مجلة جامعة الملك سعود، م١١، العلوم الهندسية (٢)، ص ص ٤٩- ٦٧ (١٤١٩هـ/١٩٩٩م)

حاضر ومستقبل موارد المياه الصالحة للشرب بمدينة الرياض

وليد محمد زاهد* و إبراهيم عبد الرحمن الشايع**

* قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة الملك سعود، ص.ب. ٨٠٠، الرياض ١١٤٢١

و** الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض، ص.ب. ٩٤٥٠١ الرياض ١١٦١٤، المملكة العربية السعودية

(استلم في ١٩٩٧/١٢/٧م؛ و قُبل للنشر في ١٩٩٨/٥/٤م)

ملخص البحث. تعتمد مدينة الرياض على مياه الخليج المحلاّة لإمدادها بحوالي ثلثي احتياجاتها للأغراض البلدية بينما تموّل مياه الآبار وخاصة العميقة الجزء المتبقي. يُقدّر متوسط استهلاك الفرد اليومي حاليا بحوالي ٣٤٨ لتر ولكن ذلك لا يمثّل معدل الطلب الحقيقي على المياه حيث إن المياه توزع على الأحياء السكنية أياماً محدّدة في الأسبوع نتيجة لتوقف إنتاج مصادر مياه الشرب عند طاقتها القصوى البالغة ١,٣٦ مليون م^3/يوم. و يترتب على ذلك مخاطر صحية وبيئية في حالة تسرب المياه الأرضية الملوثة بمياه بيّارات الصرف الصحي أو غيرها إلى داخل الأنابيب.

ويُتوقع أن تصل الطاقة الإنتاجية لمصادر المياه خلال العشر سنوات القادمة إلى حوالي ٢,١ مليون متر مكعب يومياً، و لكنها لن تكون قادرة على مواجهة الطلب المتوقع حيث سيتراوح النقص ما بين ١٠٠ ألف إلى ٣٠٠ ألف م^3/يوم خلال تلك الفترة. كما تبين المعلومات المتوافرة أن عددا كبير من المشتركين يصل إلى حوالي ٨١٪ يستهلك أقل من ١٠٠ متر مكعب شهريًّا مقابل مبلغ قدره ١٢,٥ ريال أو ما يعادل حوالي ٤٪ من تكاليف إنتاج وتوزيع المياه، وتغطي الإيرادات الكلية حاليًّا حوالي ١٠٪ من التكاليف ويتوقع أن تتراوح المعونة السنوية خلال العشر سنوات القادمة ما بين ١,٣ إلى ٢,٢٤ مليار ريال سعودي.

إن محدودية موارد مياه الشرب المحلية بمدينة الرياض كمًا ونوعًا وزيادة الاعتماد على مياه التحلية كمصدر رديف في ظل النمو السكاني المضطرد تشير إلى أهمية وضرورة تنمية هذه الموارد والمحافظة عليها

وذلك لمواجهة وتلبية الاحتياجات الحالية والمستقبلية. الأمر الذي يتطلب تشكيل هيئة واحدة تكون مسئولة عن إدارة هذه الموارد بشكل شامل و متكامل.

المقدمة

تعتبر المياه من أهم العوامل المؤثرة على قطاعات الإنتاج والتنمية الحضرية المختلفة لأي مدينة، خصوصا في ظل الظروف المناخية الصحراوية حيث تندر المياه كماً ونوعاً كما هو الحال في مدينة الرياض. فمناخ مدينة الرياض يتميز بدرجات حرارة عالية خصوصا في فصل الصيف حيث يبلغ المعدل الشهري حوالي ٤٤° م ويرتفع أحيانا إلى ٤٨°م، كما تنخفض نسبة الرطوبة من حوالي ٥٠٪ شتاءً لتصل إلى أقل من ٢٠٪ صيفًا. هذا إضافة إلى قلة الأمطار التي يبلغ متوسط هطولها السنوي حوالي ٩٠ملم، ومعدل التبخر العالي الذي يتراوح ما بين ٢٨٠٠ إلى ٣٨٠٠ ملم في السنة [١].

وتزداد أهمية المياه بازدياد النمو السكاني، العمراني، التجاري، الصناعي وما يترتب على ذلك من ازدياد الطلب عليها و ارتفاع معدلات الاستهلاك. ازداد عدد سكان مدينة الرياض من ١,٥مليون في عام ١٤٠٧هـ إلى حوالي ٣,٤ مليون في عام ١٤١٧هـ بمعدل نمو يزيد على ٧٪ سنوياً، ويتوقع أن يصل عدد السكان في عام ١٤٢٧هـ إلى حوالي ٦ مليون نسمة [٢]. كما ازدادت مساحة المناطق المطورة إلى ٦٥٦ كيلومتر مربع في عام ١٤١٧هـ أو ما يمثل ٣٦٪ من مساحة النطاق العمراني الأول والثاني البالغة حوالي ١٧٨٠ كيلومتر مربع، ويتوقع أن تتضاعف مساحة المناطق المطورة في السنوات القادمة حيث إن هناك حوالي ٥٨٧ كيلومتر مربع من المخططات المعتمدة في طور التطوير [٢].

تتناول هذه الورقة الوضع الحالي لموارد مياه الشرب المتاحة في مدينة الرياض والتي تشمل المياه الجوفية ومياه الخليج العربي المحلاة الواردة من محطة الجبيل. وتلقي الورقة الضوء أيضًا على نوعية مياه هذه الموارد والمرافق الخاصة بها من محطات تنقية وشبكات توزيع، علاوة على تقدير كميات المياه المتوقع احتياجها والكميات المتوقع توافرها خلال العشر السنوات القادمة وحجم التكاليف والمعونات المترتبة على ذلك. كما تتناول الورقة

إدارة الموارد المائية في المدينة وبعض الاقتراحات التي قد تساهم في المحافظة على هذه الثروة الحيوية وتعمل على تنميتها.

موارد المياه الصالحة للشرب و شبكات التوزيع

المياه الجوفية و محطات تنقية مياه الآبار

تعتبر المياه الجوفية أهم مورد مائي طبيعي لمدينة الرياض، و يمكن تقسيمها إلى نوعين:

مياه جوفية ضحلة أو متجددة

تعتمد هذه المياه في تغذيتها على الأمطار وجريان المياه في الأودية والشعاب، وتوجد في طبقات الرواسب الوديانية، والصخور الجيرية المتشققة للمتكوّنات الجيولوجية التي تقع عليها المدينة مثل متكوّن السلي ومتكوّن العرب. كانت مدينة الرياض حتى نهاية الخمسينات الميلادية تعتمد على مياه آبار الرواسب الوديانية في أودية حنيفة والبطحاء والأيسن والسلي كمصدر أساسي لتزويد السكان بالمياه، وحاليا تستغل معظم هذه الآبار السطحية للري و زراعة النخيل والخضراوات. ويوجد حاليا أكثر من ٤٠٠ بئر خاص تصل أعماق حفرها إلى حوالي ٢٠٠ متر وتستمد مياهها من خزان الرياض (الجزء السفلي من متكون العرب) وطبقات الصخور المتصدعة التي تعلوه [٣]. تستخدم مياه هذه الآبار لأغراض أخرى غير الشرب مثل الري، البناء والصناعة حيث إن الطبيعة الجيولوجية لهذه المتكوّنات تعرّضها للشحن بالمياه الأرضية الملوثة بمياه الصرف المتسربة من البيّارات.

ويوجد إلى الجنوب من مدينة الرياض حوالي ٣٠ بئر سطحي تُستغل لإمداد المدينة بمياه الشرب، تقع في وادي نساح، وادي نمار ووادي الحاير. يتراوح عمق الحفر لهذه الآبار ما بين ٦٠ إلى ٢٦٠ متر تحت سطح الأرض [٤]. تتميز مياه آبار وادي نساح بالعذوبة وبصلاحيتها للشرب بدون معالجة، أما مياه الحاير ونمار فتحتاج إلى معالجة لإزالة العسر الذي يصل إلى حوالي ٩٧٠ ملليجرام / لتر ككربونات الكالسيوم، والأملاح التي يصل تركيزها إلى حوالي ١٧٠٠ ملليجرام/ لتر [٤].

المياه الجوفية العميقة أو غير المتجددة

توجد هذه المياه في طبقات جيولوجية على أعماق تتراوح ما بين ٢٠٠ إلى ٢٠٠٠ متر من سطح الأرض يُقدر عمر معظمها بآلاف السنين. تشمل الطبقات الحاملة للمياه الجوفية العميقة طبقات المنجور، الوسيع، البياض وأم رضمة. تختلف هذه التكوينات الحاملة للمياه عن بعضها البعض من حيث السماكة، الامتداد، كمية المياه التي تحويها ونوعيتها، والخصائص الهيدرولوجية. وتستغل مدينة الرياض مياه هذه التكوينات كمياه شرب بعد معالجتها حيث يوجد حالياً حوالي ١٣٦ بئر عميق تشمل حقول آبار صلبوخ، البويب، الوسيع وآبار الرياض العميقة المنتشرة في المدينة. وتضم آبار الرياض العميقة آبار طريق صلبوخ، طريق الخرج، طريق الحجاز، آبار الملز، دعكنة، بعيجة، عرقة، القطار، الحزيمة، المنصورية، الحاير العميقة وغيرها.

تتميز مياه هذه الآبار بالحرارة المرتفعة التي تصل إلى ٦٨°م (ما عدا مياه الوسيع التي تصل درجة حرارتها إلى ٣٤°م)، والملوحة الزائدة التي تتراوح ما بين ١١٠٠ إلى ١٧٠٠ ملليجرام/ لتر [٤].

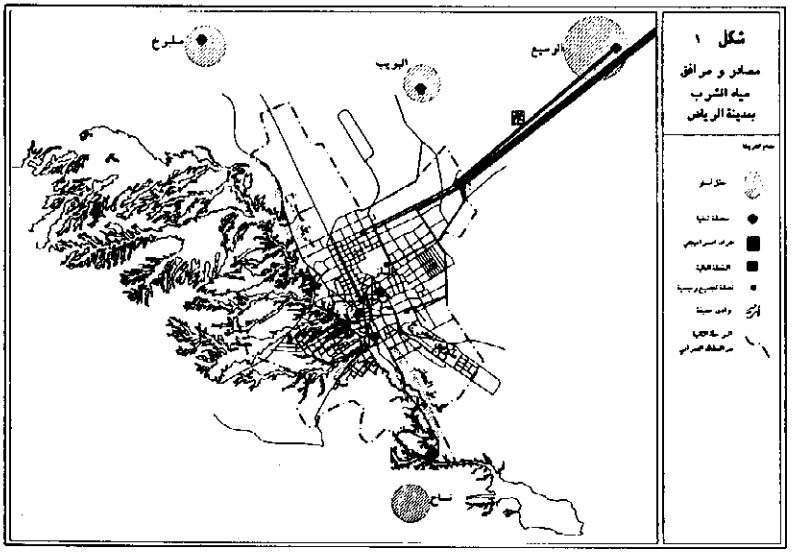
طبقة المنجور [٥]: تقع منكشفات طبقة المنجور على بعد من ٨٠ إلى ١٠٠ كيلومتر غرب مدينة الرياض ومن ثم تنحدر في اتجاه الشرق والشمال الشرقي حيث تبدأ في الاختفاء تحت طبقات جيولوجية حديثة، وتُقدّر سماكتها بحوالي ٤٠٠ متر. تصل أعماق الحفر لمياه المنجور في مدينة الرياض ما بين ١٢٠٠ إلى ١٨٠٠ متر. وتُغذي طبقة المنجور حاليا حقل آبار صلبوخ الذي يقع على بعد حوالي ٥٠ كيلومتر شمال مدينة الرياض، و حقل آبار البويب شمال شرق الرياض على بعد ٦٥ كيلومتر من المدينة، وآبار الرياض العميقة.

طبقات الوسيع – البياض [٥]: تعد هذه الطبقات من أوفر المكامن الجوفية للمياه. وتفصل صفائح من الحجر الرملي طبقة الوسيع عن طبقة البياض التي تقع تحتها. تقع الأجزاء المنكشفة من طبقة الوسيع شرق الرياض على بعد ٥٠ كيلومتر من المدينة، وتمتد في اتجاه الشمال الشرقي حيث تهبط إلى أسفل مختفية تحت التكوينات الجيولوجية الحديثة في المنطقة الشرقية من المملكة. تتراوح سماكة تكوين الوسيع ما بين ١٠٠ إلى ٢٥٠ متر حسب الموقع والتضاريس الأرضية، وتتراوح أعماق الحفر للوصول لمياه هذه التكوينات ما بين

٤٠٠ إلى ٥٠٠ متر. تُغذي طبقات البياض-الوسيع حقل آبار الوسيع على بعد حوالي ١١٠ كيلومتر شرق الرياض. وتُغذي طبقة البياض آبار وادي نساح المتوسطة العمق (١٥٠-٣٠٠ متر) التي تقع جنوب الرياض على بعد حوالي ٤٠ كيلومتر.

محطات تنقية مياه الآبار

تُعالج المياه المستخرجة من الآبار الجوفية الصالحة للشرب في ثمان محطات موزعة في المدينة تبلغ طاقتها الإنتاجية ٥٣٠,٠٠٠ م^{٣}/يوم [٦]. ويوضح شكل(١) مواقع محطات تنقية المياه وحقول الآبار. بلغ متوسط الإنتاج اليومي لهذه المحطات في عام ١٤١٧هـ حوالي ٣٨٤,٣٢٤ متر مكعب أو ما يعادل ٣٣٪ من متوسط كمية المياه الموزعة يوميا والبالغ ١,١٦٥,٨٥٤ متر مكعب [٧]. وعادة ما تعمل هذه المحطات بطاقتها القصوى خلال فصل الصيف. ولكن عند توسعة بعض المحطات الحالية فإنه يمكن الاستفادة من الطاقة الإنتاجية القصوى للآبار التي تقدّر بحوالي ٦٧٢,٠٠٠م^{٣}/يوم.



الشكل رقم (١). مصادر ومرافق مياه الشرب بمدينة الرياض.

مياه البحر المحلاّة

بدأ الاعتماد على مياه البحر المحلاة الواردة من محطة الجبيل للتحلية التي تبعد عن الرياض مسافة ٤٦٦ كيلومتر عبر خطي أنابيب بقطر ١,٥ متر لكل منهما، كمصدر إضافي في عام ١٤٠٣هـ. وزادت أهمية هذا المصدر مع الوقت في تلبية احتياجات النمو السكاني، التجاري و الصناعي المضطرد حيث زاد متوسط كمية المياه الواردة من الجبيل من ٨٥,٠٠٠ م^٣/يوم في عام ١٤٠٣هـ حتى وصل إلى ٧٨١,٣٥٠ م^٣/يوم أو ما يوازي ٦٧٪ من كمية المياه الموزعة في عام ١٤١٧هـ[٧]. هذا بالإضافة إلى أن محطة الجبيل تعمل خلال فصل الصيف ومنذ عدة سنوات بطاقتها الإنتاجية القصوى البالغة ٨٣٠,٠٠٠ متر مكعب في اليوم.

هذه المياه المحلاة الخالية من الأملاح المعدنية تضخ من الجبيل بواسطة ست محطات ضخ موزعة على طول خطي الأنابيب من محطة الجبيل، وتخلط مع مياه محطة الوسيع بنسبة أربعة إلى واحد في ستة خزانات أرضية (سعتها الإجمالية تبلغ ٣٠٠,٠٠٠ متر مكعب) تقع في المنطقة العالية بطريق خريص شرق الرياض [شكل(١)] وذلك لجعل المياه المحلاة صالحة للشرب، ومن ثم تضخ إلى محطات التجميع الرئيسية الثلاث (المحطة المركزية بالروضة والمحطة الشمالية والمحطة الجنوبية) والمزودة بوحدات كلورة ليعاد ضخها في شبكة المياه العامة وتوزيعها حسب مستويات الضغط والطلب على المياه.

شبكة توزيع المياه

يتم توزيع المياه المعالجة و المياه المخلوطة بواسطة شبكة توزيع يبلغ طولها أكثر من ٩,٠٠٠ كيلومتر[٨]، وتغطي حوالي ٨٥٠ كلم^٢ و تخدم أكثر من ٩٩٪ من السكان [٧]. وتعتبر محطات التجميع الثلاث النقاط الرئيسية لتوزيع مياه الشرب في الشبكة العامة للمياه. ويرتبط بالشبكة كذلك محطات لتقوية الضخ ولإيصال الماء إلى المناطق المرتفعة، بالإضافة إلى مجموعة أخرى من الخزانات الأرضية والعلوية لموازنة عمليات الضخ ومستويات الضغوط في الشبكة (أغراض تشغيلية) [٧]. كما يوجد خزانين أرضيين للطوارىء أنشأتهما وزارة الزراعة والمياه بطاقة إجمالية قدرها ثلاثة ملايين متر مكعب، ولكنهما في مرحلة

الاختبار التشغيلي. سيعمل هذان الخزانان على استقبال المياه المحلاة من الجبيل بعد خلطها بمياه محطة الوسيع و تغذية شبكة المياه، وكمخزن احتياطي للمياه في حالة الطوارىء.

إن الطاقة التخزينية الحالية للخزانات العلوية (عدد ١٨) والأرضية (عدد ٢١) والتي تبلغ ٨٠٠,٨٦٠ م^3 كافية لتزويد المدينة بالمياه لمدة ١٦ ساعة تقريبا على أساس أن متوسط الطلب يساوي متوسط الاستهلاك (١,١٦٥,٨٥٤م^3/يوم في ١٤١٧هـ) وذلك في حالة انقطاع المياه عن المدينة كحدوث عطل رئيسي في أنابيب الإمداد الرئيسية أو محطات الضخ. ولكن تستخدم هذه الطاقة حاليا لأغراض التشغيل وليس كمخزون استراتيجي لمواجهة حالات الطوارىء. ويفضل عادة توفير طاقة تخزينية لمواجهة حالات الطوارىء تكفي لتزويد المدينة بالمياه لمدة ٢٤ ساعة على الأقل [٩، ص ٤١٤]، و ذلك لا يشمل الطاقة التخزينية لموازنة الطلب المتغير ولموازنة الضغط في الشبكة ولإطفاء الحرائق. ويجب ملاحظة أن نوعية العطل المتوقع والمدة اللازمة لتصليح العطل هي التي تحدد الطاقة التخزينية للطوارىء. وباعتبار المسافة الطويلة التي تقطعها المياه من الجبيل إلى الرياض والاعتماد الكبير على مياه التحلية حاليا فإن من الحكمة توفير طاقة تخزينية لمدة أسبوع على الأقل لمواجهة أسوأ الحالات الطارئة. وسيعمل خزانا وزارة الزراعة و المياه حال الانتهاء من إنشائهما على توفير مخزون يفي بالاحتياجات الحالية لمدة يومين و نصف تقريبا.

كميات ومعدلات استهلاك المياه للأغراض البلدية

لا توجد حاليا معلومات كافية لتقويم استهلاك المياه التي تضخ في الشبكة حسب الاستخدامات البلدية المختلفة. ولكن طبقا لعدد توصيلات الخدمة أو عدادات المياه حتى نهاية عام ١٤١٦هـ والبالغ عددها ٢١٨,٥٦١ توصيلة منزلية أو عداد فإن القطاع السكني يشكل الجزء الأكبر من المشتركين بنسبة تزيد على ٨٥٪، بينما يمثل القطاع التجاري، القطاع الصناعي والاستخدام الحكومي ما نسبته ٤,٨٪، ٠,٧٪ و٢,٥٪ على الترتيب [٧]. وتمثل العدادات غير معروفة الاستخدام نسبة ٧٪. ولكن يجب ملاحظة أن هذه النسب لا تعكس كميات المياه الفعلية المستخدمة للأغراض المختلفة. فكمية المياه المستخدمة للأغراض السكنية عادة ما تمثل حوالي ٤٥٪ من الكمية الكلية المستخدمة للأغراض البلدية المختلفة [٩، ص ٣٨٥].

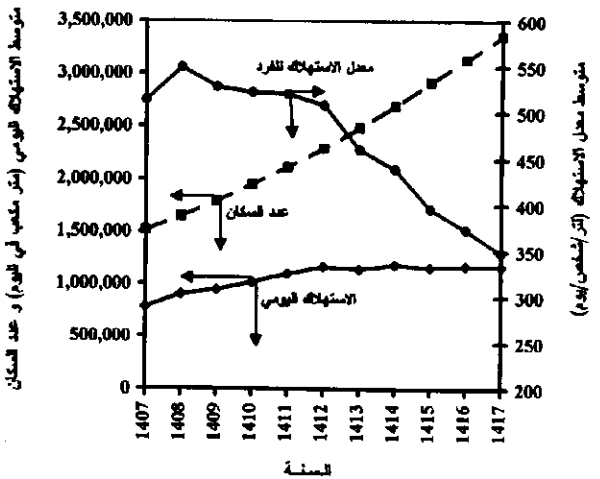
الجدول رقم (١). كمية المياه المستهلكة ومعدل استهلاك الفرد بمدينة الرياض ١٤٠٧-١٤١٧هـ.

السنة	عدد السكان*	متوسط الاستهلاك اليومي (م٣/يوم) [٧]	معدل الاستهلاك (لتر/شخص/يوم)
١٤٠٧هـ	١,٥١١,٧٧٦	٧٧٦,٩٣٧	٥١٤
١٤٠٨هـ	١,٦٤٤,٨١٢	٩٠٢,٨٦٤	٥٤٩
١٤٠٩هـ	١,٧٨٩,٥٥٦	٩٤٤,١٩٥	٥٢٨
١٤١٠هـ	١,٩٤٧,٠٣٧	١,٠١٧,١٨٤	٥٢٢
١٤١١هـ	٢,١١٠,٥٨٨	١,٠٩٦,٠٩٧	٥٢٠
١٤١٢هـ	٢,٢٨٧,٨٧٧	١,١٦١,٧٠٤	٥٠٨
١٤١٣هـ	٢,٤٨٠,٠٥٩	١,١٤٠,٣٣١	٤٦٠
١٤١٤هـ	٢,٦٨٨,٣٨٤	١,١٨١,٤٣٨	٤٣٩
١٤١٥هـ	٢,٩١٤,٢٠٨	١,١٥٣,٥٦٨	٣٩٦
١٤١٦ هـ	٣,١٢٥,٤٨٨	١,١٧٠,١٥٠	٣٧٤
١٤١٧ هـ	٣,٣٥٢,٠٨٦	١,١٦٥,٨٥٤	٣٤٨

* تقديرات الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض في عام ١٤١٧هـ.

يوضح جدول (١) متوسط كميات المياه المستهلكة يوميا خلال السنوات من ١٤٠٧هـ إلى ١٤١٧هـ ومتوسط معدل استهلاك الفرد اليومي لكل سنة، ويبين الشكل رقم (٢) هذه المعلومات بيانيا. يتبين من ذلك أنه منذ بداية ١٤١٢هـ وحتى الوقت الحاضر لم تتغير كمية المياه الموزعة بنسبة تذكر حيث تراوحت كمية المياه خلال الفترة ١٤١٢-١٤١٧هـ ما بين ١,١٤ و١,١٨ مليون متر مكعب يوميا بالرغم من ازدياد عدد السكان بنسبة ٤٦٪ من ٢,٢٩ إلى ٣,٣٥ مليون نسمة علاوة على التقدم الصناعي والتجاري الذي تشهده الرياض. وترتب على ذلك انخفاض معدل استهلاك الفرد اليومي خلال تلك الفترة من ٥٠٨ لتر في عام ١٤١٢هـ إلى ٣٤٨ لتر في عام ١٤١٧هـ. وبالتالي فإن هذه القيم لا تمثل المعدلات الحقيقية للاستهلاك. ويأتي ذلك نتيجة طبيعية لتطبيق نظام تقنين المياه على أحياء المدينة كل يومين أو ثلاثة بسبب عدم قدرة المصادر المتاحة على مواكبة الطلب على المياه. فقد تجاوز أقصى استهلاك للمياه في صيف عام ١٤١٧هـ والبالغ ١,٣٨١,٤٢٣ م٣/يوم الطاقة الإنتاجية القصوى لمحطات تنقية المياه ومحطة الجبيل للتحلية البالغة

١,٣٦٠,٠٠٠ م^3/يوم. كل ذلك يشير إلى وجود نقص في تزويد المياه نتيجة لعدم تطوير مصادر مياه إضافية علاوة على عدم وجود سعة تخزينية كافية لموازنة الطلب وضغط المياه في شبكة التوزيع ولمواجهة الطوارىء. إن انقطاع المياه أو انخفاض ضغط الماء في الأنابيب قد يتسبب في تسرب المياه الأرضية و الملوثة بمياه الصرف المتسربة من البيّارات أو غيرها إلى داخل الأنابيب خلال بعض الشقوق والانكسارات نتيجة قدم الأنابيب وتآكلها خاصة عندما يرتفع منسوب المياه الأرضية إلى مستوى أنابيب المياه، مما يؤدي إلى تلوث مياه الشرب بميكروبات ممرضة و مواد كيميائية ضارة بالصحة. والجدير بالذكر أن مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة الرياض تقوم بتنفيذ برنامج لترشيد استهلاك المياه منذ عام ١٤٠٩هـ [٦]، الأمر الذي يساهم في خفض كمية المياه المتسربة و المهدرة، وتحسين كفاءة تشغيل شبكة التوزيع. يشمل الجانب الفني لبرنامج الترشيد إجراءات عدة مثل الكشف عن التسربات من شبكة المياه العامة وشبكات المباني الخاصة والعامة، تطبيق نظام التحكم الآلي في الشبكة، خفض أقطار التوصيلات المنزلية، وإعداد مواصفات قياسية للأدوات و المواد الصحية.



الشكل رقم (٢). كميات ومعدلات استهلاك المياه بمدينة الرياض من ١٤٠٧هـ إلى ١٤١٧هـ.

ويتفحص معدلات استهلاك الفرد خلال السنوات الخمس التي سبقت نظام تقنين المياه (١٤٠٧-١٤١١هـ) نجد أنها تتراوح ما بين ٥١٤ إلى ٥٤٩لتر/يوم، وهي معدلات مرتفعة نوعا ما باعتبار محدودية الموارد المائية. وبمقارنة هذه المعدلات بتلك التي للدول الخليجية الأخرى نجد أنها متقاربة عدا دولة عمان. فقد بلغ المعدل في الكويت ودبي حوالي ٥٣٠ لتر وفي البحرين ٥٥٠ لتر وفي قطر ٤٠٠ لتر وذلك لعام ١٤١٤هـ، أما في عمان فقد بلغ معدل الاستهلاك حوالي ١٠٠ لتر [٧]. وفي مدن شمال أمريكا، يبلغ متوسط معدل استهلاك الفرد اليومي للمياه للأغراض البلدية حوالي ٦٠٠ لتر، ويتراوح ما بين ٣٠٠ إلى ٩٠٠ لتر حسب حجم الأنشطة الصناعية، التجارية، حالة الطقس، مدى اعتماد المصانع على مياه الشبكة وغير ذلك من العوامل المؤثرة في استهلاك المياه [٩، ص ٣٨٥]. ويجب ملاحظة أن الصناعات التي تتطلب كميات كبيرة من المياه عادة ما توفّر مصادر مياه خاصة بها ولا تستعمل مياه الشبكة، كما هو الحال حاليا في مصفاة الرياض و مصنع الأسمنت.

توقعات الطلب على المياه في المستقبل

إن حساب كمية المياه المطلوب توافرها في المستقبل لمدينة ما عملية يكتنفها نوع من الصعوبة وتتطلب معرفة أمور عديدة يمكن إجمالها في ثلاث نقاط رئيسية: (ا) معرفة عدد السكان المتوقع خدمتهم، (ب) معرفة معدل الطلب على المياه للاستخدامات المختلفة، و(جـ) تحليل دقيق للعوامل التي تؤثر على استهلاك المياه. بالنسبة لعدد السكان فإن تقديرات الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض والتي بنيت على دراسات مستفيضة تشير إلى أن عدد السكان في المدينة سيتزايد خلال السنوات العشر القادمة بمعدلات نمو تتناقص تدريجيا من ٧,٢٥٪ حاليا إلى أن تصل إلى ٥,٤٪ في نهاية الفترة ليصل عدد السكان في عام ١٤٢٧هـ إلى حوالي ٦,١٣ مليون نسمة [٧]. أما بالنسبة للعوامل و المتطلبات الأخرى فإن تناولها وتدقيقها بالتفصيل يقع خارج مجال هذه الورقة. إضافة إلى ذلك ونظرا لعدم توافر معلومات كافية عن كميات المياه المستخدمة للأغراض البلدية المختلفة وعدم إمكانية الاعتماد على معدلات الاستهلاك خلال سنوات تقنين المياه و تلك خلال السنوات السابقة

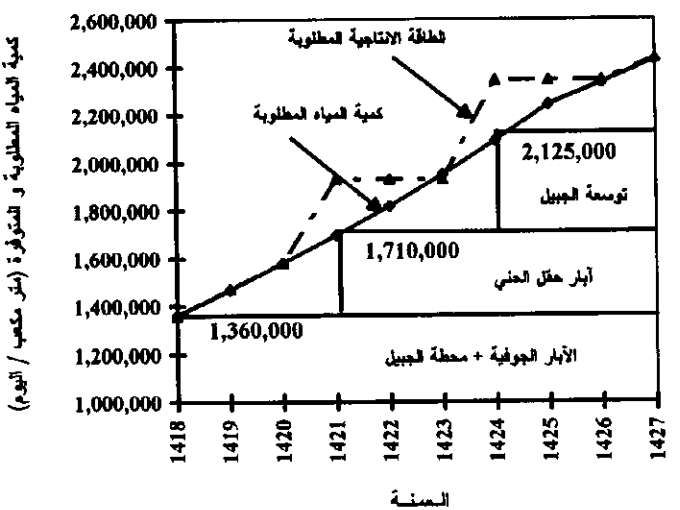
لأسباب سبق ذكرها، علاوة على أهمية اعتبار محدودية مصادر المياه لمدينة الرياض، فإن تقدير احتياجات مدينة الرياض للمياه للأغراض البلدية والموزعة بواسطة شبكة المياه خلال السنوات العشر القادمة سيكون مبنيا على تقديرات السكان المتوافرة، وعلى أساس أن معدل الطلب على الماء في عام ١٤١٨هـ سيكون في نطاق كميات المياه المتوافرة حاليا، وبافتراض زيادة سنوية ثابتة في معدل الطلب تساوي ٠,٥٪ [٩، ص ٣٨٤] أو حوالي ٢,٠ لتر/ شخص/يوم في السنة.

بناءً على ما سبق وحيث إن عدد السكان لعام ١٤١٨هـ يقدر بحوالي ٣,٦٠ مليون نسمة وأن كمية المياه المطلوبة تساوي الطاقة الإنتاجية القصوى لمحطات التنقية ومحطة التحلية معا والبالغة ١,٣٦٠,٠٠٠ م^٣/يوم، فإن متوسط معدل الطلب على المياه في عام ١٤١٨هـ يقدر بحوالي ٣٧٨ لتر/شخص/يوم. يبين جدول (٢) وشكل (٣) المتوسطات اليومية المتوقعة للطلب على المياه خلال العشر سنوات القادمة، وكميات المياه المتوقع إنتاجها خلال تلك السنوات وذلك حسب تقديرات وزارة الزراعة والمياه والمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة. حيث تخطط وزارة الزراعة و المياه حاليا لاستغلال حقل الحنى الذي يقع شرق خريص جنوب طريق الدمام-الرياض القديم لإنتاج ما يقارب من ٣٥٠,٠٠٠م^٣/يوم في نهاية عام ١٤٢٠هـ [١٠]. كما يجري العمل الآن على إنشاء خط ثالث بقطر ١٥٢٤ملم من محطة الجبيل بطاقة تقدر بحوالي ٤١٥,٠٠٠م^٣/ يوم وذلك لتغذية مدينة الرياض بالمياه المحلاة بعد الانتهاء من التوسعة الثانية لمحطة الجبيل في ١٤٢٣-١٤٢٤هـ [١٠]، والتي تقدر طاقتها الإنتاجية بحوالي ٧٢٧,٣٠٠ م^٣/يوم [١١]. وستعمل هذه المصادر الإضافية على زيادة كمية المياه المتاحة إلى ١,٧١٠,٠٠٠ م^٣/ يوم في عام ١٤٢١هـ وإلى ٢,١٢٥,٠٠٠ م^٣/يوم في عام ١٤٢٤هـ، ولكنها لن تكون كافية لتلبية الاحتياجات المتوقعة كما هو موضح في شكل (٣) حيث إن العجز في المياه خلال العشر سنوات المقبلة يتوقع أن يتراوح تقريبا ما بين ١٠٠,٠٠٠ إلى ٣٠٠,٠٠٠ م^٣/يوم. ولمواجهة هذا النقص فإنه يتحتم زيادة متوسط الطاقة الإنتاجية لمصادر المياه بحوالي ١١٠,٠٠٠ م^٣/يوم في بداية كل من عام ١٤١٩هـ وعام ١٤٢٠هـ، وكذلك إضافة حوالي ٩٠,٠٠٠ م^٣/يوم في مستهل عام ١٤٢٧هـ.

الجدول رقم (٢). الطلب على المياه والكميات المتوقع إنتاجها من عام ١٤١٨ إلى عام ١٤٢٧هـ.

السنة	عدد السكان*	معدل الطلب (لتر/شخص/يوم)	كمية المياه المطلوبة (م٣/يوم)	كمية المياه المتوقع توافرها (م٣/يوم)	النقص في الإمداد (م٣/يوم)
١٤١٨هـ	٣,٥٩٥,١١٢	٣٧٨	١,٣٦٠,٠٠٠	١,٣٦٠,٠٠٠	-
١٤١٩هـ	٣,٨٥٥,٧٥٨	٣٨٠	١,٤٦٥,١٨٨	١,٣٦٠,٠٠٠	١٠٥,١٨٨
١٤٢٠هـ	٤,١٣٥,٣٠٠	٣٨٢	١,٥٧٩,٦٨٥	١,٣٦٠,٠٠٠	٢١٩,٦٨٥
١٤٢١هـ	٤,٤١٢,٣٦٥	٣٨٤	١,٦٩٤,٣٤٨	١,٧١٠,٠٠٠	١٥,٦٥٢+
١٤٢٢هـ	٤,٧٠٧,٩٩٤	٣٨٦	١,٨١٧,٢٨٦	١,٧١٠,٠٠٠	١٠٧,٢٨٦
١٤٢٣هـ	٥,٠٢٣,٤٢٩	٣٨٨	١,٩٤٩,٠٩٠	١,٧١٠,٠٠٠	٢٣٩,٠٩٠
١٤٢٤هـ	٥,٣٥٩,٩٩٩	٣٩٠	٢,٠٩٠,٤٠٠	٢,١٢٥,٠٠٠	٣٤,٦٠٠+
١٤٢٥هـ	٥,٧٢٠,١٠٠	٣٩٢	٢,٢٤٢,٢٧٩	٢,١٢٥,٠٠٠	١١٧,٢٧٩
١٤٢٦هـ	٥,٩٢٠,٩٨٥	٣٩٤	٢,٣٣٢,٨٦٨	٢,١٢٥,٠٠٠	٢٠٧,٨٦٨
١٤٢٧هـ	٦,١٣٢,٧١٩	٣٩٦	٢,٤٢٨,٥٥٧	٢,١٢٥,٠٠٠	٣٠٣,٥٥٧

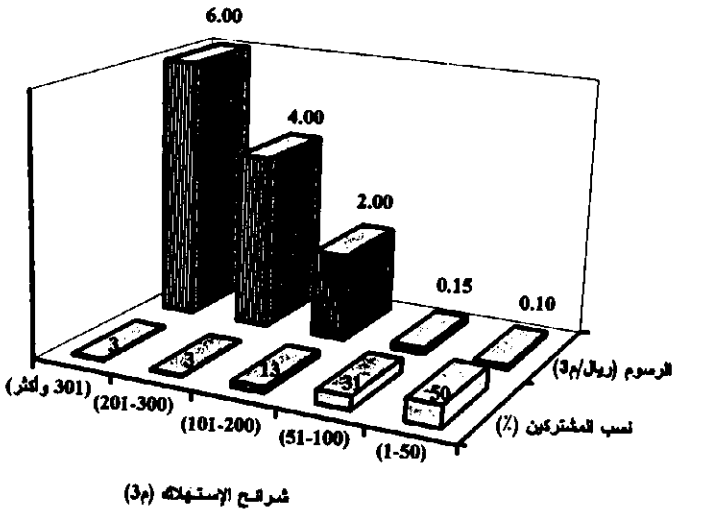
* تقديرات الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض في عام ١٤١٧هـ.



الشكل رقم (٣). الطلب على المياه والكميات المتوقع إنتاجها بمدينة الرياض من ١٤١٨ إلى ١٤٢٧هـ.

تكلفة إمدادات المياه، الإيرادات، والدعم الحكومي

تقدر تكلفة إنتاج وتوزيع المياه الجوفية بحوالي ٢,٥ ريال/م^{٣}، وتكلفة إنتاج ونقل المياه المحلّاة بحوالي ٣,٢٤ ريال/م^{٣} وذلك كحد أعلى[٧]. تتضمن تكلفة الإنتاج تكاليف المشروع الإنشائية، وتكاليف الصيانة والتشغيل. وبما أن كمية المياه المحلّاة وكمية مياه الآبار المعالجة في عام ١٤١٧هـ تمثلان حوالي ٦٧٪ و٣٣٪ على الترتيب من متوسط كمية المياه المستهلكة يوميا، فإن متوسط تكلفة المتر المكعب الواحد من المياه يساوي ٣,٠٠ ريال (٣,٢٤* ٠,٦٧ + ٢,٥* ٠,٣٣ = ٣).



الشكل رقم (٤). رسوم استهلاك المياه ونسب المشتركين في مدينة الرياض.

أما بالنسبة إلى الإيرادات فتعتمد على رسوم المياه طبقاً لنظام الشرائح التصاعدية الموحّد لجميع الفئات المستهلكة للمياه (سكني، تجاري، حكومي...) كما هو موضح في شكل (٤)، وعلى كمية المياه المستهلكة حسب الشرائح. وطبقا للمعلومات المستقاة من

مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة الرياض [٧] فإن حوالي ٥٠٪ من المشتركين يقع في الشريحة الأولى و٣١٪ يقع في الشريحة الثانية، أما نسبة المشتركين في الشرائح الأخرى فتُقدر بحوالي ١٣٪، ٣٪، و٣٪ على الترتيب. وبالتالي فإن حوالي ٨١٪ من مشتركي مدينة الرياض يستهلك أقل من ١٠٠م^{٣} في الشهر مقابل مبلغ قدره ١٢,٥ ريال حيث يغطي الدعم الحكومي في الشريحتين الأولى والثانية جزء كبير من تكاليف المياه يبلغ ٩٦,٧٪ و٩٥٪ على الترتيب. وبما أن كمية المياه المفقودة تُقدر بحوالي ٢٥٪ [٧] بما في ذلك تسربات الشبكة فإن الإيرادات المتحصل عليها تمثل ٧٥٪ من الإيرادات الكلية .ولكن هذه المعلومات غير كافية لحساب الإيرادات المستقبلية المتوقعة باستخدام نظام الشرائح إذ أنه لا تتوافر حالياً معلومات عن التوزيع النسبي لكمية المياه في الشرائح المختلفة. لذلك فقد تم تقدير الإيرادات السنوية المتوقعة والدعم السنوي المطلوب في العشر سنوات القادمة بناءً على نسبة الإيرادات الحقيقية إلى التكلفة التقديرية خلال السنوات السابقة. ففي عام ١٤١٥هـ بلغت إيرادات المصلحة من مدينة الرياض فقط ١٢٤,٤٦٣,٢١٢ ريال [٦] مقابل تكلفة تُقدر بحوالي ١,٢٢٥ مليار ريال، أو ما يوازي حوالي ١٠٪ من تكاليف الإنتاج و التوزيع.

يبين جدول (٣) الإيرادات و المعونات السنوية المتوقعة في العشر سنوات القادمة، على افتراض ثبات تكلفة المتر المكعب الواحد خلال هذه الفترة وعلى افتراض أن الإيرادات في عام ١٤١٨هـ ستغطي ١٠٪ من التكاليف وستزداد هذه النسبة سنوياً بنسبة توازي نسبة زيادة الطلب على المياه (حوالي ٦٪). و لكن يتوقع أن تساهم جهود ترشيد المياه في انضمام نسبة أكبر من المشتركين إلى الشرائح الأولى المنخفضة السعر مما قد يؤدي إلى انخفاض زيادة نسبة الإيرادات من ٦٪ إلى ٣٪ سنوياً لتصبح ١٠,٣٪ في عام ١٤١٩هـ و تصل إلى حوالي ١٣٪ في عام ١٤٢٧هـ. بناءً على ذلك فإن المعونة الحكومية ستزداد من حوالي ١,٣ مليار ريال في عام ١٤١٨هـ إلى حوالي ٢,٢٤ مليار في عام ١٤٢٧هـ ليصل مجموع المعونات في نهاية الفترة إلى ١٧,٨ مليار تقريباً.

الجدول رقم (٣). تكاليف إنتاج و توزيع المياه و الإيرادات و المعونات المتوقعة من عام ١٤١٨ إلى عام ١٤٢٧هـ.

السنة	متوسط كمية المياه المطلوبة (م٣/يوم)	التكلفة السنوية (مليار ريال)+	الإيرادات السنوية (مليون ريال)	المعونة السنوية (مليار ريال)
١٤١٨هـ	١,٣٦٠,٠٠٠	١,٤٤٤	١٤٤	١,٣٠٠
١٤١٩هـ	١,٤٦٥,١٨٨	١,٥٥٦	١٦٠	١,٣٩٦
١٤٢٠هـ	١,٥٧٩,٦٨٥	١,٦٧٨	١٧٨	١,٥٠٠
١٤٢١هـ	١,٦٩٤,٣٤٨	١,٨٠٠	١٩٧	١,٦٠٣
١٤٢٢هـ	١,٨١٧,٢٨٦	١,٩٢٩	٢١٧	١,٧١٢
١٤٢٣هـ	١,٩٤٩,٠٩٠	٢,٠٦٩	٢٤٠	١,٨٢٩
١٤٢٤هـ	٢,٠٩٠,٤٠٠	٢,٢٢٠	٢٦٥	١,٩٥٥
١٤٢٥هـ	٢,٢٤٢,٢٧٩	٢,٣٨١	٢٩٣	٢,٨٨
١٤٢٦هـ	٢,٣٣٢,٨٦٨	٢,٤٧٧	٣١٤	٢,١٦٣
١٤٢٧هـ	٢,٤٢٨,٥٥٧	٢,٥٧٩	٣٣٧	٢,٢٤٢
المجموع		٢٠,١٣٣	٢,٣٤٥	١٧,٧٨٨

+ الأرقام مقربة إلى أقرب مليون.

ملاحظة: بنيت الحسابات على أساس أن السنة = ٣٥٤ يوم.

إدارة موارد المياه بمدينة الرياض

تتوزع مهام إدارة موارد المياه في مدينة الرياض على عدة جهات تشمل:

- **وزارة الزراعة و المياه**

تتولى مهمة إدارة و تنمية موارد المياه و تنفيذ المشاريع المائية من سدود، آبار، شبكات توزيع وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة.

- **المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة (وزارة الزراعة و المياه)**

تقوم بإدارة صناعة تحلية مياه البحر و نقلها إلى المدينة.

- **مصلحة المياه والصرف الصحي (وزارة الشئون البلدية والقروية)**

تتولى تشغيل وصيانة مشاريع الآبار، محطات التنقية وشبكات التوزيع، وكذلك إنشاء، صيانة وتشغيل مرافق الصرف الصحي.

• **أمانة مدينة الرياض (وزارة الشئون البلدية و القروية)**

تتولى تصريف مياه السيول و توفير مصادر مائية لري الحدائق والمتنزهات العامة.

• **الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض**

وهي الجهة المسئولة عن تخطيط المدينة و تتولى الإشراف على وادي حنيفة وبرنامج السيطرة على ارتفاع منسوب المياه الأرضية.

• **إدارات التشغيل والصيانة في بعض المجمعات السكنية، الحكومية، التعليمية والتجارية**

وهي مسئولة بشكل أو آخر عن إدارة المياه في هذه المجمعات.

تقوم كل جهة بإعداد مشاريعها ودراساتها فيما يخصها فقط وبشكل منعزل تقريبا عن الجهات الأخرى فيما عدا في بعض الأمور أو المشاريع التي تشكل لها لجان مشتركة. وعادة ما يستغرق تشكيل هذه اللجان واتخاذها للقرارات وقتا طويلا يحول دون تطبيق وتنفيذ العديد من قراراتها.

الخلاصة والتوصيات

يتضح مما سبق عرضه أن متطلبات مدينة الرياض من المياه الصالحة للشرب ستتزايد عما هو عليه الآن وأن الموارد المتاحة لن تكون كافية للوفاء بالاحتياجات المتوقعة مما يزيد من حجم و أهمية المسئولية الملقاة على عاتق الجهات المعنية بقطاع المياه ليس فقط لضرورة توفير كميات من المياه تفي بالاحتياجات المنزلية، الصناعية، الزراعية وغير ذلك من الأنشطة والأغراض في الوقت الحاضر، وبنوعية مناسبة لهذه الاستخدامات، بل أيضا لضرورة المحافظة على الموارد المائية الحالية، تنميتها والبحث عن موارد جديدة لمواجهة احتياجات الأجيال القادمة.

على ضوء ذلك، نوصي بما يلي:

١- إعادة النظر في تعرفة المياه بما يتناسب مع تكلفة إنتاج وتوزيع المياه وبشكل يسهم في الحد من الإسراف في استهلاك المياه. ويتطلب ذلك ضمن أمور أخرى معرفة التوزيع النسبي لكمية المياه المستهلكة حسب شرائح الاستهلاك.

٢- دعم جهود ترشيد استهلاك المياه بين الجهات المعنية وتوحيدها.

٣- زيادة الاستفادة من مياه الصرف الصحي المعالجة للأغراض الزراعية والصناعية المختلفة ضمن المعايير والمقاييس الخاصة لكل استخدام، وأيضا استغلال المياه الأرضية، مياه السيول ودراسة إمكانية استخدامها محليا في الأحياء لأغراض الري وغيرها و ذلك لتوفير المياه الصالحة للشرب لاستخداماتها الحقيقية.

٤- إنشاء قاعدة معلومات خاصة بموارد المياه و استخداماتها المختلفة ومعدلات الطلب عليها، و توفيرها للباحثين والجهات المعنية بقطاع المياه والتخطيط الحضري. هذه القاعدة المعلوماتية سوف تساهم في سرعة إنجاز المشاريع والدراسات المائية وتشجيع الأبحاث في مجال المياه وترشيدها.

٥- تشكيل هيئة أو جهة واحدة بالمدينة تكون مسئولة بشكل رئيسي ومباشر عن إدارة الموارد المائية وتنميتها، وتقوم بالتنسيق مع الجهات الأخرى المعنية بقطاع المياه مما يساعد على تكثيف وتوحيد الجهود وتوفير الوقت.

المراجع

[١] مركز المشاريع والتخطيط. *تقرير الموارد البيئية للمرحلة الأولى لاستراتيجية التطوير الحضري لمدينة الرياض*. الرياض: الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض، ١٤١٨هـ.

[٢] مركز المشاريع والتخطيط. *التقرير النهائي للمرحلة الأولى لاستراتيجية التطوير الحضري لمدينة الرياض*. الرياض: الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض، ١٤١٨هـ.

[٣] مركز المشاريع والتخطيط. *برنامج السيطرة على مشكلة ارتفاع منسوب المياه الأرضية في مدينة الرياض و علاج أثارها: المجلد الأول: البيئة الطبيعية*. الرياض: الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض، ١٤١٠هـ.

[٤] أبو عباة، إبراهيم محمد. "مشاكل التشغيل والصيانة الخاصة بالآبار الجوفية عند تقادمها." *سجل بحوث مؤتمر الخليج الثالث للمياه* من ٢٩ شوال إلى ٤ ذو القعدة ١٤١٧هـ، ١٥٩-١٧٠.

[٥] Arab Institute for Urban Development. *Riyadh, The City of the Future*. Riyadh: AIUD. 1984.

[٦] مصلحة المياه و الصرف الصحي بمنطقة الرياض. *التقرير السنوي لعام ١٤١٥هـ*. الرياض: وزارة الشئون البلدية والقروية، ١٤١٥هـ.

[٧] مركز المشاريع والتخطيط. *تقرير المرافق العامة للمرحلة الأولى لاستراتيجية التطوير الحضري لمدينة الرياض*. الرياض: الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض، ١٤١٨هـ.

[٨] البوردي، خالد عبد الله؛ البريكان، رائد عبدالحميد والسعيدي، عبد الله عبد الرحمن. برنامج ترشيد استهلاك المياه بمدينة الرياض. *سجل بحوث مؤتمر الخليج الثالث للمياه* من ٢٩ شوال إلى ٤ ذو القعدة ١٤١٧هـ، ٩٩-١٠٨.

[٩] Henry, J. G. and. Heinke, G.W. *Environmental Science and Engineering*, 2nd edition. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall Inc., 1996.

[١٠] مركز المشاريع و التخطيط. *استراتيجية التطوير الحضري لمدينة الرياض: حلقة مستقبل المياه في مدينة الرياض المعقودة في ١٤١٧/٢/٢٢هـ*. الرياض: الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض، ١٤١٧هـ.

[١١] المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة. *التقرير السنوي لعام ١٤١٤-١٤١٥هـ*. الرياض: وزارة الزراعة والمياه، ١٤١٥هـ.

Drinking Water Resources in Riyadh City, The Present and Future

Waleed M. Zahid[*], and Ibrahim Al-Shaye[**]

[*] *Department of Civil Engineering, College of Engineering, King Saud University. P.O.Box 800, Riyadh 11421.* [**] *Arriyadh Development Authority. P.O.Box 94501, Riyadh 11614; K.S.A*

(Received 7 December 1997; accepted for publication, 4 May 1998)

Abstract. Al-Riyadh city depends on the desalinated water from the Arabian Gulf for supplying two-thirds of its water needs for domestic purposes while the rest is provided mainly from deep wells. The current average daily per-capita consumption is estimated at about 348 liters. This rate, however, does not represent the actual demand as water is being rationed on certain days of the week since the production capacity of the potable water resources has reached its maximum of 1.36 million m^3/day. This involves environmental and health risks due to the potential leakage of polluted groundwater into the water system.

The production capacity of water resources is expected to increase to 2.1 million m^3/day during the coming ten years but it will not be sufficient to meet the projected demand. The deficiency will range from 100,000 to 300,000 m^3/day. Data also indicates that about 81% of Arriyadh's subscribers consumes less than 100 m^3/month for a price of SR 12.5 which represents about 4% of the cost of water production and distribution. Current revenues cover almost 10% of the cost. The annual subsidy is estimated to range from SR 1.3 billions to SR 2.24 billion during the next decade.

The limited quantity and quality of available water resources in Arriyadh, and the growing dependence on desalinated water in the light of exponential growth of population signify the vital need for the conservation and development of such resources so as to satisfy current and future needs. This entails among other measures the establishment of a local agency for a comprehensive and integrated management of these resources.