السامة على الكائنات المائية، فإن هذين التركيزين يختلفان بناءً على المادة الملوثة موضع الاهتمام. وترجمة هذه المعايير إلى حدود تصريح قائمة على جودة المياه، يتم استخدام نماذج توزيع حمل مخلفات مناسب لتحديد نهاية ونقل أي ملوثات تدخل منطقة المياه. وهذه النماذج تؤدي توزيعات حمل مخلفات تصريف متعددة لتصريفات المصادر المفردة تحت ظروف تدفق مجرى التصميم، والتي تؤخذ عادةً على أنها سبعة أيام، عشر سنوات من متوسط التدفق المنخفض (7Q10) للمجرى المائي. ويمكن افتراض أن أحمال المخلفات التي تساهم بها المصادر غير المفردة على أنها ثابتة عن المستويات الموجودة/ المحيطة.

عمليات سحب المياه من النهر لاستخدامات الري والبلدية والصناعية يمكن أن تؤدي إلى سعة تمثيلية أقل للقناة في اتجاه التدفق وإلى تقليل تدفقات المجرى المائي اللازمة للحفاظ على الكثافة المائية والنظام البيئي في الألسنة عند منبع التدفق. التدفقات العائدة من المناطق الزراعية تدخل قنوات المجرى المائي عن طريق تدفق المياه الجوفية وجودة المياه النهرية المؤثرة. وبشكل عام، هذه التدفقات العائدة تساهم بتركيزات عالية من الأملاح، ومبيدات الحشرات، ومبيدات الأعشاب، والأسمدة في البيئة النهرية.

تقييم وتحليل الآثار Evaluation and Analysis of Impacts

في حالة تقييم الآثار البيئية لمشروعات هندسة مصادر المياه، يمكن أن تطلب الوكالات الفيدرالية والحكومية أنواعاً مختلفة من التحليلات، والنماذج الفيزيائية ونماذج الحاسب، والمراقبة الميدانية للمتغيرات المختلفة، والمسح الميداني للكائنات الحية

لظروف المشاريع السابقة واللاحقة في اتجاه مصب التدفق التيار ومنبع التدفق (TECQ 2002). ويكون من المطلوب عمل تحليلات إضافية ومراقبة لدراسة التعليقات التي تقدمها هيئات مختلفة أثناء جلسات الاستماع العامة المتعلقة بالتصديق على بيان الأثر البيئي أو تقرير الأثر البيئي.

إن تقييم ظروف فيضان المشروع السابقة واللاحقة في النهر في اتجاه مصب التدفق ومنبع التدفق للسد أو حاجز الفيضان يتطلب حسابات القطاع الجانبي لسطح مياه الفيضان للمنحنيات المائية لفيضان تصميم المشروع السابقة واللاحقة لألسنة قناة مصب التدفق ومنبع التدفق. وإن تقييم مخاطر الفيضان المتعلقة بعطل السدود أو حواجز الفيضان تتطلب تحليل تصدع السد لأسباب العطل المفترضة ظاهرياً وتحديد تفريغ الطوارئ وخطط التحذير للسدود التي تقع عند منبع التدفق للمناطق الأهلة (المزدحمة) وحواجز الفيضان المقترحة لحماية المناطق الأهلة.

إن تقييم مستويات المياه الجوفية للسد في منطقة منبع التدفق ربما يتطلب نماذج المياه الجوفية مع أو بدون الخزان. وهذه التحليلات يمكن أن تستخدم لتحديد ما إذا كان الرشح من السد سوف يؤدي إلى تشبع المياه والرطوبة الزائدة والمלוحة وتكدس البعوض وحدوث الأمراض في مناطق السد في اتجاه مصب التدفق.

إن مراقبة جودة المياه والتحليلات يكونان مطلوبان بشكل عام لتقييم الآثار على الأكسجين المذاب DO، ودرجة الحرارة، ومتغيرات أخرى مهمة لألسنة نهر محدد ولتقييم الآثار على سعة الاستيعاب للنهر بعد إنشاء السد، وبناء المدخل، ومشروع تقسيم المياه، أو منشآت تصرف مياه العواصف.

ويمكن أن يؤدي انخفاض جودة المياه بسبب تفاعل رواسب المياه إلى الحجز أو إلى تعديلات أخرى في النظام الهيدرولوجي. وإن إنشاء السد أو أي مشروع آخر

لهندسة مصادر المياه يمكن أن يؤدي إلى الفقد في المصنوعات التاريخية، أو الدينية، أو ذات الأهمية الجوهرية. وغالباً يتم مناقشة مثل هذه الآثار في جلسات الاستماع العامة المتعلقة ببيان الأثر البيئي للمشروعات المقترحة ويجب الاهتمام بها.

ومن الضروري إجراء الدراسات التحليلية لتحديد متطلبات التدفق إلى المجرى المائي لأجل السعة الملاحية والترفيهية والتمثيلية والحياة السمكية والمائية في قناة اتجاه مصب التدفق للسد، أو بناء المدخل، أو مشروع تحويل المياه. ويتم استخدام عدد من الطرق التحليلية لتحديد متطلبات التدفق إلى المجرى المائي لأنواع المائية الحية المختلفة.

ومن المطلوب إجراء عمليات مسح ميداني لتحديد الكثافة المائية السابقة واللاحقة للمشروع والتنوع الحيوي في كل من اتجاه التدفق من المنبع إلى المصب لتدفق للسد، أو بناء المدخل، أو مشروع تحويل المياه ولتقييم الآثار المحتملة على النظام البيئي. وتكون عمليات المسح الميداني مطلوبة أيضاً لتحديد مواقع وأحجام الجزر والحواجز الرملية وتعرجات قناة النهر المتواجدة والكثافة النباتية والحيوانية الموجودة المدعمة بهذه الخواص. ومن الضروري إجراء الدراسات الجيومورفية (المتعلقة بمظاهر السطح من حيوانات ونباتات) لتحديد الآثار المحتملة لإنشاء وتشغيل المشروع على هذه الخواص والنظام البيئي الذي تدعمه. ومن المطلوب القيام بالمراقبة الميدانية لتحديد جودة مياه المشروع السابقة واللاحقة.

ومن المطلوب إجراء عمليات المسح الطبوغرافي (التضاريسي) لتحديد المناطق، والمباني السكنية، والمرافق، والقيمة النقدية للملكية، التي يمكن أن تغرق أو تزال بعد إنشاء مشروع هندسة مصادر المياه. وإن تكلفة التعويض عن الآثار التي لا يمكن تجنبها، والتأمين ضد الأضرار أو الآثار غير المواتية، وتكاليف الاستبدال

للخواص المفقودة التي تنسب للمشروع تكون محتواة في حساب نسبة التكلفة-الربح الخاصة بالمشروع. وعندما يتم إعداد تحليل تكلفة-ربح، يجب أن تشمل تحليلات الآثار البيئية غير المحسوبة، والقيم، وأسباب الراحة. وإن الآثار التي لا يمكن حساب التعويض النقدي لها يجب أن يتم التعبير عنها بمصطلحات وصفية جيدة وملائمة بشكل كاف.

وطبقاً للخطوط الإرشادية التنظيمية الفيدرالية والخاصة بالولاية، يتم تقسيم السدود إلى أنواع مختلفة الحجم، بناءً على سعتها التخزينية وارتفاعاتها، وإلى أنواع خطر مختلفة، بناءً على احتمال الضرر على الحياة والملكية بسبب العطل. ويتم تحديد معايير التصميم و/أو الترميم المختلفة لاتحادات مختلفة من تصنيف الخطر والحجم (مثلاً، احتمال الخطر المنخفض، أو المهم، أو العالي مدجماً مع حجم السد الصغير أو المتوسط أو الكبير) (NRC 1985). وفي حالة السدود التي لا تقوم أو لا يمكنها تلبية معايير تصميم محددة، أو حيث تكون عواقب عطل السد أكثر شدة من تلك التي بدون عطل، فقد تم تحديد طرق للقيام بتحليلات المخاطر ولتحديد العطل (ASCE 1988). وتكاليف التأمين ضد الخطر لهذه العواقب البيئية لعطل السد وغير المهيمن عليها الدولار، يمكن أن تحتوي في تحليل التكلفة-الربح للسد.

وفي الولايات المتحدة، يتزايد الإجماع على إزالة عدد من السدود حيث تعد أرباح الإزالة متجاوزة لأرباح التشغيل وصيانة المباني. وإن تحليل الآثار البيئية (بما فيها تحليل التكلفة-الربح)، ومثل هذه السدود أتضح أن حتى مع وجود ممرات الأسماك فإن هذه السدود قد أصبحت سبباً رئيساً لفناء الأسماك في النظام النهري. وللخزانات مجموعات مخصصة مغمورة وأراضي رطبة طبيعية، والتي كانت ضرورية في تدوير المياه، والمغذيات، والرواسب، والمواد العضوية، والكائنات المائية والأرضية

في النظام البيئي النهري. وإن المصادر الثقافية المهمة للسكان المحليين قد أغرقت أو أصبحت لا يمكن الوصول إليها أو مدفونة.

إن النقل الطبيعي للرواسب الخشنة في اتجاه التيار يساق عن طريق السدود، مما يجعل قناة المهبط غير مستخدمة أو غير ملائمة للأسماك. ويؤدي إنشاء السدود إلى قناة نهر منخفضة أو مدرجة على جانب المهبط. والانجراف لمادة قاع النهر يمكن أن تدرج البيئة الطبيعية للأسماك التي تصعد من البحار إلى الأنهار لوضع البيض، وتسمح بالإنبات على جزر الحصى والسهول الفيضية، وتقلل من تعرج النهر الطبيعي، ومراحل الفيضان المنخفضة، وتقلص من تكون الجانب الأبطأ حركة من القناة، والأراضي الرطبة الدورية، والمناطق المخصصة. وكثير من أنواع الكائنات الحية تتطلب مياه بطيئة الحركة، أو إنبات مخصص، أو مصب نهر فعال لتضع الأسماك بيضها أو لتربيته، والتي تتأثر كلها بإزالة نقل الرواسب الطبيعية. وتؤثر الخزانات على جودة المياه عن طريق العمل كبحيرات ساكنة أثناء الفيضانات، والانزلاقات الأرضية، أو أحداث أخرى، والتي سوف تنتج طبيعياً تدفقات من التعكر في اتجاه التيار. وبسبب الخزان، يصبح التعكر أثناء مثل هذه الأحداث أقل شدة لكن أطول دواماً. وهذه الآثار يجب أن تُقيم وفقاً للشروط الكمية والنوعية.

وفي الولايات المتحدة، يتم التقييم والتحكم في آثار تصريفات المصدر المفرد على البيئة الهيدرولوجية من خلال تصاريح النظام القومي لإزالة تصريف المواد الملوثة الذي يتم إصداره تحت بيان المياه النقية (33 U.S.C 1251). ويتم إصدار تصاريح النظام القومي لإزالة تصريف المواد الملوثة من قبل وكالة حماية البيئة للولايات المتحدة أو وكالات الولاية المستولة عن حماية البيئة. وبشكل عام تشمل هذه التصاريح والقوانين تصرف المياه الفائضة، والمياه المتخلفة من الصناعة، وانسياب مياه العاصفة

من المناطق الصناعية والإنشائية. وأيضاً يتم التحكم في أثار تصريفات المواد المدرجة أو مواد الملء إلى مياه الولايات المتحدة الإقليمية من قبل هيئة مهندسي جيش الولايات المتحدة من خلال التصاريح التي تصدر تحت بند ٤٠٤ من بيان المياه النقية (33 U.S.C. 1344)، ومن تلك التصاريح الخاصة بالتصريفات من مناطق التعدين يتم التحكم فيها من قبل مكتب تعدين السطح، والمفوضية النووية التنظيمية بالولايات المتحدة، ووكالات فيدرالية ووكالات الولاية الأخرى.

ويتم تقدير أثار سحب المياه و دخول تدفقات العودة الزراعية على جودة مياه النهر عن طريق نماذج الجودة لياكل مياه السطح، وتدفق المياه الجوفية، ومراقبة جودة المياه في اتجاه المصب ومن منبع التيار عند نقاط السحب وفي ألسنة المجرى المائي الذي يستقبل تدفقات العودة.

يتم تقييم الآثار الهيدرولوجية المتعلقة بالمصادر المفردة وغير المفردة للتلوث الناتج من المناجم المهجورة والمباني الصناعية عن طريق مراقبة جودة المياه لكل من المياه الجوفية والمياه السطحية، وجريان المياه السطحية ونماذج الانجراف، ونماذج جودة المياه السطحية، ونماذج تدفق ونقل المياه الجوفية.

ولتقييم جودة المياه أو الآثار الحرارية الناتجة عن تصريفات المصادر المفردة إلى المجرى المائي، يتم السماح بمناطق خلط معتادة لتقارن الطول والعرض وقطاع التدفق المحدد (تقريباً ٢٥ إلى ٣٣٪ من مساحة القطاع العرضي أو حجم التدفق) للنهر. ولا يمكن تطبيق مقاييس جودة المياه الطبيعية في مناطق الخلط. ويتم إجراء تحليلات التشتت لإيضاح عدم تأثر أكثر من قطاع محدد من النهر بمنطقة الخلط تحت حالة 7Q10 في النهر. ويتم دمج الرذاذات في تصميم المصب لتقليل حجم منطقة الخلط. وعادة، لا تكون مناطق الخلط مسموحاً بها في المياه التي تحتوي على كائنات حية

حساسة (مثل، الأنواع المعرضة للخطر)، ومناطق وضع بيض الأسماك، وشواطئ الاستحمام، ومناطق شواطئ صيد السمك، ومنحدرات الوارق، ومناطق الوصول العامة الأخرى، ويجب أن تسمح بوجود منطقة مرور للأحياء المائية التي توافق فيها مقاييس جودة المياه.

المراقبة البيئية Environmental Monitoring

مقدمة Introduction

تشمل الالتزامات في بيان الأثر البيئي أو تقرير الأثر البيئي مشروع محدد يكون الأساس للإنشاء السابق ومتطلبات مراقبة التخفيف السابقة. وهذه الوثائق تحدد الآثار البيئية للمشروع والتي لا يمكن التخفيف منها وطرق التخفيف للآثار التي يمكن تخفيفها عن طريق الوسائل البنائية وغير البنائية، سويًا مع خطط المراقبة لتقييم الآثار التي لا يمكن تخفيفها وفاعلية طرق التخفيف للآثار التي يمكن تخفيفها. ويكون التصديق على بيان الأثر البيئي أو تقرير الأثر البيئي من قبل الوكالات المناسبة مطلوباً قبل تصاريح الإنشاء، أو عمليات التشغيل، أو قبل إصدار تراخيص المباني. وعادةً ما تكون هذه الوثائق جزءاً من استشارة التصريح للمبنى.

إن تقرير الأثر البيئي أو بيان الأثر البيئي وثيقة عامة تصدق عليها الوكالات التنظيمية الملائمة بعد سلسلة من جلسات الاستماع العامة والمراجعات الفنية. والالتزامات التخفيف والمراقبة لآثار بيئية محددة التي تشترط في هذه الوثائق تصبح ملزمة قانونياً وسياسياً على ملاك ومديري السدود والمباني الأخرى. وإن أداء طرق التخفيف وتقدم الآثار التي لا تقبل التخفيف للمشروع أثناء مرحلة التشغيل يتم التدقيق فيها بشكل روتيني من قبل الوكالات التنظيمية، أو العامة المتأثرة، أو المنظمات

غير الحكومية المختلفة (NGOs)، أو المجموعات البيئية. وغالباً ما يتم تقديم تقرير حول الآثار التي تم تخفيفها مسبقاً بالإضافة المتحررة للمشروع (التي ليست محددة في بيان أثر البيئي أو تقرير الأثر البيئي) من قبل المجموعات المذكورة أعلاه في شكل عرائض أو ملاحظات أو اعتراضات. وبعد ما يكفي من التحليل والتقييم، يمكن أن تكون هذه الاعتراضات الأساس لمراقبة بيئية مشروعة وإضافية للمشروع. ومن هنا، تكون متطلبات المراقبة البيئية سابقة التخفيف خاصة بالموقع، اعتماداً على الحساسية والأهمية البيئية لمتغير البيئة المتأثر (مثلاً، البيئة المائية، والإنبات، والمورفولوجيا، والهيدرولوجيا، وجودة المياه، والاقتصاديات الاجتماعية).

مكونات المراقبة البيئية Components of Environmental Monitoring

المكونات الرئيسة لخطة المراقبة البيئية تشمل مراقبة الأسماك والحياة البرية والبيئة الطبيعية وجودة المياه. وتشمل مراقبة الأسماك والحياة البرية تكوين، ووفرة، وتوزيع، والبيئة الطبيعية للأنواع الحية من الأسماك واللافقاريات التي توجد عند القاع، واستخدام البيئة الطبيعية من قبل البرمائيات والزواحف. وتشمل مراقبة البيئة الطبيعية المراقبة المائية والأرضية. وتشمل المراقبة المائية عمق المياه، وسرعة المياه، وحجم وتكوين الطبقات السفلية، وكمية البقايا الخشبية الكبيرة. وتشمل المراقبة الأرضية تكوين أنواع النبات للإنبات المخصص وإنبات السهل الفيضي والأراضي الرطبة، ومساحة سطح الأراضي الرطبة، والحجم والزمن، وعمق، ومساحة، وارتفاع الهضاب الرملية غير المنبتة، ومنسوب المياه الجوفية، والغطاء الأرضي للسهول الفيضية، ومظاهر السطح والفترات المائية الجيومورفولوجية.

وتشمل مراقبة جودة المياه متغيرات المجاري المائية المختلفة موضع الاهتمام في المنطقة، بما فيها الأكسجين المذاب، ودرجة الحرارة، والتعكر، والمغذيات لألسنة النهر، والخزانات، والبيئة الطبيعية للأراضي الرطبة.

متغيرات جودة المياه البيئية للمجاري المائية المختلفة في الولايات المتحدة يتم تسجيلها ونشرها من قبل هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS). ومصدر آخر لمعلومات جودة المياه بالمجرى المائي هو نظام التخزين والاستدعاء التي تحتفظ به USWPA. وتشمل متغيرات جودة المياه شائعة المراقبة لمواصلة النوع، ومستوى أيون الهيدروجين، ودرجة الحرارة، والتعكر، والأكسجين المذاب، ومسببات المغص الغائطي، والتكور العقدي الغائطي، والصلابة، والكالسيوم، والمغنسيوم، والصوديوم، والبوتاسيوم، والخاصص، والمنجنيز، والزنك، والسيليونيوم، والفضة، واليكرونات، والكربونات، والكبريتات، والكلوريد، والفوريد، والسيليكا، والمواد الصلبة الكلية العالقة والمذابة، والنيتروجين، والفوسفور، والكربون العضوي، والفينيل الثنائي المعالج بالكلور المتعدد، والألدرين، وجزئ الكلوردان، ومادة DDD، ومادة DDT، ومادة DDE، والإلدرين الثنائي، والأزينون الثنائي، والإندرين، والإيزون، والكلور السباعي، والليندان، والملاثيون، وكلور الميزوأكسي، والميثيل نظير الثيون، والميثيل ثلاثي الثيون، ونظير الثيون، والتوكسافين، والثيون الثلاثي، والعوالق النباتية، والبريفيتون.

وفي حالة المشروعات التي تقع ضمن نطاق السلطة القضائية هيئة مهندسي جيش الولايات المتحدة (USACE)، فقد تم تقرير سياسة لإجراء تقييمات الاستجابة البيئية بالنسبة لإمدادات المراقبة البيئية المشتركة في بيان الأثر البيئي (USACE 1999).

ويتم إجراء التقييمات الداخلية للاستجابة بالتزامات المراقبة البيئية سنوياً عن طريق موظفي المشروع/ المبنى. ويتم إجراء التقييمات الخارجية عن طريق مقاولين خارجيين أو موظفين غير معينين في المبنى. ويتم الاحتفاظ بسجلات إمدادات بيان الأثر البيئي أو التعديلات على بيان الأثر البيئي أو القرارات الأخرى التي تتعلق بتقارير التخفيف البيئية من قبل السلطة الملائمة. ويجب جعل إمدادات أخرى متاحة للوكالات المهتمة أو العامة، عند طلبهم لها. ويكون مطلوب تنفيذ المراقبة لضمان الالتزام بالقرارات والمراقبة البيئية، بما فيها مقاييس التخفيف.

بعض الوكالات قامت بتنفيذ برامج مراقبة بيئة محطة (ALMPs) لوضع خصائص للتيارات في الظروف البيئية للبحيرات، ولتحديد مسببات التدرج البيئي، والمراقبة تقدم برامج الترميم، ولتحديث تصنيف البحيرات/ نظام الأولويات بالنسبة لجودة وترميم البيئة. ويتضمن هذا جمع وتحليل جودة المياه وعينات الرواسب وكذلك الملاحظات الميدانية للون المياه، والطقس، وتحلل الرواسب، والطحالب، وأوجه أخرى مهمة للبحيرة. ويتم إجراء مراقبة التيار المحيط لتحديد التيارات طويلة المدى في جودة المياه ولتقييم برامج الترميم. ولهذا الغرض يتم مراقبة البحيرات مرة واحدة أثناء انسياب الربيع ومرحلة التحول (إبريل إلى مايو)، وثلاث مرات أثناء الصيف (يونيو ويوليو وأغسطس)، ومرة واحدة أثناء تحول الخريف (سبتمبر أو أكتوبر). والمتغيرات المحللة تشمل المواد الصلبة العالقة، والمغذيات، والكلوروفيل، والأكسجين المذاب، والقطاعات الجانبية لدرجات الحرارة، ومتغيرات ميدانية أخرى لعينات المياه التي تجمع من مسافة ١ قدم أسفل السطح و ٢ قدم فوق القاع عند أكثر المواقع عمقاً. ويتم إجراء المراقبة المركزة للبحيرة في بعض البحيرات. ويتم اختيار البحيرات من خلال مرحلة أولى (تشخيصية)، ومرحلة ثانية (تقييم)، ومرحلة ثالثة

(تقييم ترميم لاحق) للمراقبة المركزة. بالنسبة للمرحلة الأولى والثانية، يتم إجراء المراقبة بشكل عام مرتين كل شهر من مايو إلى سبتمبر وشهرياً من أكتوبر إلى إبريل لفترة سنة واحدة قبل التنفيذ (مرحلة أولى) ولسنة واحدة أو أكثر أثناء وبعد التنفيذ (مرحلة ثانية). وتتكون مراقبة المرحلة الثالثة عادةً من ثلاث سنوات بأخذ العينات من مسافة ١ قدم أسفل السطح، وعمق متوسط (في أعماق البحيرات)، و ٢ قدم فوق القاع عند أكثر المواقع عمقاً. وتشمل المتغيرات التي تراقب المواد الصلبة العالقة، والمغذيات، والكُلُوروفيل، والأكسجين المذاب، والقطاعات الجانبية لدرجات الحرارة، والموارد البيولوجية الرئيسية (مثل، النباتات العالقة، والأسماك، النباتات المائية، وأحياناً الحيوانات العالقة، والأحياء في القاع). ويتم تحليل عينات الرواسب للمحتوى الصلب، والمغذيات، والكائنات الدائمة، والمعادن الثقيلة في الفترة التشخيصية الأولية. بالإضافة، يتم إجراء تحليلات ملوثات الأسماك أثناء هذه المرحلة الأولية.

بالنسبة للسدود ومشروعات المياه الدولية الأخرى، يطلب البنك الدولي التقييم البيئي أو بيان الأثر البيئي، والتي تعد وثائق عامة تفصح عن الآثار التي لا يمكن تخفيفها والمتعلقة بخطط المراقبة التي يجب أن يقوم بالتحري عنها فريق عمل البنك وآخرين في جلسات الاستماع العامة. والتزامات المراقبة البيئية التي تشترط في هذه الوثائق تكون ملزمة للمالك أو مديري السدود والمباني المتعلقة بها. ويجب أن يشمل وصف برامج المراقبة البيئية أسباب وتكاليف المراقبة والترتيبات التأسيسية للمراقبة، ونتائج المراقبة أثناء التقييم، وبدء الإجراءات الضروري لتقييد الآثار العكسية التي تكشف عنها المراقبة. ومن الإلزام أن يكون هناك مؤسسة لمراقبة الاستجابة ولتأسيس الإجراءات المعزز متى وأينما كان هناك حاجة له.

وقد قام البنك الدولي WB بتحديد الخطوط الإرشادية لتصميم وتنفيذ مراقبة وتقييم المشروعات التي تقوم بتمويلها هيئة البيئة العالمية (WB 1996). ويجب أن تشمل المشروعات التي يقوم بتمويلها البنك الدولي خطط المراقبة والتقييم (M&E)، ويجب أن تشمل المشروعات التي تنصب على التدرج البيئي مؤشرات الأداء البيئي (EPIS)، ومؤشرات أداء الاقتصاديات الاجتماعية (SEIs) في خطط المراقبة والتقييم الخاصة بها. واختيار مؤشرات الأداء البيئي أمر يخص المشروع. وبشكل عام يجب أن يحدد مؤشر الأداء البيئي التالي:

- مؤشرات الضغط، التي تقيس القوى الضمنية التي تؤدي إلى الانحطاط البيئي.

- مؤشرات الحالة، التي تقيس جودة أو حالة البيئة للنظام البيئي المستهدف.
- مؤشرات الاستجابة، والتي تقيس الجهود المبذولة لتحسين بيئة معينة أو لتخفيف درجة انحطاطها.

- مؤشرات الاقتصاد الاجتماعي، التي تنصب على التأثير البشري على البيئة وكيف أن البيئة ستؤثر على صحة الإنسان، والسلامة والرفاهية، والأساس المتأصل للمجتمعات المحلية، والرفاهية الاقتصادية، والفرص التعليمية، والقيم الاجتماعية، والتقدير الذاتي.

بعض الأمثلة على مؤشرات الأداء البيئي موضحة في التالي:

- زيادة المغذيات الكيميائية التي تتضمن مراقبة النيتروجين، والفوسفور، وتركيزات مطلب الأكسجين الحيوي في الماء.
- التلوث السام، بما فيه مراقبة تركيز المعادن الثقيلة في الماء.
- مراقبة مطلب، وإمداد، وجودة مصادر المياه العذبة.

• مراقبة مناطق الغابات المتدهورة.

• مراقبة الكثافة السمكية.

العوامل الأخرى التي يتم مراقبتها لمشروع السد والخزان تشمل التالي (WB 1998):

• الحجم السنوي للرواسب المنقولة إلى الخزان.

• جودة المياه عند نقطة تصرف السد وعند نقاط مختلفة على طول النهر (بما فيها

الملوحة، وتركيز أيون الهيدروجين، ودرجة الحرارة، ومعامل التوصيل الكهربائي،

والتعكر، والأكسجين المذاب، والمواد الصلبة العالقة، والفوسفات، والنترات).

• تكون كبريتيد الهيدروجين والميثان خلف السد.

• أخذ العينات من المياه العذبة للنباتات الدقيقة، والحيوانات الدقيقة،

والأعشاب الضارة المائية، والكائنات في القاع.

• عمليات مسح وتقييم المصايد السمكية (بما فيها الأنواع الحية والكثافة) في

الخزان والنهر.

• الأنواع الحية، والتوزيع، وأعداد الحياة البرية.

• التغييرات النباتية (بما فيها الغطاء، والأنواع الحية، والتكوين، ومعدلات

النمو، والكتل الحيوية) في مجرى السريان المائي، ومنطقة سحب الخزان، ومناطق

مصب النهر.

• الانجراف في مجرى السريان.

• الصحة العامة وناقلات الأمراض.

• هجرة الأفراد من وإلى خارج المكان.

• التغييرات في الأوضاع الاقتصادية والاجتماعية للكثافة المستقرة والناس

الذين يبقون في حوض النهر.

عوامل مراقبة مثيلة يتم تحديدها لمشروعات تتضمن حماية الفيضان، وتحديد مجرى السريان، والري والصرف، والمصايد السمكية، وعلم الصناعة الزراعية، وإدارة الغابات الطبيعية وتحديد المزروعات، وإدارة الأراضي المهملة والماشية، والطرق الريفية.

ليس هناك برنامج مراقبة قياسي للمشروعات الكهرومائية. وإن التقييم البيئي أو بيان الأثر البيئي لهذه المشروعات يجب أن يشمل خطة المراقبة لهذه المتغيرات المنصوص عليها في القائمة الخاصة بمشروعات السد والخزان والمتعلقة بكل موقع بعينه (WB 1998).

مراقبة المشروع هي مسئولية فريق إدارة المشروع. المسئوليات التأسيسية لتقييم الأداء يختلف اعتماداً على تسمية التقييم:

- ١- التقييم الانتقالي (أثناء تنفيذ المشروع).
- ٢- التقييم النهائي (عند نهاية تنفيذ المشروع).
- ٣- تقييم التأثير (عدة سنوات بعد انتهاء المشروع) لقياس الآثار المباشرة وغير المباشرة.

تحديد وتنفيذ وتقييم خطة المراقبة والتقييم تتضمن التالي:

- التقييم الأولي للظروف البيئية والاقتصادية الاجتماعية المتواجدة والكيانات المؤسسية للإدارة والمراقبة والتقييم البيئي.
- تحديد المشاكل الرئيسة التي تسبب التدرج البيئي.
- تحديد مؤشرات مراقبة الأداء.
- تحديد إجراءات جمع البيانات، والطرق التحليلية، وصيانة معدات المراقبة، والتنسيق الإقليمي.

- تحديد المسؤوليات المؤسسية ومصادر التمويل للتنفيذ.
- التقييم الدوري لأداء المشروع وكفاية خطة المراقبة للتقييم.

تقييم الأهمية البيئية للمشروعات

Evaluation of Environmental Significance of Projects

أهمية استدامة وتحسين البيئة الطبيعية للأسماك

Significance for Fish Habitat Sustainability and Enhancement

- بعض العوامل المستخدمة لتقييم أهمية مشروعات هندسة مصادر المياه لاستدامة وتحسين البيئة الطبيعية للأسماك تشمل التالي (USDA 1977):
- مساحة منطقة المياه بالايكرات المتاحة لحركة الأسماك، ووضع البيض، والفقس.

- بيان ما إذا كان التدفق مستقر أم غير مستقر (متقطع) خلال السنة وما إذا كانت مستويات المياه تبقى ثابتة تقريباً أم متغيرة بشكل كبير من وقت لآخر.
- جودة المياه، بما فيها درجة الحرارة، وتركيز أيون الهيدروجين، والأكسجين المذاب، وثنائي أكسيد الكربون المذاب، وتركيزات الكيماويات السامة على الأسماك والبشر.

- النسبة المئوية الذي يحتلها طول المجرى المائي الكلي، وتشمل التالي:

- o البرك: قطاعات مجرى مائي تكون أعمق وعادةً أوسع من الطبيعي مع تيار أبطأ تقديرياً من منبع النهر الفوري والسنة المجرى المائي في اتجاه مصب التيار مع قاع مجرى يتكون من خليط من الطمي والرمل الخشن.
- o منحدرات نهريّة: قطاعات مجرى مائي تحتوى على الحصى و/أو الدبش الذي يضطرب فوقه سطح الماء، ويكون التيار سريعاً بما فيه الكفاية بحيث يبقى سطح الحصى والدبش خالياً بشكل معقول من الرمل والطمي.

○ المسطحات: قطاعات مجرى مائي مع تيارات بطيئة للغاية فتصنف على أنها منحدرات نهرية وضحلة للغاية لتصنف على أنها برك. وفي المسطحات، يتكون قاع المجرى المائي عادةً من الرمل أو المواد الأكثر نعومة، مع دبش خشن عرضي، أو الجلاميد، أو صخر الأديم.

○ الشلالات: قطاعات مجرى مائي بدون برك، تتكون أساساً من صخر الأديم مع قليل من الدبش، أو الحصى، أو من مواد أخرى مثل هذه المواد، بحيث أن التيار عادةً يكون أكثر سرعة منه في المنحدر النهرية.

وبالنظر إلى موضوع البيئة الطبيعية للأسماك، فإن قطاع مجرى مائي به حوالي ٣٥٪ من المساحة تحتلها البرك و ٣٥٪ من المنحدرات النهرية يمكن أن يصنف على أنه ممتاز.

• مساحة أو طول مسطح الماء المتأثر بالظل بسبب النمو الخضري (مثل، الأشجار والشجيرات). وبشكل عام، المساحة أو الطول الأكبر من مسطح الماء تحت الظل يكون بيئة طبيعية أفضل للأسماك.

• تعكر سطح الماء. إذا كان يمكن رؤية القاع من مسطح الماء بشكل واضح خلال حوالي ١,٢ م من الماء أو أكثر، فيمكن أن يصنف مسطح الماء بالممتاز من وجهة نظر البيئة الطبيعية المائية.

أهمية الأنشطة الترفيهية Significance for Recreational Activities

بعض العوامل المستخدمة لتقييم صلاحية مشروعات هندسة مصادر المياه للأنشطة

الترفيهية تشمل التالي (USDA 1977):

- القرب من مراكز الكثافة السكانية. المشروعات التي يمكن أن تقدم إمكانية للأنشطة الترفيهية على مدى نصف قطر حوالي ٨٠ كم.
- الوصول. المشروعات أو قطاعات المجرى المائي ضمن ١,٥ كم من طريق جوي كلي يمكن أن تكون جيدة للأنشطة الترفيهية.
- حجم منطقة المياه. يجب أن يكون حجم منطقة المياه كافياً لدعم الأنشطة الترفيهية العامة.

تقوم بعض العوامل التي تستخدم لتقييم الاحتمال الترفيهي لمشروع هندسة مصادر المياه على نوع النشاط الترفيهي. والأنشطة الترفيهية المتعلقة بمشروع هندسة مصادر المياه وعوامل تحديد صلاحية كل نشاط ترفيهي هي كما يلي:

- صيد السمك: العوامل التي تؤثر على صلاحية النشاط الترفيهي لصيد السمك تشمل وفرة الكثافة السمكية، وإمكانية الوصول، والمنظر الطبيعي، ووجود المنحدرات النهرية والبرك، وفوق كل هذا تنوع سطح الأرض.

- السباحة: العوامل البيئية المرغوبة للسباحة تشمل جودة جيدة للمياه، ومستوى تركيز أيون الهيدروجين pH بين ٦,٥ و ٨,٣، وعدد بكتريا الكوليفورم أقل من ٨٠٠، والماء النقي يتدفق أدنى ٢٤٥٠ ل/ اليوم لكل مغطس، وعمق مياه بحوالي ١,٥ م أو أكثر، وميل خط الساحل أقل من ١٠٪، ويفضل أن يكون من ٢ إلى ٤٪.

- الإبحار في الزوارق والقوارب: يجب أن يكون عمق الماء في مجاري إبحار القوارب على الأقل ٠,٦ م لقوارب التجديف وحوالي ١ م للقوارب التي لها محركات خارج سطحها. ويجب أن يكون العرض على الأقل ٢,٥ مرة من طول القوارب المسموح بها. وعمق المياه في مجاري إبحار الزوارق يمكن أن يكون بانخفاض ١٥ سم للمجاري القصيرة و ٤٥ سم للأجزاء الرئيسية. ويمكن أن يكون عرض المجرى

المائي على الأقل ١,٨ م. ويمكن أن يكون متوسط التدفق حوالي ٣ م^٣/ث، ورغم أن هذا يمكن أن يختلف تبعاً للعرض، والعمق، وميل المجرى المائي.

• التزهة والسير: الممرات الموجودة فوق الماء وجسور المشاة تحسن من استخدام منطقة المياه لأغراض التزهة والسير. ويجب أن تكون الطرق على امتداد منطقة المياه حوالي ١,٢٥ م في العرض مع ميول طولية مرغوبة أقل من ١٠٪.

التحري العلاجي ودراسات الجدوى

Remedial Investigation and Feasibility Studies (RI/FS)

التعريف والنطاق Definition and Scope

أدت الأنشطة الصناعية أثناء أوائل ومتصف القرن العشرين إلى تلوث التربة والمياه الجوفية والمياه السطحية على أو في الجوار القريب في عدد من المواقع. ففي كثير من الحالات، سبب هذا تهديداً على صحة الإنسان بوجه خاص وعلى البيئة بشكل عام. ولدراسة المشاكل المتعلقة بمعالجة هذه المواقع الملوثة، سنّ الكونغرس الأمريكي بيان الاستجابة البيئية الشاملة، والتعويض، والاعتماد (CERCLA, 42 U.S.C. 9601, 1980) وبيان المحافظة على الموارد والمعافة (RCRA, 42 U.S.C. 6921, 1976). ويتضمن التحري العلاجي كل التحقيقات الميدانية والدراسات التحليلية اللازمة لتحديد طبيعة ومدى التلوث الذي يجب معالجته. وتشكل دراسات الجدوى كل الدراسات العملية والميدانية والمكتبية والتجارب اللازمة لتقييم جدوى البدائل المحتملة لإزالة أو تقليل التلوث المحدد إلى مستويات مقبولة. ويمكن أن يكون هدف التحري العلاجي هو تحديد المقاييس اللازمة لتحديد تلوث التربة، ومياه السطح، والمياه الجوفية لمستويات تلوث قصوى مقبولة، أو لتقييد التلوث لمستويات مقبولة قائمة على المخاطرة، أو لتحقيق حماية الموارد بالحالات

النقية. وقد تم تحديد مستويات التلوث المقبولة وأهداف التنظيف أو الأهداف لمعالجة التربة والمياه السطحية والمياه الجوفية تحت ظروف بيئية معينة عن طريق وكالة حماية البيئة للولايات المتحدة ومنظمات الولاية المسؤولة عن الجودة البيئية. وهذه الوكالات قامت أيضاً بتحديد مستويات التلوث القصوى المقبولة لأنواع مختلفة من المياه الجوفية والمياه السطحية.

وبشكل عام، فإن المتطلبات والمكونات الرئيسية للتحري العلاجي / دراسة الجدوى (RI/FS) تشمل التالي (USEPA 1989b):

- تعريف مشكلة وأهداف المعالجة.
- تصميم برامج مراقبة التربة والمياه الجوفية والمياه السطحية.
- حفر التربة وتثبيت أبار المراقبة ومحطات مراقبة المياه السطحية.
- أخذ العينات وتحليل المياه والتربة والرواسب.
- مراقبة وتحليل المياه الجوفية.
- تحليل حركة المادة الملوثة في المياه الجوفية والمياه السطحية.
- التحريات الهيدرولوجية لتحديد خصائص طبقة الماء الأرضي.
- تحديد ممرات الكشف المحتملة والمستقبلات المحتملة للمياه السطحية والمياه الجوفية الملوثة المتنقلة أو في الجوار القريب من الموقع.
- وضع خصائص للموقع.
- تقييم استراتيجيات وتقنيات المعالجة.
- تحديد وتصميم طريقة المعالجة المفضلة أو دمج الطرق.
- تصديق الوكالة على طريقة المعالجة المقترحة.

جزء مهم من التحريات المتعلقة بالتحري العلاجي/ دراسة الجدوى للمواقع الملوثة يركز على تلوث التربة والمياه الجوفية. ويمكن أن تسبق تحريات المعالجة المفصلة بسلسلة من الدراسات التمهيدية. وهذه الدراسات تتضمن التقييم التمهيدي لاحتمال التلوث في الموقع باستخدام خرائط وتفتيش الموقع وتاريخ العمليات في الموقع، والوثائق المتاحة من الوكالات المديرة والوكالات الحكومية. وتحريات المعالجة التفصيلية المتعلقة بالتربة الملوثة تشمل التالي (USEPA 1996c):

١ - تحديد طريقة الموقع المتعلقة بالمفاهيم: وهي صورة ثلاثية الأبعاد أو وصف لحالة الموقع مما يوضح توزيع المواد الملوثة في التربة وآلات الإطلاق الملوثة، وطرق الهجرة والمرور المكشوفة، والمستقبلات المحتملة للملوثات المنطلقة من التربة. ويتضمن تحديد طريقة الموقع المتعلقة بالمفاهيم جمع البيانات (السجلات التاريخية، والخرائط، وخلفية البيانات، وهيئة مسح الترب بالولاية)، وتحليل البيانات لتحديد مصادر التلوث، والأوساط المتأثرة، وطرق الهجرة المحتملة، والمستقبلات، واستطلاع الموقع لتحديد النواقص في البيانات.

٢ - جمع البيانات: ويتضمن هذا زيارة الموقع لعمل تقييم لتوزيع الملوثات، وتحديد خطة أخذ العينة من التربة، وتحديد طريق ملائمة لأخذ العينات والتحليلات الكيميائية، وجمع عينات التربة.

٣ - تحليل بيانات التربة: ويشمل هذا تحليل عينات التربة، وتحديد الملوثات، وتخطيط مدى حيز وعمق التلوث، وتحديد خصائص التربة (مثل، محتوى الكربون العضوي، والقوام، والكثافة الجافة، ومعامل التوصيل الهيدروليكي).

التحريات العلاجية المتعلقة بالمياه الجوفية تشمل التالي (USEPA 1989b):

- وضع خصائص للكميائيات موضع الاهتمام، والتي تشمل تحديد تركيبات معينة وحالاتها الفيزيائية، ومدى التلوث، والإذابة، والامتصاص، والسمية، والتدرج، والكثافة، واللزوجة، والتركيز.
- خصائص الموقع، والتي تشمل:
 - تحديد الوسط أسفل السطح.
 - المسافات من مواقع أبار إمداد المياه داخل وخارج الموقع، والمجاري المائية، وحدود الملكية.
 - السمك الغير مشبع والمشبع من الوسط المسامي عند الموقع وعلى امتداد الممرات المحتملة.
 - التسرب، وصافي التصرف، ومحتوى الماء لمناطق التربة غير المشبعة.
 - النفاذية، والكثافة الظاهرية، ومعامل التوصيل الهيدروليكي، والخصائص الكيميائية، وخصائص التشتت، ومحتوى الكربون العضوي للوسط المسامي.
 - العمق إلى المياه الجوفية في منطقة التربة غير المشبعة.
 - السمك المشبع، والميل الهيدروليكي، والسمات الجيولوجية لمناطق التربة المشبعة.
- يمكن أن تشمل مصادر البيانات لتحريات معالجة المياه الجوفية الكتيبات، والسجلات المحفوظة من قبل مالكي ومديري المباني والمنظمات الفيدرالية ومنظمات الولاية، والدراسات السابقة، والبيانات الميدانية الخاصة بالموقع. واعتماداً على تقييم البيانات الموجودة، فإنه يجب تحديد خطة أخذ عينات المياه الجوفية لجمع البيانات الإضافية للملاءمات في البيانات ولتخطيط المدى الأفقي والرأسي لمحتوى التلوث الموجود والممرات المحتملة لتلوث المياه الجوفية. وأبار المراقبة اللازمة لجمع البيانات

الميدانية يجب أن تشمل عدد كافٍ من الآبار العليا لتقييم خلفية التركيزات للكيميائيات موضع الاهتمام، والآبار السفلى لتقييم الإمكانية لهجرة الملوثات داخل وخارج الموقع وللعمل كبنر الاستجابة، والآبار في الموقع لتخطيط مدى تلوث المياه الجوفية.

ويمكن استخدام الطرق الإحصائية لتحديد وفرة عينات التربة والمياه الجوفية لتحليل بيانات مراقبة التربة والمياه الجوفية (USEPA 1989c). وعلى سبيل المثال، إذا كان عدد مواقع العينات المحتمل كبيراً، فإنه يمكن استخدام التوزيع ثنائي الحد (Haan 1977) لتحديد ما إذا كان على الأقل واحد من العينات هو من أكثر الآبار تلوثاً أو من البقع الساخنة. وإذا كان العدد الكلي N من عينات التربة متاحاً من الموقع، فإنه يمكن اختيار n من العينات عشوائياً أقل N من ليتم تحليلها. ثم يمكن حساب احتمالية أنه على الأقل واحدة من عينات التربة n تكون من أسوأ العينات k (أو من البقع الساخنة) في الكثافة الداخلية للعينات N باستخدام التوزيع الهندسي الموسع.

مثال رقم (١، ٧): يتم اختبار عينات مياه جوفية من ٣٠ بئر مراقبة من موقع ما. استنتج الاحتمالية P ، أنه على الأقل واحد من هذه الـ ٣٠ بئر تمثل أسوأ ١٠٪ من المواقع الملوثة في الموقع.

الحل:

في هذه الحالة، يكون عدد مواقع العينة المحتملة (الكثافة) كبيراً، إذن يكون التوزيع ثنائي الحد ملائماً مع n (العدد المختار من العينات) = ٣٠، p (احتمالية أسوأ تلوث في الكثافة) = ٠.١٠. ومن هنا فإن:

احتمالية على الأقل عينة واحدة من أسوأ ١٠٪ من الآبار (P) تساوي

$$P = 1 - (1 - p)^n = 1 - (1 - 0.10)^{30} = 0.96 \quad (\text{Haan 1977})$$

مثال رقم (٧، ٢): إجمالي ١٠٠ عينة تربة متاحة من شبكة مربعة في الموقع. ٣٠ عينة فقط مختارة عشوائياً من العدد الكلي للعينات التي يتم تحليله. استنتج الاحتمالية، P ، أنه على الأقل واحدة من العينات تمثل أسوأ ١٠ بقع ساخنة في الموقع.

الحل:

في هذه الحالة، تكون الكثافة (أي، مواقع الـ ١٠٠ عينة) معلومة. إذن، يمكن أن يكون التوزيع الهندسي الموسع ملائماً (Haan 1977). وبالنسبة للتوزيع الهندسي الموسع يكون:

$$N = 100, \quad n = 30, \quad k = 10$$

إذن، P (احتمالية أنه على الأقل واحدة من الـ ٣٠ عينة المختارة عشوائياً تكون من أسوأ ١٠ بقع) = $1 -$ احتمالية أنه لا واحدة من الـ ٣٠ عينة تكون من أسوأ ١٠ بقع ساخنة.

وطبقاً للتوزيع الهندسي الموسع، فإن احتمالية أن x من العينات n المختارة عشوائياً من الكثافة N تنتمي إلى أسوأ k من العينات:

$$\begin{aligned} p(x, N, n, k) &= \left[\frac{k!}{x! (k-x)!} \right] \left[\frac{(N-k)!}{(n-x)! (N-k-n+x)!} \right] / \\ &\left[\frac{N!}{n! (N-n)!} \right] = \{1 \times 90! 30! 70!\} / \{30! 60! 100!\} = \{90! 70!\} / (60! 100!) \\ &= \left[(1.48571 \times 10^{138}) \times (1.19785 \times 10^{100}) \right] / \left[(8.32098 \times 10^{81}) \times \right. \\ &\left. (9.33262 \times 10^{157}) \right] = 1.77966 / 77.65654 = 0.023 \end{aligned}$$

(لاحظ أن x تساوي صفر). ويمكن الحصول على قيم المضروبيات من الجداول القياسية (مثل، Abramowitz and Stegun 1972). وبالتالي فإن:

$$P = 1 - 0.023 = 0.98$$

يمكن أيضاً أن يقدر عدم التأكيد المتضمن في تكلفة المعالجة المقدرة والحجم للتربة الملوثة أو المياه الجوفية الذي يقوم على عدد معين من العينات المأخوذة من الموقع، باستخدام الطرق الإحصائية (Spurr and Bonini 1973). والخطوات الحسابية لذلك موضحة في المثال رقم (٧.٣).

مثال رقم (٧،٣): إجمالي ١٠٠ عينة متاحة من شبكة مربعة في موقع ما. كل عينة تمثل تقريباً ٢٠٠٠ طن من وزن التربة، وتكلفة المعالجة تقدر بـ ١٠٠٠ دولار لكل طن. أوضح التحليل الكيميائي أن ٣٠ من العينات تكون فوق مستوى التلوث المسموح به. استنتج عدم التأكد في تكلفة المعالجة عند مستوى ثقة ٩٥٪ وكذلك تكلفة عدم التأكد القصوى.

الحل:

العدد الكلي للعينات:

$$N = 100$$

الوزن الكلي للتربة المدروسة =

$$2,000 \times 100 = 200,000 \text{ tons}$$

نسبة العينات الملوثة:

$$p = 30/100 = 0.30$$

الخطأ القياسي في النسبة p:

$$S_p = \sqrt{\{p(1-p)/N\}} = \sqrt{\{0.30(1-0.30)/100\}} = 0.0458$$

وأعلى خطأ قياسي في العينة:

$$S_p(\max) = 0.5/\sqrt{N} = 0.5/\sqrt{100} = 0.05$$

عند مستوى ثقة α (٩٥٪)، يكون الحد الأعلى للتأكد في النسبة p :

$$p_u = p + t_{\alpha, N} \cdot S_p$$

حيث إن $t_{\alpha, N}$ هي t الإحصائية لمستوى التأكد α لحجم عينة N ، وتأخذ من الجداول الإحصائية (Spurr and Bonini 1973) وتساوي ١,٦٥ (في حالة α تساوي ٩٥٪، و N تساوي ١٠٠)، وبالتالي فإن

$$p_u = 0.30 + 1.65 \times 0.0458 = 0.3756$$

ومقياس عدم التأكد:

$$M_u = p_u - p = t_{\alpha, N} \cdot S_p = 0.0756$$

و

$$M_u (\max) = 1.65 \times 0.05 = 0.0825$$

وتكون تكلفة عدم التأكد عند مستوى ثقة ٩٥٪:

$$0.0756 \times 200,000 \times 1,000 = 15,120,000 \$$$

وتكون تكلفة أقصى قيمة لعدم التأكد:

$$0.0825 \times 200,000 \times 1,000 = 16,500,000 \$$$

لاحظ أن تكلفة عدم التأكد تقل مع الزيادة في عدد العينات لأن كل من $t_{\alpha, N}$ و S_p يقلان مع الزيادة في عدد العينات. ويمكن عمل المنحنيات البيانية المفصلة بين تكلفة عدم التأكد عند مستويات تأكد مختلفة وعدد العينات، ويمكن اتخاذ قرار حول عدد العينات المطلوبة للحصول على تكلفة معقولة لعدم التأكد عند مستوى تأكد مقبول.

تشمل دراسات الجدوى المتعلقة بمعالجة التربة والمياه الجوفية الملوثة التقييم المقارن للتقنيات المختلفة بما فيها تقنية الإزالة أو الاستخراج، وتقنية المعالجة

الموضعية، وتقنية الإضعاف الطبيعي، والتقنيات المناسبة الأخرى (انظر الجزء في هذا الفصل بعنوان "عمليات ومظاهر الهيدرولوجية المناسبة").

أمثلة على تلوث المياه السطحية والرواسب العالقة أو الناتجة من تلوث التربة والمياه الجوفية تحدث في الحالات التالية:

- عندما يتم تصريف المياه الجوفية الملوثة إلى مناطق المياه السطحية، فإن تركيزات الملوثات المخففة يمكن أن تكون ذات أهمية بالنسبة لآثارها على الحيوانات والنباتات المائية، والتدفق الكلي للملوثات التي تدخل النظام البيئي المستقبل يمكن أن تكون مهمة بالنسبة للسعة التمثيلية لمنطقة المياه السطحية المستقبلية.

- عندما يتم انجراف التربة الملوثة في المواقع الصناعية أثناء العواصف الممطرة، وتنتقل إلى منطقة المياه السطحية القريبة، وترسب في قاع وسهول المجاري المائية، أو في المستنقعات أو الأراضي الحوضية، أو خلف العوائق، مثل السدود.

- وحيثما تؤدي حركة تصريف مياه العاصفة الملوثة من المواقع الصناعية إلى ترسيب الرواسب الملوثة على قاع وفضتي منطقة أسطح مائية قريبة.

- وعندما تترسب الرواسب الملوثة بالملوثات البيولوجية أو أنواع أخرى من الملوثات خلف السدود، أو في المستنقعات، أو في الأرض الحوضية، أو أن تكون التحليلات مطلوبة لتقدير أحجام الرواسب المترسبة والنماذج اللازمة لنقل وتوزيع الرواسب التي تمت إزالتها عن طريق رفع الوحل أو الغسيل في قنوات المصب والسهول الفيضية.

وتختلف البيانات المطلوبة للتحليلات الهيدرولوجية، والهيدروليكية وتحليلات المخاطرة المتعلقة بتلوث المياه السطحية والرواسب من موقع إلى آخر. وعلى العموم، تشمل هذه البيانات التالي:

- الخرائط التضاريسية (الكتورية) التي توضح مواقع مناطق المياه السطحية بالنسبة للموقع.
- خصائص تربة السطح، بما فيها الانجراف، والمنحدرات، والغطاء النباتي، وممارسات المحافظة على التربة، والنفاذية، وتوزيع حجم الحبيبات.
- الكيماويات موضع الاهتمام وخصائص الامتصاص / المج والإذابة في الماء.
- الصفة الكيميائية (أي، تركيز الكيماويات موضع الاهتمام) لتربة السطح.
- تدفق، ومراحل، والقطاعات الجانبية، وجودة مياه منطقة المياه في الموقع بالجوار القريب والمناطق المائية الشبيهة كي تكون المستقبلات للتلوث المتعلق بالموقع.
- توزيع حجم جزيء رواسب قاع المجرى المائي والرواسب العالقة.
- جودة المياه، وقياس الأعماق، وتوزيع حجم جزيء وأعماق الرواسب عند قاع التجمعات المائية في الجوار القريب.
- بيانات نزول المطر للموقع ومجري السريان للمجري المائية القريبة.
- نتائج تدفق المياه الجوفية الملوثة التي تدخل منطقة المياه السطحية المتأثرة.
- الأحمال اليومية الكلية القصوى أو محددات التصرف على المجرى المائي (مثل بند ٣٠٣ (د) من وثيقة تخصيص استخدام معين). (USEPA 1991b).

المنظور التنظيمي Regulatory Perspective

بيان الاستجابة والتعويض والاعتماد البيئي، والذي تم تعديله عن طريق التعديلات عالية التمويل وبيان إعادة الترخيص لعام ١٩٨٦ (SARA)، يرخص للحكومة الفيدرالية أن تستجيب إلى إطلاقات أو مخاطر إطلاق المواد الخطرة، أو الملوثات في البيئة. وفي التابع لإمدادات هذا البيان، فإن كل المواقع الملوثة المخصصة للتقييم في العمق من خلال تحري المعالجة/ دراسة الجدوى تكون محتواة في قائمة

الأولويات القومية (NPL). وجزء من دراسات الجدوى لهذه المواقع هو تحديد تقييم المخاطرة لأثار المشروع المتعلقة بالصحة والمنسوبة إلى المواقع. ويكون تقييم المخاطرة قائماً على نتائج تقييم كشف الموقع. ويقوم بتقييم كشف الموقع بتقييم نوع ومدى الملوثات المنطلقة التي تلي الإطلاق، وتضمن الصلة الناتجة مع الكثافة البشرية المائية المكشوفة.

وبالإضافة إلى ذلك، فإن لدى الوكالات التنظيمية السلطة لعدم إصدار المزيد من خطابات المعالجة للمواقع (الغير محتواة في قائمة الأولويات القومية) المدرجة في برامج التنظيف التطوعية بعد قيام/ مدير الموقع، من خلال التحقيق السليم والمعالجة، بتوضيح أن الموقع المعالج لا يشكل تهديداً على صحة الإنسان أو البيئة. وقد تم تحديد الإجراءات لتقييم المخاطرة على صحة الإنسان عن طريق إطلاقات الملوثات في هذه المواقع وتحديد أهداف المعالجة لحماية المياه السطحية، والمياه الجوفية، والرواسب، والنظام البيئي. وإن هدف هذه الإجراءات تقديم حماية كافية لصحة الإنسان والبيئة بناءً على مخاطر الكشف. وتشمل ممرات كشف الإنسان الطبيعية أو الصناعية الحالة الفيزيائية التي يمكن أن تعرض صحة الإنسان للخطر بسبب وجود الملوثات موضع الاهتمام، وطريق الكشف، ونشاط المستقبل عند نقطة الكشف.

وقد قامت بعض الوكالات التنظيمية بتحديد منهج مصفوف لأهداف العمل التصحيحي للمواقع الملوثة. تقييم الصف ١ لتحديد أهداف العمل التصحيحي يقارن التركيزات الملوثة المسجلة عند الموقع بأهداف المعالجة المناظرة الموصوفة للملكيات السكنية والصناعية/ التجارية. تقييم الصف ٢ يستخدم تحليل يقوم على المخاطرة، وتقييم الصف ٣ يسمح بالمتغيرات والعوامل البديلة كي تستخدم في تحليل أهداف

المعالجة. تقييمات الصف ٢ والصف ٣ تتطلب تحليلات أكثر تفصيلاً من تقييمات الصف ١ (مثل، IPCB 2001).

في حالة كل من قائمة الأولويات القومية ومواقع التنظيف التطوعية، فإنه يجب على الوكالات التنظيمية أن تكون مقنعة، عن طريق التحليلات التقنية والبيانات الميدانية، وحول كفاية التحريات العلاجية المختارة.

ومادام هناك اهتمام بتلوث المياه السطحية والرواسب والمخاطر المعرض لها صحة الإنسان والبيئة، فإنه يجب على عالم الهيدرولوجيا أن يقوم بإجراء التحليلات الهيدرولوجية/الهيدروليكية وتحليلات النقل وتحليلات المخاطرة الاحتمالية لتقييم المخاطرة المحتملة للملوثات التي تصل نقطة الكشف المحتملة. ويجب على عالم السميات أو الصحة أن يقيم المخاطرة الناتجة على صحة الإنسان، وعلى عالم الجيولوجيا أن يقيم المخاطرة على الحياة المائية.

وبالنظر إلى حماية المياه السطحية من التلوث بسبب المصادر المفردة وغير المفردة، فقد قام الكونجرس الأمريكي في عام ١٩٧٢م بسن بيان المياه النقية. ويتطلب بند ٣٠٣ (د) من بيان المياه النقية وجود عبارات لتحديد ما إذا كانت مناطق المياه السطحية ضمن حدودها تتوافق مع مقاييس جودة المياه. وبالنسبة لمناطق المياه السطحية التي لا تقوم أو لا يمكن أن تتوافق مع مقياس معين، حتى مع وجود حدود لفرع النهر، فالمراد من عبارات تحديد منطقة المياه عند تلفه وتحديد أقصى حمل من الملوثات (أو أقصى أحمال يومية كلية) يمكن أن تستقبله منطقة المياه ومازال يتوافق مع مقاييس جودة المياه. إذن، فالمفروض من العبارات توزيع أقصى أحمال يومية محتملة بين هذه المصادر التي تصرف إلى منطقة المياه، مع أهداف تقليل تصريف الملوثات إلى منطقة المياه التالفة وجعله يتوافق مع المقاييس (USEPA 1991b). ومن خلال النماذج

الهيدرولوجية، والهيدروليكية، ونماذج جودة المياه، على عالم الهيدرولوجيا أن يحدد مدى المعالجة الذي يحد من الحمل في المجرى المائي أو البحيرة إلى هذا المذكور من قبل وكالات الولاية.

العمليات والمحاكاة الهيدرولوجية المناسبة

Relevant Hydrologic Processes and Simulations

العمليات الهيدرولوجية Hydrologic Processes

العمليات الهيدرولوجية الخاصة بالتحري العلاجي RI/ دراسة الجدوى FS للمواقع الملوثة تشمل التالي:

١- تساقط المطر-الجريان السطحي: قياس تساقط المطر، والجريان السطحي، والانجراف المحتمل من حدوث تساقط المطر-الجريان السطحي، والجزء من المطر المتساقط الذي ينتقل إلى المياه الجوفية على هيئة تسرب أو إعادة خزن.

٢- التسرب ونقل المياه الجوفية: تحدد الجزء من المطر المتساقط المتاح للمج، وللذوبان، ولنقل الملوثات القابلة للذوبان خلال الرشح لمناطق المياه الجوفية ومناطق التربة المشبعة.

٣- نقل المياه السطحية للملوثات القابلة للامتزاج: تشمل الخلط، وحركة الهواء الأفقية، والتشتت، والمج أو الامتصاص للملوثات التي تدخل منطقة المياه السطحية عن طريق رشح المياه الجوفية، أو تصريف المياه الفائضة، أو تصريف مياه العاصفة.

٤- نقل الرواسب: تشمل انجراف ومج الرواسب الملوثة من أسطح التربة، أو نقلها خلال مجرى السيول، أو عن طريق التدفق البري، وترسيبها في دلتا الأنهار، والخزانات، والأراضي الرطبة، والمستنقعات، ومصاب الأنهار.

تعتبر خطوات التحليل التالية مطلوبة لمحاكاة عملية تساقط المطر-الجريان السطحي وتقييم مدى ترسيب المواد الملوثة في منطقة المياه السطحية الناتج من العمليات سالفة الذكر:

- حصل أو قم صناعياً بتكوين متتابعات لتساقط المطر في الساعة (أو ١٥ - دقيقة) لفترة لتحليل. وبالتبادل، لتحليل مبسط، استنتج مدة وعمق تساقط المطر لأحداث العاصفة الهامة المنفصلة لكل سنة. ويمكن أن تُعرف أحداث العاصفة الهامة على أنها تلك التي تكون لها شدة كافية من تساقط المطر بحيث تتسبب في انجراف ملحوظ للتربة. وتُعرف وكالة حماية البيئة للولايات المتحدة أن ١,٠ بوصة هو أدنى عمق لتساقط المطر قادراً على إنتاج خصائص تساقط المطر/ الجريان السطحي الضرورية لتكوين حجم كافٍ من الجريان السطحي لتحليل عينة ذا معنى لمياه العاصفة (40 CER Parts 122, 123, and 124; Federal Register Vol. 55, No. 222, Friday, November 16, 1990, Page 48018; ISEPA 1991d). وحدث العاصفة القادر على التسبب في انجراف للتربة ملحوظ يجب أن يكون أكبر وأكثر شدة.

- استنتج أحجام ومعدلات الجريان السطحي وانجراف التربة من الموقع أثناء أحداث العاصفة المنفصلة.

- استنتج الانجراف أثناء أحداث المطر الاعتبارية (أحداث تساقط المطر التي يمكن ألا تنتج انجراف ملحوظ للتربة) من معلومات جودة المياه للرواسب العالقة.

- احسب كمية الرواسب المنقولة خلال المجرى المائي مع الجريان السطحي وانجراف التربة الداخلة من مساحة الموقع، بما فيه الانجراف والترسيب في قاع المجرى المائي، والسهول الفيضية، وأحواض مهبط النهر.

• استنتج الأجزاء الملوثة/ غير الملوثة من الرواسب المترسبة في المجرى المائي والأحواض عن طريق التوزيع النسبي اعتماداً على الأجزاء الملوثة وغير الملوثة من مجرى السريان.

• تحقق من معقولية المدى المقدّر لتلوث الرواسب باستخدام معلومات عينة التربة من المواقع المختارة والاستكمال القياسي عن طريق برنامج حاسب أو أي من إجراءات الاستكمال قياسي/ الاستكمال الخطي الأخرى.

وبالنسبة لتصرف المياه الجوفية من المواقع الملوثة والتصرفات الأخرى من المصادر المفردة وغير المفردة الملوثة بالمكونات القابلة للامتزاج، فإن الوكالات التنظيمية تكون مسئولة عن الوصف الحاد والمزمن لمناطق الخلط التنظيمي (ARMZ and CRMZ) لمناطق المياه السطحية المستقبلية والتي لا تطبق فيها مقاييس جودة المياه الطبيعية (Hutcheson 1998). ومنطقة الخلط هي تلك المنطقة من مناطق المياه السطحية في اتجاه مصب التيار عند نقطة تصرف الملوثات حيث يحدث الخلط الفيزيائي في كل الاتجاهات حتى تحقق المكونات في التصرف تركيزات منتظمة في منطقة المياه المستقبلية. ويجب أن يكون التركيز المنتظم المتوقع للكميائيات موضع الاهتمام ضمن مستويات التلوث القصوى سالفة الذكر، ويجب أن يكون تدفق الكتلة الكلي لهذه الكيماويات ضمن الحمل الكلي المسموح به لهذه المنطقة المائية. ويجب الحفاظ على حجم منطقة الخلط عند أدناها ويجب أن تسمح بالرشح الآمن، والحماية، وتطور الكائنات المائية. والمعيار الشائع الاستخدام لوضع حد للخلط الكامل أو منطقة الخلط هو أن التركيز عند أي نقطة في القطاع العرضي عند حد منطقة الخلط يجب ألا يتجاوز ٥٪ من القيمة المتوسطة للقطاع العرضي (Fischer et al. 1979). وفي الحالات التي يقع تصرف المياه الجوفية من المواقع الملوثة في البحيرات والأحواض،

فإن التدفق الكتلي الكلي للملوثات والتركيزات في منطقة المياه السطحية أثناء الفترات الحرجة بالنسبة لفقس ونمو البيئة الطبيعية المائية يعتبر من العوامل المقيدة. وتحدد معظم مقاييس جودة المياه استخدام Q10V لتقييم أثار التصرفات المفردة وغير المفردة على جودة مياه المجاري المائية. وخطوات التحليلات المستخدمة بشكل عام لتقييم مدى تلوث المياه السطحية الناجمة من تصرفات المياه الجوفية من المواقع الملوثة تشمل التالي:

- حدد مصدر المياه الجوفية الملوثة التي تدخل المجرى المائي أو البحيرة بدلالة تركيزات الكيماويات موضع الاهتمام، وتدفق الكتلة، وأبعاد مساحة المصدر. واعتماداً على ظروف الموقع المحددة أو درجة تعقيد التحليلات المطلوبة، قم بتصريف المصدر كمفرد، أو مصدر خطي (رأسي أو أفقي)، أو كمصدر غير منتظم الشكل محدد بشبكات مستطيلة أو مثلثة، أو عناصر نظيرة مستطيلة.

- حدد الخصائص الهيدروليكية وخصائص جودة المياه لمنطقة المياه السطحية المستقبلية (مثل، القطاع العرضي، والتدفق، وسرعات التدفق، وجودة المياه المحيطة، ومتغيرات التشتت/ الانتشار للمجري المائية، والتدفقات، والانصبابات، وسعة التخزين، واحتمال التراصف، وجودة المياه المحيطة من البحيرات والأحواض). ويعتمد مدى البيانات المطلوبة على تعقيد التحليلات المطلوبة.

- احصل على البيانات المناخية المطلوبة لنماذج جودة المياه للبحيرات والأحواض.

- قم بأداء تحليل التشتت الأفقي مع المجرى/ الامتصاص لنقل الملوثات التي تدخل المجرى المائي مع تصرف المياه الجوفية خلال المجرى المائي المتأثر و/ أو البحيرة المتأثرة.

• استنتج حدود وأبعاد منطقة الخلط والكتلة الكلية المذابة وقارنها مع السعة التمثيلية لمنطقة المياه السطحية التي تقرر عن طريق الوكالات التنظيمية. عادةً، لا تكون البيانات الكافية الخاصة بالموقع متاحة للمعايرة والتحقق من دقة نتائج النماذج والتحليلات المتعلقة بتلوث المياه السطحية والرواسب. ويجب أن يتعادل تعقيد النموذج المختار أو التقنيات التحليلية المختارة مع كمية البيانات المتاحة الخاصة بالموقع. إذن، في معظم الحالات، تكون نتائج التحليلات والنماذج لها دقة محدودة. ومع هذا، فإن هدف التحري العلاجي / دراسة الجدوى هو جمع وتحديد البيانات الكافية لتحديد المصادر الأساسية، والطبيعية، ومدى التلوث، وتحديد الأطراف الأساسية المسؤولة عن التلوث، وتوزيع مسؤوليات المعالجة وتحديد تفاصيل مستوى الجدوى لطرق المعالجة المحتملة. ويجب أن يتم تحديد التصميم المفصل وتكاليف المعالجة لاحقاً بناءً على البيانات الإضافية حول مدى التلوث ومستويات التنظيف المتفق عليها مع الوكالات التنظيمية ونتائج الاختبارات المرشدة لفاعلية تقنية المعالجة المختارة.

وتحاكي النماذج الهيدرولوجية والعمليات الهيدرولوجية لمجرى سريان الماء السطحي وتحت السطحي والناجمة عن الجريان السطحي على سطح الأرض، وتفاعل المياه الجوفية، وتحميل ملوثات المصدر غير المفرد. وتعتبر هذه النماذج الهيدرولوجية قاعدة لتحليلات بيئية متنوعة، وخاصة عند التعامل مع مشاكل إدارة مجرى السريان وتقييم أثار مصادر منبع النهر ومناطق المياه المستقبلية. وتعتمد هذه النماذج على العمليات المعتمدة على الأرض والأنشطة البشرية التي تحدث ضمن مجرى سريان الصرف لتقدير التدفق، والرواسب، وحمل الملوث الأخر. وبشكل عام، يتم تصميم كثير من هذه النماذج لعمل توقع متكامل لتوازن الماء وحركة الملوث من المصادر

المفردة وغير المفردة. ويتم عمل هذه التوقعات غالباً على مدى فترة طويلة من الزمن (أحياناً على مدى عقود) لتقييد أثار التغير التي تطبق على أفاق زمنية أطول.

ويتم تقدير الحجم والمنحنى المائي للجريان السطحي باستخدام النماذج القائمة على الأحداث مثل (HEC-1 USACE 1991a)، و (HEC-HMC USACE 2001) أو نماذج محاكاة التدفق المستقر مثل (HSPF USEPA 1991a)، و (NWSRFS NWS 1998)؛ ويمكن تقدير انجراف الرواسب المحتمل أثناء أحداث العاصفة المنفصلة باستخدام المعادلة العالمية المعدلة للفقد في التربة (MUSLE). ويمكن تقدير متوسط الانجراف السنوي للرواسب باستخدام المعادلة العالمية للفقد في التربة (USLE). وبناءً على طول وشدة انحدار مسار الجريان السطحي، فإن الكمية الكلية للرواسب المنجرفة من مساحة الموقع يمكن ألا تصل إلى المجرى المائي المستقبل. ولتعليل ترسيب الرواسب على طول مسار الجريان السطحي، فإنه يجب تقدير نسبة تسليم الرواسب (SDR) واستخدامها (USEPA 1988a). وفي حالة عمليات المحاكاة القائمة على الأحداث، فإنه يمكن استخدام النماذج التي تحاكي كل من الجريان السطحي وانجراف الرواسب. وكمثال، فإن نموذج (SEDIMOT II Wilson 1984) هو نموذج يقوم على الأحداث يمكنه حساب حجم الجريان السطحي والمنحنى المائي، وانجراف الرواسب باستخدام المعادلة العالمية للفقد في التربة MUSLE أو المعادلة العالمية المعدلة للفقد في التربة USLE ونسبة تسليم الرواسب SDR، وحجم وتركيزات الرواسب التي تصل المستقبل (مثل، أحواض الترسيب)، وترسيب الرواسب في المستقبل (انظر الفصل الثالث).

وعلى عالم هيدرولوجيا المياه السطحية القيام بتقدير الجزء من نزول المطر الذي يحتمل أن يتسرب من خلال رشح الماء إلى المناطق شبه الجوفية ومناطق التربة المشبعة.

ويقوم عالم هيدرولوجيا المياه الجوفية بمحاكاة نقل ملوثات السطح مع ماء المطر المتسرب وتدفق المياه الجوفية إلى الرشع على طول الضفاف تحت، أو فوق، أو أسفل ارتفاع سطح الماء في منطقة المياه السطحية. ويمكن محاكاة تدفقات المياه الجوفية هذه كمصادر مفردة، أو خطية، أو مسطحة تقع عند ضفة منطقة المياه السطحية (انظر الفصل الرابع).

ويكون التسرب الرأسي لماء الرشع خلال المناطق شبه الجوفية ومناطق التربة المشبعة، عملية بطيئة نسبياً. ويتم عادةً استخدام متوسط التسرب السنوي لتقييم احتمال الحركة في الاتجاه السفلي للملوثات مع تسرب مياه المطر. ويعتمد معدل النقل الرأسي على معامل التوصيل الهيدروليكي الرأسي لماء الرشع خلال المناطق شبه الجوفية ومناطق التربة المشبعة في الموقع. ويكون معامل التوصيل الهيدروليكي دالة في رطوبة التربة ولهذا يصعب تحديده بسبب أحوال رطوبة التربة المتغيرة بشكل مؤقت وحيزي. ويعتمد تقدير متوسط التسرب السنوي بشكل عام على العلاقات العملية والبيانات الإقليمية المتاحة. ويمكن استخدام طريقة رقم المنحنى لخدمة المحافظة على التربة (SCS)، مع رقم منحنى مختار ليعكس أحوال متوسط الجريان السطحي السنوي لمساحة الموقع، لتقدير الفقد الكلي في نزول المطر بسبب الصد، والبخر، والتسرب (ASCE 1996). ويمكن استخدام الطرق العملية (مثل، معاملات تسرب ماكسي-إيكنين Maxey-Eakin) لأحوال الموقع الخاصة (Avon and Durbin 1994). وفي حالة أحواض النهر، حيث تكون متاحة بيانات المتوسط السنوي للجريان السطحي، فإن الفرق يمكن أن يقدم تقديراً للفقد الكلي في نزول المطر. وفي الحالات التي فيها إجراء محاكاة التدفق المستمر باستخدام النماذج سابقة الذكر، فإن مكون حساب رطوبة التربة للنموذج يقدم تقديراً للتسرب. ويستخدم متوسط معدل التسرب السنوي لمحاكاة

حركة الملوثات الذائبة من مصادر السطح إلى سطح المياه الجوفية من خلال منطقة الماء الراشح شبه الجوفي (Prakash 1996, 2000a). ويتم محاكاة نقل الملوثات خلال المنطقة المشبعة باستخدام تدفق أحادي، وثنائي، وثلاثي البعد ونماذج النقل (انظر الفصل الرابع).

تشمل المكونات المتعلقة بنماذج جودة المياه السطحية عمليات النقل الهيدرولوجي، والهيدروديناميكي، وعمليات نقل الرواسب. وتحاكي النماذج الهيدروديناميكية نقل مياه العاصفة والرواسب الملوثة خلال أنظمة المياه السطحية. ويقدم النموذج الهيدروديناميكي ارتفاعات سطح الماء، والسرعة الأفقية والرأسية، وإجهاد القص، والتشتت المضطرب للتنبؤ بنقل الرواسب العالقة والملوثات الذائبة والممتصة. ويحاكي نموذج نقل المادة الملوثة حركة الملوثات الذائبة والرواسب الممتزة عن طريق التأفق، والتصلب الدقائق، والتشتت المضطرب، وحركة الهواء الأفقية، والتشتت الجزيئي، والانتشار الهيدروديناميكي، والخلط الحيوي.

وتشمل نماذج نقل الرواسب محاكاة الانجراف، والنقل، والترسيب الناتج عن المياه، والرياح، والجاذبية. ويمكن أن يكشف الانجراف التربة الملوثة، التي يمكن أن تكون متعرضة لمسارات الكشف بسبب الانجراف الإضافي عن طريق المياه والرياح. ويمكن أن يضعف نقل الرواسب الملوثة من الجودة البيئية عن طريق حركة الملوثات الممتصة إلى مستقبلات أخرى محتملة (مثل، الأنهار، والبحيرات، ومصاب الأنهار). ويمكن أن يؤثر ترسيب الرواسب الملوثة على السهول الفيضية للنهر، والمستنقعات، والأراضي الحوضية ويمكن أن يهدد بيئة المياه الجوفية بسبب تسرب وشرح الملوثات.

طرق المعالجة Remediation Methods

الطرق شائعة الاستخدام لمعالجة التربة والمياه الجوفية تشمل الإزالة، والمعالجة، والإضعاف الطبيعي.

الإزالة Removal: تعد الإزالة طريقة معالجة مألوفة للرواسب الملوثة. وهي تتضمن النقل، والمعالجة، والتخلص من الرواسب الملوثة واستخراج والتخلص من المياه الجوفية الملوثة. وتعتمد حيوية التخلص الفيزيائي للرواسب على طبيعة الرواسب، وأنواع الملوثات، وعمق الترسيب، وسمك وحجم الرواسب، وإتاحة المعدات المطلوبة. ويكون الجرف والنقل ملائماً عندما تكون الآثار البيئية لعدم الفعل غير مقبولة، أو الأحوال البيئية مثل فعل الموجة، أو الفيضان، أو منع الانجراف الذي يترك الرواسب في مكانها، أو الرواسب القابعة في الممرات المائية الملاحية ولا بد من إزالتها. والطرق الشائعة للجرف تشمل الجرف الميكانيكي، والهيدروليكي، والهوائي. ويتضمن الجرف الميكانيكي جرف الرواسب أو الحفر باستخدام معدات تحريك الأرض التقليدية. ويستخدم الجرف الهيدروليكي جرافات محمولة، ويدوية، وجرافات المص المتبسط، وجرافات رأس المقطع، وجرافات الكناسة، وجرافات القادوس. وتشمل الجرافات الهوائية جرافات الرافعة الهوائية وجرافات الغاز.

المعالجة Treatment: تشمل المعالجة في المكان وخارج المكان للملوثات (عن طريق التغطية، والتجمد، والتثبيت، والتجميد الأرضي)، وغسل التربة، والمعالجة الكيميائية بما فيها الاستخراج الكيميائي والتدمير/التحويل، والمعالجة البيولوجية، والحرق في الأفران. وتتضمن التغطية وضع مادة نظيفة فوق قمة الرواسب الملوثة.

ويقوم التجمد والتثبيت والتجميد الأرضي بتجميد الرواسب الملوثة عن طريق معالجتها بالكاشف لتجميدها أو تثبيتها، وغسيل التربة هو عملية تقليل حجم تعتمد على المياه يتم فيها استخراج المواد الملوثة ودمجها في أجزاء صغيرة متبقية من الحجم الأصلي باستخدام وسائل فيزيائية أو كيميائية. وتشمل المعالجة الكيميائية عمليات نزع الكلور والأكسدة. وهي تقوم بإضافة الكاشفات إلى الرواسب حتى تدمر، وتزيل السمية، أو لإزالة المواد الملوثة. وتشمل المعالجة الكيميائية المعالجات الحيوية الهوائية واللاهوائية. ويتضمن الحرق في الأفران حرق المواد الملوثة عند درجات حرارة عالية والتخلص من الرماد والخبث الناتج.

المعالجة عن طريق الإضعاف الطبيعي:

Remediation by Natural Attenuation (RNA)

وهي تتضمن التقليل المستمر والمتقدم لتركيزات المواد الملوثة في التربة والمياه الجوفية في الموقع القريب بسبب التشتت الجزيئي، والانتشار الميكانيكي، والتخفيف عن طريق إعادة الملء بسبب تسرب مياه المطر، والتصعيد، والامتزاز، والتفاعلات الكيميائية (مثل، التميؤ/ الإحلال، والإزالة، والأكسدة/ الاختزال)، والتحلل الحيوي الهوائي و أو اللاهوائي، بما فيه إزالة الهالوجينات. ومن بعض مزايا المعالجة عن طريق الإضعاف الطبيعي الإزعاج الأدنى للموقع، والاستخدام المستمر للموقع أثناء المعالجة، والتكلفة المالية المنخفضة، وقابلية التطبيق على التربة والمياه الجوفية أسفل المباني والمناطق الأخرى التي يمكن أن يتعذر الوصول إليها. وبالإضافة لذلك يمكن استخدام المعالجة عن طريق الإضعاف الطبيعي كمعوض لتقنيات المعالجة الأخرى.

ويتطلب تقييم صلاحية المعالجة عن طريق الإضعاف الطبيعي نماذج وحساب معدلات وممرات تدرج المواد الملوثة لإظهار أن العمليات الطبيعية لتدرج المواد الملوثة سوف يقلل من تركيز المواد الملوثة إلى مستويات مقبولة قبل اكتمال ممرات الكشف المحتملة. ويجب أن تستمر عمليات مراقبة المياه الجوفية وأخذ العينات من الرواسب لفترة كافية من الزمن ضمان حدوث التدرج بمعدلات ثابتة مع أهداف التنظيف المقررة. ويمكن إيضاح جدوى المعالجة عن طريق الإضعاف الطبيعي على أنه مقياس معالجة مقبول من خلال جمع البيانات الميدانية الغير غالية نسبياً، والتحليلات العملية، والنماذج أثناء مرحلة وضع خصائص الموقع. وإذا وجد أنه لا جدوى من المعالجة عن طريق الإضعاف الطبيعي، فإن البيانات التي تم جمعها (مع أو بدون عمل ميداني إضافي) يمكن استخدامها لتصميم مقاييس تعويضية أو علاجية أخرى. ومع هذا، تتطلب المعالجة عن طريق الإضعاف الطبيعي مراقبة التربة والمياه الجوفية لفترة طويلة نسبياً من الوقت قبل وبعد المعالجة ويمكن أن تتطلب إزالة للمصدر و/ أو التقرير، والموافقة، والصيانة طويلة المدى لمناطق إدارة المياه الجوفية (GMZs). ومناطق إدارة المياه الجوفية هي مناطق ثلاثية الأبعاد تحتوى على مياه جوفية يتم إدارتها لتخفيف التلف الناتج عن إطلاق الملوثات موضع الاهتمام عند الموقع العلاجي.

الخطوات البحثية لإظهار صلاحية الإضعاف الطبيعي عند موقع ما تشمل التالي:

- وضع خصائص للموقع، بما فيها تحديد المصدر، وترتيب المميزات، وتحديد خصائص طبقة الماء الأرضي.

- تقييم جدوى المصدر أو إزالة المنتج الحر.

- جمع بيانات عن تلوث التربة والمياه الجوفية لفترات متعددة من الزمن

ومقارنة تركيزات التلوث للفترات المختلفة.

- التحليلات المعملية لإظهار التحلل الحيوي للملوثات موضع الاهتمام.
- نماذج التوصيل والنقل لإظهار أن تركيز الملوث سوف يتم إضعافه عن طريق العمليات الطبيعية قبل التأثير على أي من المستقبلات المحتملة مع أو بدون إزالة المصدر.
- التحليل القائم على المخاطرة لإظهار أنه ليس هناك تهديداً محتملاً لكشف المادة الملوثة على المدى القصير أو الطويل.
- القابلية العملية لمراقبة المياه الجوفية المستمرة لفترات طويلة بشكل كافٍ من الزمن في المستقبل.
- تقييم إتاحة تقرير وصيانة مناطق إدارة المياه الجوفية لفترات زمنية محددة في المستقبل.

تقنيات المعالجة Remediation Technologies

تقنيات المعالجة شائعة الاستخدام للتربة الملوثة تتضمن المعالجات التالية:

- ١ - المعالجة الحيوية في المكان: وهي تشمل إزالة الملوثات المتطايرة (VOCs) وشبه المتطايرة (SVOCs) من التربة باستخدام طرق التحلل الحيوي أو التنفس الحيوي.
- ٢ - المعالجة الفيزيائية/الكيميائية في المكان: وهي تشمل غسل التربة (لإزالة الملوثات المتطايرة والمعادن)، واستخراج بخار التربة (لإزالة الملوثات المتطايرة)، واستخراج البخار المحسن حرارياً (لإزالة الملوثات المتطايرة وشبه المتطايرة)، وتقنيات التجمد أو التثبيت (لإزالة المواد شبه المتطايرة والمعادن).
- ٣ - المعالجة الفيزيائية/الكيميائية خارج المكان: وهي تشمل إزالة الهالوجينات (لإزالة الملوثات المتطايرة وشبه المتطايرة)، وغسل التربة (لإزالة الملوثات المتطايرة

وشبه المتطاييرة والمعادن)، واستخراج بخار التربة (لإزالة الملوثات المتطاييرة)، والمج الحراري منخفض الحرارة (لإزالة الملوثات المتطاييرة)، والحرق في الأفران (لإزالة الملوثات المتطاييرة وشبه المتطاييرة).

تشمل تقنيات معالجة المياه الجوفية والمياه السطحية ومعالجة الترشيع التالي:

١ - المعالجة الحيوية في المكان: وهي تشمل استخدام المعالجة الحيوية بتحسين الأكسجين لإزالة الملوثات المتطاييرة وشبه المتطاييرة.

٢ - المعالجة الفيزيائية/ الكيميائية في المكان: وهي تشمل رش الهواء لإزالة الملوثات المتطاييرة، والاستخراج ثنائي المرحلة لإزالة الملوثات المتطاييرة، وجدران المعالجة الخاملة كيميائياً لإزالة الملوثات المتطاييرة وشبه المتطاييرة والمعادن، وجدران الطين السائل لتحتوى نزوح الملوثات المتطاييرة وشبه المتطاييرة والمعادن، واستخراج بخار الهواء لإزالة الملوثات المتطاييرة وشبه المتطاييرة والمعادن.

٣ - المعالجة الفيزيائية/ الكيميائية خارج المكان: وهي تشمل نزع الهواء لإزالة الملوثات المتطاييرة وشبه المتطاييرة، وامتصاص الكربون لإزالة الملوثات المتطاييرة وشبه المتطاييرة والمعادن، وأكسدة الأشعة فوق البنفسجية لإزالة الملوثات المتطاييرة وشبه المتطاييرة.

تشمل تقنيات معالجة تركيزات تلوث المرحلة الذائبة التالي:

١ - تقييم مخاطرة الكشف على الإنسان والبيئة وتحديد خطط العمل التصحيحي المعتمد على المخاطرة (IPCB 2001) (RBCA).

٢ - المعالجة عن طريق الإضعاف الطبيعي بما فيها مراقبة تقدم الإضعاف الطبيعي.

٣- التحلل الحيوي المتسارع للملوثات المرحلة الذائبة باستخدام أنواع مختلفة من العوامل المساعدة.

٤- الحدود المنفذة (مثل، نظام مصارف الغاز والبوابة باستخدام برادة الحديد) لمصرف غاز المياه الجوفية المتأثر لتحديد مساحة المعالجة.

٥- نظام الضخ والمعالجة لاستخراج المياه الجوفية الملوثة للمعالجة والتخلص منها.

٦- تؤخذ العوامل التالية في الاعتبار عند اختيار طرق المعالجة:

- مصدر وطبيعة المواد الملوثة.
- الخصائص الفيزيائية وموضع الموقع.
- استخدام منطقة المياه القريبة لمثل هذه الأغراض كمصدر للمياه، والملاحة، والترفيه، والصناعة، وتصرف البلدية، أو مجموعة من هذه الأمور.
- جودة وكمية الرواسب الملوثة.
- الخواص الفيزيائية للرواسب أو للتربة (مثل، نعومة الحبيبات أو خشونة الحبيبات).

- محتوى المادة العضوية في الرواسب أو التربة.
- محتوى الماء في المكان في الرواسب أو التربة.
- إتاحة الحركة والإتاحة البيولوجية للمواد الملوثة في الرواسب أو التربة (مثل، أحوال تركيز أيون الهيدروجين المنخفضة أو العالية).
- ملوحة الرواسب (التنقية) والمياه. والمنقي هو ماء يتم الحصول عليه من صرف الرواسب المشبعة/ المنغمر.
- المحتوى الكبريتي في الرواسب أو التربة.

- كمية ونوع الكاتيونات والأنيونات.
- كمية الحديد والمنجنيز النشط المحتملة في الرواسب أو التربة.
- خصائص المواد الملوثة (مثل، الميل إلى الامتصاص في جزئ الراسب أو الذوبان في الماء).
- الخصائص الكيميائية والمدى ثلاثي الأبعاد لتركيز المياه الجوفية الملوثة.
- الخصائص الهيدرولوجية للوحدات حيث تقع أعلى تركيزات للمياه الملوثة.

obeikandi.com

المراجع

References

- Abramowitz, M., and IA. Stegun (1972). Handbook of mathematical functions, Dover, New York, 1,046 pp.
- Abt, S.R., J.F. Ruff, and R.J. Wittier (1991). "Estimating flow through riprap." J. Hydraul Eng., 117(5), 670-675.
- Adams, E.E. (1982). "Dilution analysis for unidirectional diffusers." J. Hydr. Div., 108(HY3), 327-342.
- ASCE (1959). "Time of concentration for overland flow." Civil Engineering, March 1959.
- ASCE (1976). "Design and construction of sanitary and storm sewers." ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 37, New York, 332 pp.
- ASCE (1988). Evaluation procedures for hydrologic safety of dams, New York, 95 pp.
- ASCE (1989). Civil engineering guidelines for planning and designing hydroelectric developments, New York.
- ASCE (1996). "Hydrology handbook." ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 28, 2d Ed., New York, 784 pp.
- Anderson, M.P., and W.W. Woessner (1992). Applied groundwater modeling Academic, San Diego, 381 pp.
- ASTM (1995). "Standard guide for risk-based corrective action applied at petroleum release sites." E1 1739-95, West Conshohocken, Pa., 51 pp.
- Avon, L., and T.J. Durbin (1994). "Evaluation of the Maxey-Eakin method for estimating recharge to ground-water basins in Nevada." Water Resources Bulletin, 30(1), Feb. 1994, 99-111.
- Baehr, A.T. (1987). "Selective transport of hydrocarbons in the unsaturated zone due to aqueous and vapor phase partitioning." Water Resources Research, 23(10), 1923-1938.
- Bair, E.S., A.E. Springer, and G.S. Roadcap (1992). "An analytical flow model for simulating confined, leaky confined, or unconfined flow to wells with superposition of regional water levels." CAPZONE, IGWMC, Colorado School of Mines, Golden, Colo.

- Bansal, M.K. (1971). "Dispersion in natural streams."/. Hydr. Div., 97(HY11), 1867-1886.
- Barfield, B.J., R.C. Warner, and C.T. Haan (1981). Applied hydrology and sedimentology for disturbed areas, Oklahoma Technical, Stillwater, Okla., 603 pp.
- Batu, V. (1998). Aquifer hydraulics: A comprehensive guide to hydrogeologic data analysis, Wiley, New York, 727 pp.
- Bear, J. (1979). Hydraulics of groundwater, McGraw-Hill, New York, 569 pp.
- Bouwer, H., and R.C. Rice (1976). "A slug test for determining hydraulic conductivity of unconfined aquifers with completely or partially penetrating wells." Water Resources Research, 12(3), 423-428.
- Bouwer, H. (1989). "The Bouwer and Rice slug test—an update." Ground Water, 27(3), May-June 1989, 304-309.
- Bouwer, H., J.T. Back, and J.M. Oliver (1999). "Predicting infiltration and groundwater mounds for artificial recharge." J. Hydrol. Eng., 4(4), 350-357.
- Bradley, C., and D.J. Gilvear (2000). "Saturated and unsaturated flow dynamics in a floodplain wetland." Hydrological Processes, 14(16-17), Nov.-Dec. 2000, 2945-2958.
- Bras, R.L. (1990). Hydrology, an introduction to hydrologic science, Addison-Wesley, Reading, Mass., 643 pp.
- Brater, E.F., H.W. King, J.E. Lindell, and C.Y. Wei (1996). Handbook of hydraulics, McGraw-Hill, New York.
- Brooks, R.H. and A.T. Corey (1964). "Hydraulic properties of porous media." Hydrology Papers, No. 3, Colorado State University, Fort Collins, Colo.
- Campbell, D.B., and P.C. Johnson (1984). "RCC dam incorporates innovative hydraulic features." Water resources development: Proc. of the conf. of the Hydraulics Div., August 14-17, 1984, 138-142.
- CAP (2001). "Culvert Analysis Program." <http://www.waterengr.com/freeprog.htm>.
- Carslaw, H.S., and J.C. Jaeger (1984). Conduction of heat in solids, Oxford Univ. Press, New York, 510 pp.
- Central Board of Irrigation and Power (CBIP) (1971). "Manual on river behavior control and training." Publication No. 40, New Delhi, India, 432 pp.
- Chamani, M.R., and N. Rajaratnam (1994). "Jet flow on stepped spillways," J. Hydraulic. Eng., 120(2), 254-259.
- Chanson, H. (1994). "Comparison of energy dissipation between nappe and skimming flow regimes on stepped chutes." J. Hydraulic Research, 32(2), 213-218.
- Chapra, S.C. (1997). Surface water-quality modeling, McGraw-Hill, New York, 844 pp.
- Charbeneau, R.J. (2000). Groundwater hydraulics and pollutant transport, Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., 593 pp.
- Chin, D.A. (1985). "Outfall dilution: The role of a far-field model." J. Environ. Eng., 111(4), 473-486.
- Chow, V.T. (1959). Open-channel hydraulics, McGraw-Hill, New York, 680 pp.

- Chow, V.T., ed. (1964). *Handbook of applied hydrology*, McGraw-Hill, New York.
- Coastal Engineering Research Center (CERC) (1984). *Shore protection manual* Dept of the Army, Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss.
- Code of Federal Regulations 18 (CFR 18) (1999). Chapter 1, Conservation of Power and Water Resources, and Part 380, Regulations Implementing the National Environmental Policy Act, Office of the Federal Register, National Archives and Records Admin., U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Code of Federal Regulations 18 (CFR 18) (1999). Chapter 1, Federal Energy Regulatory Comm., U.S. Dept. of Energy, Washington, D.C.
- Code of Federal Regulations 40 (CFR 40), Part 1500 (1999). Office of the Federal Register, National Archives and Records Admin., U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Cooper, H.H., J.D. Bredehoeft, and I.S. Papadopoulos (1967). "Response of a finite-diameter well to an instantaneous charge of water." *Water Resources Research*, 3(1), 1st qtr. 1967, 263-269.
- Creager, W.D., and J.D. Justin (1950). *Hydroelectric handbook*, Wiley, New York.
- Crippen, J.R. (1982). "Envelope curves for extreme flood events." *J. Hydr. Div.*, 108(HY10), 1208-1212.
- Dalton, F.E., and R.S. La Russo (1979). "Chicago's TARP solves problems in big way." *Water & Wastes Engineering*, Technical Publishing Co.
- Davis, C.V., and K.E. Sorensen, eds. (1970). *Handbook of applied hydraulics*, McGraw-Hill, New York.
- Delleur, J.W. (1999). *The handbook of groundwater engineering*, CRC, Boca Raton, Fla.
- Domenico, P.A., and G.A. Robbins (1985). "A new method of contaminant plume analysis." *Ground Water*, 23(4), 476-485.
- Domenico, P.A. (1987). "An analytical model for multidimensional transport of a decaying contaminant species." *J. Hydrology*, 91, 49-58.
- Domenico, P.A., and F.W. Schwartz (1998). *Physical and chemical hydrogeology*, 2d Ed., Wiley, New York, 506 pp.
- Donovan, D.J., and T. Katzer (2000). "Hydrologic implications of greater groundwater recharge to Las Vegas Valley, Nevada." *JAWRA*, 36(5), Oct. 2000, 1133-1148.
- Dragun, J. (1988). "The soil chemistry of hazardous materials." *Hazardous Materials Control Research Institute*, Greenbelt, Md.
- Driscoll, F.G. (1989). *Groundwater and wells*, 2d Ed., Johnston Filtration Systems, Inc., St. Paul, Minn., 1,089 pp.
- Duffield, G.M., and J.O. Rumbaugh (1989). "Aquifer test solver, AQTESOLV." Geraghty & Miller, Inc., Reston, Va., 134 pp.
- Eheart, J.W., A.J. Wildermuth, and E.E. Herricks (1999). "The effects of climate change and irrigation on criterion low stream flows used for determining total maximum daily loads." *JAWRA*, 35(6), Dec. 1999, 1365-1372.

- Federal Emergency Management Agency (FEMA) (1993). "Flood insurance study guidelines and specifications for study contractors." *FEMA 37*, Washington, D.C.
- Fetter, C.W. (1999). *Contaminant hydrogeology*, 2d Ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., 500 pp.
- Fetter, C.W. (2001). *Applied hydrogeology*, 4th Ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., 598 pp.
- Fiering, M.B., and B.B. Jackson (1971). "Synthetic stream flows." *Water Resources Monograph 1*, American Geophysical Union, Washington, D.C, 98 pp.
- Fischer, H.B.J.E. List, R.C.Y. Koh, J. Imberger, and N.H. Brooks (1979). *Mixing in inland and coastal waters*, Academic, New York, 483 pp.
- Foster, G.R., K.G. Renard, D.C. Yoder, D.K. McCool, and G.A. Weesies (1996). *RUSLE user's guide*. Soil and Water Conservation Soc, 173 pp.
- Fread, D.X. (1988). "The NWS DAMBRK model." Hydrologic Research Lab., Office of Hydrology, National Weather Service, NOAA, Silver Spring, Md.
- Freeze, R.A., and J A Cherry (1979). *Groundwater*, Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., 604 pp.
- Gale Research Co. (1985). *Climates of the states*. Volumes 1 and 2, Book Tower, Detroit, Mich., 1,572 pp.
- Gerbert, W.A., D.J. Graczyk, and W.R. Drug (1989). *Average annual runoff in the United States, 1951-1980*, Hydrologic Investigations Atlas, U.S. Geological Survey, Reston, Va.
- Glover, R.E. (1985). *Transient ground water hydraulics*. Water Resources Publications, Highlands Ranch, Colo.
- Golze, A.R., ed. (1977). *Handbook of dam engineering*, Van Nostrand Reinhold, New York, 793 pp.
- Graf, J.B. (1995). "Measured and predicted velocity and longitudinal dispersion at steady and unsteady flow, Colorado River, Glen Canyon Dam to Lake Mead." *Water Resources Bulletin*, 31(2), 265-281.
- Haan, C.T. (1977). *Statistical methods in hydrology*, Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa, 378 pp.
- Hampton, D.R. (1990). "Monitoring of free products in wells: Purposes and pitfalls." *4th national outdoor action conf. on aquifer restoration, ground water monitoring and geophysical methods*, Assoc. of Ground Water Scientists and Engineers & U.S. Environmental Protection Agency, Las Vegas, Nev., May 14-17.
- Hawkins, R.H., A.T. Hjelmfelt, and A.W. Zevenbergen (1985). "Runoff probability, storm depth, and curve numbers." *J. Irrig. Drain. Div.*, 111(4), Dec. 1985, 330-340.
- Hershfield, D.M. (1961). "Rainfall frequency atlas of the United States." *Technical Paper No. 40*, U.S. Dept. of Commerce, Weather Bureau, Washington, D.C, 115 pp.

- Huff, F.A., and J.R. Angel (1989). "Frequency distributions and hydro climatic characteristics of heavy rainstorms in Illinois." *ISWS/BUL-70/89*, Illinois State Water Survey, Champaign, 111., 177 pp.
- Hutcheson, M.R. (1998). "Implementation of acute criteria for conservative substances." *JAWRA*, 34(5), 1025-1033.
- Illinois Pollution Control Board (IPCB) (2001). "Tiered Approach to Corrective Action Objectives (TACO)." 35 III. Adm. Code Part 742-R97-12(A), Bureau of Land, Springfield, 111.
- Javandel, I., and C.F. Tsang (1986). "Capture-zone type curves: A tool for aquifer cleanup." *Ground Water*, 24(5), Sep.-Oct. 1986, 616-625.
- Johnson, P.C., C.C. Stanley, M.W. Kemblowski, D.L. Buyers, and J.D. Colthart (1990). "A practical approach to the design, operation, and monitoring of in-situ soil-venting systems." *Ground Water Monitoring Review*, 10(2), 159—178.
- Johnson, T.L. (1999). "Design of erosion protection for long-term stabilization." *NUREG-1623, draft report*, U.S. Nuclear Regulatory Comm., Washington, D.C.
- KYPIPE2 and KYPIPE3 (1992). *Hydraulic network analysis program*, Civil Engineering Software Center, Univ. of Kentucky, Lexington, Ky.
- Leps, T.M. (1973). *flow through rockfiU, in embankment-dam engineering*, R.C. Hirschfeld and S.J. Poulos, eds., Wiley, New York, 87-107.
- Levy, B., and R. McCuen (1999). "Assessment of storm duration for hydrologic design" *J. Hydrol Eng.*, 4(3), 209-213.
- Linsley, R.K., J.B. Franzini, D.L. Freyberg, and G. Tchobanoglous (1992). *Water-resources engineering*, 4th Ed., McGraw-Hill, New York, 841 pp.
- Long, J.C.S., and P A. Witherspoon (1985). "The relationship of the degree of interconnection to permeability in fracture networks." *J. Geophysical Research*, 90(B4), March 10, 1985, 3087-3098.
- Long, J.C.S., J.S. Remer, C.R. Wilson, and PA Witherspoon (1982). "Porous media equivalents for networks of discontinuous fractures." *Water Resources Research*, 18(3), June 1982, 645-658.
- Low, H.S. (1989). "Effect of sediment density on bed-load transport." *J. Hydraul Eng.*, 115(1), 124-138.
- Lyman, W.J., W.F. Reehl, and D.H. Rosenblatt (1984). *Handbook of chemical property estimation methods*, McGraw-Hill, New York.
- Maidment, D.R., ed. (1993). *Handbook of hydrology*, McGraw-Hill, New York, 1,404 pp.
- Martin, J.L., and S.C. McCutcheon (1999). *Hydrodynamics and transport for water quality modeling*, CRC, Boca Raton, Fla., 794 pp.
- Maynard, S.T., J.F. Ruff, and S.R. Abt (1989). "Riprap design." *J. Hydraul Eng.*, 115(7), 937-949.
- Mays, L.W., ed. (1999). *Hydraulic design handbook*, McGraw-Hill, New York.
- McCuen, R.H.M., S.L.Wong, and W.J. Rawls (1984). "Estimating urban time of concentration." *J. Hydraul. Eng.*, 110(7), 887-904.

- McCuen, R.H.M. (1998). *Hydrologic analysis and design*, 2d Ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., 814 pp.
- Miller, J.F. (1963). *Probable maximum precipitation and rainfall frequency data for Alaska*, U.S. Dept. of Commerce, Weather Bureau, Washington, D.C.
- Monsonyi, E. (1963). *Water power development*, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary.
- Muellerhoff, W.P., AM. Soldate, D.J. Baumgartner, M.D. Schuldt, L.R. Davis, and W.E. Frick (1985). "Initial mixing characteristics of municipal ocean discharges." *EPA/600/3-85/073*, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- National Bureau of Standards (NBS) (1972). "American national standard, building code requirements for minimum design loads in buildings and other structures." *ANSI, A58.1-1972*.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (1973). *Precipitation-frequency atlas of the western United States*, NOAA Atlas 2, Volumes I to XI, Silver Spring, Md.
- National Research Council (NRC) (1985). *Safety of dams, flood and earthquake criteria*, National Academic Press, Washington, D.C., 321 pp.
- National Resources Conservation Service (NRCS) (1996). *State of the land for the Northern Plains region*, Northern Plains Regional Office, Lincoln, Neb.
- National Weather Service (NWS) (1998). *National Weather Service River Forecast System (NWSRFS) model, user's manual*, Office of Hydrology, National Weather Service, Silver Spring, Md. (www.nws.noaa.gov/oh/hrl/nwsrfs/users_manual).
- Nelson, J.D., S.R. Abt, R.L. Volpe, D. Van Zyl, N.E. Hinkle, and W.P. Straub (1986). "Methodologies for evaluating long-term stabilization of uranium mill tailings impoundments." *NUREG/CR-4620, ORNL/TM-10067*, for U.S. Nuclear Regulatory Coram., Washington, D.C., 145 pp.
- Ojima, D., L. Garcia, E. Elgaali, K. Miller, T.G.F. Kittel, and J. Lackett (1999). "Potential climate change impacts on water resources in the great plains." *JAWRA*, 35(6), Dec. 1999, 1443-1454.
- Pankow, J.F., and J.A. Cherry (1996). *Dense chlorinated solvents and other DNAPLs in groundwater: History, behavior, and remediation*, Waterloo, Portland, Ore., 522 pp.
- Peterka, A.J. (1958, 1978). "Hydraulic design of stilling basins and energy dissipaters." *Engineering Monograph No. 25*, U.S. Bureau of Reclamation, Denver, Colo., 222 pp.
- Pinder, G.F., J.D. Bredehoeft, and H.H. Cooper (1969). "Determination of aquifer diffusivity from aquifer response to fluctuations in river stages." *Water Resources Research*, 5(4), Aug. 1969, 850-855.
- Ponce, V.M. (1989). *Engineering hydrology, principles and practices*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 640 pp.
- Potter, M.C., and D.C. Wiggert (1991). *Mechanics of fluids*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 692 pp.

- Prakash, A., and G. Dearth (1990). "Stream flow simulation using deterministic model." *Irrigation and Drainage Engineering*, 116(4), July/Aug. 1990, 566-580.
- Prakash, A. (1977). "Convective-dispersion in perennial streams." *J. Environ. Eng.*, 103 (EE2), 321-340.
- Prakash, A. (1978). "Optimal sequence of incremental precipitation." *J. Hydr. Div.*, 104(HY12), Dec. 1978, 1668-1671.
- Prakash, A. (1982). "Groundwater contamination due to vanishing and finite size continuous sources." *J. Hydr. Div.*, 108(4), 572-590.
- Prakash, A. (1983). "Deterministic and probabilistic perspectives of the PMF." *Proc. of the conf. on frontiers in hydraulic engineering*, ASCE/MIT, Cambridge, Mass., August 9-12, 1983, 535-540.
- Prakash, A. (1984). "Groundwater contamination due to transient sources of pollution." *J. Hydraul. Eng.*, 110(11), 1642-1658.
- Prakash, A. (1987). "Current state of hydrologic modeling and its limitations." *Road hydrology*, V.P. Singh, ed., Reidel, Dordrecht, The Netherlands, 1-16.
- Prakash, A. (1991). "Evaluation of rehabilitation alternatives for small hydropower plants." *Water Power* 91, 1884-1893.
- Prakash, A. (1992a). "Implications of design uncertainty in benefit-cost analysis." *Water Forum* 92, New York.
- Prakash, A. (1992b). "Design basis flood for rehabilitation of existing dams." *J. Hydraul. Eng.*, 118(2), 291-305.
- Prakash, A. (1995). "Analysis of hydraulic barriers for ground water in stream-aquifer systems." *Proc. of the int. symp. on groundwater management*, San Antonio, Tex., August 14-16, 1995, 337-342.
- Prakash, A. (1996). "Desorption of soil contaminants due to rainwater infiltration." *J. Hydraul. Eng.*, 122(9), 523-525.
- Prakash, A. (1997). "Estimating diffusivity of aquifers with sloping water tables." *Proc. of the 27th congress of the Int. Assoc. for Hydraulic Research*, San Francisco, Calif., August 10-15, 1997, 15-20.
- Prakash, A. (1999). "Risk-based analysis of remediation requirements." *Proc. of the int. water resources engineering conf.*, Seattle, Wash., August 8-12, 1999.
- Prakash, A. (2000a). "Analytical modeling of contaminant transport through vadose and saturated soil zones." *J. Hydraul. Eng.*, 126(10), 773-777.
- Prakash, A. (2000b). "Evaluation of bank protection methods." *Proc. of ASCE's joint conf. on water resources engineering and water resources planning and management*, Minneapolis, Minn., July 30-August 2, 2000.
- Prakash, A. (2002). "Environmental issues of construction and demolition of dams." *Proc. Of EWRI/ASCE conf on managing water resources extremes*, Water Resources Planning and Management Council, Roanoke, Va., May 19-22, 2002.
- Quimpo, R.G. (1968). "Stochastic analysis of daily river flows." *J. Hydr. Div.*, 94(HY1), Jan. 1968, 43-57.

- Rai, D., and J.M. Zachara (1984). "Chemical attenuation rates, coefficients, and constants in leachate migration." Battelle, Pacific Northwest Lab., Richland, Wash.
- Renard, K.G., G.R. Foster, G.A. Weesies, and J.P. Porter (1991). "RUSLE: Revised Universal Soil Loss Equation." *J. Soil Water Conservation*, 46(1), 30-33.
- Rouse, H. (1950). *Engineering hydraulics*, Wiley, New York, 1,039 pp.
- Seo, I.W., and T.S. Cheong (1995). "Predicting longitudinal dispersion coefficient in natural streams." *J. Hydraul Eng.*, 124(1), 25-31.
- Simons, D.B., and F. Senturk (1976, 1992). *Sediment transport technology*, Water Resources Publications, Fort Collins, Colo., 919 pp.
- Simons, D.B., R.M. Li, and W.T. Fullerton (1981). "Theoretically derived sediment transport equations for Pima County, Arizona." Prepared for Pima County DOT and Flood Control District, Ariz.
- Singh, B. (1967). *Fundamentals of irrigation engineering* Nem Chand & Bros., Roorkee, India, 532 pp.
- Soil Conservation Service (SCS) (1954). "Handbook of channel design for soil and water conservation." *SCS-TP-61*, Stillwater Outdoor Hydraulic Lab., Stillwater, Okla.
- Soil Conservation Service (SCS) (1978). *Water management and sediment control for urbanizing areas*, Columbus, Ohio.
- Sorensen, R.M. (1985). "Stepped spillway hydraulic model investigation." *J. Hydraul. Eng.*, 111(12), 1461-1472.
- Spurr, W.A., and C.P. Bonini (1973). *Statistical analysis for business decisions*, Richard D. Irwin, Inc., Homewood, 111., 724 pp.
- Streeter, V.L. (1971). *Fluid mechanics*, McGraw-Hill, New York, 751 pp.
- Sudicky, E.A., and R. Therien (1999). *Variably-saturated groundwater flow and transport in discretely fractured porous media, FRAC3DVS*, Waterloo Hydrogeologic, Inc., Waterloo, Ont., Canada.
- Sudicky, E.A. (1988). *Parallel crack model, CRAFLUSH*, Waterloo Center of Groundwater Research, Univ. of Waterloo, Waterloo, Ont., Canada.
- SURGE5 (1996). Civil Engineering Software Center, Univ. of Kentucky, Lexington, Ky.
- Swamee, P.K., and A.K. Jain (1976). "Explicit equations for pipe-flow problems." *J. Hydr. Div.*, 102(HY5), May 1976.
- Tchobanoglous, G., and F.L. Burton (1991). *Wastewater engineering, treatment, disposal, and reuse*, McGraw-Hill, New York, 1,334 pp.
- Texas Commission on Environmental Quality (TCEQ) (2002). *Guidelines for preparation of environmental, social, and economic impacts statements*, TCEQ Rules, Chapter 261, Austin, Tex. (www.tnrc.state.us/oprd/rules).
- Thompson, J.R. (1964). "Quantitative effect of watershed variables on the rate of gully head advancement." *Transactions, American Society of Agricultural Engineers*, 7(1), St. Joseph, Mich., 54-55.
- Todd, D.K. (1980). *Ground water hydrology*, Wiley, New York, 535 pp.

- Tschantz, BA., and R.M. Mojib (1981). "Application of and guidelines for using available dam break models." *Water Resources Research Center*, Univ. of Tennessee, Knoxville, Tenn., 84 pp.
- Tullis, J.P., N. Amanian, and D. Waldron (1995). "Design of labyrinth spillways." *J. Hydraul. Eng.*, 121(3), 247-255.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (1960). "Routing of floods through river channel." *EM-U10-2-1408*, Washington, D.C.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (1970, 1994). "Hydraulic design of flood control channels." *EM-1110-2-1601*, Washington, D.C.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (1971a). *Monthly stream flow simulation, HEG-4, user's manual*, Hydrologic Engineering Center, Davis, Calif.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (1971b). "Dewatering and groundwater control for deep excavations." *Technical Manual No. 5-818-5*, Washington, D.C.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (1974). *Dimensionless graphs of floods from ruptured dams*. Hydrologic Engineering Center, Davis, Calif., 60 pp.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (1977). "Guidelines for calculating and routing a dam-break flood." *Research Note No. 5*, Hydrologic Engineering Center, Davis, Calif.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (1978). *Water Quality for River-Reservoir Systems (WQRRS)*, Hydrologic Engineering Center, Davis, Calif., 288 pp.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (1979). "Feasibility studies for small scale hydropower additions." *DOE/RA-0048*, Hydrologic Engineering Center, Davis, Calif.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (1981). *Reservoir system analysis for conservation, HEG3*, Hydrologic Engineering Center, Davis, Calif.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (1982). *Simulation offload control and conservation systems, HEC-5*, Hydrologic Engineering Center, Davis, Calif.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (1984). *Shore protection manual, volumes I and II*, Coastal Engineering Research Center, Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (1985). "Hydropower engineering manual." *EM-1110-2-1701*, Engineering Design, Washington, D.C.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (1986). *Stream flow Synthesis and Reservoir Regulation (SSAR)*. U.S. Army Engineer Div., North Pacific, Portland, Ore.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (1989). "Sedimentation investigation of rivers and reservoirs." *EM-1100-2-4000*, Engineering Design, Washington, D.C.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (1991a). *Hood hydrograph package, HEC-1, user's manual*, Hydrologic Engineering Center, Davis, Calif.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (1991b). *Simulation of flood control and conservation systems, HEC-5, user's manual*, Hydrologic Engineering Center, Davis, Calif.

- U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (1991c). *Surface water profiles, HEC-2*, Hydrologic Engineering Center, Davis, Calif.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (1991d). *Scour and deposition in rivers and reservoirs, HEC-6*, Hydrologic Engineering Center, Davis, Calif.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (1992). *Interior Flood Hydrology package, HEC-IFH*, Hydrologic Engineering Center, Davis, Calif.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (1994). "Hydraulic design of flood control channels," *EM-1110-2-1601*, Washington, D.C.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (1995). *HEC Flood flow Frequency Analysis, HEC-FFA*, Hydrologic Engineering Center, Davis, Calif.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (1998). *River Analysis System HEC-HMS*, Hydrologic Engineering Center, Davis, Calif.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (1999). *Engineer regulations, civil works, environmental compliance assessments and environmental management program planning* (www.usace.army.mil/inet/usace-docs/eng-regs/), Washington, D.C.
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE) (2002). *Hydrologic Modeling System, HEC-HMS*, Hydrologic Engineering Center, Davis, Calif.
- U.S. Army Engineer Research and Development Center (USAERDC) (2003). *Effect of riprap on riverine and riparian ecosystems*, Vicksburg, Miss.
- U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station (USAEWES) (1977). *Hydraulic design criteria*, Vicksburg, Miss.
- U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station (USAEWES) (1983). *Techniques for reaeration of hydropower releases*, Technical Report E-83-5, Vicksburg, Miss.
- U.S. Bureau of Reclamation (USBR) (1966). "Effect of snow compaction on runoff from rain on snow." *Engineering Monograph No. 35*, Denver, Colo.
- U.S. Bureau of Reclamation (USBR) (1971). *A procedure to determine sediment deposition in a settling basin*. Denver, Colo., 8 pp.
- U.S. Bureau of Reclamation (USBR) (1977). *Design of small dams*, Denver, Colo., Second edition (revised reprint), 816 pp.
- U.S. Bureau of Reclamation (USBR) (1978). *Design of small canal structures*, Denver, Colo., 435 pp.
- U.S. Bureau of Reclamation (USBR) (1984). *Computing degradation and local scour*, Denver, Colo., 48 pp.
- U.S. Bureau of Reclamation (USBR) (1987). *Design of small dams*, Denver, Colo., Third edition, 860 pp.
- U.S. Dept. of Agriculture (USDA) (1959). "The SAF stilling basin." *Agriculture Handbook No. 156*, Agriculture Research Service, St. Anthony Falls Hydraulics Lab., Minneapolis, Minn., 16 pp.
- U.S. Dept. of Agriculture (USDA) (1966). "Procedures for determining rates of land damage, land depreciation, and volume of sediment produced by gully erosion." *Technical Release No. 32*, Geology, Soil Conservation Service.

- U.S. Dept. of Agriculture (USDA) (1969). "Summary of reservoir sediment deposition." *Misc. Pub. No. 1143*, Agricultural Research Service, 64 pp.
- U.S. Dept. of Agriculture (USDA) (1972, 1985). *National engineering handbook, section 4, hydrology*, Soil Conservation Service, Washington, D.C.
- U.S. Dept. of Agriculture (USDA) (1976). "A Water Surface Profile computer program for determining flood elevation and flood areas for certain flow rates, WSP2." *Technical Release No. 61*, Soil Conservation Service, Washington, D.C.
- U.S. Dept. of Agriculture (USDA) (1977). "Design of open channels." *Technical Release No. 25*, Oct. 1977, Soil Conservation Service, Washington, D.C.
- U.S. Dept. of Agriculture (USDA) (1981). "Simplified dam-breach routing procedure." *Technical Release No. 66*, Design Unit, Soil Conservation Service, Washington, D.C.
- U.S. Dept. of Agriculture (USDA) (1982). *Wind erosion equation, technical notes*. Resource Conservation Planning-VY-2. Soil Conservation Service, Casper, Wyo.
- U.S. Dept. of Agriculture (USDA) (1983a). "Computer program for project formulation hydrology." *Technical Release 20*, Soil Conservation Service, Washington, D.C.
- U.S. Dept. of Agriculture (USDA) (1983b). "Colorado wind erosion guide." *Agronomy Technical Note 53*, Soil Conservation Service, Denver, Colo.
- U.S. Dept. of Agriculture (USDA) (1986). "Urban hydrology for small watersheds." *Technical Release 55*, Soil Conservation Service, Washington D.C.
- U.S. Dept. of Commerce (USDOC) (1961). "Generalized estimates of probable maximum precipitation and rainfall frequency data for Puerto Rico and Virgin Islands." *Technical Paper No. 42*, Washington, D.C.
- U.S. Dept. of Commerce (USDOC) (1962). "Rainfall-frequency atlas of the Hawaiian Islands." *Weather Bureau Technical Paper No. 43*, Washington, D.C.
- U.S. Dept. of Commerce (USDOC) (1965). "Probable maximum and 1V A precipitation over the Tennessee River Basin above Chattanooga." *Hydro meteorological Report No. 41*, Washington, D.C.
- U.S. Dept. of Commerce (USDOC) (1969). "Interim report, probable maximum precipitation in California." *Hydro meteorological Report No. 36*, Washington, D.C.
- U.S. Dept. of Commerce (USDOC) (1977). "Probable maximum precipitation estimates, Colorado River and Great Basin drainages." *Hydro meteorological Report No. 49*, Silver Spring, Md.
- U.S. Dept. of Commerce (USDOC) (1978). "Probable maximum precipitation estimates, United States east of the 105th Meridian." *Hydro meteorological Report No. 51*, Washington, D.C.
- U.S. Dept. of Commerce (USDOC) (1982). "Application of probable maximum precipitation estimates, United States east of the 105th Meridian." *Hydro meteorological Report No. 52*, Silver Spring, Md.

- U.S. Dept. of Commerce (USDOC) (1983). "Probable maximum precipitation and snowmelt criteria for southeast Alaska." *Hydro meteorological Report No. 54*, Silver Spring, Md.
- U.S. Dept. of Commerce (USDOC) (1988). "Probable maximum precipitation estimates, United States between the Continental Divide and the 103rd Meridian." *Hydro meteorological Report No. 55A*, Silver Spring, Md.
- U.S. Dept. of Commerce (USDOC) (1994). "Probable maximum precipitation, Pacific Northwest states." *Hydro meteorological Report No. 57*, Silver Spring, Md.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) Region VIII and U.S. Dept. of Agriculture (USDA) (1977). "Preliminary guidance for estimating erosion on areas disturbed by surface mining activities in the interior Western United States, interim final report," *EPA-908/4-77-005*.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (1980). "An approach to water resources evaluation of nonpoint silvicultural sources." *EPA-600/8-80-fJ12*, Environmental Research Lab., Athens, Ga.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (1985). "Water quality assessment. a screening procedure for toxic and conventional pollutants in surface and ground water" Part I, *EPA/600/6-85/002a*, and Part II, *EPA/600/6-85/002b*, Environmental Research Lab., Athens, Ga.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (1987a). "The Enhanced Stream Water Quality Models, QUAL2E and QUAL2E UNCAS." *EPA/600/3-87/007*, Environmental Research Lab., Athens, Ga.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (1987b). "Diffusion in near-shore and riverine environments." *EPA 91019-87-168*, Region 10.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (1988a). "Superfund exposure assessment manual." *EPA/540/1-88/001*.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (1988b). "A hydrodynamic and water quality model, WASP4." *EPA/600/3-86/034*, Environmental Research Lab., Athens, Ga.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (1989a). *Storm Water Management Model, SWMM*. Environmental Protection Technology Series, Washington, D.C.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (1989b). "Guidelines for conducting remedial investigations and feasibility studies under CERCLA." *EPA/540/G-89/004*, Office of Emergency and Remedial Response, Washington, D.C.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (1989c). *Statistical analysis of groundwater monitoring data at RCRA facilities, interim final guidance*, Office of Solid Waste, Waste Management Div., Washington, D.C.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (1991a). *Hydrologic Simulation Program-Fortran (HSPF)*, Environmental Research Lab., Office of Research and Development, Athens, Ga.

- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (1991 b). *Guidance for water quality-based decisions: The TMDL process*, Office of Water, Washington, D.C.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (1991c). "Technical support document for water quality-based toxics control." *EPA/505/2-90-001, PB 91-127415*, Office of Water, Washington, D.C.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (1991d). *Guidance manual for the preparation of NPDES permit applications for storm water discharges associated with industrial activity*, Office of Water Enforcement and Permits, Washington, D.C.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (1992). *A Modular Three-Dimensional Transport Model (MT3D) for simulation of advection, dispersion, and chemical reactions of contaminants in groundwater systems*, National Risk Management Research Lab., Ada, Okla.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (1993). *Well Head Protection Area (WHPA) delineation code*, National Risk Management Research Lab., Ada, Okla.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (1994). *Dilution ITWdels for effluent discharges, PLUMES*, Center for Exposure Assessment Modeling (CEAM), National Exposure Research Lab., Athens, Ga.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (1995). *The Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP) model*, Risk Reduction Engineering Lab., Office of Research and Development, Cincinnati, Ohio.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (1996a). *A hydrodynamic mixing zone model and decision support system for pollutant discharges into surface waters, CORMIX*, Center for Exposure Assessment Modeling (CEAM), National Exposure Research Lab., Athens, Ga.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (1996b). *Multimedia Exposure Assessment Model (MULTIMED) for evaluating the land disposal of wastes*, Environmental Research Lab., Athens, Ga.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (1996c). "Soil screening guidance, user's guide." *Publication 9355.4-23*, Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, D.C.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (1997). *BIOSCREEN*, National Risk Management Research Lab., Ada, Okla.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (2000). "Drinking water standards and health advisories." *EPA822-B-00-001*, Office of Water, Washington, D.C.
- U.S. Geological Survey (USGS) (1983). "Precipitation-Runoff Modeling System (PRMS): User's manual," *Water & sources Investigations Report 83-4238*, Denver, Colo.
- U.S. Geological Survey (USGS) (1994). "Nationwide summary of U.S. Geological Survey regional regression equations for estimating magnitude and frequency of floods for ungaged sites." 1993 *Water & sources Investigations Report 94-4002*, Reston, Va., 196 pp.

- U.S. Geological Survey (USGS) (2000a). "Estimation of peak stream flows for unregulated rural streams in Kansas." *Water & sources Investigations & report 00-4079*, Lawrence, Kan., 33 pp.
- U.S. Geological Survey (USGS) (2000b). *A modular three-dimensional finite difference ground-water flow model: MODFLOW*, Reston, Va.
- U.S. Nuclear Regulatory Commission (USNRC) (1976). "Estimating aquatic dispersion of effluents from accidental and routine reactor releases for the purpose of implementing Appendix I." *Regulatory Guide 1.113*, Washington, D.C.
- U.S. Nuclear Regulatory Commission (USNRC) (1977). "Design basis floods for nuclear power plants." *Regulatory Guide 1.59*, Rev. 2, August 1977.
- U.S. Nuclear Regulatory Commission (USNRC) (1982). "Literature review of models for estimating soil erosion and deposition from wind stresses on uranium mill tailings covers." *NUREG/CR-2768, PNL-4302*.
- U.S. Water Resources Council (USWRC) (1981). "Guidelines for determining flood flow frequency." *Bulletin #17B*, Washington, D.C.
- Valliappan, S., and N. K. Naghadeh (1991). "Flow through fractured media." *Computer methods and advances in geomechanics*, Beer, Becker and Carter, eds., Balkema, Rotterdam, The Netherlands.
- Vanoni, V.A. (1977). "Sedimentation engineering." *ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 54*, New York.
- Vetter, C.P. (1940). "Technical aspects of the silt problem on the Colorado River." *Civil Engineering*, 10, Nov. 1940, pp. 698-701.
- Watters, G.Z. (1984). *Analysis and control of unsteady flow in pipelines*, 2d Ed., Butterworth, Stoneham, Mass., 349 pp.
- Weast, R.C., ed. (1987). *CRC handbook of chemistry and physics*. 68th Ed., CRC, Boca Raton, Fla. -
- Wenzel, L.K. (1942), "Methods of determining permeability of water bearing materials, with special reference to discharging well methods." *U.S. Geological Survey Water Supply Paper 887*, Washington, D.C.
- West Consultants, Inc. (1996). *Riprap design system*, Carlsbad, Calif., 72 pp.
- Williams, J.R. (1975). "Sediment yield prediction with universal equation using runoff energy factor." *USDA-ARS, S-40*, U.S. Dept. of Agriculture, Washington, D.C., 244-252.
- Wilson, B.N., B.J. Barfield, and L.D. Moore (1984). *A hydrology and sedimentology watershed model, SEDIMOT II*, Dept. of Agricultural Engineering, Univ. of Kentucky, Lexington, Ky.
- Wood, I.R., and T. Liang (1989). "Dispersion in an open channel 'With a step in the cross section," *J Hydraulic Research*, 27(5).
- World Bank (WB) (1996). *Monitoring and evaluation guidelines for World Bank-GEF into waters projects*, Washington, D.C.
- World Bank (WB) (1998). *Environmental assessment source book*, Vols. I, II, III, Washington, D.C.

- World Meteorological Organization (WMO) (1986). "Manual for estimation of probable maximum precipitation." *operational Hydrology Report Number 1, VVMO Number 332*, Geneva, Switzerland, 269 pp.
- Yevjevich, V. (1972a, 1997). *Probability and statistics in hydrology*, Water Resources Publications, Fort Collins, Colo., 302 pp.
- Yevjevich, V. (1972b, 1982). *Stochastic processes in hydrology*, Water Resources Publications, Fort Collins, Colo., 276 pp.
- Young, M.F. (1982). "Feasibility study of a stepped spillway." *Proc. of the Hydr. Div. specialty conf*, Jackson, Miss., August 1982.
- Zheng, C. (1990). *A modular three-dimensional transport model for simulation of advection, dispersion, and chemical reactions of contaminants in groundwater systems*, U.S. Environmental Protection Agency, Ada, Okla.
- Zheng, C., and G.D. Bennett (2002). *Applied contaminant transport modeling*, 2d Ed., Wiley-Inter Science New York, 621 pp.
- Zipparro, Vj., and H. Hansen, eds. (1993). *Davis' handbook of applied hydraulics*, McGraw-Hill, New York.

obeikandi.com

قائمة الاختصارات

List of abbreviations

7Q10	متوسط التدفق المنخفض في سبعة أيام خلال عشر سنوات
ARMZ	مناطق الخلط التنظيمي الحاد
ASCE	جمعية المهندسين المدنيين الأمريكية
BOD	مطلب الأكسجين الكيميائي الحيوي
C	معامل شيزي
CCC	التركيز المستمر للمعايير
C_d	معامل التصرف
C_H	معامل هازن- ويليام
CMC	التركيز الأقصى للمعايير
CN	رقم المنحنى
CRMZ	مناطق الخلط التنظيمي المزمّن
d_{90}	قطر الحبيبات التي تشكل ٩٠٪ من المادة
DAD	عمق-مساحة-مدة المطر
DNAPL	سوائل الطور غير المائي الثقيلة

DO	الأكسجين المذاب
D _y	معامل التشتت العرضي
D _z	معامل التشتت الرأسي
e	نسبة الفراغات
EA	التقييم البيئي
EIR	تقرير الأثر البيئي
EIS	بيان الأثر البيئي
EISs	إعدادات بيان الأثر البيئي
EPA	وكالة حماية البيئة
EPIs	مؤشرات الأداء البيئي
F	رقم فرود
f	معامل الاحتكاك لدارسي-ويسباك
FPS	النظام الإنجليزي للوحدات
FS	دراسات الجدوى
G	معامل الالتواء
GEF	هيئة البيئة العالمية
HEC-HMS	نظام التشكيل الهيدرولوجي
HSPF	برنامج المحاكاة الهيدرولوجي فورترن
IDF	شدة-مدة-تكرار المطر
K	معامل الالتفاف
k	النفذية أو النفذية الذاتية

K	معامل التوصيل الهيدروليكي
K_a	معامل إعادة التهوية
K_H	ثابت قانون هنري
K_{oc}	معامل الكربون العضوي
L_{mix}	طول الخلط
LNAPL	سوائل الطور غير المائي الخفيفة
M&E	المراقبة والتقييم
MCL	أقصى مستويات تلوث
MUSLE	المعادلة العالمية المعدلة لفقد في التربة
n	معامل ماننق
NAPLs	سوائل الطور غير المائي
NEPA	بيان السياسة البيئية القومي
non-VOCs	مركبات عضوية قابلة للذوبان غير طيارة
NPDES	تصاريح النظام القومي لإزالة تصريف المواد الملوثة
NRCS	هيئة المحافظة على الموارد الطبيعية
P	الاحتمالية
PCE	إيثيلين الكلور الرباعي
pH	مستوى أيون الهيدروجين
PMF	أقصى فيضان محتمل
PMP	أقصى تساقط محتمل
PRMS	نظام تشكيل التساقط-الجريان السطحي

Q	التصرف
Q	تصرف البئر المخترق كلياً
Q _p	تصرف البئر المخترق جزئياً
R _o	رقم رينولد
RI	التحري العلاجي
RNA	المعالجة عن طريق الإضعاف الطبيعي
R _o	رقم ريتشاردسون
S	الانحراف القياسي
S	معامل التخزين
SCS	خدمة المحافظة على التربة
SDR	نسبة تسليم الرواسب
SEIs	مؤشرات أداء الاقتصاديات الاجتماعية
SF	معامل الأمان
SI	النظام العالمي للوحدات
S _p	السعة النوعية للبئر
S _r	درجة التشيع
S _s	التخزين النوعي
SSARR	نموذج بناء تدفق المجرى المائي وتنظيم الخزان
STORET	نظام التخزين والاستدعاء
SVOC	الملوثات شبه المتطايرة
SVOCs	مركبات عضوية شبه طيارة

S_w	الهبوط في سطح الماء بالبئر
SWMM	نموذج إدارة مياه العاصفة
S_{wp}	الهبوط في سطح الماء بالبئر بسبب الاختراق الجزئي
T	قابلية النقل
t_c	الزمن الحرج
TCE	إيثيلين الكلور الثلاثي
TEL	الطاقة الكلية
TMDL	أقصى أحمال يومية كلية
TMDLs	تحدد أقصى أحمال يومية كلية
USACE	هيئة مهندسي جيش الولايات المتحدة
USGS	هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية
USLE	المعادلة العالمية لفقد التربة
V	الحجم الكلي للتربة
V	سرعة السريان
V_g	الحجم المشغول بالغاز أو الهواء بالتربة
VOC	الملوثات المتطايرة
VOCs	مركبات عضوية قابلة للذوبان طيارة
V_s	حجم حبيبات التربة
V_v	حجم الفراغات بالتربة
W(u)	دالة البئر
WB	البنك الدولي

W_d	وزن الحجر الذي قطره d مم
$\bar{X}$	المتوسط
ξ	العمق اللابعدي
λ	معامل التحلل
γ_s	وحدة الوزن لحبيبات التربة
γ_d	وحدة الوزن الظاهرية الجافة للتربة
γ_m	وحدة الوزن الرطبة للتربة
ϕ	المسامية الكلية
ω	المحتوى المائي
ϕ_w	المحتوى المائي الحجمي
δ	الانخساف
λ	معامل التحلل
τ_{max}	أقصى إجهاد قص

ثبت المصطلحات

أولاً: عربي - إنجليزي

١

wells	الآبار
production wells	آبار الإنتاج
monitoring wells	آبار المراقبة
observation wells	آبار الملاحظة
boating and canoeing	الإبحار في الزوارق والقوارب
Hydraulic structures	الأبنية الهيدروليكية
expansion	الانتساع
environmental impact	الأثر البيئي
socioeconomic	اجتماعية اقتصادية
shear stress	إجهاد القص
energy dissipation devices	أجهزة تشتيت الطاقة

incremental probability	احتمال الزيادة
probability	الاحتمالية
riprap sizes	أحجام أحجار الدكة
Snow Loads	أحمال الجليد
Suspended loads	الأحمال المعلقة
Detention basins	أحواض الاحتجاز
sedimentation basin	أحواض الترسيب
Stilling Basins	أحواض الترسيب
Aquatic biota	الأحياء المائية
pumping test	اختبار الضخ
Slug Tests	اختبارات الكتلة
errors of prediction	أخطاء التنبؤ
management	الإدارة
Low flow	أدنى تدفق (التدفق المنخفض)
minimum permissible velocity	أدنى سرعة مسموح بها
wave height	ارتفاع الموجة
Removal	الإزالة
Decontamination	إزالة التلوث
Lag times	أزمنة الإعاقة أو التخلف
Concentration times	أزمنة التركيز
Sustainability and Enhancement	استدامة وتحسين

Slope Stability	استقرار الميل
Paved surfaces	الأسطح الممهدة
unpaved surfaces	الأسطح غير الممهدة
Land acquisition	إصلاح الأراضي
longest watercourse	أطول مسار للماء
Recharge by Precipitation	إعادة الملء (التغذية) نتيجة تساقط المطر
Induced Recharge	إعادة الملء المستحث
Report preparation	إعداد التقارير
Channelization	إقامة القنوات
maximum shear stress	أقصى إجهاد قص
potential maximum retention	أقصى احتباس محتمل
total maximum daily loads	أقصى أحمال يومية كلية
Peak flow	أقصى تدفق
probable maximum precipitation	أقصى تساقط محتمل
maximum permissible velocity	أقصى سرعة مسموح بها
probable maximum flood	أقصى فيضان محتمل
maximum contaminant levels	أقصى مستويات تلوث
dissolved oxygen	الأكسجين المذاب
oxidation/reduction	الأكسدة/الاختزال
Historic Places	الأمكن التاريخية
adsorption/ desorption	الامتزاز/ المبع

Annual precipitation	الأمطار السنوية
vent pipe	أنبوب التنفيث
Draft Tube	أنبوب السحب
Safe Yield	الإنتاجية الآمنة
specific yield	الإنتاجية النوعية
Gaseous diffusion	الانتشار الغازي
Gas phase transport	انتقال الطور الغازي
Contaminant Transport	انتقال الملوثات
Channel Transitions	انتقالات القناة
Soil Erosion on Slopes	انجراف التربة على المنحدرات
Wind Erosion	الانجراف بسبب الرياح
Erosion in the watershed	الانجراف في مجرى السريان
Steep Slopes	الانحدارات الشديدة
Standard deviation	الانحراف القياسي
Subsidence	الانخساف
Dry bulk	الانضغاطية
unique ecosystems	الأنظمة البيئية الفريدة
crest submergence	انغمار المصطبة
nose groin	أنف الحنية
endangered species	الأنواع المهددة بالانقراض
environmental significance	الأهمية البيئية



test well

بئر اختبار

Partially Penetrating Well

البئر المخترق جزئياً

Lakes

بحيرات

Evaporation

البخر

Evapotranspiration

البخر نتح

Project Alternatives

بدائل المشروع

culverts

البرابنج

Software

برامجيات

Pools

البرك

intake structure

بناء المدخل

World Bank

البنك الدولي

gates

البوابات

Act

بيان

environmental impact statement

بيان الأثر البيئي

National Environmental Policy Act

بيان السياسة البيئية القومي



advection

التأفق

longitudinal advection

التأفق الطولي

flood insurance

تأمين الفيضان

Drain Spacing

تباعد المصارف

vadose	التجاويف أو الفراغات
Aesthetics	التجدد
Remedial Investigation	التحري العلاجي
bridge modification	تحسين الكوبري
Control	التحكم
Flood Control	التحكم في الفيضان
decay	التحلل
biodegradation	التحلل الحيوي
anaerobic biodegradation	التحلل الحيوي اللاهوائي
aerobic biodegradation	التحلل الحيوي الهوائي
statistical analysis	التحليل الإحصائي
Benefit-Cost Analysis	تحليل الأرباح-التكاليف
Regression Analysis	تحليل الارتداد
risk analysis	تحليل المخاطر
Scoping analysis	تحليل النطاق
Hydrologic analysis	التحليل الهيدرولوجي
Hydraulic analysis	التحليل الهيدروليكي
Sediment Transport Analysis	تحليل انتقال الرواسب
Sediment Yield Analysis	تحليل حصىلة الترسبات
Flow Duration Analysis	تحليل مدة التدفق
Mass Curve Analysis	تحليل منحنى الكتلة

Economic analysis	التحليلات الاقتصادية
diversion of flow	تحويل السريان
Routing	التخديد
Conservation Storage	تخزين الإبقاء
Freeboard or Surplus Storage	تخزين الجزء الظاهر أو الفائض
Dead Storage	التخزين الميت
specific storage	التخزين النوعي
Flood Control Storage	تخزين ضبط الفيضان
Inactive Storage	التخزين غير الفعال
Planning and design	تخطيط وتصميم
Waste Disposal	التخلص من النفايات
Seawater InhvSION	تداخل مياه البحر
volumetric flow	التدفق الحجمي
baseflow	تدفق القاعدة
Skimming Flow	تدفق الكشافة
cumulative flows	التدفق المتراكم
streamflow	تدفق المجرى المائي
Nappe Flow	التدفق المغترب
Flow toward Drains	التدفق في اتجاه المصارف
Intermittent flow	تدفق متقطع
constant flow	تدفق مستقر

Peak Flows	تدفقات القمة
Groundwater Mound	تراكم المياه الجوفية
frequency	التردد
Reservoir Sedimentation	ترسبات الخزان
sediment deposition	الترسبات المترسبة
Recreation	الترفيه
Criteria Maximum Concentration	التركيز الأقصى للمعايير
Criteria Continuous Concentration	التركيز المستمر للمعايير
dissolved concentration of metals	تركيز المعادن المذابة
Infiltration	التسرب
Infiltration through Fractures	التسرب خلال التشققات
Infiltration through Soil-Filled Joints	التسرب خلال الفراغات المملوءة بالتربة
Infiltration into Rock Tunnels	التسرب في الأنفاق الصخرية
supersaturation	التشبع المفرط
Far-Field Dispersion	تشتت الحقل البعيد
transverse dispersion	التشتت العرضي
Open-Channel Dispersion	تشتت القناة المفتوحة
turbulent diffusion	التشتت المضطرب
molecular diffusion	التشتت والانتشار الجزيئي
mechanical dispersion	التشتت والانتشار الميكانيكي
Operation and maintenance	التشغيل والصيانة

Hydraulic designs	التصاميم الهيدروليكية
Dam-break	تصدع السد
design discharge	التصرف التصميمي
discharge pollutant	تصريف المواد الملوثة
Design of Filters	تصميم المرشحات
Classifications hazard	تصنيفات المخاطر
bioscreen	التصوير الحيوي
Well Purging	تطهير البئر
Well Development	تطوير البئر
turbidity	التعكر
indemnification/insurance	التعويض / التأمين
alterations in the hydrologic regime	التغيرات في النظام الهيدرولوجي
biodegradation	التفسخ الحيوي
channel junctions	تقاطعات القناة
self esteem	التقدير الذاتي
environmental impact report	تقرير الأثر البيئي
Barometric Pressure Fluctuations	تقلبات الضغط الجوي
water level fluctuations	تقلبات مستوى المياه
Remediation Technologies	تقنيات المعالجة
Interim evaluation	التقييم الانتقالي
environmental assessment	التقييم البيئي

Impact evaluation	تقييم التأثير
Periodic evaluation	التقييم الدوري
Evaluation matrix	تقييم المصفوفة
Terminal evaluation	التقييم النهائي
annual costs	التكاليف السنوية
maintenance cost	تكاليف الصيانة
Incremental cost	التكاليف المتزايدة
present-day capital cost	تكلفة رأس المال اليومية الحالية
capital cost	تكلفه رأس المال
cavitation	التكهف
Substrate composition	تكوين الطبقات السفلية
soil contamination	تلوث التربة
toxic contamination	التلوث السام
stream pollution	تلوث المجرى المائي
water contamination	تلوث المياه
hydrolysis/substitution	التميؤ/ الإحلال
bioventing	التنفس الحيوي
Documentation	توثيق
Hydraulic Conductivity	التوصيل الهيدروليكي



Schedule

الجدولة

economic feasibility

الجدوى الاقتصادية

Pneumatic dredging

الجرافات الهوائية

Runoff

الجريان السطحي

bridges

الجسور

boulders

الجلاميد

Snowfall

الجليد

Snowmelt

الجليد الذائب

compacted snow

الجليد الملبّد

Data collection

جمع البيانات

hydropower generation potential

جهد توليد القدرة المائية



freeboard

الحافة الحرة

Grain size

حجم الحبيبات

Riprap Sizing

حجم الدكة الحجرية

volume of sediment

حجم الرواسب

Substrate size

حجم الطبقات السفلية

rockfill

الحشوة الصخرية

coarse gravel

الحصى الخشن

sediment yield

حصيلة الترسبات

Damage protection

حماية الضرر

protect populated areas

حماية المناطق الأهلة

Erosion protection

الحماية من الانجراف

solid groins

حنيات صلبة غير منفذة

permeable groins

حنيات منفذة

Groins

الحنية

attracting groin

الحنية الجاذبة

repelling groin

الحنية الطاردة

Straight groin

الحنية المستقيمة

levees proposed

حواجز الفيضان المقترحة

wildlife

الحياة البرية



Soil Conservation Service

خدمة المحافظة على التربة

Topographic maps

الخرائط التضاريسية

SurgeTank

خزان النبض

Reservoirs

الخزانات

expected damage

الخسائر المتوقعة

pipe wall roughness

خشونة جدار الأنبوب

soil characteristics

خصائص التربة

dispersion characteristics

خصائص التشتت

chemical characteristics

الخصائص الكيميائية

Hydrologic characteristics

الخصائص الهيدرولوجية

Subwatershed

الخط الفرعي لتقسيم المياه

Proposed plan

الخطة المقترحة

guidelines

الخطوط الإرشادية

biological mixing

الخلط الحيوي

complete mixing

الخلط الكامل

behind a dam

خلف السد

well function

دالة البئر

Rock Riprap

الدبش الصخري

Feasibility Studies

دراسات الجدوى

Degree of saturation

درجة التشبع

Annualized

دفعه سنوية

riprap

الدكة الحجرية

Concrete Bulkheads

الرؤوس الخرسانية

Diffusers

الراذافات

seepage

الرشح أو التسريب

Curve Number

رقم المنحنى

Richardson number

رقم ريتشاردسون

Reynolds number

رقم رينولد

Froude number

رقم فرود

fine sediments

الرواسب الناعمة

ز

angle of convergence

زاوية نقطة الالتقاء

travel time

زمن الانتقال

time of concentration

زمن التركيز

critical time

الزمن الحرج

time basin lag

زمن تأخر حوض النهر

س

Swimming

السباحة

Seal

سدادة الإحكام

Dams & Levees

السدود

Seepage velocity

سرعة الترشح

critical velocity

السرعة الحرجة

flow velocity

سرعة السريان

shear velocity

سرعة القص

water velocity

سرعة المياه

Nonsilting, Nonscouring Velocity

سرعة لا ترسيب ولا نفائات

velocity of pressure wave

سرعة موجة الضغط

One-Dimensional Flow

السريان أحادي البعد

turbulent flow

السريان الاضطرابي

transitional flow

السريان الانتقالي

Free Surfac Flow	السيان الحر
critical flows	السيان الحرج
Darcian Flow	السيان الدارسي
Laminar Flows	السيان الطبقي
sheet flow	السيان الطبقي
Steady Flow	السيان المستقر
Steady-State Radial Flow	السيان المستقر نصف القطري
Pressure Flow	السيان المضغوط
uniform flow	السيان المنتظم
Subcritical Flows	السيان تحت الحرج
Flow Through Bends	السيان خلال المنعطفات
Non-Darcian Flow	السيان غير الدارسي
unsteady flows	السيان غير المستقر
unsteady groundwater flow	سيان غير المستقر للمياه الجوفية
Nonuniform Flow	السيان غير المنتظم
Supercritical Flows	السيان فوق الحرج
Pipe Flow	السيان في الأنابيب
Radial Flow	السيان نصف القطري
Free surface	السطح الحر
assimilative	سعة الاستيعاب
reservoir capacity	سعة الخزان

specific capacity of the well

السعة النوعية للبر

Future price

السعر المستقبلي

rainfall-depth-duration-frequency

سقوط المطر - العمق - المدة - التكرار

saturated thickness

السماك المشبع

unsaturated thickness

السماك غير المشبع

nonaqueous phase liquids

سوائل الطور غير المائي

Dense nonaqueous phase liquids

سوائل الطور غير المائي الثقيلة

light nonaqueous phase liquids

سوائل الطور غير المائي الخفيفة



precipitation intensity

شدة التساقط

rainfall intensity

شدة سقوط المطر

Rainfall intensity-duration-frequency

شدة سقوط المطر - المدة - التكرار

breach in a dam

شرح في سد

Fabriform

الشكل الليفي المركب

Water Surface Profiles

شكل سطح الماء

Cascades

الشلالات

Shore

الشواطئ



Fractured Rock

الصخر المتصدع

acid mine drainage

صرف منجم حمضي

hardness

الصلادة

Paved and impervious

صماء وغير منفذة

valves

الصمامات

Flood Proofing

الصمود أمام الفيضان



velocity head

ضاغط السرعة

vapor pressure

ضغط البخار

contraction

الضيق



total energy

الطاقة الكلية

Hydropower

الطاقة المائية

specific energy

الطاقة النوعية

Confining Unit

الطبقة المقيدة

Artesian Aquifer

طبقة المياه الجوفية الارتوازية

Leaky Phreatic Aquifer

طبقة المياه الجوفية الحرة المتسربة

Confined Aquifer

طبقة المياه الجوفية المحصورة

Leaky Confined Aquifer

طبقة المياه الجوفية المحصورة المتسربة

Perched Aquifer

طبقة المياه الجوفية المعلقة

Semi-Confined Aquifer

طبقة المياه الجوفية شبه محصورة

unconfined aquifer

طبقة المياه الجوفية غير محصورة

Statistical Methods

الطرق الإحصائية

Stochastic Methods

طرق التسلسل العشوائي

Deterministic Methods

الطرق الحتمية

Water Hammer

الطرق المائي

Cutoffs

الطرق المختصرة (الاقتطاع)

Remediation Methods

طرق المعالجة

Kinematic Wave Method

طريقة الموجة الكينيماتيكية

cumulative demand

الطلب المتراكم

length of fractures

طول التصدعات (الشروخ)

length of tunnel

طول النفق

hydraulic length

الطول الهيدروليكي

length of well screen

طول مصفاة البئر

principal storm

العاصفة الرئيسة

nutrients, bed instability

عدم استقرار القاع

top width

العرض العلوي

bottom width

عرض القاع

top width of a gully

عرض قمة الأخدود

Ecological

علم البيئة

lifetime of the project

عمر المشروع

precipitation depth

عمق التساقط

critical depth

العمق الحرج

dimensionless depth

العمق اللابعدي

water depth	عمق الماء
Precipitation depth	عمق المطر
hydraulic depth	العمق الهيدروليكي
biological and chemical processes	العمليات البيولوجية والكيميائية
Hydrologic Processes	العمليات الهيدرولوجية
Failure consequences	عواقب الفشل
Evaluation factors	عوامل التقييم
tangible factors	العوامل الملموسة
intangible factors	العوامل غير الملموسة
forests	الغابات
soil flushing	غسل التربة
vegetation	الغطاء النباتي
Well Casing	غلاف البئر
losses due to expansion	الفاقد أثناء الاتساع
losses due to contraction	الفاقد أثناء الضيق
friction loss	فاقد الاحتكاك
nozzles	الفتحات
time duration	الفترة الزمنية
wave period	فترة الموجة

Return periods	فتره العوده
annual benefits	الفوائد السنويه
Incremental benefit	الفوائد المتزايدة
Soil losses	فواقد التربة
minor losses	الفواقد الثانويه
physical	فيزيائية
Flood	فيضان

ج

transmissibility	قابلية النقل
Impermeable Base	قاعدة غير منفذة
Hydroelectric Power	القدرة الكهرومائية
hydraulic jump	القفزة الهيدروليكية
Siphon spillway	قناة التصريف السيفونيه
Stepped spillways	قناة التصريف المتدرجة
Ogee (Overflow) Spillway	قناة التصريف المستدقة الرأس (الفيضان)
Straight Drop Spillway	قناة السقوط المباشر
Conduit or Tunnel Spillways	قناة تصريف الأنابيب أو الأنفاق
Fuse-Plug Spillway	قناة تصريف القابس المنصهر
Side Channel Spillway	قناة تصريف القناة الجانبية
Morning Glary or Glary Hole Spillway	قناة تصريف مجد الصباح أو حفرة المجد

Free Overfall Spillway	قناة تصريف مسقط مياه السد الحر
rough channels	القنوات الخشنة
Erodible Channels	القنوات القابلة للانجراف
Earth-Cut Spillway	القنوات المقتطعة من الأرض
Open Channels	القنوات المكشوفة
smooth channels	القنوات الناعمة
Chute or Trough Spillways	قنوات تصريف الحوض أو الشلال
Labyrinth Spillways	قنوات تصريف المتاهة
Nonerodible Channels	القنوات غير القابلة للانجراف
Articulated Concrete Blocks	قوالب الخرسانة المفصلية
Soil Texture	قوام التربة
gravitational forces	قوة الجاذبية
inertial forces	قوة القصور الذاتي
	
dry density	الكثافة الجافة
bulk density	الكثافة الظاهرية
rubble stone	كسارة الحجر
well efficiency	كفاءة البئر
trap efficiency	كفاءة الحجز
sediment load	كمية الترسبات
suspended sediment load	كمية الترسيب المعلق

Quantity and quality

الكمية والجودة

Apron

منزر (غطاء)

Response indicators

مؤشرات الاستجابة

Socioeconomic indicators

مؤشرات الاقتصاد الاجتماعي

State indicators

مؤشرات الحالة

Pressure indicators

مؤشرات الضغط

still water

الماء الراكد

freshwater

الماء العذب

saltwater

الماء المالح

Requirements

متطلبات

Hydraulic parameters of channels

المتغيرات الهيدروليكية للقنوات

7-day Average 10-yr Low Flow

متوسط التدفق المنخفض لسبعة أيام في

عشر سنوات

Waterways

المجري المائية

Filter Pack

مجموعة المرشحات

Simulations

المحاكاة

Dissolved Oxygen Content

محتوى الأكسجين المذاب

organic carbon content

محتوى الكربون العضوي

Water content

المحتوى المائي

Limited water	محدودية المياه
Power Plant	محطة القدرة
wetted perimeter	المحيط المبتل
Intakes	المداخل
hydroelectric facilities	مرافق الطاقة الكهربائية
Terrestrial monitoring	المراقبة الأرضية
environmental Monitoring	المراقبة البيئية
Aquatic monitoring	المراقبة المائية
monitoring and evaluation	المراقبة والتقييم
volatile soluble organic compounds	المركبات العضوية القابلة للذوبان الطيارة
nonvolatile soluble organic compounds	المركبات العضوية القابلة للذوبان غير الطيارة
semi-volatile organic chemicals	مركبات عضوية شبه طيارة
soluble inorganic compounds	المركبات غير العضوية القابلة للذوبان
Water Table	مستوى المياه الجوفية
drainage area	مساحة منطقة الصرف
Porosity	المسامية
total porosity	المسامية الكلية
Preliminary surveys	المسح التمهيدي
Field surveying	مسح الحقل

topographic surveys

المسح الطبوغرافي

Flats

المسطحات

water division project

مشروع تقسيم المياه

Projects

مشروعات

hydroelectric projects

المشروعات الكهرومائية

water resources engineering projects

مشروعات هندسة مصادر المياه

Water Resources

مصادر المياه

Interior Drainage

المصارف الداخلية

fisheries

مصايد الأسماك

downstream

مصب السريان

Sharp-Crested

المصطبة الحادة

Broad-Crested

المصطبة العريضة

crest

مصطبة أو قمة أو ذروة

Ogee Crest

المصطبة مستدقة الرأس

Screen

المصفاة

biochemical oxygen demand

مطلب الأكسجين الكيميائي الحيوي

geomorphic

مظاهر السطح

geomorphologic

مظاهر سطح الأرض (الجيو مورفية)

continuity equation

معادلة الاستمرار

continuity equation

معادلة الاستمرارية

regression equation

معادلة الانحسار (الارتداد)

energy equation	معادلة الطاقة
Modified Universal Soil Loss Equation	المعادلة العالمية المعدلة للفقد في التربة
universal soil loss equation	المعادلة العالمية للفقد في التربة
Geological Survey Equation	معادلة المسح الجيولوجي
rational formula	المعادلة المنطقية
Isbash Equation	معادلة إيزباش
Einstein-Strickler-Manning Equation	معادلة اينشتين-ستركلر-ماننق
Bernoulli's equation	معادلة برنولي
mass conservation equation	معادلة بقاء الكتلة
Theis equation	معادلة ثايس
Darcy-Weisbach Equation	معادلة دارسي-ويسباك
Dendy and Boulton Equation	معادلة دندي-بولتون
Domenico equation	معادلة دومينيكو
Strickler's Equation	معادلة ستركلر
Chezy's Equation	معادلة شيزي
Shields Equation	معادلة شيلدز
Camp's Equation	معادلة كامب
Kennedy's Equation	معادلة كيندي
Lacey's Equation	معادلة لاسي
Manning's Equation	معادلة ماننق
Meyer-Peter-Muller Equation	معادلة ماير-بيتر-مولر

Hazen-Williams Equation	معادلة هازن-وليم
Horton's equation	معادلة هورتون
Remediation	المعالجة
Remediation by Natural Attenuation	المعالجة عن طريق الإضعاف الطبيعي
re-aeration coefficient	معامل إعادة التهوية
Darcy-Weisbach coefficient	معامل الاحتكاك لدارسي-ويسباك
stability coefficient	معامل الاستقرار
Kurtosis coefficient	معامل الالتفاف
Skew coefficient	معامل الالتواء
decay coefficient	معامل التحلل
storage coefficient	معامل التخزين
coefficient of dispersion	معامل التشتت
discharge coefficient	معامل التصرف
thickness coefficient	معامل السمك
contraction coefficients for pipes	معامل الضيق في الأنابيب
organic carbon coefficient	معامل الكربون العضوي
modulus of elasticity	معامل المرونة الحجمي
factor of safety	معامل أمان
soil erodibility factor	معامل انجراف التربة
vertical velocity distribution coefficient	معامل توزيع السرعة العمودية
rainfall factor	معامل سقوط المطر

Chezy's coefficient	معامل شيزي
soil cover factor	معامل غطاء التربة
bend loss coefficients for pipes	معامل فاقد الانحناء في الأنابيب
Manning's coefficient	معامل ماننق
Hazen-Williams coefficient	معامل هازن- ويليام
Regression coefficients	معاملات الانحسار
Runoff Coefficients	معاملات الجريان السطحي
Structural Measures	المعايير الإنشائية
Nonstructural Measures	المعايير غير الإنشائية
equipment	معدات
discount rate	معدل الخصم
rates of reservoir sedimentation	معدل تخزين الترسبات
rate of sediment deposition	معدل ترسيب الرواسب
rate of price escalation	معدل تزايد الأسعار
sediment delivery ratio	معدل توزيع أو تسليم الترسبات
Sedimentation rates	معدلات الترسيب
Scoring criteria	معيار النتيجة
Eutrophication	المغذيات الكيميائية
spillways	المفائض أو قنوات تصريف المياه
Conceptual Site Model	مفاهيم الموقع النموذجي
volatile contaminants	الملوثات المتطايرة

semi-volatile contaminants

الملوثات شبه المتطايرة

Flood bypass

ممرات الفيضان

Copper mines

مناجم النحاس

uranium mines

مناجم اليورانيوم

acute regulatory mixing zones

مناطق الخلط التنظيمي الحاد

chronic regulatory mixing zones

مناطق الخلط التنظيمي المزمن

wetlands

المناطق الرطبة

Areas inundated

المناطق الغارقة

upstream

منبع التدفق أو السريان

Riffles

منحدرات نهريّة

unit hydrograph

المنحنى المائي

Dimensionless Unit Hydrograph

المنحنى المائي الودودي الالابعدي

the natural flow hydrograph

المنحنى المائي للتدفق الطبيعي

hydrographs

المنحنيات المائية

Combining Hydrographs

المنحنيات المائية المدمجة

surface runoff hydrograph

المنحنيات المائية للجريان السطحي

Moody's diagram

منحنيات مودي

groundwater elevation

منسوب المياه الجوفية

Drop Structures

منشآت الإسقاط

Irrigation structures

منشآت الري

Capture zone

منطقة التأثير

unsaturated soil zones	منطقة التربة غير المشبعة
Hydrodynamic Mixing Zone	منطقة الخلط الهيدروديناميكية
Saturated Zone	المنطقة المشبعة
Regulatory Perspective	المنظور التنظيمي
Continuum Approach	منهج التسلسل
viscous fluids	الموائع اللزجة
suspended solids	المواد الصلبة العالقة
dissolved solids	المواد الصلبة المذابة
living marine resources	موارد الحياة البحرية
environmental issues	المواضيع البيئية
breaking waves	الموجات المتكسرة
nonbreaking waves	الموجات غير المتكسرة
Wind Wave	موجة الرياح
randomly placed	موضوعة عشوائياً
Location	الموقع
municipal water	المياه البلدية
Groundwater	المياه الجوفية
Surface water	المياه السطحية
stormwater	مياه العواصف
flowing water	المياه المتدفقة
Clean Water	المياه النقية

side slopes

ميل الجوانب

bed slope

ميل القاع

hydraulic gradient

الميل الهيدروليكي

suitable side slope

الميل الجانبي المناسبة

ن

Weighted average score

نتيجة متوسط الأهمية

void ratio

نسبة الفراغات

hydraulic radius

نصف القطر الهيدروليكي

Ecosystem

النظام البيئي

Storage and Retrieval system

نظام التخزين والاستدعاء

thermal regime

النظام الحراري

Water supply systems

نظام إمداد المياه

GIS

نظم المعلومات الجغرافية

Permeability

النفذية

Sediment transport

نقل الرواسب

natural transport

النقل الطبيعي

computer modeling

نماذج الحاسب

hydrodynamic models

النماذج الهيدروديناميكية

Hydrologic Models

النماذج الهيدرولوجية

Hydraulic Models

النماذج الهيدروليكية

Continuous Flow Simulation Models

نماذج محاكاة السريان المستمر

Wave runup

نمو الموجة



drawdown at the well

الهبوط في البئر

broad-crested weir

الهدار عريض المصطبة

Weirs

الهدارات

Global Environment Facility

هيئة البيئة العالمية

Geological Survey

هيئة المسح الجيولوجي

hydrology

هيدرولوجيا

hydraulic

هيدروليكا



Moist unit weight of soil

وحدة الوزن الرطبة للتربة

bulk unit weight of soil

وحدة الوزن الظاهرية الجافة للتربة

unit weight of soil grains

وحدة الوزن لحبيبات التربة

horizontal apron

الوزرة الأفقية

sloping apron

الوزرة المائلة أو المنزر المنحدر

molecular weight

الوزن الجزيئي

Porous Media

الوسط المسامي

porous medium

الوسط المسامي

Description of alternatives

وصف البدائل

Regulatory agency

الوكالات المنظمة

Environmental Protection Agency

وكالة حماية البيئة

ثانياً : إنجليزي - عربي

متوسط التدفق المنخفض لـ سبعة أيام في

7-day Average 10-yr Low Flow

عشر سنوات

A

acid mine drainage

صرف منجم حمضي

Act

بيان

acute regulatory mixing zones

مناطق الخلط التنظيمي الحاد

adsorption/ desorption

الامتزاز/ المبع

advection

التأفق

aerobic biodegradation

التحلل الحيوي الهوائي

Aesthetics

التجدد

alterations in the hydrologic regime

التغيرات في النظام الهيدرولوجي

anaerobic biodegradation

التحلل الحيوي اللاهوائي

angle of convergence

زاوية نقطة الالتقاء

annual benefits

الفوائد السنوية

annual costs

التكاليف السنوية

Annual precipitation

الأمطار السنوية

Annualized

دفعه سنوية

Apron	متزر (غطاء)
Aquatic biota	الأحياء المائية
Aquatic monitoring	المراقبة المائية
Areas inundated	المناطق الغارقة
Artesian Aquifer	طبقة المياه الجوفية الارتوازية
Articulated Concrete Blocks	قوالب الخرسانة المفصلية
assimilative	سعة الاستيعاب
attracting groin	الحنية الجاذبة

B

Barometric Pressure Fluctuations	تقلبات الضغط الجوي
baseflow	تدفق القاعدة
bed slope	ميل القاع
behind a dam	خلف السد
bend loss coefficients for pipes	معامل فاقد الانحناء في الأنابيب
Benefit-Cost Analysis	تحليل الأرباح-التكاليف
Bernoulli's equation	معادلة برنولي
biochemical oxygen demand	مطلب الأكسجين الكيميائي الحيوي
biodegradation	التحلل الحيوي
biodegradation	التفسخ الحيوي
biological and chemical processes	العمليات البيولوجية والكيميائية
biological mixing	الخلط الحيوي

bioscreen	التصوير الحيوي
bioventing	التنفس الحيوي
boating and canoeing	الإبحار في الزوارق والقوارب
bottom width	عرض القاع
boulders	الجلاميد
breach in a dam	شرخ في سد
breaking waves	الموجات المتكسرة
bridge modification	تحسين الكوبري
bridges	الجسور
Broad-Crested	المصطبة العريضة
broad-crested weir	الهدار عريض المصطبة
bulk density	الكثافة الظاهرية
bulk unit weight of soil	وحدة الوزن الظاهرية للجافة للتربة
C	
Camp's Equation	معادلة كامب
capital cost	تكلفه رأس المال
Capture zone	منطقة التأثير
Cascades	الشلالات
cavitation	التكهف
channel junctions	تقاطعات القناة
Channel Transitions	انتقالات القناة

Channelization	إقامة القنوات
chemical characteristics	الخصائص الكيميائية
Chezy's coefficient	معامل شيزي
Chezy's Equation	معادلة شيزي
chronic regulatory mixing zones	مناطق الخلط التنظيمي المزمّن
Chute or Trough Spillways	قنوات تصريف الحوض أو الشلال
Classifications hazard	تصنيفات المخاطر
Clean Water	المياه النقية
coarse gravel	الحصى الخشن
coefficient of dispersion	معامل التشتت
Combining Hydrographs	المنحنيات المائية المدمجة
compacted snow	الجليد الملبّد
complete mixing	الخلط الكامل
computer modeling	نماذج الحاسب
Concentration times	أزمنة التركيز
Conceptual Site Model	مفاهيم الموقع النموذجي
Concrete Bulkheads	الرؤوس الخرسانية
Conduit or Tunnel Spillways	قناة تصريف الأنابيب أو الأنفاق
Confined Aquifer	طبقة المياه الجوفية المحصورة
Confining Unit	الطبقة المقيدة
Conservation Storage	تخزين الإبقاء

constant flow	تدفق مستقر
Contaminant Transport	انتقال الملوثات
continuity equation	معادلة الاستمرار
continuity equation	معادلة الاستمرارية
Continuous Flow Simulation Models	نماذج محاكاة السريان المستمر
Continuum Approach	منهج التسلسل
contraction	الضيق
contraction coefficients for pipes	معامل الضيق في الأنابيب
Control	التحكم
Copper mines	مناجم النحاس
crest	مصطبة أو قمة أو ذروة
crest submergence	انغمار المصطبة
Criteria Continuous Concentration	التركيز المستمر للمعايير
Criteria Maximum Concentration	التركيز الأقصى للمعايير
critical depth	العمق الحرج
critical flows	السريان الحرج
critical time	الزمن الحرج
critical velocity	السرعة الحرجة
cultural and recreational	ثقافية وإبداعية
culverts	البرابخ
cumulative demand	الطلب المتراكم

D

cumulative flows

التدفق المتراكم

Curve Number

رقم المنحنى

Cutoffs

الطرق المختصرة (الاقتطاع)

Damage protection

حماية الضرر

Dam-break

تصدع السد

Dams

السدود

Darcian Flow

السريان الدارسي

Darcy-Weisbach coefficient

معامل الاحتكاك لدارسي-ويسباك

Darcy-Weisbach Equation

معادلة دارسي-ويسباك

Data collection

جمع البيانات

Dead Storage

التخزين الميت

decay

التحلل

decay coefficient

معامل التحلل

Decontamination

إزالة التلوث

Degree of saturation

درجة التشبع

Dendy and Boulton Equation

معادلة دندي-بولتون

Dense nonaqueous phase liquids

سوائل الطور غير المائي الثقيلة

Description of alternatives

وصف البدائل

design discharge

التصرف التصميمي

Design of Filters

تصميم المرشحات

Detention basins	أحواض الاحتجاز
Deterministic Methods	الطرق الحتمية
Diffusers	الراذات
dimensionless depth	العمق اللابعدي
Dimensionless Unit Hydrograph	المنحنى المائي الوحدوي اللابعدي
discharge coefficient	معامل التصرف
discharge pollutant	تصريف المواد الملوثة
discount rate	معدل الخصم
dispersion characteristics	خصائص التشتت
dissolved concentration of metals	تركيز المعادن المذابة
dissolved oxygen	الأكسجين المذاب
Dissolved Oxygen Content	محتوى الأكسجين المذاب
dissolved solids	المواد الصلبة المذابة
diversion of flow	تحويل السريان
Documentation	توثيق
Domenico equation	معادلة دومينيكو
downstream	مصب السريان
Draft Tube	أنبوب السحب
Drain Spacing	تباعد المصارف
drainage area	مساحة منطقة الصرف
drawdown at the well	الهبوط في البئر

Drop Structures

منشآت الإسقاط

Dry bulk

الانضغاطية

dry density

الكثافة الجافة

E

Earth-Cut Spillway

القنوات المقتطعة من الأرض

Ecological

علم البيئة

Economic analysis

التحليلات الاقتصادية

economic feasibility

الجدوى الاقتصادية

Ecosystem

النظام البيئي

Einstein-Strickler-Manning Equation

معادلة اينشتين-ستركلر-ماننق

endangered species

الأنواع المهددة بالانقراض

energy dissipation devices

أجهزة تشتيت الطاقة

energy equation

معادلة الطاقة

environmental assessment

التقييم البيئي

environmental impact

الأثر البيئي

environmental impact report

تقرير الأثر البيئي

environmental impact statement

بيان الأثر البيئي

environmental issues

المواضيع البيئية

environmental Monitoring

المراقبة البيئية

Environmental Protection Agency

وكالة حماية البيئة

environmental significance

الأهمية البيئية

equipment

معدات

Erodible Channels

القنوات القابلة للانجراف

Erosion in the watershed

الانجراف في مجرى السريان

Erosion protection

الحماية من الانجراف

errors of prediction

أخطاء التنبؤ

Eutrophication

المغذيات الكيميائية

Evaluation factors

عوامل التقييم

Evaluation matrix

تقييم المصفوفة

Evaporation

البخر

Evapotranspiration

البخر نتح

expansion

الاتساع

expected damage

الخسائر المتوقعة

F

Fabriform

الشكل الليفى المركب

factor of safety

معامل امان

Failure consequences

عواقب الفشل

Far-Field Dispersion

تشتت الحقل البعيد

Feasibility Studies

دراسات الجدوى

Field surveying

مسح الحقل

Filter Pack

مجموعة المرشحات

fine sediments

الرواسب الناعمة

fisheries	مصايد الأسماك
Flats	المسطحات
Flood	فيضان
Flood bypass	ممرات الفيضان
Flood Control	التحكم في الفيضان
Flood Control Storage	تخزين ضبط الفيضان
flood insurance	تأمين الفيضان
Flood Proofing	الصمود أمام الفيضان
Flow Duration Analysis	تحليل مدة التدفق
Flow Through Bends	السريان خلال المنعطفات
Flow toward Drains	التدفق في اتجاه المصارف
flow velocity	سرعة السريان
flowing water	المياه المتدفقة
forests	الغابات
Fractured Rock	الصخر المتصدع
Free Overfall Spillway	قناة تصريف مسقط مياه السد الحر
Free Surfac Flow	السريان الحر
Free surface	السطح الحر
freeboard	الحافة الحرة
Freeboard or Surplus Storage	تخزين الجزء الظاهر أو الفائض
frequency	التردد

freshwater

الماء العذب

friction loss

فاقد الاحتكاك

Froude number

رقم فرود

Fuse-Plug Spillway

قناة تصريف القابس المنصهر

Future price

السعر المستقبلي

G

Gas phase transport

انتقال الطور الغازي

Gaseous diffusion

الانتشار الغازي

gates

البوابات

Geological Survey

هيئة المسح الجيولوجي

Geological Survey Equation

معادلة المسح الجيولوجي

geomorphic

مظاهر السطح

geomorphologic

مظاهر سطح الأرض (الجيومورفية)

GIS

نظم المعلومات الجغرافية

Global Environment Facility

هيئة البيئة العالمية

Grain size

حجم الحبيبات

gravitational forces

قوة الجاذبية

Groins

الحنية

Groundwater

المياه الجوفية

groundwater elevation

منسوب المياه الجوفية

Groundwater Mound

تراكم المياه الجوفية

H

guidelines	الخطوط الإرشادية
hardness	الصلادة
Hazen-Williams coefficient	معامل هازن- ويليام
Hazen-Williams Equation	معادلة هازن-وليم
Historic Places	الأماكن التاريخية
horizontal apron	الوزرة الأفقية
Horton's equation	معادلة هورتون
hydraulic	هيدروليكا
Hydraulic analysis	التحليل الهيدروليكي
Hydraulic Conductivity	التوصيل الهيدروليكي
hydraulic depth	العمق الهيدروليكي
Hydraulic designs	التصاميم الهيدروليكية
hydraulic gradient	الميل الهيدروليكي
hydraulic jump	القفزة الهيدروليكية
hydraulic length	الطول الهيدروليكي
Hydraulic Models	النماذج الهيدروليكية
Hydraulic parameters of channels	المتغيرات الهيدروليكية للقنوات
hydraulic radius	نصف القطر الهيدروليكي
Hydraulic structures	الأبنية الهيدروليكية
Hydrodynamic Mixing Zone	منطقة الخلط الهيدروديناميكية

hydrodynamic models

النماذج الهيدروديناميكية

hydroelectric facilities

مرافق الطاقة الكهربائية

Hydroelectric Power

القدرة الكهربائية

hydroelectric projects

المشروعات الكهربائية

hydrographs

المنحنيات المائية

Hydrologic analysis

التحليل الهيدرولوجي

Hydrologic characteristics

الخصائص الهيدرولوجية

Hydrologic Models

النماذج الهيدرولوجية

Hydrologic Processes

العمليات الهيدرولوجية

hydrology

هيدرولوجيا

hydrolysis/substitution

التميؤ / الإحلال

Hydropower

الطاقة المائية

hydropower generation potential

جهد توليد القدرة المائية

I

Impact evaluation

تقييم التأثير

Impermeable Base

قاعدة غير منفذة

Inactive Storage

التخزين غير الفعال

Incremental benefit

الفوائد المتزايدة

Incremental cost

التكاليف المتزايدة

incremental probability

احتمال الزيادة

indemnification/insurance

التعويض / التأمين

Induced Recharge	إعادة الملء المستحث
inertial forces	قوة القصور الذاتي
Infiltration	التسرب
Infiltration into Rock Tunnels	التسرب في الأنفاق الصخرية
Infiltration through Fractures	التسرب خلال التصدعات
Infiltration through Soil-Filled Joints	التسرب خلال الفراغات المملوءة بالتربة
intake structure	بناء المدخل
Intakes	المداخل
intangible factors	العوامل غير الملموسة
Interim evaluation	التقييم الانتقالي
Interior Drainage	المصارف الداخلية
Intermittent flow	تدفق متقطع
Irrigation structures	منشآت الري
Isbash Equation	معادلة إيزباش
K	
Kennedy's Equation	معادلة كيندي
Kinematic Wave Method	طريقة الموجة الكينماتيكية
Kurtosis coefficient	معامل الالتفاف
L	
Labyrinth Spillways	قنوات تصريف المتاهة
Lacey's Equation	معادلة لاسي

Lag times	أزمة الإعاقة أو التخلف
Lakes	بحيرات
Laminar Flows	السريان الطبقي
Land acquisition	إصلاح الأراضي
Leaky Confined Aquifer	طبقة المياه الجوفية المحصورة المتسربة
Leaky Phreatic Aquifer	طبقة المياه الجوفية الحرة المتسربة
length of fractures	طول التصدعات (الشروخ)
length of tunnel	طول النفق
length of well screen	طول مصفاة البئر
Levees	السدود
levees proposed	حواجز الفيضان المقترحة
lifetime of the project	عمر المشروع
light nonaqueous phase liquids	سوائل الطور غير المائي الخفيفة
Limited water	محدودية المياه
living marine resources	موارد الحياة البحرية
Location	الموقع
longest watercourse	أطول مسار للماء
longitudinal advection	التأفق الطولي
losses due to contraction	الفاقد أثناء الضيق
losses due to expansion	الفاقد أثناء الاتساع
Low flow	أدنى تدفق (التدفق المنخفض)

M

maintenance cost	تكاليف الصيانة
management	الإدارة
Manning's coefficient	معامل ماننق
Manning's Equation	معادلة ماننق
mass conservation equation	معادلة بقاء الكتلة
Mass Curve Analysis	تحليل منحني الكتلة
maximum contaminant levels	أقصى مستويات تلوث
maximum permissible velocity	أقصى سرعة مسموح بها
maximum shear stress	أقصى إجهاد قص
mechanical dispersion	التشتت والانتشار الميكانيكي
Meyer-Peter-Muller Equation	معادلة ماير-بيتر-مولر
minimum permissible velocity	أدنى سرعة مسموح بها
minor losses	الفواقد الثانوية
Modified Universal Soil Loss Equation	المعادلة العالمية المعدلة لفقد في التربة
modulus of elasticity	معامل المرونة الحجمي
Moist unit weight of soil	وحدة الوزن الرطبة للتربة
molecular diffusion	التشتت والانتشار الجزيئي
molecular weight	الوزن الجزيئي
monitoring and evaluation	المراقبة والتقييم
monitoring wells	آبار المراقبة

Moody's diagram

منحنيات مودي

Morning Glary or Glary Hole Spillway

قناة تصريف مجد الصباح أو حفرة المجد

municipal water

المياه البلدية

N

Nappe Flow

التدفق المغترب

National Environmental Policy Act

بيان السياسة البيئية القومي

natural transport

النقل الطبيعي

nonaqueous phase liquids

سوائل الطور غير المائي

nonbreaking waves

الموجات غير المتكسرة

Non-Darcian Flow

السريان غير الدارسي

Nonerodible Channels

القنوات غير القابلة للانجراف

Nonsilting, Nonscouring Velocity

سرعة لا ترسيب ولا نفايات

Nonstructural Measures

المعايير غير الإنشائية

Nonuniform Flow

السريان غير المنتظم

nonvolatile soluble organic compounds

المركبات العضوية القابلة للذوبان غير

الطيارة

nose groin

أنف الحنية

nozzles

الفتحات

nutrients, bed instability

عدم استقرار القاع

O

observation wells

آبار الملاحظة

Ogee (Overflow) Spillway	قناة التصريف المستدقة الرأس (الفيضان)
Ogee Crest	المصطبة مستدقة الرأس
One-Dimensional Flow	السريان أحادي البعد
Open Channels	القنوات المكشوفة
Open-Channel Dispersion	تشتت القناة المفتوحة
Operation and maintenance	التشغيل والصيانة
organic carbon coefficient	معامل الكربون العضوي
organic carbon content	محتوى الكربون العضوي
oxidation/reduction	الأكسدة/الاختزال
P	
Partially Penetrating Well	البئر المخترق جزئياً
Paved and impervious	صماء وغير منفذة
Paved surfaces	الأسطح الممهدة
Peak flow	أقصى تدفق
Peak Flows	تدفقات القمة
Perched Aquifer	طبقة المياه الجوفية المعلقة
Periodic evaluation	التقييم الدوري
Permeability	النفذية
permeable groins	حنيات منفذة
physical	فيزيائية

Pipe Flow	السريان في الأنابيب
pipe wall roughness	خشونة جدار الأنبوب
Planning and design	تخطيط وتصميم
Pneumatic dredging	الجرافات الهوائية
Pools	البرك
Porosity	المسامية
Porous Media	الوسط المسامي
porous medium	الوسط المسامي
potential maximum retention	أقصى احتباس محتمل
Power Plant	محطة القدرة
Precipitation depth	عمق المطر
precipitation depth	عمق التساقط
precipitation intensity	شدة التساقط
Preliminary surveys	المسح التمهيدي
present-day capital cost	تكلفة رأس المال اليومية الحالية
Pressure Flow	السريان المضغوط
Pressure indicators	مؤشرات الضغط
principal storm	العاصفة الرئيسية
probability	الاحتمالية
probable maximum flood	أقصى فيضان محتمل
probable maximum precipitation	أقصى تساقط محتمل

production wells	آبار الإنتاج
Project Alternatives	بدائل المشروع
Projects	مشروعات
Proposed plan	الخطة المقترحة
protect populated areas	حماية المناطق الأهلة
pumping test	اختبار الضخ

Q

Quantity and quality	الكمية والجودة
----------------------	----------------

R

Radial Flow	السريان نصف القطري
rainfall factor	معامل سقوط المطر
rainfall intensity	شدة سقوط المطر
Rainfall intensity-duration-frequency	شدة سقوط المطر - المدة - التكرار
rainfall-depth-duration-frequency	سقوط المطر - العمق - المدة - التكرار
randomly placed	موضوعة عشوائياً
rate of price escalation	معدل تزايد الأسعار
rate of sediment deposition	معدل ترسيب الرواسب
rates of reservoir sedimentation	معدل تخزين الترسبات
rational formula	المعادلة المنطقية
re-aeration coefficient	معامل إعادة التهوية
Recharge by Precipitation	إعادة الملء (التغذية) نتيجة تساقط المطر

Recreation	الترفيه
Regression Analysis	تحليل الارتداد
Regression coefficients	معاملات الانحسار
regression equation	معادلة الانحسار (الارتداد)
Regulatory agency	الوكالات المنظمة
Regulatory Perspective	المنظور التنظيمي
Remedial Investigation	التحري العلاجي
Remediation	المعالجة
Remediation by Natural Attenuation	المعالجة عن طريق الإضعاف الطبيعي
Remediation Methods	طرق المعالجة
Remediation Technologies	تقنيات المعالجة
Removal	الإزالة
repelling groin	الحنية الطاردة
Report preparation	إعداد التقارير
Requirements	متطلبات
reservoir capacity	سعة الخزان
Reservoir Sedimentation	ترسبات الخزان
Reservoirs	الخزانات
Response indicators	مؤشرات الاستجابة
Return periods	فترة العودة
Reynolds number	رقم رينولد

Richardson number	رقم ريتشاردسون
Riffles	منحدرات نهريّة
riprap	الدكة الحجرية
Riprap Protection	جدار حماية
riprap sizes	أحجام أحجار الدكة
Riprap Sizing	حجم الدكة الحجرية
risk analysis	تحليل المخاطر
Rock Riprap	الدبش الصخري
rockfill	الحشوة الصخرية
rough channels	القنوات الخشنة
Routing	التخديد
rubble stone	كسارة الحجر
Runoff	الجريان السطحي
Runoff Coefficients	معاملات الجريان السطحي
S	
Safe Yield	الإنتاجية الآمنة
saltwater	الماء المالح
Saturated Zone	المنطقة المشبعة
saturated thickness	السماك المشبع
Schedule	الجدولة
Scoping analysis	تحليل النطاق

Scoring criteria	معيار النتيجة
Screen	المصفاة
Seal	سدادة الإحكام
Seawater Inhvsiion	تداخل مياه البحر
sediment delivery ratio	معدل توزيع أو تسليم الترسبات
sediment deposition	الترسبات المترسبة
sediment load	كمية الترسبات
Sediment transport	نقل الرواسب
Sediment Transport Analysis	تحليل انتقال الرواسب
sediment yield	حصيلة الترسبات
Sediment Yield Analysis	تحليل حصيلة الترسبات
sedimentation basin	أحواض الترسيب
Sedimentation rates	معدلات الترسيب
seepage	الرشح أو التسريب
Seepage velocity	سرعة الترشح
self esteem	التقدير الذاتي
Semi-Confined Aquifer	طبقة المياه الجوفية شبه محصورة
semi-volatile contaminants	الملوثات شبه المتطايرة
semi-volatile organic chemicals	مركبات عضوية شبه طيارة
Sharp-Crested	المصطبة الحادة
shear stress	إجهاد القص

shear velocity	سرعة القص
sheet flow	السيان الطبقي
Shields Equation	معادلة شيلدرز
Shore	الشواطئ
Side Channel Spillway	قناة تصريف القناة الجانبية
side slopes	ميل الجوانب
Simulations	المحاكاة
Siphon spillway	قناة التصريف السيفونية
Skew coefficient	معامل الالتواء
Skimming Flow	تدفق الكشافة
Slope Stability	استقرار الميل
sloping apron	الوزرة المائلة أو المتزر المنحدر
Slug Tests	اختبارات الكتلة
smooth channels	القنوات الناعمة
Snow Loads	أحمال الجليد
Snowfall	الجليد
Snowmelt	ذوبان الجليد أو الجليد الذائب
socioeconomic	اجتماعية اقتصادية
Socioeconomic indicators	مؤشرات الاقتصاد الاجتماعي
Software	برامجيات
soil characteristics	خصائص التربة

Soil Conservation Service	خدمة المحافظة على التربة
soil contamination	تلوث التربة
soil cover factor	معامل غطاء التربة
soil erodibility factor	معامل انجراف التربة
Soil Erosion on Slopes	انجراف التربة على المنحدرات
soil flushing	غسل التربة
Soil losses	فواقد التربة
Soil Texture	قوام التربة
solid groins	حنيات صلبة غير منفذة
soluble inorganic compounds	المركبات غير العضوية القابلة للذوبان
specific capacity of the well	السعة النوعية للبيئر
specific energy	الطاقة النوعية
specific storage	التخزين النوعي
specific yield	الإنتاجية النوعية
spillways	المفائض أو قنوات تصريف المياه
stability coefficient	معامل الاستقرار
Standard deviation	الانحراف القياسي
State indicators	مؤشرات الحالة
Statistical Methods	الطرق الإحصائية
statistical analysis	التحليل الإحصائي
Steady Flow	السريان المستقر

Steady-State Radial Flow	السرطان المستقر نصف القطري
Steep Slopes	الانحدارات الشديدة
Stepped spillways	قناة التصريف المتدرجة
still water	الماء الراكد
Stilling Basins	أحواض الترسيب
Stochastic Methods	طرق التسلسل العشوائي
Storage and Retrieval system	نظام التخزين والاستدعاء
storage coefficient	معامل التخزين
STORET	نظام التخزين والاستدعاء
stormwater	مياه العواصف
Straight Drop Spillway	قناة السقوط المباشر
Straight groin	الحنية المستقيمة
stream pollution	تلوث المجرى المائي
streamflow	تدفق المجرى المائي
Strickler's Equation	معادلة ستريكلر
Structural Measures	المعايير الإنشائية
Subcritical Flows	السرطان تحت الحرج
Subsidence	الانخفاض
Substrate composition	تكوين الطبقات السفلية
Substrate size	حجم الطبقات السفلية
Subwatershed	الخط الفرعي لتقسيم المياه

suitable side slope

الميل الجانبية المناسبة

Supercritical Flows

السريان فوق الحرج

supersaturation

التشبع المفرط

surface runoff hydrograph

المنحنيات المائية للجريان السطحي

Surface water

المياه السطحية

Surface water

المياه السطحية

SurgeTank

خزان النبض

Suspended loads

الأحمال المعلقة

suspended sediment load

كمية الترسيب المعلق

suspended solids

المواد الصلبة العالقة

Sustainability and Enhancement

استدامة وتحسين

Swimming

السباحة

T

tangible factors

العوامل الملموسة

Terminal evaluation

التقييم النهائي

Terrestrial monitoring

المراقبة الأرضية

test well

بئر اختبار

the natural flow hydrograph

المنحنى المائي للتدفق الطبيعي

Theis equation

معادلة ثايس

thermal regime

النظام الحراري

thickness coefficient

معامل السمك

time basin lag	زمن تأخر حوض النهر
time duration	الفترة الزمنية
time of concentration	زمن التركيز
top width	العرض العلوي
top width of a gully	عرض قمة الأخدود
Topographic maps	الخرائط التضاريسية
topographic surveys	المسح الطبوغرافي
total energy	الطاقة الكلية
total maximum daily loads	أقصى أحمال يومية كلية
total porosity	المسامية الكلية
toxic contamination	التلوث السام
transitional flow	السريان الانتقالي
transmissibility	قابلية النقل
transverse dispersion	التشتت العرضي
trap efficiency	كفاءة الحجز
travel time	زمن الانتقال
turbidity	التعكر
turbulent diffusion	التشتت المضطرب
turbulent flow	السريان الاضطرابي
unconfined aquifer	طبقة المياه الجوفية غير محصورة

uniform flow

السريان المتظم

unique ecosystems

الأنظمة البيئية الفريدة

unit hydrograph

المنحنى المائي

unit weight of soil grains

وحدة الوزن لحبيبات التربة

universal soil loss equation

المعادلة العالمية لفقد في التربة

unpaved surfaces

الأسطح غير الممهدة

unsaturated soil zones

منطقة التربة غير المشبعة

unsaturated thickness

السماك غير المشبع

unsteady flows

السريان غير المستقر

unsteady groundwater flow

سريان غير المستقر للمياه الجوفية

upstream

منبع التدفق أو السريان

uranium mines

مناجم اليورانيوم

V

vadose

التجاويف أو الفراغات

valves

الصمامات

vapor pressure

ضغط البخار

vegetation

الغطاء النباتي

velocity head

ضاغط السرعة

velocity of pressure wave

سرعة موجة الضغط

vent pipe

أنبوب التنفيث

vertical velocity distribution coefficient	معامل توزيع السرعة العمودية
viscous fluids	الموائع اللزجة
void ratio	نسبة الفراغات
volatile contaminants	الملوثات المتطايرة
volatile soluble organic compounds	المركبات العضوية القابلة للذوبان الطيارة
volume of sediment	حجم الرواسب
volumetric flow	التدفق الحجمي
W	
Water Hammer	الطرق المائي
Waste Disposal	التخلص من النفايات
Waterways	المجري المائية
water contamination	تلوث المياه
Water content	المحتوى المائي
water depth	عمق الماء
water division project	مشروع تقسيم المياه
water level fluctuations	تقلبات مستوى المياه
Water Resources	مصادر المياه
water resources engineering projects	مشروعات هندسة مصادر المياه
Water supply systems	نظام إمداد المياه
Water Surface Profiles	شكل سطح الماء

Water Table	منسوب المياه الجوفية
water velocity	سرعة المياه
wave height	ارتفاع الموجة
wave period	فترة الموجة
Wave runup	نمو الموجة
Weighted average score	نتيجة متوسط الأهمية
Weirs	الهدارات
Well Casing	غلاف البئر
Well Development	تطوير البئر
well efficiency	كفاءة البئر
well function	دالة البئر
Well Purging	تطهير البئر
wells	الآبار
wetlands	المناطق الرطبة
wetted perimeter	المحيط المبتل
wildlife	الحياة البرية
Wind Erosion	الانجراف بسبب الرياح
Wind Wave	موجة الرياح
World Bank	البنك الدولي

كشاف الموضوعات

أخطاء التنبؤ ٣٦	١
ارتفاعات موجة الرياح وتصميم الحماية	اتساع القناة ٣٨٧، ٣٩١
من الانجراف ٤٥٣	الآثار البيئية ٥٦٦
إزالة التلوث من بئر المراقبة والتخلص	الآثار البيئية للسدود ٥٧١
من النفايات ٣٨٠	الآثار البيئية لمشروعات هندسة مصادر
إزالة الرواسب الملوثة ٦١٥	المياه ٥٧١، ٥٧٥
استقرار الرواسب ١٣٥	الإجراءات التصورية لصدّ التيار الرئيس
استقرار الميل ٣٩٤	بعيداً عن المصرف ٤٢٣
الإسقاط العمودي المستقيم ٤٢٦	احتمالية حدوث فيضان ٨٦
الإسقاط باستخدام مئزر مائل ٤٢٨	أحجام الدكة الحجرية ٤١٤
إعادة الملء (التغذية) نتيجة تساقط المطر	أحواض الاحتجاز ٤٠١
٢٩٥	أحواض الترسيب وأجهزة تشتيت
إعادة الملء المستحث ٢٩٣	الطاقة ٤٩٨
أعماق الجرف ٤٢١	اختبار فترة السحب ٣٣٥
أقصى تساقط محتمل ٧٨	اختبارات الكتلة لبئر ٣٤٣

أهمية الأنشطة الترفيهية ٥٩٣

أقصى فيضان محتمل ٨٠

ب

أنابيب الصرف ٢٧٧

البئر المخترق جزئياً ٢٨٩

أنبوب السحب ٥١٥، ٥٣٤

البئر المخترق كلياً ٢٨٩، ٣١١

الإنتاجية الآمنة والسعة النوعية والكفاءة

بيان الأثر البيئي ٥٦٧

٣٠٧

بيانات زمن السحب ٣٣٦، ٣٤٢

الإنتاجية القصوى ٣٠٧

ت

الإنتاجية النوعية ٣١٠

تأثر مستويات المياه الجوفية بالتغيرات في

انتقال الطور الغازي ٣٧٣

مستوى ماء النهر ٣٢٢

انتقال الملوثات خلال مناطق التربة غير

تأثير تقلبات الضغط البارومتري ٣٠١

المشبعة والمشبعة ٣٦٧

تباعد المصارف ٣١٥

انتقال الملوثات في المنطقة المشبعة ٣٥١

تتالي عواصف التصميم ٥٩

انتقالات القناة ٣٨٥

التحري العلاجي ودراسات الجدوى

انجراف التربة على المنحدرات ١٨٣

٥٩٥

الانجراف بسبب الرياح ١٩٧

التحريات العلاجية المتعلقة بالتربة الملوثة

الانحراف القياسي ٣٧

٥٩٧

الانخساف ٣٠٢

تحسين الكوبري ٤٠١

الانضغاطية ٢٧٠

التحكم في الانجراف ٤٠٦

أنواع التبطين بالنباتات ١٤١

التحكم في الفيضان ٣٩٣

أنواع الوسط المسامي ٢٦٥

التحليل الإحصائي للبيانات ٣٧، ٤٣

أهمية استدامة وتحسين البيئة الطبيعية

تحليل الأرباح-التكاليف ٥٤٨

للأسماك ٥٩٢

التدفق في اتجاه المصارف ٣١٥	تحليل الارتداد ٩٢
تدفقات القمة ١٢، ٣٥، ٣٧، ٤٣، ٨٠	التحليل الاقتصادي ٥٤٧
تراكم المياه الجوفية ٢٨٢	تحليل التكلفة - الربح ٨٧
ترسبات الخزان ٤٤٥	تحليل المخاطر وتقدير احتمالات الانهيار ٨٥
تركيب آبار المراقبة ٣٧٧	التحليل الهيدرولوجي ٩
تركيز الأكسجين المذاب في المجاري المائية ٢٢٥	تحليل انتقال الرواسب ٢٠٠
التسرب خلال التصدعات ٥٤٣	تحليل حصيلة الترسبات ١٨٧
التسرب خلال الفراغات المملوءة بالتربة ٥٤٢	تحليل مدة التدفق ٩٧
التسرب في الأنفاق الصخرية ٥٣٩	تحليل منحني (تموج) الكتلة ١٠٧، ٩٨
التسريب ٣٩٤	التخزين النوعي ٣٠٩
تشئت الحقل البعيد ٢٠٩	تخزين ضفاف النهر ٣١٢
تشئت القناة المفتوحة ٢٠٦	تخطيط مشروعات هندسة مصادر المياه ٣
تشئت قرب الحقل ٢٠٦	تخطيط وتصميم إقامة السدود والخزانات ٤٤١
التصاميم الهيدروليكية ٣٨٥	تداخل الآبار ٢٩١
التصرف على طول المنحدرات ١٧٨	تداخل مياه البحر ٢٩٧
تصميم القنوات القابلة للانجراف ١٣١	تدرج أحجام أحجار الدكة ٤١٢
تصميم القنوات المزروعة ١٤١	تدفق القاعدة ٧١
تصميم القنوات غير القابلة للانجراف ١٢٦	تدفق الكشافة ٤٩٠
	التدفق المغترب ٤٩٠

- تصميم المتر ٤٢٣
- تصميم المرشحات ٤١٦
- تصميم برنامج اختبار ضخ ٣٣٩
- تصميم جدار الحامية ٤٠٨
- تصنيف السريان ١٢١
- تصنيف الطبقات الحاملة للمياه ٢٦٥
- تطوير وتطهير بئر المراقبة ٣٧٩
- تعريف وصياغة بيان الأثر البيئي ٥٦٧
- التغليف بغطاء (متر) ٤٢١
- تقدير تدفقات القمة ١٢
- تقدير تكاليف وفوائد المشروعات
- الهندسية لمصادر المياه ٥٤٧
- تقدير تكاليف وفوائد مصادر المياه ٤
- تقدير معامل التشتت ٢٢٢
- تقدير معاملات الطبقة الحاملة للمياه ٣٣٤
- تقرير الأثر البيئي ٥٦٦
- تقلبات مستوى المياه ٣٤٢
- تقنيات المعالجة ٦١٨
- تقنيات معالجة المياه الجوفية والمياه
- السطحية ٦١٩
- تقنيات معالجة تركيزات تلوث المرحلة
- الدائبة ٦١٩
- تقييم الأثار البيئية لمشروعات هندسة
- مصادر المياه ٥٧٨
- تقييم الأهمية البيئية للمشروعات ٥٩٢
- تقييم بدائل المشروع الهندسي لمصادر المياه
- ٥٥٤
- تقييم وتحليل الأثار ٥٧٨
- التكاليف السنوية ٥٤٩
- تكرار-مدة-شدة المطر ٢٨، ٢٧
- تكرار-مدة-عمق المطر ٢٨، ٢٦
- التكلفة السنوية للصيانة والتشغيل ٥٥٠
- تكلفه رأس المال ٥٤٩
- تكوين متابعات تدفق المجرى المائي ٩١
- تواجد المياه الجوفية ٢٦٥
- توثيق دراسات هندسة مصادر المياه ٤
- التوزيع الطبيعي ٣٩
- التوزيع اللوغاريتمي الطبيعي ٣٩
- توزيع بويسون ٨٧
- توزيع بيرسون اللوغاريتمي ٤١
- توزيع جامبل ٤١
- التوصيل الهيدروليكي ٢٦٨

- خطوة الهبوط ٣٣٥
- الجلد الذائب وأحمال الجليد ٦٧
- الخواص الطبيعية للماء النقي ٢٧٠
- الخواص الوسط المسامي ٢٦٦
- الحافة الحرة ١٤٩
- حالات تلوث المياه السطحية ٥٩٥، ٦٠٣
- دالة البئر ٣٢٥
- الدراسات التحليلية ٦
- دراسات تشغيل الخزان ٩١
- دراسات هندسة مصادر المياه ٤
- درجة التشبع ٢٦٧
- الحجم الكلي للتربة ٢٦٨
- الحجم المشغول بالغاز أو الهواء ٢٦٨
- حسابات تقلبات مستوى المياه ٣٢٤
- حفر آبار المراقبة ٣٧٨
- رقم رينولد ١٢٢
- الحماية من الانجراف ٣٩٥، ٣٩٨، ٤٠٤
- حسابات تقلبات مستوى المياه ٣٢٤
- حفر آبار المراقبة ٣٧٨
- زمن الانتقال ٥٤
- الحماية من الانجراف عند مرتكز جدار ٤١٧
- زمن الانتقال للتدفق الطبقي ٢٠
- الدعم ٤١٧
- زمن التأخير ٨٣، ١٥
- حماية نقطة ارتكاز جدار دعم المجرى ٤٢٤
- زمن التركيز ١٣
- زمن الهبوط ٣٣٦
- الحنية ٣٩٦
- السدود ٣٩٣
- خزان النبط ٥٢٨
- السدود والخزانات ٤٤١
- الخصائص الهيدرولوجية لمناشئ المياه ٥
- السدود، والخزانات، والمفائض ١٠
- سرعات السريان السطحي ١٩

- سرعات السريان المتوسطة ٢١
- السريان المضطرب في الأنابيب ٢٣٥
- السرعات المسموح بها في القنوات ١٤٨
- السريان المضغوط ١٢١
- سرعة الترشح ٣٦١
- السريان المنتظم ١٢١
- سرعة القص ٢٢٢، ٢١٦، ١٣٠
- السريان تحت الحرج ١٢٢
- السرعة القصوى المسموح بها ١٣١
- السريان خلال المنعطفات ١٤٨
- السرعة خلال فراغات التربة ٢٥٩
- السريان عبر المنحدرات شديدة الميل ١٦٢
- سرعة لا ترسيب ولا نفايات ١٣٣
- السريان الاضطرابي ١٢٢
- السريان الانتقالي (غير المستقر) للمياه
- الجوفية ٣٠٩
- السريان الحر ١٢١
- السريان الحرج ١٢٢، ١٥٤
- السريان الدارسي ٢٧٤
- السريان الطبقي ١٢٢
- السريان الطبقي في الأنابيب ٢٣٣
- السريان المتفرع ١٥٢
- السريان المستقر ١٢١
- السريان المستقر أحادي الاتجاه للمياه
- الجوفية ٢٧٤
- السريان المستقر المنتظم في القنوات
- المفتوحة ١٢٣
- السريان المستقر نصف القطري ٢٨١
- السريان غير الدارسي ٢٧٨
- السريان غير المستقر ١٢١، ١٧٦، ٣٠٩
- السريان غير المستقر أحادي البعد ٣٠٩
- السريان غير المنتظم ١٢١
- السريان فوق الحرج ١٢٢
- السريان في الأنابيب ٢٣٣
- السريان لبثر منفرد ٢٨١
- السريان نصف القطري غير المستقر لبثر
- مخترق كلياً طبقة غير محصورة ٣٣٣
- السريان نصف القطري غير المستقر لبثر
- مخترق كلياً طبقة محصورة ٣٢٥
- سريان وانتقال الملوثات خلال الصخر
- المتصدع ٣٦٥
- سعة الخزان ٤٤٣

الطرق الإحصائية وطرق التسلسل

العشوائي ٩٧

الطرق الحتمية ٩٢

الطرق المائي ٢٥٧

الطرق المختصرة ٣٩٨

طرق المعالجة ٦١٥

طرق تصريف الأنابيب أو الأنفاق ٤٧٨

طرق تقنية لحماية نقطة ارتكاز حافة

الدعم ٤٢٤

طرق زيادة الأكسجين المذاب في الماء

٥٣٨

طرق فنية تقنية لحماية حافة المجرى ٤٢٤

طريقة SCS 58

الطريقة المنطقية ١٢

طريقة الموجة الكينيماتيكية ٥٦

طريقة رقم المنحنى ٦٢

طريقة رقم منحنى خدمة المحافظة على

التربة لتقدير زمن التركيز ١٥

طريقة سنة المحطة ٣١

طريقة سنيدر لتقدير زمن التركيز ١٦

طريقة كريبيش لتقدير زمن التركيز ١٥

السعة النوعية للبئر ٣٠٧

سقوط المطر - الجريان السطحي ٨٤

سوائل الطور غير المائي ٣٥٢، ٣٥٤

ش

شدة المطر (شدة التساقط) ٢٤

شكل سطح المياه ١٥٠

ص

الصمود أمام الفيضان ٤٠١

ض

الضغط الهيدروستاتيكي ٣٠٣

ضيق القناة ٣٨٧، ٣٩١

ط

الطاقة النوعية ١٥٤

طبقة المياه الجوفية الارتوازية ٢٦٥

طبقة المياه الجوفية الحرة المتسربة ٢٦٦

طبقة المياه الجوفية المحصورة ٢٦٥

طبقة المياه الجوفية المعلقة ٢٦٦

طبقة المياه الجوفية المقيدة ٢٦٦

طبقة المياه الجوفية شبه محصورة ٢٦٦

طبقة المياه الجوفية غير محصورة ٢٦٦

عوامل مراقبة مشروع السد والخزان

٥٩٠

غ

غلاف بئر المراقبة والمصفاة ومجموعة

المرشحات وسدادة الأحكام ٣٧٨

ف

فرضيات دويوت ٢٨٢

الفقد الأولي الثابت ٦٢

الفوائد السنوية ٥٥٠

فواقد التربة ٦٢

ق

قابلية النقل ٣٠٩

قانون دارسي ٢٧٤

القدرة الكهرومائية ٥١٣

القفزة الهيدروليكية ١٦٣، ١٧٠

قناة التصريف السيفونية ٤٨٥

قناة التصريف المتدرجة ٤٩٠

قناة التصريف المستدقة الرأس ٤٦٥

قناة تصريف الأنابيب أو الأنفاق ٤٧٨

قناة تصريف القابس المنصهر ٤٦٣

قناة تصريف القناة الجانبية ٤٧١

طريقة كوبر جاكوب ٣٣٥

طريقة مكتب استصلاح الأراضي

بالولايات المتحدة لتقدير زمن التركيز

١٦

طريقة هيدروليكا المجرى المائي لتقدير

زمن التركيز ١٨

طريقة هيري - هاثاواي لتقدير زمن

التركيز ٢١

طول مصفاة البئر ٢٨٩

ع

عامل تغطيه رأس المال ٥٤٩

العرض العلوي والسطح الحر للقناة

٣٩٥

علاقة غايين - هيرتزبرج ٢٩٧

عمق ومدة المطر التصميمي ٥٧

العمليات الهيدرولوجية الخاصة

بالتحري العلاجي ودراسة الجدوى

٦٠٧

عملية إقامة القنوات ٤٠٠

عملية التحلل (التفسخ الحيوي) ٣٥٦

العوائق النباتية ١٤١، ١٤٣

- قناة تصريف مجد الصباح ٤٧٨
 قناة تصريف مسقط مياه السد الحر ٤٦٤
 القنوات المقطعة من الأرض مع
 مكافحة الأعشاب أو الأحجار ٤٦٣
 قنوات تصريف الحوض أو الشلال ٤٧٦
 قنوات تصريف المتاهة والمفايض ذات
 المدخل شبه الدائري أو مزدوج الجانب
 ٤٩٤
 قنوات تصريف المياه ٤٦٢
- ك**
 كفاءة الترسيب في الخزان ٤٥٣
- ل**
 اللزوجة الديناميكية ٢٧٠
 اللزوجة الكينماتيكية ٢٧٠، ٢٧٤
- م**
 مؤشرات الأداء البيئي ٥٨٩
 المتغيرات الهيدروليكية للقنوات ٤١٣
 متوسط التدفق المنخفض السنوي لسبعة
 أيام ١١٤
 متوسط التدفق المنخفض لسبعة أيام في
 عشر سنوات ١٠٨
- المتوسط الحسابي ٣٧
 محتوى الأكسجين المذاب في مخرجات
 محطة الطاقة ٥٣٧
 المحتوى الغازي ٢٦٧
 المحتوى المائي ٢٦٧
 المحتوى المائي الحجمي ٢٦٧
 محتوى بيان الأثر البيئي ٥٦٩
 محطة القدرة ٥١٣
 المداخل ٥٢٠
 المراقبة البيئية ٥٨٤
 مركبات عضوية شبه طيارة ٣٥٧
 مركبات عضوية طيارة قابلة للذوبان
 ٣٥٧
 المسافة بين أنابيب الصرف ٢٧٦
 المسامية الكلية ٢٦٧
 مشروعات التعدين ١٠
 مشروعات التنمية الاجتماعية ٩
 مشروعات الطاقة الكهرومائية ١١
 مشروعات الطاقة النووية ١١
 مشروعات هندسة مصادر المياه ٣
 المصارف الداخلية ٣٩٤

معادلة لاسي ١٣٣	المصطبة مستدقة الرأس (العقدية) ١٥٨
معادلة ماتاي ٨٠	معادلات الانحسار ٣٥
معادلة ماننق ١٢٣	معادلة الاستمرارية ٣١٠
معادلة ماير-بيتر-مولر ١٣٦	معادلة الانتشار التشتتي ٣٥٥
معادلة هازن-وليم ١٣٦	معادلة الانحسار ٢٩٦
المعالجة الحيوية ٦١٨	معادلة السريان الطبقي لتقدير زمن
المعالجة الفيزيائية والكيميائية ٥١٩	الانتقال ٢٠
معالجة الملوثات ٦١٥	معادلة أوكونور ٢٢٨
المعالجة عن طريق الإضعاف الطبيعي	معادلة اينشتين لبدء الحركة ١٣٧
٦١٦	معادلة اينشتين-ستكلير-ماننق ١٣٦
معامل الإعاقة ٢٢	معادلة ثايس ٣٢٥
معامل الالتفاف ٣٧	معادلة دارسي-ويزباك ١٢٣
معامل الالتواء ٣٧	معادلة ستريتر-فليس ٢٢٦
معامل التخزين ٣٠٩	معادلة ستريكلر ١٢٤
معامل التخلف اللابعدي ٣٥٥	معادلة شيزي ١٢٣
معامل التكرار ٤٠	معادلة شيلدز لإجهاد القص ١٣٥
معامل التوصيل الهيدروليكي ٢٧٤، ٢٧١	معادلة كامب ١٣٨
معامل الجريان السطحي المركب ١٣	معادلة كريين ٨٠
معامل الضيق في الأنابيب ٥٢٤	معادلة كريجر ٨٠
معامل انجراف التربة ١٨٩	معادلة كيندي لسرعة لا ترسيب
معامل خشونة جدار الأنوب ٢٢٢	ولانفايات ١٣٣

معامل دارسي للخشونة ٢٣٦	معيار النتيجة للتقييم ٥٥٩، ٥٥٧
معامل شيزي ١٣٠	مكونات المراقبة البيئية ٥٨٥
معامل فاقد الانحناء في الأنابيب ٥٢٥	ممر الفيضان ٤٠٠
معامل لاسي ١٣٣	مناشئ المياه الفرعية ٨٥، ٨٣، ٧٢
معامل ماننق ٢١، ١٢٥، ١٣٢، ١٤٥،	منحنى الطاقة النوعية النموذجي ١٦٨
٢٢٠	المنحنى المائي الوحدوي ٥٢
معامل هازن-ويليم ٢٣٨	المنحنى المائي الوحدوي اللابعدي ٥٣
معاملات الانحسار ٣٥	المنحنى المائي الوحدوي لسنايدر ٥٤
معاملات التشتت ٢٢٢	المنحنى المائي الوحدوي لكلاكرك ٥٣
معاملات الجريان السطحي ١٣	المنحنى المائي لأقصى فيضان محتمل ٧٧
معاملات ماكسي-إيكن ٢٩٦	منحنى بلنش النموذجي ١٦٨
معاينة بئر المراقبة ٣٨٠	منحنى خدمة المحافظة على التربة ١٥
المعايير الإنشائية ٣٩٣	منحنى سطح الماء ١٣٥
المعايير الإنشائية للتحكم في الانجراف	منحنيات الكتلة للتدفق والطلب المتغير
٣٩٣	١٠٠
المعايير غير الإنشائية ٤٠٢	المنحنيات المائية المدجة والتخديد خلال
معدل الخصم ٥٤٩	القنوات ٧١
معدل الفقد المنتظم ٦٢	المنحنيات المائية للجريان السطحي ٤٩،
معدل تزايد الأسعار ٥٥٠	٦٥
معدلات تسرب التربة ٦٣	منشآت الإسقاط ٤٢٦
معيار التحقيق للتقييم ٥٥٧	منطقة التأثير ٢٨٥

نماذج سريان وانتقال المياه الجوفية ٣٨٠

نماذج محاكاة السريان المستمر ١١٨

نموذج 61 HEC-1

نموذج إدارة مياه العاصفة ١١٨

نموذج الانتقال المعياري ثلاثي الأبعاد

للمواد الملوثة في أنظمة المياه الجوفية ٣٨٢

نموذج الانجراف والترسيب في الأنهار

وأحواض السدود ٢٦١، ٣٩٣

نموذج التصوير الحيوي ٣٨٢

نموذج التقسيم الهيدروليكي لأداء

الأرض المشبعة ٣٨١

نموذج الفرق النهائي لسريان المياه

الجوفية ثلاثي الأبعاد المعياري ٣٨٠

نموذج القطاعات الجانبية لسطح الماء ٢٦٠

نموذج الهيدرولوجيا المدنية لمناشئ المياه

الصغيرة ١١٧

نموذج برنامج المحاكاة الهيدرولوجي ١١٩

نموذج برنامج تحليل البربخ ٢٦٠

نموذج برنامج هيدرولوجيا صياغة

المشروع ١١٧

المنظور التنظيمي ٦٠٤

منهج التسلسل ٥٤٠

منهج نموذج 61 HEC-1

المواضيع البيئية ومراقبتها ٥٦٣

المياه الجوفية ٢٦٥

الميل الهيدروليكي ٢٧٤

الميل الجانبية المناسبة للقنوات القابلة

للانجراف ١٣٣

الميل الجانبية المناسبة للقنوات غير

القابلة للانجراف ١٢٨

ن

نسبة الفراغات ٢٦٧

نسبة سرعة الموجة ٤٥٥

نصف قطر التأثير ٢٩٠

النفذية ٢٦٨

نماذج التخفيف لتصرفات أفرع النهر ٢٦٣

النماذج الهيدرولوجية ١١٦

النماذج الهيدروليكية ٢٥٩

نماذج تحديد وتحديد المنحنيات المائية

لانسحاب العاصفة ١١٦

نماذج جودة مياه المجارى المائية المحسنة

نموذج بناء تدفق المجرى المائي وتنظيم

الخزان ١١٩

نموذج تحليل تكرار تدفق الفيضان ١٢٠

نموذج تحليل نظام الخزان للمحافظة

ومحاكاة نموذج لمراقبة الفيضان ونظم

المحافظة ١٢٠

نموذج تصدع السد ٢٦٠

نموذج تقييم عداد التعريض متعدد

الأوساط ٣٨١

نموذج جودة المياه في حالة أنظمة النهر-

حوض السد ٢٦٣

نموذج حزمة المنحنى المائي للفيضان ١١٦

نموذج شفرة تحديد مساحة حماية ضاغط

البئر ٣٨١

نموذج محاكاة تدفق المجرى المائي

الشهري ١١٩

نموذج منطقة الخلط الهيدروديناميكية ٢٦٢

نموذج نظام التشكيل الهيدرولوجي ١١٧

نموذج نظام التنبؤ بالأحوال الجوية للنهر

١١٨

نموذج نظام تحليل النهر ٢٦٠

نموذج نظام تشكيل التساقط-الجريان

السطحي ١١٨

٥

الهدارات ذات المصطبة الحادة ١٥٦

الهدارات ذات المصطبة العريضة ١٥٦

هندسة مصادر المياه ١

هيدروليكا الأنابيب متعددة الفتحات

(الرذاذ) ٢٢٨

هيدروليكا الرذاذات ٢٤٦

هيدروليكا الهدارات والمفايض ١٥٦

٥

وحدة الأوزان الظاهرية الجافة للأوساط

المسامية ٢٦٩

وحدة الوزن الرطبة للتربة ٢٦٧

وحدة الوزن الظاهرية الجافة للتربة ٢٦٧

وحدة الوزن المغمورة لحبيبات التربة ٢٦٨

وحدة أوزان الجزيئات ٢٦٩

وحدة وزن حبيبات التربة ٢٦٧

وصف البدائل والأهمية لمعيار التقييم ٥٥٨

obeikandi.com

نبذة عن المؤلف

الأستاذ الدكتور عبدالرحمن علي العذبة
أستاذ هندسة نظم المياه والري - قسم الهندسة الزراعية
كلية علوم الأغذية والزراعة - جامعة الملك سعود، الرياض
<http://faculty.ksu.edu.sa/alazba>

- من مواليد ١٣٨١هـ بقرية آل ماشي، محافظة أحدرفيدة، منطقة عسير. التحق عام ١٤٠٠هـ بجامعة الملك سعود، كلية علوم الأغذية والزراعة، قسم الهندسة الزراعية، وبعد التخرج عين معيدا بالقسم في جمادى الأولى عام ١٤٠٥هـ (١٩٨٥م).
- ابتعث الى الولايات المتحدة الأمريكية للحصول على الماجستير والدكتوراة، حيث اكمل مرحلة اللغة الانجليزية بجامعة ولاية أوهايو، كولومبس، أوهايو، ١٤٠٧هـ (١٩٨٥م).
- حصل على الماجستير في الهندسة الزراعية من قسم الهندسة الزراعية والكيميائية بكلية الهندسة، جامعة ولاية كولورادو، ١٤١٠هـ (١٩٨٩م).
- حصل على الدكتوراه في هندسة الري، تخصص رئيس، ومصادر المياه (إدارة وهيدروليكا)، تخصص رديف من قسم هندسة الموارد الطبيعية والزراعة بكلية الهندسة والمعادن، جامعة اريزونا، ١٤١٤هـ (١٩٩٤م).
- اهتماماته البحثية في مجال المياه والري مرتبطة بتقدير الطلب على مياه الري في المملكة، وتحسين طرق تقدير الاحتياجات المائية للمحاصيل، وإدارة مياه الري، وترشيد المياه ورفع كفاءة استخدامها في الري على النحو الأمثل، وحصاد المياه واستغلال مياه الأمطار في الري، والري الناقص وتطبيقاته في المملكة. نشر العديد من الابحاث في النمذجة والبرمجة، والأمثلية واستخدام نظم المعلومات الجغرافية، ونظم القرار المساند.

- أستاذ هندسة نظم المياه والري والمشرف على كرسي الشيخ محمد بن حسين العمودي لأبحاث المياه، وترأس قسم الهندسة الزراعية بجامعة الملك سعود، وشارك في عضوية كثير من اللجان، ومنها اللجنة الوطنية لترشيد مياه الري، وخبير إيفاد الداخلي في مشروع تطوير سهول تهامة ومناطق جازان لدراسة المياه وشبكات الري، وشارك في اللجنة السعودية-اليابانية لدراسة الموت القمي في منطقة عسير (مجموعة المياه والأرصاء المناخية)، وعضو اللجنة الفرعية للمياه والري بالغرفة التجارية بالرياض، عضو فريق دراسة وضع الري في المملكة العربية السعودية، وعضو مبادرة ترشيد استخدام المياه في الري بصندوق التنمية الزراعية.
- عضو جمعية المهندسين المدنيين الأمريكية، وجمعية المهندسين الزراعيين الأمريكية، وجمعية المهندسين الزراعيين الآسيوية، والجمعية السعودية للعلوم الزراعية، وعضو مؤسس في جامعة أهلية، وعضو مؤسس في جمعية القمح السعودية، وعضو في جمعية حماية المستهلك. وعضو اللجنة العليا الإشرافية للبوابة الإلكترونية بجامعة الملك سعود، ومستشار فريق تقنية المعلومات والبوابة الإلكترونية لكلية علوم الأغذية والزراعة.
- مستشار غير متفرع بوزارة التعليم العالي ووكالة جامعة الملك سعود للثئون الأكاديمية، ومستشار متعاون مع شركات زراعية لترشيد المياه والطاقة ونشر ثقافة وتطبيق إدارة مياه الري في المملكة العربية السعودية.
- أشرف على رسائل ماجستير وممتحن خارجي لرسائل الدكتوراه.
- ألف كتاب ميكانيكا الموضع التطبيقية، وترجم مع آخرون كتاب تصميم نظم الري "المنظور الهندسي".
- له محاولات جادة في تفعيل وتطبيق إدارة المياه والري في المملكة، ومن خلال تجاربه في ذلك تبين أن التحدي كبير ويحتاج إلى بذل الكثير من الجهد والتضحية.