No.

الوكالة اليابانية للتعاون الدولي (جايكا)

سلطة الموارد المائية الوطنية (NWRA)
وزارة المياه والبيئة (MWE)

دراسة
لإدارة الموارد المائية
وتحسين إمداد المياه الريفي
في جمهورية اليمن
خطة عمل إدارة الموارد المائية
لحوض صنعاء

التقرير النهائي

التقرير الرئيسي

سبتمبر 2007

شركة EARTH SYSTEM SCIENCE CO., LTD.
بالمشاركة مع
شركة JAPAN TECHNO CO., LTD

GE
JR
07-066

الوكالة اليابانية للتعاون الدولي (جايكا)

سلطة الموارد المائية الوطنية (NWRA)
وزارة المياه والبيئة (MWE)

دراسة
لإدارة الموارد المائية
وتحسين إمداد المياه الريفي
في جمهورية اليمن
خطة عمل إدارة الموارد المائية
لحوض صنعاء

التقرير النهائي

التقرير الرئيسي

سبتمبر 2007

شركة EARTH SYSTEM SCIENCE CO., LTD.
بالمشاركة مع
شركة JAPAN TECHNO CO., LTD

سعر الصرف المستخدم

في هذه الدراسة

1.00 دولار أمريكي = 180.88 ريال يمني = 123.00 ين ياباني

يوليو 2007

المقدمة

استجابة الى طلب من الحكومة اليمنية, فان الحكومة اليابان وافقت على اجرا دراسة مصادر المياه وتحسين تجهيز مياه الريف في جمهورية اليمن , خطة عمل إدارة مصادر المياه لحوض صنعاء ولها ثقة بدراسة بالوكالة اليابانية للتعاون الدولي (**JICA**).
الوكالة اليابانية للتعاون الدولي اختارت وأرسلت فريق عمل برئاسة السيد هيرويوشي يامادا من الشركة المساهمة نظام علوم (**ESS**) ومكونين من الشركة اليابانية وعملوا من الفترة ما بين فبراير 2007 وحتى أكتوبر 2007.

عقد الفريق نقاشات مع الجهات ذات العلاقة في الحكومة اليمنية, واجرو للمسح للمناطق المشمولة في الدراسة. وبعد العودة الى اليابان الفريق اجرى مزيد من الدراسة وجهزوا التقرير النهائي.

أتمنى من أن هذا التقرير سيساهم في تقدم في هذا المشروع ويطور العلاقات الصديقة بين البلدين الصديقين.

أخيرا, أود أن أقدم اخلص الشكر إلى المسئولين ذات العلاقة في الحكومة اليمنية لتعاونهم العميق خلال فترة الدراسة.

نوفمبر 2007
اريوكي ماتسموتو
نائب المدير
الوكالة الدولية للتعاون الدولي (JICA)

دراسة مصادر المياه وتحسين تجهيز مياه الريف في جمهورية اليمن
خطة عمل إدارة مصادر المياه لحوض صنعاء

نوفمبر 2007

اريوكي ماتسموتو
نائب المدير
الوكالة الدولية للتعاون الدولي (JICA)

رسالة تسليم

السادة المحترمون,

نحن نرحب بتسليمكم التقرير النهائي " دراسة مصادر المياه وتحسين تجهيز مياه الريف في جمهورية اليمن خطة عمل إدارة مصادر المياه لحوض صنعاء". تم تحضير هذا التقرير من قبل فريق الدراسة حسب العقود الموقعة يوم 30 يناير 2007 و 27 ابريل 2007 بين الوكالة اليابانية للتعاون الدولي وفريق الدراسة المشترك من شركة ارض نظام علوم المساهمة وشركة اليابانية للمعلومات.

في الدراسة, درسنه الوضع الحالي لمصادر المياه, والوضع الاقتصادي والاجتماعي والمؤسسي والتنظيم في حوض صنعاء. ووضعنا السيناريو التي يجب إتباعه لتخفيف الوضع الخطير لمصادر المياه وذلك من وجهة نظر الإمكانية العليا للتنفيذ وتقديم خطة عمل لإدارة مصادر المياه لحوض صنعاء وما هي الخطوات التي يجب إتباعها لتحقيق السيناريو.

يتكون التقرير من الملخص, التقرير الرئيسي, وتقرير الدعم. الملخص يعطي ملخص عن نتائج الدراسة. التقرير الرئيسي يحتوي على الأوضاع الحالية, السيناريوهات المستقبلية التي يجب إتباعها, خطة عمل إدارة مصادر المياه لحوض صنعاء, الاستنتاج والتوصيات. تقرير الدعم يحتوي على تفاصيل تقنية عن الدراسة.

جميع أعضاء فريق الدراسة يودوا أي يقدموا شكر جزيل إلى الوكالة اليابانية للتعاون الدولي, لجنة الإرشاد في الوكالة اليابانية للتعاون الدولي وزارة الخارجية, سفارة اليابان في جمهورية اليمن, المانحين, المنظمات الغير الحكومية, وكذلك جميع المسئولين في اليمن, والأشخاص لتعاونهم لفريق الدراسة. ويتمنى فريق الدراسة من ان نتائج هذه الدراسة ستساهم لحل الوضع الراهن لمصادر المياه في حوض صنعاء وان يستمر التعاون بين البلدين الصديقين في مناسبات اخرى

مع التقدير

هيرويوشي يمادا
رئيس فريق الدراسة

الخلاصة التنفيذية

1. خلفية عن الدراسة

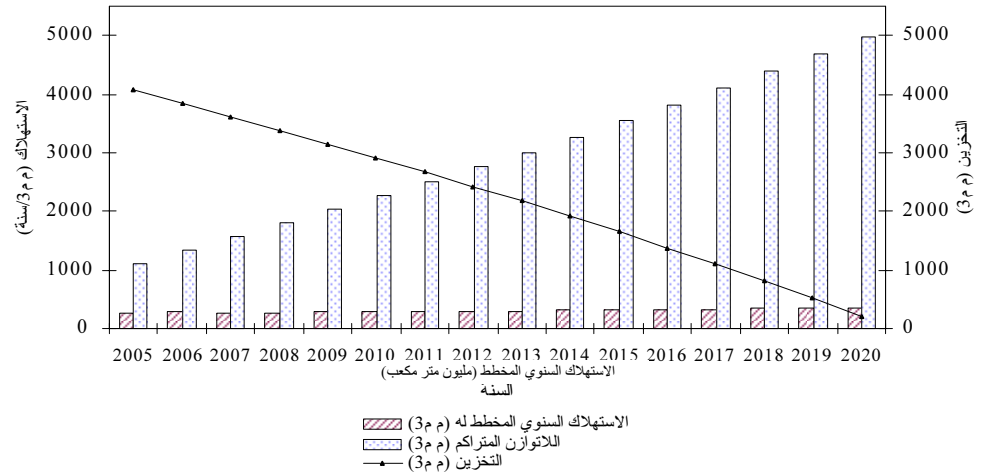
في حوض صنعاء, حيث تقع العاصمة اليمنية, تم تعميق الطبقة الجوفية من اجل سد الحاجة لتجهيز الماء للاستخدام المنزلي والري. كنتيجة, فان نقص المياه بداء أن تصبح أسوا يوم عن يوم وذلك من خلال سحب المياه بصورة غير مدروسة ومن غير إعادة ملئ وكذلك الزيادة في النمو السكان.

وضع حوض صنعاء كمنطقة محمية حسب قرار مجلس الوزراء رقم 33 لعام 2002 كأحد الأحواض الخمسة الخطرة. الهيئة العامة للموارد المائية فرع صنعاء أسس عام 2003 وسيقوم بتنفيذ أدارة الموارد المائية حوض صنعاء. لجنة حوض صنعاء نظم مع سكرتارية فنية للهيئة العامة للموارد المائية فرع صنعاء. الدراسات المكثفة لمصادر المياه داخل حوض صنعاء قد بداء منذ عام 1970 لكن الهيئة العامة للموارد المائية فرع صنعاء واجهت صعوبات في تنفيذ إدارة مصادر المياه بصورة جدية. بخصوص هذا فان الحكومة اليمنية طلبت من الحكومة اليابانية بالقيام بتعاون فني من اجل وضع خطة عمل لإدارة مصادر المياه لحوض صنعاء على المعلومات والبيانات المتوفرة.

2. السيناريوهات المستقبلية حسب الطلب الاجتماعي الاقتصادي والماء في حوض صنعاء

(1) التوازن المستقبلي للماء

المستقبل المتوقع للطلب على الماء بداء بارتفاع بصورة تدريجية من 269.3 مليون متر مكعب في عام 2005 إلى 349.6 مليون متر مكعب في عام 2020. بينما, تجديد مصادر المياه يقدر بحوالي 50.7 مليون متر مكعب سنويا. التوازن بين الطلب وتجديد مصادر المياه يقدر بأقل من 298.9 مليون متر مكعب في عام 2020, أذا لم يتغير كمية أعادة الملء. هذا يعني بان عدم تجديد مصادر المياه سيتمر بالانخفاض. معدل استهلاك المياه الجوفية حسب الإحصائيات المتوفرة يقدر 5212 مليون متر مكعب. لذا أذا استمر استهلاك المياه حسب الطلب المستقبلي للمياه فان المياه الجوفية لا تستطيع سد الحاجة في عام 2021 كما مبين في الشكل 1.



الشكل1 انخفاض المحزون حسب الطلب المستقبلي

(2) السيناريوهات المستقبلية

من اجل الحفاظ على الاستقرار لمصادر المياه في حوض صنعاء، فان جميع نشاطات الري يجب ان تتوقف وان تجهيز مناطق الحضر يجب أن يكون ثلثين. لكنه غير حقيقي باعتبار أن النشاط الاقتصادي يعتمد على قطاع الزراعة. لكن, جميع المساهمين يجب عليهم خفض استهلاك المياه على الاقل قبل عام 2020 من اجل وفير الفرص للوصول الى الخطوة التالية حسب السيناريو الذي يظهر خفض استهلاك المياه. في هذه الدراسة من وجهة النظر هذه, فتم اخذ بنظر الاعتبار الطلب على المياه. فتم تلخيص هذه السيناريوهات حتى العام 2020 في الجدول 1 وكما هو مبين في *الشكل 2*. تم تحضير هذه السيناريوهات الأربعة جنبًا إلى جنب مع سيناريوهات لخمسة قطاعات. حالة تحديد كل سيناريو هي كما يلي.

- سيناريو 1: يتم تطبيق قيم أقل مساهمة لتخفيض الاستهلاك في كل قطاع مثل أعلى معدل نمو وأقل فعالية ري، والمحددة في الخطة الموجودة والتي حددها فريق الدراسة.

- سيناريو 2: يتم تطبيق قيم أقصى تخفيض ممكن لاستهلاك المياه المحدد من قبل فريق الدراسة لإمداد المياه للمنطقة المدنية ولأغراض الري والذي يفسر الجزء الكبير من إجمالي استهلاك المياه.

- سيناريو 3: يتم تطبيق قيم أقصى تخفيض ممكن لاستهلاك المياه المحدد من قبل فريق الدراسة ليس فقط لإمداد المياه للمنطقة المدنية ولأغراض الري ولكن لأغراض الصناعة والسياحة أيضًا.

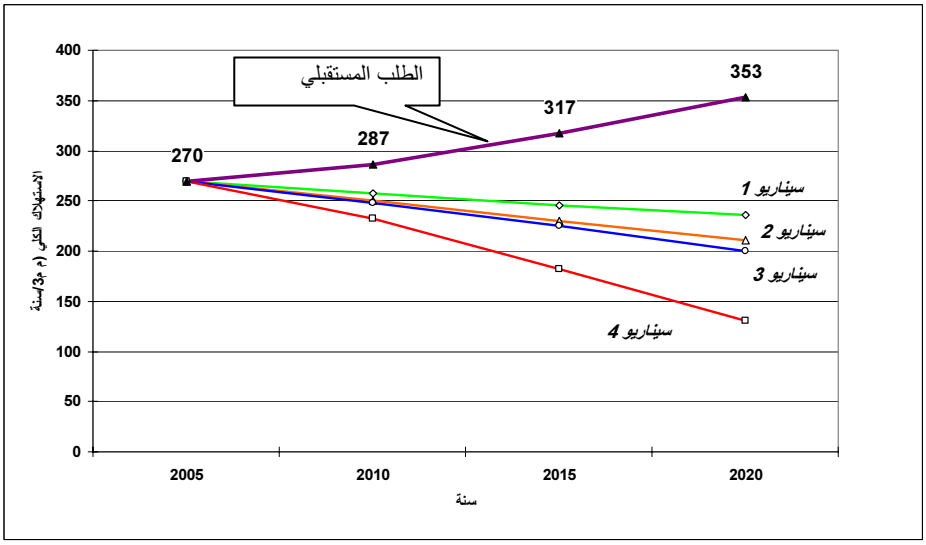
- سيناريو 4: يتم تطبيق قيم أقصى تخفيض ممكن لاستهلاك المياه المحدد من قبل فريق الدراسة لإمداد المياه للمنطقة المدنية ولأغراض الصناعة والسياحة. بالنسبة لأغراض الري، فيتم تطبيق تخفيض استهلاك المياه إلى 50 مليون متر مكعب مع الأخذ بعين الاعتبار إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في العام 2020.

الجدول 1 ملخص السيناريوهات للطلب على المياه

	إمداد المياه للمنطقة المدنية (المجتمع المحلي والمؤسسات)	الاستعمال المحلي في المناطق الريفية	الاستعمال الصناعي	الاستعمال السياحي	الاستعمال للري	مجموع الاستهلاك
السيناريو 1	(عدد السكان: 3198573 *LPGR 1 (الفاقد المادي: 14.6 م م3 (20%)*2 (استهلاك المياه لكل وحدة: 35 لتر/فرد/يوم*3	(عدد السكان: 437532*5 استهلاك المياه لكل وحدة: 40 (لتر/فرد/يوم*5)	معدل النمو القديم، (DPPR*6)	بالاستناد إلى DPPR	لا يوجد توسع في المنطقة المروية منذ عام 2005 IE: 60%*(7) المتطلب الفعلي: 83.68 م م3/سنة	***235.5***
م م3/سنة	**73**	**6.4**	**9.5**	**7.1**	**139.5**	
السيناريو 2	عدد السكان: 3198573 LPGR (الفاقد المادي: 10.3 م م3 (15%)*4 استهلاك المياه لكل وحدة: 35 لتر/فرد/يوم	عدد السكان: 437532 استهلاك المياه لكل وحدة: 40 لتر/فرد/يوم	معدل النمو القديم، DPPR	بالاستناد إلى DPPR	لا يوجد توسع في المنطقة المروية منذ عام 2005 IE: 70% المتطلب الفعلي: 83.68 م م3/سنة	***211.2***
م م3/سنة	**68.7**	**6.4**	**9.5**	**7.1**	**119.5**	
السيناريو 3	عدد السكان: 3198573 LPGR الفاقد المادي: 10.3 م م3 (15%) استهلاك المياه لكل وحدة: 35 لتر/فرد/يوم	عدد السكان: 437532 استهلاك المياه لكل وحدة: 40 لتر/فرد/يوم	لا يوجد نمو في الصناعة داخل حوض صنعاء منذ عام 2005	لا يوجد نمو في السياحة داخل حوض صنعاء منذ عام 2005	لا يوجد توسع في المنطقة المروية منذ عام 2005 IE: 70% المتطلب الفعلي: 83.68 م م3/سنة	***199.8***
م م3/سنة	**68.7**	**6.4**	**4.8**	**0.4**	**119.5**	
السيناريو 4	عدد السكان: 3198573 LPGR الفاقد المادي: 10.3 م م3 (15%) استهلاك المياه لكل وحدة: 35 لتر/فرد/يوم	عدد السكان: 437532 استهلاك المياه لكل وحدة: 40 لتر/فرد/يوم	لا يوجد نمو في الصناعة داخل حوض صنعاء منذ عام 2005	لا يوجد نمو في السياحة داخل حوض صنعاء منذ عام 2005	التقليل إلى 11.111 هكتار من المنطقة المروية من أصل 18954 هكتار تركيب نظام الري المحسن في 7843 هكتار	***130.3***
م م3/سنة	**68.7**	**6.4**	**4.8**	**0.4**	**50**	

* 1) LPGR: معدل نمو السكان المحدود المحدد في مشروع إمداد المياه والصرف الصحي لصنعاء (SWSSP)
* 2) الفاقد المادي، 20% محدد في مشروع SWSSP
* 3) الخيار 1 محدد في مشروع SWSSP، الخيار الأدنى، يتم تزويد المدينة بكاملها بالمياه
* 4) الفاقد المادي، 15% محدد من قبل فريق الدراسة
* 5) معدل النمو السكاني في المناطق الريفية: 2.5% معتمد من قبل مشروع GARWSP واستهلاك المياه للوحدة هو 20 لتر/فرد/يوم: معتمد من قبل سلطة NWRA.
* 6) القيمة المحسوبة المبنية على خطة التطوير الاجتماعية والاقتصادية للحد من الفقر (DPPR، 2006-2010)
* 7) كفاءة الري

* 8) الاستهلاك الكلي يتضمن ما يفقد في إمداد المياه وزيادة الاستخدام لأغراض الري



الشكل 2 السيناريوهات للطلب على الماء (2005-2020)

(3) السيناريو المستقبلي للحد الأعلى من الاستقرار

تم تقييم الأربع سيناريوهات المحددة والتي تهدف لخفض استهلاك الموارد المائية مع الأخذ بعين الاعتبار الوضع الحرج للموارد المائية، لاختيار السيناريو الأكثر منطقية. نتائج التقييم لكل سيناريو هي كالتالي.

- سيناريو 1: بالرغم من تحديد كفاءة الري بنسبة 60%، فهناك إمكانية للمزيد من التحسن في الكفاءة من خلال تركيب أنابيب لنقل المياه. بالإضافة لذلك، تم تحديد الفاقد المادي لإمداد المياه للمناطق المدنية بالنسبة 20%. مع ذلك، فيمكن خفض نسبة الفاقد المادي من خلال تقديم تقنية الكشف عن تسرب المياه للتسرب غير المرئي من الأرض. لذلك، يمكن استنتاج أن هناك إمكانية للمزيد من تخفيض استهلاك المياه في هذا السيناريو.

- سيناريو 2: يعتبر تخفيض استهلاك المياه في قطاعات الري وإمداد المياه للمناطق المدنية والتي تمثل جزءًا كبيرًا من إجمالي استهلاك المياه، أكبر ما يكون. في حين لم يتم اتخاذ أي إجراء لخفض استهلاك المياه للاستخدامات الصناعية والسياحية. لذلك، يمكن الاستنتاج أن هناك إمكانية للمزيد من التخفيض من استهلاك المياه في هذا السيناريو.

- سيناريو 3: يعتبر تخفيض استهلاك المياه في قطاعات الري وإمداد المياه للمناطق المدنية والتي تمثل جزءًا كبيرًا من إجمالي استهلاك المياه، أكبر ما يكون. بالإضافة إلى ذلك، تم تحديد التحكم في نمو الطلب على المياه في القطاعات الصناعية والسياحية في هذا السيناريو. لذلك، فقد تمت مراعاة تأثر النشاطات الاقتصادية إذا تم اتخاذ المزيد من الإجراءات للتخفيض من استهلاك المياه.

- سيناريو 4: بالإضافة إلى ما تم تحديده في السيناريو 3، فقد تم تحديد استهلاك المياه لأغراض الري ليتم تخفيضه إلى 50 مليون متر مكعب والذي يتطابق مع كمية المياه العادمة المعالجة المتوفرة في العام 2020. من

خلال هذا التحديد، يتوجب على المزارعين تقليل مساحة أراضيهم المروية إلى ثلث المساحة الحالية وستقل منتجاتهم الزراعية. كنتيجة لذلك، فقد تمت مراعاة تناقص دخل المزارعين والأثر السلبي على الأنشطة الزراعية. لذلك، فإن تنفيذ السيناريو يفترض أن يكون في غاية الصعوبة.

كما ذكر أعلاه، فهناك إمكانية للمزيد من تخفيض استهلاك المياه في السيناريوهات 1 و 2. تمت مراعاة الأثر السلبي على الأنشطة الزراعية في السيناريو 4، بالرغم من أن كمية التخفيض هي الأعلى من بين السيناريوهات الأربعة المذكورة أعلاه. لذلك، تم اختيار السيناريو 3 كالسيناريو الذي يشتمل على إمكانية تنفيذ الإجراءات وأقصى كمية تخفيض ممكنة لاستهلاك المياه، كسيناريو يتجه لاستدامة الموارد المائية في حوض صنعاء.

من خلال تنفيذ السيناريو 3، يمكن توفير 153 مليون متر مكعب من الموارد المائية في عام 2020، تباعًا، سيتم تمديد الفترة التي يتوقع أن تصبح فيها الموارد المائية في وضع حرج إلى عام 2036 أي حوالي 30 سنة من العام 2007.

تحسين كفاءة الري وتحسين وضع الفاقد المادي لإمداد المياه في المناطق المدنية وإعادة استخدام المياه العادمة المعالجة لأغراض الري هي الإجراءات الواجب اتخاذها وبأولوية عالية بحلول العام 2020 بما يتوافق مع السيناريو 3. لأن المساهمة من أجل تخفيض استهلاك المياه مرتفعة وتنفيذ كل مكونة يعتبر سهلاً.

مع ذلك، ينبغي التنويه إلى أنه بالرغم من تنفيذ السيناريو 3 بشكل كامل، إلا أن موارد المياه الجوفية ستصبح حتمًا في وضع حرج في العام 2037.

3. خطة عمل إدارة مصادر المياه

(1) محتوى خطة العمل

من اجل التعايش مع الوضع الحرج لمصادر المياه ولتامين مستقبل الأجيال القادمة, فيجب تعد خطط العمل كما موضح في الجدول رقم 2، مع اخذ بنظر الاعتبار الوضع الحالي لمصادر المياه والسيناريوهات الاجتماعية والاقتصادية المستقبلية. أن خطة عمل إدارة مصادر المياه تتكون من "خطة عمل" و "الإجراءات التي يجب أن تأخذ لتقدم مستقبلي". ما ذكر أعلاه هو الإجراءات التي يجب أن تنفذ سريعا من اجل لتحقيق السيناريو رقم 3, وهذا يعني تقليل 153 مليون متر مكعب من استهلاك المياه قبل عام 2030، والمساهمة بصورة فعالة للسيطرة على الوضع الحرج لمصادر المياه. الإجراءات التالية هو لتحسين تأثير النتائج "لخطة العمل". هذه الإجراءات تساهم في التعايش مع الوضع الحرج لمصادر المياه، لكن كمية المياه التي يجب تقليلها لم يوضح. لذا فان الفهم للوضع الحالي هو الخطوة الأولى لهذه الإجراءات.

جدول 2 الإجراءات التي يجب إتباعها

الرقم	محتوى تقرير خطة عمل ادارة مصادر المياه في حوض صنعاء
	خطة العمل
1	**خفض استهلاك المياه لاغراض الري** (1) رفع مستوى الةعي عند المزارع بخصوص استخدام وسائل الري الحديث (2) اقناع المزارعين بعدم توسيع اراضيهم (3) تركيب وسائل ري حديثة (4) تعريف بالوسائل الري الحدية مع تركيب عدادات (5) تحسين قدرة المديرية العامة للري/الهيئة العامة للمصادر المياه فرع صنعاء (6) اعادة النظر في دعم نشاطات الري
2	**خفض الخسائر الطبيعية لتجهيز المياه للحضر**

(1) السعي لكسب تفهم مستخدمي المياه في مدينة صنعاء للقبول بتخفيض استهلاك المياه للوحدة (2) تحسين قدرة خفض النضوح (3) مراقبة كميةا الانتاج وتطور في تحسن الفقدان	
التاكيد على استخدام المياه العادم المعالج (1) التاكيد على تحسين وجود محطة معالجة المياه العادم وبناء محطة جديدة (2) تخطيط لتوزيع الياه العادم (3) الترويج للمزارعين عن فهم استخدام المياه العادم المعالج والقيام بتجربة امامهم من اجل اقناعهم (4) مراقبة نوعية المياه	3
التحكم في استهلاك المياه لأغراض الصناعة (1) لتحضير لجرد لمصادر المياه الموجودة المستخدمة للاغراض المصانع (2) السعي لكسب تفهم أصحاب المصانع لعدم توسيع أنشطتهم داخل حوض صنعاء (3) خفض كمية المياه المستخدمه في المصانع واعادةاستخدام المياه داخل المصانع (4) تحضير خطة رئيسية للقطاع الصناعي واخذ بنظر الاعتبار وضع مصادر المياه	4
الاستهلاك المستمر للاغراض السياحي (1) لتحضير لجرد لمصادر المياه الموجودة المستخدمة للاغراض السياحي (2) تنبيه أصحاب الفنادق لعدم توسيع استهلاكهم للمياه (3) تحضير خطة رئيسية للقطاع الصناعي واخذ بنظر الاعتبار وضع مصادر المياه	5
تطوير المؤسسي (1) انهاء الشروط الرئيسية لقانون المياه لعام 2002 وتطوير القرار اعتبار حوض صنعاء منطقة مياه محمية (2) زيادة الوعي لدى العامة والقادة السياسيين حول إدارة الموارد المائية (3) تحسين الية العمل للادارة المحلية والمنظمة	6
التطوير التنظيمي (1) تحسين وظائف الهيئة العامة للموارد المائية فرع صنعاء: تطوير الهيكل التنظيمي, تطوير مصادر المياه, تحسين الادارة المالية وتحسين الية التنظيم والمراقبة. (2) الترويج لاندماج المجالس المحلية باطار تنظيمي محلي لادارة مصادر المياه على مستوى الحوض. (3) الترويج من اجل مشاركة القادة التقليديين والمؤسسات العشائرية من اجل تنفيذ ادارة مصادر المياه, تحت عاتق لجنة حوض صنعاء. (4) تحسين التوعية لجمعية حوض صنعاء حول تقليل استهلاك المياه	7
الاجراءات التي يجب القيام بها من اجل تقدم افضل	
حماية مصدر المياه الجوفية من التلوث (1) السيطرة على التلوث الناتج من المصانع - تحضير لجرد لمعرفة اسباب التلوث لمصادر المياه - توعية اصحاب المصانع ومحطات الوقود والمحلات الصغيرة - فرض المادة 54 من قانون المياه وتحضير لقانون محلي صارم - تحضير لنظام جمع من اجل رمي المياه العادم الذي ياتي من المصانع (2) السيطرة على عدم الاستخدام المفرط للمبيدات والسماد الكيميائي	1
الاستخدام الامثل للمياه السطحية (1) الاستخدام الامثل لمياه الحصاد - تحضير لجرد عن طرق حصاد المياه المتوفرة - السعي لكسب تفهم المزارعين ليستخدموا نظام الحصاد المائي بشكل صحيح (2) اخذ بنظر الاعتبار اعادة الملئ وبناء السدود - مراقبة وتحليل النشاطات المستمرة الخاصة بتحسين اعادة الملئ - اخذ بنظر الاعتبار النظرة المتكاملة للادارة المتكاملة لنظام اعادة الملئ	2
تحقيق الامثلية لتجهيز المياه التي تقدم من قبل المجهز في مدينة صنعاء (1) الفهم للوضع الحالي لتجهيز المياه الخاص وتاسيس قاعدة معلومات (2) زيادة الوعي حول طرق توفير المياه لدى المزودين على المستوى الخاص (3) تقديم العداد لاغراض المراقبة	3
اعادة تخصيص مصادر المياه دوليا اقليميا وعلى اقطاع (1) اعادة تخصيص المياه من الري الى استخدام المنزلي للحضر (2) السعي لكسب تفهم القبائل حول نقل المياه من أراضيهم إلى أماكن أخرى، وإلى ما بعد خطوط نقل المياه	4

(2) تنفيذ جدول خطة العمل

جدول تنفيذ خطة العمل المقترح موضح في *الجدول 3*. تم تحضير هذا الجدول الزمني مع مراعاة المشاريع

المستمرة مثل مشروع SBWMP وإعادة تأهيل محطات معالجة المياه العادمة، وينبغي إعادة الجدولة بناءً على تقدم كل نشاط وبالتوافق مع الظروف الفعلية على الأرض، بموجب مبادرة سلطة NWRA-SB، جنبًا إلى جنب مع المنظمات المعنية.

الجدول 3 الجدول المقترح لخطة العمل

الاجراءات التي يجب اتباعها			المنظمات المسؤولة	الحالة	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	خفض استهلاك المياه لاسباب الري	(1)	وزارة الزراعة والري	مشروع ادارة المياه في حوض صنعاء														
				خطة عمل														
		(2)	وزارة الزراعة والري	خطة عمل														
		(3)	وزارة الزراعة والري	مشروع ادارة المياه في حوض صنعاء														
				خطة عمل														
		(4)	وزارة الزراعة والري	خطة عمل														
		(5)	وزارة الزراعة والري	مشروع ادارة المياه في حوض صنعاء														
				خطة عمل														
		(6)	وزارة الزراعة والري	خطة عمل														
2	خفض الخسارة الطبيعية لتجهيز مياه الحضر	(1)	المجلس المحلي لتجهيز المياه والصرف الصحي	خطة عمل														
		(2)	المجلس المحلي لتجهيز المياه والصرف الصحي	المجلس المحلي لتجهيز المياه والصرف الصحي														
		(3)	الهيئة العامة لمصادر المياه فرع صنعاء	خطة عمل														
3	اعادةاستخدام المياه العادم	(1)	المجلس المحلي لتجهيز المياه والصرف الصحي	المجلس المحلي لتجهيز المياه والصرف الصحي														
		(2)	المجلس المحلي لتجهيز المياه والصرف الصحي	المجلس المحلي لتجهيز المياه والصرف الصحي														
		(3)	وزارة الزراعة والري	خطة عمل														
		(4)	الهيئة العامة لمصادر المياه فرع صنعاء	خطة عمل														
4	استهلاك المستمر لمياه الصناعي	(1)	الهيئة العامة لمصادر المياه فرع صنعاء	خطة عمل														
		(2)	الهيئة العامة لمصادر المياه فرع صنعاء	خطة عمل														
		(3)	الهيئة العامة لمصادر المياه فرع صنعاء	خطة عمل														
		(4)	وزارة الري	خطة عمل														
5	الاستهلاك المستمر لمياه السياحة	(1)	الهيئة العامة لمصادر المياه فرع صنعاء	خطة عمل														
		(2)	الهيئة العامة لمصادر المياه فرع صنعاء	خطة عمل														
		(3)	وزارة التجارة	خطة عمل														
6	التطوير المؤسسي	(1)	الهيئة العامة الموارد المياهية الفرع الرئيسي	الهيئة العامة الموارد المياهية الفرع الرئيسي														
		(2)	الهيئة العامة الموارد المياهية الفرع الرئيسي	خطة عمل														
		(3)		خطة عمل														
		(4)	لجنة حوض صنعاء	خطة عمل														
7	التطوير التنظيمي	(1)	الهيئة العامة لمصادر المياه فرع صنعاء	خطة عمل														
		(2)	لجنة حوض صنعاء	خطة عمل														
		(3)	لجنة حوض صنعاء	خطة عمل														
		(4)	الهيئة العامة لمصادر المياه فرع صنعاء	مشروع ادارة المياه في حوض صنعاء														
				خطة عمل														

جدول المحتويات (التقرير الرئيسى)

الملخص التنفيذي

جدول المحتويات

قائمة الجداول

قائمة الأشكال

الاختصارات

الفصل1 مقدمة

1.1 خلفية الدراسة ---------- 1 - 1

2.1 أهداف الدراسة ---------- 1 - 2

3.1 منطقة الدراسة ---------- 1 - 2

4.1 تنفيذ الدراسة ---------- 1 - 4

5.1 تركيبة التقرير ---------- 1 - 4

6.1 الأعضاء المشاركين بالدراسة ---------- 1 - 5

الفصل 2 الوضع الحالي المتعلق بالموارد المائية واستعمال المياه في حوض صنعاء

1.2 تفويض ---------- 2 - 1

2.2 الموارد المائية ---------- 2 - 1

1.2.2 المياه السطحية ---------- 2 - 1

2.2.2 المياه الجوفية ---------- 2 - 4

3.2.2 المياه العادمة المعالجة ---------- 2 - 6

4.2.2 مصادر المياه البديلة خارج حوض صنعاء ---------- 2 - 7

3.2 استعمال المياه الحالي ---------- 2 - 9

1.3.2 استعمال المياه المحلية ---------- 2 - 9

2.3.2 استعمال المياه لأغراض الزراعة ---------- 2 - 11

3.3.2 استعمال المياه لأغراض الصناعة ---------- 2 - 12

4.3.2 استعمال المياه لأغراض السياحة ---------- 2 - 13

4.2 توازن المياه ---------- 2 - 14

1.4.2 توازن المياه في كامل حوض صنعاء ---------- 2 - 14

2.4.2 توازن المياه في كل حوض فرعي ---------- 2 - 14

الفصل 3 المسائل التي ستتم مراعاتها في خطة العمل

1.3 تفويض ---------- 3 - 1

2.3 المسائل التي ستتم مراعاتها في خطة العمل---------- 3 - 1
1.2.3 استهلاك المياه بكميات هائلة لأغراض الري---------- 3 - 1
2.2.3 الفاقد المادي لإمداد المياه المدنية---------- 3 - 2
3.2.3 توفر المياه المعالجة---------- 3 - 3
4.2.3 الفرق في عدم التوازن المائي بين الأحواض الفرعية ---------- 3 - 3
5.2.3 التطوير المؤسساتي---------- 3 - 4
6.2.3 التطوير التنظيمي---------- 3 - 8
7.2.3 تلوث موارد المياه الجوفية المحدودة---------- 3 - 12
8.2.3 ضرورة أخذ الاستعمال الفعال للمياه السطحية بعين الاعتبار ---------- 3 - 14

الفصل 4 السيناريوهات المستقبلية بالإستناد إلى الاقتصاد الاجتماعي والطلب على المياه في حوض صنعاء

1.4 التفويض ---------- 4 - 1
2.4 الطلب على المياه مستقبلاً---------- 4 - 1
1.2.4 تنبؤات عدد سكان حوض صنعاء ---------- 4 - 1
2.2.4 الطلب على المياه المحلية ---------- 4 - 4
3.2.4 الطلب على المياه الزراعية---------- 4 - 6
4.2.4 الطلب على المياه الصناعية ---------- 4 - 7
5.2.4 الطلب على المياه السياحية ---------- 4 - 7
3.4 التوازن المائي المستقبلي ---------- 4 - 8
4.4 السيناريوهات المستقبلية ---------- 4 - 10
1.4.4 السياسة الأساسية لتحديد السيناريو المستقبلي---------- 4 - 10
2.4.4 إمداد المياه للمناطق المدنية---------- 4 - 12
3.4.4 الاستعمال المحلي في المنطقة الريفية---------- 4 - 13
4.4.4 الاستعمال الصناعي ---------- 4 - 13
5.4.4 الاستعمال السياحي ---------- 4 - 13
6.4.4 الاستعمال للري ---------- 4 - 14
5.4 السيناريو المستقبلي نحو الاستدامة القصوى ---------- 4 - 15
1.5.4 الفترة المتوقعة لموارد المياه الجوفية القابلة للاستعمال في كل سيناريو ---------- 4 - 15
2.5.4 مجموعة من السيناريوهات المستقبلي نحو الاستدامة القصوى---------- 4 - 17

الفصل5 خطة عمل إدارة موارد مياه حوض صنعاء

1.5 توجه خطة العمل ---------- 5 - 1
2.5 خطة العمل---------- 5 - 1
1.2.5 تقليل استهلاك المياه لأغراض الري---------- 5 - 1

2.2.5 تقليل الفاقد المادي لإمداد المياه المدنية---------- 5 - 5
3.2.5 ضمان إعادة استعمال المياه العادمة المعالجة---------- 5 - 7
4.2.5 التحكم في استهلاك المياه للاستعمال في أغراض الصناعة---------- 5 - 9
5.2.5 التحكم في استهلاك المياه للاستعمال في أغراض السياحة---------- 5 - 10
6.2.5 التطوير المؤسساتي---------- 5 - 11
7.2.5 التطوير التنظيمي---------- 5 - 15
3.5 دراسة خطة العمل ---------- 5 - 20
4.5 الجدول الزمني لتنفيذ خطة العمل---------- 5 - 22
5.5 الاجراءات التي ينبغي اتخاذها للمزيد من التقدم ---------- 5 - 25
1.5.5 حماية موارد المياه الجوفية من التلوث ---------- 5 - 25
2.5.5 الاستعمال الفعال لنظام إعادة التعبئة ---------- 5 - 26
3.5.5 تحسين امداد المياه الذي يؤمنه الموردين على المستوى الخاص في مدينة صنعاء ---------- 5 - 28
4.5.5 إعادة توزيع الموارد المائية على المناطق المختلفة والقطاعات ---------- 5 - 29

الفصل 6 القرارات النهائية والتوصيات

1.6 القرارات النهائية---------- 6 - 1
2.6 التوصيات ---------- 6 - 1
3.6 الاعتبارات المستقبلية ---------- 6 - 2

قائمة الجداول (التقرير الرئيسي)

الفصل 1 مقدمة

الجدول 1.1 **قائمة الأعضاء المشاركين في الدراسة** ---------- 1 - 5

الفصل 2 الوضع الحالي المتعلق بالموارد المائية واستعمال المياه في حوض صنعاء

الجدول 1.2 درجة الحرارة الشهرية (محطة سلطة الموارد المائية NWRA-A) ---------- 2 - 1
الجدول 2.2 تساقط الأمطار شهريًا (محطة سلطة الموارد المائية الوطنية NWRA-A) ---------- 2 - 2
الجدول 3.2 متوسط التدفق المتعلق بحوض صنعاء ---------- 2 - 3
الجدول 4.2 تقدير تعبئة المياه الجوفية في حوض صنعاء ---------- 2 - 5
الجدول 5.2 تعبئة المياه الجوفية المقدرة في حوض صنعاء---------- 2 - 5
الجدول 6.2 قائمة بمصادر المياه البديلة---------- 2 - 7
الجدول 7.2 إنتاج واستهلاك المياه (1988-2006) ---------- 2 - 9
الجدول 8.2 استهلاك المياه المحلية من إمداد المياه على المستوى الخاص ---------- 2 - 10
الجدول 9.2 استهلاك المياه المحلية المقدرة للمناطق الريفية ---------- 2 - 10
الجدول 10.2 المناطق المروية واستخراج المياه لكل حوض فرعي ---------- 2 - 12
الجدول 11.2 استهلاك المياه المقدر لقطاع الصناعة لعام 2005---------- 2 - 13
الجدول 12.2 استهلاك المياه المقدر لقطاع السياحة في عام 2005 ---------- 2 - 14
الجدول 13.2 توازن المياه في حوض صنعاء (2005) ---------- 2 - 14
الجدول 14.2 توازن المياه في الأحواض الفرعية من خلال الأسلوب الهيدرولوجي---------- 2 - 15

الفصل 4 السيناريوهات المستقبلية بالإستناد إلى الاقتصاد الاجتماعي والطلب على المياه في حوض صنعاء

الجدول 1.4 تنبؤات عدد سكان مدينة صنعاء حسب السيناريو ---------- 4 - 1
الجدول 2.4 عدد السكان التقديري ضمن الحوض مقسمًا على المناطق (عام 2004)---------- 4 - 3
الجدول 3.4 التوقعات الخاصة بعدد سكان المناطق الموجودة ضمن حوض صنعاء---------- 4 - 3
الجدول 4.4 تنبؤات عدد سكان الحوض الفرعي---------- 4 - 4
الجدول 4.5 الطلب على المياه للمناطق المدنية ---------- 4 - 5
الجدول 6.4 الطلب على المياه مستقبلاً للمناطق الريفية مقسمًا على الحوض الفرعي ---------- 4 - 6
الجدول 7.4 الطلب على المياه للري (IE=40%)---------- 4 - 7
الجدول 8.4 الطلب على المياه الصناعية حسب السيناريو ---------- 4 - 7
الجدول 9.4 توقعات الطلب على المياه السياحية---------- 4 - 8
الجدول 10.4 التوازن المائي المستقبلي ---------- 4 - 9
الجدول 11.4 السيناريو الملخص للطلب على المياه ---------- 4 - 11
الجدول 12.4 تنبؤات عدد السكان بمعدل نمو محدود ---------- 4 - 12

الجدول 13.4 سيناريو إمداد المياه للمناطق المدنية ---------- 4 - 12
الجدول 14.4 سيناريو الاستعمال الصناعي---------- 4 - 13
الجدول 15.4 سيناريو الاستعمال السياحي---------- 4 - 14
الجدول 16.4 سيناريو الاستعمال للري---------- 4 - 14
الجدول 17.4 الفترة المتوقعة لموارد المياه الجوفية القابلة للاستعمال في كل سيناريو ---------- 4 - 16

الفصل5 خطة عمل إدارة موارد مياه حوض صنعاء

الجدول 1.5 أعمال التي ينبغي اتخاذها---------- 5 - 1
الجدول 2.5 جدول زمني يتعلق بتقليل استهلاك مياه الري---------- 5 - 4
الجدول 3.5 المسؤوليات المتعلقة بتحسين كفاءة استعمال المياه لأغراض الري ---------- 5 - 5
الجدول 4.5 المسؤوليات المتعلقة بتحسين كفاءة استعمال المياه لإمداد المياه المدنية التي تمت تغطيتها من قبل مؤسسة صنعاء المحلية لإمداد المياه والصرف الصحي SWSLC---------- 5 - 6
الجدول 5.5 الأحواض الفرعية المقترحة لتوزيع المياه العادمة المعالجة ---------- 5 - 8
الجدول 6.5 المسؤوليات المتعلقة بضمان إعادة استعمال المياه العادمة المعالجة ---------- 5 - 9
الجدول 7.5 المسؤوليات المتعلقة بالتحكم باستهلاك المياه بغرض الاستعمال الصناعي---------- 5 - 10
الجدول 8.5 المسؤوليات المتعلقة بالتحكم باستهلاك المياه بغرض الاستعمال السياحي---------- 5 - 11
الجدول 9.5 بحث خطط العمل والهيئات المسؤلة ---------- 5 - 21
الجدول 10.5 الجدول الزمني المقترح لخطة العمل (2/1) ---------- 5 - 23
الجدول 10.5 الجدول الزمني المقترح لخطة العمل (2/2)---------- 5 - 24
الجدول 11.5 المسؤولية المتعلقة بالسيطرة على التلوث---------- 5 - 26
الجدول 12.5 المسؤوليات المتعلقة بالتحكم بالاستعمال المفرط للأسمدة الكيماوية والمبيدات الحشرية ---------- 5 - 26
الجدول 13.5 المسؤولية المتعلقة بالاستعمال الفعال للحصاد المائي ---------- 5 - 27
الجدول 14.5 المسؤولية المتعلقة بالسدود التي تم بحثها---------- 5 - 28
الجدول 15.5 المسؤولية المتعلقة بتحسين كفاءة استعمال المياه لإمداد المياه المدنية التي تمت تغطيتها من قبل المورّدين على المستوى الخاص---------- 5 – 29
الجدول 16.5 المسؤولية المتعلقة في تحسين إعادة توزيع مياه إمداد المياه المدنية ---------- 5 – 30

قائمة الأشكال (التقرير الرئيسي)

الفصل 1 مقدمة

الشكل 1.1 **منطقة الدراسة** ---------- 1 - 3
الشكل 2.1 **مخطط الدراسة** ---------- 1 - 6

الفصل 2 الوضع الحالي المتعلق بالموارد المائية واستعمال المياه في حوض صنعاء

الشكل 1.2 درجة الحرارة الشهرية (محطة سلطة الموارد المائية NWRA-A، من 1989 إلى 1997) ------- 2 - 1
الشكل 2.2 هطول الأمطار سنويًا (محطة سلطة إدارة الموارد المائية NAWRA-A) ---------- 2 - 2
الشكل 3.2 خريطة خط التماطر لحوض صنعاء ---------- 2 - 2
الشكل 4.2 مواقع السدود ---------- 2 - 4
الشكل 5.2 مواقع الينابيع ---------- 2 - 4
الشكل 6.2 مواقع مصادر المياه البديلة ---------- 2 - 7

الفصل 4 السيناريوهات المستقبلية بالإستناد إلى الاقتصاد الاجتماعي والطلب على المياه في حوض صنعاء

الشكل 1.4 مخطط تنبؤات عدد سكان مدينة صنعاء ---------- 2 - 4
الشكل 4.2 خفض المخزون مع الطلب المستقبلي المخطط له ---------- 4 - 9
الشكل 3.4 سيناريوهات الطلب على المياه (من عام 2005 إلى 2020) ---------- 4 - 11
الشكل 4.4 الفترة المتوقعة لموارد المياه الجوفية القابلة للاستعمال مع التعبئة ---------- 4 - 16
الشكل 5.4 الفترة المتوقعة لموارد المياه الجوفية القابلة للاستعمال مع إعادة استعمال المياه العادمة المعالجة من عام 2020 وإعادة التعبئة المستمرة ---------- 4 - 17
الشكل 6.4 تقليل الجدول الزمني للسيناريو 3 ---------- 4 - 18
الشكل 7.4 الفترة المتوقعة لموارد المياه الجوفية القابلة للاستعمال للسيناريو 3 ---------- 4 - 19

الفصل5 خطة عمل إدارة موارد مياه حوض صنعاء

الشكل 1.5 سيناريو لتقليل استهلاك المياه لأغراض الري ---------- 5 - 2

الاختصارات

DPPR	برنامج التطوير للحد من الفقر (الاجتماعي-الاقتصادي الثالث)
EPA	وكالة حماية البيئة
ETa	النتح والتبخر الفعليان
FAO	منظمة الأغذية والزراعة التابعة لهيئة الأمم المتحدة
GARWSP	السلطة العامة لمشاريع إمداد المياه الريفية
GDI	المحافظة العامة للري
GVP	القيمة الإجمالية للإنتاج
HWC	المجلس الأعلى للمياه
IPAC	حملة المعلومات والتوعية العامة
IWRM	إدارة الموارد المائية المتكاملة
IWRM-SB	إدارة الموارد المائية المتكاملة لحوض صنعاء
JICA	الوكالة اليابانية للتعاون الدولي
MAF	وزارة الزراعة والصيد
MAI	وزارة الزراعة والري
MCM	مليون متر مكعب
MDGs	أهداف تطوير الألفية
MWE	وزارة المياه والبيئة
NO3	النترات
NRW	مياه غير متجددة
NWP	سياسة المياه الوطنية
NWRA	سلطة الموارد المائية الوطنية
NWRA-SB	سلطة الموارد المائية الوطنية لفرع صنعاء
NWS	إستراتيجية المياه الوطنية
NWSA	سلطة المياه والصرف الصحي الوطنية
NWSSIP	البرنامج القومي الاستراتيجي والاستثماري لقطاع المياه
SAWAS	مصادر إمداد المياه في حوض صنعاء
SBC	لجنة حوض صنعاء
SBWMP	مشروع إدارة مياه حوض صنعاء
SBWRM-PPT	دراسة إدارة الموارد المائية لحوض صنعاء
SWSLC	مؤسسة صنعاء المحلية لإمداد المياه والصرف الصحي
SWSSP	مشاريع إمداد المياه والصرف الصحي لصنعاء
WEC	مركز جامعة صنعاء للمياه والبيئة
WHO	منظمة الصحة العالمية
WUA	جمعية مستخدمي المياه
WUG	مجموعة مستخدمي المياه
WWTP	محطة معالجة المياه العادمة

الفصل 1

مقدمة

الفصل 1 مقدمة

1.1 خلفية الدراسة

الجمهورية اليمنية واحدة من أكثر دول العالم شحًّا في المياه، ويعزى ذلك للطلب المتزايد للأغراض المنزلية والزراعية والصناعية. حصة الفرد الواحد من الموارد المائية البالغة 150 م^3 سنويًا منخفضة جدًا مقارنة بالمعدل العالمي البالغ 2500 م^3، وحتى مقارنة بالمعدل الإقليمي البالغ 1000 م^3 (وزارة التخطيط والتعاون الدولي، 2006)[1]. تقدر الموارد المائية القابلة للتجدد سنويًا بـ 2.5 مليار متر مكعب (1.5 مليار متر مكعب من المياه الجوفية و 1.0 مليار متر مكعب من المياه السطحية). الاستهلاك السنوي الكلي، مع ذلك، يقف عند 3.4 مليار متر مكعب. هذا يعني أن 0.9 مليار متر مكعب من المياه الجوفية يتم استنزافها كل سنة، مع انخفاض مستوى المياه في معظم الطبقات الجوفية يتراوح بين 2 و 6 أمتار كل سنة. وبالتالي، فإن من المتوقع أن تجف موارد المياه الجوفية الثمينة خلال 15 إلى 50 سنة.

للتخفيف من مشكلة المياه الوطنية الخطيرة، قامت الحكومة اليمنية بتشريع "القانون رقم (33) لسنة 2002 المتعلق بالمياه" والذي تم تعديله بالقانون رقم (41) في العام 2006، تباعًا، تم تأسيس وزارة المياه والبيئة في عام 2003. سلطة الموارد المائية الوطنية (NWRA) وتحت رعاية وزارة المياه والبيئة (MWE) تقوم بتطوير القدرة المؤسساتية للاستعمال المستمر للموارد المائية. ثم، قامت الحكومة اليمنية بتشكيل البرنامج القومي الاستراتيجي والاستثماري لقطاع المياه (NWSSIP) بدعم من الدول المانحة. أبدت الدول المانحة ومن ضمنها اليابان نيتها الأكيدة لدعم تنفيذ برنامج NWSSIP.

تم اختيار حوض صنعاء ليكون "منطقة المحافظة على المياه" بموجب المرسوم الوزاري رقم (344) في العام 2002 لكونه واحدًا من الأحواض الحرجة الخمسة. في حوض صنعاء، حيث تقع عاصمة اليمن، هطول الأمطار السنوي محدود، لذلك، فقد تزايد تطوير طبقات جوفية أعمق بشكل تصاعدي لتلبية الطلب بإمداد المياه للأغراض المنزلية والري المصاحب لتقديم تقنية حجيثة لحفر الآبارجنبًا إلى حنب مع التدفق الهائل للأموال أثناء الإزدهار النفطي. كنتيجة لذلك، أصبح مخزون المياه أسوأ ويتسارع الآن بفعل عدم التوازن المستمر بين إعادة التغذية السنوية وازدياد الطلب على المياه.

بناءً على قانون المياه، تم انتداب سلطة NWRA لتشكيل خطة لإدارة الموارد المائية، لتنفيذ الإدارة المتكاملة للموارد المائية ولتأسيس لجنة الحوض. ثم في عام 2003 تم إنشاء سلطة NWRA فرع صنعاء (NWRA-SB)، بمسؤوليات تستند قانونيًا للتفويض الممنوح لها بواسطة سلطة NWRA وفقًا للمادة (72) من قانون المياه، وستقوم بتنفيذ الأنشطة المتعلقة بإدارة الموارد المائية لحوض صنعاء. لجنة حوض صنعاء (SBC)، وهي الآن تحت رئاسة وزارة المياه والبيئة، تم تنظيمها في العام 2003 بالتعاون مع السكرتير الفني لسلطة NWRA-SB لتنفيذ إدارة الموارد المائية في حوض صنعاء.

أجريت الدراسات الشاملة للموارد المائية منذ السبعينيات وتم إطلاق مشروع إدارة الموارد المائية في العام 2003، مع ذلك، فإن سلطة NWRA-SB واجهت صعوبات في تنفيذ إدارة الموارد المائية بفعالية.

في هذا السياق، طلبت الحكومة اليمنية من الحكومة اليابانية تنفيذ التعاون الفني لتشكيل خطة عمل لإدارة الموارد المائية لحوض صنعاء مبنية على البيانات والمعلومات الموجودة.

2.1 أهداف الدراسة

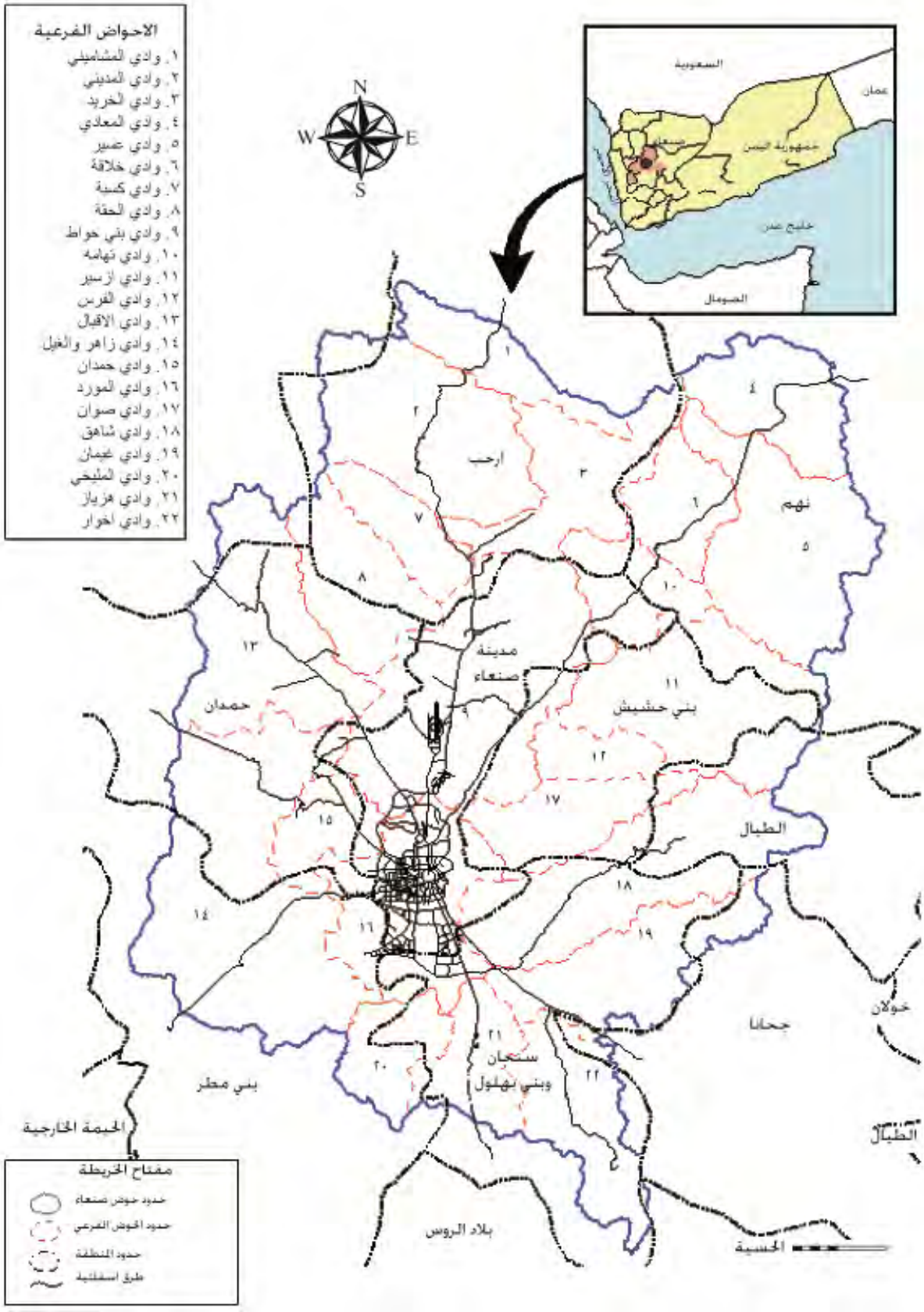
أهداف الدراسة هي؛

(1) تشكيل خطة عمل لإدارة الموارد المائية لحوض صنعاء مبنية على البيانات والمعلومات الموجودة، و

(2) نقل التكنولوجيا والمعرفة بإدارة الموارد المائية إلى الموظف المقابل من خلال الساهمة المباشرة في الدراسة.

3.1 منطقة الدراسة

تغطي الدراسة حوض صنعاء والمناطق المحيطة به كما هو موضح في *الشكل 1.1*. جميع أو بعض أجزاء المناطق السبعة التابعة لمقاطعة صنعاء ومدينة صنعاء مشمولة في حوض صنعاء. حوض صنعاء مقسم إلى 22 حوض فرعي.



الشكل 1. 1 منطقة الدراسة

دراسة خطة عمل إدارة الموارد المائية لحوض صنعاء	جايكا

4.1 تنفيذ الدراسة

كل من مقار السلطة الوطنية لإدارة الموارد المائية (NWRA) وفرعها في صنعاء وكلاهما تابع لوزارة المياه والبيئة تم تعيينها من قبل حكومة اليمن كهيئتين مناظرتين. بينما تم تعيين الوكالة اليابانية للتعاون الدولي (جايكا) كهيئة رسمية مسئولة عن تنفيذ برنامج التعاون الفني الخاص بالحكومة اليابانية.

أجريت الدراسة من قبل فريق الدراسة الياباني، المؤلف من أعضاء من شركة Earth System Science Co., Ltd وشركة Japan Techno Co., Ltd، واللتين أحضرتهما جايكا رسميًا للدراسة، والطاقم المناظر الذي تم تجهيزه من قبل سلطة NWRA.

أسماء الأعضاء المشتركين في الدراسة مدرجة في *الجدول 1.1*

الجدول الزمني الكلي للدراسة موضح في المخطط (انظر، *الشكل 1.2*).

5.1 تركيبة التقرير

يتكون هذا التقرير من (3) مجلدات: التقرير الملخص والتقرير الأساسي والتقرير المساند. التقرير الأساسي يعرض النتائج الملخصة لجميع الدراسات وخطة عمل إدارة الموارد المائية لحوض صنعاء. في الفصل الثاني، هناك وصف للوضع الحالي للموارد المائية واستخدامات المياه والمؤسسة والهيئة. وهناك وصف للمسائل التي سيتم أخذها بعين الاعتبار في خطة العمل في الفصل الثالث. يعرض الفصل الرابع السيناريوهات المستقبلية المبنية على الاقتصاد الاجتماعي والطلب على المياه. الفصل الخامس يعرض خطة عمل إدارة الموارد المائية لحوض صنعاء. يتناول الفصل السادس الاستنتاجات والتوصيات.

نتائج الدراسة المفصلة موجودة في التقرير المساند. محتويات التقرير المساند هي كما يلي؛

الفصل الأول: السياسة والاستراتيجية الوطنية للمياه

الفصل الثاني: خطة إدارة الموارد المائية لأحواض حرجة أخرى

الفصل الثالث: الوضع الحالي للموارد المائية

الفصل الرابع: الوضع الحالي للاقتصاد الاجتماعي

الفصل الخامس: الوضع الحالي لاستخدام المياه

الفصل السادس: الإطار المؤسسي والإداري الحالي

الفصل السابع: البنية التنظيمية الحالية

الفصل الثامن: الاعتبارات البيئية والاجتماعية

1. 6 الاعضاء المشاركين بالدراسة

أسماء الاعضاء المشاركين في الدراسة مدرجة في *الجدول 1 . 1* .

الجدول 1. 1 قائمة الاعضاء المشاركين في الدراسة

1) لجنة التوجيه الخاصة بالمشروع

لجنة التوجيه الخاصة بالمشروع مؤلفة من الأعضاء السبعة (7) التالية أسمائهم.

الاسم	المهمة
المهندس سالم باشعيب	: الرئيس
المهندس عبدالله ضبان	: محافظ صنعاء
المهندس يحيى الإرياني	: وزارة المياه والبيئة
المهندس مطهّر زيد	: وزارة الزراعة والري
المهندس سالم باقحيزل	: سلطة حماية البيئة
المهندس ابراهيم المهدي	: مؤسسة صنعاء المحلية لإمداد المياه والصرف الصحي
المهندس صالح الدبي	: مدير فرع NWRA في صنعاء

2) الفريق المناظر

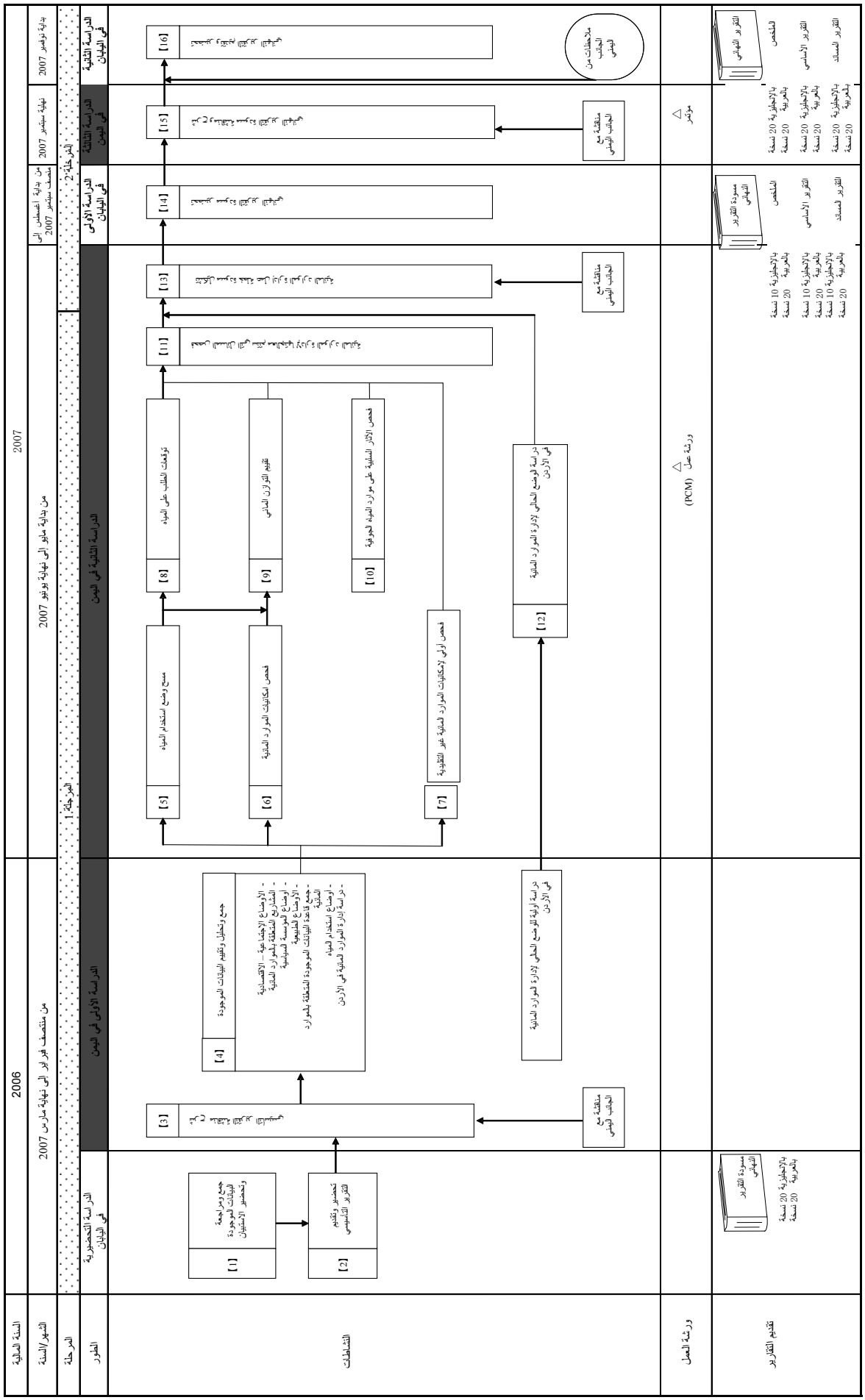
الفريق مؤلف من الأعضاء الستة (6) التالية أسمائهم

الاسم	المهمة
المهندس محمد عبد السلام	: قائد الفريق المناظر/ إدارة الموارد المائية
المهندس خالد البار	: القائد السابق للفريق المناظر/ إدارة الموارد المائية
المهندس أحمد ناجي الرازقي	: دراسة جيولوجية الماء/ دراسة الموارد المائية/ جودة المياه
الآنسة وفاء العكوة	: دراسة جيولوجية الماء/ دراسة الموارد المائية/ جودة المياه
المهندس ابراهيم الزبيري	: التخطيط لاستخدام المياه
المهندس ابراهيم محمد اسماعيل	: التطوير المؤسساتي/ تحليل الاقتصاد الاجتماعي، المسح الاجتماعي/ التحليل المؤسساتي، الاعتبارات البيئية والاجتماعية/ تسهيلات PCM

3) فريق دراسة جايكا

الفريق مؤلف من الخبراء السبعة (7) التالية أسمائهم.

الاسم	المهمة
السيد هيرويوشي يامادا	: قائد الفريق/ إدارة الموارد المائية
السيد يوسوكي أوشيكا	: دراسة جيولوجية الماء/ دراسة الموارد المائية/ جودة المياه
السيد ماسائو ويماتسو	: التخطيط لاستخدام المياه
السيد نائوكي موري	: التطوير المؤسساتي/ تحليل الاقتصاد الاجتماعي
الآنسة ميكيكو آزوما	: المسح الاجتماعي/ التحليل المؤسساتي
السيد كيئيجي نيئيجيما	: الاعتبارات البيئية والاجتماعية/ تسهيلات PCM
السيد أراتا ساساكي	: إدارة الدراسة



الشكل 2.1 مخطط الدراسة

المرجع

وزارة التخطيط والتعاون الدولي (2006) خطة تطوير الاقتصاد الاجتماعي للحد من الفقر (2006- 2010)

الفصل2

الوضع الحالي المتعلق بالموارد المائية واستعمال المياه في حوض صنعاء

الفصل 2 الوضع الحالي المتعلق بالموارد المائية واستعمال المياه في حوض صنعاء

1.2 تفويض

في هذا الفصل، الأوضاع الحالية المتعلقة بالموارد المائية في حوض صنعاء، والتي تعتبر معروفة كونها وضعًا طارئًا، قد تم وصفها من أجل إدراك وفرة الموارد المائية، التي تم إتباعها عن طريق وصف الوضع الحالي المتعلق باستعمال المياه. ثم، وصف الوضع الحالي لإطار العمل التأسيسي والبنية التنظيمية المعنية بإدارة الموارد المائية .

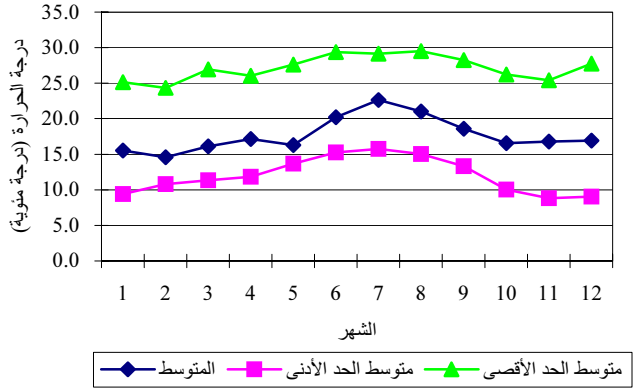
2.2 الموارد المائية

1.2.2 المياه السطحية

(1) علم الأرصاد الجوية

1) درجة الحرارة

معدل درجة الحرارة الشهرية المسجلة في محطة سلطة إدارة الموارد المائية NWRA-A تم تخطيطها في *الشكل 1.2* وتلخيصها في *الجدول 1.2* . وبالرغم من أن القيم المسجلة المكتسبة محدودة جدًا، إلا أن التوجه العام في حوض صنعاء قد تمت ملاحظته. الفصل الأكثر حرارةً هو من يونيو إلى أغسطس، والفصل الأكثر برودة هو ما بين يناير وفبراير. يتفاوت معدل درجة الحرارة الشهرية من 15 إلى 25 درجة مئوية.



الشكل 1.2 درجة الحرارة الشهرية (محطة سلطة الموارد المائية NWRA-A، من 1989 إلى 1997)

الجدول 1.2 درجة الحرارة الشهرية (محطة سلطة الموارد المائية NWRA-A)

السنة		يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط	الحد الاقصى	الحد الادنى
1989	المتوسط						22.1	23.5						22.8	23.5	22.1
	الحد الادنى						14.9	15.9						15.4	15.9	14.9
	الحد الاقصى						28.5	28.6						28.6	28.6	28.5
1990	المتوسط	15.5	16.8	18.6	18.9				23.2	21.4	19.4			19.1	23.2	15.5
	الحد الادنى	8.6	11.7	11.5	12.2				16.7	13.9	11.3			12.3	16.7	8.6
	الحد الاقصى	23.8	23.8	27.1	26.2				29.9	28.3	25.8			26.4	29.9	23.8
1992	المتوسط														0.0	0.0
	الحد الادنى											6.6	6.0		6.6	6.0
	الحد الاقصى														0.0	0.0
1993	المتوسط	15.3	15.6		17.2	20.5	23.1	22.8	22.5					19.6	23.1	15.3
	الحد الادنى	8.0	10.4		11.9	14.2	15.8	16.5	15.6					13.2	16.5	8.0
	الحد الاقصى	23.5	22.7		24.7	27.4	29.9	30.2	30.1					26.9	30.2	22.7
1996	المتوسط							21.7	22.5	21.8	18.0	15.1		19.8	22.5	15.1
	الحد الادنى							16.2	15.7	14.3	9.6	6.9		12.6	16.2	6.9
	الحد الاقصى							29.0	30.1	28.3	25.8	23.6		27.4	30.1	23.6
1997	المتوسط	15.7	11.2	13.6	15.4	12.1	15.4	22.4	15.7	12.5	12.3	18.5	16.9	15.1	22.4	11.2
	الحد الادنى	11.6	10.3	11.2	11.4	13.2	15.1	14.4	12.2	11.7	12.6	12.8	12.0	12.4	15.1	10.3
	الحد الاقصى	28.1	26.5	26.8	27.3	27.9	29.7	28.7	28.0	28.2	27.1	27.3	27.8	27.8	29.7	26.5
المتوسط	المتوسط	15.5	14.6	16.1	17.1	16.3	20.2	22.6	21.0	18.6	16.6	16.8	16.9	17.7	22.6	14.6
	الحد الادنى	9.4	10.8	11.4	11.8	13.7	15.3	15.8	15.0	13.3	10.0	8.8	9.0	12.0	15.8	8.8
	الحد الاقصى	25.1	24.3	27.0	26.0	27.6	29.4	29.1	29.5	28.3	26.2	25.4	27.8	27.1	29.5	24.3

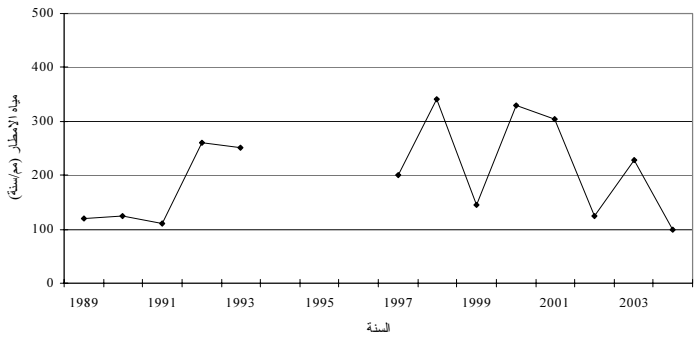
2) هطول الأمطار

تساقط الأمطار سنويًا الذي تم تسجيله بمحطة سلطة الموارد المائية الوطنية NWRA-A من عام 1989 إلى عام 2004 يتفاوت من حوالي 110 مم إلى 300 مم أو أكثر كما هو مبين في *الجدول 2.2*. الحد الأقصى من تساقط الأمطار سنويًا قد سجّلت بمقدار 341 مم في عام 1998. يشير الشكل إلى أن الفصول الماطرة أو الرطبة تبدأ عمومًا من شهر مارس إلى مايو ومن شهر يوليو إلى سبتمبر، بالرغم من وجود بعض السنوات الاستثنائية.

الجدول 2.2 تساقط الأمطار شهريًا (محطة سلطة الموارد المائية الوطنية NWRA-A)

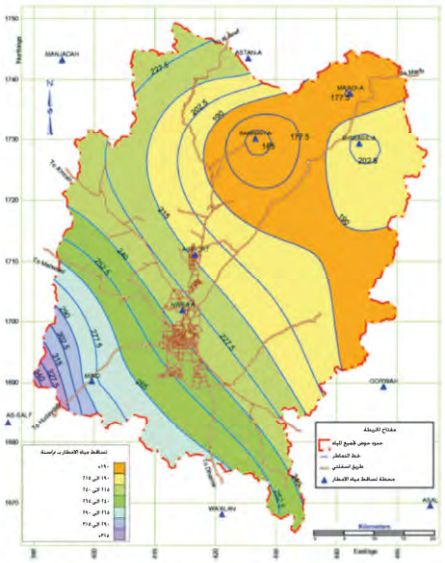
السنة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	اغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المجموع
1989				53	3.5	11.5	9.5	21.5	2	0	0	18.5	119.5
1990	0	2.5	40.5	19	3.5	0	31.5	2	25	0	0	0	124
1991	0	5.5	45	11	11.5	0	2.5	35	0.5	0	0	0.5	111.5
1992	2.5	0.5	20	20	64.5	3	10	139.5					260
1993	2.5	9	13.5	83	79.5	6	3	25	30.5				252
1997	5.5	1.5	14.5	29.5	7.5	2	12.5	33.5	0	60.5	33.5	1	201.5
1998	0	0.5	8	19	68.5	0	63	175.5	0	0	6.5		341
1999							9	100.5	15.5	13	7	1	146
2000		0.5	8	30	57.5		9	58.5	2.5	16	2.5	145.5	330
2001	28.5	107.5	31	13	1	0	49	21.5	21	22.5	7	1	303
2002	0	0.5	8	1	1	0	49	21.5	21	22.5	0	0	124.5
2003	0	0	10.5	52.5	12.5	0.5	0	0	0	3	2	146	227
2004	0	13.5	9	23	37	1	6.5	8.5					98.5
المتوسط	3.9	12.9	18.9	29.5	29.0	2.2	19.6	49.4	10.7	13.8	5.9	34.8	230.5
الحد الاقصى	28.5	107.5	45.0	83.0	79.5	11.5	63.0	175.5	30.5	60.5	33.5	146.0	
الحد الادنى	0.0	0.0	8.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

تم تخطيط هطول الأمطار سنويًا من عام 1989 إلى عام 2004 كما هو مبين في *الشكل 2.2*. بالرغم من تضمين بعض من النقص في القياسات، إلا أنه من الصعب أن يتم ذكر ما يتعلق بالتوجهات طويلة الأمد.



الشكل 2.2 هطول الامطار سنوياً (محطة سلطة إدارة الموارد المائية NAWRA-A)

الشكل 3.2 يبين توزيع تساقط مياه الأمطار في حوض صنعاء التي تم توفيره من قبل سلطة إدارة الموارد المائية الوطنية NWRA. تمتلك المنطقة الشمال شرقية الواقعة في حوض صنعاء أقل مما يساوي 200 مم/سنة من مياه الأمطار وتمتلك المنطقة السهلية الوسطية ما يساوي 200 مم إلى 250 مم. في المناطق الجبلية الجنوب غربية، يصل مقدار تساقط مياه الأمطار إلى أكثر من 300مم. قد يكون من المحتمل من أن يشير الشكل إلى المنطقة الجبلية الجنوب غربية التي تحتوي فعليًا على مياه أمطار أكثر.



المصدر: سلطة الموارد المائية الوطنية لفرع صنعاء NWRA (2006): أنشطة المراقبة في حوض صنعاء. التقرير الفني (2003-2005)

الشكل 3.2 خريطة خط التماطر لحوض صنعاء

3) عمليات التبخر والنتح

تصف الخريطة الهيدروجيولوجية 1:250000 (روبرتسن 1990) التبخر المحتمل المقدّر بواسطة معدلات طرق الكاتب بحوالي 2000مم سنويًا. وفقًا لمصادر إمداد المياه في حوض صنعاء SAWAS (1995)، كانت عمليات التبخر والنتح المحتملة عبارة عن مجموع سنوي مقداره 2475 مم قائم على إحصائيات الأرصاد الجوية مع الحد الأقصى في شهر يونيو (بمعدل 9.4 مم/يوم) والحد الأدنى في فبراير (4.8 مم/يوم). تعتبر الأشكال جوهريًا أكثر ارتفاعًا من تساقط مياه الأمطار سنويًا.

قدّرت GAF (2007) عمليات التبخر والنتح القائمة على التحليل الصوري للقمر الصناعي في مشروع إدارة مياه حوض صنعاء SBWMP. وفقًا للتقرير، فإن مجموع 113.1 م م^3 من المياه قد خضعت لعمليات النتح في حوض صنعاء خلال الفترة من 1 يوليو 2004 إلى 30 يونيو 2005.

(2) المياه المصرّفة

بالرغم من عدم ضبط المياه المصرفة في الوادي، إلا أن نوعين من الطرق قد تم استعمالهما لتقدير مستوى المياه المصرفة للوديان في الدراسات السابقة. إحداهما طريقة تستعمل معامل لتصريف المياه، أو معدل عمق هطول الأمطار، التي تم توفيرها عن طريق الملاحظة الهيدروجيولوجية للوديان الرئيسية في اليمن. معدل معامل تصريف المياه البالغ 0.055 للوديان في اليمن تم اقتراحه عن طريق WRAY-35 (1995) القائم على مستويات التدفق الملاحظة لمصبات المياه المبدئية. مستوى المياه المصرفة في حوض صنعاء تم تقديره بحوالي 40.9 م م^3/سنة على فرض تساقط الأمطار سنويًا بمعدل 230 مم ومساحة حوض صنعاء البالغة 3240 كم^2 ومعامل تصريف المياه البالغ 0.055.

طريقة أخرى لحساب مستوى المياه المصرفة هو التقدير باستعمال طريقة SCS والتي تعتبر نموذج تجريبي تم إعداده من قبل هيئة خدمة المحافظة على التربة.U.S. تم إنشاء المستوى الثالث من نموذج TS-HWC (1992) لتساقط مياه الأمطار-تصريف المياه باستعمال طريقة SCS والحصول على الأشكال المبينة في *الجدول 3.2*، الذي تشير إلى متوسط المجموع وإلى التدفق الأساسي لكل يوم الذي بلغ74000 م^3 و 67000 م^3 على التوالي في حوض صنعاء. مما يعني أن مجموع التدفق الخارج هو 27 م م^3/سنة.

الجدول 3.2 متوسط التدفق المتعلق بحوض صنعاء

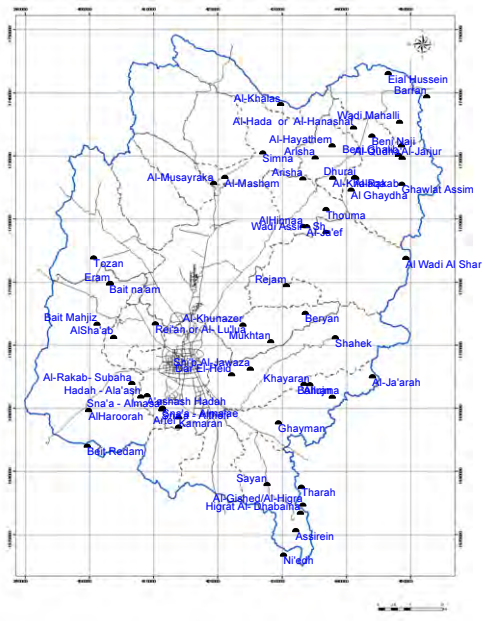
	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسيمبر	المتوسط	المجموع السنوي
التدفق الإجمالي	26	29	75	208	110	63	68	129	69	45	41	24	74	26980
تدفق الفيضان	0	0	0	50	4	0	0	29	0	0	0	0	7	2525
التدفق الأساسي	26	29	75	158	106	63	68	100	69	45	41	24	67	24455

المصدر: المستوى الثالث TS-HWC من موارد المياه السطحية، 1992 الوحدة: ألف م^3/يوم

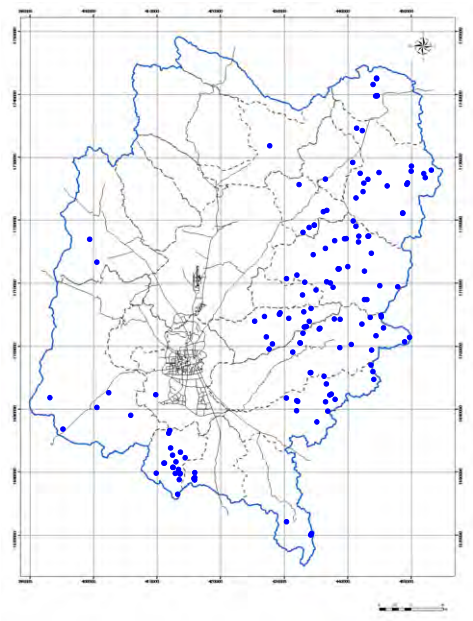
بالإضافة إلى ذلك، قامت المحافظة العامة للري (GDI) بتوفير تقرير حول ورقة البيانات الهندسية، والذي يعتبر تقريرًا ملخصًا حول دراسة 44 سدًا موجودًا عام 2001. ويصف الوضع الهيدرولوجي حول كل موقع سد بما في ذلك معامل المياه المصرفة المقدرة، الذي تتراوح ما بين 0.03 إلى 0.4 بالرغم من عدم وضوح طريقة التقدير. متوسط الدفق السنوي الذي تم تقديره بحوالي 44 موقع سد مجموعه يصل إلى 22.3 م م^3.

(3) استعمال المياه السطحية

يتم استعمال المياه السطحية لعملية التعبئة والري والأغراض المحلية من خلال 44 سدًا سطحيًا، و 24 سدًا/حوضًا و 145 ينبوعًا داخل حوض صنعاء. مواقع السدود والينابيع مبينة في *الشكل 4.2 والشكل 5.2*، على التوالي.



الشكل 4.2 مواقع السدود



الشكل 5.2 مواقع الينابيع

تم إنشاء أغلبية السدود لتعبئة المياه الجوفية. وتم استعمال 15 سدًا أيضًا للري منهم ثلاثة سدود للاستعمال محليًا. السدود البالغ عددها 15 سدًا التي قد تكون مستودعات صغيرة الحجم التي تم إنشاءها بواسطة سكان الريف، قد تم استعمالها بشكل رئيسي لأغراض الري. تم حساب المستوى الإجمالي للتدفق أو المحصول سنويًا لمواقع السدود بحوالي 24 م م^3.

فيما يخص الينابيع، فقد تم استعمال 51 من مجموع 145 ينبوعًا، أي ما نسبته 35% لأغراض الري، و43 نبعًا، أي ما نسبته 30% للحيوانات أو للثروة الحيوانية، و49 نبعًا، أي ما نسبته 34% لاستعمال المياه في المنازل في المناطق الريفية. الحصيلة الإجمالية للينابيع تبلغ 17.2 م م^3 سنويًا. أما المستوى من ناحية أخرى، فمن غير المحتمل أن تكون كمية المحصول السنوية الفعلية، لأن الحصيلة للينابيع مذبذبة على مر الفصول. قد يكون ما يتراوح من الثلث إلى النصف، يقدّر بحوالي 6 إلى 9 م م^3 شكلاً مقبولاً.

(3) إمكانات المياه السطحية

كما تم ذكره في القسم السابق، قدّرت نسبة المياه المصرفة سنويًا ما بين 27 م م^3 و 40.9 م م^3 تبعًا للطرق المطبقة. بينما بلغت نسبة استعمال المياه السطحية حوالي 24 م م^3/سنة من خلال السدود و 6 إلى 9 م م^3/سنة من الينابيع. تشير الحقيقة إلى أنه أكثر من 75% من موارد المياه السطحية قد تم استعمالها مسبقًا.

لهذا، يمكن الاستنتاج أن ليس هناك إمكانات كافية لتطويرأكثر للمياه السطحية داخل حوض صنعاء.

2.2.2 المياه الجوفية

(1) التعبئة

منذ عام 1970، قدّرت عدد من الدراسات كمية تعبئة المياه الجوفية في حوض صنعاء. وتم تصنيف الطرق المطبقة للتقدير على نوعين، واحدة من الطرق تعتمد على قانون دارسي، والأخرى على طريقة تستعمل معامل التعبئة. *الجدول 4.2* يصف كمية التعبئة المقدرة في الدراسات السابقة.

الجدول 4.2 تقدير تعبئة المياه الجوفية في حوض صنعاء

الدراسة	المدة	الهيئة	المستشارين	الطريقة	التعبئة المقدرة (مم^3/سنة)
إمداد المياه لصنعاء والحديد. دراسات المياه الجوفية لحوض صنعاء	1973-1970	NWSA	Italconsult	دارسي	59
إمداد المياه للمرحلة 2 لصنعاء	1983-1980	NWSA	Howard and Humphreys & Sons	دارسي	28-45
نظام الموارد المائية لحوض صنعاء	1986	MAF	Mosgiprovodkhoz	معامل التعبئة	63
دعم مجلس المياه العالي في تحضير لخطة المياه الرئيسية	1992-1988	HWC	Individual Experts	معامل التعبئة	42
مصادر إمداد المياه في حوض صنعاء (SAWAS)	1996-1987	NWSA	TNO Institute of Applied Geoscience	دارسي	35
دراسة إدارة الموارد المائية لحوض صنعاء (SBWRM-PPT)	2001	NWRA	Sana'a University WEC	معامل التعبئة	46
مراقبة توازن المياه والظروف الهيدرولوجية (SBWMP)	2007	NWRA	دكتور أ نورمان والمهندس و. مولات	معامل التعبئة	50.7

تعتمد الكمية المقدرة باستعمال قانون دارسي على قابلية نقل المسطحات المائية المبسطة المفترضة. من ناحية أخرى، يعتبر معامل التعبئة المطبق للتقدير قيمة تجريبية، لم يتم الحصول عليه بشكل تجريبي. بالرغم من أن بعض فرضيات التقدير، بما في ذلك القيم التي تم حسابها، والتي تتراوح بشكل واسع من 28 إلى 63 م م^3 سنويًا، مقبولة من وجهة نظر هيدروجيولوجية. في هذه الدراسة، تم تبني الشكل الأخير وهو 50.7 م م^3/سنة ككمية التعبئة سنويًا داخل حوض صنعاء. بسبب حساب الكمية على أساس كمية التعبئة التي قدّرت كل حوض فرعي كما هو مبين في *الشكل 5.2*، والتي يمكن استعمالها مع مراعاة إدارة الموارد المائية على مستوى الأحواض الفرعية.

الجدول 5.2 تعبئة المياه الجوفية المقدرة في حوض صنعاء

الرقم	الحوض الفرعي	التعبئة المقدرة (مم^3)
1	وادي المشاميني	0.86
2	وادي المديني	2.73
3	وادي الخريد	1.76
4	وادي المعادي	1.71
5	وادي عسير	4.27
6	وادي خلاقة	1.54
7	وداي كسبة	0.83
8	وادي الحقة	1.36
9	وادي بني حواط	5.58
10	وادي تهامة	1.00
11	وادي أزسير	3.81
12	وادي الفرس	0.79
13	وادي الإقبال	2.31
14	وادي زاهر والغيل	7.11
15	وادي حمدان	0.82
16	وادي المورد	1.54
17	وادي صوان	1.41
18	وادي شاهق	4.12
19	وادي غيمان	1.24
20	وادي المليخي	1.66
21	وادي هزياز	1.92
22	وادي أخوار	2.32
المجموع		50.7

المصدر: دكتور أ نورمان والمهندس و. مولات (2007)، مراقبة توازن المياه والظروف الهيدرولوجية

كمية التعبئة المطبقة في الدراسة والتي تم من خلالها تقدير 50.7 م م^3 /سنة باستعمال بيانات هطول الأمطار من عام 1991 إلى عام 2003. بالرغم من أنه تمت الإشارة إلى تناقص هطول الأمطار إلا أن من الصعب التحدّث عن التوجهات طويلة الأمد بهطول أمطار كما هو مبين في *الجدول 2.2* و*الشكل 2.2*. لذلك، فقد تم افتراض أن كمية التعبئة في هذه الدراسة ستكون مستمرة.

بالإضافة إلى التعبئة عن طريق تسرب هطول الأمطار، فإن التدفق العائد عن طريق الري وتسرب المياه العادمة المعالجة كان ينظر إليها في بعض الدراسات على أنها كمية تعبئة في بعض الدراسات. بالرغم من أن هناك احتمالية لتعبئتها، إلا أن هذه الكمية لا تعتبر كمصدر تعبئة في هذه الدراسة. لأن تحسين كفاءة الري تجعل كمية التعبئة صغيرة وسيتم استعمال المياه العادمة المعالجة لأغراض الري في المستقبل ومراعاتها من باب الاحتياط.

(2) تخزين المياه الجوفية

فيما يتعلق بتخزين المياه الجوفية (S_t)، فقد تم تقدير قيمتين باستعمال المعادلة التالية S_t=AH S_Y ، حيث، A هي منطقة المسح المائي، و H هي السماكة المشبعة و S_Y، هي الحصيلة المحددة، أو المسامية الفعالة كما تم وصفها في الفصل 3 في تقرير الدعم. القيمة المقدرة في TS-HWC (1992) هي أن مقدار التخزين يبلغ 6047 م م^3 وأن المخزون القابل للاستعمال هو 3221 م م^3 في حوض صنعاء. ثم، قامت جامعة WEC (2001) بمراجعة الأسلوب وتقدير مستوى المخزون لكل محافظة تمتلك مياه جوفية في حوض صنعاء. كنتيجة لذلك، فقد تم تقدير التخزين والمخزون القابل للاستعمال بحوالي 10424 م م^3 و5212 م م^3، على التوالي. على أنه، وكما تم ذكره في تلك الدراسات السابقة، فإن الفرضية المستعملة للتقديرات هي عبارة عن أرقام تقريبية نسبيًا. لهذا، يتطلب القيام بالمزيد من الدراسة.

في هذا الفصل، تم تبني مقدار المخزون القابل للاستعمال المقدر مؤخرًا، والبالغ، 5212 م م^3، بما أن هذا المستوى قد عمل على مراجعة الدراسة السابقة في عام 1992 من خلال استعمال بيانات مستويات المياه المستحدثة، بالرغم من بقاء الفرضيات المستعملة لهذا التقدير في وضع تقريبي وغير دقيق.

3.2.2 المياه العادمة المعالجة

تقع محطة صنعاء لمعالجة المياه العادمة (WWTP) بجوار المطار الدولي بقدرة تصميمية لمعالجة 50000 م^3/يوم من مياه الصرف الصحي القادمة من مدينة صنعاء. تبعًا للبيانات الصادرة من مؤسسة صنعاء المحلية لإمداد المياه والصرف الصحي (SWSLC)، التي تقوم بتشغيل محطة معالجة المياه العادمة WWTP، فإن مستوى مياه الصرف الصحي التي وصلت محطة معالجة المياه العادمة WWTP يبلغ 16 م م^3 (44000 م^3/يوم) في عام 2006. من ناحية أخرى، يتم تشغيل محطة معالجة المياه العادمة WWTP تحت وضع الحمل الزائد من حيث حمل-BOD5، كما تم شرحه في الفصل 5 في تقرير الدعم ويتم تفريغ المياه العادمة المعالجة بشكل غير صحيح في الوادي من خلال البحيرة. تتدفق المياه العادمة المعالجة بشكل غير صحيح تلك عن طريق الجاذبية إلى أسفل الجدول من خلال قناة مفتوحة ويقوم المزارعون باستعمال هذه المياه لري أراضيهم وأخيرًا يتم تجميعها في سد المشان الذي يقع على بعد 12 كم أسفل الجدول من محطة معالجة المياه العادمة WWTP. يتم استعمال كمية قليلة جدًا من المياه المعالجة أيضًا لسقاية الأشجار التي تمتد على طول الطرق والمناطق الخضراء في المدينة.

تحديث محطة معالجة المياه العادمة WWTP لمعالجة تدفق المياه العادمة بجودة مقبولة بإتباع المقاييس الدولية لإعادة استعمالها في زراعة وسقاية الأشجار تعتبر مستمرة. خطة الإنشاء لمحطتي معالجة جديدتين هي قيد الإعداد. إحداها بقدرة معالجة يومية تبلغ 500 م^3/يوم، بهدف معالجة مياه الصرف الصحي الذي تم جلبه بواسطة الخزانات من بالوعات المدينة والأخرى بقدرة معالجة تبلغ 105000 م^3/يوم.

بالتالي، في الوضع الفعلي، لا يمكن حساب المياه العادمة المعالجة كمصدر مياه قابل للاستعمال. في المستقبل القريب، حتى وإن تم الانتهاء من تحديث محطة معالجة المياه العادمة WWTP الحالية وإنشاء محطة معالجة جديدة، فيمكن أن يتم حساب المياه العادمة المعالجة كمصدر مياه للري وتبلغ الكمية المتوقعة 18.3 كحد أدنى إلى 56.6 م م^3/سنة كحد أقصى.

4.2.2 مصادر المياه البديلة خارج حوض صنعاء

بما أن مشكلة نضوب الموارد المائية في حوض صنعاء معروفة جيدًا، فقد تم إجراء دراسات حول مصادر المياه البديلة لمدينة صنعاء من خارج حوض صنعاء بما في ذلك تحلية المياه كواحدة من الحلول. تم تصنيف تلك البدائل إلى أربع مجموعات وتمت دراستها عن طريق مصادر إمداد المياه في حوض صنعاء SAWAS (1996). يبين *الشكل 6.2* مواقع تلك الأماكن البديلة. يبين *الجدول 6.2* نتائج الدراسات السابقة.

الشكل 6.2 مواقع مصادر المياه البديلة

الجدول 6.2 قائمة بمصادر المياه البديلة

	المصدر	القدرة الإنتاجية	تكلفة الإنشاء	تكلفة متكررة	تكلفة الوحدة للمياه		التكلفة/ العامة*3	تقديرات الجدوى القانونية			القيود
		لتر/ثانية	مليون دولار أمريكي	مليون دولار أمريكي؟	دولار أمريكي/ م3*1	ريال يمني/ م3*2		مصدر المياه	نظام النقل	المنطقة المحمية	
1	سد وادي الخريد	250	87.2	10.68	1.32	145	5.6	إيجابي	معقد	إيجابي	- يعمل على تقليل وفرة المياه على طول هذا الوادي. يعتبر استعمال مياه السدود مصدرًا للنزاع بين قبيلتين.
2	سد وادي سردود	500	230.6	32.62	2.03	223	8.7	معقد	معقد	إيجابي	- يؤثر هذا في تعبئة المياه الجوفية في منطقة تهامة.
3	الانحراف عن سد مأرب	500	284.4	37.58	2.33	256	10	معقد	معقد	سلبي	- يمكن توقع الاعتراض العنيف من قبل المزارعين في منطقة مأرب - ليس من الممكن إرضاء متطلبات مياه الري في منطقة أسفل الجدول
4	الحجر الرملي العميق لحقبة ما قبل الجوراسيك	100	60.3	7.68	2.41	265	10.4	عادي	معقد	إيجابي	- تنامي المخاوف بين السكان التي تتعلق بجفاف مصادرهم المائية
5	تحلية (البحر الأحمر)	500	902.9	124.28	7.63	839	32.9	إيجابي	معقد	غير متوفر	- يجب رفع الماء مسافة 2700م تقريبًا مع نقله مسافة 150 كم تقريبًا.
6	رملة كمنطقة الصبطين	تم تخطيط الدراسة المجدية من قبل سلطة الموارد الوطنية NWRA						-	-	-	
7	وادي المصيلح وحضرموت	لم يتم التصميم حتى الآن						-	-	-	- نقل 700 م تقريبًا بخط مستقيم

ملاحظة: *1) تقرير فني لمصادر إمداد المياه في حوض صنعاء SAWAS رقم 14، تعتمد التكاليف على مستوى سعر شهر أبريل 1996.
*2) تم تطبيق معدل الصرافة، الذي مقداره 110 ريال يمني /دولار أمريكي في عام 1996.
*3) عام تعني تعرفة إمداد المياه العامة، تبلغ 25.5 ريال يمني/م^3 في عام 1998.

إجمالي القدرة الإنتاجية المتوقعة التي تبلغ حوالي 58 م م^3/سنة محتملة لتغطية استهلاك المياه الحالي في مدينة صنعاء الذي يبلغ 54.2 م م^3 في عام 2005. من ناحية أخرى، من أجل تغطية مطالب عام 2020 والتي تبلغ 78.6 م م^3، ينبغي استعمال كلتا المصادر المائية البديلة وموارد المياه الجوفية داخل حوض صنعاء.

تم حساب تكلفة الإنشاء وتكلفة التكرار وتكلفة الوحدة للمياه على أساس مستوى سعر شهر أبريل عام 1996 مع معدل صرافة يبلغ 110 ريال يمني/دولار أمريكي. وتبعًا للمعلومات الصادرة من مؤسسة صنعاء المحلية لإمداد المياه والصرف الصحي SWSLC, فإن تعرفة المياه المؤلفة من تكلفة إمداد المياه وتكلفة الصرف الصحي للمستوى المستهلك من 0 إلى 10 م^3 بلغت 25.5 ريال يمني/م^3 في عام 1998. تبلغ تعرفة المياه لمصادر المياه البديلة من 5.6 إلى 10.4 مرات من تلك التي تتعلق بإمداد المياه على المستوى العام باستعمال مصادر المياه السطحية والمياه الجوفية. وكما أيضًا في نظام تحلية المياه الذي ينقل المياه من البحر الأحمر إلى مدينة صنعاء، فإن مقدار اختلاف التعرفة أكثر بحوالي 32 مرة من تلك لإمداد المياه على المستوى العام. تم تنفيذ التقدير الكمي للحصول على الحقوق المطلوبة، وتشمل، حقوق المياه وحقوق النقل وتأسيس المناطق المحمية أيضًا لكل مصدر. تم اعتبار الحصول على حقوق النقل "كحقوق معقدة" لجميع البدائل من خلال مصادر إمداد المياه في حوض صنعاء SAWAS (1996). إضافة إلى ذلك، فقد تمت ملاحظة بعض القيود لكل من تلك البدائل التي تعتبر توقعات لتقليل تعبئة المياه الجوفية أسفل منها واعتراض المزارعين العنيف وغيرها.

تم تحمّل مشروع إمداد المياه الذي يتعلق بتكلفة الصيانة والتشغيل مبدئيًا من قبل المستفيدين، ويعتمد التقييم المالي بشكل عام على قابلية العرض للدفع والقدرة على الدفع من وجهة نظر الاحتمالية لتغطية التكلفة من خلال تعرفة المياه. على فرض أن تعرفة المياه في لعام 1996حددت على أساس تلك الاعتبارات، فإن الحمل الزائد على المستفيدين كان أكبر من أن يدفعوه مقابل المياه التي يتم إمدادها عن طريق البدائل. أصبحت تكلفة المواد أكبر بثلاث مرات تبعًا لأنواع المقارنة الحاصلة في عام 1996 وانخفاض معدل تبادل العملة المحلية بالدولار الأمريكي. إضافة إلى ذلك، تمت زيادة تعرفة الكهرباء المتعلقة بالاستهلاك التجاري من 7 ريال يمني/ك و في عام 1996 إلى 17 ريال يمني/ك و في عام 2007. مراعاةً للتغييرات الاقتصادية تلك، فمن الممكن ذكر أن تكلفة الإنشاء وتعرفة المياه ينبغي أن تصبح أعلى من السابق كما يبدو. من ناحية أخرى، فإن تعرفة المياه بما في ذلك الصرف الصحي يبلغ 63 ريال يمني/م^3 و 81 ريال يمني/م^3 في عام 2007 من الاستهلاك من 0 إلى 5 م^3 ومن 5 إلى 10 م^3، على التوالي. أصبحت التعرفة أكثر بمرتين أو ثلاث تبعًا لمقارنة الاستهلاك التي أجريت عام 1998.

بمراعاة تلك التغييرات في الوضع المالي، ينبغي أن يتم الخلوص إلى أن تنفيذ عملية البدائل المتعلقة بإمداد المياه لم تكن مجدية من وجهة نظر التقييم المالي لعملية التشغيل والصيانة، حتى وإن تمت تهدئة التأثيرات العكسية للنواحي الاجتماعية والبيئية.

بالإضافة إلى الدراسات التي تم تنفيذها من خلال مصادر إمداد المياه في حوض صنعاء SAWAS (1996)، قامت سلطة الموارد المائية الوطنية NWRA بتنفيذ الدراسات القائمة على جدوى الأسلوبين الآخرين لاستغلال المياه الجوفية خارج حوض صنعاء، وبالتحديد منطقة رملة والصبطين ووادي المصيلح وحضرموت كما هو مبين في *الشكل 6.2 والجدول 6.2*.

وبخصوص رملة والصبطين، من المتوقع أن تكون هناك إمكانات كافية لنقل المياه من الرواسب الرباعية الحجر الجيري في مجموعة عمران والحجر الكلسي في الكلا. هذا الإجراء البديل يتطلب نقل المياه أكثر من مسافة 120 كم ورفعها إلى ارتفاع أكثر من 1500 م. وبما أن حالة نقل المياه أصعب مما هي في البديل المعتمد على مصدر المياه الجوفية والمسمى "الحجر الرملي العميق لحقبة ما قبل الجوراسيك" تقدر تعرفة المياه بأكثر من 2.41 دولار أمريكي/م^3 كما في عام 1996.

يعتبر وادي المصيلح وحضرموت من بدائل مصادر المياه الجوفية الأخرى، والتي تم اكتشافها عن طريق شركة الزيوت الكندية أثناء استغلالهم للزيت في عام 1990والتي يتوقع أن تمتلك إمكانات كافية لإمداد المياه لمدينة صنعاء. من ناحية أخرى، يتطلب هذا البديل نقل مياه أكثر من 700 كم مع قدرة رفع تبلغ حوالي 2000 م. لذلك، تم تقدير تعرفة المياه على أن تكون أكثر من البديل "الحجر الرملي العميق لحقبة ما قبل الجوراسيك".

لذلك، فقد تم الذكر مبدئيًا أن جدوى تلكما البديلين منخفضة جدًا أيضًا.

وبالتالي، تعتبر مصادر المياه البديلة هذه غير مجدية نظرًا لأن المستفيدين هم من ينبغي أن يدفعوا تكلفة الصيانة، حتى ولو تم التخفيف من الآثار السلبية على النواحي الاجتماعية و البيئية. قد يتطلب حل هذه المسألة دعمًا ماليًا من الحكومة.

3.2 استعمال المياه الحالي

1.3.2 استعمال المياه المحلية

(1) إمداد المياه المدنية

1) <u>إمداد المياه على المستوى العام</u>

المصدر الرئيسي لإمداد المياه العامة لمدينة صنعاء، والذي تم تشغيله من قبل مؤسسة صنعاء المحلية لإمداد المياه والصرف الصحي SWSLC، هي عبارة عن استخراج المياه الجوفية من حقول الآبار الرئيسية الثلاث وبالتحديد حقل البئر الشرقي، وحقل البئر الغربي وحقل بئر صنعاء. تمتلك مؤسسة صنعاء المحلية لإمداد المياه والصرف الصحي SWSLC ما يقدر بحوالي 130 بئر، حيث يعمل منها حوالي 80 بئر وما تبقى لا يعمل بسبب انخفاض الإنتاجية (انخفاض مستوى المياه)، والمشاكل الفنية والإخفاق في عملية الحفر.

إنتاجية المياه لعملية إمداد المياه في مدينة صنعاء للتسعة سنين الماضية مبينة في *الجدول 2.7*.

الجدول 2.7 إنتاج واستهلاك المياه (1988-2006)

السنة	عدد الآبار	المياه المنتجة	المياه المستهلكة
1998	56	19146980	13231847
1999	62	17289380	12201750
2000	63	17304271	11343467
2001	64	16779443	10336823
2002	65	18468664	11771810
2003	68	20320782	12868174
2004	78	21843914	13222526
2005	77	24347334	13785339
2006	78	24083969	14744341

المصدر: مؤسسة صنعاء المحلية لإمداد المياه والصرف الصحي الوحدة: متر مكعب

أثناء فترة عام 1998 و 2006، ازدادت إنتاجية المياه بمقدار 26% وازدادت عدد الآبار التي تم تشغيلها بمقدار 39%. تم تسجيل كمية الإنتاج في عام 2005 بحوالي 24.4 م م^3 حيث يعتبر ما مقداره 12.5 م م^3 كمية تصدر بشأنها فواتير عند استهلاك المياه المحلية ومتوفرة لعدد مقداره 672141 نسمة بالنسبة لمقدار الاستهلاك لكل وحدة البالغ 50.8 لتر/فرد/يوم.

2) <u>إمداد المياه على المستوى الخاص</u>

الكثافة السكانية المقدرة في مدينة صنعاء لعام 2005، بالاعتماد على البيانات الإحصائية لعام 2004 هو 1.84 مليون نسمة والكثافة السكانية التي تمت تغطيتها عن طريق شبكة العمل العامة تبلغ 672141 نسمة. حوالي 1.17 مليون نسمة لم يتم توصيلها بنظام إمداد المياه على المستوى العام. حصل السكان على المياه من مصادر مياه خاصة، بالتحديد شبكة عمل الأنابيب على المستوى الخاص، والأحواض المائية والمياه المعالجة في الحاويات. تم تقدير استهلاك المياه المحلية من إمداد المياه على المستوى الخاص في عام 1997 بتبني متوسط الاستهلاك لكل فرد الذي مقداره 70 لتر/فرد/يوم كما تم وصفه في الفصل 5 في تقرير الدعم.

تم تقدير استهلاك المياه من إمداد المياه على المستوى الخاص كما هو مبين في *الجدول 8.2*، بتبني متوسط استهلاك المياه لكل فرد الذي مقداره 70 لتر/فرد/يوم.

الجدول 8.2 استهلاك المياه المحلية من إمداد المياه على المستوى الخاص

المصدر	السنة	إجمالي عدد السكان المقدر (نسمة)	السكان المشمولين في الخدمة (نسمة)	متوسط استهلاك المياه لكل فرد (لتر/فرد/يوم)	استهلاك المياه م م^3/سنة
(1)	1997	1123942	292225	70	7.45
	2005	1640091	539401	70	13.78
(2)	2005	1841562	1169421	70	29.89
	2006	1937783	1241642	70	31.70

المصدر: (1) دار الهندسة (2000): عدد السكان تبعًا لإحصاءات عام 1975، 1986، 1994، قبل تعديل حدود المنطقة.
عدد السكان لعام 1994 كان 954448
(2) فريق الدراسة. عدد السكان تبعًا لإحصاءات عام 2004، بعد تعديل حدود المنطقة. عدد السكان لعام 1994 كانت 1003627

(2) إمداد المياه الريفية

تخطيط وتنفيذ مشاريع إمداد المياه الريفية تم القيام بها من قيل السلطة العامة لمشاريع إمداد المياه الريفية (GARWSP)، الهيئة المسؤولة عن إمداد المياه الريفية. من ناحية أخرى، لم يتوفر بيانات أو دراسات مناسبة فيما يخص وضع استعمال المياه لإمداد المياه الريفية.

قامت جامعة WEC (2001) بتنفيذ تقدير يتعلق باستهلاك المياه من خلال منطقة استعمال المياه مع استهلاك المياه لكل فرد الذي مقداره 21 لتر/فرد/يوم للمناطق الريفية، بعد تقدير عدد السكان داخل حوض صنعاء من خلال المناطق ومناطق استعمال المياه. من ناحية أخرى، تبنت السلطة العامة GARWSP متوسط استهلاك المياه لكل فرد الذي مقداره 40 لتر/فرد/يوم و2.5% لمعدل نمو السكان للمناطق الريفية.

مع ذلك، في هذه الدراسة تم اعتماد 20 لتر/فرد/يوم كمقدار لاستهلاك المياه للوحدة، وتم اعتماد الكمية المعتمدة من قبل سلطة NWRA لإدارة الموارد المائية ومعدل نمو السكان المستخدم من قبل سلطة GARWSP (2.5 %) وتم تقدير الطلب على المياه تبعًا لعدد سكان كل حوض من الأحواض الفرعية. *الجدول 9.2* يبين استهلاك المياه المحلية المقدرة للمناطق الريفية.

الجدول9.2 استهلاك المياه المحلية المقدرة للمناطق الريفية

	حوض فرعي	2004		2005		2006	
		عدد السكان	استهلاك المياه	عدد السكان	استهلاك المياه	عدد السكان	استهلاك المياه
1	وادي المشاميني	5346	39025	5480	40001	5617	41001
2	وادي المديني	13674	99820	14016	102316	14366	104874
3	وادي الخريد	9067	66192	9294	67847	9526	69543
4	وادي المعادي	2360	17225	2419	17656	2479	18098
5	وادي عسير	4449	32476	4560	33288	4674	34120
6	وادي خلاقة	1645	12012	1687	12312	1729	12620
7	وادي كسبة	4511	32933	4624	33757	4740	34600
8	وادي الحقة	11545	84282	11834	86389	12130	88549
9	وادي بني حواط	14647	106924	15013	109597	15389	112337
10	وادي تهامة	2008	14660	2058	15026	2110	15402
11	وادب أزسير	34529	252060	35392	258361	36277	264820
12	وادي الفرس	9937	72540	10185	74354	10440	76212
13	وادي الإقبال	25552	186528	26191	19119	26845	195971
14	وادي زاهر والغيل	39299	286879	40281	294051	41288	301402

	الحوض الفرعي	2004		2005		2006	
		عدد السكان	استهلاك المياه	عدد السكان	استهلاك المياه	عدد السكان	استهلاك المياه
15	وادي الحمدان	7355	53692	7539	55034	7727	56410
16	وادي المورد	10566	77129	10830	79057	11101	81034
17	وادي صوان	18841	137541	19312	140979	19795	144504
18	وادي شاهق	27327	199487	28010	204474	28710	209586
19	وادي غيمان	17874	130484	18321	133746	18779	137089
20	وادي المليخي	7277	53126	7459	54454	7646	55815
21	وادي هزياز	10498	76637	10761	78553	11030	80517
22	وادي أخوار	16424	119895	16835	122893	17255	125965
	المجموع	294733	2151547	302101	2205336	309653	2260469

الوحدة: عدد السكان: النسمة: الاستهلاك: متر مكعب لكل سنة

المصدر: عدد السكان عام 2004: الحسابات تبعًا لنتائج إحصاءات عام 2004 ولعام 2006 تم تقديرها على أساس معدل نمو السكان المتبنى بنسبة 2.5% التي تم تبنيه من قبل السلطة العامة GARWSP

استهلاك المياه: تم حسابه بالاعتماد على معدل كل فرد لاستهلاك المياه 20 لتر/فرد/يوم والذي تم اعتماده من قبل سلطة NWRA لإدارة الموارد المائية.

لاحظ أنه ينبغي أن ينظر إلى نتائج الجدول أعلاه على أنها تقدير تقريبي لكمية المياه المستخرجة لتغطية احتياجات السكان الريفيين بشكل مستقل عن مصدر المياه. المعلومات المفصلة مثل مجموع عدد السكان المستفيدين من خلال نظام إمداد المياه على المستوى العام و/أو إمداد المياه على المستوى الخاص، ونقل موقع كل مشروع لإمداد المياه من التي لم تتوفر. من ناحية أخرى تبعًا للبرنامج القومي الاستراتيجي والاستثماري لقطاع المياه NWSSIP، فإن نسبة القدرة على توفير المياه للسكان في المناطق الريفية ممن يحصلون عليها تساوي فقط 25% لليمن بأكملها. تطبيق تلك النسبة على حوض صنعاء في عام 2005، ينتج عنه 75526 نسمة ممن يحصلون على المياه، مما يعني 0.6 م م^3 من المياه المستخرجة لخدمة السكان من خلال نظام إمداد المياه على المستوى العام.

2.3.2 استعمال المياه لأغراض الزراعة

استهلاك المياه سنويًا لأغراض الزراعة، والتي تم تقديرها من قبل WEC-ITC (2001) بواسطة حساب مقدار التبخر والنتح الفعلي (ETa) من خلال تحليل أنماط المحاصيل التي تعتمد على التحليل الصوري من خلال القمر الصناعي، تم حسابها بمقدار 151.4 م م^3 منها 40% ككفاءة مياه الري. تم تقدير قائمة موجودات الآبار (2002) بحوالي 217.5 م م^3 لاستخراج المياه سنويًا من خلال مقابلات مع مالكي الآبار والقياسات الميدانية. تختلف أساليب ومناهج تقدير تلك الدراسات. GAF (2007) قدّر القيمة بمقدار 139.47 م م^3 مستخدمًا نسبة 60% على أنها كفاءة استعمال مياه الري بالنسبة لاستهلاك المياه سنويًا لأغراض الري تبعًا لنفس منهجية WEC-ITC (2001) حسب الأحواض الفرعية.

بخصوص كفاءة استعمال مياه الري، تختلف القيمة المتبناة من دراسة إلى أخرى. في هذه الدراسة، تم تبني 40% من كفاءة مياه الري مع مراعاة الظروف التالية.

وفقًا لوزارة المياه والبيئة MWE (2006)، فإن طرق الري الرئيسية المستعملة داخل حوض صنعاء تتمثل في طرق حفر وأحواض صغيرة ويستعمل المزارعون الري السطحي عن طريق تغطية الحقول بطبقة من الماء بارتفاع الركبة وبالتالي فإن كفاءة استعمال الحقول منخفضة جدًا وقد تصل إلى 45%. بينما وسيلة النقل المستعملة لمياه الري هي من أنابيب حديدية وبلاستيكية مع وجود كمية ضخمة من المياه المتسربة والقنوات الترابية تتخلل الدروب لمسافات طويلة متسببة في الهدر الناتج عن التسرب، والتبخر وفقدان تصريف المياه. لذا، تعتبر كفاءة النظام منخفضة جدًا للاستعمال في الري السطحي ويمكن أن تكون ما بين 30 إلى 40%.

وفقًا لـمنظمة الاغذية والزراعة FAO، تقدر نسبة كفاءة التطبيق على المستوى المحلي للري السطحي مثل الحدود، والحفر والأحواض حوالي 60% ويمكن أن تكون أكثر انخفاضًا إذا كان مستوى انضباط المزارعين غير مرضي.

لذلك، فإن كفاءة الري التي مقدارها 60% والمتبناة من قبل GAF (2007) مرتفعة نسبيًا من حيث التطبيق بالنسبة لأنشطة

الري في حوض صنعاء.

المناطق المروية وكمية المياه المستهلكة في الزراعة لكل حوض فرعي مبينة في *الجدول 10.2*.

الجدول 10.2 المناطق المروية واستخراج المياه لكل حوض فرعي

المصدر		WEC-ITC (2001)		قائمة موجودات الآبار 2002		GAF التي تم تعديلها (2007)	
السنة		2000*		2002		2005/2004**	
الحوض الفرعي		المناطق المروية	الاستخراج	المناطق المروية	الاستخراج	المناطق المروية	الاستخراج
1	وادي المشاميني	-	-	78	0.5	69	**0.89**
2	وادي المديني	663	1.5	412	2.6	352	**4.53**
3	وادي الخريد	659	4.2	408	3.6	238	**3.03**
6	وادي الخلاقة			285	2.4	181	**2.33**
4	وادي المعادي	187	0.8	455	2.2	100	**1.29**
5	وادي عسير	1108	11.7	516	6.9	593	**7.65**
7	وادي قصبة	3181	15.0	226	2.1	186	**2.40**
8	وادي الحقة			1935	14.8	1176	**14.48**
13	وادي الإقبال			2871	15.9	1538	**34.87**
9	وادي بني حواط	5561	22.7	6888	55.9	4826	**33.71**
10	وادي تهامة	393	2.0	286	2.1	126	**12.08**
11	وادي أز سير	3461	33.4	3874	39.7	2603	**16.56**
12	وادي الفرس	1198	11.9	1302	13.2	856	**5.74**
14	وادي زاهر والغيل	2387	27.6	1524	11.1	1297	**16.30**
15	وادي حمدان	774	7.1	312	1.8	789	**10.16**
16	وادي المورد	1081	5.5	811	8.5	739	**8.76**
17	وادي صوان	870	2.7	1442	7.5	1055	**10.05**
18	وادي شاهق	650	1.3	1454	10.5	1032	**10.30**
19	وادي غيمان	893	2.6	590	3.8	533	**5.50**
21	وادي هزياز			279	2.7	206	**2.64**
22	وادي أخوار			419	7.3	191	**2.45**
20	وادي المليخي	314	1.4	211	2.4	269	**3.48**
المجموع		23380	151.4	26577	217.5	18.953	**209.20**

الوحدة: المنطقة بالهكتارات، والاستخراج بالمليون متر مكعب

* التقدير على أساس كفاءة الري حوالي 40%، ** التقدير على أساس كفاءة الري حوالي 40%

3.3.2 استعمال المياه لأغراض الصناعة

إمداد المياه من شبكات العمل العامة لأغراض الصناعة تعتبر منخفضة جدًا وفقًا للمعلومات الواردة من مؤسسة صنعاء المحلية لإمداد المياه والصرف الصحي SWSLC. تم توفير معظم المياه المستعملة للصناعة عن طريق آبارهم الخاصة ومن المفترض أن استخراج المياه غير منتظم وغبر مسجّل. لذا، فإن المعلومات التي تتعلق باستهلاك المياه بغرض الصناعة نادرة جدًا. ونتيجة لقلة المعلومات، فقد قامت TS-HWC (1992) و WEC (2001) بتقدير متطلبات المياه من أجل قطاع الصناعة باستعمال "طريقة متطلبات المياه الإجمالية" والتي تعتمد على (أ) معدل متطلبات المياه لكل وحدة من الخرج المادي في قطاعات فرعية مختلفة و (ب) المخرجات المادية لمنتجات صناعية مختلفة.

في هذه الدراسة، تم تقدير الطلب على المياه في القطاع الصناعي، والمبين في *الجدول 11.2*، الذي يعتمد على نتائج الدراسة التي تم تنفيذها من قبل جامعة WEC (2001) التي تستعمل أسلوب بديل يتضمن استعمال "القيمة الإجمالية للإنتاج (GVP)" و "طريقة متطلبات المياه الإجمالية". وكنتيجة لعدم توافر البيانات الحالية التي تتعلق بالقيمة الإجمالية للإنتاج GVP للصناعات ضمن حوض صنعاء، فقد تم تقدير متطلبات المياه حتى عام 2005 بالاعتماد على نتائج عام 1995.

وضع الحسابات تم ذكرها في *القسم 5.5* "استعمال المياه لأغراض الصناعة" في تقرير الدعم.

الجدول 11.2 استهلاك المياه المقدر لقطاع الصناعة لعام 2005

قطاع فرعي صناعي	الصناعة		التعدين والحفر		إجمالي متطلبات المياه
السنة	خرج القيمة الإجمالية	متطلبات المياه	خرج القيمة الإجمالية	متطلبات المياه	
1995	14484.291	3.29	485.192	0.00157	3.29
1996	14894.196	3.38	532.741	0.00172	3.38
1997	15315.702	3.48	584.949	0.00189	3.48
1998	15749.137	3.57	642.274	0.00208	3.58
1999	16194.837	3.67	705.217	0.00228	3.68
2000	16653.151	3.78	774.329	0.00250	3.78
2001	17435.849	3.96	821.563	0.00265	3.96
2002	18255.334	4.14	871.678	0.00282	4.14
2003	19113.335	4.34	924.850	0.00299	4.34
2004	20011.661	4.54	981.266	0.00317	4.54
2005	20952.210	4.75	1041.124	0.00336	4.76

الوحدة: القيمة الإجمالية: مليون ريال يمني،
متطلبات المياه: مليون متر مكعب

4.3.2 استعمال المياه لأغراض السياحة

لم يتم تنفيذ أي نوع من الدراسة لتقدير متطلبات المياه لقطاع السياحة. ونتيجة لعدم توافر البيانات، فقد تم تقدير استهلاك المياه لعام 2005 على أنها تحت الأوضاع المفترضة مسبقًا العديدة كما هو مبين أدناه واستهلاك المياه المقدرة لقطاع السياحة مبينة في *الجدول 12.2*.

- معدل شغل الأسرّة افترضت على أنها 40%.
- توفير استهلاك مياه أكبر بشكل عام في الفنادق ذات الخمس والأربع نجوم من الفنادق ذات المستوى الأقل. يبلغ مقدار كل فرد من استهلاك المياه المفترض في الفنادق ذات الخمس والأربع نجوم حوالي 350 لتر/فرد/يوم أما في الفنادق ذات الثلاث نجوم إلى النجمة الواحدة تبلغ 180 لتر/فرد/يوم. يتوقع أن يكون مقدار استهلاك المياه في الفنادق التقليدية أقل من الفنادق الأخرى وتم افتراض مقدار الاستهلاك لكل وحدة بحوالي 120 لتر/فرد/يوم.
- جميع فنادق مدينة صنعاء وصنعاء قد تم شملها في التقدير المفترض سابقًا حيث أن معظم فنادق صنعاء تقع حول المدينة.
- وفقًا لدراسة وضع استعمال المياه الذي تم تنفيذه في هذه الدراسة، تعتبر فنادق الخمس نجوم غير متصلة بشبكة عمل إمداد المياه على المستوى العام ومن المفترض أن تكون الفنادق ذات أربع نجوم غير متصلة أيضًا مع شبكة العمل على المستوى العام. يعتبر عدد الفنادق المتصلة مع شبكة العمل على المستوى العام غير معروفة.

الجدول 12.2 استهلاك المياه المقدر لقطاع السياحة في عام 2005

التصنيف	مجموع الفنادق (العدد)	العدد الإجمالي للأسرّة (العدد)	الأسرّة المشغولة (العدد)	استهلاك المياه لكل وحدة (لتر/فرد/يوم)	مجموع استهلاك المياه (م م^3)
التقليدي	44	3653	1461	120	0.06
نجمة واحدة	126	4420	1768	180	0.12
نجمتان	45	2570	1028	180	0.07
ثلاث نجوم	25	1250	500	180	0.03
أربع نجوم	19	650	260	350	0.03
خمس نجوم	3	921	368	350	0.05
المجموع	262	13464	5386		0.36

4.2 توازن المياه

1.4.2 توازن المياه في كامل حوض صنعاء

بما أنه قد تمت الإشارة إلى عدم التوازن بين تعبئة المياه الجوفية واستخراج المياه، فقد انقضى أكثر من عقد من الزمان. تم حساب توازن المياه في حوض صنعاء في هذه الدراسة بالاعتماد على البيانات الموجودة واستعمال المياه الحالية التي تم وصفها في القسم 2.2 و3.2 في هذا الفصل. تزيد كمية الاستخراج عن كمية التعبئة بست مرات تقريبًا كما هو مبين في *الجدول 13.2*.

الجدول 13.2 توازن المياه في حوض صنعاء (2005)

*استعمال المياه المدنية		إمداد المياه الريفية	الري	الصناعة	السياحة	**المجموع**	التعبئة	**التوازن**
عام	خاص							
24.3	29.9	0.6	209.2	4.76	0.36	**269.1**	50.7	**218.4-**

*: تتألف من محلية وغير محلية
الوحدة: مليون متر مكعب

مثل عدم التوازن هذا يعني أنه يتم استهلاك موارد مائية غير قابلة للتجدد سنويًا. إذا تراكمت الكميات تلك بشكل سنوي، حينها سيستمر نضوب الموارد المائية الغير قابلة للتجدد.

2.4.2 توازن المياه في كل حوض فرعي

تم حساب توازن المياه في حوض صنعاء بواسطة الدراسات السابقة. وتم توفير نوعان من تقييم توازن المياه المفصّل في حوض صنعاء مؤخرًا عن طريق أقسام من مشروع إدارة الموارد المائية في حوض صنعاء SBWMP, واحدة منها هي الأسلوب الهيدرولوجي الذي تم تبنيه من قبل نورمان ومولات (2007)، والآخر يعتمد على التحليل الصوري من القمر الصناعي، GAF (2007).

تم حساب توازن المياه الذي تمت دراسته من قبل نورمان ومولات (2007) عن طريق إعادة التعبئة ناقص الكمية المستخرجة من البئر. الموازنة التي تمت دراستها من قبل GAF (2007) توضح استعمال المناطق المروية والتبخر والنتح الفعلي الذي تم تقديره من خلال التحليل الصوري من القمر الصناعي, تم حساب كمية المياه التي تستعمل للزراعة، التي كان من المفترض أن يتم استخراجها جميعها من الآبار، على فرض كفاءة الري التي تبلغ 60%. بما أنه قد تم الحصول على توازن المياه فقط باستعمال المياه المستعملة للزراعة، فقد تمت إضافة أغراض أخرى للاستهلاك. يصف *الجدول 14.2* توازن المياه المحسوب من خلال الدراستين السابقتين

الجدول 14.2 توازن المياه في الأحواض الفرعية من خلال الأسلوب الهيدرولوجي

	الحوض الفرعي	بعد نورمان ومولات2007						بعد GAF (2007)			
		التعبئة (^{3}مم)	الاستخراج (^{3}مم)	%الدفق العائد30 (^{3}مم)	القيمة المستهلكة (^{3}مم)	الموازنة المراجعة (^{3}مم)	نسبة الاستهلاك/ التعبئة	تساقط المياه (^{3}مم)	استعمال المياه للزراعة (^{3}مم)	استعمال المياه الاجمالى (مم3)	/ استعمال المياه تساقط المياه
1	وادي المشاميني	0.9	0.85	0.26	0.6	0.3	0.66	22.6	0.6	0.7	3.1%
2	وادي المديني	2.73	2.92	0.88	2.04	0.68	0.75	62.3	3	3.2	5.1%
3	وادي الخريد	1.76	3.36	1.01	2.35	0.59-	1.33	26.7	2	2.2	8.2%
4	وادي المعادي	1.71	2.67	0.8	1.87	0.16-	1.10	22.5	0.9	0.9	4.0%
5	وادي عسير	4.27	6.93	2.08	4.85	0.58-	1.14	52.4	5.1	5.2	9.9%
6	وادي خلاقة	1.54	2.12	0.64	1.48	0.06	0.96	13.6	1.6	1.6	11.8%
7	وداي كسبة	0.83	2.12	0.64	1.48	0.65-	1.78	16.2	1.6	1.7	10.5%
8	وادي الحقة	1.36	17.36	5.21	12.15	10.79-	8.91	31.4	9.7	9.9	31.5%
9	وادي بني حواط	5.58	60.87	18.26	42.61	37.03-	7.64	67.4	32.4	51.8	76.9%
10	وادي تهامة	1	3.25	0.98	2.28	1.27-	2.27	16.2	0.8	3.1	19.1%
11	وادي أزسير	3.81	39.06	11.72	27.34	23.53-	7.17	54	16.5	17.2	31.9%
12	وادي الفرس	0.79	13.6	4.08	9.52	8.73-	12.02	8.5	5.7	5.9	69.4%
13	وادي الإقيال	2.31	17.46	5.24	12.22	9.91-	5.29	61.9	13.1	13.5	21.8%
14	وادي زاهر والغيل	7.11	16.51	4.95	11.56	4.44-	1.62	132.1	10.9	12	9.1%
15	وادي حمدان	0.82	7.47	2.24	5.23	4.41-	6.36	18.9	6.8	7.6	40.2%
16	وادي المورد	1.54	35.4	10.62	24.78	23.24-	16.04	48	5.8	90.9	189.4%
17	وادي صوان	1.41	8.82	2.65	6.17	4.76-	4.37	21.9	6.7	7.2	32.9%
18	وادي شاهق	4.12	10.41	3.12	7.29	3.16-	1.77	69.9	6.9	8.3	11.9%
19	وادي غيمان	1.24	4.23	1.27	2.96	1.72-	2.39	41.6	3.7	3.9	9.4%
20	وادي المليخي	1.66	2.96	0.89	2.07	0.41-	1.25	22.8	2.3	2.4	10.5%
21	وادي هزيار	1.92	3.17	0.95	2.22	0.3-	1.16	21.9	1.8	1.9	8.7%
22	وادي أخوار	2.32	8.44	2.53	5.91	3.59-	2.55	34.7	1.6	1.9	5.5%
	المجموع	50.7	270	81	189	138.2-	4.02-	867.2	139.5	253.1	29.2%

المصدر: نورمان ومولات (2007) المعدل: GAF (2007) المعدل

كما هو مبين في *الجدول 14.2* ، فإن الاختلاف بين التعبئة والاستخراج تتفاوت من حوض فرعي إلى آخر. هذا التوجه يدل على أن تلك الأحواض الفرعية غير المتوازنة بشكل كبير ستتأثر مبكرًا بندرة المياه الشديدة ما لم يتم اتخاذ إجراءات مناسبة.

المراجع

1 خطة المياه الرئيسية القومية الرقمية (2004) وزارة المياه والري، المملكة الاردنية الهاشمية

الفصل 3
المسائل التي ستتم مراعاتها في خطة العمل

الفصل 3 المسائل التي ستتم مراعاتها في خطة العمل

1.3 تفويض

تمت مراعاة الوضع الحالي للأمور المتعلقة بإدارة الموارد المائية بناءً على البيانات والمعلومات الموجودة، والملخصة في كل فئة كما هو مذكور في هذا الفصل لتوضيح المسائل الأساسية لتنفيذ إدارة الموارد المائية في حوض صنعاء بشكل سلس وفعال، ثم وضع خطة عمل قابلة للتطبيق.

2.3 المسائل التي ستتم مراعاتها في خطة العمل

1.2.3 استهلاك المياه بكميات هائلة لأغراض الري

بلغ استهلاك المياه سنويًا بغرض الري 78% (209 م م^3)تقريبًا من مجموع استهلاك المياه داخل حوض صنعاء (269 م م^3). تبعًا لوزارة المياه والبيئة (2006)، يتم تطبيق طريقة الأخاديد بشكل رئيسي على الخضروات ويتم تطبيق طريقة الأحواض الصغيرة بشكل رئيسي على القات والعنب وأشجار الفاكهة الأخرى كطريقة ري وذلك نظرًا لأن طرق توصيل المياه المستعملة للري هي الأنابيب الحديدية أو البلاستيكية التي تحتوي على كمية كبيرة من المياه المهدورة نتيجة التسرب من الأنابيب والوصلات. بالنسبة إلى كفاءة النظام، يعد منخفضًا جدًا بالنسبة لأنظمة الري السطحية هذه وقد تكون ما بين 30 و 40% (تبعًا للبرنامج القومي الاستراتيجي الاستثماري لقطاع المياه NWSSIP، فقد تم تقدير كفاءة الري بنسبة 35% تقريبًا في اليمن). مع افتراض تحسين كفاءة الري الحالية من 40% إلى 70% ، يمكن توفير 90 م م3 تقريبًا، المقدار الذي يمكنه تغطية استهلاك المياه الحالي للاستعمال المحلي.

تحسين الفعالية قد يساهم في تقليل استهلاك المياه عن طريق تقديم نظام ري محسن، تغيير الأنابيب جنبًا الى جنب مع نظام تحكم لري مناسب للمحاصيل. تم التوجه بالفعل لتقديم نظام ري محسن من قبل مشروع إدارة مياه حوض صنعاء (SBWMP) في بعض المزارع النموذجية. وفقًا لسلطة NWRA، فينتج عن ذلك قدرة غير كافية للتشغيل بسبب الخبرة القليلة المتعلقة بنظام الري المحسن. لذلك، وبالتالي، إدراك الوضع الحالي للأنشطة المتعلقة بنشر نظام الري المحسن وإجراءاته الاحتياطية.

يعرف القات بأنه واحد من المحاصيل النقدية التي تستهلك المياه بشكل كبير. منذ السبعينيات، توسعت مناطق زراعة القات بمعدل أسرع بسبب تقديم تقنيات الحفر والمضخات، الذي يعمل على زيادة كمية المياه المناسبة للري وأيضًا بسبب العائد الاقتصادي المرتفع الذي يؤمنه المحصول. طرق الري المستخدمة عادةً لزراعة القات هي طريقة الأحواض الصغيرة ويقوم المزارعين بري أراضيهم بكميات من المياه أكثر من اللازم، يعتقدون أنهم كلما زادوا كمية المياه كلما انتجت لهم النبتة أكثر؛ ثم اصبح استهلاك المياه لزراعة القات نصف استهلاك المياه لأغراض الري تقريبًا. من وجهة نظر إدارة الوارد المائية، من الضروري اعتبار القات كنبتة تستهلك الكثير من الماء. ومن المطلوب أيضًا أن نكون شديدي الحذر عند التعامل مع القات بسبب تأثيره الاجتماعي والاقتصادي، من ناحية أخرى، يجب عدم دعم توسع زراعة القات نظرًا للوضع الفعلي لندرة المياه التي يواجهها حوض صنعاء. علاوة على ذلك، فمن الضروري حث المزارعين على استخدام مبيدات حشرية آمنة ومناسبة، لأن بعض مزارعي القات يستخدمون مبيدات حشرية خطيرة.

يجب مراعاة بعض الوسائل في الوقت ذاته مثل التحكم بتوسع الأراضي المروية وتقديم محاصيل تستهلك كمية مياه أقل. التحكم في الحفر غير القانوني، الذي تم بالفعل إجرائه من قبل فرع سلطة إدارة الموارد المائية في صنعاء (NWRA-SB) يجب ان يستمر.

بالإضافة إلى ذلك، تم تقدير كمية المياه المستهلكة أو المستنفذة لأغراض الري بوسائل مختلفة في دراسات مختلفة مثل مسح المخزون وتحليل صور الأقمار الصناعية التي تعتمد على عوامل ومعلومات غير موثوقة مثل جدول عمل المضخة في السنة كل فصل وهكذا، فعالية الري، على سبيل المثال وكمية المياه الحقيقة المستهلكة أو المستنفذة ما زالت غير معروفة.

بخصوص هذه الوسائل، يجب أخذ المسائل التالية بعين الاعتبار.

- تطوير قدرة الموظفين من الجوانب المالية والإدارية
- تسجيل جميع الآبار الموجودة داخل حوض صنعاء وتركيب عداد بهدف معرفة كمية المياه المستهلكة فعليًا
- تقليل خسارة المياه بفعل التسرب
- زيادة الوعي العام حول تقديم نظام ري يوفر المياه

- اعطاء الحوافز مثل زيادة ناتج المحاصيل، توفير المال للضخ من خلال المشروع الطليعي، ومظهرًا فترة استرجاع التكاليف مقابل الاستثمار (لتقديم نظام ري محسن)
- التحكم و/أو منع توسع الأراضي المروية
- تأمين دخل ثابت عن طريق تقديم محاصيل تستهلك كمية مياه أقل بإيجاد أسواق للمحاصيل (لتقديم محاصيل تستهلك كمية مياه أقل)

2.2.3 الفاقد المادي لإمداد المياه المدنية

تم إمداد المياه التي تستخدم للأغراض المنزلية إلى 36% من سكان مدينة صنعاء في العام 2006 عن طريق نظام الشبكة العامة تحت رعاية مؤسسة صنعاء المحلية لإمداد المياه والصرف الصحي SWSLC. وبما أن سلطة المياه والصرف الصحي الوطنية (NWSA) أنشئت في العام 1974 وتوليها مسؤولية النظام العام لإمداد المياه، فقد تم تطوير نظام الشبكة على مرحلتين من 1976 إلى 1982، ثم تم تنفيذ التحسينات الطارئة فقط لتلبية نمو الطلب الذي سببه النمو السريع في عدد السكان. تم انشاء مؤسسة SWSLC في العام 2000 كمنظمة مستقلة ماليًا وأخذت على عاتقها مسؤولية إمداد المياه للمناطق المدنية والصرف الصحي في مدينة صنعاء. في العام 2002، ولتلبية الطلب، قامت سلطة NWSA بتجهيز برنامج إمداد المياه والصرف الصحي بما في ذلك التنفيذ. وفقًا لتقرير مؤسسة SWSLC، شكلت المياه غير المتجددة (NRW) ما نسبته 38.8% في العام 2006 (الناتج الاجمالي هو 24.1 مليون متر مكعب). مع ذلك، كمية المياه المهدورة جراء التسريب والتوصيل غير القانوني ليست معروفة ومن المطلوب بذل جهد كبير يشتمل على التقنيات والتمويل لتنقية والحد من المياه غير المتجددة NRW. كمية المياه التي يجب تخزينها مع تقليل المياه غير المجددة NRW ليست كبيرة مقارنة بكمية مياه الري؛ مع ذلك، من المطلوب تحسين المياه غير المتجددة NWR لتوفير المياه لأن نضوب المياه الجوفية الذي يواجهه الحوض في تقدم سنة بعد سنة. وللضرورة، بدأت مؤسسة SWSLC بالفعل بتغيير أنابيب الشبكة العامة، بدعم من البنك الدولي وبانخفاض ملحوظ متوقع في المياه غير المتجددة. بالإضافة لذلك، فإن عدادات توصيلات المياه ذات القراءة المصفرة هي من العوامل الأخرى التي تساهم في زيادة المياه غير المتجددة NWR وبحلول عام 2006، تم اعتبار 11900 توصيل كعداد بقراءة مصفرة, ما يعني كمية مياه تقدر بـ 2 مليون متر مكعب. وضع نظام تعرفة مناسب يساهم في منع الاستخدام الزائد للمياه الناتجة.

السكان الذين لا تشملهم مؤسسة SWSLC والبالغة نسبتهم 64% من اجمالي عدد السكان في مدينة صنعاء حصلوا على المياه من الخزانات الخاصة والشبكات ضيقة النطاق بتعرفة أعلى وجودة غير مضمونة. من ناحية أخرى، لم تتم مراقبة استهلاك المزودين على المستوى الخاص بشكل دوري بعد (أفادت التقارير أنه تم تزويد 16.1 مليون متر مكعب و 25.5 مليون متر مكعب على المستويين العام والخاص في العام 1997، على التوالي ((SWSLC(2000). بالرغم من أن مقدار الاستهلاك الزائد من المرجح أن يكون أقل من نظام الشبكة العامة بسبب التعرفة الأعلى، إلا أن هدر المياه من الخزانات والتسرب من الشبكة قد يشكل جزءًا كبيرًا من عدم فعالية استخدام المياه. لذلك، فمن الضروري تأسيس نظام مراقبة بموافقة المزودين على المستوى الخاص.

بخصوص هذه الوسائل، يجب أخذ المسائل التالية بعين الاعتبار.

- كل من تكلفة ومدة الاستثمار العالية مطلوبة لتقليل هدر المياه من الشبكة
- جهاز اكتشاف التسرب وتقنية تشغيله ضروريان
- مراقبة شبكة التوزيع لاكتشاف التوصيلات غير القانونية
- تطبيق الأنظمة المتعلقة بالاستبدال الدوري أو معايرة العدادات
- زيادة وعي المزودين على المستوى الخاص حول إدارة الموارد المائية
- تسجيل ومراقبة تركيب العدادات للآبار الخاصة بهدف معرفة كمية المياه المستنفذة والمستهلكة من قبل المزودين على المستوى الخاص

3.2.3 توفر المياه المعالجة

تم تشغيل محطة معالجة المياه العادمة (WWTP) منذ العام 2000 بقدرة تصميمية يومية قصوى مقدارها 55000 م^3، التي تغطي 29% فقط من سكان المناطق المدنية. تم تصريف المياه العادمة المعالجة مباشرة إلى قناة مفتوحة في وادي ولم يتم استخدامها رسميًا لأية أغراض أخرى. في الواقع، استخدم المزارعون الذين يملكون أراض زراعية على طول الوادي دفق المياه لأغراض الري وذهب جزء لتغذية المياه الجوفية. كمية المياه المتدفقة التي تم تصريفها من محطة معالجة المياه العادمة WWTP مساوية تقريبًا لكمية التدفق التي تقدر بـ 44000 م^3/اليوم وعلى افتراض ان هذه المياه المعالجة يتم تصريفها بشكل يومي، يمكن اعتبار 16 مليون متر مكعب تقريبًا من المياه العادمة المعالجة كموارد مائية متوفرة بالاعتماد على الجودة. في الحقيقة، تعمل محطة معالجة المياه العادمة WWTP بدون منشآت لمعالجة المياه العادمة لدرجة مقبولة من الجودة لإعادة استخدامها لأغراض الري وبالإضافة إلى ذلك، ولسوء الحظ، فإن محطة معالجة المياه العادمة تعمل بظروف تفوق طاقتها التصميمية كما هو موضح في الفصل الخامس من التقرير المساند ويتم تصريف المياه المتدفقة المعالجة بطريقة غير صحيحة إلى الوادي. هذه المياه العادمة المعالجة بطريقة غير صحيحة هي على أقل تقدير في وضع لا تعتبر فيه كمورد للمياه في منطقة شحيحة المياه ولكن أيضًا كمصدر للأثر العكسي على كل من الصحة البيئية وصحة الإنسان. إذا استعملت المياه العادمة المعالجة ذات الجودة المقبولة للزراعة لأغراض الري، فإن المياه الجوفية المخزنة والمفترض أن تستخدم في الزراعة يمكن تحويلها لاستخدامها في الأغراض المنزلية.

بدأ تحسين محطة معالجة المياه العادمة WWTP وبناء محطات WWTP جديدة بمبادرة من مؤسسة صنعاء المحلية لإمداد المياه والصرف الصحي (SWSLC).

بخصوص المياه العادمة الصناعية، فيتم طرحها مباشرة في شبكة الصرف الصحي العامة بدون معالجة. كمية المياه العادمة الفعلية الناتجة عن الصناعات غير معروفة؛ مع ذلك، فإن تركيب مرافق المعالجة وإعادة استخدام المياه العادمة المعالجة في الصناعات هي وسائل أخرى يجب أخذها بعين الاعتبار لخفض كمية المياه الجوفية المستخرجة.

بخصوص هذه الوسائل، يجب أخذ المسائل التالية بعين الاعتبار.

- التقليل من المياه المهدورة عن طريق التبخر والاستخراج العشوائي للمياه العادمة المعالجة
- يجب الأخذ بعين الاعتبار تقبل المزارعين لاستخدام المياه العادمة المعالجة لأغراض الري وتعرفة المياه
- يجب مراعاة تطبيق الأنظمة المتعلقة ببناء منشآت المعالجة من قبل القطاعات الصناعية والحوافز لإعادة استخدام المياه المدورة

4.2.3 الفرق في عدم التوازن المائي بين الأحواض الفرعية

يعتمد أغلبية السكان في حوض صنعاء على الزراعة، النشاط الاقتصادي المهيمن في المنطقة. هناك نزعة في الأراضي المروية تشير إلى أن المزارعين غيروا نوع المحاصيل التي يزرعونها من المحاصيل المعتادة إلى المحاصيل النقدية وهي

القات الذي يؤمن عائدًا اقتصاديًا مرتفعًا للمزارعين. من ناحية أخرى يعتبر القات مستهلكًا كبيرًا للمياه ويستهلك أكثر من 71% من إجمالي المياه المستهلكة للري في حوض صنعاء ويتوقع أن يزداد الطلب على المياه لأغراض الزراعة بالرغم من نضوب إمكانيات المياه الجوفية. مع الأخذ بعين الاعتبار الارتفاع الملحوظ في معدل النمو السكاني السنوي في مدينة صنعاء والبالغ 5.5% فمن الواضح أن الطلب على المياه للأغراض المنزلية سيزداد أكثر من الانتاج ويتوقع أيضًا أن يزداد الطلب على مياه الري على الرغم من استنفاذ امكانيات المياه الجوفية.

من أهم أهداف الاستراتيجية الوطنية للمياه هو اعطاء الأولوية لإمداد مياه الأغراض المنزلية للمناطق المدنية والريفية. من وجهة نظر الأولوية المعطاة لمياه الأغراض المنزلية والاحتياجات الانسانية الأساسية، فإن تحويل المياه المخصصة لأغراض الري إلى تخصيصها للأغراض المنزلية يبدو خيارًا مفضلاً.

تم إقرار توزيع الموارد المائية وفقًا لسياستين، 1) أولوية توزيع المياه معطاة للأغراض المنزلية و 2) يجب استخدام المياه النظيفة والآمنة في الأغراض المنزلية قدر الإمكان. بناءًا على هاتين السياستين، تم تقديم ثلاثة خيارات لتوزيع المياه، وهي 1) من أغراض الري وسقاية الأشجار المزروعة على جانبي الطريق إلى الأغراض المنزلية في المناطق المدنية، 2) من أغراض الري إلى الأغراض المنزلية في المناطق الريفية و 3) من أغراض الري في المناطق الريفية إلى الأغراض المنزلية في المناطق المدنية. في الوقت ذاته، يجب مراعاة امكانيات الموارد المائية على المستوى الإقليمي (على سبيل المثال، مستوى الأحواض الفرعية). لتطبيق هذا الأسلوب، يجب تطبيق أساليب أخرى في الوقت ذاته مثل تحسين فعالية استخدام مياه الري وإعادة استخدام المياه العادمة المعالجة لأغراض الري.

بالنسبة للتنفيذ الفعال لإدارة الموارد المائية في حوض صنعاء، فإن استيعاب الوضع الفعلي للموارد المائية مثل تقلب مستوى المياه وتصنيف جودة المياه وحجم تغذية المياه الجوفية والمياه المصرفة وتصنيف الطبقات الجوفية حسب الخصائص الجيولوجية المائية والنتح والتبخر وهكذا يعد نشاطًا أساسيًا. بمراعاة هذه الضرورة، قامت سلطة NWRA-SB في صنعاء بالبدء بهذه النشاطات كجزء من مشروع SBWMP الممول من قبل البنك العالمي منذ العام 2004 وقد جمعت بيانات ومعلومات مفيدة بالإضافة إلى الخبرة.

يجب مراعاة الاعتبارات التالية لتسهيل التنفيذ.

- يجب تلبية الطلب على مياه الأغراض المنزلية والري في المناطق الريفية
- يجب العمل على زيادة الوعي العام
- سيكون من الضروري وضع حوافز أو قوانين
- سلطة NWRA-SB كونها الجسم التنظيمي لإدارة الموارد المائية، ستقوم بإعطاء تعليمات ونصائح للأفراد والهيئات المنفذة لأعمال تطوير المياه وعلى سلطة NWRA-SB أن تأخذ في الاعتبار الخطط وأنشطة تطوير المياه الخاصة بجميع الهيئات الأخرى مثل استهلاك المياه والطلب على المياه وجودة المياه
- على جميع الهيئات ذات العلاقة بتطوير المياه أن تقدم المعلومات إلى سلطة NWRA-SB

5.2.3 التطوير المؤسساتي

(1) اختتام اللائحة التنفيذية الخاصة بقانون المياه لعام 2002، وتطوير المراسيم لمنطقة حماية مياه حوض صنعاء

مع أن قانون المياه لعام 2002 يعتبر أول خطوة هامة باتجاه الإدارة المتكاملة للموارد المائية (IWRM) في الدولة، بعض الاعتبارات السياسية في بنودها الأساسية هي احتمالية انخفاض تأثيرها القانوني وسريان مفعول القانون نفسه. تتضمن هذه الاعتبارات بالتحديد الافتقار إلى البنود التي تقدم مقاييس التحكم بالطلب مثل قياس استخراج المياه الجوفية وجمع ثمن المياه. هذه البنود منصوص عليها أصلاً في مسودة قانون المياه وقد تم تعديلها وحذفها عند موافقة البرلمان على القانون، بينما تم أيضًا رفض المحاولة الثانية لتعديلها وتضمينها مرة أخرى عند موافقة البرلمان على قانون تعديل قانون المياه للعام 2007 (المرسوم الجمهوري رقم (41) لعام 2007 بخصوص تعديل قانون المياه رقم (33) لعام 2002). في الوقت الحاضر، جرى تقديم مسودة اللائحة التنفيذية النهائية لقانون المياه لعام 2002 والموافقة عليها من قبل مجلس الوزراء، والخاضعة

أيضًا لموافقة البرلمان. مسودة اللائحة التنفيذية، والتي قد تتضمن هذه القوانين لتقديم قياس استخراج المياه الجوفية وجمع ثمن المياه، مع ذلك، تصبح عالية السرية بسبب حساسيتها السياسية والاجتماعية، ومحدودية توفرها أيضًا. علاوة على ذلك، موافقة البرلمان على اللائحة بدون إجراء تعديلات على هذه اللوائح تبدو غير مرجحة، بسبب الملاحظات على القرارات الأخيرة المتخذة من قبل البرلمان بخصوص التعديلات على قانون المياه لعام 2002، في العام 2007.

قرار سلبي آخر قد يؤدي إلى توجيه الجهود إلى تطوير القانون الفرعي الآخر لـ "منطقة الحماية "، لحوض صنعاء على وجه التحديد. تمثل التحديات والعقبات التي تواجه قطاع المياه في حض صنعاء بالتحديد أعلى نسبة لهدر وسلب مثل هذه المياه والتي لا تقل عن 40%. يعتبر الري باستخدام المياه الجوفية أكثر العوامل مساهمة في أزمة المياه المستقبلية في الحوض. يستهلك قطاع الزراعة في البلاد ما لا يقل عن 93% من الموارد المائية المتاحة. لوحظ اعتماد أكبر على المياه الجوفية لأغراض الري في حوض صنعاء على وجه التحديد بسبب الصعوبات التي تواجه تطوير موارد مائية أخرى. يعمل انتاج محاصيل نقدية مستهلكة للمياه وخاصة القات على زيادة الطلب على المياه في حوض صنعاء، والتي تحتاج في الواقع إلى أكثر من نصف كمية المياه الجوفية المستخرجة. علاوة على ذلك، الطرق السائدة عمومًا للري المستخدمة بشكل اعتيادي وتقليدي في حوض صنعاء ذات الفعالية الأقل في استخدام المياه تعمل على زيادة العبء على الطبقات الجوفية المائية، بهذا التصرف يتم هدر ما لا يقل عن 40% من المياه المستخرجة. لذلك، في منطقة مثل حوض صنعاء حيث لوحظ طلب كبير على المياه الجوفية للمحاصيل المستهلكة للمياه والاستهلاك الفائض والهدر الزائد للمياه المستخرجة، مثل هذه المقاييس الخاصة بالتحكم بالطلب وتشجيع تقديم طرق ري حديثة ذات كفاءة عالية باستعمال المياه يجب اعتبارها مطلوبة. قياس المياه الجوفية وجمع ثمن المياه يجب أن تكون توجيهات لا غنى عنها لمعالجة مسائل الاستهلاك الزائد للمحاصيل النقدية التي تتطلب كميات كبيرة من المياه والهدر الكبير للمياه كما هو الوضع في حوض صنعاء.

لذا ونظرًا لاعتبارات العوامل الزمنية لزيادة القبول الاجتماعي، ينبغي للقوانين الفرعية الخاصة "بمناطق الحماية" لحوض صنعاء أن تعطي الأولوية لاستهداف الحد تدريجيًا ومع مرور الزمن من استخراج الماء إلى مستوى إعادة التغذية الطبيعية السنوية. يجب أن تشتمل على؛ 1) منع حفر الآبار للاستخدام في أغراض الزراعة والري، 2) اصدار الرخص لجميع الآبار، بغض النظر عن العمق، 3) التركيب الإلزامي لعدادات المياه المستخرجة ، و 4) بند قد يسمح بعد فترة من الزمن بجمع رسوم المياه المستخدمة لأغراض الزراعة والري. يمكن ان يكون تطوير القانون الفرعي لمنطقة حماية حوض صنعاء متطلبًا أساسيًا لفعالية خطة عمل سلطة NWRA-SB في صنعاء.

(2) زيادة الوعي لدى العامة والقادة السياسيين حول إدارة الموارد المائية

الإجراءات المتخذة في خطة العمل للتعامل مع أزمة المياه قد تستوجب التزامات لزيادة الوعي العام وتأسيس إجماع عام تدريجيًا لإدارة الموارد المائية، مما يؤدي إلى تغيير التوجه السياسي بالإضافة إلى زيادة الاستعداد السياسي نحو إدارة الموارد المائية. لذا، ينبغي تكثيف الجهود الحالية لحملة التوعية العامة. يجب أولاً أن يعرف جميع المواطنين وبالتحديد مستخدمي المياه وأصحاب العلاقة والشعب بشكل عام خطورة الأزمة المائية. يجب أن تمتد حملة التوعية أيضًا إلى السلطات والمؤسسات والشركات المعنية بقطاع تطوير المياه سواء على الصعيد المركزي أو المحلي والحكومي أو الخاص للتوافق مع القوانين والأنظمة ذات العلاقة.

علاوة على ذلك، سيتم تطوير وتنفيذ مشروع حملة توعية عامة بما يتناسب مع الثقافة الاجتماعية الفريدة القائمة على "القبلية" للبلاد. توريث أراضيهم القبلية التي هي مصدر ازدهارهم إلى الأجيال القادمة سيكون بالنسبة لهم أحد أهم الهواجس المتعلقة بالماء على الأرض وتحتها والذي يعتبر خدمة للأرض طبقًا لعاداتهم. ستدرك الأجيال القادمة كلفة الفرصة الضائعة في انتاجية الأرض التي تكبدتها، عندما يرثون الأرض القاحلة بسبب استغلالهم الزائد للمياه الجوفية. وأيضًا، يمكن أن يتم تأسيس شبكة تعليمية ومعلوماتية للسلطات القبلية. بقدر الإمكان، سيتم تحديد واستعمال نظام تنسيق بين القبائل لتسوية مصالحهم لتسهيل المنافسة الحالية على زيادة التطوير وزيادة استخراج المياه الجوفية.

سيكون من الضروري أيضًا تزويد الهيئات السياسية بالمعلومات الموثوقة حول الأزمة المائية. اتخاذ القرارات السياسية "الصحيحة" المبنية على الأدلة الموثوقة على الأزمة المائية سيعمل على زيادة دعم الشعب مع "التصويت" جنبًا إلى جنب مع حملة التوعية للشعب بشكل عام.

يجب أن تدرج أساليب التوعية وتأسيس الآراء المجمعة التي تستهدف الشعب والمجتمعات القبلية والهيئات السياسية في خطة العمل.

(3) تعريف محدد لحق الانتفاع بالمياه

هناك عادة مصادر تشريعية تحكم إدارة الموارد المائية بشكل مألوف، مثل الشريعة والعرف والقانون المدني والتي تحدد بأن ملكية الأرض تعطي المالك الحق الكامل والسيطرة على الموارد الطبيعية فوق وتحت سطحها (بمعنى، المياه السطحية والجوفية). تشير التداولات والمناقشات لقانون المياه لعام 2002 والقانون المعدل له في البرلمان إلى أن أغلبية أعضاء البرلمان يأكدون على اسلوب الحماية الخاص بالقانون المدني المتعلق بملكية المياه الجوفية وحماية اصحاب الأملاك من أي تدخل من قبل الدولة.

يحدد قانون المياه لعام 2002 بوضوح بأن المياه ملكية عامة خاضعة لإدارة وتسجيل الدولة. لذلك، فإن حق استخدام المياه (حق الانتفاع) قد يجمع الأفراد والهيئات بناءً على بنود قانون المياه أو على الإذن والترخيص الصادر عن الدولة. يجب اقناع الشعب بهذا الوضع القانوني للمياه والمعرف في قانون المياه؛ وإلا فإن قانون المياه سيفقد تأثيره في التنفيذ والتطبيق، وستسود القوانين المهيمنة الأخرى. يمكن أن تكون موافقة البرلمان متطلبًا لتفعيل خطة العمل، في اللائحة التنفيذية لقانون المياه لعام 2002 ومثل هذه البنود القانونية لإقرار قانون المياه كطريقة قانونية وحيدة لتنظيم حق استخدام المياه (حق الانتفاع) بدلاً من القوانين السائدة الأخرى.

(4) احترام النظام التقليدي والقبلي

أحد المبادئ الهامة في إطار العمل المؤسساتي والإداري المعمول بها في قانون المياه لعام 2000 هو تفويض السلطات لإدارة الموارد المائية وتطبيق اللوائح لإلغاء مركزية المؤسسات والمجتمعات المحلية، التي يتم فيها تطبيق آلية التنظيم الذاتي لإدارة الموارد المائية. نتيجة لذلك، تصبح المشاركة المحسنة للمؤسسات والمجتمعات المحلية في جميع خطوات عملية إدارة الموارد المائية من اتخاذ القرارات وتنفيذ اللوائح والمراقبة أهم القرارات لإنجاح آلية التنظيم الذاتي لإدارة الموارد المائية.

المؤسسات المحلية لا بصفتها الرسمية ولكن لأهميتها في ثقافة مجتمعاتها المحلية ينبغي أن تحتوي "القبائل" أو "النظام القبلي" الذي لا يمكن تجاهله والذي يمكن في الحقيقة اعتباره المؤسسة الحاكمة أكثر من سواها وخاصة في المناطق الجبلية في البلاد بما في ذلك المناطق الواقعة في حوض صنعاء. إطار العمل اللامركزي الخاص بالمؤسسة والإدارة المحلية المقدم من قبل قانون المياه وقوانين وقوانين فرعية أخرى ذات علاقة، من ناحية اخرى، يبدو أنه يفتقر إلى الآلية الفعالة لتعزيز المشاركة الفاعلة "للقبائل" و"النظام القبلي" في اتخاذ القرارات وتنفيذ إدارة الموارد المائية بشكل محسن.

لذلك، ينبغي أن يتم التعرف على وتطوير القنوات والشبكة لتوصيل القبائل والنظام القبلي طالما أمكن ذلك. يشير "النظام القبلي" هنا إلى العلاقة الداخلية بين القبائل، يمكن تصنيفه كإتحاد لمجموعات القبائل للتوفيق بين مصالحهم ونزاعاتهم وخلافاتهم. ينبغي مراعاة تطوير مثل هذه الآلية لتسهيل وتأسيس مشاركتها في التحضير لخطة عمل مكتب حوض صنعاء التابع لسلطة NWRA بموجب الدراسة. في هذا السياق، يمكن أيضًا مراعاة إنشاء شبكة، مثل اشتراك السلطات القبلية في لجنة الحوض. وكما سيتم مناقشته بشكل أوسع في الفصل السابع المتعلق بـ"البنية التنظيمية الحالية" في التقرير المساند، تم تأسيس لجنة حوض صنعاء بالتوافق مع قانون المياه والمراسيم ذات العلاقة، والتي تنقسم مهمتها إلى صفتين إحداهما تخدم كالهيئة المتخذة للقرارات لإدارة مياه الحوض، بينما تخدم الأخرى كهيئة تنظيمية. المشاركة الفاعلة للسلطات القبلية في اتخاذ القرارات والتنظيم، وإذا تم منحها الدعم، يمكن أن تكون دعمًا مؤسساتيًا مساندًا لتعزيز آلية التنظيم الذاتي لإدارة الموارد المائية.

ينبغي أيضًا التركيز على أن أصحاب العلاقة المعنيين في عملية اتخاذ القرارات لإدارة الموارد المائية سواء على المستوى المركزي والمحلي والمجتمع يجب أن يأخذوا على عاتقهم ويطبقوا الميادئ والاعتبارات المقبولة عادةً وعلى وجه العموم كلما أمكن ذلك. لذلك، من المطلوب احترام القواعد والأعراف القبلية التي تطورت على مر الأجيال، ويمكن أن تكون بالغالب أسسًا قوية وعملية للتعاون بين مستخدمي المياه وحلاً للنزاعات في إدارة المياه.

(5) تحسين إطار العمل اللامركزي للإدارة والمؤسسات المحلية

الفصل السادس من التقرير المساند تضمن مراجعة لإطار العمل اللامركزي للمؤسسات والإدارة المحلية كما هي مبينة في قانون المياه لعام 2002 وقانون السلطة المحلية لعام 2000، مع القوانين الفرعية والمراسيم المتعلقة بهما. وقد تأكد أن إطار العمل للمؤسسات والإدارة المستحدث في حوض صنعاء طبقًا لقانون المياه والمراسيم المتعلقة به يتفق مع ذلك المحدد في قانون السلطة المحلية. في الحقيقة أن قانون السلطة المحلية يخصص أجزاء كبيرة للوائح المتعلقة بإدارة الموارد المائية محددًا الأدوار الوظيفية للمجالس المحلية على مستوى المحافظات والمناطق والهيئات المحلية التابعة للوزارات والمجتمعات المحلية والمنظمات على مستوى المجتمعات المحلية وكذلك الوسائل والإجراءات المتعلقة بالتخطيط والتنفيذ والتقنين والمراقبة. على أن البنية المؤسساتية الحالية المطورة في صنعاء طبقًا لقانون المياه لعام 2002 تبدو أقل استخدامًا للمؤسسات المحلية وخاصة المجلس المحلي للمحافظة والمنطقة في مجالات تنفيذ وتطبيق وتقنين ومراقبة قانون المياه والبرنامج المتعلق بتحسين الموارد المائية.

إلى جانب قدرة القطاع المؤسساتية والإدارية، فإن أحد أهم معوقات ترويج الإدارة المتكاملة للموارد المائية IWRM في حوض صنعاء، في الحقيقة في البلاد ككل، طبقًا للقوانين واللوائح المعنية هو غياب القدرة التنظيمية للسلطة القانونية المعنية وهي سلطة NWRA ومكاتبها الفرعية على إعداد خطة الإدارة المحلية (الحوض) من خلال الدراسة الشاملة وتنفيذ وتطبيق البرامج المتعلقة بإدارة الموارد وتقنين ومراقبة تنفيذ تطوير الموارد، وتطبيق الواجبات والعقوبات المحددة. هذه التعهدات المطلوبة تتعلق جميعها بالمؤسسات "اللامركزية" و "المحلية"، التي حددت ووزعت مسئولياتها الوظيفية على السلطات المحلية (بمعنى آخر، المجالس المحلية على مستوى المنطقة والمحافظة) بالتعاون الواضح مع الأجهزة المحلية للوزارة (بمعنى آخر، مكتب سلطة NWRA الفرعي في صنعاء) بموجب قانون السلطة المحلية لعام 2000 وإجراءاته ولوائحه التنفيذية. لذلك، هناك فرص هامة لتحسين إطار عمل المؤسسات والإدارة المحلية اللامركزي في حوض صنعاء، من خلال الاستغلال الكامل للقدرة المحلية في المجالس المحلية وتأسيس مؤسسات الفرص المحلية هذه في إدارة الحوض.

6.2.3 التطوير التنظيمي

كما هو مبين في الفصل السادس والفصل السابع من التقرير المساند، يمكن أن تنجح الإدارة المتكاملة للموارد المائية في البلاد فقط إذا تم تنفيذ الإدارة على مستوى الحوض بشكل صحيح وبفعالية من قبل السلطات المحلية ومجتمعات المستخدمين المعنية. في الواقع، يولي إطار العمل الإداري والمؤسساتي والبنية التنظيمية المذكورة آنفًا للإدارة المتكاملة للموارد المائية في قانون المياه والمراسيم الحكومية اهتمامًا كبيرًا لتفويض السلطة في إدارة المياه إلى أدنى المستويات المناسبة. تلعب المنظمات التالية دورًا ومسئوليات رائدة في أطر العمل التنظيمية اللامركزية المحددة لإدارة الموارد المائية المتكاملة للدولة وإدارة الموارد المائية على مستوى الحوض في حوض صنعاء، سلطة NWRA-SB والمجالس المحلية كسلطات محلية، لجنة حوض صنعاء SBC كمنبرلأصحاب العلاقة لاتخاذ القرارات في إدارة الحوض، وجمعية مستخدمي المياه WUA أيضًا كمنظمة لمجتمع المستخدمين. تم في هذا القسم شرح القدرات الأساسية لهذه المنظمات في تنفيذ المهام والواجبات المحددة وتحليل سياسة واستراتيجيات القطاع والقضايا التي يجب مراعاتها في خطة تطوير المنظمات بموجب خطة العمل التي سيتم تجهيزها للدراسة.

(1) فرع سلطة إدارة الموارد المائية NWRA في صنعاء (NWRA-SB)

1) البنية التنظيمية

تشتمل سلطة NWRA-SB على دائرتين رئيسيتين – دائرة الدراسات والمعلومات، و؛ دائرة الترخيص والتوعية العامة. مع ذلك، كما تمت ملاحظته أعلاه، لم تتم صياغة القوانين الفرعية التنظيمية التي تحدد المهام والواجبات لسلطة NWRA-SB بعد. بدون صياغة القوانين الفرعية التنظيمية، فلن يكون بالإمكان إجراء المزيد من التطوير على الوصف الوظيفي لكل دائرة/قسم والخرائط التنظيمية التي تحدد العلاقة الداخلية بين الدوائر/الأقسام في الوقت الحالي. إن غياب القوانين الفرعية التنظيمية وتوصيف الأعمال والجداول يشكل عائقًا أمام أهم عوامل التشغيل التنظيمي والإدارة، مثل الفهم المتبادل وعملية اتخاذ القرارات ونظام اصدار ومراقبة الأوامر والتنسيق والتعاون بين الأقسام. لذلك، هناك حاجة ملحة لصياغة قوانينها الفرعية التنظيمية والوصف الوظيفي بناءً على المهام والواجبات الموزعة عليهم.

2) الموارد البشرية

كان تقييم قدرة طاقم سلطة NWRA-SB أقل برقم من الدراسات السابقة، ما يوحي إلى أن القدرة التقنية ما زالت قضية كبرى. الإدارة المتكاملة للموارد المائية تدعو إلى إدارة المياه على مستوى الحوض، ما يتطلب إجراءات منسقة من قبل قطاعات فرعية مختلفة. تم إعداد سلطة NWRA-SB للقيام بهذا التنسيق، ولكن عمرها بضع سنوات منذ تم تأسيسها في العام 2002. في الواقع، تم نقل أغلبية طاقم سلطة NWRA-SB الحالي، وطاقم المقر الرئيسي أيضًا، من وزارات وسلطات مختلفة لها علاقة في تطوير قسم آخر، لذا فإن أغلبية الطاقم الحالي لم يتم تجهيزهم بخبراتهم في إدارة الموارد المائية.

لا يوجد من بين 20 طاقم حكومي في سلطة NWRA-SB أي شخص يحمل درجة الماجستير أو الدكتوراه. أثناء العام 2006، تم عقد دورات تدريبية لأعضاء المقر الرئيسي لسلطة NWRA ومكاتبها الفرعية السبعة بما في ذلك فرع صنعاء. تلقى ما مجموعه 69 طاقمًا تدريبًا على المهارات الأساسية مثل اللغة الانجليزية وبرامج الكمبيوتر، 49 في الحقول التقنية، 18 في الحقول الإدارية والمالية، و 4 في برنامج ماجيستير العلوم خارج البلاد. تم أيضًا تدريب أعضاء من لجان حوض المياه داخل وخارج البلاد. مع ذلك، تقتصر فرص التدريب على المكاتب الفرعية، بما في ذلك فرع سلطة NWRA-SB في صنعاء. تلقى بعض أعضاء طاقم سلطة NWRA-SB تدريبًا في إمداد المياه وجودة المياه والاستشعار عن بعد وكتابة التقارير ضمن الدورات التدريبية التي عقدت في العام 2006. اعتبرت المناطق التالية ذات أولوية لتعزيز قدرة السلطة التقنية للقيام بما هو مطلوب منها؛إعداد نموذج تنفيذ المياه الجوفية، إطار العمل القانوني، التقنين والتطبيق، مشاركة المستخدم في إدارة الحوض. هذه المناطق هامة لتجهيز سلطة NWRA-SB لتكون سلطة محلية ذات علاقة ومسئولة لإدارة الموارد المائية في حوض صنعاء.

علاوة على ذلك، يمثل نقص الطواقم المؤهلين بشكل كافٍ مشكلة خطيرة في سلطة NWRA-SB. أفادت التقارير أن 50% من طاقم سلطة NWRA-SB، أو 20 طاقم من أصل 40 طاقم كمجموع كلي، ما زالوا يعملون بموجب عقود للمهام المحددة في المشاريع والبرامج التي تمولها التبرعات. لذلك، يميل الطاقم المؤهل نسبيًا في الوقت الحاضر إلى التعاقد والعمل في المشاريع والبرامج التي تمولها التبرعات، بينما يقال دائمًا وقد يكون صحيحًا أن الطاقم المؤهل في سلطة NWRA-SB يبحث عن وظائف في القطاع الخاص. يبدو أن هناك حاجة لمراجعة أجور/ رواتب العاملين واستحداث ألية تحفيز محسنة من خلال زيادة الأجور والترقيات المستندة إلى نظام لتقييم العاملين على اساس الأداء.

3) الإدارة المالية

الإدارة المتكاملة للموارد المائية تتطلب تنسيقًا مع الأقسام الفرعية الأخرى ليس في الاستراتيجيات والأنشطة فقط بل أيضًا في خطة الاستثمار. هناك أقسام فرعية عديدة للسلطات الوطنية في قطاع المياه، مثل قسم إمداد المياه المدنية والصرف الصحي، وقسم إمداد المياه الريفية، قسم تطوير الري والزراعة، وقسم حماية البيئة. في مثل هذه الظروف، قامت وزارة المياه والبيئة بتشكيل البرنامج القومي الاستراتيجي والاستثماري لقطاع المياه (NWSSIP من 2005 إلى 2009) في العام 2005، عبر سلسلة من الاجتماعات الاستشارية وتأسيس الآراء المجمعة مع أصحاب العلاقة. يعتبر برنامج NWSSIP في الحقيقة البرنامج القومي للاستثمار الوحيد والرئيسي لتحسين قطاع المياه ككل، والذي يتيح إدارة متكاملة للموارد المائية بطريقة منظمة واستراتيجية مع جميع القطاعات الفرعية المعنية.

سلطة NWRA هي السلطة التنفيذية الرئيسية لمباشرة أنشطة إدارة الموارد المائية التي تم التخطيط لها والمذكورة في البرنامج القومي الاستراتيجي والاستثماري لقطاع المياه NWSSIP، ليتم طلب الميزانية للحكومة بالتوافق مع المتطلبات المالية المحددة في البنامج الاستثماري في برنامج NWSSIP. من ناحية أخرى، التبرعات المطلوبة التي وضعت لميزانية الاستثمار لعام 2006 في برنامج NWSSIP، أكثر بكثير من الميزانية التي تمت الموافقة عليها، بينما بلغت النفقات الفعلية لسلطة NWRA في العام 2006 ما يقارب 60% من الميزانية الموضوعة للاستثمار لإدارة الموارد المائية المقرر في برنامج NWSSIP لعام 2006. مع ذلك، التبرعات التي تمت الموافقة عليها بلغت ما يقارب 67% فقط من ميزانية الاستثمار المطلوبة. النفقات الفعلية لسلطة NWRA في العام 2006 بلغت 89% تقريبًا من ميزانية الاستثمار الموافق عليها. يدل هذا ببساطة على أن كل من الحكومة وسلطة NWRA لم تستطيعا تلبية المطلوب في الاستثمار والأنشطة الموضوعة المحددة في برنامج NWSSIP.

4) التنظيم والمراقبة

التنظيم والمراقبة أحد أهم المهمات والواجبات التي ينبغي على سلطة NWRA-SB القيام بها لإدارة الموارد المائية على مستوى الحوض. بدأت سلطة NWRA-SB بتسجيل الآبار. قامت سلطة NWRA-SB مؤخرًا بمسح ما يقارب 65000 بئر في صنعاء وتعز وسعدة وحضرموت ورضاعة وعمران وإب وعبيان وتهامة الجنوبية، بينما تم مسح 14600 بئرًا إضافيًا في العام 2006 في تهامة الجنوبية (11500)، إب (1000)، عبيان (2099). يمثل هذا الرقم 22% تقريبًا من مجموع الآبار و16% من مجموع الآبار المقدر بـ (93000) في البلاد.

قامت سلطة الموارد المائية الوطنية لحوض صنعاء NWRA-SB بإعداد صيغ تسجيل تتعلق بالآبار، والتي تمت الموافقة عليها من قبل رئيس سلطة الموارد المائية الوطنية NWRA. أثناء التطبيق، وافقت سلطة الموارد المائية الوطنية NWRA-SB على طلبات تتعلق برخص 43 طلب من أصل 132 لاستعمال المياه الجوفية من قبل مستخدمين مختلفين. تمت إحالة قضايا خرق القوانين مثل الحفر غير المرخّص من قبل مقاولين الحفر إلى المدّعي. تعتبر تلك الأنشطة الميدانية بداية جيدة. من ناحية أخرى، تعتبر عملية التقدم بطيئة جدًا من حيث عدد الآبار البالغ 43 بئرًا فقط مسجلة ومرخصة من بين العدد الكبير من آبار حوض صنعاء. علاوة على ذلك، وعند مراجعة قدرة سلطة الموارد المائية الوطنية NWRA-SB في تنفيذ وتطبيق اللوائح على أرض الواقع دون وجود طاقم مناسب (20 طاقم حكومي بالإجمال فقط متوفر لسلطة الموارد المائية الوطنية NWRA-SB ككل) وميزانية للمراقبة الميدانية، تبدو عملية النهوض بمستوى التسجيل والترخيص صعبة. بالتالي، هناك حاجة ملحّة لتطوير آلية عمل شبكة المراقبة لميدانية، بالتعاون مع السلطات المحلية الأخرى. سيتم استخدام المجالس المحلية كالسلطات المحلية الأخرى المسؤولة عن الإشراف وتطبيق القوانين واللوائح في إدارة الموارد المائية على مستوى الحوض لتأسيس مثل شبكات المراقبة المحلية تلك.

(2) المجالس المحلية

تعتبر المجالس المحلية أيضًا منظمات جديدة نسبيًا حيث تم تسهيل تأسيسها منذ صدور قانون السلطة المحلية لعام 2000. تتواجد المجالس المحلية على مستوى المحافظة والمناطق، حيث تتمثل مهامها وواجباتها المتعلقة بإدارة الموارد المائية على مستوى الحوض بالإشراف وتطبيق القوانين واللوائح كما تمت ملاحظتها بالتفصيل في الأقسام السابقة. تتألف المجالس المحلية على مستوى المحافظة والمنطقة من هيئتين مميزتين، إحداهما هي هيئة إدارية يقوم رئيس الوزراء بتعيين رئيسها في المحافظة ويقوم مدير المحافظة بتعيين رئيسها في المنطقة والهيئة الأخرى هي الجهاز التنفيذي الذي ينقذ الإدارة والتطوير المحلي الذي يتألف من طاقم إداري محلي. بالرغم من أن الأجهزة التنفيذية لإدارة الموارد المائية في المجالس المحلية التي تقع في حوض صنعاء لم يتم تطويرها حتى الآن، ويبدو أن سلطة إدارة الموارد المائية لحوض صنعاء NWRA-SB تهمل مسؤولياتها المتعلقة بالتعاون مع الأجهزة التنفيذية المحلية تلك بالأخص لتأسيس شبكة مراقبة محلية، إلا أنه سيتم استعمالها ودمجها في إطار العمل التنظيمي المحلي لإدارة الموارد المائية على مستوى الحوض.

(3) لجنة حوض صنعاء (SBC)

منذ تأسيس لجنة حوض صنعاء SBC، فإنها تجتمع بشكل منتظم إلى حدٍ ما 6 مرات في السنة، وبناءً على النصائح المقدمة من المانحين والخبراء المغتربين، يبدو أن القرارات الجوهرية قد تم اتخاذها ومراعاتها من جوانب قطاعية متعددة. وهذا شيء إيجابي جدًا.

من ناحية أخرى، تعتبر القدرة الخاصة بالترتيبات المؤسساتية لتحسين إدارة المياه غير كافية. المؤسسات العامة لا يمكنها مجاراة المجموعات القبلية ومستخدمي المياه المحليين بسبب استقلاليتهم القوية. تبين الخبرات أن التطبيق لا يمكن أن يكون ناجحًا إلا على أسس تشاركية، من خلال نظام التنظيم الذاتي. سيعمل المشروع على الدمج بين اللوائح وأسلوب إدارة الموارد المائية وبرنامج عام للمعلومات والتوعية.

بالتالي، فإن هذا يعني إنشاء وصيانة القنوات لتشمل القادة التقليديين والمؤسسات القبلية في صنع القرار، وتطبيق آلية التنظيم الذاتي لإدارة مياه ، على سبيل المثال تدخلهم في لجنة حوض صنعاء SBC.

علاوة على ذلك، ومن أجل تقوية نظام التنظيم والمراقبة، يبدو أن هيئات الدعم المعنية مثل وزارة الداخلية ووزارة الإدارة المحلية ووزارة العدل لتطبيق أنظمة المياه قد اشتركت في لجنة حوض صنعاء SBC لأهدافها.

(4) جمعية مستخدمي المياه (WUA)

تمثل مياه الري 90% من سحب المياه الجوفية في البلاد. وصلت كمية نضوب المياه الجوفية وخاصة في حوض صنعاء مرحلة جعلت هجرة سكان الوادي بأكمله غير بعيدة. كنتيجة لذلك، الاقتصاد في المياه المستعملة في المزارع لتقليل الفاقد المائي الغير مفيد وبالتالي تقليل طريقة ضخ الأجزاء الرئيسية لإستراتيجية المياه القومية المذكورة سابقًا في قانون المياه والمرسوم الذي يحدد حوض صنعاء كواحد من "المناطق المحمية". لكي تكون ناجحة، فإنها تحتاج إلى جهود جماعية والعمل مع المزارعين عن قرب من خلال جمعية مستخدمي المياه (WUA) ومجموعة مستخدمي المياه (WUG).

في الوقت الحاضر، وبموجب مكونة المشروع "إدارة الطلب وتحسين عملية الري" المطبقة من قبل مشروع إدارة مياه حوض صنعاء، فقد تم استبدال طريقة الري التقليدية باستعمال فائض القنوات المفتوحة بتكنولوجيا الري الحديثة مثل الأنابيب المستعملة مع جهاز التقطير أو الفوّارة. كشرط مسبق للمشاركة والاستفادة من استثمار المشروع حيث أن الجزء الكبير من التكلفة لتقديم تكنولوجيا محسنة تم دعمها من قبل سلطة NWRA-SB، فإن المزارعين الذين تغطي أراضيهم 6 إلى 12 هكتار بعائلات قليلة مطالبون بتشكيل جمعية مستخدمي مياه WUA. تختلف أعداد مجموعات مستخدمي المياه WUG في كل جمعية لمستخدمي المياه WUA، تبعًا لمواقع ودرجة قرب الآبارمن بعضها، ولكنه اعتباطي في بعض الأوقات. تقوم جمعية مستخدمي المياه WUA بتجميع مساهمات المزارعين لاستثمار رأس المال، وتنظيم أنشطة توعوية للمزارعين، والتصرف كحلقة وصل بين المشروع والمزارعين كأفراد أو مجموعات مستخدمي المياه WUG. يشكّل تأسيس جمعية مستخدمي المياه WUA جزءًا مهمًا من مكونة المشروع. جنبًا إلى جنب مع تشكيل جمعية مستخدمي المياه WUA، فقد تم اختيار مزارع توضيحية (غالبًا من 1 إلى 2 هكتار) لكل جمعية مستخدمي مياه وتلقت الاستثمار في البنية التحتية لعمليات الري الحديثة.

لتأسيس المزارع التوضيحية أهمية حيوية. تكمن أهمية المزارع التوضيحية في حقيقة كونها المصدر والوسائل الرئيسية للعمل على إقناع المزارعين لتبني أنظمة الري المحسنة. ينبغي أن يثق المزارعون بصلابة ومدى ربحية التكنولوجيا على أرض الواقع. كلما كان التوضيح أكثر عملية (توضيحًا فعليًا)، كلما تبنى التكنولوجيا المحسنة الجديدة عدد أكبر من المزارعين.

الأرباح الناتجة من استثمار تلك المزارع واضحة حتى الآن، حيث وصلت كمية المياه التي تم توفيرها أكثر من 50%، وقد ترتفع أكثر عند كل تقليل كبير في مدة الضخ، تقليل استهلاك الديزل بسبب الحاجة المنخفضة للضخ، يعمل على تحسين المنتجات والانتاج.

من ناحية أخرى، أفاد تقرير للبنك الدولي أنه تم تأجيل تلك الأنشطة بشكل كبير، مما أثر سلبًا على قبول المزارعين لتكنولوجيات الري الجديدة (المسح الأساسي لتقييم الأثر المستقبلي، مشروع إدارة مياه حوض صنعاء، MWE (2006). مصحوبة بهذا، فإن زيادة وعي المزارعين تبدو أيضًا غير كافية. بعضهم متردد في المساهمة باستثمار رأس المال أو في الانضمام إلى جمعية مستخدمي المياه WUA (في بعض المناطق، 10 فقط من أصل 40 من مجموعات مستخدمي المياه WUG انضمت إلى جمعية مستخدمي المياه WUA).

في الوقت الحالي (يوليو، 2007)، تم تأسيس 47 جمعية لمستخدمي المياه WUA مع 530 مجموعة مستخدمي مياه مشكّلة و4440 مزارع مشترك. يمكن القول أن هذا تقدمًا جيدًا منذ أن بدأت مكونة المشروع عام 2004. من ناحية أخرى، تمت ملاحظة التطور الضعيف في عملية تركيب وتغطية نظام الري المحسن بمساحة قدرها 211 هكتار فقط مركبة، أو أقل من 5% من هدف المشروع. العدد المرتفع نسبيًا لجمعيات ومجموعات مستخدمي المياه WUA و WUG التي تم تشكيلها مقابل المنطقة الأصغر التي تم تحويلها باستعمال تكنولوجيا الري المحسنة يدعو إلى التنفيذ بجودة حسنة في التعبئة الاجتماعية وتماسك وتدريب جمعيات ومجموعات مستخدمي المياه WUA و WUG.

القضية الرئيسية على المدى الأطول، هنا، هي التوعية المحسنة لجمعيات ومجموعات مستخدمي المياه WUA و WUG.

انهما هما من سيتوليان معظم حجم تقنين استعمال المياه من قبل المجموعة ومن قبل كل مزارع من خلال تبني التكنولوجيات المحسنة وكفاءة عملية الري. إذا تم القيام بذلك، واستعمل المزارعون ببساطة المياه التي تم توفيرها لمستويات تغطية مرتفعة أو توسيع رقعة المناطق المروية، فإنه سيتم فقدان هدف المكونة بشكل كامل وهو توفير المياه.

لذلك، تعتبر جودة جمعيات ومجموعات مستخدمي المياه WUG/WUA حاجة رئيسية، وأهم بشكل أساسي من إنجاز المشروع من حيث عدد مجموعات مستخدمي المياه WUG وعدد الهكتارات. في الأساس، يعتبر من الأكثر أهمية تطوير برنامج ناجح من تحقيق الأهداف الغير ؟؟ أو ذات قيمة توضيحية بسبب عدم نجاحها. في التقييم الذي أجري لجمعيات ومجموعات مستخدمي المياه WUA و WUG التي تم تشكيلها بالفعل، فإن جودتهما ما زالت غير كافية من حيث التعبئة الاجتماعية والتدريب.

مصحوبة بذلك، هناك تدريب محدود لجمعيات ومجموعات مستخدمي المياه WUG/WUA فيما يتعلق بالممارسات الزراعية والاقتصادية التي قد ينتج عنها توفير المياه. ينبغي أن يكون هناك إمام لدى المستفيدين بأنماط الزراعة المناسبة من أجل تبني أسلوب زراعة المحاصيل ذات استهلاك المياه الأقل. ينبغي أن تركز برامج التدريب الخاصة بالطاقم على استعمال المياه بكفاءة من خلال المعرفة الصحيحة بمتطلبات المياه اللازمة للمحصول وجدولة مواعيد الري وتوفير المياه، ما يؤدي بالنهاية إلى زيادة الانتاجية. لذلك، ينبغي أن تركز خدمات التمديد للمزارعين على نواحي عمليات التشغيل والصيانة لمعدات الري المحسنة والممارسات الزراعية الاقتصادية. أيضًا، ينبغي إقناعهم بعدم توسيع أراضيهم الزراعية كنتيجة لتوفير المياه من خلال أنظمة الري الحديثة. بالإضافة إلى ذلك، ينبغي المصادقة على المعاهدة الثلاثية بين المزارعين وهيئة المجتمع وسلطة NWRA-SB، وبالأخص ينبغي تفعيل دور جمعيات مستخدمي المياه WUA بشكل كامل كما تمت الإشارة إليه أعلاه.

3. 2. 7 تلوث موارد المياه الجوفية المحدودة

(1) التلوث في المناطق المدنية

تمت تغطية 29% من السكان أي ما يعادل 560259 نسمة، في المناطق المدنية بشبكة الصرف الصحي العامة في العام 2006 وفقًا لتقرير مؤسسة صنعاء المحلية لإمداد المياه والصرف الصحي SWSLC. تم تصريف التدفق من محطة معالجة المياه العادمة مباشرة لقنوات مفتوحة في الوادي منذ عام 2000 واستعمل المزارعون المياه المصرفة لأغراض الري. وكما ذكر أعلاه، فإن محطة معالجة المياه العادمة WWTP تعمل بحالة قدرة معالجة زائدة وجودة المياه المعالجة غير مرضية حتى لأغراض الري. لذلك، بدأت سلطة NWRA-SB عام 2007 بزيادة توعية هؤلاء المزارعين حول أهمية عدم استعمال المياه المصرفة لتجنب الخطر على الصحة. بالإضافة إلى ذلك، المياه المصرفة التي لم تستهلك لغرض الري تسربت إلى داخل الأرض ويمكن أن تلوث المياه الجوفية. في الحقيقة، أصبحت جودة المياه الجوفية الموجودة في مجرى مياه محطة المعالجة أسوء كما في القضية التي تم الإبلاغ عنها لسد المشام الواقع حول 12 كم من مجرىمياه محطة معالجة المياه العادمة WWTP حيث يتم بها تجميع المياه العادمة المعالجة. في الواقع، فقد تم التخطيط لتحسين محطة معالجة المياه العادمة WWTP المجودة عن طريق إنشاء محطة جديدة على مجرى الوادي من قبل مؤسسة صنعاء المحلية لإمداد المياه والصرف الصحي SWSLC.

السكان الذين لم تتم تغطيتهم ضمن شبكة الصرف الصحي يعتمدون على البالوعات والمشاكل التي تم التبليغ عنها هي تدفق مياه الامطار الى البالوعات عند تساقط الامطار الكثيف وبالنهاية يفيض التدفق الزائد مع المحتويات الى الخارج. من ناحية أخرى، فقد تم الابلاغ عن تلوث المياه الجوفية أيضًا نتيجة لتسرب مواد اليها. أصبح استنزاف جودة المياه الجوفية بسبب تسرب مياه الصرف الصحي إليها مرئيًا حيث وجد تركيز نترات عالي (NO3) والتركيز أعلى بمرتين أو ثلاث مرات من الحد الذي تسمح به منظمة الصحة العالمية (WHO) لمياه الشرب وهو 50 ملجم/لتر في الجزء المركزي القديم من مدينة صنعاء. تم الابلاغ عن عدة مئات من الآبار الخاصة التي تلوثت بمياه الصرف الصحي وينبغي أن يتم تذكر نقطة مهمة جدًا ألا وهي أن حقول الآبار العامة تقع في مكان أقرب من المدينة. منذ أن أيقنت مؤسسة SWSLC وبلدية صنعاء ضرورة معالجة مياه الصرف الصحي، فقد قاموا بتخصيص ميزانية من الصندوق المالي العربي والميزانية القومية للتعامل مع هذا الموقف.

تمت الإشارة إلى عامل آخر ألا وهو التلوث الناتج من التخلص غير الكافي من المخلفات في محطات الوقود ومحلات صيانة السيارات والوحدات الطبية مثل المستشفيات والمختبرات والعيادات وحتى في الصناعات حيث كانت تلك المؤسسات غير مجهزة بأي مرافق معالجة للمياه العادمة وعلى فرض ان تصريف المياه العادمة لم يتم التحكم به ولم يتم تنظيمه ومراقبته. لم يتم توضيح تلوث المياه الجوفية الناتج عن العوامل الفردية تلك، لذلك، فإن من المطلوب إجراء مسح شامل لجودة المياه الجوفية وتطبيق اللوائح المتعلقة بإنشاء مرافق المعالجة في تلك المؤسسات دون تأخير.

في حالة تلوث الموارد المائية فمن غير السهل إرجاعها إلى وضعها الأصلي، ثم ، سيؤدي هذا الى نقصان الموارد المائية الآمنة المتوفرة. بالإضافة إلى ذلك إذا تم استهلاك المياه الملوثة لأغراض الشرب والري وغيرها، سينتج عن ذلك مشاكل صحية للإنسان والحيوان، وتقلص الأراضي الزراعية مع انخفاض انتاجية المحاصيل الزراعية والتأثير السلبي على البيئة.

(2) التلوث في المناطق الريفية

من اجل زراعة محاصيل قدر الامكان، لسوء الحظ لم يقم المزارعون باستعمال الموارد المائية بشكل زائد فقط ولكنهم أيضا استعملوا الأسمدة الكيماوية والمبيدات الحشرية تمت ملاحظة تلوث المياه الجوفية على طول الوديان حيث أجريت الأنشطة الزراعية. قامت حكومة اليمن بالمصادقة على منع استعمال بعض المبيدات الحشرية والأسمدة الكيماوية التي قد تسبب ليس فقط التأثير السلبي على الطبيعة ولكن أيضا على حياة الإنسان. من ناحية أخرى بما أن الزراعة تعتبر النشاط الاقتصادي الرئيسي في الحوض وبما أن المزارعين مصممون على حماية ممتلكاتهم ودخلهم باستعمال الأسمدة الكيماوية والمبيدات الحشرية بأسلوب غير محكوم وغير منتظم ودون وعي منهم بالمخاطر التي قد تسببها تلك الكيماويات. قد تكون الأسمدة الكيماوية والمبيدات الحشرية إحدى مصادر تلوث المياه الجوفية ، إلا أن التخزين والتخلص من مخلفات الماشية على الأراضي تعتبر أيضا مصدراً ملوثاً يؤثر بشكل واسع على جودة المياه الجوفية.

تلزم مناهج تتعلق بزيادة توعية المزارعين حول المخاطر الناتجة عن الاستعمال الزائد للمبيدات الحشرية والأسمدة الكيماوية وأيضا استعمال الكيماويات غير القانونية. ينبغي أن يكونوا على وعي تام بأنهم لا يعرضون الموارد المائية فقط للخطر وإنما أيضا حياة المستهلكين والاهم من ذلك حياة عائلاتهم.

مراعاة للموقف، فقد تم إطلاق خطة إدارة حشرية متكاملة متعلقة بنبات العنب والقات عن طريق مشروع SBWMP بالتعاون مع المؤسسة العامة لحماية المزروعات.

(3) تركيز مادة الفلورايد

أفادت التقارير أن تأثير التركيز العالي لمادة الفلورايد مثل الفلور الخاص بالأسنان والفلور الخاص بالهيكل العظمي قد تمت ملاحظته أيضا داخل حوض صنعاء. تم تحليل ما مجموعه 202 عينة في الدراسات السابقة . تجاوز تركيز مادة الفلورايد في 28 بئر من أصل 202 ممثلاً ما نسبته (14%) الحد الأقصى المسموح به ألا وهو1,5ملجم/ لتر وتمت ملاحظة تلك القراءات في المناطق الجنوب شرقية والغربية والجزء الشمالي من الحوض. 67 بئر (أي ما نسبته 33%) تحت تركيز مادة الفلورايد مابين 0.5 و 1.5 ملجم/لتر. تعتبر أسباب التلوث مجهولة على سبيل المثال إذا نتجت من مصادر طبيعية أو نتجت من تسرب مياه ملوثة وغيرها والمعلومات الوحيدة المتوفرة هي أن أغلبية العينات التي تم تحليلها تقع في منطقة توزيع الصخور البركانية. من ناحية أخرى يعتبر فقط رقمًا تقريبيًا يتعلق بالتلوث بمادة الفلورايد وبما أن الناس الذين يعيشون في مناطق ذات تركيز مادة فلورايد عالي يمتلكون خياراً محدودًا من المصادر المائية لأغراض الشرب، لذا ينبغي اتخاذ الإجراءات بواسطة الهيئة الحكومية.

بخصوص تلك الأساليب ينبغي مراعاة ما يلي

- ينبغي مراعاة تحسين نظام شبكة الصرف الصحي من أجل أن تناسب الزيادة السكانية في المناطق المدنية بما يتوافق مع خطط تطوير المدينة
- تطبيق لوائح إنشاء مرافق معالجة المياه العادمة للمنشآت الصناعية ومحطات الوقود ومحلات صيانة السيارات

والوحدات الطبية وغيرها

- زيادة توعية المزارعين من خلال تثقيفهم حول تقنيات الزراعة الفعالة
- تطبيق اللوائح الخاصة باستعمال المبيدات الحشرية والأسمدة الكيماوية المحظورة دولياً ، وزيادة توعية المزارعين حول المخاطر الصحية والبيئية عند استعمال مثل تلك المبيدات الحشرية والأسمدة الكيماوية.

8.2.3 ضرورة أخذ الاستعمال الفعال للمياه السطحية بعين الاعتبار

يعتبر هطول الأمطار داخل حوض صنعاء والذي يتراوح بين 200مم في السنة في مناطق الشمال شرقية و 350 مم في السنة في مناطق الجنوب غربية منخفضاً ، لذلك، فقد قامت الحكومة والمزارعين بجهود تتعلق باستعمال الموارد المائية الثمينة تلك بقدر الإمكان بواسطة طرق الحصاد المائي والبنيات السطحية. ساهمت تلك الطرق والبنيات أيضًا بإعادة تعبئة المياه الجوفية. من ناحية أخرى، تم نقصان الاعتماد على أنظمة الحصاد المائي بسبب توسع الأراضي الزراعية واستعمال موارد المياه الجوفية.من ناحية أخرى، فقد ازداد الاعتماد على أنظمة الحصاد المائي نظرًا لتوسع رقعة الأراضي الزراعية واستخدام موارد المياه الجوفية. وفيما يتعلق بالبنيات السطحية، فقد تم إجراء المناقشات للحصول على فعالية أكثر للبنيات من وجهة نظر الإدارة المتكاملة للموارد المائية. لذلك ، ينبغي مراعاة الإجراءات المناسبة لتحسين تعبئة المياه الجوفية.

(1) الحصاد المائي وصيانة الشرفة

تم استعمال طرق الحصاد المائي التقليدية في المدينة منذ زمن بعيد ليتم الحصول على المياه للأغراض المنزلية والحيوانات والري، وساهمت في إعادة تعبئة المياه الجوفية في الوقت ذاته. من ناحية أخرى بما أنه قد تمت توسعة الأنشطة الزراعية مع زيادة استهلاك المياه الجوفية فإن الاعتماد على طرق الحصاد المائي التقليدية انخفضت. ثم تم ترك الشرفات في المناطق الجبلية دون صيانة. نظرًا لندرة المياه في الحوض ، ينبغي استعمال مثل تلك الطرق التقليدية بقدر الإمكان.

(2) مراعاة إنشاء وإعادة تأهيل سدود إعادة التعبئة والسدود السطحية

تم تشغيل السدود بشكل عام لإعادة تعبئة المياه الجوفية، في الحقيقة، تمت ملاحظة تحسين المستوى المائي للآبار الضحلة داخل حوض صنعاء. من ناحية أخرى ، أشار المشروع القومي الاستراتيجي والاستثماري لقطاع المياه NWSSIP إلى انه بالرغم من الجهود الكبيرة في إنشاء السدود في البلاد، فإن بناء السدود لم يوقف الانحدار المستمر لمستويات المياه الجوفية أو تحسين الطبقات الجوفية المستنفذة في العديد من الأحواض. ثم استنتج أن سياسة السدود ينبغي أن تكون مصحوبة بالإجراءات والأعمال للتحكم وتقنين الطلب على المياه.

بخصوص تلك الأساليب ينبغي مراعاة ما يلي

- زيادة توعية المزارعين حول أهمية الحصاد المائي
- توافر مناطق جبلية للشرفات
- إجراءات وأعمال للتحكم والتقنين في الطلب على المياه
- تحليل الكلفة والربح
- التأثير السلبي المحتمل على النواحي الاجتماعية والبيئية وضرورة التهدئة التي ينبغي اتخاذها على أساس نتائج الدراسة الشاملة

المراجع

وزارة المياه والبيئة (2006) المسح الأساسي لتقييم الأثر المستقبلي، مشروع إدارة مياه حوض صنعاء، MWE، ص 107

الفصل 4

السيناريوهات المستقبلية بالإستناد إلى

الاقتصاد الاجتماعي والطلب على المياه في حوض صنعاء

الفصل 4 السيناريوهات المستقبلية بالإستناد إلى الاقتصاد الاجتماعي والطلب على المياه في حوض صنعاء

1.4 التفويض

في بداية هذا الفصل، تم توقع الطلب على المياه مستقبلاً وفقًا للمعلومات المقدمة من قبل الهيئات المعنية وذلك لتوضيح مقدار كمية النقص في المياه والمدة الزمنية التي يتم من خلالها استهلاك الموارد المائية المحدودة داخل حوض صنعاء. ثم يتم الأخذ بعين الاعتبار السيناريوهات الممكنة للتخفيف من حدة الظروف القاسية للموارد المائية. ويتم اختيار سيناريو واحد لتنفيذه بالاستناد إلى هذه النتائج.

2.4 الطلب على المياه مستقبلاً

قطاع المياه في حوض صنعاء مصنف إلى خمس قطاعات كما يلي: 1) إمداد المياه للمنطقة المدنية المؤلف من الغرض المحلي والمؤسساتي و 2) الغرض المحلي في المنطقة الريفية و 3) الغرض الصناعي و 4) الغرض السياحي و 5) غرض الري. تم إجراء توقع للطلب على المياه مستقبلاً من قبل كل قطاع في هذه الدراسة بالاستناد إلى المعلومات الموجودة المقدمة من قبل الهيئات المعنية. يتم وصف النتائج في الأقسام التالية.

1.2.4 تنبؤات عدد سكان حوض صنعاء

(1) تنبؤات عدد سكان مدينة صنعاء

تم إجراء تنبؤات لعدد سكان مدينة صنعاء من قبل سلطة المياه والصرف الصحي الوطنية (NWSA) (2000)، بحيث تبنوا ثلاث سيناريوهات نمو تعكس نمو مرتفع ونمو متوسط ونمو محدود. بلغ المعدل الافتراضي تبعًا لسيناريو النمو المرتفع 6.1% في عام 1997 (السنة التأسيسية للدراسة المنفذة من قبل دار الهندسة) وانخفضت إلى 4.2% في عام 2020. بلغت المعدلات المفترضة تبعًا لسيناريوهي النمو المتوسط والمحدود 5.6% و 5.1% على التوالي في عام 1997 وانخفضت إلى 3.3% و 2.4% على التوالي في عام 2020.

نظرًا لأن الدراسة المنفذة من قبل دار الهندسة (2000) تعتبر الخطة الرئيسية لإمداد المياه للمناطق المدنية ومشاريع الصرف الصحي لمدينة صنعاء، متبوعة بمؤسسة صنعاء المحلية لإمداد المياه والصرف الصحي SWSLC ونظرًا لعدم توفر بيانات أو تقارير محدثة مناسبة أثناء فترة الدراسة، فقد تم تقدير تنبؤات عدد السكان في هذه الدراسة بالاستناد إلى معدلات النمو المذكورة أعلاه. بلغ معدل نمو السكان لمدينة صنعاء أثناء الفترة الممتدة ما بين عام 1994 وعام 2004 5.5% وينخفض هذا المعدل ليصل إلى 4.2% و 3.3% و 2.4% على التوالي للنمو المرتفع والمتوسط والمحدود في عام 2020.

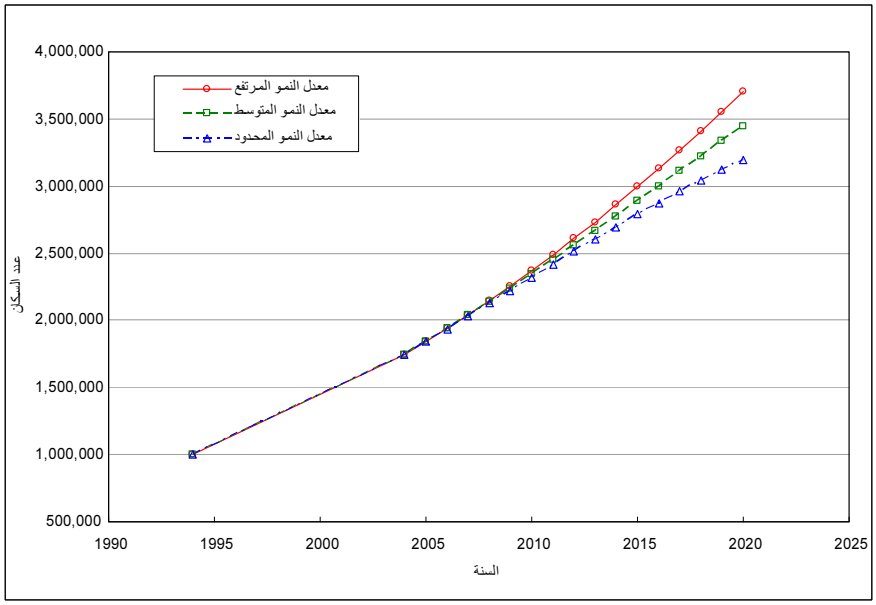
تنبؤات عدد سكان مدينة صنعاء مبين في *الجدول 1.4* . وفقًا لنتائج تنبؤات عدد السكان، فقد تم تقدير سكان مدينة صنعاء تبعًا لمعدل النمو المتوسط الذي تم تبنيه بغرض تخطيط المشروع لعام 2006، السنة التأسيسية لهذه الدراسة، بما يبلغ 1.9 مليون نسمة و 3.4 مليون نسمة لعام 2020.

الجدول 1.4 تنبؤات عدد سكان مدينة صنعاء حسب السيناريو

السنة	معدل النمو المرتفع		معدل النمو المتوسط		معدل النمو المحدود	
1994	1003627		1003627		1003627	
2004	1747834	5.50	1747834	5.50	1747834	5.50
2005	1842545	5.42	1841562	5.36	1840578	5.31
2006	1940891	5.34	1937783	5.23	1934678	5.11
2007	2042909	5.26	2036368	5.09	2029840	4.92
2008	2148629	5.18	2137168	4.95	2125750	4.73

السنة	معدل النمو المرتفع		معدل النمو المتوسط		معدل النمو المحدود	
2009	2258075	5.09	2240019	4.81	2222073	4.53
2010	2371261	5.01	2344740	4.68	2318455	4.34
2011	2488194	4.93	2451133	4.54	2414526	4.14
2012	2608871	4.85	2558983	4.40	2509900	3.95
2013	2733282	4.77	2668059	4.26	2604178	3.76
2014	2861404	4.69	2778117	4.13	2696952	3.56
2015	2993208	4.61	2888894	3.99	2787806	3.37
2016	3128650	4.53	3000117	3.85	2876319	3.18
2017	3267680	4.44	3111496	3.71	2962069	2.98
2018	3410232	4.36	3222732	3.58	3044636	2.79
2019	3556233	4.28	3333513	3.44	3123607	2.59
2020	3705595	4.20	3443519	3.30	3198573	2.40

المصدر: الكتاب السنوي الإحصائي لعام 2005 (السكان لعام 1994 وعام 2004)



الشكل 1.4 مخطط تنبؤات عدد سكان مدينة صنعاء

(2) تنبؤات عدد سكان المناطق الريفية الموجودة ضمن الحوض

تم حساب السكان المتواجدين ضمن الحوض لعام 2004 وفقًا للنسبة المئوية للمنطقة لكل مقاطعة متضمنة في الحوض وسكان كل مقاطعة بالاستناد إلى نتائج التعداد السكاني لعام 2004 كما هو مبين في *الجدول 2.4*. بالنسبة لهذا الحساب، فقد تم الافتراض بأن السكان موزعين بانتظام ضمن الحوض.

تم حساب تنبؤات عدد السكان في هذه الدراسة لمقاطعات بني حشيش وسنحان وبني بهلول وحمدان وأرحاب ونحم والتيال وبني مطر وجهنة بالاستناد إلى معدل النمو 2.5% الذي تم تبنيه من قبل سلطة المياه GARWSP. نتائج التوقعات مبينة في *الجدول 3.4*.

(3) تنبؤات عدد سكان الحوض الفرعي

تم حساب السكان المتواجدين ضمن كل 22 حوض فرعي لعام 2004 وفقًا للنسبة المئوية للمنطقة لكل مقاطعة متضمنة في الحوض الفرعي والسكان الذي تم حسابهم أعلاه. معدل النمو الذي تم تبنيه للمناطق الريفية هو 2.5% وبالنسبة للمنطقة المدنية، فقد تم تبني معدل النمو المتوسط. نتائج التقدير مبينة في *الجدول 4.4*.

الجدول 2.4 عدد السكان التقديري ضمن الحوض مقسمًا على المناطق (عام 2004)

المنطقة	المنطقة		مساحة المقاطعة ضمن الحوض		
	المساحة (كم2)	عدد السكان (نسمة)	المساحة (كم2)	%	عدد السكان (نسمة)
مدينة صنعاء	404.2	1747834	404.2	100.0	1747834
بني حشيش	340.7	73957	340.7	100.0	73957
سنحان وبني بهلول	600.0	80399	483.8	80.6	64832
حمدان	589.9	84882	442.1	74.9	63612
أرحاب	1288.4	90038	556.5	43.2	38891
نحم	1961.0	41502	474.7	24.2	10046
الطيال	395.8	36253	128.6	32.5	11779
بني مطر	1117.5	100012	319.6	28.6	28605
جهنة	617.8	50747	36.6	5.9	3009
المنطقة ضمن محافظة عمران*	49.9	---	49.9	100.0	---
المجموع	6911.1	2305624	3236.7	---	2042565

* استنادًا إلى الحدود الطبيعية لمنطقة التجميع في الحوض. هذه المنطقة تعتبر غير مأهولة

الجدول 3.4 التوقعات الخاصة بعدد سكان المناطق الموجودة ضمن حوض صنعاء

المنطقة / السنة	بني حشيش	سنحان وبني بهلول	حمدان	أرحاب	نحم	التيال	بني مطر	جهنة	المجموع
1994	54375	60999	47415	27061	8397	***	34370	***	232617
2004	73957	64832	63612	38891	10046	11779	28605	3009	294733
2005	75806	66453	65203	39864	10298	12074	29320	3084	302101
2006	77701	68114	66833	40860	10555	12375	30053	3161	309653
2007	79644	69817	68504	41882	10819	12685	30805	3240	317395
2008	81635	71562	70216	42929	11089	13002	31575	3321	325330
2009	83676	73351	71972	44002	11367	13327	32364	3404	333463
2010	85767	75185	73771	45102	11651	13660	33173	3490	341799
2011	87912	77065	75615	46230	11942	14002	34003	3577	350344
2012	90109	78991	77506	47385	12241	14352	34853	3666	359103
2013	92362	80966	79443	48570	12547	14710	35724	3758	368081
2014	94671	82990	81429	49784	12860	15078	36617	3852	377283
2015	97038	85065	83465	51029	13182	15455	37532	3948	386715
2016	99464	87192	85552	52305	13511	15842	38471	4047	396382
2017	101951	89372	87691	53612	13849	16238	39432	4148	406292
2018	104499	91606	89883	54953	14195	16644	40418	4252	416449
2019	107112	93896	92130	56326	14550	17060	41429	4358	426861
2020	109790	96243	94433	57735	14914	17486	42464	4467	437532

* معدل النمو: معدل 2.5%، المعدل الذي تم تبنيه من قبل سلطة المياه GARWSP الوحدة: نسمة

الجدول 4.4 تنبؤات عدد سكان الحوض الفرعي

الحوض الفرعي / السنة		2005	2006	2010	2015	2020
1	وادي المشاميني	5480	5617	6200	7014	7936
2	وادي المديني	14016	14366	15858	17941	20299
3	وادي الخريد	10647	10950	12238	14020	15991
4	وادي المعادي	2419	2479	2736	3096	3503
5	وادي عسير	4560	4674	5159	5837	6604
6	وادي خلاقة	1687	1729	1908	2159	2443
7	وادي كسبه	4624	4740	5232	5919	6697
8	وادي الحقة	17053	17622	20035	23337	26900
9	وادي بني حواط	1104206	1161546	1403916	1728142	2058854
10	وادي تهامة	148600	156316	188929	232556	277057
11	وادي أز سير	47314	48822	55224	64010	73556
12	وادي الفرس	10185	10440	11524	13038	14752
13	وادي الإقبال	26191	26845	29632	33526	37932
14	وادي ظهر والغيل	73755	76512	88198	104083	120944
15	وادي حمدان	55268	57953	69306	84537	100186
16	وادي المورد	440583	463330	559482	688139	819450
17	وادي صوان	31035	32131	36778	43115	49896
18	وادي شاهق	92620	96700	113963	137228	161407
19	وادي غيمان	18321	18779	20729	23453	26535
20	وادي المليخي	7459	7646	8440	9549	10803
21	وادي هزياز	10761	11030	12175	13775	15585
22	وادي أخوار	16835	17255	19047	21550	24382
المجموع		2143619	2247483	2686707	3276023	3881712

الوحدة: نسمة

2.2.4 الطلب على المياه المحلية

(1) إمداد المياه للمناطق المدنية

قامت مؤسسة صنعاء المحلية لإمداد المياه والصرف الصحي SWSLC بتحضير برنامج تطوير تحديدًا لمشاريع الصرف الصحي وإمداد المياه لصنعاء (SWSSP). يُتوقع الطلب على المياه مستقبلاً للمنطقة المدنية في برنامج التطوير هذا مع أربع خيارات وأوضاع بديلة كما هو مذكور في القسم 2.8.5 في تقرير الدعم، ويتضمن الطلب على المياه لكلا استعمالات المياه المحلية وغير المحلية التي يتم تزويدها بواسطة كلا المزودين على المستوى العام والخاص. وفقًا لمؤسسة صنعاء المحلية لإمداد المياه والصرف الصحي SWSLC، فقد تم تقديم إمداد المياه للمنطقة المدنية وفقًا للخيار 1، أي، 35 لتر/فرد/يوم للاستهلاك المحلي لسكان المدينة بأكملها. الفاقد المادي التصميمي حسب ما هو مخطط هو 20%. الطلب على المياه مستقبلاً لإمداد المياه للمناطق المدنية مبين في *الجدول 4.5*.

الجدول 4. 5 الطلب على المياه للمناطق المدنية

	الوحدة	2005	2006	2010	2015	2020
عدد السكان		1841562	1937783	2344740	2888894	3443519
إمداد المياه على المستوى العام	(لا يوجد)	672141	696141	1104115	1763511	2582639
إمداد المياه على المستوى الخاص		1169421	1241642	1240625	1125383	860880
استهلاك الوحدة						
محلي						
خيار 1		إمداد المياه على المستوى العام	إمداد المياه على المستوى العام	35.0	35.0	35.0
خيار 2		50.8	51.6	59.7	69.9	80.0
خيار 3، 4	(لتر/فرد/يوم)					
إمداد المياه على المستوى العام		إمداد المياه على المستوى الخاص	إمداد المياه على المستوى الخاص	80.0	80.0	80.0
إمداد المياه على المستوى الخاص		70.0	70.0	35.0	35.0	35.0
غير محلي						
خيار 1	(من المجموع %)	---	---	30%	30%	30%
الاستهلاك						
محلي						
خيار 1				30.0	36.9	44
إمداد المياه على المستوى العام	(م م3)	12.5	13.1	32.2	51.5	75.4
إمداد المياه على المستوى الخاص		29.9	31.7	15.8	14.4	11.0
غير محلي						
خيار 1	(م م3)	1.3	1.6	12.8	15.8	18.9
الاستهلاك الكلي						
خيار 1	(م م3)	43.7	46.4	42.8	52.7	62.8
مجموع الإمدادات المطلوبة بما في ذلك الفاقد المادي بنسبة 20% من الانتاج						
خيار 1	(م م3)	54.3	55.8	53.5	65.9	78.6

* عدد السكان المقدر بالاستناد إلى نتائج التعداد السكاني لعام 2004، تبعًا لسيناريو معدل النمو المتوسط

* عدد السكان المغطى ضمن إمداد المياه على المستوى العام للعامين 2005 و 2006 بالاستناد إلى تقرير مؤسسة صنعاء المحلية لإمداد المياه والصرف الصحي SWSLC السنوي (عام 2006)

* الاستهلاك لكل وحدة للعامين 2005 و 2006: بالاستناد إلى تقرير مؤسسة صنعاء المحلية لإمداد المياه والصرف الصحي SWSLC السنوي (عام 2006) لإمداد المياه على المستوى العام وإمداد المياه على المستوى الخاص تم تقديره بناءًا على برنامج التطوير (عام 2000)

* تم الاستناد إلى استهلاك المياه للاستعمال غير المحلي على تقرير مؤسسة صنعاء المحلية لإمداد المياه والصرف الصحي SWSLC السنوي (عام2006)

* مجموع الإمدادات المطلوبة لعامي 2005 و 2006 يظهر أن الكمية الكلية للمياه المنتجة من قبل القطاع العام (بالاستناد إلى تقرير مؤسسة صنعاء المحلية لإمداد المياه والصرف الصحي SWSLC السنوي (عام 2006)) وعلى فرض أن استهلاك المياه = انتاج المياه، من القطاع الخاص

(2) إمداد المياه للمناطق الريفية

سلطة المياه GARWSP هي جزء من الهيئة الحكومية المسؤولة عن التخطيط والتنفيذ لإمداد المياه للمناطق الريفية. مع ذلك، هناك نقص في المعلومات المتوفرة المتعلقة بتوقعات إمداد المياه مستقبلاً. لذلك فقد تم حساب الطلب على المياه مستقبلاً لهذا القطاع بالاستناد إلى معدل النمو السكاني وهو (2.5 %) المعتمد من قبل سلطة GARWSP لمشاريع إمداد المياه للمناطق الريفية ومقدار استهلاك المياه للوحدة وهو 20 لتر/فرد/يوم المعتمد من قبل سلطة NWRA لإدارة الموارد المائية لكل حوض من الأحواض الفرعية كما هو مبين في *الجدول 6.4*.

الجدول 4. 6 الطلب على المياه مستقبلاً للمناطق الريفية مقسمًا على الحوض الفرعي

الحوض الفرعي	2005		2010		2015		2020	
	عدد السكان	الطلب على المياه	عدد السكان	الطلب على المياه	عدد السكان	الطلب على المياه	عدد السكان	الطلب على المياه
وادي المشاميني	5480	0.04	6200	0.05	7014	0.05	7936	0.06
وادي المديني	14016	0.10	15858	0.12	17941	0.13	20299	0.15
وادي الخريد	9294	0.07	10515	0.08	11897	0.09	13461	0.10
وادي المعادي	2419	0.02	2736	0.02	3096	0.02	3503	0.03
وادي عسير	4560	0.03	5159	0.04	5837	0.04	6604	0.05
وادي خلاقة	1687	0.01	1908	0.01	2159	0.02	2443	0.02
وادي كسبه	4624	0.03	5232	0.04	5919	0.04	6697	0.05
وادي الحقة	11834	0.09	13389	0.10	15149	0.11	17139	0.13
وادي بني حواط	15013	0.11	16986	0.12	19218	0.14	21744	0.16
وادي تهامة	2058	0.02	2329	0.02	2635	0.02	2981	0.02
وادي أز سير	35392	0.26	40043	0.29	45305	0.33	51258	0.37
وادي الفرس	10185	0.07	11524	0.08	13038	0.1	14752	0.11
وادي الإقبال	26191	0.19	29632	0.22	33526	0.24	37932	0.28
وادي ظهر والغيل	40281	0.29	45574	0.33	51563	0.38	58339	0.43
وادي حمدان	7539	0.06	8530	0.06	9650	0.07	10919	0.8
وادي المورد	10830	0.08	12253	0.09	13863	0.10	15685	0.11
وادي صوان	19312	0.14	21850	0.16	24721	0.18	27970	0.2
وادي شاهق	28010	0.20	31691	0.23	35855	0.26	40567	0.3
وادي غيمان	18321	0.13	20729	0.15	23453	0.17	26535	0.19
وادي المليخي	7459	0.05	8440	0.06	9549	0.07	10803	0.08
وادي هزيار	10761	0.08	12175	0.09	13775	0.10	15585	0.11
وادي أخوار	16835	0.12	19047	0.14	21550	0.16	24382	0.18
المجموع	302101	2.21	341799	2.5	386715	2.82	437532	3.19

الوحدة: عدد السكان: نسمة،

الطلب على المياه: مليون متر مكعب

3.2.4 الطلب على المياه الزراعية

تم تقدير الطلب على المياه للري من قبل GAF (2007) بحساب التبخر والنتح الفعليين (ETa) بالاستناد إلى طريقة منظمة الأغذية والزراعة FAO والنتائج المستخلصة من تحليلات بيانات الأقمار الصناعية. يبين التبخر والنتح ETa الكمية الإجمالية للمياه المستهلكة للزراعة (المحصول)، على سبيل المثال الحد الأدنى من كمية المياه اللازمة للنباتات. مع ذلك، ينبغي الأخذ بعين الاعتبار أنه يتم استعمال مياه أكثر من قبل المزارعين لري أراضيهم أكثر من النباتات ذاتها. ويعبر عن هذا الاختلاف بكفاءة الري. كما هو مذكور في القسم 2.3.2 في الفصل 2، فإن نسبة 40% تستخدم لكفاءة الري.

تم تقدير توقعات الطلب على المياه مستقبلاً بالاستناد إلى نتائج GAF (2007) التي قامت بحساب مجموع التبخر والنتح ETa لكل محصول. تم حساب ETa في وحدة منطقة الري لكل محصول في هذه الدراسة وذلك لحساب الطلب على المياه بالنسبة إلى الزيادة في الأراضي المروية المتوقعة أعلاه. يبين *الجدول 7.4* مجموع الطلب على المياه مقسمًا على الأحواض الفرعية الفرعية.

الجدول 7.4 الطلب على المياه للري (IE=40%)

مجموع الطلب على المياه بالمليمتر مكعب عند IE=40% لعامي 2005/2004						
	الحوض الفرعي	2005/2004	2006	2010	2015	2020
1	وادي المشاميني	0.89	0.90	0.95	1.02	1.10
2	وادي المديني	4.53	4.59	4.86	5.20	5.58
3	وادي الخريد	3.03	3.07	3.24	3.47	3.72
4	وادي المعادي	1.29	1.31	1.39	1.48	1.59
5	وادي عسير	7.65	7.76	8.20	8.79	9.42
6	وادي خلاقة	2.33	2.36	2.50	2.67	2.87
7	وادي كسيه	2.40	2.43	2.57	2.76	2.95
8	وادي الحقة	14.48	14.66	15.39	16.36	17.40
9	وادي بني حواط	48.67	49.01	50.43	52.31	54.32
10	وادي تهامة	1.26	1.27	1.32	1.38	1.45
11	وادي أز سير	24.74	24.93	25.75	26.83	27.98
12	وادي الفرس	8.61	8.69	9.02	9.46	9.92
13	وادي الإقبال	19.67	19.94	21.03	22.49	24.05
14	وادي ظهر والغيل	16.30	16.49	17.26	18.30	19.41
15	وادي حمدان	10.16	10.31	10.89	11.67	12.51
16	وادي المورد	8.76	8.86	9.26	9.80	10.37
17	وادي صوان	10.05	10.13	10.47	10.91	11.38
18	وادي شاهق	10.30	10.40	10.78	11.30	11.85
19	وادي غيمان	5.50	5.55	5.77	6.07	6.38
20	وادي المليخي	3.47	3.52	3.71	3.96	4.23
21	وادي هزياز	2.64	2.68	2.83	3.02	3.23
22	وادي أخوار	2.45	2.48	2.62	2.81	3.01
	المجموع	209.20	211.35	220.24	232.06	244.71

الوحدة: مليون متر مكعب

4.2.4 الطلب على المياه الصناعية

الدراسات والمعلومات الخاصة باستهلاك المياه للصناعات قليلة جدًا لأن معظم الصناعات غير متصلة بالشبكة العامة ويتم إمدادهم بالمياه للاستهلاك من بئر مملوك، حيث يفترض أن استخراج المياه غير منظم وغير مسجل.

قامت WEC (2001) بتقدير الطلب على المياه باستعمال "طريقة المتطلبات المائية الإجمالية" لحساب الطلب على المياه للعام 1995. تعتمد هذه الطريقة على تحديد 1) المخرجات المادية للمنتجات الصناعية المختلفة و 2) متوسط المتطلبات المائية لكل وحدة إخراج مادي في قطاعات صناعية فرعية مختلفة. تم تقدير الطلب على المياه مستقبلاً في هذه الدراسة بالاستناد إلى التقديرات التي نفذتها WEC (2001) مع الأوضاع المفترضة المذكورة في القسم 5.8.5 في تقرير الدعم. نتائج التوقعات حول الطلب على المياه الصناعية مبينة في *الجدول 8.4*.

الجدول 8.4 الطلب على المياه الصناعية حسب السيناريو

السنة	معدل النمو القديم			معدل النمو المبرمج		
	التصنيع	التعدين والمحاجر	المجموع	التصنيع	التعدين والمحاجر	المجموع
2005	4.75	0.00336	4.76	4.75	0.00336	4.76
2010	5.98	0.00452	5.99	7.12	0.00485	7.12
2015	7.53	0.00608	7.53	10.65	0.00700	10.66
2020	9.47	0.00818	9.48	15.94	0.01009	15.95

الوحدة: مليون متر مكعب

تم تبني الطلب على المياه مستقبلاً للصناعة وفقًا لمعدل النمو المبرمج في هذه الدراسة نظرًا لأنه قد تم تقييمه والتخطيط له في خطة التطوير الاقتصادي-الاجتماعي للحد من الفقر (2006-2010).

5.2.4 الطلب على المياه السياحية

لم تتوفر الدراسات و/أو المعلومات المناسبة لتوقعات الطلب على المياه بشكل مفصل للقطاع السياحي، والذي يزداد بزيادة عدد السياح الوافدين. تم حساب توقعات الطلب على المياه للقطاع السياحي في هذه الدراسة بافتراض الظروف التالية:

- من المفترض أن معدل الزيادة الذي تمت ملاحظته بين العامين 2004 و 2005 لن يستمر على نفس المعدل في

المستقبل. على أنه من المفترض فيه أن ينخفض بضع نقاط مئوية سنويًا ومع ذلك، لم تتوفر الدراسات أو التوقعات الرسمية. للفترة الواقعة ما بين 2006 إلى 2010، DPPR ثبتت مؤشرًا لقطاع السياحة وهو معدل نمو سنوي قدره 12% بالنسبة للسياح الوافدين وفي هذه الدراسة فقد تم افتراض استمرار المعدل ذاته إلى عام 2020.

- بسبب النقص في المعلومات، فإن الطلب على المياه للقطاع السياحي كما هو مقدم في هذه الدراسة اقتصر على الأخذ في الاعتبار الزيادة السنوية في عدد الأسرة ومعدل شغل الأسرة بنسبة 40%. وقد تم تثبيت معدل زيادة الأسرة عند 22% طبقًا لـ DPPR.
- تم تثبيت استهلاك المياه لكل وحدة تبعًا لتصنيف الفندق حيث أن 350 لتر/فرد/يوم لفنادق الخمس نجوم والأربع نجوم. و 180 لتر/فرد/يوم للفنادق من ثلاث نجوم إلى نجمة واحدة. الكميات التي تم تبنيها من دراسات تم تنفيذها في الأردن للفنادق المصنفة تعتمد على امتلاك البرك. يفترض أن يكون استهلاك المياه في الفنادق التقليدية أكثر انخفاضًا من الفنادق الأخرى وتم تثبيته على 120 لتر/فرد/يوم.
- تم الافتراض بأن جميع فنادق محافظة صنعاء واقعة ضمن حوض صنعاء، حول المدينة.

توقعات الطلب على المياه السياحية مبينة في *الجدول 9.4*.

الجدول 9.4 توقعات الطلب على المياه السياحية

البند		2005	2010	2015	2020
الطلب على المياه	الفندق التقليدي	0.06	0.17	0.47	1.26
	فندق النجمة الواحدة	0.12	0.31	0.85	2.29
	فندق النجمتين	0.07	0.18	0.49	1.33
	فندق الثلاث نجوم	0.03	0.09	0.24	0.65
	فندق الأربع نجوم	0.03	0.09	0.24	0.66
	فندق الخمس نجوم	0.05	0.13	0.34	0.93
	المجموع	**0.36**	**0.98**	**2.63**	**7.12**

الوحدة: مليون متر مكعب

3.4 التوازن المائي المستقبلي

تم تلخيص توقعات الطلب على المياه مستقبلاً الموصوفة في القسم السابق والكمية الكلية للطلبات على المياه هذه في *الجدول 10.4*. ازدادت الكمية الكلية بالتدريج من 269.3 م م3 في العام 2005 إلى 349.6 م م3 في العام 2020. ومن ناحية أخرى، فقد تم تقدير موارد المياه الجوفية المتجددة لتبلغ فقط 50.7 م م3/سنة في الدراسة السابقة كما هو موصوف في الفصل 2. بلغ التوازن بين الموارد المتجددة والطلب سالب 218.5 م م3 في العام 2005 و سالب 298.9 م م3 في العام 2020، إذا لم تتغير كمية التعبئة. وهذا يعني أن الموارد المائية غير المتجددة ستستمر في الإنخفاض.

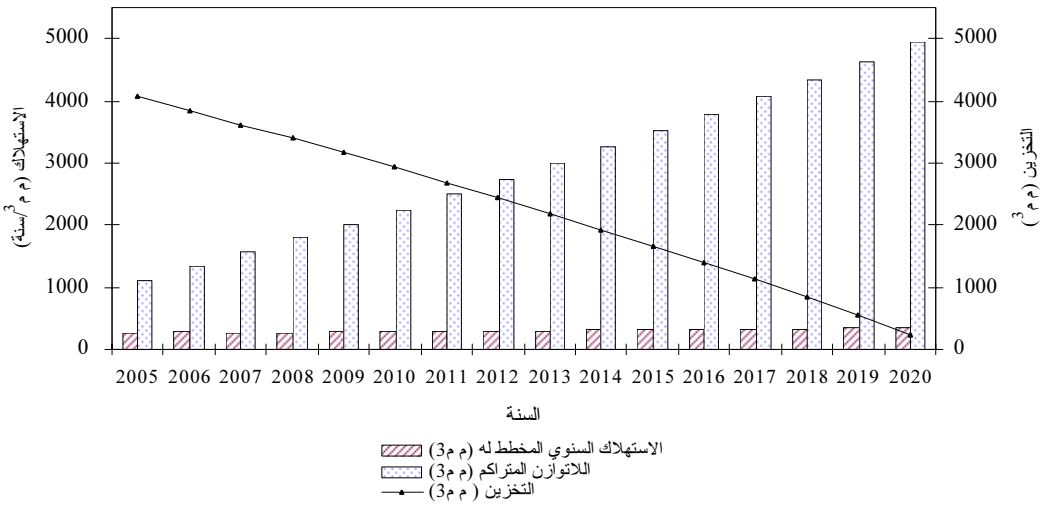
الجدول 10.4 التوازن المائي المستقبلي

الغرض		الطلب على المياه (م م3/سنة)				ملاحظات
		2005	2010	2015	2020	
إمداد المياه للمنطقة المدنية (المجتمع المحلي والمؤسسات)	أ	-	42.8	52.7	62.8	التابع لمؤسسة (SWSSP) الطلب على المياه وفقا لمشروع إمداد المياه والصرف الصحي لصنعاء خيار 1، استهلاك المياه لكل وحدة يبلغ 35 .SWSLC صنعاء المحلية لإمداد المياه والصرف الصحي لتر/فرد/يوم
	ب	54.3 (% 20.1)	53.5 (% 18.8)	65.9 (% 21.0)	78.6 (% 22.5)	من عام 2010 إلى عام 2020 بما في ذلك الفاقد المادي مع 20% من الإنتاج، والتي **كمية الإنتاج** .SWSLC تم تبنيها من قبل مؤسسة صنعاء المحلية لإمداد المياه والصرف الصحي .الطلب في عام 2005 عبارة عن الإنتاج الفعلي
الاستعمال المحلي في المناطق الريفية	ت	0.6 (% 0.2)	2.5 (% 0.9)	2.8 (% 0.9)	3.2 (% 0.9)	،تم حساب الطلب من عام 2010 باستعمال معدل النمو السكاني البالغ 2.5% مع 40 لتر/فرد/يوم قيمة عام 2005 هي نسبة 25% من الطلب المقدر
الاستعمال الصناعي	ث	4.8 (% 1.8)	7.1 (% 2.5)	10.7 (% 3.4)	16.0 (% 4.6)	(من عام 2006 إلى 2010) DPPR معدل النمو المبرمج وفقا لـ
الاستعمال السياحي	ج	0.4 (% 0.2)	1.0 (% 0.4)	2.6 (% 0.8)	7.1 (% 2.0)	.معدل النمو البالغ 10% للفنادق التقليدية إلى الثلاث نجوم، 3% للأربع وخمس نجوم استهلاك المياه لكل وحدة يبلغ 350 لتر/فرد/يوم للخمس وأربع نجوم، 180 لتر/فرد/يوم للثلاث نجوم إلى نجمة واحدة، 120 لتر/فرد/يوم للتقليدية
مجموع الإستهلاك	ح	83.7	88.1	92.8	97.9	التبخر والنتح الفعلي (2007)(Eta) GAF معدل النمو يعتمد على محروث كل نوع من المحصول
	خ	209.2 (% 77.7)	220.2 (% 77.4)	232.1 (% 73.9)	244.7 (% 70.0)	مع كفاءة الري الحالية (40%). تستمر هذه الكفاءة إلى عام 2020 **الاستهلاك المحسوب**
مجموع الإستهلاك	د	**269.3**	**284.3**	**314.1**	**349.6**	**(مجموع الإستهلاك (د) =(ب) + (ت) + (ث) + (ج) + (خ**
التعبئة	ذ	50.7	50.7	50.7	50.7	بالاستناد إلى أ.نعمان و.مولات (2007)، التوازن المائي والمراقبة الهيدرولوجيكية
التوازن	ر	**-218.6**	**-233.6**	**-263.4**	**-298.9**	(التوازن (ر) = التعبئة (ذ) - مجموع الاستهلاك(د

ملاحظة:

القيم الموجودة بين الأقواس هي نسبة استهلاك المياه لكل غرض إلى الاستهلاك الكلي.

كما هو موصوف في الفصل 2، تم تقدير مخزون المياه الجوفية بشكل تقريبي في الدراسات السابقة. الكمية المقدرة من المياه الجوفية القابلة للاستعمال بواسطة WEC (2001) تبلغ 5212 م م3، تم تعديله وفقا لهذه الدراسة. لذا، إذا استمر استهلاك المياه وفقا لتوقعات الطلب على المياه مستقبلاً كما هو مبين في *الجدول 10.4*، لا يمكن للمياه الجوفية القابلة للاستعمال تلبية الطلب في عام 2021 كما هو مبين في الشكل 2.4.



الشكل 2.4 خفض المخزون مع الطلب المستقبلي المخطط له

حتى ولو بقي استهلاك المياه الحالي البالغ 269.3 م م3/سنة كما هو، يتوقع أن يصبح وضع المياه الجوفية القابلة للاستعمال خطيرًا جدًا خلال 23 سنة من عام 2001.

وهذا يعني أنه بحلول نهاية عام 2020 كحد أقصى، ينبغي تقليل استخراج المياه بشكلٍ سريع إلى كمية التعبئة، أي، من 269.3 م م3/سنة في الوقت الحاضر إلى 50.7 م م3/سنة.

لتحقيق هذا الهدف، يتطلب من جميع المزارعين التوقف تمامًا عن نشاط الري الذي يستعمل المياه الجوفية ويجب أن يصل استهلاك المياه للغرض المحلي إلى الثلثين تقريبًا. تنفيذ توفير المياه غير واقعي بشكل واضح. مع ذلك، من الواضح أيضًا أنه يتطلب من الأطراف المعنية تقليل استهلاك المياه مباشرًة بشكل كبير لتمديد عمر الموارد المائية المحدودة.

4.4 السيناريوهات المستقبلية

1.4.4 السياسة الأساسية لتهيئة السيناريو المستقبلي

كما هو مذكور في القسم السابق، فإن الموارد المائية في حوض صنعاء في وضع خطير. للحفاظ على استدامة الموارد المائية في الحوض، ينبغي تقليل استهلاك المياه بشكلٍ سريع إلى 50.7 م م3/سنة بحلول العام 2020 أي الكمية المساوية لكمية التعبئة. لتحقيق هذا، ينبغي لجميع المزارعين وقف الري وينبغي أن تصل المياه التي يتم تزويدها للمناطق المدنية إلى الثلثين تقريبًا. وهذه طريقة غير واقعية مع الأخذ بعين الاعتبار أن النشاطات الاقتصادية تعتمد على القطاع الزراعي. لذا، يتطلب من جميع الأطراف المعنية تقليل استهلاك المياه بشكل كبير بحلول عام 2020 وذلك لغرض تمديد الفترة التي ستصبح فيها مصادر المياه في وضع خطير جدًا ولتحضير إجراءات مضادة إضافية. في ضوء هذا الوضع، يتطلب من إدارة الموارد المائية لحوض صنعاء بيان الاتجاه المتعلق بتقليل استهلاك المياه. لهذا الغرض، ينبغي توقع الطلب على المياه مستقبلاً عن طريق تطبيق معدل نمو سكاني منخفض ومعدل نمو اقتصادي منخفض لكل قطاع، والمقدّرة في المعلومات الموجودة. في هذه الدراسة، من وجهة النظر تلك، تم في هذه الدراسة بحث سيناريوهات الطلب على المياه.

السيناريوهات التي تم بحثها مع الشكل المستهدف في العام 2020 ملخصة في الجدول 4.11 ومبينة في الشكل 3.4. تم تحضير السيناريوهات الأربعة هذه جنبًا إلى جنب مع سيناريوهات القطاعات الخمسة. تم تحضير سيناريوهات كل قطاع في ضوء خطة النمو الاقتصادي القائمة وبعضها تم تحديدها من قبل فريق الدراسة مع الأخذ بعين الاعتبار الإمكانية. حالة تحديد كل سيناريو هي كما يلي.

- سيناريو 1: يتم تطبيق قيم أقل مساهمة لتخفيض الاستهلاك في كل قطاع مثل أعلى معدل نمو وأقل فعالية ري، والمحددة في الخطة الموجودة والتي حددها فريق الدراسة.

- سيناريو 2: يتم تطبيق قيم أقصى تخفيض ممكن لاستهلاك المياه المحدد من قبل فريق الدراسة لإمداد المياه للمنطقة المدنية ولأغراض الري والذي يفسر الجزء الكبير من إجمالي استهلاك المياه.

- سيناريو 3: يتم تطبيق قيم أقصى تخفيض ممكن لاستهلاك المياه المحدد من قبل فريق الدراسة ليس فقط لإمداد المياه للمنطقة المدنية ولأغراض الري ولكن لأغراض الصناعة والسياحة أيضًا.

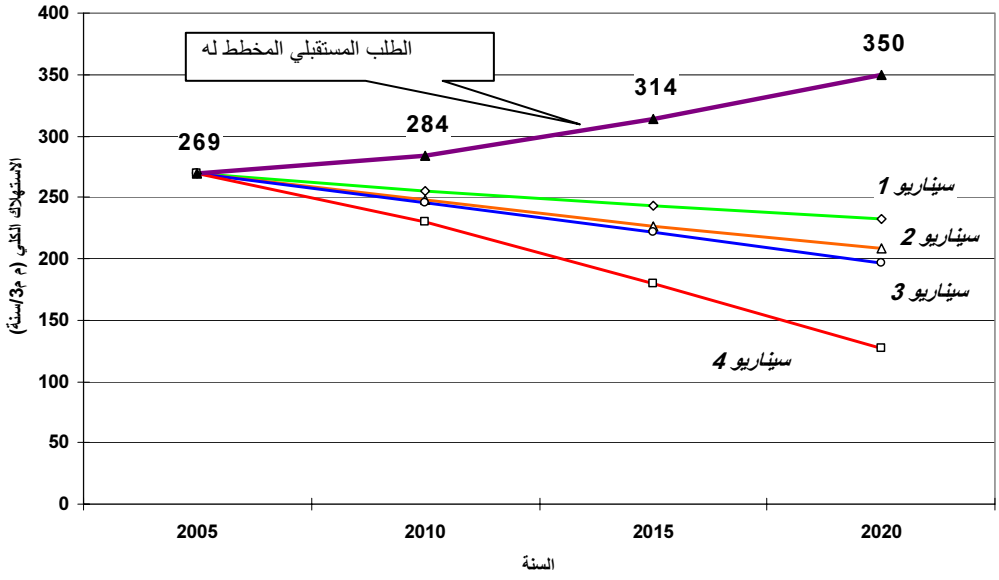
- سيناريو 4: يتم تطبيق قيم أقصى تخفيض ممكن لاستهلاك المياه المحدد من قبل فريق الدراسة لإمداد المياه للمنطقة المدنية ولأغراض الصناعة والسياحة. بالنسبة لأغراض الري، فيتم تطبيق تخفيض استهلاك المياه إلى 50 مليون متر مكعب مع الأخذ بعين الاعتبار إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في العام 2020.

كما هو موضح في *الشكل 2.4*، تم تحقيق تخفيض استهلاك المياه في كل سيناريو مقارنة مع الطلب المستقبلي المقدر على المياه بالتوافق مع قيم خطة النمو الاقتصادي الحالية وخطة التطوير.

الجدول 11.4 السيناريو الملخص للطلب على المياه

	إمداد المياه للمنطقة المدنية (المجتمع المحلي والمؤسسات)	الاستعمال المحلي في المناطق الريفية	الاستعمال الصناعي	الاستعمال السياحي	الاستعمال للري	مجموع الاستهلاك
السيناريو 1	(عدد السكان: 3198573 *LPGR 1 (الفاقد المادي: 14.6 م م3 (20%)*2 (استهلاك المياه لكل وحدة: 35 لتر/فرد/يوم*3	(عدد السكان: 437532*5 :استهلاك المياه لكل وحدة (لتر/فرد/يوم*5 20	معدل النمو القديم، (DPPR*6	بالاستناد إلى DPPR	لا يوجد توسع في المنطقة المروية منذ عام 2005 IE: 60%*(7) المتطلب الفعلي: 83.68 م م3/سنة	***232.3***
م م3/سنة	**73**	**3.2**	**9.5**	**7.1**	**139.5**	
السيناريو 2	عدد السكان: 3198573 LPGR (الفاقد المادي: 10.3 م م3 (15%)*4 استهلاك المياه لكل وحدة: 35 لتر/فرد/يوم	عدد السكان: 437532 :استهلاك المياه لكل وحدة لتر/فرد/يوم 20	معدل النمو القديم، DPPR	بالاستناد إلى DPPR	لا يوجد توسع في المنطقة المروية منذ عام 2005 IE: 70% المتطلب الفعلي: 83.68 م م3/سنة	***208***
م م3/سنة	**68.7**	**3.2**	**9.5**	**7.1**	**119.5**	
السيناريو 3	عدد السكان: 3198573 LPGR الفاقد المادي: 10.3 م م3 (15%) استهلاك المياه لكل وحدة: 35 لتر/فرد/يوم	عدد السكان: 437532 استهلاك المياه لكل وحدة: 20 لتر/فرد/يوم	لا يوجد نمو في الصناعة داخل حوض صنعاء منذ عام 2005	لا يوجد نمو في السياحة داخل حوض صنعاء منذ عام 2005	لا يوجد توسع في المنطقة المروية منذ عام 2005 IE: 70% المتطلب الفعلي: 83.68 م م3/سنة	***196.6***
م م3/سنة	**68.7**	**3.2**	**4.8**	**0.4**	**119.5**	
السيناريو 4	عدد السكان: 3198573 LPGR الفاقد المادي: 10.3 م م3 (15%) استهلاك المياه لكل وحدة: 35 لتر/فرد/يوم	عدد السكان: 437532 استهلاك المياه لكل وحدة: 20 لتر/فرد/يوم	لا يوجد نمو في الصناعة داخل حوض صنعاء منذ عام 2005	لا يوجد نمو في السياحة داخل حوض صنعاء منذ عام 2005	التقليل إلى 11.111 هكتار من المنطقة المروية من أصل 18954 هكتار تركيب نظام الري المحسن في 7843 هكتار	***127.1***
م م3/سنة	**68.7**	**3.2**	**4.8**	**0.4**	**50**	

*1) LPGR: معدل نمو السكان المحدود المحدد في مشروع إمداد المياه والصرف الصحي لصنعاء (SWSSP) (دار الهندسة، 2000)
*2) الفاقد المادي، 20% المحدد في مشروع إمداد المياه والصرف الصحي لصنعاء SWSSP
*3) خيار 1 المحدد في مشروع إمداد المياه والصرف الصحي لصنعاء SWSSP، خيار الحد الأدنى، إمداد المياه لسكان المدينة بأكملها
*4) الفاقد المادي، 15% محدد من قبل فريق الدراسة
*5) معدل نمو السكان في المنطقة الريفية، 2.5% واستهلاك المياه لكل وحدة، 20 لتر/فرد/يوم يتم تزويدها من قبل سلطة المياه GARWSP.
*6) القيمة المتراكمة بالاستناد إلى خطة التطوير الاجتماعي-الاقتصادي للحد من الفقر (DPPR، 2006-2010)
*7) كفاءة الري
*8) الاستهلاك الكلي بما في ذلك فاقد إمداد المياه والاستعمال المفرط في الري



الشكل 3.4 سيناريوهات الطلب على المياه (من عام 2005 إلى 2020)

2.4.4 إمداد المياه للمناطق المدنية

(1) عدد السكان

نظرًا لأنه قد تم توقع الطلب على المياه مستقبلاً الموصوف في القسم 2.2.4 باستعمال "معدل النمو المتوسط"، فقد تم تطبيق "معدل النمو المحدود" للسيناريو لجعل معدل نمو السكان منخفضًا كما هو مبين في *الجدول 12.4*.

الجدول 12.4 تنبؤات عدد السكان بمعدل نمو محدود

السنة	2005	2010	2015	2020
عدد السكان	1840578	2318455	2787806	3198573
معدل النمو	%5.31	%4.34	%3.37	%2.40

*1) معدل النمو مقتبس من دار الهندسة (2000).
*2) يتم توقع عدد السكان بالاستناد إلى عدد السكان في الكتاب السنوي الإحصائي لعام 2005

(2) سيناريو الطلب على المياه

تم تحضير نوعين اثنين من سيناريوهات الطلب على المياه المبينة في *الجدول 13.4* لإمداد المياه للمناطق المدنية مع الأوضاع التالية. من الملاحظ أن رقم السيناريو في *الجدول 13.4* تتطابق مع تلك الموجودة في *الجدول 11.4*.

- انخفض معدل نمو السكان من "متوسط" إلى "محدود".

- استهلاك المياه لكل وحدة يبلغ 35 لتر/فرد/يوم لتغطية سكان مدينة صنعاء بأكملها، الذي يتوافق مع اتجاه مؤسسة صنعاء المحلية لإمداد المياه والصرف الصحي SWSLC

تم حساب "سيناريو 1" بتطبيق الفاقد المادي البالغ 20% وفقًا لمشاريع الصرف الصحي وإمداد المياه لصنعاء (SWSSP) مع افتراض استمراره إلى عام 2020. تم حساب "سيناريو 2 و 3 و 4" بتطبيق الفاقد المادي البالغ 20% إلى عام 2020، ثم افتراض تحسنه إلى 15% في عام 2015.

بتنفيذ هذه السيناريوهات، يتم توفير 5.6 م م3/سنة في عام 2020 في السيناريو 1 و 9.9 م م3/سنة في عام 2020 في سيناريو 2 و 3 و 4 مقارنةً مع الطلب على المياه المتوقع مستقبلاً البالغ 78.6 م م3/سنة كما هو مذكور في القسم 2.2.4.

الجدول 13.4 سيناريو إمداد المياه للمناطق المدنية

السيناريو 1

السنة	2005	2010	2015	2020
استهلاك المياه لكل وحدة (لتر/فرد/يوم)	50.8	35	35	35
استهلاك المؤسسات (30% من المجموع)	-	15	15	15
الطلب	-	50	50	50
كمية الإنتاج بما في ذلك الفاقد (لتر/فرد/يوم)	-	62.5	62.5	62.5
التسرب (%)	-	20	20	20
عدد السكان الذين سيتم تغطيتهم (LGR)	-	2318455	2787806	3198573
كمية الإنتاج (م م3/سنة)	54.2	52.9	63.6	73.0

السيناريو 2 و 3 و 4

السنة	2005	2010	2015	2020
استهلاك المياه لكل وحدة (لتر/فرد/يوم)	50.8	35	35	35
استهلاك المؤسسات (30% من المجموع)	-	15	15	15
الطلب	-	50	50	50
كمية الإنتاج بما في ذلك الفاقد (لتر/فرد/يوم)	-	62.5	58.8	58.8
التسرب (%)	-	20	15	15
عدد السكان الذين سيتم تغطيتهم (LGR)	-	2318455	2787806	3198573
كمية الإنتاج (م م3/سنة)	54.2	52.9	59.9	68.7

3.4.4 الاستعمال المحلي في المنطقة الريفية

نظرًا لعدم توفر المعلومات المفيدة حول معدل نمو السكان في المناطق الريفية وإعطاء الأولوية لتوزيع الموارد المائية للأغراض المحلية، تم تطبيق معدل النمو البالغ 2.5% الذي تم تبنيه من قبل سلطة المياه GARWSP وتم افتراض استمراره إلى عام 2020.

4.4.4 الاستعمال الصناعي

بالنسبة إلى الطلب على المياه للصناعة، تم اختبار نوعين اثنين من السيناريوهات. تم تطبيق "معدل النمو التاريخي (HGR)" المذكور في DPPR للسيناريو 1 و 2. بالنسبة للسيناريو 3 و 4 لم يتم تطبيق أي توسع إضافي في الأنشطة الصناعية داخل حوض صنعاء. هذه السيناريوهات مبينة في *الجدول 14.4*. من الملاحظ أن رقم السيناريو في *الجدول 14.4* تتطابق مع تلك الموجودة في *الجدول 11.4*.

الجدول 14.4 سيناريو الاستعمال الصناعي

السيناريو 1 و 2

السنة	2005	2010	2015	2020
التصنيع (م م3)	4.75	5.98	7.53	9.47
التعدين والمحاجر (م م3)	0.00336	0.00452	0.00608	0.00818
الطلب (م م3)	4.8	6.0	7.5	9.5

السيناريو 3 و 4

السنة	2005	2010	2015	2020
التصنيع (م م3)	4.75	4.75	4.75	4.75
التعدين والمحاجر (م م3)	0.00336	0.00336	0.00336	0.00336
الطلب (م م3)	4.8	4.8	4.8	4.8

بالنسبة إلى السيناريو 1 و 2، فإن الطلب المستقبلي على المياه للأغراض الصناعية هو معدل النمو التقديري المستند إلى الأداء الفعلي خلال الفترة من 2001 إلى 2005 لأن المعدل أقل من "معدل النمو المبرمج (PGR)" في DPPR (من عام 2006 إلى 2010). بالإضافة إلى ذلك، يتم تطبيق معدل نمو مقداره صفر للأغراض الصناعية بالنسبة للسيناريوهين 3 و 4، جنبًا إلى جنب مع تنفيذ هذه السيناريوهات، يتم توفير 6.5 مليون متر مكعب/سنة في عام 2020 في السيناريو 1 و 2 و 11.2 مليون متر مكعب/سنة في عام 2020 في سيناريو 3 و 4، مقارنة مع الطلب على المياه المتوقع مستقبلاً البالغ 16.0 مليون متر مكعب/سنة والمخطط له في DPPR كما هو مذكور في القسم 4.2.4.

5.4.4 الاستعمال السياحي

نظرًا لمحدودية توفر المعلومات حول الطلب على المياه مستقبلاً لقطاع السياحة، تم بحث نوعين اثنين من السيناريوهات. تم تطبيق معدل النمو البالغ 12% للسياح الوافدين المحدد في DPPR (من عام 2006 إلى 2010) للسيناريو 1 و 2. لم يتم تطبيق أي زيادة في عدد السياح بالنسبة للسيناريو 3 و 4. السيناريوهات مبينة في *الجدول14.4*. من الملاحظ أن رقم السيناريو في *الجدول 15.4* تتطابق مع تلك الموجودة في *الجدول 11.4*. بتنفيذ السيناريو 3 و 4 فقط، يتم توفير 46.7 م م3/سنة في عام 2020 مقارنة مع الطلب على المياه المتوقع مستقبلاً البالغ 7.1 م م3/سنة كما هو مذكور في القسم 5.2.4.

الجدول 15.4 سيناريو الاستعمال السياحي

السيناريو 1 و 2

السنة	2005	2010	2015	2020
الطلب (م م3)	0.4	1.0	2.6	7.1

السيناريو 3 و 4

السنة	2005	2010	2015	2020
الطلب (م م3)	0.4	0.4	0.4	0.4

6.4.4 الاستعمال للري

الري هو النشاط الرئيسي لتوليد الدخل للمزارعين. يصل استهلاك المياه لغرض الري 77% من مجموع استهلاك المياه في حوض صنعاء في عام 2005. بالرغم من أن توفير المياه في هذا القطاع يسهم كثيرًا في تقليل مجموع استهلاك المياه، من الضروري تأمين معيشة المزارعين بواسطة تقليل التأثير المعاكس على البنية الاقتصادية في حوض صنعاء إلى حدها الأدنى. في ضوء أهمية وحساسية القطاع، تم بحث ثلاثة أنواع من السيناريوهات كما هو مبين في *الجدول 16.4*. من الملاحظ أن رقم السيناريو في *الجدول 16.4* تتطابق مع تلك الموجودة في *الجدول 11.4*.

الجدول 16.4 سيناريو الاستعمال للري

الري

السيناريو 1

السنة	2005	2010	2015	2020
الطلب المستدام (م م3)	83.7	83.7	83.7	83.7
كفاءة الري (%)	40	-	-	60
الطلب (م م3)	209.2	193.1	166.3	139.5

السيناريو 2 و 3

السنة	2005	2010	2015	2020
الطلب المستدام (م م3)	83.7	83.7	83.7	83.7
كفاءة الري (%)	40	-	-	70
مجموع المتطلبات (م م3)	209.2	188.5	154.0	119.5

السيناريو 4

السنة	2005	2010	2015	2020
المساحات التي سيتم تقليلها سنويًا (م م3)	0	855	855	855
مجموع المساحة التي تم تقليلها (هكتار) من أصل 954	0	2564	6838	11111
كمية التوفير الممكنة (م م3)	**0**	**28**	**75**	**122**
المناطق حيث ينبغي تركيب نظام الري المحسن فيها (هكتار)	0	603	603	603
مجموع المساحة التي تم التركيب فيها (هكتار) من أصل	0	1810	4826	7,843
كمية التوفير الممكنة (م م3)	0	9	23	37
مجموع الكمية الموفرة	**0**	**37**	**98**	**159**

تم تحديد السيناريو 1 والسيناريو 2 و 3 المبينان في *الجدول 16.4* لتقليل استهلاك المياه عن طريق تحسين كفاءة الري من الكفاءة الحالية البالغة 40% إلى 60% و 70%، على التوالي. يتطلب من جميع المزارعين ألا يتوسعوا بالأراضي المروية

الخاصة بهم. في هذه السيناريوهات، لن يتم إلغاء الوضع الحالي للبنيات الاقتصادية المتعلقة بنشاط الري. من المتوقع زيادة الإنتاج.

تم تحديد سيناريو 4 لتقليل استهلاك المياه إلى 50 م م3/سنة مع الأخذ بعين الاعتبار أن 50 م م3/سنة تقريبًا من المياه العادمة المعالجة ستصبح متوفرة في عام 2020. في هذا السيناريو، ينبغي وقف أنشطة الري في ثلثي الأرض المروية حاليًا أي 11111 هكتار، وينبغي نشر نظام الري المحسن ليشمل ثلث الأرض المروية حاليًا أي 7843 هكتار. في هذه الحالة، ينبغي تأمين توليد دخل بديل للمزارعين الذين توجب عليهم وقف نشاط الري ليحل محل الدخل المخفض.

بتنفيذ هذه السيناريوهات، يتم توفير 105.2 م م3/سنة في عام 2020 في السيناريو 1، و1125.2 م م3/سنة في عام 2020 في سيناريو 2 و 3، و 194.5 م م3/سنة في عام 2020 في سيناريو 4 مقارنة مع الطلب على المياه المتوقع مستقبلاً البالغ 244.7 م م3/سنة كما هو مذكور في القسم 3.2.4.

تم البدء بنشاط تحسين الري المؤلف من التعبئة الاجتماعية وتعزيز الإدارة المائية للمجتمع المحلي والتدخل المادي في أنظمة الري والمساعدة الفنية ودعم التنفيذ كجزء من مشروع إدارة مياه حوض صنعاء SBWMP من عام 2004. تم تقدير الكمية الموفرة بمقدار 7.12 م م3/سنة بإجراء إعادة تأهيل أنظمة النقل بواسطة الأنابيب الموجودة وتحويل أنظمة النقل بواسطة الأنابيب الموجودة ونظام الري المحلي في هذا المكون، والذي يبدو غير كافٍ للتوافق مع السيناريو المذكور أعلاه. كما هو مذكور في القسم 6.2.3 (4) في الفصل 3، لوحظ ضعف التقدم في مجال تركيب وتحويل نظام الري المحسن إذ لم يتجاوز مساحة 211 هكتار أو ما يقل عن 5% من هدف المشروع. لذا، من الضروري تنفيذ النشاطات المعززة والمركزة لتنفيذ هذه السيناريوهات.

5.4 السيناريو المستقبلي نحو الاستدامة القصوى

1.5.4 الفترة المتوقعة لموارد المياه الجوفية القابلة للاستعمال في كل سيناريو

كما هو مذكور في القسم 2.2.2 (1) و (2) في الفصل 2، تم تقدير كمية التعبئة لتبلغ 50.7 م م3/سنة وتم تقدير المخزون القابل للاستعمال داخل حوض صنعاء لتبلغ 5212 م م^3 وفقًا للدراسة السابقة، التي أجراها مركز جامعة صنعاء للمياه والبيئة WEC (2001). بالإضافة إلى كمية التعبئة، كما هو مذكور في القسم 3.2.2 في الفصل 2، تم البدء في توسيع قدرة محطة معالجة المياه العادمة وتم التخطيط لإنجاز إعادة استعمال المياه العادمة المعالجة لغرض الري في عام 2020. الكمية المتوقعة من المياه العادمة المعالجة تبلغ 56.6 م م3/سنة كحد أقصى. لذا، يمكن اعتبار 50 م م3 تقريبًا من المياه العادمة المعالجة موردًا مائيًا جديدًا، وينبغي تأكيده.

الاستناد إلى هذه القيم التقديرية، تم تقدير الفترة المتوقعة لموارد المياه الجوفية القابلة للاستعمال في حوض صنعاء في كل سيناريو في الحالات الثلاث التالية.

الحالة 1: الفترة المتوقعة بدون أي إعادة تعبئة للمياه الجوفية

الحالة 2: الفترة المتوقعة مع إعادة تعبئة مستمرة للمياه الجوفية والتي تم تقديرها في التحقيق السابق.

الحالة 3: الفترة المتوقعة مع إعادة تعبئة واستخدام مستمرين للمياه العادمة المعالجة من العام 2020

يبين *الجدول 17.4 والشكلين 4.4 و 5.4* نتائج التقدير.

الجدول 17.4 الفترة المتوقعة لموارد المياه الجوفية القابلة للاستعمال في كل سيناريو

السيناريو 1

فترة النضوب (بحلول العام)			2020	2015	2010	2005	
بدون تعبئة	مع التعبئة	إعادة استعمال المياه العادمة المعالجة من عام 2020					
2021	2027	2030	73	63.6	52.9	54.3	المناطق المدنية
			3.2	2.8	2.5	0.6	المناطق الريفية
			9.5	7.5	6	4.8	الصناعة
			7.1	2.6	1	0.4	السياحة
			139.5	166.3	193.1	209.2	الري
			232.3	242.8	255.5	269.3	مجموع الاستهلاك

السيناريو 2

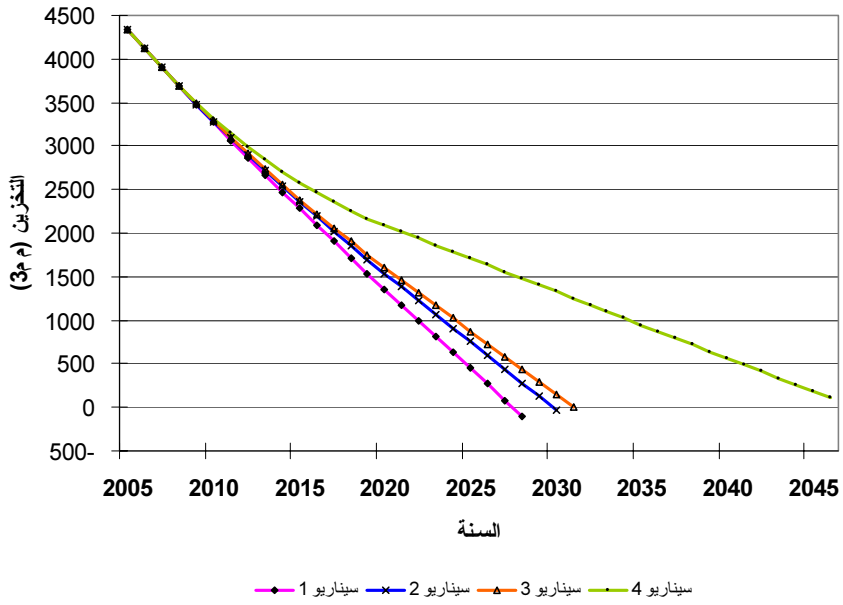
فترة النضوب (بحلول العام)			2020	2015	2010	2005	
بدون تعبئة	مع التعبئة	إعادة استعمال المياه العادمة المعالجة من عام 2020					
2022	2029	2034	68.7	59.9	49.8	54.3	المناطق المدنية
			3.2	2.8	2.5	0.6	المناطق الريفية
			9.5	7.5	6	4.8	الصناعة
			7.1	2.6	1	0.4	السياحة
			119.5	154	188.5	209.2	الري
			208	226.8	247.8	269.3	مجموع الاستهلاك

السيناريو 3

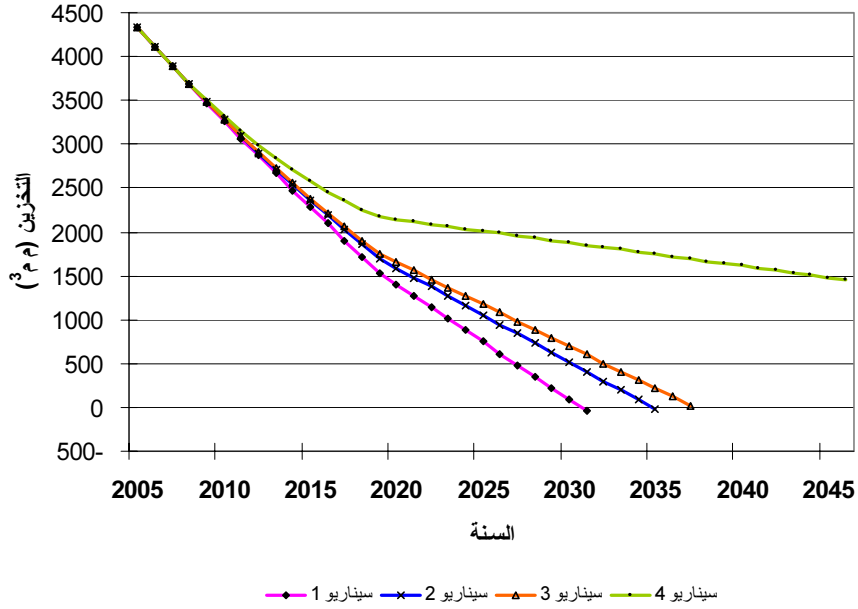
فترة النضوب (بحلول العام)			2020	2015	2010	2005	
بدون تعبئة	مع التعبئة	إعادة استعمال المياه العادمة المعالجة من عام 2020					
2023	2030	2036	68.7	59.9	49.8	54.3	المناطق المدنية
			3.2	2.8	2.5	0.6	المناطق الريفية
			4.8	4.8	4.8	4.8	الصناعة
			0.4	0.4	0.4	0.4	السياحة
			119.5	154	188.5	209.2	الري
			196.6	221.9	246	269.3	مجموع الاستهلاك

السيناريو 4

فترة النضوب (بحلول العام)			2020	2015	2010	2005	
بدون تعبئة	مع التعبئة	إعادة استعمال المياه العادمة المعالجة من عام 2020					
2028	2045	بعد 2045	68.7	59.9	49.8	54.3	المناطق المدنية
			3.2	2.8	2.5	0.6	المناطق الريفية
			4.8	4.8	4.8	4.8	الصناعة
			0.4	0.4	0.4	0.4	السياحة
			50	111.2	172.5	209.2	الري
			127.1	179.1	230	269.3	مجموع الاستهلاك



الشكل 4.4 الفترة المتوقعة لموارد المياه الجوفية القابلة للاستعمال مع التعبئة



الشكل 5.4 الفترة المتوقعة لموارد المياه الجوفية القابلة للاستعمال مع إعادة استعمال المياه العادمة المعالجة من عام 2020 وإعادة التعبئة المستمرة

ينبغي الملاحظة أنه حتى إذا تم تنفيذ السيناريوهات التي تم بحثها بالاستناد إلى الوضع الاجتماعي-الاقتصادي، ستستمر موارد المياه الجوفية بالانخفاض تدريجيًا وعبر الزمن ستصبح في وضع خطير جدًا.

2.5.4 مجموعة من السيناريوهات المستقبلية نحو الاستدامة القصوى

كما هو موصوف في القسم 3.4، في هذا الفصل، إذا استمر استهلاك المياه متوافقا مع الطلب على المياه المتوقع، ستصبح المياه الجوفية القابلة للاستعمال في وضع خطير جدًا في عام 2020. وهذا يعني أن النشاط الاقتصادي سيتم إلغاءه بكل تأكيد، وحتى المياه المحلية لن يكون بمقدورها إمداد الأشخاص الذين يعيشون داخل حوض صنعاء في عام 2020.

بالنسبة إلى نقل المياه من خارج حوض صنعاء كمصدر مائي بديل لمدينة صنعاء، يعد للأسف أمر غير منطقي نظرًا لأن ينبغي أن يتحملها المستفيدون بشكل أساسي كما هو مذكور في القسم 4.2.2 في الفصل 2.

لذا، فإن الحل الأساسي هو تقليل استهلاك المياه إلى كمية التعبئة بحلول عام 2020 على أبعد تقدير للحفاظ على الحد الأدنى من الاستدامة داخل حوض صنعاء. لتحقيق الحل الأساسي، ينبغي وقف جميع أنشطة الري وتقليل الاستهلاك المحلي إلى ثلثي الطلب تقريبًا في عام 2020. مع ذلك، من الواضح أنه يتطلب جهد هائل من جميع الأطراف المعنية وأنه غير حقيقي.

تم تقييم الأربع سيناريوهات المحددة في القسم 1.4.4 والتي تهدف لخفض استهلاك الموارد المائية مع الأخذ بعين الاعتبار الوضع الحرج للموارد المائية، لاختيار السيناريو الأكثر منطقية. نتائج التقييم لكل سيناريو هي كالتالي.

- سيناريو 1: بالرغم من تحديد كفاءة الري بنسبة 60%، فهناك إمكانية للمزيد من التحسن في الكفاءة من خلال تركيب أنابيب لنقل المياه. بالإضافة لذلك، تم تحديد الفاقد المادي لإمداد المياه للمناطق المدنية بالنسبة 20%. مع ذلك، فيمكن خفض نسبة الفاقد المادي من خلال تقديم تقنية الكشف عن تسرب المياه للتسرب غير المرئي من الأرض. لذلك، يمكن استنتاج أن هناك إمكانية للمزيد من تخفيض استهلاك المياه في هذا السيناريو.

- سيناريو 2: يعتبر تخفيض استهلاك المياه في قطاعات الري وإمداد المياه للمناطق المدنية والتي تمثل جزءًا كبيرًا من إجمالي استهلاك المياه، أكبر ما يكون. في حين لم يتم اتخاذ أي إجراء لخفض استهلاك المياه للاستخدامات الصناعية والسياحية. لذلك، يمكن الاستنتاج أن هناك إمكانية للمزيد من التخفيض من استهلاك المياه في هذا السيناريو.

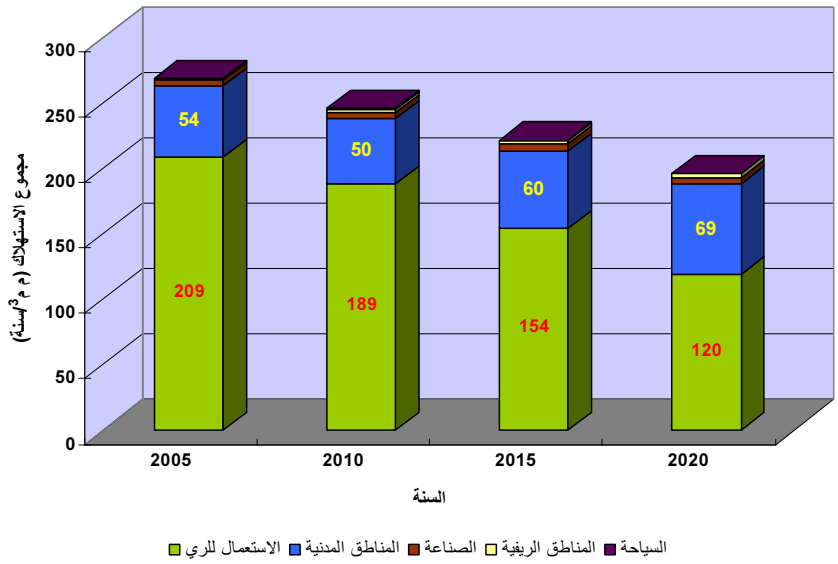
- سيناريو 3: يعتبر تخفيض استهلاك المياه في قطاعات الري وإمداد المياه للمناطق المدنية والتي تمثل جزءًا كبيرًا من

إجمالي استهلاك المياه، أكبر ما يكون. بالإضافة إلى ذلك، تم تحديد التحكم في نمو الطلب على المياه في القطاعات الصناعية والسياحية في هذا السيناريو. لذلك، فقد تمت مراعاة تأثر النشاطات الاقتصادية إذا تم اتخاذ المزيد من الإجراءات للتخفيض من استهلاك المياه.

- سيناريو 4: بالإضافة إلى ما تم تحديده في السيناريو 3، فقد تم تحديد استهلاك المياه لأغراض الري ليتم تخفيضه إلى 50 مليون متر مكعب والذي يتطابق مع كمية المياه العادمة المعالجة المتوفرة في العام 2020. من خلال هذا التحديد، يتوجب على المزارعين تقليل مساحة أراضيهم المروية إلى ثلث المساحة الحالية وستقل منتجاتهم الزراعية. كنتيجة لذلك، فقد تمت مراعاة تناقص دخل المزارعين والأثر السلبي على الأنشطة الزراعية. لذلك، فإن تنفيذ السيناريو يفترض أن يكون في غاية الصعوبة.

كما ذكر أعلاه، فهناك إمكانية للمزيد من تخفيض استهلاك المياه في السيناريوهات 1 و 2. تمت مراعاة الأثر السلبي على الأنشطة الزراعية في السيناريو 4، بالرغم من أن كمية التخفيض هي الأعلى من بين السيناريوهات الأربعة المذكورة أعلاه. لذلك، تم اختيار السيناريو 3 كالسيناريو الذي يشتمل على إمكانية تنفيذ الإجراءات وأقصى كمية تخفيض ممكنة لاستهلاك المياه، كسيناريو يتجه لاستدامة الموارد المائية في حوض صنعاء.

من خلال تنفيذ السيناريو 3، يمكن توفير 153 مليون متر مكعب من الموارد المائية في عام 2020، تباعًا، سيتم تمديد الفترة التي يتوقع أن تصبح فيها الموارد المائية في وضع حرج إلى عام 2036 أي حوالي 30 سنة من العام 2007.



الشكل 6.4 تقليل الجدول الزمني للسيناريو 3

ما يلي عبارة عن الإجراءات التي يتم اتخاذها حسب الأولوية القصوى بحلول عام 2020 وفقًا للسيناريو 3. منذ ذلك الحين المساهمة نحو تقليل استهلاك المياه عالية جدًا وتنفيذ كل مكون أمر معقول.

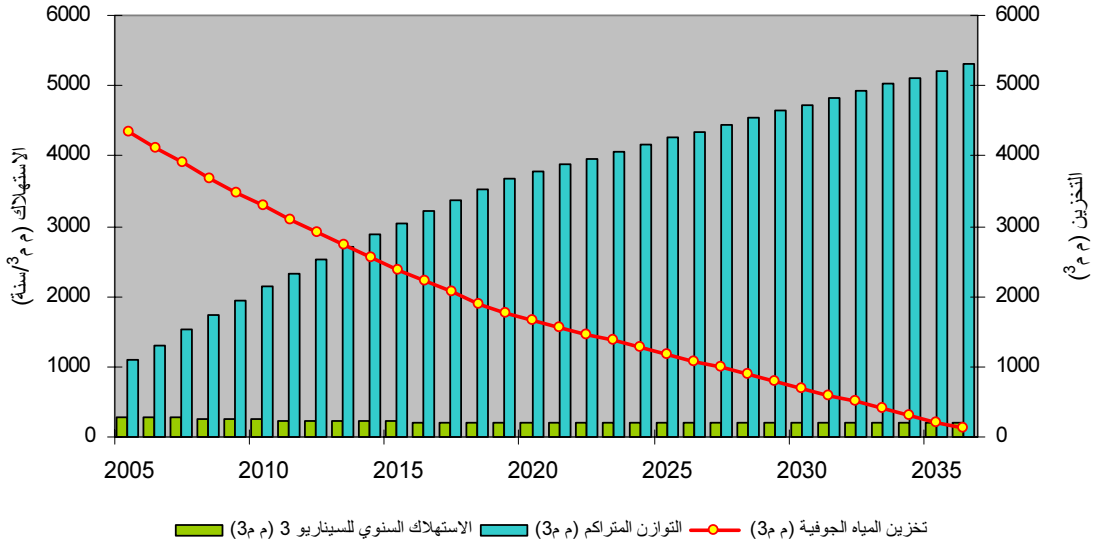
- تحسين كفاءة الري من 40% إلى 70% بحلول عام 2020 وعدم التوسع الإضافي في الأراضي المروية، الأمر الذي يمكنه توفير 125.2 م م3/سنة من موارد المياه الجوفية مقارنًة بالطلب على المياه المتوقع بالاستناد إلى استعدادات التوسع في الأراضي المروية التي تمت دراستها في الدراسة السابقة.

- تحسين الفاقد المادي لإمداد المياه في المناطق المدنية من 30% (قيمة مستنتجة) إلى 15% بحلول عام 2015، الأمر الذي يمكنه توفير 9.9 م م3/سنة من موارد المياه الجوفية

- إعادة استعمال المياه العادمة المعالجة بغرض الري وتحسين قدرة نظام الصرف الصحي. من المتوقع إعادة استعمال 50 م م3 تقريبًا من المياه العادمة المعالجة في عام 2020 وفقا لخطة مؤسسة صنعاء المحلية لإمداد المياه والصرف الصحي SWSLC.

الأنشطة المفصلة للإجراءات المذكورة أعلاه موصوفة في الفصل 5.

مع ذلك، ينبغي الذكر مرة أخرى أنه بالرغم من تنفيذ السيناريو 3 بشكل كامل، فإن مصادر المياه الجوفية الثمينة ستصبح في وضع خطير جدًا بكل تأكيد في عام 2037 كما هو مبين في *الشكل 7.4*.



الشكل 7.4 الفترة المتوقعة لموارد المياه الجوفية القابلة للاستعمال للسيناريو 3

المراجع

GAF (2007): دراسة إدارة الموارد المائية في حوض صنعاء، تحليل بيانات القمر الصناعي لاستخدام المياه في أغراض الزراعة والري. التقرير النهائي، SBWRM-PPT، صنعاء

سلطة المياه والصرف الصحي الوطنية (2000): برنامج تطوير مشروع إمداد المياه والصرف الصحي لصنعاء، سلطة المياه والصرف الصحي الوطنية NWSA، صنعاء، ص 224

WEC (2001): دراسة إدارة الموارد المائية في حوض صنعاء، تصنيف الحوض واختيار مناطق دراسة المشروع الطليعي، المجلد 2 توفر الموارد المائية واستخدامها، التقرير النهائي، SBWRM-PPT، صنعاء