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 المساند

نوفمبر 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 المساند

نوفمبر 2007

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

الصــرف ســعر

US$1.00 = YER 180.88 = JP ¥123.00

يوليـــه, 2007

جدول المحتويات (خلاصة التقرير)

جدول المحتويات
قائمة الجداول
قائمة الأشكال
المختصرات

الفصل1 السياسة الوطنية والإستراتيجية للماء

1.1 إستراتيجية الوطنية للماء ---------- 1 - 1
2.1 السياسة الوطنية للماء ---------- 1 - 1
3.1 قانون المياه ---------- 1 - 1
4.1 الإستراتيجية الوطنية لقطاع المياه وبرنامج الاستثمار ---------- 1 - 1
5.1 خطة مطورة لخفض الفقر ---------- 1 - 2

الفصل 2 خطة أدارة الموارد المائية لأحواض أخرى حرجة

1.2 عام ---------- 2 - 1
2.2 خطة عمل لإدارة مصادر المياه لمنطقة تعز ---------- 2 - 1
1.2.2 خلفية ---------- 2 - 1
2.2.2 محتوى خطة العمل ---------- 2 - 2
3.2 خطة أدارة مصادر المياه لحوض صعده ---------- 2 - 5
1.3.2 الخلفية ---------- 2 - 5
2.3.2 خطة عمل إدارة المصادر المائية ---------- 2 - 6

الفصل 3 الوضع في الوقت الحاضر لمصادر الماء

1.3 عـــام ---------- 3 - 1
2.3 الطوبوغرافيا وعلم الجيولوجيا ---------- 3 - 1
1.2.3 الطوبوغرافيا ---------- 3 - 1
2.2.3 علم الجيولوجيا ---------- 3 - 2
3.3 عِلم الأرصاد الجوية ودراسة الموارد المائية ---------- 3 - 3
1.3.3 المناخ العام ---------- 3 - 3
2.3.3 مراقبة الشبكة ---------- 3 - 4
3.3.3 الحرارة ---------- 3 - 5
4.3.3 المطـــر ---------- 3 - 6
5.3.3 الماء المفقود من التبخير ---------- 3 - 8
6.3.3 الماء السطحـــي ---------- 3 - 9
4.3 جيولوجيا المياه ---------- 3 - 14
1.4.3 الطبقات الصخرية المائية ---------- 3 - 14
2.4.3 مستوى المياه الجوفية ---------- 3 - 19

3.4.3 صفات الطبقة الصخرية المائية ---------- 3 - 21
4.4.3 نوعية المياه الجوفية ---------- 3 - 24
5.3 إمكانية توفر موارد المياه في حوض صنعاء---------- 3 - 28
1.5.3 إعادة نشاط المياه الجوفية ---------- 3 - 28
2.5.3 خزن المياه الجوفية ---------- 3 - 31
3.5.3 المياه السطحية---------- 3 - 32
4.5.3 معالجة المياه القذرة---------- 3 - 33
6.3 توازنان الماء في الأحواض الثانوية ---------- 3 - 33
1.6.3 طريقة فهم خصائص المياه لتحليل توازن الماء---------- 3 - 33
2.6.3 توازن (رصيد) الماء المقدر بواسطة تحليل صورة القمر الصناعي---------- 3 - 35
7.3 التأثير العكسي على موارد المياه الجوفية ---------- 3 - 38
1.7.3 الوضع الحالي للتأثير العكسي---------- 3 - 38
2.7.3 التأثير العكسي المحتمل ---------- 3 - 43
8.3 مصادر ماء غير تقليدية ---------- 3 - 44
1.8.3 سـدود الخزن في داخل وخارج حوض صنعاء ---------- 3 - 45
2.8.3 تحلية مياه البحر الأحمر ---------- 3 - 46
3.8.3 تطوير المياه الجوفية خارج حوض صنعاء---------- 3 - 46
4.8.3 بدائل أخرى ---------- 3 - 47
5.8.3 الاهتمام بمصادر الماء البديلة ---------- 3 - 47
9.3 مشاكل وتوصيات فيما يخص موارد الماء ---------- 3 - 48
1.9.3 مشاكل ينبغي أن تحل ---------- 3 - 48
2.9.3 التوصيات ---------- 3 - 49

الفصل 4 الأوضاع الاقتصادية الاجتماعية الحالية

1.4 الظروف/الأوضاع الاجتماعية الاقتصادية الحالية ---------- 4 - 1
1.1.4 ديموغرافية السكان ---------- 4 - 1
2.1.4 الترتيبات الإدارية والبنية الاجتماعية ---------- 4 - 2
2.4 مسح (استبيان) حول ظروف استخدام المياه.---------- 4 - 2
1.2.4 أهداف المسح ---------- 4 - 2
2.2.4 المداخل والمنهجيات ---------- 4 - 2
3.2.4 ظروف استخدام المياه ومسح مدى الوعي على مستوى القرى---------- 4 - 6
4.2.4 وضع الزراعة---------- 4 - 18
5.2.4 استخدام المياه في منسوب نقطة المياه والوعي لدى مالكي البئر---------- 4 - 22

الفصل5 الوضع الحالي لاستخدام المياه

1.5 عام ---------- 5 - 1
2.5 مصادر المياه في حوض صنعاء (مسح بيانات الآبار 2002)---------- 5 - 1
3.5 الاستعمال المنزلي للمياه ---------- 5 - 2
1.3.5 تجهيز حياة الريف ---------- 5 - 5
2.3.5 تجهيز مياه الريف ---------- 5 - 20
4.5 استخدام المياه للزراعة ---------- 5 - 21
1.4.5 مصادر المياه للري ---------- 5 - 21
2.4.5 استخدام المياه للري---------- 5 - 23
5.5 أستخدام المياه لأغراض الصناعية---------- 5 - 26
6.5 استخدام المياه لأغراض السياحة---------- 5 - 27
7.5 استخدام المياه العادم (مياه الصرف الصحي)---------- 5 - 29
1.7.5 شبكة الصرف الصحي العامه---------- 5 - 29
2.7.5 نوعية مياه الصرف الصحي ---------- 5 - 30
8.5 الطلب المستقبلي على المياه ---------- 5 - 36
1.8.5 التبوء بالزيادة السكانية في حوض صنعاء . ---------- 5 - 36
2.8.5 الطلب على المياه للأغراض المنزلية. ---------- 5 - 42
3.8.5 الطلب على المياه للأغراض الزراعية---------- 5 - 48
4.8.5 الطلب على المياه لأغراض الصناعة ---------- 5 - 56
5.8.5 الطلب السياحي على المياه---------- 5 - 58
9.5 المشاكل والتوصيات المتعلقة باستخدام المياه ---------- 5 - 60
1.9.5 المشاكل التي يجب حلها ---------- 5 - 60
2.9.5 المشاكل التي يجب حلها ---------- 5 - 61

الفصل6 الإطار المؤسسي والإداري والمالي

1.6 عامة (الإطار القانوني التشريعي) ---------- 6 - 1
2.6 قانون المياه رقم (33) لسنة 2002م وتعديلاته وتنظيم السلطة التنفيذية---------- 6 - 3
1.2.6 قانون المياه رقم (33) لسنة 2002م ---------- 6 - 3
2.2.6 القرار الجمهوري رقم (41) ر لسنة 2007 المتعلق بتعديل قانون المياه رقم (33) لسنة 2002م. ---------- 6 - 8
3.2.6 التعليمات التنفيذية لقانون المياه (المسودة)---------- 6 - 9
3.6 الهياكل الإدارية والمؤسسية للمياه للإطار التشريعي في البلاد---------- 6 - 14
1.3.6 حق ملكية المياه---------- 6 - 15
2.3.6 انحراف المياه وحق الانتفاع ---------- 6 - 17
3.3.6 حق واستخدام (تقاسم) المياه ---------- 6 - 20
4.3.6 إدارة المياه ---------- 6 - 23
4.6 القانون رقم (4) لعام 2000 الخاص بالسلطات المحلية ---------- 6 - 26

5.6 الاستنتاجات والمواضع التي لا بد من أخذ الاعتبار لها في خطة العمل---------- 6 - 30
1.5.6 استكمال التنظيم القوانين التنفيذية لقانون المياه لعام 2002م والتطوير للمرسوم الخاص بمنطقة حماية المياه لحوض صنعاء.---------- 6 - 31
2.5.6 الدفاع عن إدارة الموارد المائية لصالح العامة والقادة السياسيين ---------- 6 - 32
3.5.6 التعريف المميز لنظام الماء ---------- 6 - 33
4.5.6 احترام النظام القبلي والتقليدي---------- 6 - 33
5.5.6 تحسين إلية العمل الغير المركزية للإدارة المحلية والمؤسسية---------- 6 - 34

الفصل7 الهيكل التنظيمي الحالي

1.7 عـــام ---------- 7 - 1
2.7 المنظمات الوطنية---------- 7 - 1
1.2.7 وزاره المياه والبيئة ---------- 7 - 1
2.2.7 الهيئة العامة للموارد المائية (NWRA) ---------- 7 - 2
3.2.7 وزارة الزراعة و الري ---------- 7 - 4
3.7 المنظمات المحلية ---------- 7 - 5
1.3.7 الوضع الإداري المحلي في حوض صنعاء---------- 7 - 5
2.3.7 NWRA -فرع صنعاء---------- 7 - 8
3.3.7 هيئة حوض صنعاء---------- 7 - 9
4.3.7 المجالس المحلية---------- 7 - 11
4.7 تنظيم المجتمع---------- 7 - 13
1.4.7 مجموعة مستخدمي المياه ---------- 7 - 14
2.4.7 جمعية مستخدمي المياه ---------- 7 - 15
5.7 القدرة الحالية لمنظمات المجتمع المحلية في إدارة مصادر المياه على مستوى الحوضو المسائل الواجب دراستها في خطة العمل---------- 7 - 16
1.5.7 NWRA – فرع صنعاء ---------- 7 - 16
2.5.7 المجالس المحلية---------- 7 - 17
3.5.7 هيئه حوض صنعاء---------- 7 - 18
4.5.7 جمعية مستخدمي المياه ---------- 7 - 18

الفصل8 الاعتبارات البيئية والاجتماعية

1.8 شروط وقوانين تخص الاعتبارات البيئية ---------- 8 - 1
1.1.8 السياسة البيئية والقوانين في اليمن---------- 8 - 1
2.1.8 تقدير التأثير البيئي في اليمن ---------- 8 - 2
2.8 مقدمة تقدير الإستراتيجي للبيئية ---------- 8 - 2
1.2.8 ما هو تقدير الإستراتيجي للبيئية---------- 8 - 2
2.2.8 التأثيرات البيئية التي يمكن إن تنفذ من خلال الخطة ---------- 8 - 3
3.2.8 اقتراح لإجراءات السكن ---------- 8 - 7

الملحق

الملحق 1 نتائج اختبار الضخ
الملحق 2 نتائج مراقبة مستوى المياه
الملحق 3 نتائج مفصلة لجرد الآبار 2002
الملحق 4 معلومات مفصلة عن الآبار لتجهيز المياه للريف
الملحق 5 تحليل مختصر عن نوعية المياه العادم (2005-2006)
الملحق 6 استفتاء سلطة القرى (مسح التوعية)
الملحق 7 استفتاء عن مستخدمي المياه (مسح مستخدمي المياه والتوعية)
الملحق 8 استفتاء عن وضع استخدام مياه للصناعة (مسح مستخدمي المياه)
الملحق 9 استفتاء عن وضع استخدام مياه للسياحة (مسح مستخدمي المياه)
الملحق 10 استفتاء عن وضع استخدام مياه من قبل الناقلات (مسح مستخدمي المياه)
الملحق 11 جرد الآبار
الملحق 12 نتائج ورشة العمل PCM
الملحق 13 تقرير الدراسة في الأردن حول إدارة مصادر المياه

قائمة الجداول (التقرير المساند)

الفصل 2 خطة أدارة الموارد المائية لأحواض أخرى حرجة

الجدول 1.2 خطة إدارة مصادر المياه لأحواض أخرى ---------- 2 - 1
الجدول 2.2 فقرات الإستراتيجية ---------- 2 - 2

الفصل 3 الوضع في الوقت الحاضر لمصادر الماء

الجدول 1.3 الدراسات السابقة في حوض صنعاء ---------- 3 - 1
الجدول 2.3 علم الجيولوجيا في حوض صنعاء ---------- 3 - 2
الجدول 3.3 يبين محطة رصد ومراقبة هطول المطر في حوض صنعاء ---------- 3 - 4
الجدول 4.3 بيانات هطول المطر المجمعة ---------- 3 - 5
الجدول 5.3 الحرارة الشهرية (هيئة الموارد المائية الوطنية – أ)---------- 3 - 6
الجدول 6.3 يبين توزيع هطول المطر في خوض صنعاء مزود من قبل هيئة الموارد المائية الوطنية.----- 3 - 7
الجدول 7.3 أحواض ثانوية في حوض صنعاء ---------- 3 - 9
الجدول 8.3 متوسط التدفق في حوض صنعاء ---------- 3 - 10
الجدول 9.3 السدود في حوض صنعاء ---------- 3 - 12
الجدول 10.3 نفاذية الطبقات الصخرية المائية ---------- 3 - 22
الجدول 11.3 التوصيل الهيدروليكي للطبقات الصخرية المائية---------- 3 - 23
الجدول 12.3 تقدير إعادة تنشيط المياه الجوفية في حوض صنعاء---------- 3 - 30
الجدول 13.3 إعادة تنشيط المياه الجوفية المقدر في الأحواض الثانوية ---------- 3 - 31
الجدول 14.3 التدفق السنوي / جريان المطر للأحواض الثانوية---------- 3 - 32
الجدول 15.3 مؤثر مصنع معالجة المياه القذرة في صنعاء لسنة 2005 & 2006 ---------- 3 - 33
الجدول 16.3 توازن الماء في الأحواض الثانوية بطريقة فهم خصائص المياه ---------- 3 - 34
الجدول 17.3 توازن(رصيد) الماء المقدر بواسطة تحليل صورة القمر الصناعي---------- 3 - 35
الجدول 18.3 تقدير رصيد الماء المعدل استنادا" إلى تحليل صورة القمر الصناعي (2004 / 2005) ---- 3 - 37
الجدول 19.3 مراقبة الآبار في حوض صنعاء ---------- 3 - 38
الجدول 20.3 تغير مستوى الماء بين 1979 و2007 في حقل البئر الغربي ---------- 3 - 40
الجدول 21.3 مصدر الماء البديل ---------- 3 - 48

الفصل 4 الأوضاع الاقتصادية الاجتماعية الحالية

الجدول 1.4 توزيع السكان حسب المحافظات---------- 4 - 1
الجدول 2.4 نطاق مسح حالة استخدام المياه ---------- 4 - 4
الجدول 3.4 توزيع العينات حسب الأحواض الفرعية---------- 4 - 4
الجدول 4.4 توزيع العينات حسب المديريات ---------- 4 - 5
الجدول 5.4 توزيع مرافق تجميع المياه---------- 4 - 10

الجدول 6.4 توزيع المتجاوبين حسب مساحة المزرعة ---------- 4 - 19
الجدول 7.4 الاتجاه إلى تغيير مساحة المزرعة---------- 4 - 20
الجدول 8.4 أنواع المحاصيل في المزارع التي يملكها المتجاوبين ---------- 4 - 20
الجدول 9.4 نوع الموارد المائية للري---------- 4 - 21
الجدول 10.4 نوع تكنولوجيا الري في المزرعة الذي تم اعتماده من قبل المتجاوبين---------- 4 - 22
الجدول 11.4 مؤشرات البئر ---------- 4 - 22
الجدول 12.4 توزيع الآبار العميقة حسب عمق البئر و سنة الإنشاء ---------- 4 - 23
الجدول 13.4 معدل استخراج المياه للآبار العينة---------- 4 - 24

الفصل5 الوضع الحالي لاستخدام المياه

الجدول 1.5 وضعيه نقاط المياه المجرودة والاستعمال الرئيسي للآبار المشغلة---------- 5 - 1
الجدول 2.5 الإيجاز السنوي لإغراض الاستعمال والمناطق المروية بمصدر المياه ---------- 5 - 2
الجدول 3.5 الاستخراج لغرض الاستعمال المنزلي لكل بئر فرعي ه ---------- 5 - 3
الجدول 4.5 حالة تجهيز المياه من الآبار حتى عام 2005 ---------- 5 - 7
الجدول 5.5 إنتاج واستهلال المياه للأعوام (2006_1988)---------- 5 - 8
الجدول 6.5 عمل المؤشر لنظام تجهيز المياه (2006_2005) ---------- 5 - 8
الجدول 7.5 تعريف المياه من دون عائدات---------- 5 - 9
الجدول 8.5 مصادر المياه الوطنية للأعوام 2006_1998 ---------- 5 - 9
الجدول 9.5 القياسات لتحليلات نوعية المياه ص ---------- 5 - 10
الجدول 10.5 نتائج التحليلات لنوعية المياه الرديئة ---------- 5 - 11
الجدول 11.5 أهداف الخطة الخماسية (2004-2008) والوضع الحالي---------- 5 - 17
الجدول 12.5 تعريفة الماء والمجاري---------- 5 - 18
الجدول 13.5 الدخل والصرفيات اللجنة المحلية للمياه والصرف الصحي فرع صنعاء ---------- 5 - 18
الجدول 14.5 استهلاك المياه المنزلية من مجهز المياه الخاص ---------- 5 - 19
الجدول 15.5 استهلاك المياه للإغراض المنزلية لسنة 2006_2005 ---------- 5 - 19
الجدول 16.5 المستخرجات الشهرية في الابار لأغراض ري الاشجار في الشوارع و الحدائق ألعامه ------ 5 - 20
الجدول 17.5 أستهلاك المياه للمناطق الريفيه ---------- 5 - 21
الجدول 18.5 المنطقه المرويه والمياه المستخرجه لكل حوض فرعي ---------- 5 - 23
الجدول 19.5 تظهر مجموع المياه الجوفية المستخرج حسب حساب التبخر الحقيقي حسب
إحصائيات الكاف (GAF) 2007 الخاص بالري ---------- 5 - 24
الجدول 20.5 مساحة الهكتارات للمحاصيل في حوض صنعاء لسنة 2004-2005---------- 5 - 25
الجدول 21.5 معدل النمو المقترح لطلب المياه الحالي (2005) ---------- 5 - 26
الجدول 22.5 نسبة استهلاك المياه في قطاع الصناعي في عام 2005---------- 5 - 27
الجدول 23.5 عدد السياح---------- 5 - 27
الجدول 24.5 عدد الفنادق وحجم الاستيعاب حسب الدرجة---------- 5 - 28
الجدول 25.5 معدل استهلاك المياه للقطاع السياحي 2005 ---------- 5 - 29
الجدول 26.5 مؤشر الأداء لنظام الصرف الصحي (2005-2006) ---------- 5 - 29

الجدول 27.5 أهداف الخطة الخمسية (2004-2008)---------- 5 - 29
الجدول 28.5 ملخص نتائج تحليل نوعية مياه الصرف الصحي لعام2005,2006---------- 5 - 32
الجدول 29.5 توقعات الكثافة السكانية لمدينة صنعاء حسب السيناريو ---------- 5 - 38
الجدول 30.5 معدل السكان في الحوض حسب المديرية (2004) ---------- 5 - 40
الجدول 31.5 تقدير السكان حسب المديريات في حوض صنعاء---------- 5 - 40
الجدول 32.5 تقدير السكان حسب الأحواض الفرعية (2004)---------- 5 - 41
الجدول 33.5 معدل السكان حسب الأحواض الفرعية ---------- 5 - 42
الجدول 34.5 الطلب على المياه في المناطق الحضرية---------- 5 - 44
الجدول 35.5 الطلب المنزلي للمياه في تجهيز المياه العامة ---------- 5 - 45
الجدول 36.5 تغيير الطلب على المياه للمناطق الريفية في الأحواض الفرعية ---------- 5 - 47
الجدول 37.5 التغيير في الأراضي المروية للمحاصيل في الأحواض الفرعية ---------- 5 - 49
الجدول 38.5 الأراضي المروية الكلية للأحواض الفرعية ---------- 5 - 50
الجدول 39.5 حساب ETa لكل وحدة أرض حسب نوع المحصول ---------- 5 - 50
الجدول 40.5 طلب على المياه للمزروعات (العنب والقات)---------- 5 - 51
الجدول 41.5 الطلب على المياه للمزروعات (المحاصيل المختلفة والفاكهة) ---------- 5 - 52
الجدول 42.5 على المياه للري حسب كفاءة المياه ---------- 5 - 53
الجدول 43.5 الطلب على المياه حسب المحصول (كفاءة الري = 40% و45%) ---------- 5 - 55
الجدول 44.5 الطلب على المياه لأغراض الري ---------- 5 - 56
الجدول 45.5 سيناريوهات الطلب الصناعي للمياه ---------- 5 - 57
الجدول 46.5 يظهر العدد الكلي للفنادق حسب التصنيف واستيعابها في مدينة صنعاء وصنعاء---------- 5 - 59
الجدول 47.5 تغيير الطلب على المياه للأغراض السياحية ---------- 5 - 59

الفصل 6 الإطار المؤسسي والإداري والمالي

الجدول 1.6 الإجراءات القانونية الرئيسية المتعلقة بغدارة المصادر المائية---------- 6 - 1
الجدول 2.6 محتويات قانون المياه رقم (33) لسنة 2002م ---------- 6 - 4

الفصل8 الاعتبارات البيئية والاجتماعية

الجدول 1.8 البرامج الخاصة لدعم إدارة المياه في برنامج تطوير الدعم الاستثماري والبيئي 2003-2008 (ESIP) ---------- 8 - 1
الجدول 2.8 التأثيرات المحتملة (1) ---------- 8 - 3
الجدول 3.8 التأثيرات المحتملة (2)---------- 8 - 3
الجدول 4.8 التأثيرات المحتملة (3) ---------- 8 - 3
الجدول 5.8 التأثيرات المحتملة (4) ---------- 8 - 4
الجدول 6.8 التأثيرات المتوقعة (5) ---------- 8 - 4
الجدول 7.8 التأثيرات المتوقعة (6) ---------- 8 - 5
الجدول 8.8 التأثيرات المتوقعة (7) ---------- 8 - 5

الجدول 9.8 التأثيرات المتوقعة (8) ---------- 8 - 5
الجدول 10.8 التأثيرات المتوقعة (9) ---------- 8 - 6
الجدول 11.8 التأثيرات المتوقعة (10) ---------- 8 - 6
الجدول 12.8 التأثيرات المتوقعة (11) ---------- 8 - 6

قائمة الإشكال (التقرير الرئيسى)

الفصل 3 الوضع في الوقت الحاضر لمصادر الماء

الشكل 1.3 علم الجيولوجيا في حوض صنعاء ---------- 3 - 3
الشكل 2.3 المقطع العرضي الجيولوجي التخطيطي في حوض صنعاء ---------- 3 - 3
الشكل 3.3 يبين محطة رصد ومراقبة هطول المطر في حوض صنعاء ---------- 3 - 4
الشكل 4.3 الحرارة الشهرية (هيئة الموارد المائية الوطنية – أ، 1989 – 1997) ---------- 3 - 6
الشكل 5.3 هطول المطر الشهري (هيئة الموارد المائية الوطنية – أ) 1989 –2004---------- 3 - 7
الشكل 6.3 خارطة آيزوهيت لحوض صنعاء---------- 3 - 8
الشكل 7.3 أحواض ثانوية في حوض صنعاء ---------- 3 - 9
الشكل 8.3 تحديد مواقع السدود في حوض صنعاء ---------- 3 - 11
الشكل 9.3 الينابيع في حوض صنعاء ---------- 3 - 14
الشكل 10.3 توزيع وإنتاج الثقوب أو الحفر العميقة (الطبقة الصخرية المائية الغرينية) ---------- 3 - 15
الشكل 11.3 توزيع عمق البئر (الطبقة الصخرية المائية الغرينية)---------- 3 - 15
الشكل 12.3 توزيع وإنتاج الثقوب أو الحفر العميقة (الصخور البركانية)---------- 3 - 16
الشكل 13.3 توزيع عمق البئر (الصخور البركانية)---------- 3 - 16
الشكل 14.3 توزيع وإنتاج الثقوب أو الحفر العميقة (الحجر الرملي طويلة)---------- 3 - 17
الشكل 15.3 توزيع عمق البئر (الحجر الرملي طويلة) ---------- 3 - 17
الشكل 16.3 توزيع وإنتاج الحفر أو الثقوب العميقة (الحجر الكلسي عمران) ---------- 3 - 18
الشكل 17.3 توزيع عمق البئر (الحجر الكلسي عمران) ---------- 3 - 18
الشكل 18.3 مستوى الماء (الطبقة الصخرية المائية الغرينية) ---------- 3 - 19
الشكل 19.3 مستوى الماء (الصخور البركانية)---------- 3 - 20
الشكل 20.3 مستوى الماء (الحجر الرملي طويلة) ---------- 3 - 20
الشكل 21.3 مستوى الماء (الحجر الكلسي عمران) ---------- 3 - 21
الشكل 22.3 العلاقة بين العمق والتوصيل الكهربائي والرسم البياني للتوصيل الكهربائي ---------- 3 - 24
الشكل 23.3 توزيع التوصيل الكهربائي---------- 3 - 25
الشكل 24.3 الرسم البياني للحامضية ---------- 3 - 25
الشكل 25.3 عمق البئر ودرجة الحرارة---------- 3 - 26
الشكل 26.3 الرسوم البيانية بايبر (Piper) للمياه الجوفية في حوض صنعاء ---------- 3 - 27
الشكل 27.3 توزيع الفلوريد ---------- 3 - 28
الشكل 28.3 تكسرات في مستوى المياه الجوفية (الحجر الرملي طويلة) ---------- 3 - 29
الشكل 29.3 مواقع مراقبة مستوى الماء في الآبار ---------- 3 - 39
الشكل 30.3 الرسم البياني للمسطحات المائية ومراقبة البئر---------- 3 - 40
الشكل 31.3 عمق الثقوب التي تم ثقبها من 1970 إلى ---------- 3 - 41
الشكل 32.3 توزيع النترات في حوض صنعاء (1996)---------- 3 - 42
الشكل 33.3 توزيع التوصيل الكهربائي في حوض صنعاء (2001)---------- 3 - 43

الشكل 34.3 مواقع مصادر المياه البديلة ---------- 3 - 45

الفصل 4 الأوضاع الاقتصادية الاجتماعية الحالية

الشكل 1.4 ملاحظة الاتجاه الديموغرافي في القرى خلال 15 سنة الماضية ---------- 4 - 6
الشكل 4.2 توزيع الأراضي في القرى التي تم مسحها حسب نوع الملكية ---------- 4 - 7
الشكل 3.4 توزيع الأراضي في القرى التي تم مسحها حسب الاستخدامات---------- 4 - 8
الشكل 4.4 المحاصيل الرئيسية المزروعة في المناطق التي تم مسحه---------- 4 - 8
الشكل 5.4 مقارنة طرق الحصاد بين الأراضي التيلديها ري والأخرى التي لا تمتلك نظام للري --------- 4 - 9
الشكل 6.4 نوع مصادر المياه المتوفرة للاستعمال المنزلي ---------- 4 - 9
الشكل 7.4 أنواع مصادر المياه للري ---------- 4 - 10
الشكل 8.4 أنواع شبكات الري المستخدمة---------- 4 - 11
الشكل 9.4 الأسباب المعروفة لنضوب مستوى المياه الجوفية---------- 4 - 11
الشكل 10.4 أنواع منظمات المجتمع الحالية لإدارة الري ---------- 4 - 12
الشكل 11.4 مسئوليات جمعيات مستخدمي المياه ---------- 4 - 13
الشكل 12.4 الاستفادة والمنافع التي تم ملاحظتها من جمعيات مستخدمي المياه---------- 4 - 13
الشكل 13.4 **ملاحظات حول إدارة الري بالمشاركة بواسطة جمعيات مستخدمي/مجموعات مستخدمي المياه**---------- 4 - 14
الشكل 14.4 ملاحظات حول إدارة الموارد المائية والمحافظة عليها---------- 4 - 17
الشكل 15.4 تكنولوجيا توفير المياه للري المفضلة من قبل القرى التي تم المسح فيها ---------- 4 - 18
الشكل 16.4 توزيع المتجاوبين حسب إجمالي مساحة المزرعة---------- 4 - 19
الشكل 17.4 نوع المحاصيل المزروعة في المزارع---------- 4 - 21
الشكل 18.4 توزيع الآبار حسب سنة الإنشاء ---------- 4 - 23
الشكل 19.4 عمق الآبار العميقة المأخوذة كعينة حسب سنة الإنشاء ---------- 4 - 23
الشكل 20.4 أنواع المحاصيل للآبار العينة ---------- 4 - 25

الفصل5 الوضع الحالي لاستخدام المياه

الشكل 1.5 خارطة توزيع نقاط المياه للاستخدام المنزلي حسب النوع---------- 5 - 4
الشكل 2.5 خارطة أماكن الآبار ---------- 5 - 6
الشكل 3.5 نتائج تحليل نوعية المياه (الحديد, النترات, الأس الهيدروجيني, المواد الصلبة الكلية)--------- 5 - 15
الشكل 4.5 نتائج تحليل نوعية المياه (البيكاربونات, كالسيوم, نيتروجين) ---------- 5 - 16
الشكل 5.5 خريطة توزيع نقاط المياه للاستخدام الري حسب نوع ألبير ---------- 5 - 22
الشكل 6.5 تصميم قدره و مخطط للانسياب لمحطة صنعاء لمعالجة مياه الصرف الصحي **(WWTP)**---- 5 - 31
الشكل 7.5 معدل الانتاج الشهري للمياه الداخلة والخارجة من (SS,BOD5,NH4) ---------- 5 - 34
الشكل 8.5 معدل الناتج الشهري للمياه الداخلة والخارجة منNO3,TDS, COD, PO4---------- 5 - 35
الشكل 9.5 مكان حوض صنعاء في محافظة كربلاء ---------- 5 - 37
الشكل 10.5 مخطط للتوقعات الكثافة السكانية لمدينة صنعاء ---------- 5 - 39
الشكل 11.5 مخطط لتغيير الطلب على المياه في الم دن ---------- 5 - 43
الشكل 12.5 مخطط لتغيير الطلب على المياه للأغراض المنزلية ---------- 5 - 45

الشكل 13.5 مخطط تغيير الطلب على المياه للأغراض المنزلية للمناطق الريفية---------- 5 - 48
الشكل 14.5 طلب على مياه الري حسب كفاءة الري---------- 5 - 53
الشكل 15.5 مخطط تقديري للطلب على مياه الري (كفاءة الري = 40% و45%) ---------- 5 - 56
الشكل 16.5 مخطط تغير الطلب الصناعي للمياه---------- 5 - 58
الشكل 17.5 مخطط التغيير في الطلب على المياه للأغراض السياحية ---------- 5 - 60

الفصل8 الاعتبارات البيئية والاجتماعية

الشكل 1.8 إجراءات هيئة حماية البيئة في اليمن---------- 8 - 2

المختصرات

ACU	اتحاد التعاوني الزراعي
CSO	المنظمة المحلية للإحصاء
DPPR	البرنامج الاجتماعي الاقتصادي الثالث المتطور لخفض الفقر
EC	التوصيل الكهربائي
EIA	تحليل التأثير البيئي
EPA	وكالة حماية البيئة
EPC	مجلس حماية البيئة
ESIP	برنامج الاستثمار المتطور المستمر للبيئة 2003- 2008
ETa	التبخر والتعرق الحقيقي
GAREW	الهيئة العامة لكهرباء الريف والماء
GARWSP	الهيئة العامة لمشروع تجهيز مياه الريف
GDI	المديرية العامة للري
GDP	مجموع المنتجات المحلية
GVP	مجموع قيمة المنتجات
HDL	الحد الأعلى المطلوب
HGR	النمو السكاني التاريخي
HWC	مجلس ارتفاع القيمة
IRDA	هيئة تطوير الريف المتكاملة
IWRM	إدارة مصادر المياه متكاملة
MAF	وزارة الزراعة والأسماك
MAI	وزارة الزراعة والري
MCM	مليون متر مكعب
MEW	وزارة الكهرباء والمياه
MPL	الحد الأعلى المسموح به
MPWH	وزارة الإشغال العامة والطرق
MWE	وزارة المياه والبيئة
NEAP	خطة العمل الوطنية للبيئة
NRW	غير دخل ماء
NWP	السياسة الوطنية للماء
NWRA	هيئة العامة لمصادر المياه
NWRA-SB	الهيئة العامة لمصادر المياه فرع صنعاء
NWS	الإستراتيجية الوطنية للماء
NWSA	الهيئة العامة للمياه والصرف الصحي
NWSSIP	البرنامج الوطني لإستراتيجية قطاع المياه والاستثمار
PGR	برنامج معدل النمو
PIUs	وحدة تنفيذ المشاريع
PMUs	وحدة إدارة المشاريع
PRS	إستراتيجية خفض الفقر
SAWAS	مصادر تجهيز صنعاء بالماء
SBC	لجنة حوض صنعاء
SBWMP	مشروع أدارة الماء في حوض صنعاء
SBWRM-PPT	دراسة أدارة مصادر المياه في حوض صنعاء
SEA	تقييم الإستراتجية البيئية
SEAR	تقييم التقرير البيئي
SFYP	الخطة الخمسية الثانية
SWSLC	المؤسسة المحلية لتجهيز المياه والصرف الصحي فرع صنعاء
SWSSP	مشروع تجهيز المياه والصرف الصحي فرع صنعاء
TDS	مجموع ذوبان الصلب

TWSLC	المؤسسة المحلية لتجهيز المياه فرع تعز
WEC	مركز جامعة صنعاء للمياه والبيئة
WHO	منظمة الصحة العالمية
WUA	جمعية مستخدمي المياه
WUF	اتحاد مستخدمي المياه
WUG	مجموعة مستخدمي المياه
WWTP	محطة معالجة المياه الأسنة في صنعاء
YGGMP	مشروع اليمني الياباني للمسح الجيولوجي
YSV	وجهة نظر الإستراتيجية اليمنية 2025

الفصل 1

السياسة الوطنية والإستراتيجية للماء

الفصل1 السياسة الوطنية والإستراتيجية للماء

1.1 إستراتيجية الوطنية للماء

استجابة إلى مدى خطورة أزمة المياه, فان الحكومة اليمنية تبنت إستراتيجية وطنية للماء. أهداف هذه الإستراتيجية هي كالأتي:

- حماية مصادر المياه من التلوث والاستنفاذ
- الاستخدام الأمثل لمصادر المياه من اجل المحافظة على الماء.
- تزويد المياه من اجل تلبية طلبات المجتمع في كافة المجالات.

من اجل تحقيق الأهداف أعلاه, فان الإستراتيجية الوطنية للماء تعتبر إن كل سطح ومصادر المياه الجوفية داخل الحدود اليمنية هي مصادر طبيعية ملك عام وان الدولة ستوضع الإطار التشريعي والقوانين الخاصة بمصادر المياه. وان الإستراتيجية الوطنية للماء تعرف نفسها بأنها الأرضية لاستراتيجيات وسياسات مشابهة أخرى, مثل السياسة الوطنية للماء, والإستراتيجية الوطنية لقطاع الماء وبرنامج الاستثمار, وقانون الماء قد تم تأسيسها حسب نظام الإستراتيجية الوطنية للماء. أن تكوين الاستراتيجيات والسياسات الخاصة بقطاع الماء مبينة أدناه؛

2.1 السياسة الوطنية للماء

من اجل تحقيق أهداف إستراتيجية الوطنية للماء, فقد تم تأسيس الإستراتيجية الوطنية للماء, وتم إنشاء سياسة وطنية للماء مثل أدارة مصادر المياه, سياسة إدارة مياه الإمطار, سياسة إدارة مياه الري, سياسة تجهيز مياه المنزلي, وان إعادة استخدام المياه العادم هي من السياسات التي يجب إن تفعل وتنفذ من قبل وكالات قطاع الماء. السياسة الوطنية للماء تعطي وصف لادوار وكالات قطاع الماء مثل الهيئة العامة للموارد المائية ووزارة الزراعة والري. هذه السياسة هي القاعدة لقانون المياه.

3.1 قانون المياه

إن قانون المياه هو أول قانون تشريعي ومؤسسي من اجل إدارة مصادر المياه في البلاد. بعد عشر سنوات من النقاشات والمفاوضات بين مختلف المؤسسات والسلطات فان البرلمان قد وافق على قانون المياه في عام 2002. بالإضافة إلى تطورات قانونية فان عدد أخر من القوانين الرسمية قد تم إصدارها مثل القرار الجمهوري وقرار مجلس الوزراء, وقرار رئيس الوزراء, وقرار وزارة المياه والبيئة قد تم إصدارها من اجل دعم وتقوية قانون المياه لعام 2002. مثلا, قرار رئيس الوزراء رقم 227 قد تم إصداره عام 2004 والذي يخول الهيئة العامة للموارد المائية (NWRA) لتكون السلطة الوحيدة المسئولة عن إصدار تراخيص حفر الآبار ومنع المؤسسات الأخرى بإحضار تصريح مكتوب من الهيئة العامة للموارد المائية من اجل أي نشاط خاص بالتراخيص والتسجيل أو إلغاء إصدار التراخيص (الفقرة 11أ). انه يدعم ما موجود في الفقرة (73) من قانون المياه.

لكن, يفشل قانون المياه من تعريف نفسه بأنه القانون الوحيد الذي يقوم بإدارة مصادر المياه وحقوق المياه بدلا من القوانين المهمة الأخرى مثل القانون الإسلامي, القانون المدني, القانون المألوف في البلاد, وهذه القوانين لا توفر الإلية القانونية لإدارة مصادر المياه وحقوق المياه ولا تفرض العقاب على الذي يخرق القانون.

لذا, في عام 2007 وافق البرلمان على تعديل قانون المياه رقم (33) لسنة 2002 من اجل القضاء من ما ذكر أعلاه, لكن لحد ألان قانون المياه مازال لا يحتوي على تأثير كافي تنظيم استهلاك المياه.

4.1 الإستراتيجية الوطنية لقطاع المياه وبرنامج الاستثمار

بالتزامن مع الإستراتيجية والسياسة الوطنية للماء, فان الإستراتيجية الوطنية لقطاع المياه وبرنامج الاستثمار (NWSSIP) بدأت بوضع خطة عمل مناسبة وبرنامج استثمار لجميع قطاع الماء كعملية مساهمين متعددين.

إذا استمرت ندرة المياه كما هي الحال ألان بدون أي نظام لاستخراج المياه الجوفية واستخدامه وبدون التخفيف من الاستخدام الحالي للمياه الجوفية بدون وضع حد لاستمرارية الاستيلاء على المصدر فان هذا في النتيجة سيؤثر على

الجميع بما في ذلك المزارعين وسيكونون هم أول من يتضرر. بالإضافة فان وضع القوانين سيحمي النمو الاقتصادي والاجتماعي في المدن.

لكن,الإستراتيجية الوطنية لقطاع المياه وبرنامج الاستثمار تقترح مجموعة من الإجراءات المؤسسية والمالية وأخرى التي تهدف إلى مخاطبة التناقضات الموجودة في خمس قطاع فرعية (مصادر المياه, إستراتيجية قطاع الماء الحضري, إستراتيجية قطاع ماء الريف, سمات البيئية والري للماء) من اجل حماية مصلحة جميع المساهمين في المصادر.

الإستراتيجية الوطنية لقطاع المياه وبرنامج الاستثمار توضع أربعة أهداف لإدارة القطاع

- ضمان التنسيق بين الشركاء كافة الذين يعملون في تجهيز الماء الحضري والريفي والمجاري وان يتأكدوا بان السياسات في كل القطاعات الفرعية الاثنتين هي متحدة وان الاستثمارات توزع بالتساوي بين جميع المحافظات حسب القوانين وان لا يتم استنساخها.
- دمج السياسات المائية والسياسات الوطنية من اجل استمرارية النمو وخفض الفقر.
- ضمان إن تمويل القطاع بصورة فعالة يدعم أهداف القطاع.
- مراقبة وتحليل الأداء.

من اجل تحقيق هذه الأهداف فان الإستراتيجية الوطنية لقطاع المياه وبرنامج الاستثمار تقترح السياسات الثلاثة الآتية

- إعطاء الأولوية إلى تعريف وتنفيذ البرنامج الإستراتيجي والاستثمار وخطة العمل.
- تنظيم التنصيب المؤسسي والإداري لقطاع المؤسسي وضمان عملهم وإدارتهم بصورة جيدة .
- ضمان إن القضايا المتضاربة يتم معالجتها بصورة متكاملة (تمويل, تبرعات المجتمع, تعريفه, تدريب, الخ)

بخصوص إدارة مصادر المياه وضعت الإستراتيجية الوطنية لقطاع المياه وبرنامج الاستثمار الأهداف الخمسة آلاتية

- ضمان استقرار اعلي
- إعطاء الأولوية إلى الاحتياجات المحلية لسكان الحضري والريف
- تحسين تقسيم المياه, حسب العدد, معيار الاجتماعي, مقابلة الاحتياجات المنزلية, ورفع الفوائد الاقتصادية.
- وضع رؤيا حقيقية للماء إمام أنظار السكان.
- التبرع إلى تخفيف الفقر من خلال رفع مستوى استخدام المياه والعدالة في توزيع الماء.

5.1 خطة مطورة لخفض الفقر

الخطة الاقتصادية الاجتماعية الثالثة لخفض الفقر (DPPR 2006-2007) هي الخطة الوطنية الثانية مصممة من اجل تحقيق رؤيا إستراتيجية لليمن 2025 (YSV) والتي تهدف إلى رفع المستوى الدولي للبلد من "دولة اقل تطورا" إلى واحدة متوسطة التطور". الخطة الخمسية الثانية قدمت أرضية لتحقيق هذه الرؤيا المحلية. وأعطت الإطار العملي العام للإستراتيجية الوطنية لخفض الفقر لعام 2003-2005, لان خفض الفقر أصبح النقطة الرئيسية من اجل التعاون الشراكة مع المجتمع الدولي. الخطة الخمسية الثانية وإستراتيجية خفض الفقر لديهما مجموعة من الأهداف من اجل تحقيق النمو الاقتصادي التخفيف الفقر, وتوفير الفرص عمل من خلال استثمارات إستراتيجية ونوعية في القطاعات كافة من خلال ضمان الاستقرار السياسية والاجتماعية.

نقص مصادر المياه في اليمن بداء يؤثر في الطلب المحلي الزراعي والصناعي والتي يعاني من إدارة فقيرة. استنفاذ مصادر المياه التي بداءت إن تكون عقبة إمام النمو والتطور والاستقرار في المجتمع اليمن. رؤية الخطة لخفض الفقر هو لتحقيق إدارة موحدة للمصادر, تحسين البيئة التشريعية, وحماية الماء. في الظروف الحالية, فان قيمة استهلاك الزراعة من الماء هي 91% وان الاستهلاك المنزلي هو 7 % مع 2 % للصناعة. إن رؤيا الخطة هو رفع أسهم الاستخدام المنزلي والصناعي من الماء ليصل إلى 15 % و4 % وتقليل نسبة استنفاذ إلى 25 % ورفع مصادر المياه 5 % سنويا. رؤيا الخطة هو توفير الماء والمجاري مناسبة لكل المناطق وتحسين الاحتياجات الصحية والبيئية للبلاد. الحكومة اليمنية هدفها تامين تجهيز الماء الصحي بنسبة 71% إلى الحضر 37% الريف

قبل سنة 2010. بالإضافة فان الشبكات ستخفض 15 % معالجة المياه العادم سترفع من 50000 متر مكعب في عام 2005 إلى 100000 متر مكعب قبل عام 2010.

الفصل2

خطة أدارة الموارد المائية لأحواض أخرى حرجة

الفصل2 خطة أدارة الموارد المائية لأحواض أخرى حرجة

1.2 عام

الجمهورية اليمنية مقسمة إلى أربعة عشر أحواض مائية ومناطق. في الحقيقة, خطة عمل إدارة مصادر المياه لمنطقة تعز وحوض صعده قد بدأت بالتنفيذ. صياغة خطة إدارة مستمرة لحوض صنعاء (هذه الدراسة), حوض حضرموت وحوض ذوبان-ابيان. خطة عمل مخطط له إن يصاغ لكلا من حوض عمران, حوض رضا-ذمار, حوض تهاما.
خمسة من الأحواض المذكورة أعلاه تعتبر من "مناطق مياه محمية" حسب قرار مجلس الوزراء رقم (344) لسنة 2002 وتعتبر أحواض حرجة حسب وجهة نظر مصادر المياه. هذه الأحواض ألان موجودة في تعز, حوض صعده, حوض حضرموت, وحوض ذوبان-ابيان, وحوض صنعاء.

الجدول 1.2 خطة إدارة مصادر المياه لأحواض أخرى

اسم الحوض/ المنطقة	التسمية (سنة إنشائها)	الحالة
تعز	خطة عمل لإدارة مصادر المياه لمنطقة تعز (2000)	التنفيذ بداء عام 2004
صعده	خطة عمل لإدارة مصادر المياه لحوض صعده (2005)	التنفيذ بداء عام 2007
صنعاء	خطة عمل لإدارة مصادر المياه لحوض صنعاء (2007)	صيغت في هذه الدراسة
حضرموت	لم يقرر التسمية (من المتوقع إنشائها في 2007)	صيغت في هذه الدراسة
ذوبان-ابيان	لم يقرر التسمية (من المتوقع إنشائها في 2007)	صيغت في هذه الدراسة
عمران	لم يقرر التسمية (من المتوقع إنشائها في 2007)	تصميم الدراسة للصياغة مستمر
رضا-ذمار	لم يقرر التسمية	مخطط إن تصاغ
تيهاما	لم يقرر التسمية	مخطط إن تصاغ

تحت توضيح لخطة إدارة مصادر المياه لمنطقة تعز وحوض صعده

2.2 خطة عمل لإدارة مصادر المياه لمنطقة تعز

1.2.2 خلفية

منطقة تعز ذات مساحة لجمع مياه الأمطار ب650 كيلو متر مربع تقع في الجزء العلوي لوادي ريسان, والتي تعتبر احد اكبر الأودية لتفريغ الأراضي الجبلية والمناطق الوسطية التابعة لحوض البحر الأحمر. وان مدينة تعز التي تقع داخل منطقة جمع مناطق الإمطار وتقع على بعد 268 كيلو متر عن العاصمة صنعاء.

حسب نتائج إحصاء عام 2004, فان سكان منطقة تعز يقدرون بحوالي 650000 وسكان مدينة تعز يقدر بحوالي 317000 بمعدل نمو 7.9 % . تقريبا نصف سكان المنطقة يعيشون في مناطق ريفية ويعتمدون على الزراعة التي تعتمد على الري بالتنقيط وطرق جمع مياه الإمطار. تعتبر محافظة تعز احد محاور النشاط الصناعي في اليمن وان هناك الكثير من المصانع الصناعية موجودة في داخل وحول مدينة تعز.

في عام 1996, كمية الماء المستهلك في منطقة تعز يقدر 43 مليون متر مكعب وان استهلاك المياه الجوفية يقدر 95 % (41 مليون متر مكعب). وان استخدام المياه الجوفية لإغراض الزراعة يقدر 27 مليون متر مكعب (67%) أي إن هذه النسبة هي اعلي نسبة للاستهلاك. سبب ارتفاع العالي لاستهلاك الماء يعود إلى ازدياد عدد الآبار في المناطق الزراعية. والسبب الأخر هو استخدام طرق ري غير متطورة من قبل المزارعين مما يؤدي إلى استغلال اكبر للمياه الجوفية. وان استهلاك المياه للمناطق الحضرية يقدر 7 مليون متر مكعب والمصانع حوالي أربعة مليون متر مكعب.
تعتمد منطقة تعز على مياه الإمطار وان معدل الإمطار هو 568 مليون متر مكعب سنويا. وان معدل الإملاء للمياه الجوفية يقدر 15 مليون متر مكعب سنويا وهذا يعني إن استهلاك المياه الجوفية هو تقريبا ثلاثة مرات اعلي من الإملاء وان خفض مستوى المياه الجوفية وبداء ملاحظة استنفاذ بعض المياه في الآبار.

في الجزء التالي, فهناك شرح بسيط عن خطة عمل إدارة مصادر المياه لمنطقة تعز.

2.2.2 محتوى خطة العمل

إن خطة عمل إدارة مصادر المياه لمنطقة تعز قد تم تحضيرها بين عام 1996 و200 وصدر عام 200 وتم الموافقة عليه من قبل البرلمان عام 2004.

(1) استراتيجيه أدارة مصادر المياه

تتكون إستراتيجية إدارة مصادر المياه لمنطقة تعز من خمس فقرات وستة عشر فقرة فرعية كما موضح في *الجدول 2.2*

الجدول 2.2 فقرات الإستراتيجية

الفقرات	الأهداف
إدارة عامة لانجاز النشاطات	نظام معلومات
	رفع برامج توعية
	الاتصال والتنسيق
تأسيس آلية عمل مستمرة لتوزيع الماء	إلية عمل مستمرة للحفاظ على المياه الجوفية
	إلية عمل لنقل المياه بين الريف والحضر
تعزيز البنية التحتية لتجهيز الماء العام والخدمات	برامج تحسين برنامج تجهيز المياه لحضر تعز
	برنامج تجهيز مناطق الريف
محاربة الدمار الناتج عن الماء من خلال السيطرة على المياه الأسنة والسيطرة على الفيضان	توسيع في نظام مجاري الحضر
	معالجة المياه العادم المنزلية
	معالجة المياه العادم الصناعية
	إعادة استخدام المياه العادم المعالج
	السيطرة على المياه الفيضان والحماية
يستهدف القطاع الذي يحتاج إدارة	إعادة استخدام المياه العادم المعالج
	إجراءات أخرى للإدارة المطلوبة للحضر
	تحسين دقة استخدام مياه الزراعة
	خلق فرص توظيف غير زراعية

الشروط الرئيسية المهمة لتنفيذ برنامج ناجح لإستراتيجية إدارة مصادر المياه هي:

- اتفاق, المالك , التعهد
- المحافظة على وجهة نظر متوازنة ومتكاملة
- المرونة
- التخطيط وتوفير طاقات عملية

(2) عرض حول الإعمال التي من المفروض تنفيذه:

عرض عن الإعمال التي من المفروض تنفيذها من قبل خطة العمل ونشاطها موضحة كالأتي:

1)تطوير وتطبيق نظام المعلومات

النشاط

- مراقبة شبكات مياه الإمطار, مياه فوق السطح, مستوى المياه الجوفية, ونوعية الماء.
- مراقبة أنظمة التقييم الدوري للمياه, استخدام المياه, صناعة المياه العادم, معالجة المياه العادم, الفوائد من الماء الخ.
- قاعدة بيانات تحتوي معلومات إدارية ذات العلاقة
- مختبر كيميائي لتحليل لعينات الماء
- تجديد المعلومات دوريا حول معالجة مشاكل المياه

2)رفع مستوى التوعية حول مشاكل المياه والحلول:

النشاط
يجب وضع برامج توعية مثل تصميم ونشر الصور والكتب وورش العمل واجتماعات بهذا المجال, توعية في المدارس, الجوامع, الإذاعة والتلفزيون الخ.

3)الاتصال والتنسيق
النشاط
مراقبة ماذا يجري بخصوص خطة عمل فنشر المعلومات مع المساهمين, وتنظيم الاجتماعات لمناقشة السمة العملية لخطة العمل.

4)تأسيس إلية عملية مناسبة من اجل الحفاظ على المياه الجوفية للاستخدام المحدودة:
النشاط
- تعريف المناطق التي فيها إلية عمل اعتيادية يجب إن تطور (مناطق محافظة)
- تطوير إلية اتصال بين الهيئة العامة للموارد المائية ومساهمين المياه للمناطق
- تطوير إلية اتصال بين الهيئة العامة للموارد المائية ومساهمين المياه للمناطق
- مناقشة مبادئ الخاصة بحقوق المياه
- تعريف وتسجيل حقوق المياه الجوفية ومدة الصلاحية
- وضع هدف حول معدل السحب السنوي لمياه الجوفية في المناطق شاي هدف أخر.
- مناقشة والموافقة على القوانين المفروضة بخصوص المياه الجوفية (كمية الخروج, مساحة ألبير, ضخ, الخ) وأي نشاط أخر (مثلا استخدام الأرض) التي مطلوبة للوصول إلى الهدف.
- أدوات مراقبة
- العقوبات

5)تأسيس آلية عمل مستمرة لنقل الماء بين الحضر الريف والحضر
النشاط
- تعريف المناطق التي يجب أن يكون هناك تطور في آلية العمل (حسب الأولوية)
- تطوير هيكلية اتصال بين الهيئة العامة للموارد المائية ومساهمين الماء في المنطقة
- تأسيس جمعية مستخدمي المياه محلية آو أي منظمة أخرى ذات دعم محلي من اجل مناقشة نقل المياه من المنطقة إلى مدينة تعز
- مناقشة آلاليات الخاصة بحقوق المياه الجوفية وعلى أي أساس يجب إن تكون هذه الحقوق
- تعريف وتسجيل حقوق المياه الجوفية وفترة الصلاحية
- المناقشة والموافقة على شروط نقل الماء إلى الهيئة العامة للماء والمجاري (كمية, سعر, شروط الدفع, نقل شخصي أو مجتمع الخ)
- المفاوضات حول الاتفاقات بين المناطق الريفية والهيئة العامة للماء والمجاري
- تعريف قوانين حل النزاعات في حالة عدم التوافق بين الشركاء

6)تحسين تجهيز الماء لمناطق تعز الحضري
النشاط
- ترميم شبكة توزيع الماء الحضري العام في تعز
- الإصلاح المؤسسي للهيئة العامة للماء والمجاري فرع تعز من اجل زيادة الدقة في العمل ولتوفير اكبر قدر ممكن من المبالغ
- حذف الارتباطات الغير القانونية ومراجعة هيكل ألتعرفه هو عامل مهم
- دراسات استكشافية من اجل البحث عن مصادر مائية أخرى
- دراسة تطوير إطار نقل الماء من للحضر والريف
- حفر استكشافي خاصة في المناطق التي يوجد فيها صخور رملية بعمق معقول
- دراسة مناسبة من اجل تطوير مصدر إضافي لمياه الحضر
- التفاوض حول الاتفاقيات بين الهيئة العامة للماء والمجاري والمجتمع المحلي الخاصة بنقل الماء ريفي حضري
- تصميم وتنفيذ العمل من اجل الحصول على مصادر أخرى لتجهيز الماء للحضر

- دراسة مناسبة (تشمل هندسية, ومالية) من اجل معالجة الماء المج الذي يدمر تجهيز الماء للمناطق الحضرية.

7)تجهيز الماء للمناطق الريفية من اجل الاستخدام المنزلي

النشاط

- قائمة وتحليل شامل للمناطق من اجل معرفة ظروف تجهيز الماء للمناطق الريفية
- تحضير خطط سنوية للبرامج الجديدة
- تحضير لعمل في الحقول في المواقع التي يتم اختيارها للبرامج الجديدة
- تنفيذ البرامج الجديدة (عادة الحفر, مع المضخات وعمال مدنيين)

8)تحسين مجاري الحضر

النشاط

بخطوط عريضة فان العمل سيتكون من التصميم والتخطيط, التوريد/ تقديم العروض وأي عمل أخر لوجستي, البناء الفني لنظام المجاري والإجراءات الإدارية. إن النشاط هو جزء من مشروع تجهيز الماء والمجاري لمنطقة تعز.

9)معالجة المياه العادم لمناطق الحضر

النشاط

- تحديد نوعية التلوث الموجود في المياه الغير المعالجة
- وضع أهدف لنوعية الماء أو معيار لمعالجة المياه العادم المعالج
- معرفة بالنظام الفني للمعالجة
- تصميم وتكلفة نظام المعالجة
- تعريف نظام إعادة التكلفة لمعالجة مياه الحضر
- بناء مصانع معالجة وإعمال مشابها
- وضع مصانع المعالجة تحت العمل

10)معالجة المياه العادم الصناعية

النشاط

- تحديد نوعية التلوث الموجود في المياه الغير المعالجة
- وضع أهدف لنوعية الماء أو معيار لمعالجة المياه العادم المعالج
- وضع أهداف إعادة الصنع لبعض أنواع من الصناعات
- معرفة بالنظام الفني للمعالجة
- تصميم وتكلفة نظام المعالجة
- تعريف نظام إعادة التكلفة لمعالجة مياه الحضر
- بناء مصانع معالجة وإعمال مشابها
- وضع مصانع المعالجة تحت العمل

11)تخفيف خطورة الفيضان

النشاط

- برامج تشجير في الأحواض العليا التي تجمع مياه الإمطار في الأودية والتي يكون حدوث الفيضان محتمل
- تصليح وترميم مناسب للسطوح الأحواض العليا التي تجمع مياه الإمطار في الأودية والتي يكون حدوث الفيضان محتمل
- توفير إلى تخزين مؤقت لكمية الجريان من القمة إلى مواقع التي تعمل إضرار قليلة.
- بناء جدران دفاعية على جدران الأودية
- دمج مخاطر الفيضان كمعيار للتخطيط لاستخدام الأرض

12)إعادة تصنيع المياه العادم

النشاط

- إيجاد شراكة مناسبة بين مصنعي المياه العادم ومستخدمي المياه العادم (مثلا عدة مصانع يمكن إن تعيد استخدام مياهها العادم والمياه العادم الذي يأتي من البيوت يمكن إن يعالج ويستخدم للزراعة)
- تنظيم وتحليل المشاريع التجريبية الخاصة بإعادة صناعة المياه العادم وإعادة الاستخدام
- في ظهور نتائج ايجابية , فان التشجيع على إعادة تصنيع المياه العادم واستخدامه بصورة أوسع وتوفير الحوافز لتشجيع هذا

13)احتياطات إدارية مطلوبة أخرى للحضر

النشاط

- تعرفه ماء متطورة وقوية
- حذف أي ربط غير قانوني وكل العائلات التي لديها امتيازات والتي هي مستثنى من دفع تعرفه الماء
- تربية عامة عن الاستخدام الأمثل للماء وكيفية الاقتصاد

14)تحسين الفاعلية في استخدام ماء الري

النشاط

- ربط القنوات
- مساواة الأرض
- تبديل الفيضان عند الري واستخدام الرش أو التنقيط
- استبدال بزرع لا يستخدم ماء كبير

15)خلق فرص توظيف غير زراعية

النشاط

- تحسين وتشكيل التعليم على مستوى الريف
- تقديم فرص مشجعة من اجل تشكيل نشاطات اقتصادية في المنطقة (الصناعة, الخدمات الخ)
- دعم الحكومة

تنفيذ نشاطات خطة العمل الخاصة بهيئة العامة للموارد المائية فرع تعز بداء في شهر مايو 2006. لكن توقفت منذ أيلول 2006 بسبب نقص الدعم المادي. نشاط التنفيذ لما ذكر أعلاه هو كالأتي

- تحسين الآبار والمسح الاقتصادي
- تأسيس شبكة أرصاد جوي
- تشكيل فريق حشد اجتماعي من اجل تأسيس جمعيات مستخدمي المياه في بعض المناطق
- أربع برامج توعية تم تنفيذها في المدارس والجوامع من اجل شرح مشاكل المياه.

3.2 خطة أدارة مصادر المياه لحوض صعده

1.3.2 الخلفية

حوض صنعاء يقع عند الجزء الشمالي من اليمن وهو يمثل من قبل منطقة تجمع مياه الإمطار في صعده: وهو يمتد 900 كيلو متر مربع تقريبا والذي مضاف عليه السهول (213 كيلو متر مربع). مدينة صعده تقع في وسط سهول صعده على مسافة 255 كيلو متر مربع تقريبا شمال مدينة صنعاء.

في عام 1970 كان هناك 800 بئر في سهول صعده وأكثر الماء الذي يتم استخراجه هو لغرض الري. لكن عدد الآبار تم زيادتها بنسبة 10 إلى 15 بئر سنويا حتى عام 1976 بسبب ظهور تقنيات متطورة للحفر مثل المضخات والعربات. عدد الآبار وصل إلى 2000 في عام 1983 و 4700 في عام 2002. معدل عمق ألبير في سهول صعده هو 250 متر و400 متر خارج السهول.

معدل هطول الأمطار السنوي هو 128 مليمتر سنويا. مجموع كمية المياه الجوفية هو 112 مليون متر مكعب سنويا وان الإعادة الماء هو 6 مليون متر مكعب سنويا. 84 مليون متر مكعب (75%) كمية المياه الجوفية المستخرجة

يستخدم للزراعة وان كمية المياه الجوفية المستخدمة للإغراض المنزلية في الريف والمدينة هو 2 مليون متر مكعب سنويا (1.5 %) . تقريبا 26 مليون متر مكعب (23.5 %) هو للإغراض غير معروفة وللاستخدامات الأخرى.
الاستغلال الكثير للمياه الجوفية لإغراض الري, عدم تنظيم البناء للآبار الجديدة وزيادة نمو السكان في الحضر (نسبة النمو 3.8%) هي عوامل تؤدي إلى زيادة استهلاك المياه الجوفية وهذا واضح ويؤيد ما ذكر أعلاه بان سحب المياه الجوفية تقريبا 20 مرة أعلى من إعادة ملئ المياه الجوفية. عادة استنفاذ للمياه الجوفية يراقب من خلال خفض مستوى الماء وهي 3 إلى 6 متر سنويا.

2.3.2 خطة عمل إدارة المصادر المائية

(1) أهداف الخطة وطرق التخطيط

الطريقة التي يجب إتباعها

- التحضير لتقديم تقرير عن شبكة المصحة المائية واحتياجات رقابة دائمة
- توفير مصادر ماء والتحضير لقوائم عن مصادر المياه
- حساب خطة عن الطلب على الماء
- تطوير وتنفيذ مصادر المياه وأداة التوازن
- تكوين سيناريوهات متطورة
- تكوين مصادر مفصلة و إستراتيجية أدارة
- تكوين خطة استثمار نصف فصلي لقطاع الماء

هذه الطرق المقترحة هي مبنية على ظروف محددة تم وضعها على أساس إدارة مصادر المياه المتكاملة وخبرة المستشارين .

(2) تنفيذ الخطة

لتنفيذ الخطة هناك ثلاثة نقاط للبداية

1. تنفذ الإجراءات مباشرة من قبل الهيئة العامة للموارد المائية
2. تؤخذ الإجراءات من قبل بعض المساهمين التابعين للقطاع الماء.
3. تخطيط وتنفيذ مشاريع استثمار.

(3)تدخل على مستوى الوطني

- جمع ومراجعة المعلومات المتوفرة
- تحليل مصادر المياه الموجودة
- حساب خطة الطلب
- الإدارة المطلوبة
- تكوين إستراتيجية لمصادر المياه والإدارة
- تكوين سيناريوهات متطورة
- تكوين خطة استثمار نصف فصلي لقطاع الماء
- قائمة وطنية للآبار

(4)التدخل على مستوى حوض صعده

- دعم الهيئة العامة للموارد المائية فرع صعده
- التعاون مع البنك الدولي مشروع الحفاظ على التربة والمياه الجوفية
- تطوير إستراتيجية التوعية العامة
- استخدام مصادر المياه الغير التقليدية
- مشاركة المجتمع
- برامج تدريب
- نصب مؤسسي والاحتياجات المطلوبة لتنفيذ خطة إدارة المصادر المياه

المصادر

---

1 تكوين المياه الجوفية في حوض صعده, دانكا وفان دير كان, 1985
2 نظرة وخطة العمل الهيئة العامة للموارد المائية 2003
3 تجهيز الماء والمجاري في صعده, تقرير عن المهمة 2 , يوليو 2005
4 الدراسة 4, مخزون البئر والينبوع في منطقة صعده التقرير النهائي روما يوليو 2002

الفصل 3

الوضع في الوقت الحاضر لمصادر الماء

الفصل 3 الوضع في الوقت الحاضر لمصادر الماء

1.3 عـــام

يصف هذا الفصل الوضع الطبيعي، أي الوضع الجيولوجي، وخصائص المياه وضبط جيولوجيا المياه وظهور مصادر الماء في حوض صنعاء استنادا" إلى تقارير الدراسة السابقة.
إن الدراسات الأساسية الشاملة لمصادر الماء قد أوصلت إلى حماية وتأمين مصادر تزويد الماء إلى مدينة صنعاء منذ السبعينيات وكما مجدول أدناه:

الجدول 1.3 الدراسات السابقة في حوض صنعاء

الدراسة	المدة	المنظمة	المستشار	الخلاصة
تزويد الماء لمحافظة صنعاء والحديدة.دراسات عن المياه الجوفية لحوض صنعاء	1970 - 1973	الهيئة الوطنية للمياه والصرف الصحي	ايتالكونسلت Italconsult	الدراسة الأولية لنظام تزويد صنعاء بالماء. كانت منطقة الدراسة جزء من حوض صنعاء، حول مدينة صنعاء. تم حفر(15) بئرا" في الشمال الغربي من المدينة حيث يتوزع الحجر الرملي المسمى الطويلة (حقل البئر الغربي).
تزويد الماء لمحافظة صنعاء المرحلة الثانية	1980 - 1983	الهيئة الوطنية للمياه والصرف الصحي	شركة هوارد همفريز وأولاده	بالإضافة إلى الـ (15) بئر أعلاه، تم حفر (15) بئر في حقل البئر الغربي و (15) بئر أخرى تم حفرها في حقل البئر الشرقي من أجل تلبية الطلب المتزايد على الماء لمدينة صنعاء.
مخطط مصادر ماء حوض صنعاء	1986	وزارة الزراعة والثروة السمكية	Mosgiprovodkhoz	الدراسة الأولية لكل حوض صنعاء قامت وزارة الزراعة والثروة السمكية بإدارة تلبية الزيادة في الاستخدام الزراعي للمياه الجوفية في الثمانينات. تم اقتراح سد وادي خارد كمصدر لتزويد الماء في المستقبل.
تقديم العون والمساعدة إلى مجلس الأعلى للمياه في تحضير خطة الماء الرئيسية	1988 – 1992	المجلس الأعلى للتقييم	خبراء مستقلين	دراسة مصادر المياه في كل أنحاء اليمن. تم وصف الخواص الجيولوجية وخواص علم المياه في الجزء الشمالي والجنوبي من اليمن.
مصادر لتموين مياه محافظة صنعاء	1987 – 1996	الهيئة الوطنية للمياه والصرف الصحي	TNO معهد العلوم الجيولوجية التطبيقية	هذه الدراسة هي حول الحالة والخطة المستقبلية لتزويد الماء. لقد تم تقديم وتقييم إعادة تأهيل البنية التحتية لنظام تزويد المياه ومصادر المياه غير التقليدية بضمنها تحلية مياه البحر الأحمر. اختبار الآبار التي تم حفرها للتحري عن الحجر الرملي الأكثر عمقا" وكانت النتائج سلبية.إن حالة موارد المياه في حوض صنعاء قد تم تلخيصه إجمالا".
دراسة إدارة موارد المياه في صنعاء	2001 - 2003	الهيئة الوطنية للمياه والصرف الصحي	مركز جامعة صنعاء للبيئة والمياه	مسح وجرد النقاط المتعلقة بالماء (البئر، الينبوع، السد....الخ) وتحليلها في حوض صنعاء.
مشروع إدارة مياه حوض صنعاء	2003 -	الهيئة الوطنية للمياه والصرف الصحي	هيدروسلت وآخرون Hydrosult	المشروع مستمرا" لإدارة موارد المياه ويتضمن دراسات عن المياه الجوفية، وتحسين الري، وحملة عن إمكانية البناء والتوعية العامة.

2.3 الطوبوغرافيا وعلم الجيولوجيا

1.2.3 الطوبوغرافيا

يمكن تقسيم اليمن إلى خمس مناطق طبوغرافية رئيسية، وهي السهول الساحلية، المرتفعات الغربية، الأراضي الوسطى المركزية، الهضبة الشرقية وصحراء الربع الخالي ورمل سباتا ين. يقع حوض صنعاء في النهاية الشرقية للمرتفعات الغربية متمثلة بأعلى قمة لجبل النبي شعيب على ارتفاع 3, 666 متر . المساحة الإجمالية للحوض هي تقريبا" 3, 240متر مربع، تم احتساب هذا الرقم بواسطة تحليل صور القمر الصناعي مؤخرا".
,(GAF, 2007)[1]

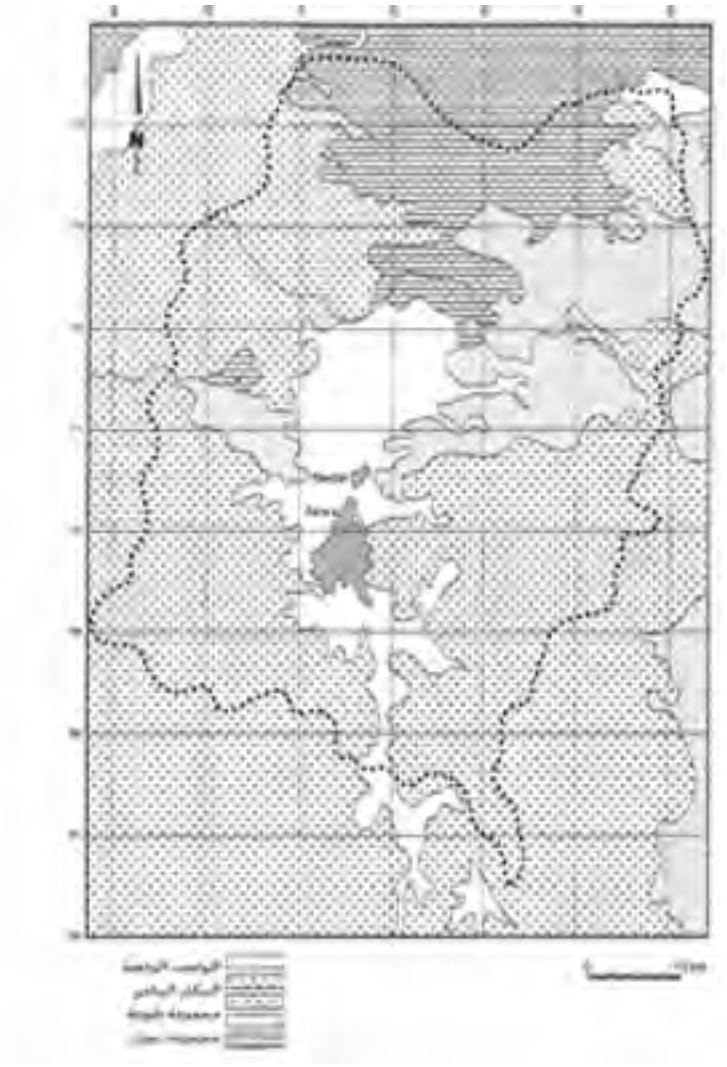
يتكون الحوض بشكل رئيسي من منطقة السهل المركزي بارتفاع (100 ,2- 400 ,2) متر محاط بمنطقة الجبال الشرقية والغربية.

2.2.3 علم الجيولوجيا

إن تركيبة الصخور النارية والمتحولة لليمن تتكون من الجرانيت، وصخور جناس المتحولة، والصخر البركاني ألصفائحي، والتكوينات الأخرى من الطبقات الجيولوجية للفترة ما قبل الكامبرية، وهي مكسوة بصخور متنوعة أقل عمرا"، أو ترسبات بحرية وقارية وصخور بركانية. إن الوحدات الجيولوجية الموزعة في حوض صنعاء مصنفة إلى خمسة وحدات،
وهي، مجموعة عمران، مجموعة طويلة، البركاني الثلاثي، البركاني الرباعي والرواسب الرباعية.
والملخص الخاص بدراسة صفات الصخور لهذه المجاميع الخمسة قد تم توصيفه في الجدول التالي:

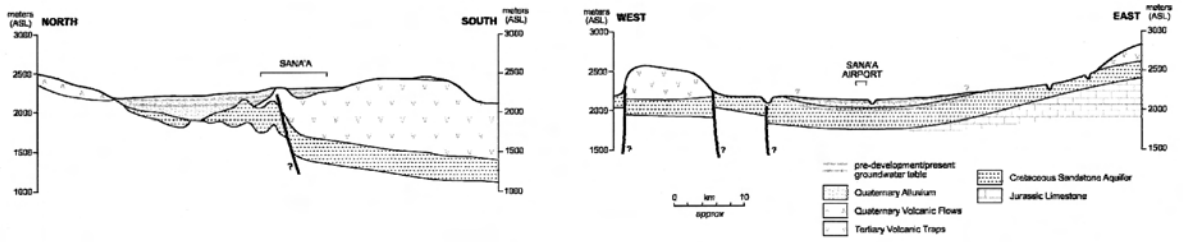
الجدول 2.3 علم الجيولوجيا في حوض صنعاء

تكوين الطبقات الجيولوجية	السمك	دراسة صفات الصخور	وصف جيولوجيا المياه
الرواسب الرباعية	350 – متر	الغرين النشيط، الرمل والحصى، صفائح الحصى، السهول الصخرية، التهيجات الغرينية بشكل عام في المناطق ذات التضاريس المنخفضة بسطح حجري. الغطاء الرسوبي والكثبان الرملية القديمة: مناطق ذات ترب ورمال تتعرض لهبوب الرياح (ارض خصبة بشكل عام).	طبقات صخرية مائية غير محصورة هي شائعة ولكن الطبقات الصخرية المائية شبهالمحصورة تحدث في أماكن، تكون أصلا" عالية الإنتاج، ولكن سقوط جداول الماء مؤخرا" متواجد من خلال الطبقات الصخرية المائية الغرينية. تذبذبات مستوى الماء تبين استجابة سريعة لهطول المطر.
البركاني الرباعي	400- متر	تدفق صخور تراكايت النارية وقبب الحمم البركانية لصخور الباسالت و الكتل الكهفية في الصخور البركانية.	على شكل نقوش تشبه البركانيالثلاثي، ولكنها نسبيا" غير متغيرة اللون والشكل بتعرضها للعواملالجوية وأقل قابلية للنفاذ.احتماليةمحدودية المياه الجوفية المحلية.
البركاني الثلاثي (البركاني يمن)	2000< متر	صخور جابرو، صخور أجنمبرايت ورواسب الرماد المتدفق، صخور رايولايت النارية وصخور داسيت البركانية وصخور التراكايت النارية وصخور الباسالت.	التكسرات منتشرة. وتحدث المياهالجوفية في رماد وحدات صخريةصغيرة وفي صخور حرارية صغيرة الرمال.تدفق الحمم البركانية المتكسر، مناطق ذات حدود فاصلة بين التدفقات ومناطقالتشققات الرئيسية. صخور رايولايت النارية والطبقات الصخرية المائية تبدو إنها تعطي إنتاج عالي.تعتلي جموعةالطويلة.
الحجر الرملي القشري (العصر القشري الجيولوجي الحديث) (مجموعة الطويلة)	150- 400 متر	الأحجار الرملية مع سطوح بين طبقات صخور مارل الطينية الصغيرة.	أبيض، أصفر أو محمر متنوع إلى الحجر الرملي المحبب الخشنمنتج بشكل عام لطبقات صخرية مائية ولكنها عالية التبلور.
الحجر الجيري من العهد الجو راسي (مجموعة عمران)	100- 400 متر	الحجر الجيري من متحجرات زفت ، صخور رسوبية كلسية وصخور طين جيري ورمل.	مناطق تكسر وتوقفات السطح الفاصل بين طبقات الصخور، منتج بشكل ضعيف للطبقات الصخرية المائية.



المصدر: مصادر تزويد ماء صنعاء، التقرير الفني رقم (9) (1995)

شكل 1.3 علم الجيولوجيا في حوض صنعاء



المصدر: ستيفن فوستر (2003)، اليمن: ترشيد استخدام موارد المياه الجوفية في حوض صنعاء، البنك الدولي

الشكل 2.3 المقطع العرضي الجيولوجي التخطيطي في حوض صنعاء

3.3 عِلْم الأرصاد الجوية ودراسة الموارد المائية

1.3.3 المناخ العام

تقع اليمن ضمن مناطق المناخ الاستوائي وشبه الاستوائي. وبالرغم من أن اليمن ليس فيها اختلاف موسمي كبير, إلا أننا يمكن أن نقسم اليمن بشكل واسع إلى فصل الصيف والذي يبدأ من أبريل إلى أكتوبر بدرجات حرارة عالية وفصل شتاء أكثر اعتدالا" من أكتوبر إلى أبريل. وهناك فترتين مطريتين واحدة تبدأ من مارس إلى مايو، والثانية

تبدأ من يوليو إلى سبتمبر. أما في الهضاب والمناطق الجبلية حيث يقع حوض صنعاء، يكون الطقس معتدلا" في فصل الصيف، ولكن في الشتاء، يكون الطقس باردا" خلال الليل وفي الصباح الباكر ومعتدل خلال النهار.

2.3.3 مراقبة الشبكة

مراقبة حالة خصائص المياه وجيولوجيا المياه هي واحدة من أكثر العوامل أهمية لإنجاز إدارة ملائمة لموارد الماء في المنطقة. إن معلومات المراقبة ستكون ضرورية لاستراتيجية تشغيل طويلة الأمد لموارد المياه.
وفي الوقت الحاضر، فأن مراقبة شبكة الماء في حوض صنعاء يتكون من محطتين للرصد، وتسع محطات لقياس هطول المطر، و ثلاثة وثلاثون بئرا" لمراقبة مستوى الماء، و لا توجد محطات للمطر الجاري في الوديان.
مواقع محطات رصد هطول المطر مبينة في الشكل 3.3 ومدرجة في الجدول 3.3.

مراقبة الشبكة في حوض صنعاء

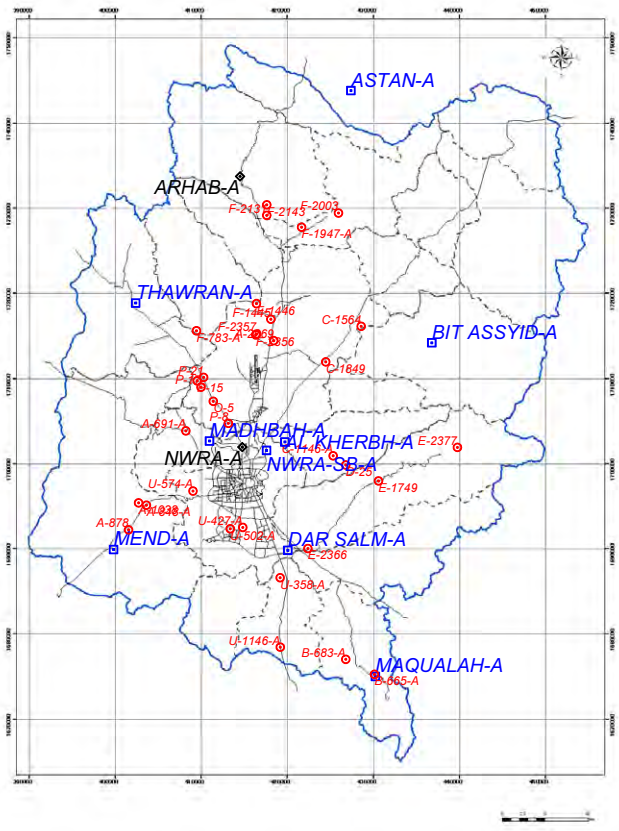


Figure 1
الشكل 3.3 يبين محطة رصد ومراقبة هطول المطر في حوض صنعاء

الجدول 3.3 يبين محطة رصد ومراقبة هطول المطر في حوض صنعاء

ت	اسم المحطة	نوع المحطة	UTM_N	UTM_E	الحالة	مركب/منصوب
1	هيئة الموارد المائية الوطنية – أ	أرصادي	1701935	414581	تصليح	20 – أبريل-1989
2	أرحب - أ	أرصادي	1733500	414310	تشغيل	20- ديسمبر-2005
3	أستان – أ	هطول المطر	1743500	427250	تشغيل؟	09- يوليو-91
4	سونينا – أ	هطول المطر	1695550	405422	تشغيل	02-أبريل – 06
5	بيت أسيد – أ	هطول المطر	1714095	436689	تشغيل ؟	31-أغسطس-03

6	ميند – أ	هطول المطر	1690005	399550	تشغيل	14- مايو - 03
7	مكلا – أ	هطول المطر	1675200	430100	تشغيل	12 – مايو - 03
8	دار سلم – أ	هطول المطر	1689906	419887	تشغيل	12 – مايو - 03
9	دروا ن – أ (ثوران – أ)	هطول المطر	1718733	402126	تشغيل	14 – مايو - 03
10	الخربة – أ	هطول المطر	1702540	419550	تشغيل	15 – مايو - 03
11	شاهق	هطول المطر	1701830	439650	تشغيل	20 – يوليو -06

لقد تم تجهيز محطتي الرصد بالمسجلات الاوتوماتيكية لقياس الرطوبة النسبية، الحرارة، سرعة الريح، اتجاه الريح، هطول المطر، الإشعاع الشمسي، والضغط الجوي. وكذلك تم تجهيز محطات هطول المطر بمسجلات البيانات الاوتوماتيكية.أما مستويات الماء لأبار المراقبة الـ 33 ، على أية حال ، تقاس يدويا" باستخدام الأشرطة الكهربائية كل شهر .وفي الوقت الحاضر، لم يتم قياس جريان الماء على سطح الأرض.
أما مشروع إدارة ماء حوض صنعاء فقد أبدى بملاحظة تقنية (نورمان & مولات 2007) [2] وأوصى بتركيب ثلاثة عدادات لقياس التدفق في خطوط توزيع الماء التجريبية، وادي سير ووادي باريان. وإضافة إلى ذلك، سبع مواقع لتواجد السدود قد تم إدراجها لغرض تركيب شاخص عدادات ومسجلات مستوى الماء لغرض تحديد كمية الماء القادمة والتي تخزن في هذه الخزانات.

الجدول 4.3 بيانات هطول المطر المجمعة

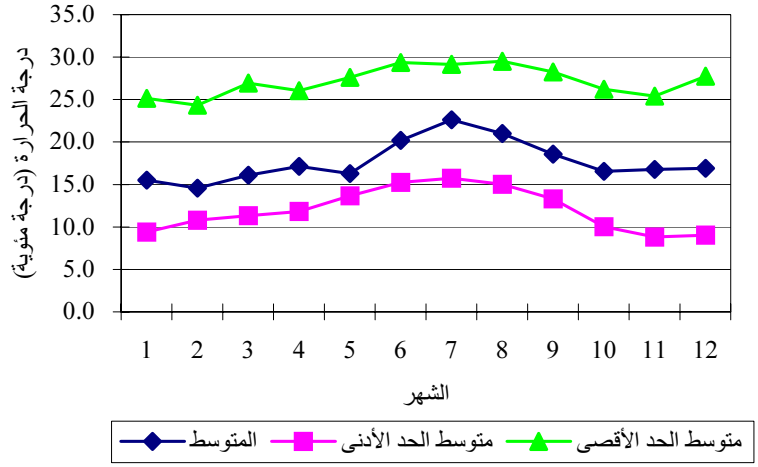
	المحطة	السنة																	
		2003				2004				2005				2006				2007	
		الارباع				الارباع				الارباع				الارباع					
		الاول	الثاني	الثالث	الرابع	الاول	الثاني	الثالث	الرابع	الاول	الثاني	الثالث	الرابع	الاول	الثاني	الثالث	الرابع	يناير	
1	هيئة الموارد المائية الوطنية																		
2	أرحب- أ																		
3	أستان- أ																		
4	سونينا- أ																		
5	بيت أسيد- أ																		
6	ميند- أ																		
7	مكلا- أ																		
8	دار سلم- أ																		
9	دروان- أ (ثوران- أ)																		
10	الخربة- أ																		
11	شاهق																		

البيانات الكاملة
البيانات الناقصة ; المفتاح
البيانات المفقودة

بعض بيانات هطول المطر مفقودة كما مبين ذلك في الجدول رقم 4.3 لسوء الحظ، إضافة إلى ذلك، فأن الاعتماد على البيانات المجمعة هو إلى حد ما مشكوك فيه. [3] التقرير الفني (هيئة موارد الماء الوطنية – فرع صنعاء، 2006) [3] لاحظ الأسباب التالية المتعلقة بنقص البيانات، وهي، نقص في الموارد المالية للقيام بزيارات ميدانية في الوقت المحدد، نقص في وعي السكان المحليين الذين ينتهكون ويدمرون العدادات، وبعض المشاكل الفنية.

3.3.3 الحرارة

الشكل 4.3 والجدول 5.3 يبينان معدل الحرارة الشهرية المسجلة في محطة هيئة الموارد المائية الوطنية – أ.
إن التسجيلات الحاصلة المستخدمة لرسم الأشكال هي محدودة جدا". ومع ذلك، فأن الشكل يبدو لبيان الهدف العام في حوض صنعاء.



2Figure

الشكل 4.3 الحرارة الشهرية (هيئة الموارد المائية الوطنية – أ، 1989 – 1997)

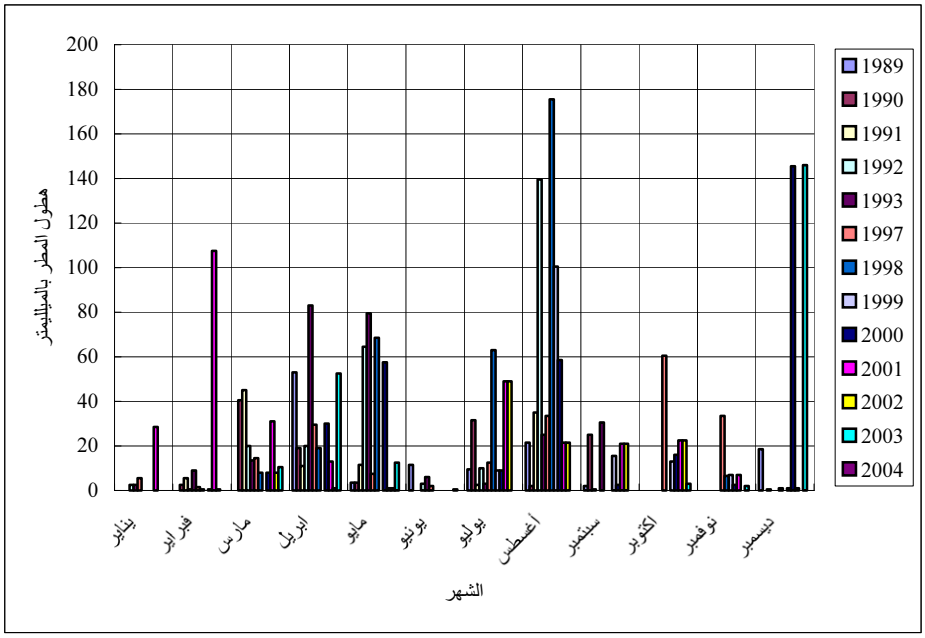
يعتبر الفصل الأحر هو من يناير إلى أغسطس، والفصل الأبرد هو تقريبا" شهر يناير وفبراير. إن معدل الحرارة الشهرية تتراوح بين 15 و 25 درجة مئوية تقريبا".
إن المحطة التابعة إلى هيئة الموارد المائية الوطنية – أ تقع في الطرف الشمالي من المنطقة الحضرية لمدينة صنعاء بارتفاع حوالي 2, 250 متر . أما في المنطقة الشمالية، حيث الارتفاع أوطأ من صنعاء، فأن الحرارة يمكن أن تتغير على نحو واسع.

الجدول 5.3 الحرارة الشهرية (هيئة الموارد المائية الوطنية – أ)

السنة		يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	متوسط	أعلى	أدنى
1989	متوسط						22.1	23.5						22.8	23.5	22.1
	أدنى						14.9	15.9						15.4	15.9	14.9
	أعلى						28.5	28.6						28.6	28.6	28.5
1990	متوسط	15.5	16.8	18.6	18.9				23.2	21.4	19.4			19.1	23.2	15.5
	أدنى	8.6	11.7	11.5	12.2				16.7	13.9	11.3			12.3	16.7	8.6
	أعلى	23.8	23.8	27.1	26.2				29.9	28.3	25.8			26.4	29.9	23.8
1992	متوسط															0.0
	أدنى										6.6	6.6	6.0		6.6	6.0
	أعلى															0.0
1993	متوسط	15.3	15.6		17.2	20.5	23.1	22.8	22.5					19.6	23.1	15.3
	أدنى	8.0	10.4		11.9	14.2	15.8	16.5	15.6					13.2	16.5	8.0
	أعلى	23.5	22.7		24.7	27.4	29.9	30.2	30.1					26.9	30.2	22.7
1996	متوسط							21.7	22.5	21.8	18.0	15.1		19.8	22.5	15.1
	أدنى							16.2	15.7	14.3	9.6	6.9		12.6	16.2	6.9
	أعلى							29.0	30.1	28.3	25.8	23.6		27.4	30.1	23.6
1997	متوسط	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
	أدنى	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
	أعلى	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	متوسط	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
	أدنى	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
	أعلى	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

4.3.3 المطـــر

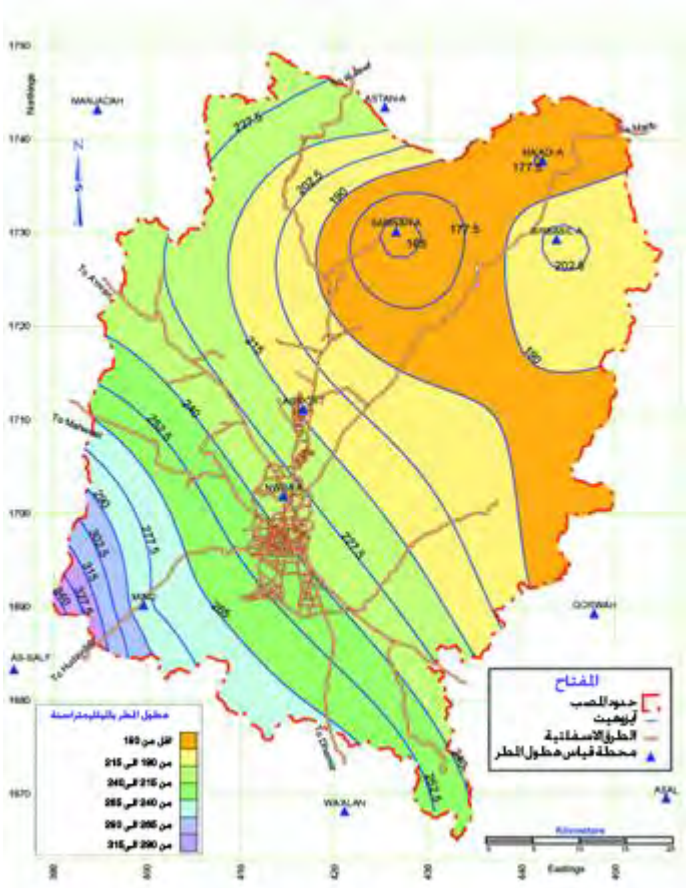
الشكل 5.3 والجدول 6.3 يبينان هطول المطر الشهري والمسجل في هيئة الموارد المائية الوطنية – أ من 1989 إلى 2004. وطبقا" إلى الجدول، فأن هطول المطر السنوي يتراوح من حوالي 110 مليمتر إلى 300 مليمتر أو أكثر.والحد الأعلى لهطول المطر السنوي كان قد سجل في 341 مليمتر في سنة 1998.الشكل يشير إلى الفصول الممطرة أو الفصول الممطرة ذات البلل هي بشكل عام من مارس إلى مايو ومن يوليو إلى سبتمبر ومع ذلك هناك بعض السنين المستثناة حيث من الصعب القول عن هدف طويل المدى.



الشكل 5.3 هطول المطر الشهري (هيئة الموارد المائية الوطنية – أ) 1989 – 2004

الجدول 6.3 يبين توزيع هطول المطر في خوض صنعاء مزود من قبل هيئة الموارد المائية الوطنية.

السنة	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	الإجمالي
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	157.5	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	11	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					985
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
الأعلى	28.5	107.5	45.0	83.0	79.5	11.5	63.0	175.5	30.5	60.5	33.5	146.0	
الأدنى	0.0	0.0	8.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	



المصدر: هيئة الموارد المائية الوطنية فرع صنعاء (2006): مراقبة الأنشطة في حوض صنعاء التقرير الفني (2003 – 2005).

الشكل 6.3 خارطة آيزوهيت لحوض صنعاء

المنطقة الشمالية الشرقية في الحوض تحوي على أقل من 200 مليمتر تقريبا" / السنة من هطول الأمطار ومنطقة السهل المركزي تحوي مابين 200 إلى 250 مليمتر.وفي المنطقة الجبلية الجنوبية الغربية، فأن هطول الأمطار السنوي يصل إلى أكثر من 300 مليمتر.

ومن المحتمل أن الشكل يشير إلى المنطقة الجبلية الشرقية وفي الواقع يمكن احتوائها على سقوط أمطار أكثر.

ومزيد من المراقبة المستمرة هي شيء ضروري للحصول على تفاصيل أكثر دقة.وكذلك قد يكون مرغوبا" لو قمنا بتركيب محطة عداد آخر لقياس المطر في هذه المنطقة. [2]

5.3.3 الماء المفقود من التبخير

1:250,000 خارطة جيولوجيا الماء (روبيرتسون 1990)4 تصف إمكانية التبخير المقدرة من قبل طريقة الكاتب تصل إلى معدلات تقريبا" 2,000 مليمتر سنويا" .قامت مصادر تزويد الماء لمدينة صنعاء (1995) 5 باحتساب إمكانية الماء المفقود من التبخير كان كأجمالي سنوي 2,475 مليمتر معتمدين على إحصائيات الرصد .

ولقد جاء في التقارير بأن إمكانية الماء المفقود من التبخير المحتسب شهريا" قد أظهرت تغيرات موسمية كأعلى حد في يونيو (بمعدل 9.4 مليمتر / اليوم) وكأدنى حد في فبراير (4.8 مليمتر / اليوم) . وعلى أية حال، فأن الأرقام هي جوهريا" أعلى من هطول المطر السنوي.

GAF (2007) قامت بتقدير الماء المفقود من التبخير فعليا"معتمدين على تحليل صور القمر الصناعي في مشروع إدارة ماء حوض صنعاء . واستنادا" إلى التقرير، فأن إجمالي الرقم 113.1 مليون متر مكعب من الماء قد تبخر في حوض صنعاء خلال الفترة من 1 يوليو 2004 إلى 30 يونيو 2005 . لقد تم الحصول على هذا الرقم استنادا" إلى المنطقة المسقية ونمط المحصول الذي تم تحليله في الدراسة.

6.3.3 الماء السطحـــي

(1) الميزة العامة

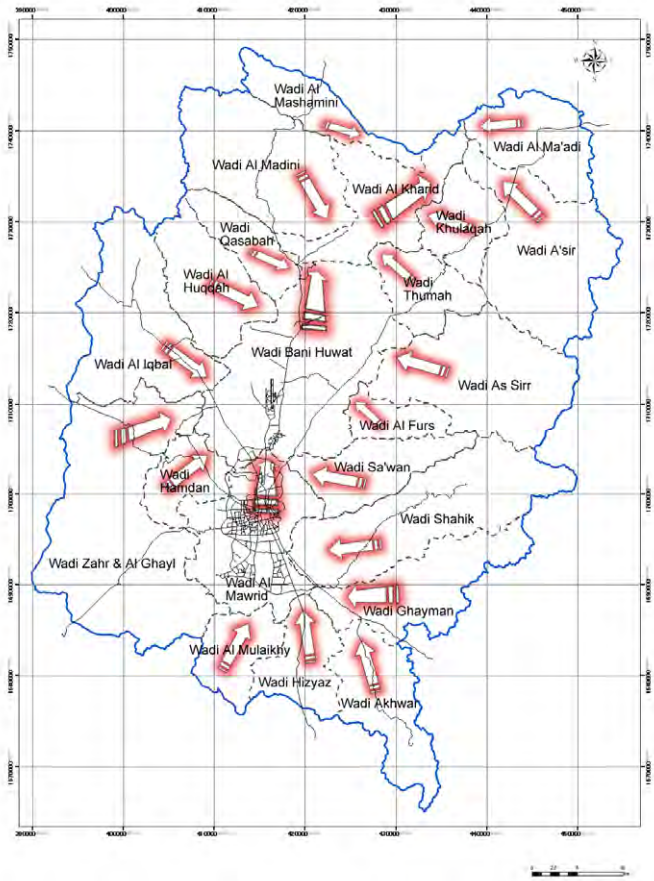
يعتبر حوض صنعاء الجزء العلوي من المصب (حوض تتجمع فيه مياه الأمطار) لتبخير وادي خار يد إلى الشمال الشرقي من الحوض، والذي يعتبر واحد من اثنين من المصبات الثانوية الرئيسية لوادي جوف. وكذلك يعتبر وادي جوف واحد من ألاماكن البدائية التي تتجمع فيهل المياه للتبخير في صحراء الربع الخالي، في شرق اليمن.

لا يوجد هناك جريان دائم في الحوض ما عدا جزء من وادي خار يد والذي يحوي على قاعدة جريان تغذى من قبل الينابيع والتي تم ذكر إطلاقها لان تكون تقريبا" 0.2 متر مكعب / الثانية في تقرير (Mosgiprovodkhoz,1986)6.

الاستثناء الثاني هو إطلاق جريان الماء من مصنع المعالجة لمدينة صنعاء.إن تدفق مصنع المعالجة كان 22,700 متر مكعب /اليوم ، أو 260 1 / ثانية كمعدل في 2002 .

يمكن تقسيم حوض صنعاء إلى 22 حوض ثانوي كما مبين في الشكل 7.3 والجدول 7.3 . إن الشكل يظهر كذلك اتجاه الجريان لأنظمة النهر الثانوي. إن المنطقة الجبلية إلى الجانب الغربي، جنوب وشرق لسهل صنعاء يتفرغ إلى السهل، ذلك بأن أماكن تجمع المياه لوادي المورد ووادي باني حيووات، واتجاه الجريان يذهب باتجاه الشمال.

إن الجريان السطحي، مع ذلك، في الوديان متدفقا" خارج المنطقة الجبلية يختفي اعتياديا" في الترسبات الرباعية للسهل.



الشكل 7.3 أحواض ثانوية في حوض صنعاء

الجدول 7.3 أحواض ثانوية في حوض صنعاء

	الحوض الثانوي	منطقة جريان الماء إلى حوض أو نهر (المصب) كيلومتر مربع
1	وادي المشاميني	77.8
2	وادي المديني	213.3
3	وادي الخاريد	138.2
4	وادي المعدي	111.3
5	وادي الأسير	208.8

6	وادي خلاقة	75.7
7	وادي قصبة	64.5
8	وادي حقة	120.3
9	وادي باني حيووات	327.0
10	وادي ثومة	77.0
11	وادي آس سير	218.6
12	وادي الفرس	45.8
13	وادي الإقبال	202.9
14	وادي زهر والغيل	360.8
15	وادي همدان	63.5
16	وادي المورد	179.2
17	وادي سعوان	95.9
18	وادي شهيق	238.7
19	وادي غيمان	143.3
20	وادي المليخي	69.7
21	وادي حزيز	81.9
22	وادي أخوار	125.6
	الإجمالي	3,239.8

(2) جريان المطر فوق سطح الأرض

في الوقت الحاضر فأن جريان المطر فوق سطح الأرض في الوادي غير مراقبة بالمرة كما تم وصفها سابقا".

لقد تم استخدام نوعين من الطرق لتقدير حجم الجريان للوديان في الدراسات السابقة.هي الطريقة الخاصة باستخدام معامل الجريان، أو نسبة عمق الجريان إلى عمق المطر، الحاصل من مراقبة خصائص الماء للوديان الرئيسية في اليمن.تقرير WRAY-35 (1995) 7 ، اقترح بأن معدل معامل الجريان لـ 0.055 للوديان في اليمن يعتمد على أحجام التدفق التي يتم مراقبتها من أماكن تجمع الأمطار البدائية. قامت مصادر تزويد ماء صنعاء بتقريرها الفني رقم (9) (1995) كذلك بحساب معامل الجريان لـ 0.049، إذا اخذ بالحسبان فقط الجريان المباشر، و لـ 0.061 ، إذا اشيرت إلى الجريان الكلي. إن حجم الجريان في حوض صنعاء يقدر حوالي بـ 40.9 مليون متر مكعب في السنة مع افتراض 230 مليمتر من هطول الأمطار السنوية، وان مساحة 3,240 كيلومتر مربع من منطقة حوض صنعاء و0.055 لمعامل الجريان.

وهناك طريقة أخرى لحساب حجم الجريان هي التقدير باستخدام طريقة SCS وهو النموذج التجريبي المحضر من قبل مؤسسة خدمات حفظ التربة الأمريكية.TS-HWC الجزء الثالث (1992)8 قامت ببناء نموذج لقياس جريان المطر باستخدام طريقة SCS وحصلت على الأرقام المبينة في الجدول 8.3 والتي أشارت إلى معدل الإجمالي والتدفق الأساسي في اليوم كان 74,000 و 67,000 متر مكعب على التوالي في حوض صنعاء . وهذا يعني إن إجمالي التدفق لحوض صنعاء هو 27 مليون متر مكعب في السنة.

الجدول 8.3 متوسط التدفق في حوض صنعاء

	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المتوسط	الإجمالي السنوي
إجمالي التدفق	26	29	75	208	110	63	68	129	69	45	41	24	74	26,980
تدفق الفيضان	0	0	0	50	4	0	0	29	0	0	0	0	7	2,525
التدفق الأساسي	26	29	75	158	106	63	68	100	69	45	41	24	67	24,455

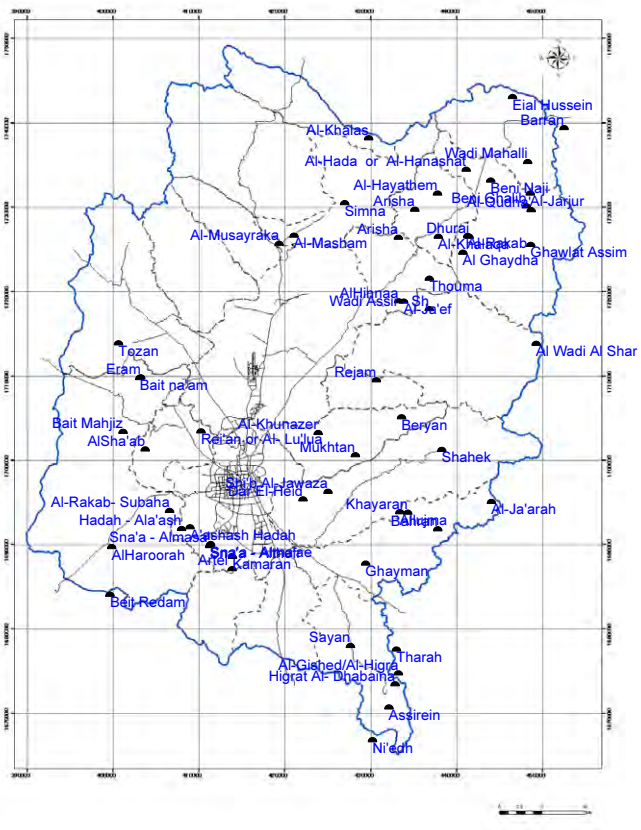
المصدر: TS-HWC الجزء الثالث موارد المياه السطحية، 1992 الوحدة: ألف متر مكعب / اليوم

إن التقارير الخاصة في إمكانية دراسة 13 سد لإعادة تأهيلها أو بنائها المقدمة من قبل مؤسسة Hydrosult (2002)9 وكذلك تبنيها طريقة الـ SCS لتقدير حجم التدفق في الوادي حيث حدد مكان لسد مقترح. إن معامل التدفق الحاصل يتراوح من 0.049 إلى 0.17 .

قام مشروع إدارة مياه حوض صنعاء (Noaman & Mulat)، (2007) بأجراء تحليل لجريان المطر لـ 22 من الأحواض الثانوية في حوض صنعاء باستخدام طريقة SCS – CN فكان معامل التدفق الحاصل يتراوح من 0.22 إلى 0.122 وتم استخدام النتائج لتحليل وزن الماء لكل حوض ثانوي وهو موضح في القسم 6.3 .
بالإضافة إلى ما جاء أعلاه، قامت المديرية العامة للري بتزويد تقرير صحيفة البيانات الهندسية أو قاعدة البيانات.تعتبر صحيفة البيانات هو التقرير الملخص لمسح 44 موقع سد متواجد في 2001 فهو يصف حالة خصائص المياه حول كل سد بضمنها معامل التدفق التقديري والذي يتراوح من 0.03 إلى 0.4 بالرغم من انه ليس من الواضح كيف تم تقدير الأرقام. أما متوسط التدفق السنوي التقديري إلى 44 موقع سد بالإجمال حوالي 23.3 مليون متر مكعب.

(3) استخدامات المياه السطحية

في حوض صنعاء، تم إجراء مسحين لنقاط الماء السطحية المتواجدة منذ عام 2000 وهو مسح السد المتواجد من قبل المديرية العامة للري في عام 2001 الموصوف في القسم السابق ومسح جرد نقاط المياه من قبل مشروع إدارة مياه حوض صنعاء في عام 2002. في المسح السابق، لخصت معلومات 44 سد كصحيفات البيانات للسدود والمسح الأخير أدرج 24 من السدود / المجمعات و 125 ينبوع ماء في حوض صنعاء وتتضمن هذه السدود والمجمعات بشكل واضح بعض من الصهاريج صغيرة الحجم. وبالإضافة إلى ما جاء أعلاه، فقد تم إصدار خارطة تحديد مكان السدود في حوض صنعاء مؤخرا" من قبل مشروع الخارطة البيئية الأرضية لصنعاء، مشروع الخرائط الجيولوجية اليمني الألماني (2004)10 ولم يتم تزويد الملاحظات التوضيحية للخارطة لحد ألان حيث إن 56 سد بضمنها قيد البناء أو توقفت محددة على هذه الخارطة.



الشكل 8.3 تحديد مواقع السدود في حوض صنعاء

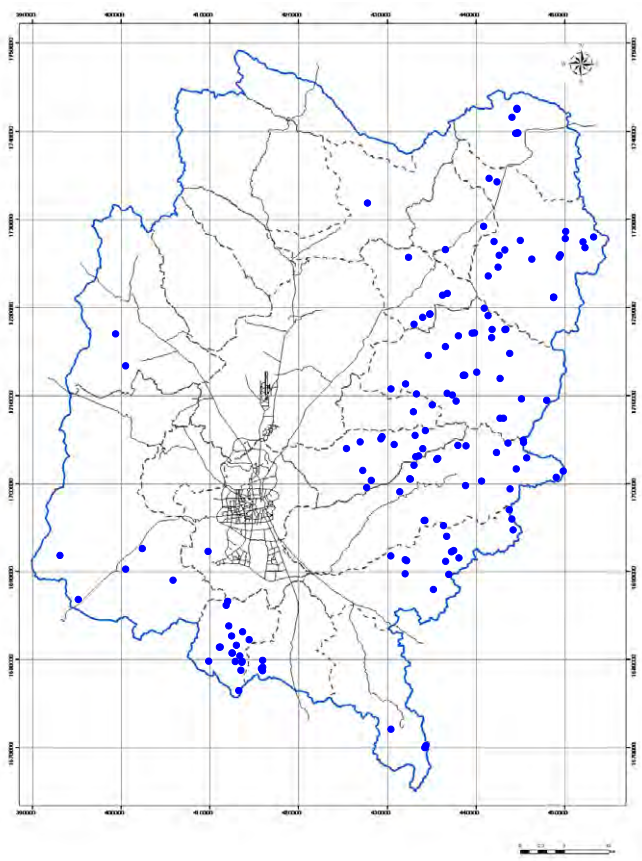
الجدول 9.3 السدود في حوض صنعاء

ت	اسم السد	المديرية العامة للوادي رقم السد	الحوض	UTM N	UTM E	اعادة تشيط	التشييد	الحالة	اعادة تأهيل مشروع ماء حوض صنعاء	المصب كم مربع	سقوط المطر سنوياً" ملم	معامل الجريان السطحي	انتاج الماء (l/s)	التدفق السنوي 10 ^{3} متر مكعب	المصدر
1	الخلاص	8	1	1737900	429850	•	•	رديء		64.87	42.3	0.15		412	صحيفة البيانات المقدمة من قبل المديرية العامة للري والجرد المسحي المقدم من قبل ادارة مشروع ماء حوض صنعاء
2	المشام	11	3	1726450	421125	•	•	جيد	o	2276.44	172	0.067		70.5	
3	المسيركة	12	3	1725500	419375	•		جيد		2270.32	172	0.067		9500	
4	سيمنا	40	3	1730275	427050	•	•	رديء		2407.93	172	0.067		1433.5	
5	باران	20	4	1739100	452700	•		لا يعمل		2.7	150	0.3		122	
6	عيال حسين	27	4	1742750	446675	•		رديء	o	1.36	187.7	0.15		38	
7	وادي مهالي	44	4	1735100	448450	•		رديء	o	13.68	150	0.2		410	
8	الغيضة	1	5	1724450	440875	•		جيد		1.875	191.4	0.2		72	
9	ألحدا أو الحناشات	3	5	1734200	441250	•		لا يعمل		187.67	210	0.087		3006.7	
10	الجر جور	6	5	1731400	448750	•		جيد		8.575	191.4	0.15		246	
11	القضا	13	5	1729450	448850	•	•	جيد		1.1	191.4	0.15		32	
12	الركب	14	5	1726425	441425	•		رديء		1.925	191.4	0.2		74	
13	بني غالب	22	5	1729900	448300	•		رديء		0.225	191.4	0.15		6.46	
14	بني ناجي	23	5	1732925	444125	•		رديء	o	6.63	210	0.087		121	
15	ضراي	26	5	1726325	441600	•		جيد		2.1	191.4	0.2		80	
16	جولات أسيم	29	5	1725370	448800	•		جيد		2.5875	191.4	0.2		99	
17	الهياثيم	4	6	1731400	437900	•		----	o	32.195	191.4	0.15		924	
18	الخلاقة	7	6	1726325	438000	•		لا يعمل		5.525	200	0.35		387	
19	اريشة	17	6	1729500	435250	•		رديء	o	6.45	140.9	0.2		182	
20	الجايف	5	10	1718700	432950	•	•	جيد	o	2.7	175	0.14		66.15	
21	أريشا	16	10	1726200	433325	•		رديء		0.6	140.9	0.2		17	
22	ثومة	42	10	1721400	436950	•	•	رديء	o	7.1	191.4	0.35		476	
23	ريجام	35	12	1709450	430750		•			106.6	0.1	0.1			
24	توزان	43	13	1713800	400600	•		رديء	o	23.4	200	0.15		702	
25	الركب – سباحة	15	14	1694100	406575		•	جيد		0.9	119.7	0.1		11	
26	بيت ريدام	21	14	1684250	399600	•	•	جيد		مهمل	170	0.4		0.24	
27	عرام	28	14	1709800	403200	•		----		4	200	0.15		120	
28	ريان أو اللولوة	36	15	1703450	410250	•		جيد		261	170	0.03		1300	
29	أرتل	18	16	1687250	413880	•	•	جيد		0.675	234.3	0.15		24	
30	كمران	32	16	1688700	413925	•		----		4.1	234.3	0.15		144	
31	الخنازر	9	17	1703250	423950	•		تحقق50%		0.5	106.6	0.2		11	
32	بريان	24	17	1705100	433700	•	•	رديء		10.325	106.6	0.15		165	
33	مختان	33	17	1700650	428300	•		جيد		5.1	194.8	0.2		199	
34	أللجمة	10	18	1693950	433500	•		رديء	o	1.275	198.8	0.35		87	
35	دار الحيد	25	18	1695450	422175	•		جيد		1.65	194.8	0.35		112	
36	شاهق	38	18	1701275	438400	•	•	جيد		47.125	170	0.035		280	
37	شيب الجوازة	39	18	1696350	425100	•	•	جيد		1.45	194.8	0.35		99	
38	غيمان	30	19	1687900	429500	•	•			102	194.8	0.035		669	
39	الجيشد / الهجرة	2	22	1675000	433325		•	جيد		0.7	122.6	0.2		17	
40	عسيرين	19	22	1671000	432225	•		لا يعمل		10.825	122.6	0.15		199	
41	هجرة الضباينة	31	22	1673725	432940	•		جيد		0.2	122.6	0.2		5	
42	نيض	34	22	1667150	430300	•		انجاز85%		3.69	122.6	0.2		90	
43	سايان	37	22	1678225	427725	•		تحقق15%		6.8	250	0.2		340	
44	ثارة	41	22	1677800		•	•	رديء		5.3	122.6	0.1		65	
					433100										

45	الهيناع		10	1718733	433362	•		يعمل					4.7	148	الجرد المسحي المقدم من قبل ادارة مشروع ماء حوض صنعاء
46	الوادي الشر		11	1713735	449437			يعمل					4.7	148	
47	وادي عسير – ش		11	1717808	436943	•		يعمل					4.7	148	
48	الحارورة		14	1689847	399809			يعمل					4.7	148	
49	بيت محجز		14	1703395	401131			متقطع					4.7	148	
50	بيت نعم		14	1709720	403084	•		متقطع					3	95	
51	الشعب		15	1701325	403723	•		لم تستخدم الحرارة							
52	صنعاء الضوفر		16	1690000	411272	•		يعمل					4.38	138	
53	صنعاء الماسة		16	1689969	411301	•		يعمل					4.38	138	
54	صنعاء المعي		16	1690205	411370	•		يعمل					1.5	47	
55	حدة العاش		16	1691975	407972	•		يعمل					0.6	19	
56	عشاش حدة		16	1692173	408966	•		يعمل					4.7	148	
57	بحران		19	1691939	437928			جاف							
58	الجعرة		19	1695250	444202			يعمل					4.7	148	
59	الخيران		19	1693839	434424	•		يعمل					4.7	148	
	الإجمالي													24,037	

الجدول 9.3 هو النتيجة التراكمية لجرد المديرية العامة للري وجرد مشروع إدارة مياه حوض صنعاء والشكل 8.3 يبين موقع السدود . معظم السدود أدرجت من قبل المديرية العامة للري من الرقم (1) إلى الرقم (44) في الجدول وهي مبنية لإعادة تجديد نشاط المياه الجوفية. واستنادا" إلى ملاحظات صحيفة البيانات من قبل المديرية العامة للري فأن التفريغ من الآبار المتواجدة حول السدود يزداد بشكل عام حينما تملئ السدود وان 15 سد من هذه السدود تستخدم كذلك لأغراض الري وتستخدم ثلاثة فقط لاستعمال الماء محليا". أما السدود المرقمة من 45 إلى 59 فأنها تستخدم للري بشكل رئيسي. معظم هذه السدود قد تكون صهاريج صغيرة الحجم مبنية من قبل أناس من الريف وان إجمالي حجم التدفق السنوي أو إنتاج مواقع السدود تحسب لان تكون 24 مليون متر مكعب.

وهناك مصدر آخر للمياه السطحية، حيث أن نتيجة الجرد ألمسحي لمشروع إدارة مياه حوض صنعاء قد أظهر 145 ينبوع في حوض صنعاء.أما مواقع هذا الينبوع فهي مبينة في الشكل 9.3 . (51) من بين 145 ينبوع، 35% منها تستخدم للري، 43 ينبوع، 30% للحيوانات أو الماشية و49 ينبوع، 34% لاستخدامات الماء المحلية للمناطق الريفية.إن إنتاج الينبوع يتراوح من 0.01 إلى 9.26 1/الثانية والإجمالي 545 1/الثانية . هذه الكمية هي مساوية إلى 17.2 مليون متر مكعب سنويا". إن الحجم، مع ذلك، ليس من المحتمل أن تكون كمية إنتاج سنوية فعلية لان إنتاج الينبوع هو متقلب سنويا". ثلث الكمية إلى نصفها وهي حوالي 6 إلى 9 مليون متر مكعب يمكن أن يكون رقما" مقبولا".



الشكل 9.3 الينابيع في حوض صنعاء

4.3 جيولوجيا المياه

1.4.3 الطبقات الصخرية المائية

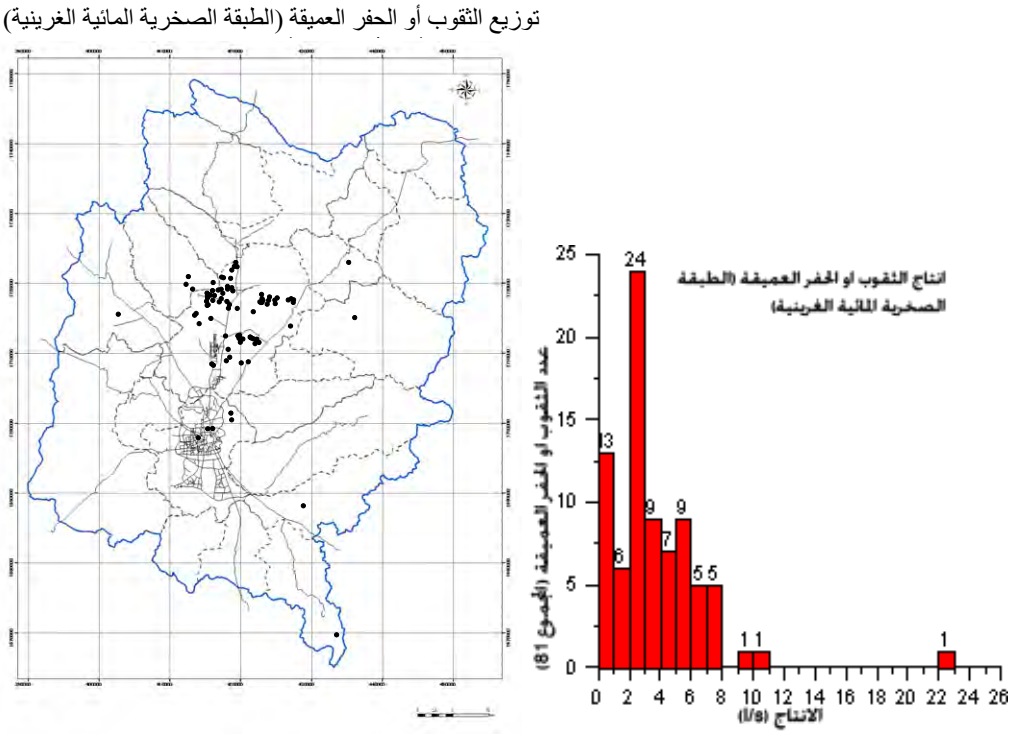
علم الجيولوجيا في حوض صنعاء يمكن أن يلخص في القسم 2.2.3 ووصف جيولوجيا المياه يمكن كذلك أن يوضح في 2.2.3 (جدول 2.3).وكما مبين في الجدول، فأن الدراسات السابقة كشفت بأن الطبقة الصخرية المائية في حوض صنعاء يمكن أن تصنف إلى الأنواع التالية، ويمكن تسميتها الطبقة الصخرية المائية الغرينية، الصخور البركانية، الحجر الرملي طويلة، حجر الكلس عمران.

اعتمادا" على نتيجة الجرد ألمسحي للبئر (2002) إن صفات الطبقات الصخرية المائية موصوفة في هذا القسم.

إن حدوث الطبقة الصخرية المائية بصفة سائدة يمكن أن يؤشر بواسطة توزيع ثقوب أو حفر عميقة وان إنتاج هذه الثقوب أو الحفر وعمقها يقترح بشكل عام إمكانية الطبقة الصخرية المائية وعمق وسمك هذه الطبقة على التوالي.

(1) الطبقة الصخرية الغرينية

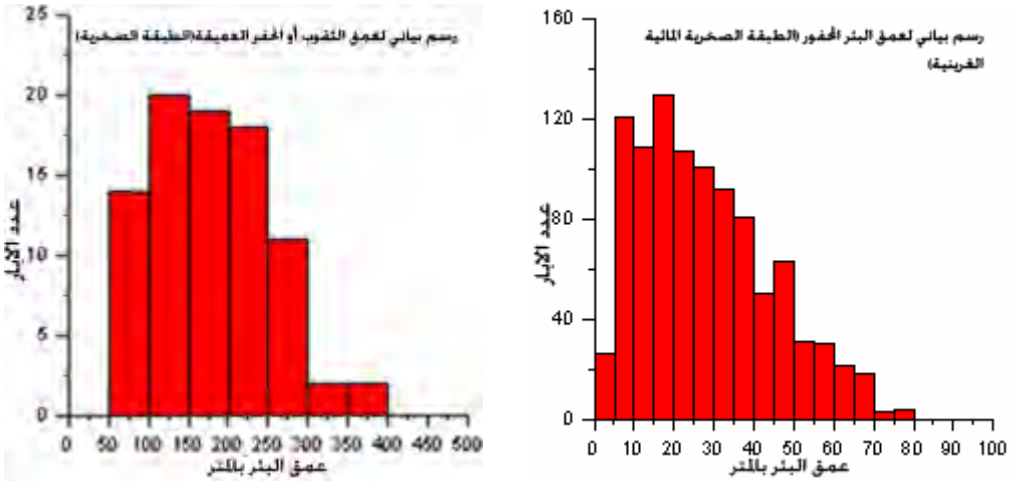
سجل الجرد ألمسحي للبئر (2002) 1,110 نقاط ماء تشغيلية مطورا" بذلك الطبقة الصخرية المائية الغرينية حيث أن 89 منها كانت ثقوب أوحفر عميقة و988 كانت آبار محفورة و27 كانت من النوع أما مثقوب / محفور و 6 عبارة عن ينابيع فيكون من الطبيعي هذه الآبار المحفورة والمثقوبة في السهل الغر يني وقيعان الوديان في حوض صنعاء .الثقوب أو الحفر العميقة موزعة بشكل رئيسي في سهل صنعاء كما مبين في الشكل 10.3.



الشكل 10.3 توزيع وإنتاج الثقوب أو الحفر العميقة (الطبقة الصخرية المائية الغرينية)

ومع ذلك فأن إنتاج الثقوب أو الحفر العميقة يتراوح من 0.3 إلى 23 s/l كما مبين أعلاه وان إنتاج أقل من 3 s/l يحتسب لأكثر من 50% من كل الثقوب أو الحفر العميقة.

الشكل 11.3 يبين توزيع العمق وان عمق هذه الثقوب أو الحفر العميقة يتراوح من 64 إلى 400 متر وعمق الآبار المحفورة يتراوح من 3 إلى 80 متر.

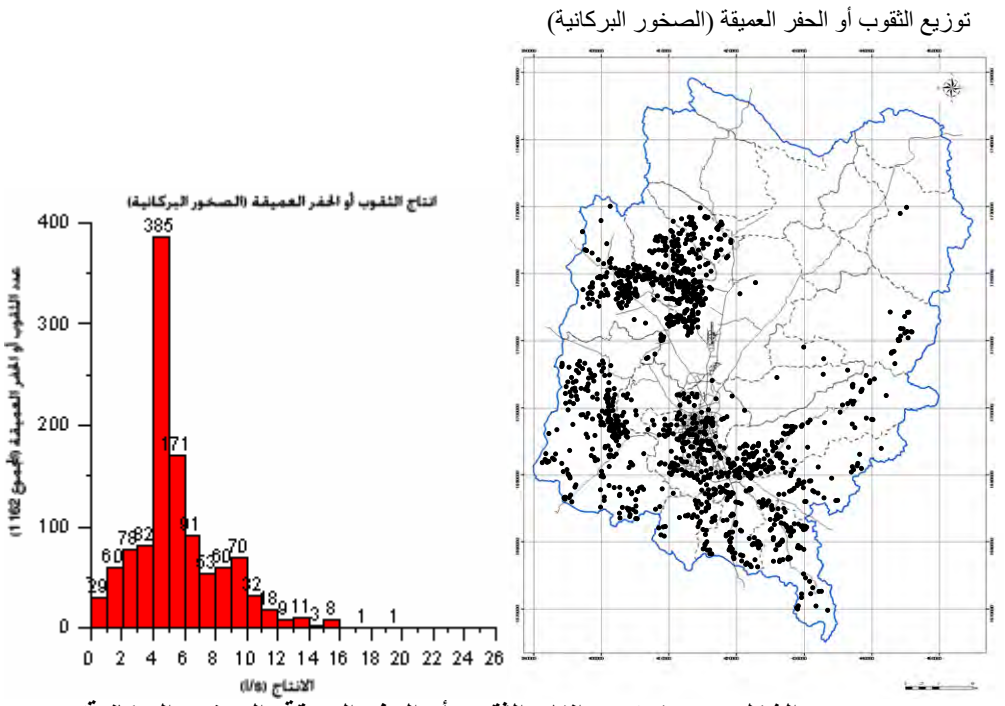


الشكل 11.3 توزيع عمق البئر (الطبقة الصخرية المائية الغرينية)

إن المياه الجوفية في الرواسب الغرينية قد تم استغلالها للري بشكل رئيسي حيث أن 778 بئر (70.1 %) استخدمت للري و 185 بئرا (16.6 %) للاستخدام المحلي.

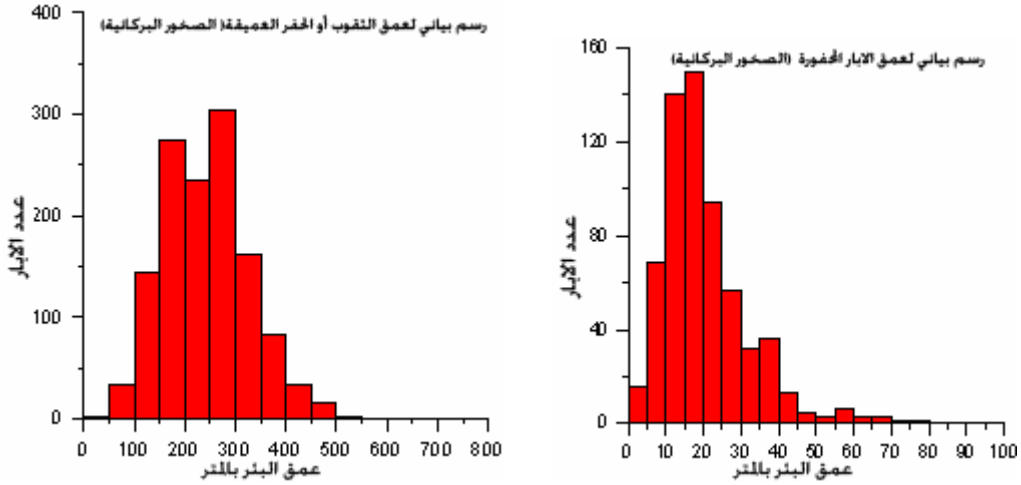
(2) الصخور البركانية

الجرد ألمسحي للبئر (2002) يبين بأن 4,214 من نقاط الماء التشغيلية تستغل الطبقة الصخرية المائية في الحوض .وأن 2,812 منها هي آبار محفورة و1,294 هي ثقوب أو حفر عميقة وأخرى هي (88) محفور / مثقوب ، (18) من الينابيع و (2) من السد / البرك .



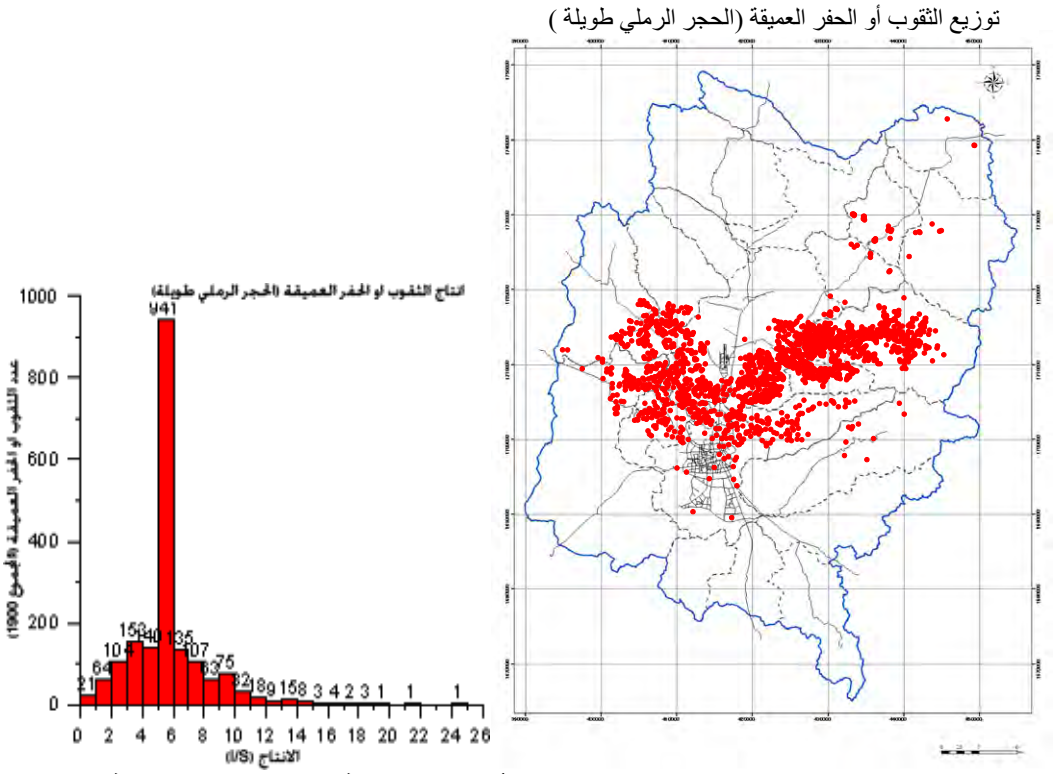
الشكل 12.3 توزيع وإنتاج الثقوب أو الحفر العميقة (الصخور البركانية)

الشكل 12.3 يبين توزيع وإنتاج الثقوب أو الحفر العميقة حيث أن تقريبا" 48 % من إنتاج الثقوب أو الحفر العميقة هو بين 4 إلى 6 s/1 . وتخترق الآبار المحفورة حتى تصل إلى الصخور البركانية إلى مقدار 10 – 25 متر كما مبين في الشكل 13.3 وان أكثر من نصف الثقوب أو الحفر العميقة قد تم ثقبها إلى عمق يتراوح من 150 إلى 300 متر وان 3,568 من الآبار (85.1 %) و 335 (7.9 %) مستخدمة للري والاستعمال المحلي على التوالي.



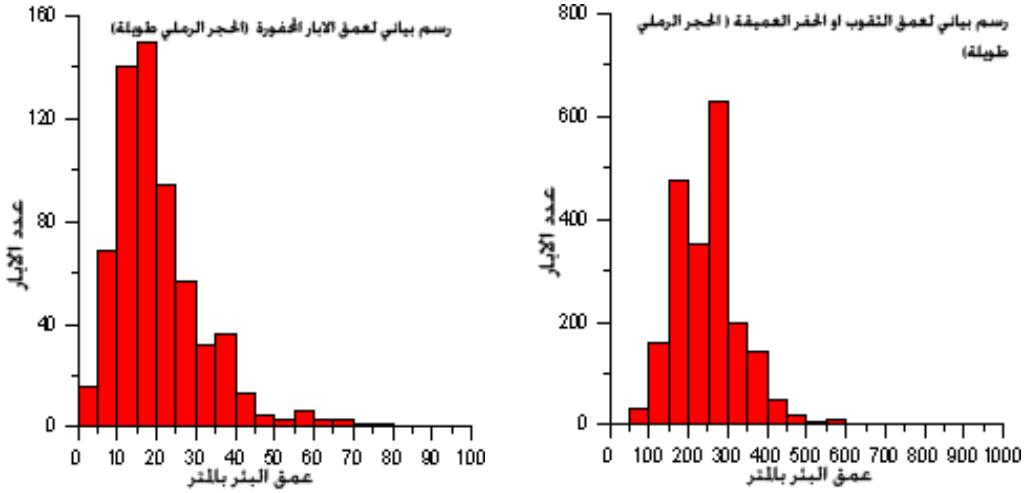
الشكل13.3 توزيع عمق البئر (الصخور البركانية)

(3) الحجر الرملي طويلة



الشكل 14.3 توزيع وإنتاج الثقوب أو الحفر العميقة (الحجر الرملي طويلة)

استنادا" إلى الجرد ألمسحي (2002) فأن 2,778 من الآبار موجه إلى الطبقة الصخرية المائية وان 2,080 من الرقم السابق من الآبار أي (2,778) هي ثقوب أو حفر عميقة وأن 630 بئرا" هي آبار محفورة والأخرى هي مابين محفور ومثقوب وعددها (67) ، وينبوع واحد وبركة أو سد عدد واحد .
الشكل 14.3 يشير إلى أن الإنتاج لـ 5 – 6 s/1 هو إنتاج بارز وهذا يعني أن الطبقة الصخرية المائية للحجر الرملي طويلة هي الأكثر إنتاجا" في الحوض بشكل عام وان 60% من الآبار المحفورة ثقبت إلى عمق يصل إلى 20 مترا" أو أقل وان 70% من الثقوب أو الحفر العميقة ثقبت إلى عمق 150 إلى 300 مترا" كما مبين في الشكل 15.3 وان 2,540 (91.4 %) من الثقوب أو الحفر العميقة تستخدم للري وان 85 (3.1 %) للاستعمال المحلي.
ولقد تم استغلال الطبقة الصخرية المائية للحجر الرملي مؤخرا" والواقعة تحت الصخور البركانية وذلك بثقبها إلى عمق 1,000 متر أو أقل في جنوب مدينة صنعاء من قبل المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي في صنعاء ومشروع إدارة المياه لحوض صنعاء .

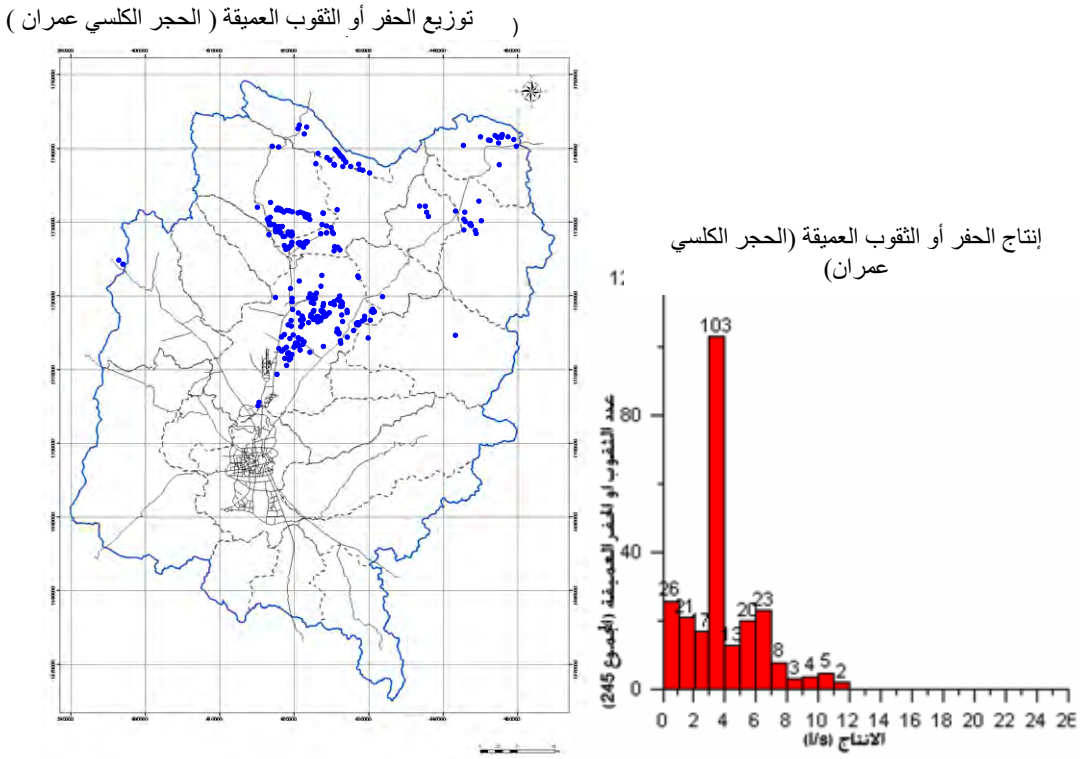


الشكل 15.3 توزيع عمق البئر (الحجر الرملي طويلة)

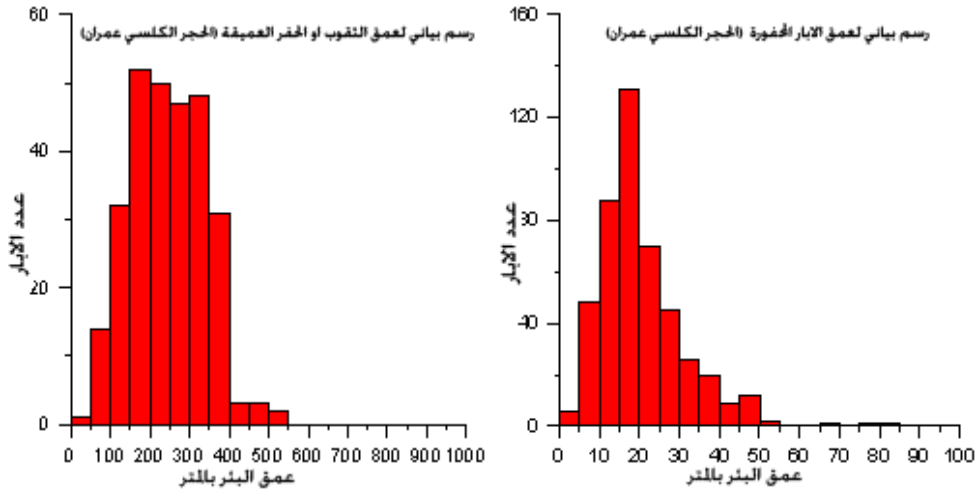
(4) حجر الكلس عمران

الجرد ألمسحي (2002) يبين بأن كانت هناك 791 نقاط ماء تشغيلية مستغلة الطبقة الصخرية المائية للحجر الكلسي وان 460 منها حفرت آبارا" و283 كانت ثقوب أو حفر عميقة والأخرى وهي (47) أما حفرت أو إنها ثقوب وواحد عبارة عن ينبوع.

الشكل 16.3 يبين توزيع وإنتاج الثقوب أو الحفر العميقة حيث أن الإنتاج البارز هو من 3 إلى 4 s/l وهو ما يعادل 42% من الثقوب أو الحفر العميقة. وان 62.8 % من الآبار المحفورة قد ثقبت إلى عمق من 10 إلى 25 متر وان 70% من الثقوب أو الحفر العميقة قد ثقبت إلى عمق من 150 إلى 350 متر كما مبين في الشكل 17.3 وان 688 من الآبار (85.8 %) قد استخدمت للري وان فقط 19 (5.7 %) استخدمت للأغراض المحلية .



الشكل 16.3 توزيع وإنتاج الحفر أو الثقوب العميقة (الحجر الكلسي عمران)



الشكل17.3 توزيع عمق البئر (الحجر الكلسي عمران)

2.4.3 مستوى المياه الجوفية

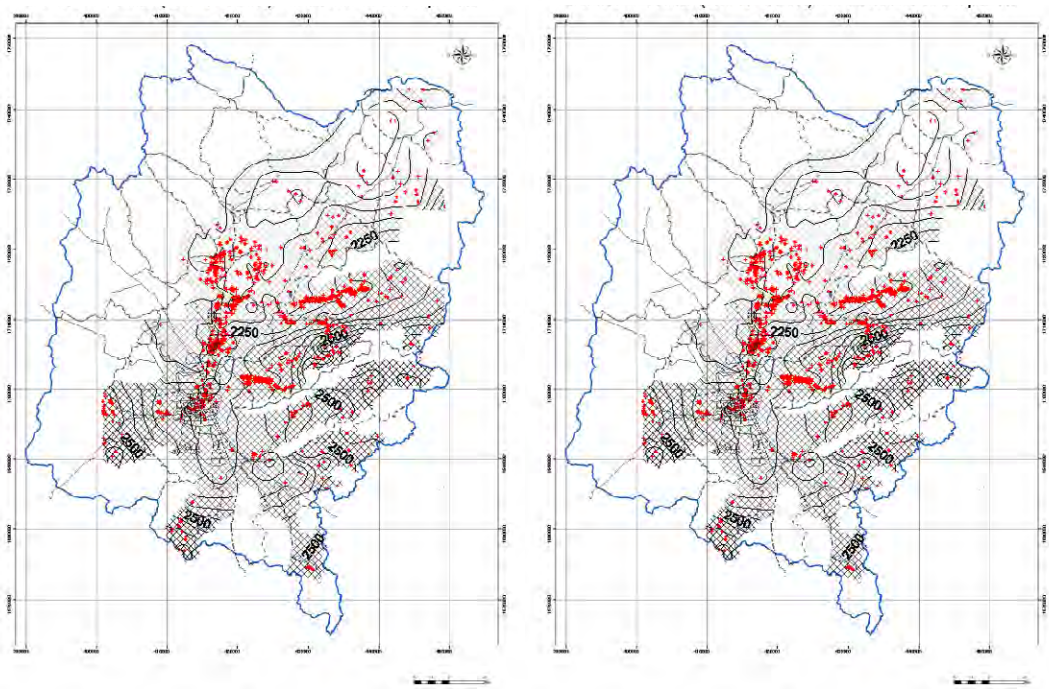
الجرد ألمسحي للبئر (2002) قد سجل أيضا" مستويات الماء لمجموع 7,002 من الثقوب أو الحفر العميقة والآبار المحفورة ، أي أن ، 1,279 من آبار الطبقة الصخرية المائية الغرينية و 3,590 من آبار الصخور البركانية و 1,329 من آبار الحجر الرملي طويلة و 645 من آبار الحجر الكلسي عمران حيث أن هذا القسم يصف الحالة العامة لكل طبقة صخرية مائية استنادا" إلى الجرد ألمسحي للبئر (2002) .

(1) ة الصخرية المائية الغرينية

الشكل 18.3 يبين مستوى المياه الجوفية للطبقة الصخرية المائية الغرينية وان خارطة العمق إلى الماء (جهة اليسار) تشير إلى مستوى الماء للسهل المركزي وهي عموما" 20 مترا" أو أكثر وهذا يعني أن بعض الآبار الضحلة التي حفرت في الماضي قد لا تصل ألان إلى جدول الماء.
أما على جهة اليمين، فأن الشكل يبين خارطة ارتفاعات الأرض لمستوى الماء ويبين بأن جدول الماء ينحدر أولا" إلى سهل صنعاء من المنطقة الجبلية إلى غرب و جنوب وشرق السهل وبعد ذلك ينحدر قليلا" من الجنوب إلى الشمال والشمال الشرقي على طول المنطقة المنخفضة الوسطى المركزية.

مستوى الماء (amsl بالمتر) في الطبقة الصخرية المائية

عمق الماء بالمتر (الطبقة الصخرية المائية الغرينية)



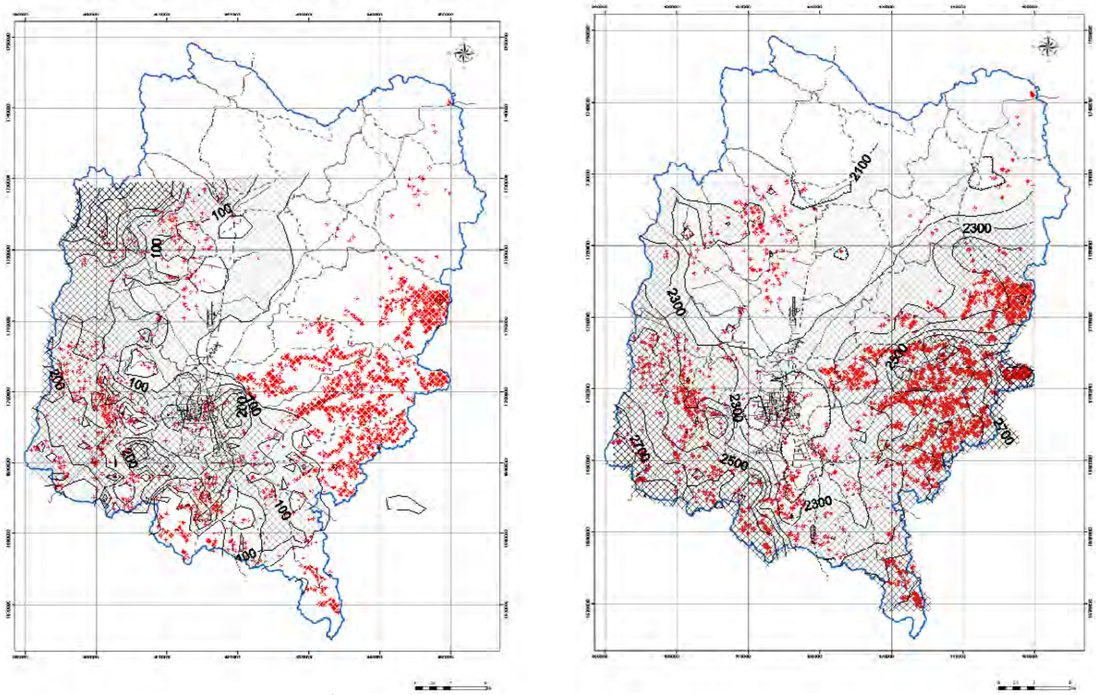
الشكل 18.3 مستوى الماء (الطبقة الصخرية المائية الغرينية)

(2) الصخور البركانية

الشكل 19.3 يبين مستوى المياه الجوفية للصخور البركانية وان خارطة العمق إلى الماء تبين بأن مستوى الماء في المنطقة الجبلية الغربية هو أكثر من 100 متر عمقا" وان مستوى الماء هو أقل من 50 متر في المنطقة الجبلية الشرقية. إن ارتفاع جدول الماء ينحدر عموما" باتجاه الشمال من المنطقة الجنوبية في الحوض.

مستوى الماء(الارتفاع بالمتر) في الطبقة الصخرية المائية البركانية

عمق الماء بالمتر (الصخور البركانية)

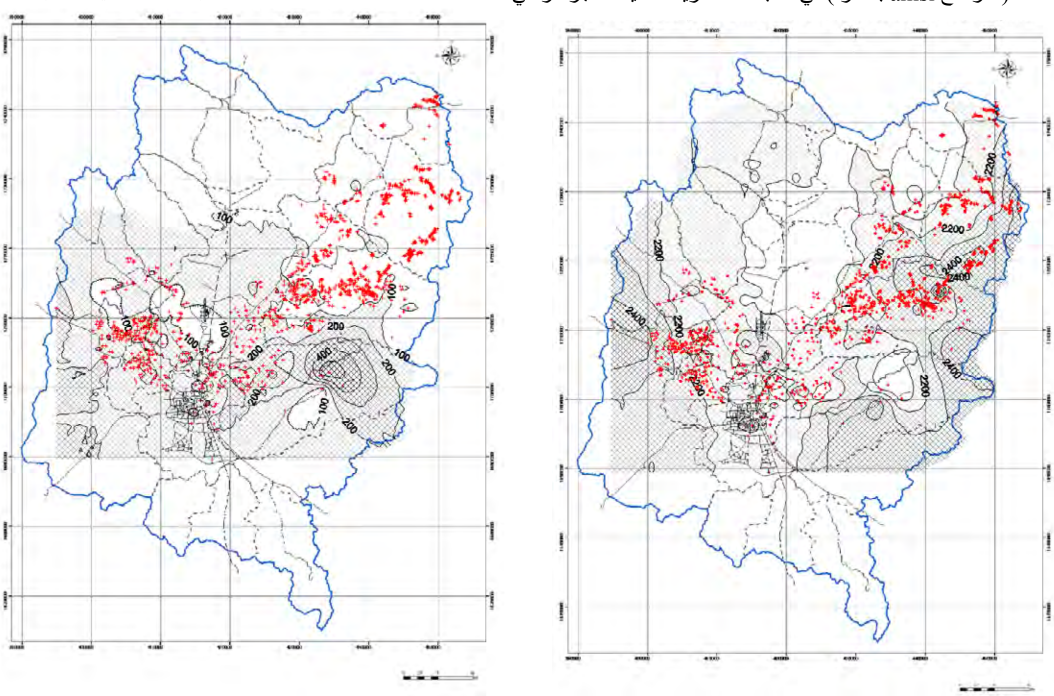


الشكل 19.3 مستوى الماء (الصخور البركانية)

(3) الرملي طويلة

مستوى الماء (الارتفاع amsl بالمتر) في الطبقة الصخرية المائية للحجر الرملي

العمق بالنسبة إلى الماء بالمتر (الحجر الرملي طويلة)



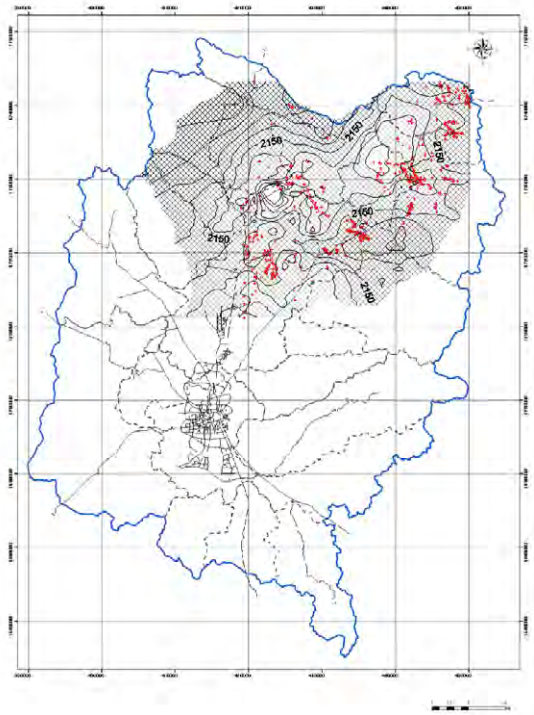
الشكل 20.3 مستوى الماء (الحجر الرملي طويلة)

الشكل 20.3 يبين مستوى المياه الجوفية للحجر الرملي طويلة وان خارطة العمق إلى مستوى الماء تشير بأن مستوى الماء في المنطقة الوسطى إلى الجنوبية هو عموما" أكثر من 100 متر عمقا" ومستوى الماء في الجزء الشمالي الشرقي هو أقل من 100 متر. أما بالنسبة إلى خارطة ارتفاعات الأرض لمستوى الماء فهي تبين بأن جدول الماء ينحدر من كلا الجانبين للمنطقة الجبلية إلى السهل المنخفض وبعد ذلك ينحدر باتجاه الشمال.

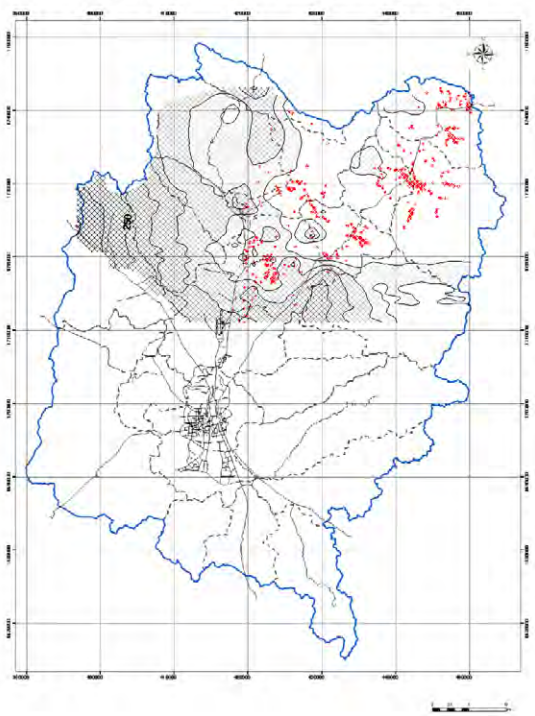
(4) الحجر الكلسي عمران

الشكل 21.3 يبين مستوى المياه الجوفية في الحجر الكلسي عمران حيث أن خارطة العمق بالنسبة إلى الماء تبين بان مستوى الماء في المنطقة الشمالية الشرقية هي عموما" أقل من 50 مترا" عمقا" وان مستوى الماء في الجزء الشمالي الأوسط هو أكثر من 50 مترا". وتشير خارطة قياس ارتفاعات الأرض لمستوى الماء بأن جدول الماء يبدأ بالانحدار من الشمال الشرقي باتجاه الجنوب الأوسط وهو في الاتجاه المعاكس للطبقات الصخرية المائية الأخرى.

مستوى الماء (amsl بالمتر) في الطبقة الصخرية المائية للحجر الكلسي



العمق بالنسبة إلى الماء(في الطبقة الصخرية المائية للكلس)



الشكل 21.3 مستوى الماء (الحجر الكلسي عمران)

3.4.3 صفات الطبقة الصخرية المائية

بعض الدراسات السابقة قامت بتنفيذ اختبارات الضخ حسب ما جاء في التقرير الفني رقم (5) الخاص بمصادر تزويد المياه لمدينة صنعاء (1996)11 حيث لخص التقرير نتائج اختبارات الضخ السابقة والمبينة في الملحق رقم (1).كذلك لقد تم إضافة نتائج التثقيب التي انجزت مؤخرا" إلى الجدول المذكور.

(1) معامل النفاذية (الانفاذية)

إن قيمة معامل النفاذية يشير إلى إمكانية تزويد المياه الجوفية للطبقة الصخرية المائية، حيث قامت مصادر تزويد المياه لمدينة صنعاء (1996) بجمع 12 قيمة من الطبقة الصخرية المائية الغرينية و62 قيمة من الحجر الرملي الطويلة و 5 قيم من الحجر الكلسي عمران وكذلك تم إضافة 15 قيمة من الحجر الرملي الطويلة الذي تم ثقبه مؤخرا". وبالرغم من أن قيم النفاذية تتراوح بسعة كبيرة من 0.25 إلى 2,000 كما مبين في الملحق 1. أما الجدول 10.3 فأنه يشير إلى أن الحجر الرملي الطويلة هو أكثر الطبقات الصخرية المائية انتاجا".
إن نفاذية الصخور البركانية تبدو متبعثرة (مستطيرة) بشكل واسع وقد يصار إلى اقتراح بأن إنتاجية الطبقة الصخرية المائية من المحتمل أن تكون متأثرة بمقياس الشقوق أو التكسرات في الصخور.ونود هنا الإشارة إلى أن هناك فقط خمسة نتائج للحجر الكلسي عمران تبدو أنها غير كافية للإشارة إلى ميزاتها.

الجدول 10.3 نفاذية الطبقات الصخرية المائية

(1) الطبقة الصخرية المائية الغرينية

إمكانية تزويد المياه الجوفية		عدد الآبار	النفاذية
منخفض	(25.0 %)	3	10
متوسط	(66.7 %)	8	10=< < 100
عالي	(8.3 %)	1	100=<
	(100.0 %)	12	

(2) الصخور البركانية

إمكانية تزويد المياه الجوفية		عدد الآبار	النفاذية
منخفض	(50.0 %)	8	<10
متوسط	(31.3 %)	5	10=< < 100
عالي	(18.8 %)	3	100=<
	(100.0 %)	16	

(3) الحجر الرملي طويلة

إمكانية تزويد المياه الجوفية		عدد الآبار	النفاذية
منخفض	(1.3 %)	1	<10
متوسط	(35.1 %)	27	10=< < 100
عالي	(63.6 %)	49	100=<
	(100.0 %)	77	الإجمالي

(4) الحجر الكلسي عمران

إمكانية تزويد المياه الجوفية		عدد الآبار	النفاذية
منخفض	(40.0 %)	2	<10
متوسط	(40.0 %)	2	10=< < 100
عالي	(20.0 %)	1	100=<
	(100.0 %)	5	الإجمالي

(2) التوصيل الهيدروليكي (النفاذية)

إن التوصيل الهيدروليكي هو معدل التدفق خلال وحدة المقطع العرضي اقل من وحدة الميل الهيدروليكي والتي هي معامل النفاذية للطبقة.إن قيم التوصيل الهيدروليكي تشير إلى إن النفاذية هي على الأغلب معتدلة في الطبقات الصخرية المائية في حوض صنعاء .

الجدول 11.3 التوصيل الهيدروليكي للطبقات الصخرية المائية

(1) الطبقة الصخرية المائية الغرينية

النفاذية	عدد الآبار	التوصيل الهيدروليكي متر / يوم
منخفض	1 (9.1 %)	<0.1
متوسط	5 (45.5 %)	0.1=< < 1
	4 (36.4 %)	1=< <10
عالي	1 (9.1%)	10=<
	11 (100.0 %)	

(2) الصخور البركانية

النفاذية	عدد الآبار	التوصيل الهيدروليكي متر / يوم
منخفض	3 (20.0 %)	<0.1
متوسط	6 (40.0 %)	0.1=< < 1
	4 (26.7 %)	1=< <10
عالي	2 (13.3%)	10=<
	15 (100.0 %)	

(3) الحجر الرملي طويلة

النفاذية	عدد الآبار	التوصيل الهيدروليكي متر / يوم
منخفض	4 (5.6 %)	<0.1
متوسط	34 (47.9 %)	0.1=< < 1
	30 (42.3 %)	1=< <10
عالي	3 (4.2%)	10=<
	71 (100.0 %)	

(4) الحجر الكلسي عمران

النفاذية	عدد الآبار	التوصيل الهيدروليكي متر / يوم
منخفض	2 (40.0 %)	<0.1
متوسط	0 (0.0 %)	0.1=< < 1
	3 (60.0 %)	1=< <10
عالي	0 (0.0%)	10=<
	5 (100.0 %)	

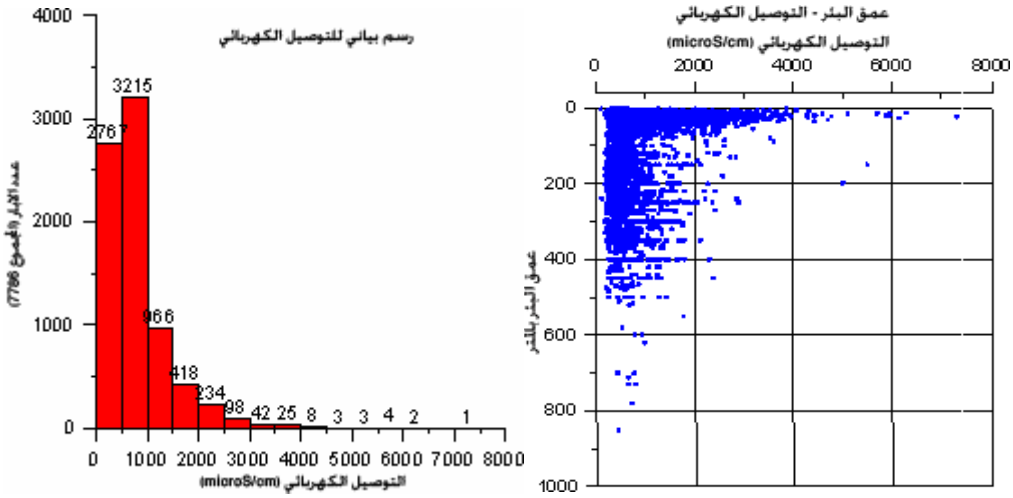
4.4.3 نوعية المياه الجوفية

لقد تم جمع البيانات المتعلقة بالتوصيل الكهربائي عن طريق الجرد ألمسحي للبئر (2002) مع الحامضية(لوغاريتم تركيز أيون الهيدروجين) وحرارة الماء من 7,786 بئرا" إضافة إلى ما قامت به مصادر تزويد المياه لمدينة صنعاء (1996)12 من تحليل نوعية الماء الموصل لـ 327 بئرا" وجمعت نتائج التحليل الكيميائي للدراسات السابقة .
واستنادا" إلى النتائج أعلاه، فأن صفات نوعية المياه الجوفية في الطبقات الصخرية المائية موصوفة بشكل عام في هذا القسم. لقد تم وصف المسائل المتعلقة بالتلوث في القسم 7.3.

(1) التوصيل الكهربائي، الحامضية(لوغاريتم تركيز أيون الهيدروجين) والحرارة

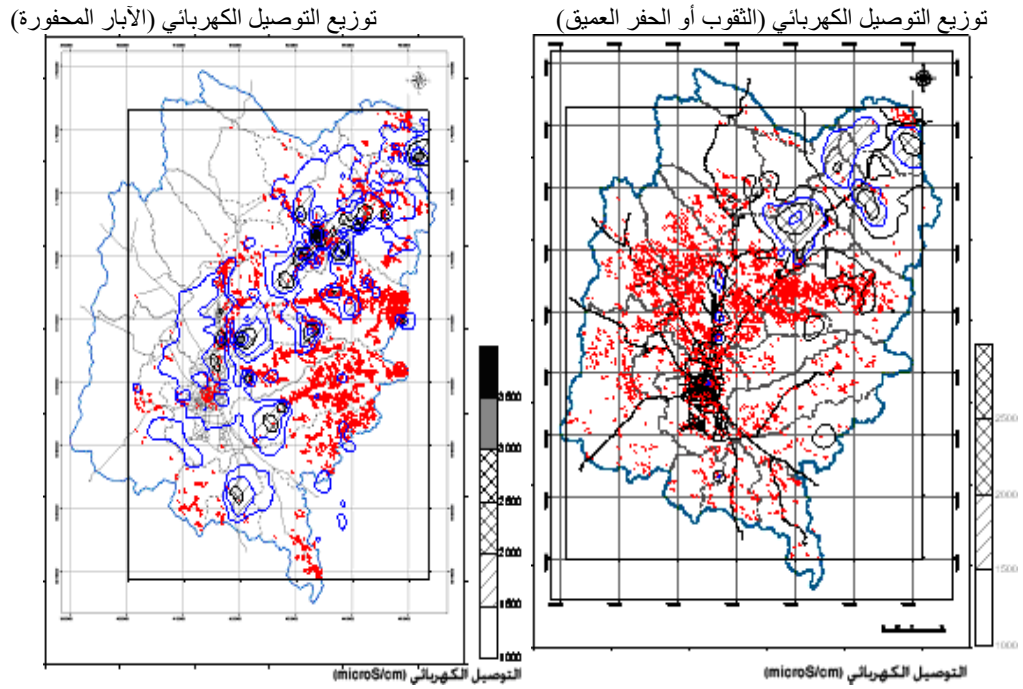
1) التوصيل الكهربائي

تقريبا" 90% من المياه الجوفية تتوفر فيها قيمة التوصيل الكهربائي والتي تساوي 1,500 أو أقل microS/cm والمبينة في الشكل 22.3 أو أن نوعية الماء بشكل عام جيدة، كذلك فأن الشكل يشير إلى أن الآبار الأكثر عمقا" لديها على الأغلب نوعية ماء أفضل. تظهر قيم التوصيل الكهربائي أكثر من 2,500 microS/cm في الغالب في الآبار الضحلة بعمق أقل من 50 مترا" تقريبا" وهذا قد يقترح بان الطبقة الصخرية المائية الضحلة يمكن من المحتمل أن تكون ملوثة في بعض المناطق.



الشكل 22.3 العلاقة بين العمق والتوصيل الكهربائي والرسم البياني للتوصيل الكهربائي

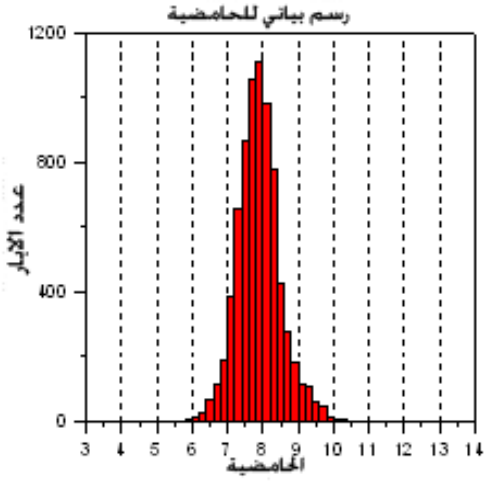
الشكل 23.3 يبين الميل العام لتوزيع التوصيل الكهربائي في حوض صنعاء، حيث أن توزيع التوصيل الحراري لكل من الآبار المحفورة والثقوب أو الحفر العميقة تبين بأن هناك شمال – جنوب طويل ومنطقة ضيقة حول منطقة الروضة وعلى طول المطار إلى شمال مدينة صنعاء حيث تظهر قيم التوصيل الكهربائي أعلى نسبيا". كانت منطقة الروضة المدينة التي تعتبر بركة لمياه المجاري ويتواجد أيضا" مصنع لمعالجة مياه الفضلات الواقع في النهاية الشمالية للمطار.أن نوعية المياه الجوفية تبدو أنها ستكون أسوا في المنطقة الشمالية الشرقية عن المنطقة الأخرى في حوض صنعاء. إن هذه المسألة مذكورة ثانية في القسم 7.3 .



الشكل 23.3 توزيع التوصيل الكهربائي

2) الحامضية (لوغاريتم تركيز أيون الهيدروجين)

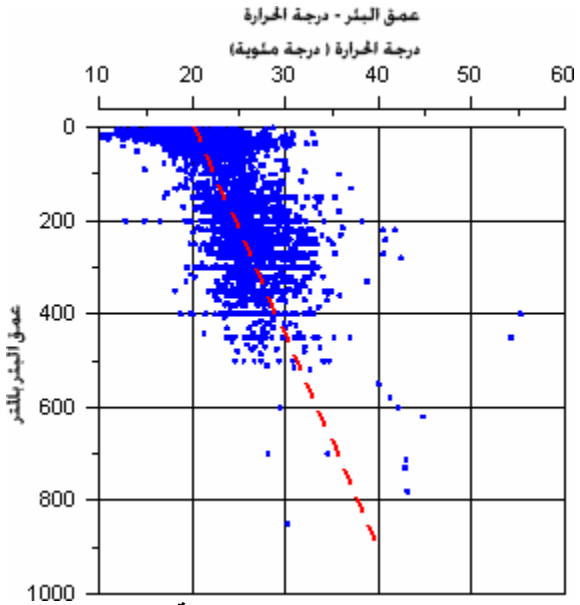
تتراوح قيم الحامضية على الأغلب من 6 إلى 10 كما مبين في الشكل 24.3 حيث أن الرسم البياني لا يشير إلى أي ميل خاص ما عدا إن القيمة المتوسطة هي 7.8 إلى 8 وهي أقل قاعدية. وبشكل تفصيلي، فأن الماء من الصخور البركانية والحجر الكلسي يبين عموما" قيمة حامضية متوسطة أعلى قليلا"وهي حوالي 7.9 ، من الحجر الرملي والغرين وهي تقريبا" 7.7. وبالتحديد فأن العمق والحامضية هما كذلك ليس لهما علاقة.



الشكل24.3 الرسم البياني للحامضية

3) الحرارة

إن معدل الحرارة للمياه الجوفية هي 22.6 درجة مئوية ومع ذلك فأنها تتراوح من 10.3 إلى 55.2 درجة مئوية.
الشكل 25.3 يبين الميل العام بأن كلما كانت الطبقة الصخرية المائية أعمق كلما كانت حرارتها أعلى.



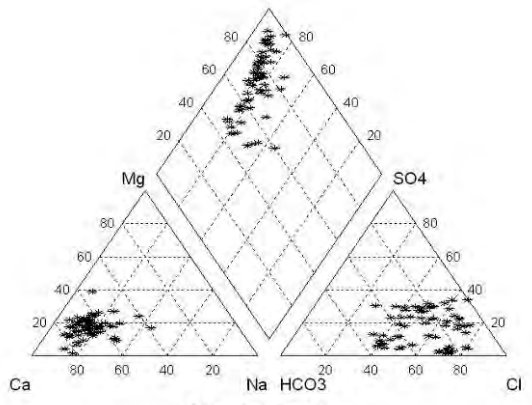
الشكل 25.3 عمق البئر ودرجة الحرارة

(2) نتيجة التحليل الكيميائي

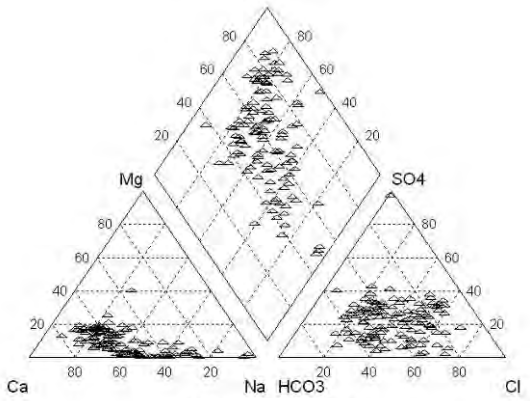
لقد تم وصف تفسير بشكل مفصل عن نتيجة التحليل الكيميائي للمياه الجوفية في التقرير الفني المرقم (13) لمصادر تزويد المياه لمدينة صنعاء (1996) وإن المخطط موصوف باختصار مع الرسم البياني للبايبر (Piper) في هذا القسم.
الشكل 26.3 يمثل الرسم البياني بايبر (Piper) مبينا" نوعية المياه الجوفية في حوض صنعاء.
في الطبقة الصخرية المائية الغرينية يكون تركيب الايون الموجب عموما" مسيطرا" بعنصر الكالسيوم والكلوريد يكون مسيطرا"في التركيب الانيون (أيون سالب الشحنة) ويعني ذلك بأن هناك كلوريد الكالسيوم في نوع المياه الجوفية.
وبنفس الطريقة، فأن المياه الجوفية في حوض صنعاء هي مصنفة تقريبا" إلى بعض الأنواع وكما مبين أدناه.
أما بخصوص البيانات المتعلقة بالمياه الجوفية من الحجر الكلسي عمران فكانت غير متوفرة.

الطبقة الصخرية المائية الغرينية: نوع Ca HCO3-Cl، نوع Ca Cl، نوع أيون سالب مختلط Ca
الصخور البركانية: نوع Ca HCO3 – Cl، نوع أيون سالب مختلط Ca
نوع Na HCO3-Cl، نوع أيون سالب مختلط Na
نوع Ca-Na HCO3-Cl، نوع Ca-Na HCO3-Cl
الحجر الرملي طويلة: نوع Ca HCO3-Cl، نوع Ca Cl، نوع أيون سالب مختلط Ca
نوع HCO3-Cl أيون موجب مختلط، نوع ايون سالب مختلط وأيون موجب مختلط

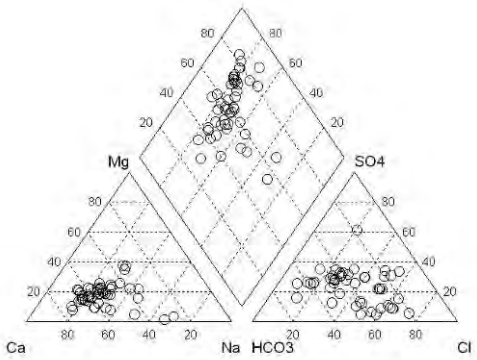
واستنادا" إلى الشكل، فأن الطبقة الصخرية المائية الغرينية يمكن أن تصنف بالكالسيوم والكلوريد الأعلى نسبيا"، والطبقة الصخرية المائية للصخور البركانية يمكن أن تصنف بالمغنيسيوم الأقل والكبريت المنخفض نسبيا"، والطبقة الصخرية المائية للحجر الرملي طويلة يمكن أن تصنف بالكالسيوم الأعلى نسبيا" والايون السالب المختلط.



لطبقة الصخرية المائية الغرينية



الصخور البركانية

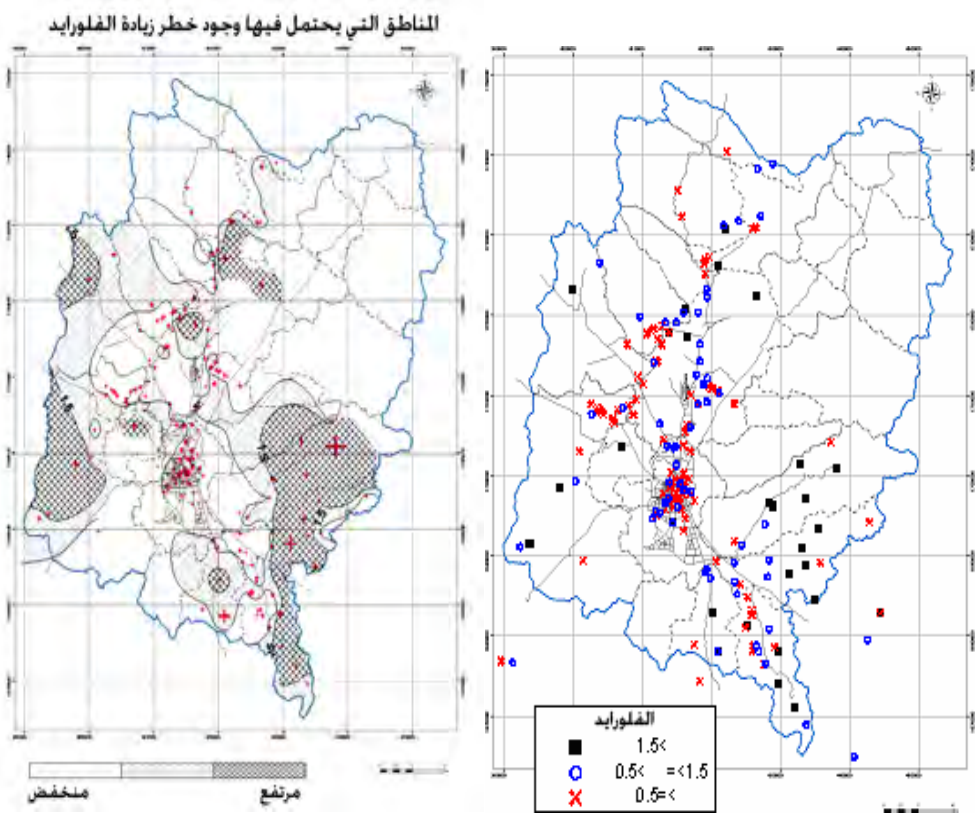


الحجر الرملي طويلة

الشكل 26.3 الرسوم البيانية بايبر (Piper) للمياه الجوفية في حوض صنعاء

(3) الفلوريد

التقرير الفني رقم (13) (1996) الخاص بمصادر تزويد المياه لمدينة صنعاء وبيانات المؤسسة العامة لمشاريع تزويد المياه للمناطق الريفية والتي تم جمعها من قبل فريق الدراسة تشير إلى أن بعض نماذج الماء تحتوي على تركيز أعلى من الفلوريد من أعلى حد مسموح به بالنسبة للقياسات الوطنية لشرب الماء.
إن الحد الأعلى المسموح به هو 1.5 ملي جرام /1 وان أعلى حد مرغوب به هو 0.5 ملي جرام /1 .
إن الفلوريد وبتركيز عالي يمكن أن يسبب مرض المينا المزركشة الذي يصيب أسنان الأطفال.
إجمالي عدد النماذج مع بيانات التركيز للفلوريد قد تم جمعها وحدد مكانها. إن تركيز الفلوريد في 107بئر من أصل 202 بئر هو 53% وكانت 0.5 ملي جرام / 1 أو أقل .وهناك 67 بئرا" (33%) كانت في تركيز الفلوريد بين 0.5 و 1.5 ملي جرام م/1 . أما الآبار الأخرى وعددها (28) (14%) كانت في تركيز الفلوريد لأكثر من 1.5 ملي جرام بضمنها (5)آبار أكثر من 5 ملي جرام /1 . الشكل 27.3 يبين توزيع الفلوريد. التركيز العالي للفلوريد يمكن له علاقة بالمعادن في الصخور البركانية.



الشكل 27.3 توزيع الفلوريد

5.3 إمكانية توفر موارد المياه في حوض صنعاء

1.5.3 إعادة نشاط المياه الجوفية

(1) هل يعاد نشاطه؟

أستشهد مركز جامعة صنعاء للبيئة والمياه (2001)13 ببعض الحقائق الجديرة بالملاحظة كدليل لحدوث إعادة تنشيط وكما يلي:

- أظهرت دراسة المياه الجوفية بالسرعة ذاتها في الحوض بأن مستوى الماء يرتفع في الطبقة الصخرية المائية الغرينية، الصخور البركانية والحجر الرملي طويلة للفترة بين 1965 و1972. لقد حدث الارتفاع عندما أصبح أصلا" الضخ أكثر من اللازم في الجزء المركزي للسهل موضوع يؤخذ بنظر الاعتبار.
- إعادة تحليل بيانات مستوى الماء المجمعة خلال الثمانينات تبين دليلا" واضحا" " لتراكم الماء " بعد الفصول أو المواسم الممطرة والذي يختفي في النهاية كحجم إضافي للماء عبر الطبقات الصخرية المائية.
- قدموا السكان الريفيين تقريرا" على عدد من الحالات بأن جدول الماء ارتفع بشكل ملحوظ بسبب بناء السدود الصغيرة.

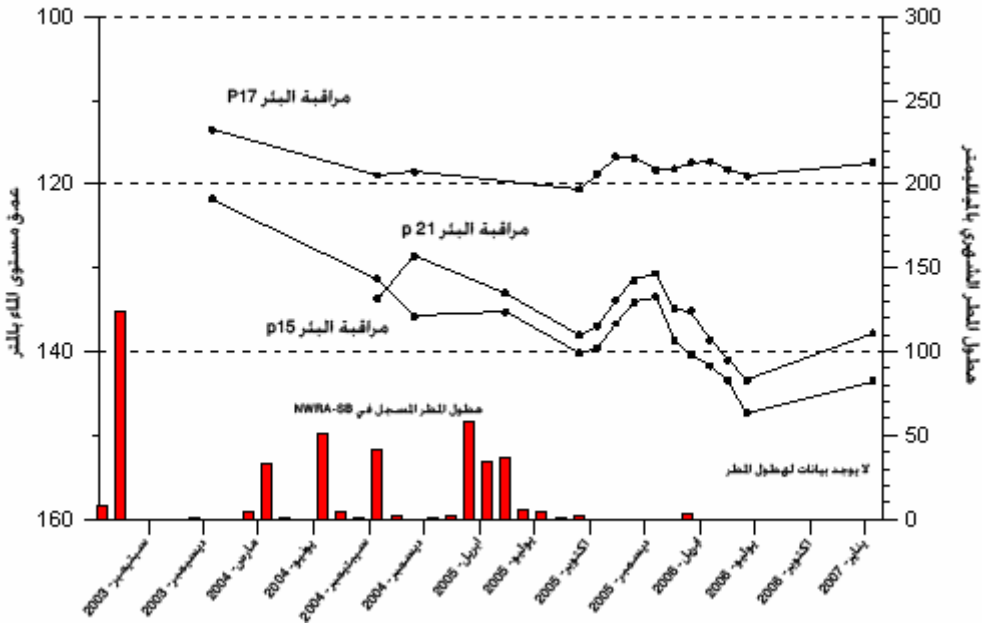
لقد افترضت عدد من الدراسات السابقة بأن إعادة تنشيط المياه الجوفية حدثت في منطقة تفطر الحجر الرملي وفي قاع الوديان.

كشف مسح أنجز مؤخرا" لتركيب النظائر والمذكور في الفوستر Foster (2003)14 عن دليل لإعادة تنشيط طبيعي معاصر (post-1965) للطبقة الصخرية المائية الغرينية الرباعية. وبالرغم من عدم وجود دليل قاطع في البيانات الحالية لإعادة التنشيط المعاصر بأنه وصل الطبقة الصخرية المائية للحجر الرملي الطباشيري حيث أن التقرير ذكر بأن النتائج لحد ألان لم تستبعد إمكانية إعادة التنشيط الحديث للطبقة الصخرية المائية للحجر الرملي الطباشيري.

لقد اعتبر فريق الدراسة بأن إعادة التنشيط الطبيعي للطبقة الصخرية المائية الاعمق من المحتمل جدا" حدوثه حيث:

- إن تفطر الحجر الرملي في حوض صنعاء موزع بشكل واسع من الغرب إلى الشرق في المنطقة الوسطى وان الصخور البركانية تفطرت في الجزء الغربي والجنوبي للحوض.
- هطول المطر يعتبر قادرا" على الاختراق مباشرة إلى هذه التفطرات من خلال الشقوق الغنية والشروخ في الصخور. فهناك الكثير من الينابيع تجري من الصخور.
- إن أعمال الثقب خصوصا" أعمال الثقب العميقة التي جرت مؤخرا" إلى 1,000 متر تبين بأن هناك الكثير من المناطق المتكسرة في الصخرة تقع تحت قاع الوادي والرواسب الرباعية .
- مراقبة البئر الواقع في حقل البئر الغربي حيث تكون الطبقة الصخرية المائية للحجر الرملي طويلة مستغلة توضح الزيادة المؤقتة لمستوى الماء كما مبين في الشكل 28.3 (تقلبات مستوى الماء يمكن أن تتسبب ليس فقط بإعادة التنشيط الطبيعي والعوامل المتغيرة أيضا، لذلك فأنه من المهم القيام بمراقبة مستمرة لمستوى الماء، هطول المطر، إيقاف الضخ وهكذا من أجل توضيح العلاقة بينهم).

سرات مستوى الماء (الحجر الرملي طويلة)



الشكل 28.3 تكسرات في مستوى المياه الجوفية (الحجر الرملي طويلة)

(2)تقدير إعادة التنشيط

1)دراسات سابقة

منذ عام 1970 قامت دراسات سابقة عديدة بتقدير كمية المياه الجوفية المعاد تنشيطها في حوض صنعاء حيث تبني طرق للتقدير يمكن جمعها في نوعين، النوع الأول هو طريقة تعتمد على قانون دارسي (Darcy Law), والنوع الثاني هو طريقة استخدام معامل إعادة التنشيط.

الطريقة السابقة هي حساب جريان المياه الجوفية خلال الطبقة الصخرية المائية باستخدام عرض وسمك الطبقة والنفاذية ودرجة الميل الهيدروليكي. أما الطريق الأخيرة فهي تقدير باستخدام هطول المطر في المنطقة، المنطقة أو حجم السطح ومعامل إعادة التنشيط تقرر استنادا" إلى أوضاع السطح مثل الجيولوجيا واستخدامات الأرض.

أما طريقة استخدام قانون دارسي أعلاه، فهي تعتمد على النفاذية الحاصلة من نتائج بعض اختبارات الضخ والشكل المبسط المفترض للطبقة الصخرية المائية بالرغم من تعقيد التركيب الجيولوجي في الحوض.

لذلك ليس من الواضح فيما إذا استخدمت القيم الافتراضية للتقدير تعكس الميزات الحقيقية للطبقة الصخرية المائية. إن معاملات التنشيط المستخدمة للتقدير هي كذلك تعتبر القيم التجريبية التي لم يحصل عليها بطريق التجربة. لذلك، فأن قيم إعادة تنشيط المياه الجوفية والتي قد تم جمعها كانت قيم تقريبية. وفي الحقيقة، أن القيمة المكتسبة تتراوح بشكل واسع بين 28 إلى 63 مليون متر مكعب سنويا" كما مبين في الجدول 12.3.

الجدول 12.3 تقدير إعادة تنشيط المياه الجوفية في حوض صنعاء

الدراسة	المدة	المنظمة	المستشار	الطريقة	إعادة تنشيط (Mm^3/y)
تزويد الماء لصنعاء والحديدة.دراسات عن المياه الجوفية لحوض صنعاء	1970 - 1973	الهيئة الوطنية للمياه والصرف الصحي	ايتالكونسلت Italconsult	دارسي Darcy	59
تزويد الماء لصنعاء المرحلة الثانية	1980- 1983	الهيئة الوطنية للمياه والصرف الصحي	شركة هوارد همفريز وأولاده	دارسي Darcy	28-45
مخطط موارد مياه حوض صنعاء	1986	وزارة الزراعة والثروة السمكية	Mosgiprovodkhoz	معامل التنشيط	63
تقديم العون والمساعدة إلى مجلس الأعلى للمياه في تحضير خطة الماء الرئيسية	1988- 1992	المجلس الأعلى للتقييم	خبراء مستقلين	معامل التنشيط	42
مصادر لتموين مياه محافظة صنعاء	1987- 1996	الهيئة الوطنية للمياه والصرف الصحي	TNO معهد العلوم الجيولوجية التطبيقية	دارسي Darcy	35
دراسة إدارة موارد المياه لحوض صنعاء	2001	الهيئة الوطنية للمياه والصرف الصحي	مركز جامعة صنعاء للبيئة والمياه	معامل التنشيط	46

2) التقدير الأخير لإعادة تنشيط المياه الجوفية في الأحواض الثانوية

نورمان & مولات (Norman & Mulat) قاموا مؤخرا" بتقدير كمية إعادة تنشيط المياه الجوفية في كل حوض ثانوي باستخدام معادلة توازن خصائص المياه وهي: $R-(E+Q)=dS$

هطول المطر (ملم) – { الماء المفقود من عملية التبخير (ملم) + جريان المطر (ملم) } = التغيير اليومي للرطوبة المخزونة في التربة.

حيث أن R: هطول المطر (ملم) = بيانات هطول المطر اليومي (1991-2003) المأخوذة من أقرب محطة مراقبة.

E: الماء المفقود من عملية التبخير (ملم) = مقدر من قبل ITC (1989).

Q: جريان المطر (ملم) = مقدر من قبل SCS المؤسسة الأمريكية لخدمات حفظ التربة / طريقة الرقم المنحني .

dS : التغير اليومي للرطوبة المخزونة في التربة ، وتحتسب بواسطة المعادلة أعلاه وتتراكم لتقدير معدل التقدير السنوي للمخزون . بعد ذلك، يتم تبني الفرضيات التالية:

- 90% من الرطوبة المخزونة في التربة (dS) يتم استهلاكه من قبل النباتات ويترشح أو يتبخر مباشرة من التربة. أما 10% المتبقية فهي لإعادة تنشيط الطبقة الصخرية المائية.
- 40% من المطر الجاري فوق سطح الأرض المتكون في المصبات يستخدم مباشرة إما للري، يتبخر من الصهاريج، أو يتدفق مع التيار في حالة الفيضانات الكبيرة.أما 60 % المتبقية فهي لإعادة تنشيط الطبقة الصخرية المائية.

أخيرا"، فأن كمية إعادة تنشيط المياه الجوفية في حوض صنعاء قد تم احتسابها بالأجمال وهي 50.7 مليون متر مكعب في السنة. الجدول 13.3 يبين التقدير المفصل لكل حوض ثانوي.

الجدول 13.3 إعادة تنشيط المياه الجوفية المقدر في الأحواض الثانوية

ت	الحوض الثانوي	إعادة التنشيط المقدر(مليون متر مكعب)
1	وادي المشاميني	0.86
2	وادي المديني	2.73
3	وادي الخريد	1.76
4	وادي المعدي	1.71
5	وادي أسير	4.27
6	وادي خلاقة	1.54
7	وادي قصبة	0.83
8	وادي الحقة	1.36
9	وادي باني حيووات	5.58
10	وادي ثومة	1.00
11	وادي عسير	3.81
12	وادي الفرس	0.79
13	وادي الإقبال	2.31
14	وادي زهر والغيل	7.11
15	وادي همدان	0.82
16	وادي المورد	1.54
17	وادي سعوان	1.41
18	وادي شهيق	4.12
19	وادي غيمان	1.24
20	وادي المليخي	1.66
21	وادي حزيز	1.92
22	وادي الخوار	2.32
	الإجمالي	50.7

المصدر: الدكتور A.Norman والمهندس W.Mulat (2007) ، مراقبة خصائص وتوازن الماء

3) الاستنتاج (الخاتمة)

كما جاء في الوصف أعلاه، فأن إعادة تنشيط المياه الجوفية في حوض صنعاء قد تم تقديره بحوالي 50 مليون متر مكعب / السنة استنادا" إلى الفرضيات المختلفة.إن الفرضيات المتبناة هي معقولة وقابلة للتداول من وجهة نظر علم جيولوجيا المياه حتى لو كانت النتائج التقديرية تقريبية جدا". إن إعادة التنشيط الطبيعي فعليا" هو على الأغلب مستقر في المدى التقديري، 28 – 63 مليون متر مكعب سنويا"، في وضع تقريبي.

2.5.3 خزن المياه الجوفية

خزن المياه الجوفية، $S_{ا}$، يمكن تقديره بالمعادلة التالية: $AHS_y = S_{ا}$ ، حيث أن A هو منطقة الطبقة الصخرية المائية ، H هو السمك المشبع ، S_y هو إنتاج محدد ، أو مسامية فعالة .

لقد قامت TS-HWC 15(1992) بتقدير المخزون من المياه الجوفية في حوض صنعاء باستخدام هذه المعادلة وقد افترضوا بأن العمق إلى 250 متر كان أقصى عمق يمكن أن يوصى به بالنسبة لمخزون المياه الجوفية وان 50 % من هذا المخزون يمكن أن يستخرج أو يكون قابل للاستعمال إلى جانب المنتج المحدد الذي افترض بـ 0.1 للطبقة الصخرية المائية الغرينية ، 0.01 للحجر الكلسي عمران، و 0.03 للحجر الرملي طويلة .ولذلك ، فأن الحجم المقدر للمخزون الذي أوصي به كان 6,047 مليون متر مكعب وان المخزون المستخدم كان 3,221 مليون متر مكعب في حوض صنعاء .الرجاء ملاحظة ، بأن هذه الفرضيات استخدمت لإنشاء أو اشتقاق هذه التقديرات هي إلى حد لا بأس به أرقام تقريبية كما ذكروها هم بأنفسهم .

لقد قام مركز جامعة صنعاء للبيئة والمياه (2001) بمراجعة المذكور أعلاه مقتربا" من مستويات الماء المتجددة وتقدير حجم المخزون لكل منطقة للمياه الجوفية في حوض صنعاء . ونتيجة لذلك ، فأن المخزون المستخدم والذي أوصي به تم حسابهم 10,424 مليون متر مكعب و 5,212 مليون متر مكعب على التوالي.

لقد ذكروا بان الحجم الذي تم التوصل إليه من قبل TS-HWC ينبغي أن تكون تقديرات محافظة جدا" وذلك لان مستويات الماء مخصصة لحسابات قد بولغ بها.إن الفرضيات مثل الإنتاج المحدد تبقى في تقديرات جاهزة وتقريبية .

3.5.3 المياه السطحية

بالرغم من أن جريان المطر فوق سطح الأرض لم يتم قياسه في الوقت الحاضر، إلا أن حجم الجريان للمياه السطحية قد تم تقديره كما جاء في الوصف في القسم 6.3.3 . الجدول 14.3 يبين خلاصة الأرقام للتدفق السنوي لكل حوض ثانوي ، والتدفق السنوي هو القيم التي جمعت بإنتاج السدود / البرك والينابيع في الحوض. وإضافة إلى ذلك ، فأن جريان المطر السنوي قد تم احتسابه بالاعتماد على معامل الجريان المقترح من قبل WRY-35 (1995) وهطول المطر المستخدم في مشروع إدارة المياه لحوض صنعاء ، Norman و Mulat (2007) .إن التدفق السنوي المتراكم في وادي الخريد هو عدد مرات بقدر جريان المطر السنوي المقدر مع معامل الجريان ويبدو للعكس بان هناك ينابيع إنتاجها 0.2 متر مكعب / الثانية بالقرب من(سمنة) في حوض الخريد.
وعلى أية حال ،فأن معظمها ، التدفق أو جريان الماء قد تم استخدامهم للري و / أو أغراض أخرى وبعضها في الأخير يتسرب إلى وادي بيد .

الجدول 14.3 التدفق السنوي / جريان المطر للأحواض الثانوية

المنطقة	الحوض الثانوي	التدفق السنوي (10^3 m^3)	هطول المطر (ملم)	المصب km^2	معامل الجريان	جريان المطر السنوي (10^3 m^3)
1	وادي المشاميني	412	171	76.5	0.055	719
2	وادي ألمديني	-	191	211.5	0.055	2,222
3	وادي الخريد	11,078	191	136.7	0.055	1,436
4	وادي المعدي	1,033	185	111.5	0.055	1,135
5	وادي أسير	5,071	229	210.2	0.055	2,647
6	وادي خلاقة	1,588	229	75.9	0.055	956
7	وادي قصبة	-	191	64.6	0.055	679
8	وادي الحقة	-	187	120.7	0.055	1,241
9	وادي باني حيووات	-	242	322.4	0.055	4,291
10	وادي ثومة	1,226	191	77.6	0.055	815
11	وادي عسير	2,223	202	219.1	0.055	2,434
12	وادي الفرس	196	242	45.8	0.055	610
13	وادي الإقبال	850	187	204.4	0.055	2,102
14	وادي زهر والغيل	617	279	364.8	0.055	5,598
15	وادي همدان	1,300	217	63.7	0.055	760
16	وادي المورد	659	210	179.6	0.055	2,074
17	وادي سعوان	1,193	223	95.4	0.055	1,170
18	وادي شهيق	1,815	202	236.9	0.055	2,632
19	وادي غيمان	1,519	210	143.8	0.055	1,661
20	وادي المليخي	550	249	69.8	0.055	956
21	وادي حزيز	296	249	80.5	0.055	1,102
22	وادي الخوار	938	173	125.4	0.055	1,193
	الإجمالي	32,563				38,435

4.5.3 معالجة المياه القذرة

يقع مصنع معالجة المياه القذرة في صنعاء في منطقة حساسة مجاورة إلى المطار الدولي بتصميم سعته لمعالجة 50,000 متر مكعب في اليوم من مياه المجاري التي تأتي من مدينة صنعاء .واستنادا" إلى البيانات الصادرة من المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي في صنعاء والتي تشرف على تشغيل مصنع معالجة المياه القذرة، فأن كمية مياه المجاري قد وصلت إلى مصنع المعالجة في عام 2005، 2006 وموضح في الجدول 15.3 .

الجدول 15.3 مؤثر مصنع معالجة المياه القذرة في صنعاء لسنة **2005 & 2006**

مؤثر مصنع معالجة المياه القذرة في صنعاء	السنة
11.0	2005
16.0	2006

الوحدة: مليون متر مكعب

إن مصنع معالجة المياه القذرة في الواقع يعمل بحمولة زائدة كما موضح في قسم 2.7.5 وان الماء القذر يعالج بطريق غير ملائمة ويفرغ إلى الوادي عبر مستنقع (بحيرة ضحلة).أما الماء المعالج فانه يتدفق بفعل الجاذبية مع التيار خلال قناة مفتوحة والمزارعون يستخدمون هذا الماء لري أراضيهم وكمية صغيرة جدا" من الماء المعالج يستخدم كذلك لسقي الأشجار التي تكسوا الشوارع والمناطق الخضرة في المدينة.

إن تحسن مصنع معالجة المياه القذرة في صنعاء لمعالجة كل المياه القذرة المؤثرة إلى نوعية مقبولة بأتباع القياسات الدولية وذلك لإعادة استخدامه في الزراعة وسقي الأشجار مستمرة. وهناك خطط لبناء مصنعين جديدين للمعالجة وهي تحت الإعداد. واحد منها بسعة معالجة يومية حوالي 500 متر مكعب في اليوم بهدف معالجة مياه المجاري التي تجلب بواسطة الشاحنات من بالوعات المدينة وأماكن أخرى بسعة معالجة 105,000 متر مكعب يوميا" . التفاصيل موضحة في القسم 2.7.5.

ولذلك، على الأقل لا يمكن احتساب معالجة المياه القذرة كمصدر للماء.ومع ذلك، ففي المستقبل القريب وعند إكمال تحسين مصنع معالجة المياه القذرة في صنعاء الموجود حاليا" وبناء مصنع جديد للمعالجة، يمكن عندها احتساب الماء الذي بتم معالجته كمصدر من مصادر الماء لأغراض الري وان الكمية المتوقعة هي على الأقل 18.3 إلى أقصى حد 56.6 مليون متر مكعب في السنة.

6.3 توازنان الماء في الأحواض الثانوية

إن موازنة الماء في حوض صنعاء تم احتسابه بشكل عام عن طريق الدراسات السابقة وكانت النتائج تقديرية وتقريبية جدا" في كل حوض صنعاء وان النوعين المفصلين بعض الشيء عن تقييم وموازنة الماء في الأحواض الثانوية قد تم تزويدهم مؤخرا" بأقسام من مشروع إدارة مياه حوض صنعاء، واحد هي طريقة لفهم خصائص المياه متبناة من قبل الدكتور نورمان والمهندس مولت (2007) والتي ذكرت في القسم السابق 1.5.3 ، والثاني يعتمد على تحليل صور القمر الصناعي ، GAF (2007).

1.6.3 طريقة فهم خصائص المياه لتحليل توازن الماء

إن عملية تقدير إعادة تنشيط المياه الجوفية بواسطة طريقة فهم خصائص المياه قد تم توضيحها في القسم 1.5.3.ولقد تم احتساب توازن (رصيد) الماء بواسطة إعادة التنشيط ناقصا" التجريد من البئر. إن تجريد المياه الجوفية تم الحصول عليه من نتيجة الجرد ألمسحي للبئر (2002). وان الجدول 16.3 يبين هذه النتيجة.

ومن جانب آخر، فأن الدكتور نورمان والمهندس مولت (2007) لم يحتسبا التدفق العائد من الري ومياه المجاري.وكحصة معينة من الماء المستعمل إلى منطقة مسقية بالماء لم يستخدم كاستخدام استهلاكي ولكن التسريبات في النهاية تصل إلى جدول الماء وهو قد يبلغ بقدر 20 إلى 40 % من حجم الماء المستخدم لأغراض الري. وبالافتراض بأن النسبة هي 30%، فأن القيم المنقحة محسوبة وهي مبينة في نفس الجدول 16.3.

الجدول 16.3 توازن الماء في الأحواض الثانوية بطريقة فهم خصائص المياه

	الحوض الثانوي	إعادة التنشيط (Mm^3)	التجريد (Mm^3)	توازن(رصيد) الماء (Mm^3)	التدفق العائد (30%) (Mm^3)	الحجم المستهلك (Mm^3)	التوازن(الرصيد) المراجع (Mm^3)	النسبة المستهلكة/ إعادة التنشيط (Mm^3)
1	وادي المشاميني	0.90	0.85	0.05	0.26	0.60	0.30	0.66
2	وادي المديني	2.73	2.92	- 0.19	0.88	2.04	0.68	0.75
3	وادي الخريد	1.76	3.36	- 1.60	1.01	2.35	- 0.59	1.33
4	وادي المعدي	1.71	2.67	- 0.96	0.80	1.87	- 0.16	1.10
5	وادي أسير	4.27	6.93	- 2.66	2.08	4.85	- 0.58	1.14
6	وادي خلاقة	1.54	2.12	- 0.58	0.64	1.48	0.06	0.96
7	وادي قصبة	0.83	2.12	- 1.29	0.64	1.48	- 0.65	1.78
8	وادي الحقة	1.36	17.36	- 16.00	5.21	12.15	- 10.79	8.91
9	وادي باني حيووات	5.58	60.87	- 55.29	18.26	42.61	-37.03	7.64
10	وادي ثومة	1.00	3.25	- 2.25	0.98	2.28	- 1.27	2.27
11	وادي عسير	3.81	39.06	- 35.25	11.72	27.34	- 23.53	7.17
12	وادي الفرس	0.79	13.60	- 12.81	4.08	9.52	- 8.73	12.02
13	وادي الإقبال	2.31	17.46	- 15.15	5.24	12.22	- 9.91	5.29
14	وادي زهر والغيل	7.11	16.51	- 9.40	4.95	11.56	- 4.44	1.62
15	وادي همدان	0.82	7.47	- 6.65	2.24	5.23	- 4.41	6.36
16	وادي المورد	1.54	35.40	- 33.86	10.62	24.78	- 23.24	16.04
17	وادي سعوان	1.41	8.82	- 7.41	2.65	6.17	- 4.76	4.37
18	وادي شهيق	4.12	10.41	- 6.29	3.12	7.29	- 3.16	1.77
19	وادي غيمان	1.24	4.23	- 2.99	1.27	2.96	- 1.72	2.39
20	وادي المليخي	1.66	2.96	- 1.30	0.89	2.07	- 0.41	1.25
21	وادي حزيز	1.92	3.17	- 1.25	0.95	2.22	- 0.30	1.16
22	وادي الخوار	2.32	8.44	- 6.12	2.53	5.91	-3.59	2.55
	الإجمالي	**50.7**	**270.0**	**- 219.2**	**81.0**	**189.0**	**- 138.2**	**(4.02)**

المصدر: المعدل دكتور نورمان والمهندس مولت (2007).

إن الجدول أعلاه يبين أيضا"نسبة الحجم المستهلك لكل كمية إعادة التنشيط في الحوض الثانوي وان النتائج مصنفة إلى أربعة أصناف. الأول هو مجموعة بنسبة أكثر من 10. الثاني هو مجموعة بنسبة بين 5 و 10. الثالث هو بنسبة بين 1 و 5 . الرابع هو بنسبة أقل من 1. إن أسوأ مجموعتين هي كما يلي:

المجموعة الأولى: إن الحوضين الثانويين حيث يكون الحجم المستهلك من المياه الجوفية مشكوك فيه لأكثر من 10 مرات من كمية إعادة التنشيط.

وادي المورد: حيث أن مدينة صنعاء تقع في هذا الحوض الثانوي وان أكثر المياه الجوفية المجردة تستخدم للأغراض المحلية.

وادي الفرس: وهذا هو أصغر حوض ثانوي ولكن هناك العديد من الآبار على طول قيعان الوادي في المنطقة.

المجموعة الثانية: الأحواض الخمسة الثانوية حيث يكون الحجم المستهلك من المياه الجوفية مشكوك فيه من 5 – 10 مرات من كمية إعادة التنشيط.

وادي الحقة، وادي باني حيووات، وادي عسير، وادي همدان، وادي الإقبال.

2.6.3 توازن (رصيد) الماء المقدر بواسطة تحليل صورة القمر الصناعي

الجدول 17.3 توازن(رصيد) الماء المقدر بواسطة تحليل صورة القمر الصناعي

	الحوض الثانوي	هطول المطر (05-04)		الماء الفعلي المفقود من التبخير للمحصول المسقي	استخدام الماء لأغراض الزراعة (الري)	المطر الفعال (Mm^3)		الرصيد (Mm^3)	
	وادي المشاميني	(mm)	(Mm^3)	(Mm^3)	(Mm^3)	Min.	Max.	Min.	Max.
1	وادي المديني	290	22.6	0.4	0.6	1.3	1.5	0.7	0.9
2	وادي الخريد	292	62.3	1.8	3	3.5	3.9	0.5	0.9
3	وادي المعدي	193	26.7	1.2	2	1.5	1.5	-0.5	-0.5
4	وادي أسير	202	22.5	0.5	0.9	1.3	1.3	0.4	0.4
5	وادي خلاقة	251	52.4	3.1	5.1	2.9	3.1	-2.2	-2
6	وادي قصبة	180	13.6	0.9	1.6	0.7	0.7	-0.9	-0.9
7	وادي الحقة	251	16.2	1	1.6	0.9	1	-0.7	-0.6
8	وادي باني حيووات	261	31.4	5.8	9.7	1.8	2.3	-7.9	-7.4
9	وادي ثومة	206	67.4	19.5	32.4	4	5.4	-28.4	-27
10	وادي عسير	210	16.2	0.5	0.8	0.9	1	0.1	0.2
11	وادي الفرس	247	54	9.9	16.5	3.1	3.8	-13.4	-12.7
12	وادي الإقبال	185	8.5	3.4	5.7	0.5	0.5	-5.2	-5.2
13	وادي زهر والغيل	305	61.9	7.9	13.1	3.6	4.4	-9.5	-8.7
14	وادي همدان	366	132.1	6.5	10.9	11.8	11.8	0.9	0.9
15	وادي المورد	297	18.9	4.1	6.8	1.1	1.4	-5.7	-5.4
16	وادي سعوان	268	48	3.5	5.8	2.7	3.1	-3.1	-2.7
17	وادي شهيق	228	21.9	4	6.7	1.3	1.5	-5.4	-5.2
18	وادي غيمان	293	69.9	4.1	6.9	4	4.4	-2.9	-2.5
19	وادي المليخي	290	41.6	2.2	3.7	2.4	2.7	-1.3	-1
20	وادي حزيز	327	22.8	1.4	2.3	1.3	1.6	-1	-0.7
21	وادي الخوار	268	21.9	1.1	1.8	1.2	1.4	-0.6	-0.4
22	وادي المشاميني	276	34.7	1	1.6	1.9	2.1	0.3	0.5
	لإجمالي لحوض صنعاء		867.2	83.7	139.5	53.9	60.5	-85.6	-79

المصدر: GAFالمعدل (2007)

إن استخدام المنطقة المسقية والماء الفعلي المفقود من التبخير المقدر بواسطة تحليل صورة القمر الصناعي، فأن كمية الماء المستخدم لأغراض الزراعة والتي كانت من المفترض إن تكون تجريدية كليا" بواسطة الآبار، قد تم احتسابها مع فرضية كفاءة الري إلى 60 %. (كمية الماء تم إعادة احتسابها كما مبين في القسم 2.4.5).
أما بالنسبة إلى المطر الفعال، ذلك، فأن كمية المطر الساقط والتي يمكن استخدامها بواسطة النباتات، كانت قد تم تقديرها كمجموع التسرب للتدفق السطحي(فوق سطح الأرض) في الوادي وتسرب المطر بعد سقوط الأمطار الغزيرة.
لقد تم تقدير التدفق السطحي بواسطة معامل جريان المطر، 5.5%، افترض من قبل WRAY-35 (1995).
لقد تم تقدير التسرب بعد سقوط الأمطار الغزيرة بطريقة قدمت بواسطة قسم خدمات حفظ التربة الزراعية الأمريكية بعد ذلك تم الحصول على رصيد الماء بواسطة سقوط المطر الفعال مطروحا" منه كمية الماء المستخدمة للأغراض الزراعية. والجدول 17.3 يبين هذه النتائج.
وكما موضح أعلاه، فأن هذا الرصيد من الماء الحاصل هو فقط باستخدام الماء المخصص للزراعة (المسقي). أما الاستخدامات الأخرى للماء فأنها ينبغي تدخل في الحساب بشكل طبيعي.لذلك، فأن الجدول 18.3 مجهز بعد مراجعة مع النتائج للفصل رقم 5.
وكمقياس تقريبي لغرض مقارنة النتائج، فأن نسبة حجم الماء المستخدم إلى سقوط المطر في المنطقة قد تم احتسابها والنسبة الأعلى تعني أعلى استهلاك للمياه بالمقارنة مع التجديد الطبيعي (إعادة الامتلاء)، والذي بالا مكان تطابقه مع سقوط المطر.
توجد هناك 5 أحواض ثانوية حيث تكون فيها النسبة بين 20 و40 %، وحوضين ثانويين النسبة فيهما بين 50 و 70 %. وحوض واحد ثانوي النسبة فيه حوالي 175%.

خمسة أحواض ثانوية النسبة فيها بين 20 و 40% وهي وادي حقة، وادي عسير، وادي الإقبال، وادي همدان، ووادي سعوان.وحوضين ثانويين حيث النسبة فيهما بين 50 إلى 70% وهي وادي باني حيووات و وادي الفرس وإما الحوض الثانوي الذي يتمتع بنسبة 176% فهو وادي المورد حيث تقع فيه مدين صنعاء.
تم درج الحوضين الثانويين، وادي الفرس ووادي المورد ضمن المجموعة الأولى التي تتمتع بالنسبة الأعلى للاستهلاك ليتم إعادة تنشيطها بواسطة طريقة خصائص المياه، أيضا".أما الوديان: وادي حقة، وادي باني حيووات، وادي عسير، وادي الإقبال ووادي همدان قد أدرجت ضمن المجموعة الثانية التي تم وصفها في القسم السابق.
هذه الأحواض الثانوية السبعة التي أدرجت مرتين (تكررت مرتين) وهي: 1- وادي حقة، 2- وادي باني حيووات، 3- وادي عسير، 4- وادي الفرس، 5- وادي الإقبال، 6- وادي همدان، 7- وادي المورد تعتبر في وضع حرج جدا" لموارد المياه الجوفية.

الجدول 18.3 تقدير رصيد الماء المعدل استنادا" إلى تحليل صورة القمر الصناعي (2004 / 2005)

	الحوض الثانوي	استخدامات الماء					هطول المطر الفعال (Mm^3)		الرصيد (Mm^3)		استخدامات الماء /هطول المطر
		الزراعة (Mm^3)	تزويد الماء للمدينة (Mm^3)	تزويد الماء للريف (Mm^3)	الصناعة والسياحة وأخرى (Mm^3)	الإجمالي (Mm^3)	Min.	Max.	Min.	Max.	
1	وادي المشاميني	0.6	-	0.04	-	0.6	1.3	1.5	0.7	0.9	% 2.80
2	وادي المديني	3	-	0.1	-	3.1	3.5	3.9	0.4	0.8	% 5.00
3	وادي الخريد	2	-	0.07	-	2.1	1.5	1.5	-0.6	-0.6	% 7.70
4	وادي المعدي	0.9	-	0.02	-	0.9	1.3	1.3	0.4	0.4	% 4.10
5	وادي أسير	5.1	-	0.03	-	5.1	2.9	3.1	-2.2	-2	% 9.80
6	وادي خلاقة	1.6	-	0.01	-	1.6	0.7	0.7	-0.9	-0.9	% 11.90
7	وادي قصبة	1.6	-	0.03	-	1.6	0.9	1	-0.7	-0.6	% 10.10
8	وادي الحقة	9.7	-	0.09	-	9.8	1.8	2.3	-8	-7.5	% 31.20
9	وادي باني حيووات	32.4	-	0.11	2.38	34.9	4	5.4	-30.9	-29.5	% 51.80
10	وادي ثومة	0.8	-	0.02	-	0.8	0.9	1	0.1	0.2	% 5.00
11	وادي عسير	16.5	-	0.26	-	16.8	3.1	3.8	-13.7	-13	% 31.00
12	وادي الفرس	5.7	-	0.07	-	5.8	0.5	0.5	-5.3	-5.3	% 67.90
13	وادي الإقبال	13.1	-	0.19	-	13.3	3.6	4.4	-9.7	-8.9	% 21.50
14	وادي زهر والغيل	10.9	-	0.29	-	11.2	11.8	11.8	0.6	0.6	% 8.50
15	وادي همدان	6.8	-	0.06	-	6.9	1.1	1.4	-5.8	-5.5	% 36.30
16	وادي المورد	5.8	75.6	0.08	2.74	84.2	2.7	3.1	-81.5	-81.1	% 175.50
17	وادي سعوان	6.7	-	0.14	-	6.8	1.3	1.5	-5.5	-5.3	31.20
18	وادي شهيق	6.9	-	0.2	-	7.1	4	4.4	-3.1	-2.7	% 10.20
19	وادي غيمان	3.7	-	0.13	-	3.8	2.4	2.7	-1.4	-1.1	% 9.20
20	وادي المليخي	2.3	-	0.05	-	2.4	1.3	1.6	-1.1	-0.8	% 10.30
21	وادي حزيز	1.8	-	0.08	-	1.9	1.2	1.4	-0.7	-0.5	% 8.60
22	وادي الخوار	1.6	-	0.12	-	1.7	1.9	2.1	0.2	0.4	5.00%
	الإجمالي حوض صنعاء	139.5	75.6	2.21	5.1	222.4	53.9	60.5	-168.5	-161.9	25.60%

7.3 التأثير العكسي على موارد المياه الجوفية

1.7.3 الوضع الحالي للتأثير العكسي

التأثير العكسي على المياه الجوفية يعني تأثير ناتج في تخفيض الكمية، أي أن أقل أنتاجا"للآبار المتواجدة ينتهي باستنزاف الطبقة الصخرية المائية وتدهور في نوعية المياه الجوفية والتي ستكون غير ملائمة للاستعمال المحلي، الصناعي أو الزراعي.

(1)مستوى المياه الجوفية

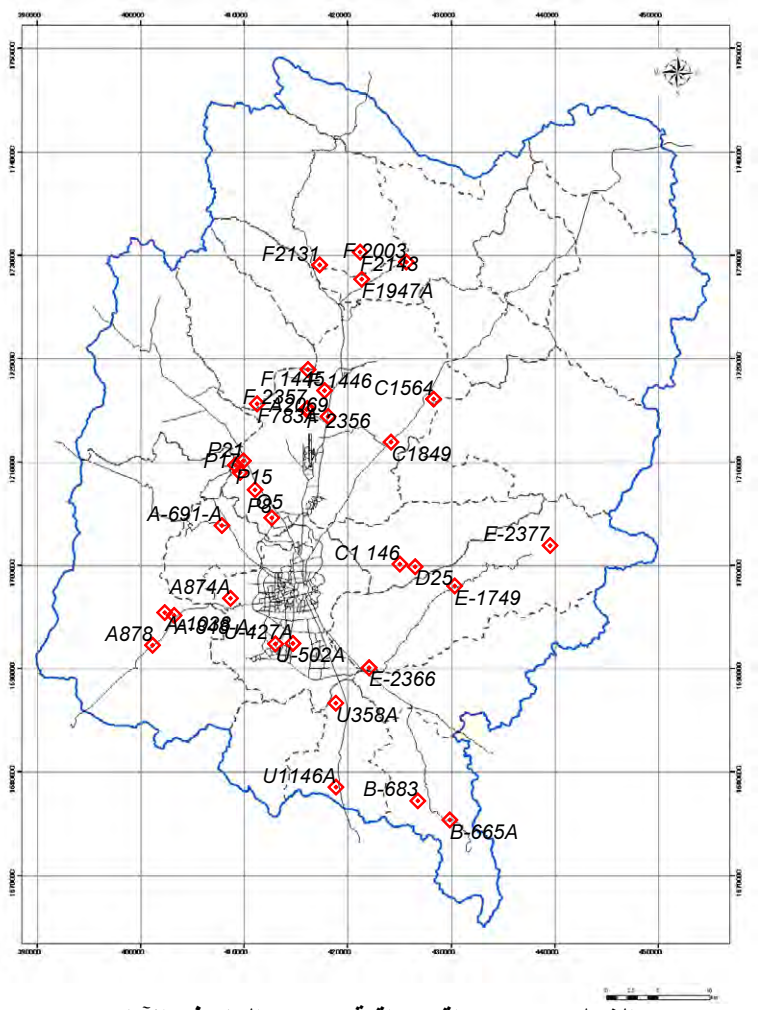
1) نتيجة المراقبة الحالية

إن الانخفاض في الكمية يبين هبوط في مستوى المياه الجوفية. ومؤخرا" قامت الهيئة الوطنية للموارد المائية ببناء شبكة مراقبة لمستويات الماء في حوض صنعاء حيث يوجد هناك 33 بئر مراقبة يتم قياسهم يدويا" كل شهر بشكل عام. إن عدد آبار المراقبة مخطط له للزيادة إضافة إلى نصب مسجل قراءة مستوى الماء الأوتوماتيكي إلى ست آبار في عام 2007. الجدول 19.3 والشكل 29.3 يبينان مواقع آبار المراقبة هذه.

الجدول 19.3 مراقبة الآبار في حوض صنعاء

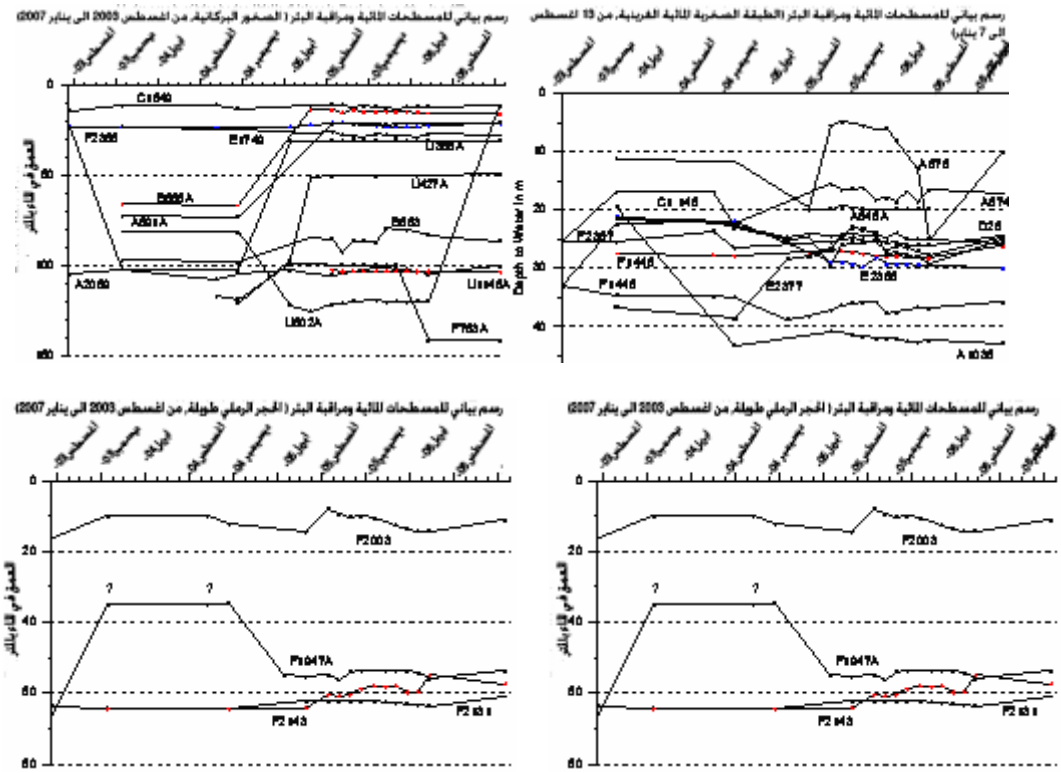
	رقم الرمز	اسم الموقع	المنطقة أو المقاطعة	UTM الشمال	UTM الشرق	الارتفاع متر	الطبقة الصخرية المائية	نوع البئر
1	P8	W.F.Wes	بن الحار	1704571	412810	2218	حجر رملي	
2	O5	W.F.Wes	بن الحار	1707273	411188	2238	حجر رملي	
3	P17	W.F.Wes	بن الحار	1708945	409750	2248	حجر رملي	
4	P15	W.F.Wes	بن الحار	1709656	409305	2234	حجر رملي	
5	P21	W.F.Wes	بن الحار	1710064	410067	2209	حجر رملي	
6	F783A	الدوري	همدان	171555	411390	2232	بركاني	
7	A2069	مخيم مأرب	بن الحار	1714346	4018244	2206	بركاني	ثقب الحفر
8	F2356	الحالي - B	بن الحار	1715014	416162	2192	بركاني	محفور + ثقب
9	F2357	الحالي –B	بن الحار	1715109	416242	2145	غريني	
10	F1446	الحالي- B	بن الحار	1718865	416298	2182	غريني	ثقب الحفر
11	F2131	بوسان	ارحب	1728956	417429	2217	حجر كلسي	
12	F2143	مكارب	أرحب	1730178	421335	2136	حجر كلسي	
13	F1445	موسيد - B	بن الحار	1716838	417904	2188	غريني	ثقب الحفر
14	F1947A	المشام	بن الحار	1727571	421495	2129	حجر كلسي	ثقب الحفر
15	F2003	دوكش – W	أرحب	1729224	425801	2052	حجر كلسي	محفور + ثقب
16	C1849	وادي الرق	بن الحار	1711873	424320	2237	بركاني	
17	C1564	الجراس	بن الحار	1716018	428437	2239	حجر رملي	بئر محفور
18	D25	ضرهان	بني حوس	1699850	426648	2400	غريني	بئر محفور
19	C1146	القرية	بني حوس	1700113	425179	2367	غريني	بئر محفور
20	U358A	أسود	سنحان	168711	418990	2341	بركاني	بئر محفور
21	U1146A	رحم	سنحان	1678618	419008	2400	بركاني	ثقب الحفر
22	B-665A	مقولة	سنحان	1675449	429994	2500	بركاني	بئر محفور
23	B-683	بيت سعني	سنحان	1677294	426909	2502	بركاني	بئر محفور
24	E-2366	صافيات تماش	سنحان	1690120	422210	2349	غريني	
25	E-2377	شاهق	سنحان	1701896	439685	2582	غريني	بئر محفور
26	E-1749	بني بهلول	سنحان	1698001	430469	2460	بركاني	بئر محفور
27	U-427A	النهدين	صنعاء	1692469	414845	2302	بركاني	ثقب الحفر
28	U-502A	حدة/ آزال	الامانة	1692422	413170	2326	بركاني	ثقب الحفر
29	A878	المسجد	بني مطر	1692294	401298	2576	غريني	
30	A-1038	راس الحسين	بني مطر	1695434	402468	2548	غريني	
31	A874A	عصر المورد	صنعاء	1696814	408818	2411	غريني	
32	A-848-A-	الخصمة	بني مطر	1695167	403380	2566	غريني	
33	A-691-A	شملان	همدان	1703827	407993	2342	بركاني	
مراقبة الآبار باستخدام مسجل مستوى الماء الأوتوماتيكي								
	بئر موتر	وادي سوان		1704788	432456	-	بركاني	ثقب الحفر
	HS50	وادي عسير		1711250	427232	-	حجر رملي	ثقب الحفر

	AS-6	وادي الامانة		1696061	411221	-	بركاني	ثقب الحفر
	ST-7	وادي الامانة		1704200	413910	-	حجر رملي	ثقب الحفر
	A2069	وادي الامانة		1714346	401824	-	بركاني	ثقب الحفر
	لولوة	وادي حمدان		1701177	400882	-	بركاني	ثقب الحفر



الشكل 29.3 مواقع مراقبة مستوى الماء في الآبار

إن نتيجة المراقبة هي مجدولة في الملحق 2. والشكل 30.3 يبين تقلب مستوى الماء من شهر أغسطس 2003 إلى يناير 2007. الشكل يوضح بالرسم تغير مستويات الماء بوضوح خصوصا" من شهر سبتمبر 2005 إلى يونيو 2006 وذلك بسبب المراقبة المنتظمة الدورية قد استمرت خلال المدة بينما الفترات الأخرى كانت فقط قياسات عشوائية وهذا يؤشر إلى أهمية المراقبة المنتظمة المستمرة.ومع ذلك، فأن السنوات من 2003 إلى 2007 هي غير واضحة فيما إذا أن مستويات الماء لديها ميل للهبوط أم لا .فقط بضعة آبار على سبيل المثال، P8، P15، P21واقعة في حقل بئر الحجر الرملي وهو حقل البئر الغربي لنظام تزويد الماء لمحافظة صنعاء تبدو أنها تظهر ميل في هبوط مستوى الماء بالرغم من أن البئر P18 قد تم قياسه فقط لأربعة مرات خلال هذه الفترة.



الشكل 30.3 الرسم البياني للمسطحات المائية ومراقبة البئر

2)الميل طويل الأمد لتغير مستوى الماء

< مستوى الماء لحقل البئر الغربي >

Howard Humphreys & Sons (1980)17 ، تبين مستويات الماء الساكن للآبار التي تم بنائها في حقل البئر الغربي والتي تم قياسها في أكتوبر – نوفمبر 1979 . الجدول 20.3 يبين المقارنة لمستوى الماء بين 1979 – 2007.

الجدول 20.3 تغير مستوى الماء بين 1979 و2007 في حقل البئر الغربي

البئر	الارتفاع (m-amsl)	أكتوبر – نوفمبر 1979		يناير - 2007		الفرق أو الاختلاف (m)	الهبوط السنوي لمستوى الماء متر / سنة
		عمق الماء(m)	مستوى الماء (m-amsl)	عمق الماء(m)	مستوى الماء (m-amsl)		
P8	2231.87	47.32	2184.55	197.87	2034.00	- 150.55	- 5.54
P15	2224.54	55.29	2169.25	143.49	2081.05	- 88.20	- 3.25
P17	2216.35	45.95	2170.40	117.40	2098.95	- 71.45	- 2.63
P21	2215.87	53.54	2162.33	137.79	2078.08	- 84.25	- 3.10
O5	2211.13	33.07	2178.06	78.42	2132.71	- 45.35	- 1.67

وبالرغم من أن المراقبة الأخيرة تبين وبشكل غير واضح هبوط في مستوى الماء في حوض صنعاء كما وصف في القسم السابق، الجدول 20.3 يشير على الأقل إلى مستوى الماء لحقل البئر الغربي قد انخفض لهذه العقود . P8 الذي أظهر أكبر هبوط لمستوى الماء ، 150 – متر لمدة 28 سنة يقع تقريبا" في وسط حقل البئر لذلك فأن النتيجة يمكن أن تعكس حالة البئر وتأثره بالضخ العائد للآبار المنتجة المحيطة به .

P15 ، P17 ، P21 تقع في النهاية الشمالية الغربية لحقل البئر وهناك عدد قليل من الآبار المنتجة حول البئر O5 .

إن السمك المتوقع للحجر الرملي طويلة في منطقة حقل البئر الغربي هي فقط 400 متر والتي تقع تحت الترسبات الغرينية بسمك تقريبا" 10 متر ويتراوح العمق بالنسبة إلى الماء من 140 إلى 200 متر مبينا"في الجدول أعلاه ويعني ذلك بأن سمك الطبقة الصخرية المائية قد انخفض إلى 60 – 70 % من السمك الأصلي المشبع. ويوصى بأن نقص مستوى الماء في أي طبقة صخرية مائية يجب أن لا يتعدى حوالي 50 إلى 60% من السمك المشبع 18، ولا يسبب أي تأثير عكسي مثل تدهور النوعية.إذا كان انخفاض مستوى الماء سوف يستمر مع المعدل

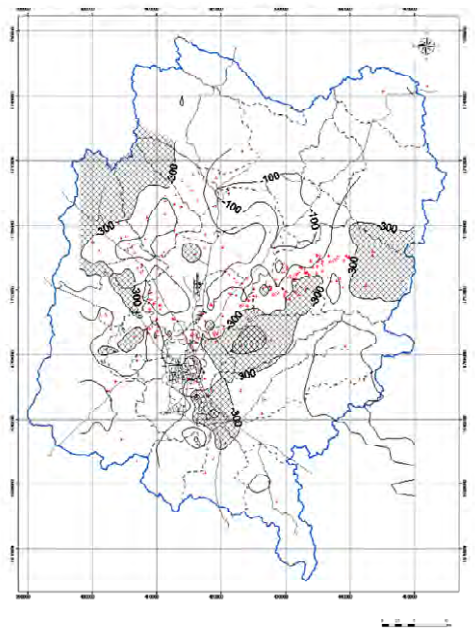
السنوي 3.1 -5.5 متر كما مبين في الجدول أعلاه ، فأن جدول الماء سوف يصل إلى مستوى حرج في 6 إلى 10 سنين.

< حقيقة أخرى جديرة بالملاحظة عن مستوى الماء >

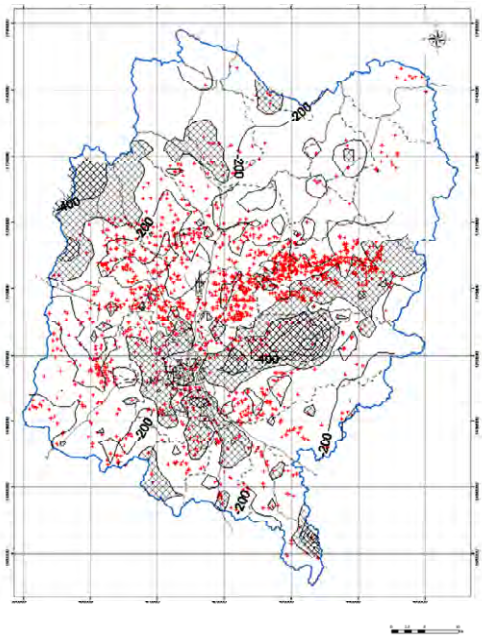
الشكل 31.3 يبين توزيع عمق ثقوب الحفر المثقوبة منذ السبعينات إلى 2002.المنطقة المظللة تشير إلى مكان العمق المثقوب لأكثر من 300 متر مسيطر عليه وان المنطقة توسعت بوضوح بمرور الوقت، فهناك بعض الأسباب لهذا التوسع.واحد من هذه السباب هو السبب الفني حيث أن العمق للثقب المحفور أصبح أكثر عمقا" بتحسن تكنولوجيا الثقب وان الثقوب المحفورة قد تم ثقبها في المناطق المرتفعة حيث لم يحفر الثقب سابقا".معظم المناطق ذات 400 متر وأكثر تم ثقبها بعمق مبين في الشكل تبدو مثل هذه المناطق المرتفعة.

وهناك سبب آخر رئيسي وهو على الأغلب بأن عمق 300 متر أو أقل أصبح غير كاف للحصول على ماء كافي بسبب انخفاض مستوى المياه الجوفية وقد يكون حقيقيا" خصوصا" المنطقة المحيطة بمدينة صنعاء.

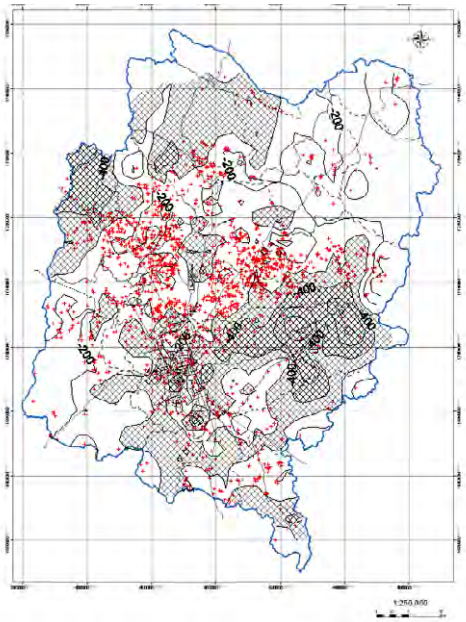
توزيع ثقوب الحفر مثقوبة بعمق في السبعينات (70)



توزيع ثقوب الحفر مثقوبة بعمق في الثمانينات(80)



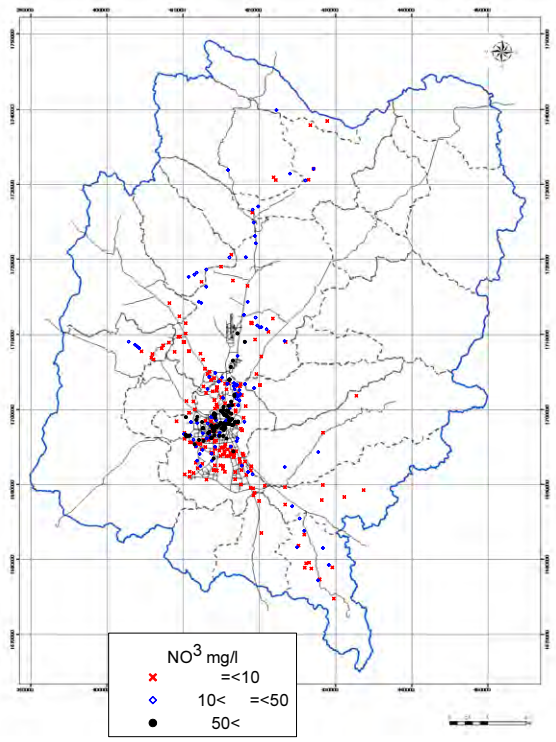
توزيع ثقوب الحفر مثقوبة بعمق في التسعينات إلى1970- 2002



الشكل 31.3 عمق الثقوب التي تم ثقبها من 1970 إلى 2002

(2) نوعية المياه الجوفية

التقرير الفني رقم. 13 (1996) الخاص بمصادر تزويد ماء صنعاء حيث ذكر احتمالية تلوث المياه الجوفية في حوض صنعاء، والمصدر الأكثر احتمالية في التلوث هو رمي مياه المجاري على الأرض في الوقت الحاضر.الشكل 32.3 يبين توزيع تركيز النترات استنادا" إلى البيانات التي تم قياسها سنة 1996 من قبل مصادر تزويد ماء صنعاء حيث إن الحد المرغوب الأعلى للنترات هو 10 ملغ / 1 وأقصى حد ممكن هو 50 ملغ / 1 في المعيار الوطني لشرب الماء.
الشكل يشير بوضوح بأن منطقة مدينة صنعاء قد تلوثت بالنتريت العالي التركيز والذي اعتبر المنشأ الذي جاء منه الكثير من البالوعات المبنية في المدينة. والشكل أيضا" يبين بأن هناك منطقة يوجد فيها النتريت بتركيز عالي وهي تقع إلى الشمال من مدينة صنعاء بين الحافة الشمالية للمدينة والمطار. إنها كانت المكان حيث برك مياه المجاري كانت موجودة مرة وهي تسمى الروضة.

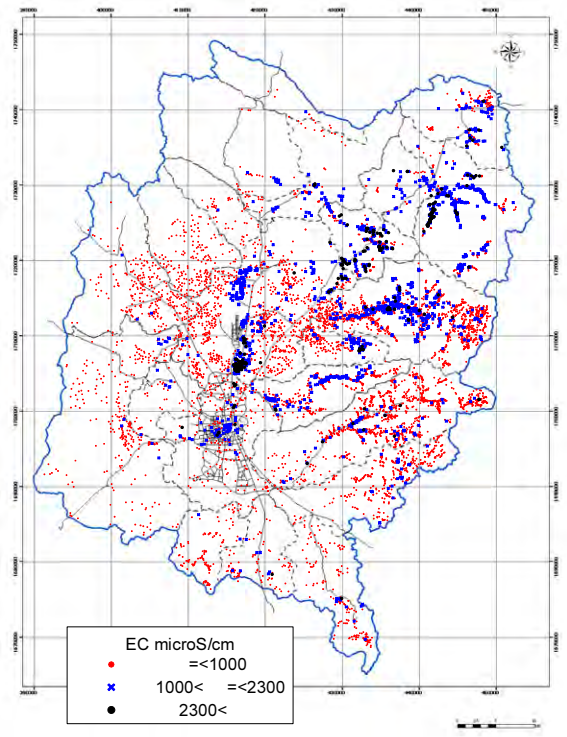


مصدر البيانات مصادر تزويد ماء صنعاء
الشكل 32.3 توزيع النترات في حوض صنعاء (1996)

إن البيانات الخاصة بالنترات المزودة من قبل مصادر تزويد ماء صنعاء كانت جزئية في حوض صنعاء كما مبين في الشكل وان الجرد ألمسحي للبئر (2002) قام بقياس قيم توصيل الكهربائية العائدة إلى 7,638 بئر في الحوض. ويمكن اعتبار التوصيل الكهربائي كمؤشر لنوعية الماء والذي له علاقة مع إجمالي الصلب المذاب في الماء. لقد تم جمع البيانات من قبل الهيئة العامة لمشاريع تزويد ماء الريف والتي تشير إلى العلاقة بين التوصيل الكهربائي وبين إجمالي الصلب المذاب وهي مبينة بشكل تقريبي كما في المعادلة التالية:

TDS (mg/1) = (0.65 ~ 0.7) x EC (microS/cm)

حيث أن TDS هو إجمالي الصلب المذاب. وان EC هو التوصيل الكهربائي.
إن الحد المرغوب الأعلى لإجمالي الصلب المذاب هو 650 ملغ /1 وان أقصى حد ممكن لإجمالي الصلب المذاب هو 1,500 ملغ / 1 في المعيار الوطني لشرب الماء حيث أن هذه القيم محولة إلى التوصيل الكهربائي بقيمة 1,000 (الحد المرغوب الأعلى) و 2,300 microS/cm (أقصى حد ممكن) تقريبا" .
الشكل 33.3 يبين توزيع التوصيل الكهربائي في حوض صنعاء استنادا" إلى البيانات الجرد ألمسحي للبئر (2002).



الشكل 33.3 توزيع التوصيل الكهربائي في حوض صنعاء (2001)

الشكل يشير إلى أن بالإضافة إلى منطقة المدينة ، فأن المنطقة على طول التدفق لوادي باني حيووات وقيعان الجداول الرئيسية الأخرى للوادي في الجزء الشمالي الشرقي من حوض صنعاء ويعني وادي سعوان الأعلى ، وادي فرس الأعلى ، وادي السير ، وادي ثومة ووادي عسير كلها من المحتمل أنها ملوثة .
إن التحرك ضد مجرى النهر لوادي باني حيووات هي المنطقة التي بني عليها مصنع معالجة المياه القذرة وبدأ العمل في سنة 2000 والروضة تقع حيث برك مياه المجاري وضعت مرة كما ذكر سابقا".
ويقترح بأن المياه الجوفية في هذه المنطقة هي في الغالب ملوثة بفعل مياه المجاري. وبنفس الطريقة، فأن قيعان جداول الوادي الأخرى هي احتمال كذلك ملوثة بشكل كبير بفعل مياه المجاري المحلية من القرى المحيطة و / أو بفعل نشاطاتهم الزراعية حيث يتم استخدام الأسمدة العضوية وترك المخزون أو رمي الماشية أو فضلات الطيور على الأرض.

2.7.3 التأثير العكسي المحتمل

كما تم وصفه في القسم السابق، فأن مستوى الماء المنخفض في حقل البئر الغربي والتركيز العالي للنترات في المياه الجوفية قد تم ملاحظته بوضوح. وإضافة إلى ذلك، يقترح عمق الحفر لثقب الحفر بأن مستوى الماء حول مدينة صنعاء ينخفض وان قيمة التوصيل الكهربائي العالي يشير إلى التلوث الحاصل في المياه الجوفية في الحوض.

ومن ناحية الكمية، أو مستوى الماء، فأن الحقيقة الجديرة بالملاحظة عن انخفاظ مستوى الماء هي فقط سجل مراقبة الآبار الواقع في حقل البئر الغربي. وكما جاء في الوصف سابقا"، فأن رصيد الماء في حوض صنعاء يبين عجزا" كبيرا" لإعادة التنشيط ذلك بأن المخزون يتناقص في الحوض خصوصا" لعدد من الأحواض الثانوية المذكورة في 6.4. لذلك، فأن هبوط أو انخفاض مستوى الماء يحدث في الأغلب ليس فقط في حقل البئر الغربي ولكن يحدث كذلك في المناطق الأخرى. إن رقم وموقع آبار المراقبة هو غير دقيق لفهم الحالة الحقيقية للمياه الجوفية في الوقت الحاضر، وهناك ضرورة لنصب وتركيب آبار مراقبة أخرى في حقول للبئر لغرض وضع نظام لتزويد الماء حيث تمثل بعض الأحواض الثانوية أكبر حجم للتفريغ وهو تقديري بالمقابل مع إعادة التنشيط.

أما من ناحية النوعية، فأن إجراء مسحا" شاملا" لتحليل نوعية الماء لم يتم إجرائه في حوض صنعاء منذ عام 1996 من قبل مصادر تزويد مياه صنعاء ما عدا الجرد ألمسحي للبئر سنة 2001- 2002 والذي سجل قيم التوصيل الكهربائي، الحامضية والحرارة.إن التلوث المحتمل لمصادر المياه الجوفية ليس فقط من مياه المجاري بل هناك مصادر أخرى عديدة لها تأثير عكسي على نوعية المياه الجوفية كالنشاطات الزراعية و رمي الفضلات الصلبة على الأرض (المرفوضة) ، تسرب البترول واندلاقه ، النز الحاصل من الفضلات الصناعية وهلم جرى . كذاك الأسمدة ومبيدات الحشرات المستخدمة للأغراض الزراعية ومخزون ورمي فضلات الماشية على الأرض كلها تؤثر بشكل واسع على نوعية المياه الجوفية. لقد أشار مشروع الخرائط الجيولوجية اليمني الألماني (2004) إلى احتمالات التلوث المسببة من عدم التخلص الكافي من النفايات في محطات البترول ومحلات خدمة السيارات والوحدات الطبية مثل المستشفيات والمختبرات والعيادات الطبية.

إن الوضع الحقيقي لتلوث المياه الجوفية الآتي بسبب هذه العوامل الفردية لم يتم توضيحه بعد حيث قدم مشروع الخرائط الجيولوجية اليمني الألماني تقريرا" مفاده أن نوعية الماء المتواجدة في سد المشهم قد تدهورت منذ عام 2003. وبالرغم من عدم وجود تقارير وتسجيل في المناطق الأخرى، فمن المحتمل أن تكون نوعية المياه الجوفية قد أصبحت أسوأ من سنة 2001 فصاعدا".لذلك، ينبغي الإسراع في عمل مسح شامل لنوعية المياه الجوفية في حوض صنعاء وبدون تأخير .

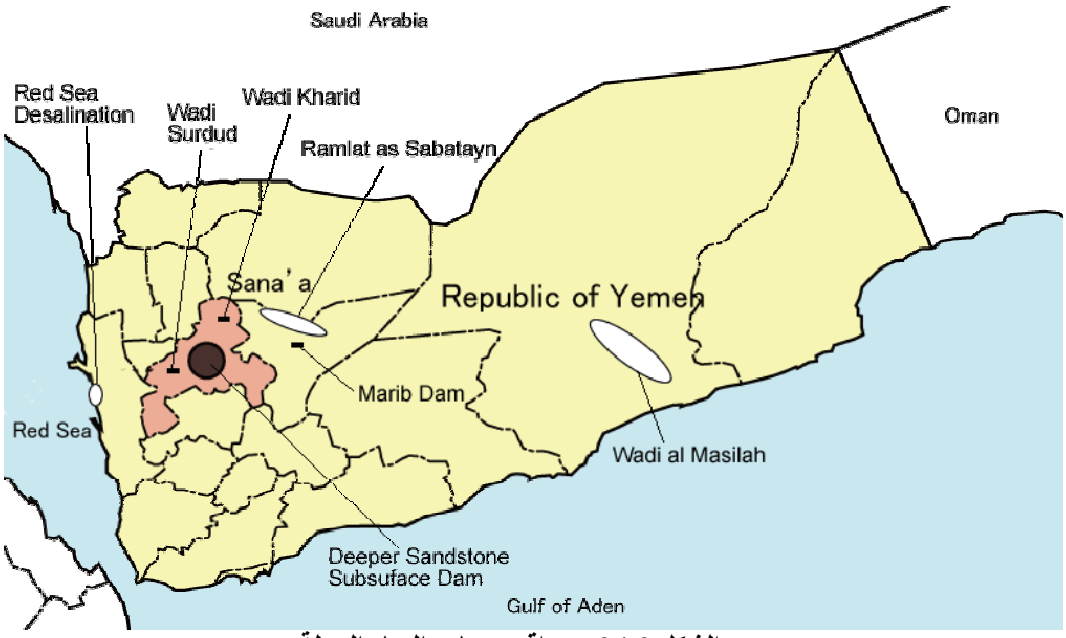
8.3 مصادر ماء غير تقليدية

لقد تم استغلال الموارد المائية بشكل تقليدي وذلك بحفر الآبار والحفر المثقوبة والبرك والسدود الصغيرة الحجم لأغراض الري وللاستعمال المحلي للماء في حوض صنعاء. وبالإضافة إلى هذه التسهيلات التقليدية، هناك العديد من الأفكار التي قدمت من قبل الدراسات السابقة لتزويد المياه للمنطقة والتي تسمى بمصدر المياه غير التقليدي حيث يمكن تصنيف مصادر المياه غير التقليدية إلى أربعة مجاميع وان مصادر المياه البديلة المصنفة مدرجة وكما يلي:

1- سد كبير الحجم لأغراض الخزن في داخل وخارج حوض صنعاء:
سـد وادي خار يد
سـد وادي سردد
تحويل المياه من سد مأرب

2- تحلية مياه البحر الأحمر.
3- تطوير المياه الجوفية خارج حوض صنعاء
تطوير منطقة رملات سباتين
تطوير وادي مسيلة وحضرموت
4- بدائل أخرى
تعميق الحجر الرملي من العهد قبل الجو راسي
سد ذات سطح ثانوي لتطوير إعادة التنشيط

قامت مصادر تزويد مياه صنعاء (1996)19 بتقييم هذه الخيارات ما عدى السد ذات السطح الثانوي الذي قيم من قبل Hydrosult (2002)20. لقد تم تلخيص نتائج التقارير السابقة في الأقسام التالية: الشكل 34.3 يبين مواقع مصادر المياه البديلة غير التقليدية أعلاه.



الشكل 34.3 مواقع مصادر المياه البديلة

1.8.3 سـدود الخزن في داخل وخارج حوض صنعاء

(1) سـد وادي خار يد

قدمت شركة Mosgiprovodkhoz (1986) أصلا" مقترحا" لخطة نظام تزويد ماء صنعاء وان مصادر تزويد مياه صنعاء بتقريرها الفني رقم (9) (1996) قامت بتنفيذ الدراسة العملية(دراسة جدوى) حيث أشارت النتيجة إلى أن معدل الإنتاج السنوي للمصب يمكن أن يكون حوالي 11 مليون متر مكعب أو تقريبا" 350 l/s وقد طلبت الأعمال التالي:

- سد ذات ارتفاع 70 مترا" مملوء بالصخر، وخزان طاقته الخز نية 45 مليون متر مكعب (منها 35 مليون متر مكعب صالحة للاستعمال).
- كمية الماء في الحوض الأعلى.
- تسهيلات معالجة الماء (20,000 متر مكعب في اليوم).
- 58 كيلومتر نقل رئيسي مع محطة ضخ بمحرك إضافي.
- مجهز للطاقة مركزي من محطة ثانوية في صنعاء.
- أعمال تكميلية مثل الطرق، أنظمة اتصالات، ورش ومكتب...الخ.

تم تقدير كلفة البناء بمبلغ (US $ 87.2) مليون دولار كأجمالي وتم تقدير الكلفة السنوي بمبلغ (US $ 10.7) مليون دولار استنادا" إلى مستوى الأسعار في ابريل 1996.وقد تم احتساب كلفة الوحدة بمبلغ US $ 1.32 دولار للمتر المكعب.

إن التقييم البيئي لم يتم تنفيذه بالرغم من أن التأثير البيئي على المنطقة باتجاه مجرى النهر هو متوقع.

(2) سـد وادي سـردد الأعلى

دراسة تجريبية على إدارة مصادر المياه لمنطقة وادي سردد قد تم تنفيذها في سنة 1991 (WRAY – 22، 1991). الدراسة21 الخاصة بمشروع مصادر تزويد مياه صنعاء افترضت بأن المقدار 500 l/s كحد أعلى يمكن تجريده من وادي سردد الأعلى. إن مستوى الكمية كانت تقريبا" 880 m.a.s.l. وان الكمية المقترحة كانت سد صغير بقمة اسطوانية وسطل مغمور بالمياه ذات نوع مبدد مزود بحوض تنظيف والكمية في الحوض مع حوض مائل لترسيب العوالق في اللحاء.

تم تقدير كلفة البناء بمبلغ 230.6 US $ مليون دولار والتكاليف السنوية قدرت بمبلغ 32.6 US $ مليون دولار استنادا" إلى مستوى الأسعار لشهر ابريل سنة 1996 وتم احتساب كلفة الوحدة بمبلغ 2.03 US $ دولار لكل متر مكعب.
إن التقييم البيئي لم يتم تنفيذه بالرغم من أن التأثير البيئي على المنطقة باتجاه مجرى النهر والمياه الجوفية في سهل تهامة هو متوقع.

(3) تحويل الماء من خزان مأرب
ذكرت مصادر تزويد المياه لمدينة صنعاء 22 بأن سد مأرب الحالي لم يكن لديه القدرة على تلبية متطلبات الري في المنطقة باتجاه المجرى على السد حتى في ذلك الوقت، إضافة إلى ذلك، لوحظ بأن القرارات الحاسمة بخصوص تجريد الماء من خزان مأرب لم يتوقع أن تؤخذ بنظر الاعتبار في المستقبل القريب بسبب الوفرة المحدودة والطلب العالي لماء المزارع في منطقة مأرب.وعلى أية حال، فأنه من المحتمل فنيا" لتجريد كمية كبيرة من الماء من الخزان الحالي في مأرب وبكمية 1,000 1/s كحد أعلى حيث كان من المفترض أن تكون متوفرة من سد مأرب لنظام تزويد ماء صنعاء من قبل مصادر تزويد مياه صنعاء .

إن الخطة التمهيدية قد تم تصميمها لنقل كمية 500 1/ s من الماء الخام من سد مأرب إلى صنعاء حيث أن كلفة البناء التقديرية الإجمالية كانت 284 US$ مليون دولار والتكاليف السنوية كانت مقدرة بمبلغ 37.6 US $ مليون دولار استنادا" إلى مستوى الأسعار لشهر أبريل 1996 وان كلفة الوحدة تم احتسابها بمبلغ 2.33 US $ دولار لكل متر مكعب.

2.8.3 تحلية مياه البحر الأحمر

التقرير الفني رقم (7) الخاص بمصادر تزويد مياه صنعاء قد أشار إلى أن كلفة هذا الخيار يمكن أن يثبت بأنه محرم وان نظام النقل ومحطات الضخ سوف تكون ضعيفة ومعرضة إلى الضرر واحتمال التخريب بالرغم من أنه لا توجد حدود فنية إلى كميات الماء حيث أن كلفة البناء للتصميم المؤقت للمرحلة الأولى (500 1/ s) قدرت بمبلغ 900 US $ مليون دولار بضمنها 71.6 US $ مليون دولار لعمل الكمية والتحلية وان الكلفة الإجمالية السنوية قد قدرت بمبلغ 124.3 US $ مليون دولار وكلفة الوحدة قد تم احتسابه بمبلغ 7.63 US $ دولار لكل متر مكعب.

3.8.3 تطوير المياه الجوفية خارج حوض صنعاء

تم تقديم اقتراح لمشاريع تطوير المياه الجوفية، واحد هو لتطوير رملات سباتين والأخر هو لتطوير وادي مسيلة في حضرموت.

(1) رملات سباتين
توجد هناك اثنان من الوديان الكبيران تجري في المنطقة وهي وادي جوف ووادي أضانة حيث أن الرباعي الغريني والترسبات الرملية والغبار الذي تجلبه الريح لوادي جوف كون طبقة صخرية مائية بسمك من 50 إلى 70 متر في الجزء الغربي و 10 إلى 20 متر في منطقة الحزم. إن الطبقة الصخرية المائية الرباعية تقع تحت الحجر الكلسي المنتج بصورة معتدلة لمجموعة عمران في المنطقة الغربية. والى شرق منطقة الحزم تقع الحافة الغربية الخاصة بالحجر الرملي للمكلا بمسامية عالية. إن الترسبات الرباعية تكون من المحتمل متصلة بشكل هيدروليكي مع هذه التشكيلات المنتجة.أما بالنسبة إلى الطبقة الصخرية المائية الرباعية فهي تحدث أيضا" في وادي أضانة بسمك من 50 إلى 70 متر 24 وفي الحافة الغربية تقع تحت الحجر الرملي عمران. وحوالي 5 كيلو متر من مأرب القديمة والى الشرق قليلا"، فأنها تشكل معقد واحد من الطبقة الصخرية المائية وتحتها الحجر الرملي مكلا. هنا تكون النفاذية المتوقعة عالية. الدراسة الأخرى المفصلة للتطوير في المنطقة لم تجرى بعد ولكن تم التخطيط مؤخرا" لدراسة جدوى من قبل هيئة الموارد المائية الوطنية.

(2) وادي مسيلة في حضرموت
اكتشفت شركة نفط كندية طبقة صخرية مائية من الحجر الرملي مكلا في وادي مسيلة خلال تنقيبها عن النفط في المنطقة في التسعينات. ولقد قدم البنك الدول اقتراحا" باعتباره مصدر الماء لنظام تزويد مياه صنعاء. ومع ذلك، وقد ادرك بأن هناك الكثير من المشاكل مثل المسافة الطويلة جدا" تقريبا" 700 كيلو متر من صنعاء بخط مستقيم وقضايا اجتماعية واقتصادية وأمنية بالرغم من أن الطبقة الصخرية المائية توقع لها أن تملك هذه الإمكانية.

4.8.3 بدائل أخرى

(1) تطوير تعميق الحجر الرملي من العهد قبل الجو راسي

الحجر الرملي كحلان من العهد قبل الجو راسي تم استغلاله لتزويد صعدة بالماء. إن هذه التركيبة يفترض إنها تقع تحت الحجر الكلسي عمران في حوض صنعاء. قام مشروع مصادر تزويد مياه صنعاء بحفر ثقبي حفر استكشافي بعمق 1600 متر في أرحب (البئر DS1) والحتارث (البئر DS2) تقع إلى الشمال الشرقي من صنعاء. لقد تم ذكر النتائج في مصادر تزويد مياه صنعاء في التقرير الفني رقم (8)(1996)25.

إن أول اختبار للبئر (DS1) أكد وجود الحجر الرملي من العهد قبل الجو راسي تحت عمق 1384 متر تحت السطح وان سمك الطبقة الصخرية المائية كانت فقط 40 مترا" والتي كانت 10% من السمك المتوقع. وخلال فحص النموذج تبين أن الماء يحتوي على الحديد بنسبة عالية ورائحة H2S وكانت حرارة الماء 48 درجة مئوية على السطح. والاختبار الثاني للبئر(DS2) لم يصطدم بتركيبة الحجر الرملي وقد اعتبر بئرا" جافا".وبالرغم من انه اعتبر من الصعب استخدامه كمصدر لنظام لتزويد الماء بسبب نوعية الماء وانخفاض الإنتاجية، فأن تصميما" تم اقتراحه لنظام تزويد ماء صنعاء وكما يلي: أن حقل البئر يتكون من أربعة آبار وخطط أن يكون بسعة إجمالية 100 s /1 كل واحد بفسحة 5,000 متر وعمق 1400 إلى 1500 متر .

تم تقدير كلفة البناء بمبلغ 60.3 US$ مليون دولار والتكاليف السنوية قدرت بمبلغ 4.6 $ US مليون دولار استنادا" إلى مستوى الأسعار لشهر أبريل 1996 وان كلفة الوحدة تم احتسابه بمبلغ 2.43 $ US لكل متر مكعب .

(2) بناء السد ذات السطح الثانوي لغرض تطوير إعادة التنشيط

إن السد ذات السطح الثانوي يمكن أن يسمى كنوع من السدود إعادة التنشيط الصناعية. قامت Hydrosult (2002) بتقييم المواقع التسعة المقترحة لبناء سدود ذات سطح ثانوي.

لقد تم اختيار المواقع التسعة بسبب مواقعها المناسبة للخزن السطحي الثانوي للماء من أجل تقليل التجريد للري من الطبقة الصخرية المائية الاعمق وان التقييم المستنتج بأن المواقع الثلاثة من التسعة كانت من أكثر المواقع ملائمة لبناء سدود تجريبية وأسمائهم، الاشا في وادي سوان، وسيل وألمان في وادي ظهر. أما بالنسبة إلى الأحجام المفترضة للخزن بالنسبة إلى الاشا، سيل وألمان كانت 0.6 ، 0.95 و 1.22 مليون متر مكعب على التوالي. وتم تقدير التكاليف من 82 $ USألف دولار (الاشا) إلى 373 US$ ألف دولار (ألمان).

5.8.3 الاهتمام بمصادر الماء البديلة

لقد تم تلخيص المعلومات عن كل بديل في الجدول 21.3 . وفي هذه الدراسات السابقة، فأن الكلفة الرئيسية، كلفة الصيانة والتشغيل وتعريفة الماء قد تم تقديرها استنادا" إلى سعر السوق في بداية التسعينات.ومع ذلك، فأن التحليل الكمي لم يتم الوصول إليه من وجهات نظر المفاهيم الاجتماعية والبيئية لقد أشير بأن هناك بعض التقيدات ينبغي أن تؤخذ بنظر الاعتبار كأولوية في التنفيذ لهذه البدائل مثل التأثير العكسي على البيئة في ارتفاع وانخفاض الجداول لموقع السد، عدم تأمين المسافة الطويلة للأنابيب المنصوبة وأخذ بنظر الاعتبار عيش الناس حول المياه الجوفية لمنطقة التجريد.

وهكذا، حتى لو خصصت الحكومة اليمنية الميزانية لواحد من هذه البدائل، فأنه من المطلوب دراسة التأثير العكسي والذي يمكن يتسبب بواسطة التنفيذ.وبالاستناد إلى الدراسة، فأن الإجراءات المضادة التي يمكن أن تتخذ يجب أن تأخذ بنظر الاعتبار في كلا من مستويات الحوض والمستويات الوطنية من أجل تخفيف التأثير العكسي المتوقع مقدما".

الجدول 21.3 مصدر الماء البديل

المصدر	الإمكانية/ سعة الإنتاج		الكلفة **		
	1/s	/Mm³ السنة	مليون دولار أمريكي	الكلفة السنوي بالدولار الأمريكي	كلفة الوحدة دولار أمريكي / متر المكعب
سد وادي خار يد	250	7.9	87.2	10.68	1.32
سد وادي سردد، تحويل الماء من سد مأرب	500	15.8	230.6	32.62	2.03
	500	15.8	248.4	37.58	2.33
تحلية ماء البحر الأحمر	500	15.8	902.9	124.28	7.63
تطوير رملات سباتين	غير مصمم		غير مقدر		
تطوير وادي مسيلة	غير مصمم		غير مقدر		
الحجر الرملي من العهد قبل الجو راسي الاعمق	100	3.2	60.3	7.68	2.41
السد ذات السطح الثانوي لإعادة التنشيط		(1.2)*	0.373		

المصدر: مصادر تزويد مياه صنعاء، التقرير الفني رقم 14 وأخرى.
*) : أقصى سعة خزن مصممة . **): مقدرة سنة 1996 ما عدا السد السطحي الثانوي (مقدر في 2002).

9.3 مشاكل وتوصيات فيما يخص موارد الماء

1.9.3 مشاكل ينبغي أن تحل

إن الوضع الحالي لموارد الماء قد تم وصفه في هذا الفصل وينبغي على العديد من المشاكل أن تحل أينما تكشف. والمشاكل هي:

- كحقيقة ملاحظة، فأن مستوى الماء الهابط في حقل البئر الغربي يحدث وبالرغم من أن انخفاض مستوى الماء لم يتم تأكيده بوضوح ورسميا" في المناطق الأخرى، فيمكن أن يعتبر أنه حدث في بعض المناطق.
- إن الميل طويل الأمد لمستوى الماء يتغير في حقل البئر الغربي مشيرا" إلى أن جدول الماء سوف يصل المستوى الحرج في غضون 6 إلى 10 سنوات إذا كان انحدار مستوى الماء سوف يستمر بنفس المعدل سابقا".
- تلوث المياه الجوفية مشكوك فيه في الحوض، خصوصا" في قيعان الوادي للأحواض الثانوية الشمالية الشرقية في حوض صنعاء. إن المسح الشامل لنوعية الماء، مع ذلك، لم يتم تحقيقه منذ سنة 1996.
- تقدير توازن أو رصيد الماء في الأحواض الثانوية يشير إلى أن حجم التفريغ للمياه الجوفية هو أكثر من 10 مرات لحجم إعادة التنشيط المقدر في بعض المناطق. وادي المورد، وادي باني حيووات ووادي الفرس يمكن أن يكونوا في حالة حرجة جدا" من موارد المياه الجوفية.
- حتى لو كانت الحالة الحرجة أعلاه يشار إليها في المناطق، فأن الحجم الفعلي لتجريد المياه الجوفية من الآبار لم يتم قياسها، إضافة لذلك، فأن ميكانيكية إعادة التنشيط مازالت غير واضحة.
- توجد هناك آبار يتواجد فيها الفلوريد بتركيز عالي في الحوض.
- والقضية الخطيرة بالنسبة إلى كل المشاكل أعلاه هي أن نظام المراقبة في الحوض هو مازال لا يعمل بشكل كافي في الوقت الحاضر ومع ذلك فقد أظهر بعض التقدم مؤخرا"، ويعني:

1- بعض محطات هطول المطر والأرصاد لم يتم تشغيلها بشكل مرضي.
2- لا توجد محطات لجريان المطر (وضعت الخطط ألازمة لها من قبل هيئة الموارد المائية الوطنية – فرع صنعاء وبدعم من مشروع إدارة مياه حوض صنعاء).
3- تم تركيب مسجلات قياس مستوى الماء الاوتوماتيكية لستة آبار فقط وأما الآبار الأخرى فلا توجد هناك خطة لتركيب مثل هذه الأجهزة فيها.
4- وبشكل عام، إن الآبار المستخدمة للمراقبة لم تبنى لهذا الغرض أصلا".
5- نوعية المياه الجوفية غير مراقبة دوريا".
6- لا توجد خطط لنصب عداد التدفق على الآبار المنتجة ما عدا آبار المؤسسة الوطنية للمياه والصرف الصحي.

2.9.3 التوصيات

مراقبة حالة خصائص المياه هي واحدة من أهم العوامل من أجل وضع إدارة ملائمة للموارد المائية في المنطقة.

1- إن معلومات المراقبة يجب أن تستخدم كاملة في عملية اتخاذ القرار لاستراتيجية تشغيل طويلة الأمد للموارد المائية.
2- إن معلومات المراقبة هي أيضا" ضرورية لتقييم التأثير والاقتناع بالنشاطات المنفذة.
3- إن معلومات المراقبة يجب أن تستخدم لتزويد تعديل أو ضبط لخطة التشغيل استخدام الموارد المائية وتطوير إدارتها.
4- إن معلومات المراقبة يجب ن تكون مفتوحة للجميع حتى يتنبهوا لوضع المياه الجوفية ومن أجل تحقيق النشاطات المؤثرة لإنقاذ الموارد وبالتعاون معهم.

تم التوصية على المواد التالية:

1- توسع شبكة المراقبة الخاصة بمستويات الماء بضمنها بناء ثقوب الحفر الجديدة لمراقبة طبقة صخرية مائية محددة.
2- تنفيذ مراقبة نوعية الماء دوريا" ومسح نوعية الماء الشاملة في المنطقة.
3- التحقيق في معدل الضخ الفعلي للآبار المستخدمة لأغراض الزراعة وأخرى.
4- ضرورة المراقبة المستمرة لمعدل الضخ مع تركيب عداد للتدفق.
5- إن التوسع والتنفيذ أعلاه يحتاج اليها بشكل عاجل خصوصا" في الأحواض الثانوية لوادي المورد، وادي باني حيووات ووادي الفرس.
6- تقرير دوري لنتائج المراقبة يجب أن يزود ويصدر من قبل هيئة الموارد المائية الوطنية.
7- بناء نظام قاعدة البيانات متكون من كل نتائج المراقبة و مجددة.
8- بناء نموذج الطبقة الصخرية المائية استنادا" إلى نتائج المراقبة وتحديثها لغرض التنبؤات المستقبلية عن مستوى الماء والنوعية.
9- إن نظام تزويد الماء يجب أن يزود المناطق الريفية خصوصا" تلك المناطق التي لوحظ فيها زيادة في تركيز الفلوريد.

وبكل تأكيد، فأن التوصية لا يمكن أن تنفذ في فترة قصيرة حيث أن مستوى الأولوية للمواد يجب أن تقر استنادا" إلى العوامل المختلفة والتي تتضمن ليس فقط عامل جيولوجيا المياه ولكن كذلك العامل الاجتماعي –الاقتصادي. وإضافة لذلك، بالطبع، فأن الموارد المالية وتدريب الموظفين المعنيين هو ضرورة لدعم تنفيذ هذه المواد.

المصادر

---

1 GAFAG (2007) صورة القمر الصناعي / دراسة تحليلِ بياناتِ سويّة مع الحقيقةِ الأرضيةِ والمراقبة الأرصاديةِ، نسخة ص 1.0,138.
2 نورمان ومولات،(2007): رصيد المياه والمراقبة الهيدروليكية , إس بي دبليو إم بي، مكوّن ثانوي 3 (d) نشاط (2)، ص 90.
3 الهيئة العامة للموارد المائية فرع صنعاء (2006): مراقبة النشاطاتِ في حوض صنعاء. التقرير التقني (2003-2005)، ص 46 .
4 مجموعة روبرت سون ذات المسؤولية العامة (1990) وزارة النفط والمعادن، الخريطة الهيدروليكية المدير العام، مشروع المصادر الطبيعية ،
5 التقرير الفني لمصادر تجهيز مياه صنعاء رقم (9) (1995) تقييم المياه السطحية لوادي خرد 1995,
6 Mosgiprovodkhoz (1986) وزارة الزراعة والثروات السمكية، مخطط مصادر مياه حوض صنعاء مخطط التقرير الملخص ،
7 راي -35 (1995) وزارة النفط والمعادن، مصادر مياه اليمن،تقرير راي –35
8 الأمانة الفنية لمجلس العالي للمياه (1992)، مصادرَ المياه السطحية ، التقريرِ النهائي الجزء الثالث
9 شركة هيدروسولت المحدودة. (2002) مشروع إدارةِ مياه حوض صنعاء وإدارة ودراسة إعادة ملي الطبقة الجوفيةِ ، إعادة تأهيل السدودِ،
10 مشروع التخطيط الجيولوجي اليمني الألماني (2004)، وزارة النفط والمعادن خريطةِ الجيو- البيئية لصنعاء.
11 تقرير مصادر تجهيز مياه صنعاء الفني رقم 5 (1996)؛ تقييم تأثيراتِ استعمال المياه الجوفيّةِ على توفر المياه الجوفيّةِ في حوض صنعاء، التقرير الفني رقم 5، الجزء الثاني، ملحق 1.
12 التقرير الفني لمصادر تجهيز مياه صنعاء رقم 13 (1996)الكيمياء المائية لحوض صنعاء وعِلْم الأحياء الدقيقة للمياه الجوفيّةِ تحت صنعاء 1996,
13 دراسة إدارة الموارد المائية لحوض صنعاء (2001) صفات الحوض واختيار مناطق الدراسة الأوليةِ، الجزء الثاني مصادر مياه، تقرير نهائي،مركز المياه والبيئة جامعةِ صنعاء.
14 S. Foster(2003) ، ترشيدُ استخدام مصادرِ المياه الجوفيّةِ في حوض صنعاء، البنك الدولي.
15 الأمانة الفنية لمجلس المياه العالي (1992)، مصادرِ المياه الجوفيّةِ التقرير النهائي الجزء الرّابع
16 bears(1979): عِلْم هيدروليكا المياه الجوفيّةِ. شركة McGraw Hill المحدودة.
17 Haward Humpherysوأبناء (1980) ، الهيئة العامة لتجهيز المياه والصرف الصحي ، تقرير تجهيز مياه صنعاء المرحلة.
18 Hamill and Bell.(1986): تنمية موارد المياه الجوفيّةِ. بوتر ورث، لندن
19 التقرير الفني لمصادر تجهيز مياه صنعاء رقم 14 (1996)،تفاصيل مشروع لتطوير المصدر.
20 هيدروسولت 2002 وزارة التخطيط وفريق تحضير مشروع التنمية ودراسة إدارة وتجهيز وإعادة ملي الطبقة الجوفيةِ ، الجزء الثاني التقرير المتنوع (1).
21 تقرير مصادر تجهيز مياه صنعاء الفني رقم 10 (1996)، تقييم المياه السطحيةِ لوادي سور دود 1995
22 تقرير مصادر تجهيز مياه صنعاء الفني رقم 7 (1996)،الوضع الحالي والمستقبليَ لتجهيز المياه في صنعاء 1995
23 إقرار وهيدروتكنيك (1982)، لتطوير وادي الجوف وروافده، بدائل المياه الجوفيّةِ
24 Uil and Dufour1990 ، مصادر مياه وادي اظانة ومنطقة مأرب ، التقرير الرئيسي، راي -15
25 التقرير الفني لمصادر تجهيز مياه صنعاء رقم 8 (1996) لاستكشاف حقل خولان وحجر رملي واجد 1996 الجزء الأول والثاني