

دور المياه في الصناعات الخضراء من منظور البلدان العربية

د. حامد عساف/الاسكوا

موجز

تشكل المياه عنصراً رئيسياً في العديد من العمليات الصناعية والأنشطة الداعمة لها. ونظراً لندرة المياه والارتفاع السريع في الطلب عليها في البلدان العربية، من الأهمية بمكان أن تولي الصناعات العربية أولوية قصوى للاستخدام المستدام للموارد المائية وللحد من تأثير عملياتها على البيئة عموماً وعلى أجسام المياه العذبة خصوصاً. وتناقش هذه الورقة القضايا المتعلقة بالمياه في البلدان العربية، التي تدخل في صلب مبادرة الصناعة الخضراء التي أطلقتها منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية.

كما تنظر هذه الورقة في مجموعة من الصناعات والمبادرات والتقنيات وقضايا تحسين الإدارة في المنطقة العربية التي تؤدي فيها المياه دوراً محورياً أو كبيراً من خلال خضرة الصناعات القائمة أو في استحداث صناعات خضراء. وتناقش تحديداً هذه الورقة، مدعومة بدراسات حالة، سبل الحفاظ على المياه في مجالات الصناعة والبنية التحتية الصناعية وتولية المياه باستخدام الطاقة المتجددة، والبحث والتطوير، وحسن الإدارة.

1 - مقدمة

تؤدي المياه دوراً رئيسياً في مجموعة واسعة من الصناعات التي تتطلب مستويات متفاوتة من المياه كماً ونوعاً. وهي تعمل كوسيلة لنقل الحرارة (التبريد أو التدفئة) وإزالة النفايات. كما تُستخدم المياه في العديد من العمليات الصناعية وهي تُعتبر لذلك مكوناً من مكونات المنتجات النهائية. بيد أنها، على أهميتها، لا تُعتبر إلا واحداً من المدخلات الثانوية في العديد من الصناعات نظراً لتكلفتها المنخفضة عموماً مقارنةً بتكاليف التشغيل الأخرى كالأجور والطاقة ومواد المدخلات. وفي البلدان المتقدمة النمو أسهم القلق على المستويين الشعبي والرسمي إزاء الاستخدام غير المستدام للموارد الطبيعية، ولاسيما الموارد المائية، إسهاماً كبيراً في التأثير

إلى حد بعيد على طريقة إدارة القطاع الصناعي لمياهه وعلى كيفية التخلص من نفاياته. إلا أن البلدان النامية - بما فيها البلدان العربية - لا تزال متخلفة عن اللحاق بها في هذا المجال.

وشهد العديد من مبادرات الأمم المتحدة تطوراً مع مرور الزمن في مجال مساعدة البلدان النامية على تحقيق التنمية المستدامة والقضاء على الفقر مع الحفاظ في الوقت نفسه على سلامة النظم البيئية واستمرارية توافر الموارد الطبيعية للأجيال المقبلة. وطرحت الأمم المتحدة مؤخراً مفهوم الاقتصاد الأخضر كنموذج للتنمية يدعو إلى الاستخدام المستدام للموارد الطبيعية، بما يحقق النمو الاقتصادي ويخفف من الضغوط على البيئة. ودعت منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية (اليونيدو) بوصفها إحدى الهيئات المكونة لمبادرة الاقتصاد الأخضر، إلى اعتماد مفهوم الصناعة الخضراء بغية حشد الطاقات تحقيقاً للانسجام بين الصناعة والتنمية المستدامة.

ويشكل مفهوم الصناعة الخضراء تجسيداً حديثاً للخطاب السياسي والفلسفي الذي ساد قضايا التنمية المستدامة عقوداً عدة. ويهدف مفهوم الصناعة الخضراء، بالصيغة التي طرحها اليونيدو، إلى تصحيح المسار الذي تسلكه الصناعة من منظورين هما: تنشيط الصناعات القائمة - "خضرة البني" (Greening the Brown)، واستحداث صناعات خضراء - "تنمية الأخضر" (Growing the Green) (الإسكوا، 2011)¹. ويرتكز الاقتصاد الأخضر على مفهوم الفصل (Decoupling)، بحيث لا يأتي تحقيق النمو الاقتصادي على حساب إضافة ضغوط إلى البيئة، فالهدف النهائي لهذا الاقتصاد هو تحقيق إنتاج أكثر، باستخدام موارد أقل وبتوليد نفايات أقل وبالتسبب بتلوث أقل. وفي هذا السياق، يشكل مفهوم الحد من الاستخدام وإعادة الاستخدام وإعادة التدوير (Reduce-Reuse-Recycle, 3Rs) مقارنةً رئيسية لتحقيق هذا الهدف.

كما تناقش هذه الورقة دور المياه في الصناعات الخضراء، وتقدم لمحة عامة عن الوضع الحالي للمياه في ما يتصل بأوجه استخدامهما الصناعي ذات الصلة في المنطقة العربية، وتناقش أيضاً فرص تحقيق النمو مستقبلاً في القطاع الصناعي الأخضر. وتشكل الإدارة المستدامة للمياه قضية مركزية في طائفة واسعة من الصناعات والتقنيات والمبادرات والسياسات والأنظمة، التي يمكن تصنيفها كالتالي:

- الحفاظ على المياه في الصناعة؛

¹ ESCWA(2011). "Green economy in the Arab region: overall concept and available options."

- البنى التحتية الصناعية؛
- تحلية المياه باستخدام الطاقة المتجددة؛
- تسخير البحث والتطوير لدعم استخدام المياه في الصناعات الخضراء؛
- تحسين إدارة استخدام المياه في المجال الصناعي، وإدارة مياه الصرف.

وستناقش في الأجزاء التالية أدناه هذه القضايا المائية المتصلة بالصناعة الخضراء، مدعومة بدراسات حالة من البلدان العربية.

2 - الحفاظ على المياه في الصناعة

ترسّخ منذ فترة طويلة مفهوم الحد من الاستخدام وإعادة الاستخدام وإعادة التدوير (3Rs) باعتباره عملية مثالية لاستخدام الموارد على نحو متسم بالكفاءة. وينطوي الحد من استخدام الموارد على تحسين كفاءة استخدامها في الأنشطة الصناعية. والمقصود بإعادة استخدام أي مورد استخدامه مجدداً - سواء بعد معالجته أو من دونها - ضمن المرفق الصناعي نفسه. أما إعادة التدوير فهي عملية معالجة النفايات كي تبلغ مستوى مناسباً يجعل من الممكن استخدامها لأغراض أخرى، بما في ذلك في عمليات صناعية أخرى، أو أوجه استخدام على مستوى البلديات، أو لأداء خدمات بيئية. ومع أنه ينبغي النظر في تطبيق كل هذه الخطوات الثلاث، يُعتبر الحد من استخدام الموارد عملية أمثل من إعادة الاستخدام التي تُعتبر بدورها أمثل من إعادة التدوير.

ولدى تصميم عملية الحد من الاستخدام وإعادة الاستخدام وإعادة التدوير للحفاظ على المياه في المجال الصناعي، من المهم الاستناد إلى إجراءات تحصر بدقة كل أوجه استخدام المياه، وكمية مياه الصرف وتكوينها، ومعالجة مياه الصرف البديلة، وتحديد مواصفات جودة المياه تمهيداً لإعادة استخدامها وإعادة تدويرها. ويمكن عندئذ لتحليل التكاليف/الفوائد أن يقيّم جدوى بدائل الحفاظ على المياه. وتشمل التكاليف عموماً الاستثمارات الرأسمالية وتكاليف التشغيل، في حين تشمل الفوائد الوفورات المحققة في استخدام المياه وفي توليد مياه الصرف بالإضافة إلى إمكانية تحقيق فائدة مضافة متمثلة في استعادة المواد. ويطبّق عموماً التحليل الاقتصادي التراكمي من أجل إعطاء الأولوية لتدابير الحفاظ على المياه. فمثلاً، تكلفة الوحدة باستخدام المعالجة الميكانيكية لمياه الصرف هي أقل بكثير من تكلفتها من خلال المعالجة البيولوجية.

1-2 أوجه استخدام المياه في الصناعة وإمكانات الحفاظ عليها

يتفاوت استهلاك المياه بحسب الصناعة وبحسب العمليات المستخدمة في كل صناعة. وتشكل البتروكيماويات والنفط والطاقة والصلب والنسيج والورق ولُباب الخشب والصناعات الغذائية أهم الصناعات المستخدمة للمياه في المنطقة العربية. ومع أن جزءاً من هذه المياه "يُستهلك" بالتبخّر ويدخله في المنتجات النهائية، فإن الجزء الأكبر من المياه المستخدمة في الصناعة يتحول إلى مياه صرف متفاوتة التكوين من حيث ما تحويه من ملوثات. وبالتالي فإن مستوى المعالجة يختلف باختلاف الصناعة ومواصفات الجودة التي يتطلبها مستهلكو مياه الصرف المعالجة.

وبين العمليات الصناعية، يشكل التبريد والتدفئة أكثر العمليات كثافة في استخدام المياه. ففي المنظومة المفتوحة، تعالج مياه الصرف - داخلياً أو خارجياً - قبل إطلاقها في البيئة. وفي وضع مثالي أكثر، ينبغي استخدام منظومة مغلقة تعالج فيها مياه الصرف ويعاد استخدامها مرات عدة. ومن شأن هذه العملية أن تزيد إنتاجية المياه.

وتشكل أبراج التبريد أكثر المنظومات شيوعاً وأكثرها استخداماً للمياه في الصناعة. ففي أي برج تبريد يجري تبريد المياه الحار أو الدافئ عن طريق التبخر بإطلاق الحرارة في الجو. ويعزى استهلاك المياه إلى التبخر والاستنزاف والتعويض (استبدال المياه جزئياً بمياه عذبة للحد من مجموع الجوامد الذائبة)، والخسائر الناجمة عن تسرب الهواء، والرياح والتسربات. ويمكن الاطلاع على أفضل الممارسات المتبعة في الحفاظ على المياه بأبراج التبريد في منشور صادر عن المعهد الأسترالي للتبريد والتكييف²

ومن الشائع جداً حصول هدر في المياه في مختلف مراحل الأنشطة الصناعية والأعمال المنزلية. ويمكن أن يكون هذا الهدر كبيراً. ومع ذلك، يمكن التخفيف من الهدر إلى حد كبير باتخاذ تدابير بسيطة كإصلاح تسرب المياه من الأنابيب، وتوعية الموظفين، واستخدام أجهزة موفرة للمياه. وبالتالي، فإن الاستثمار في هذه التدابير يحقق عائدات كبيرة لجهة توفير المياه.

وقد وضع المنتدى العربي للبيئة والتنمية (أفد)، وهو منظمة غير حكومية، كتيباً عن الكفاءة في استهلاك المياه (Water

² AIRAH (2009). "Water conservation in cooling towers." The Australian Institute of Refrigeration, Air Conditioning and Heating.

Efficiency Handbook) يوفر توجيهها بشأن كيفية الحفاظ على المياه في القطاعات الصناعية والبلدية والزراعية (AFED, (2010)³. ويشدد الكتيب على أهمية الحصول على الدعم من الإدارة والموظفين، وعلى تحديد خط أساس للاستهلاك الحالي للمياه، وتحديد الخيارات المتاحة في توفير المياه والأولويات، وإنشاء نظام لرصد التقدم المحرز. كما يتضمن الكتيب موجزاً للخيارات في توفير المياه سواء في العمليات الصناعية أو في الأنشطة المتصلة بها.

وقد أصدر مؤخراً المجلس العالمي للأعمال التجارية من أجل التنمية المستدامة (WBCSD) برنامجاً معلوماتياً يساعد الشركات العاملة في قطاعي الطاقة والمرافق على تقييم استخداماتها للمياه واستهلاكها منها، ويحدد لها مقاييس مرجعية باستعمال مصفوفة من مقاييس كفاءة استخدام المياه مقارنةً بالمستويات المحلية والإقليمية والدولية. واسم هذا البرنامج هو الأداة العالمية الخاصة بالمياه لمرافق الطاقة Global Water Tool for Power Utilities وهو متاح مجاناً على الموقع الشبكي للمجلس (WBCSD, 2011)⁴.

2-2 دراسة حالة - الحفاظ على المياه في إنتاج الورق (وفاير، 2011b)⁵

لا توضح هذه الحالة فقط إمكانات تحقيق خفض كبير في استخدام المياه الصناعية، بل تعرض أيضاً صناعة جرى تطويرها بحيث تُستعمل مياه الصرف البلدية المعالجة في إعادة تدوير النفايات الورقية. فقد بدأت شركة الشرق الأوسط للورق (ميكو) عملها في جدة عام 2002 لإنتاج منتجات الورق من النفايات الورقية باستخدام مياه الصرف المعالجة المستقدمة من معمل مُخرمة لمعالجة مياه الصرف في جدة. وبلغ الإنتاج 100 000 طن/السنة باستخدام 20 م³ من المياه للطن الواحد من المنتج، باستخدام كمية من المياه يبلغ إجماليها مليوني م³/السنة. وفي أقل من خمس سنوات، كانت الشركة قد زادت إنتاجها أكثر من ثلاثة أضعاف باستخدامها نحو 7 ملايين م³/السنة.

ونظراً لبقاء المياه، أجرت الشركة تحليلاً منهجياً لاستخدامها من المياه بغية تحديد كفاءة استخدام المياه وتدابير الكفاءة البديلة. وقامت الشركة في أعقاب ذلك بتركيب نظام مصافي يعتمد حواجز الغريلة (screens)، والمرشحات الدائرية (drum filters) ووحدات تعويم الهواء، والمرشحات العاملة بالجاذبية، ووحدة للتناضح العكسي، من أجل معالجة وإعادة استخدام مياه الصرف

³ AFED (2010). "Water Efficiency Handbook". Arab Forum for Environment and Development.

⁴ WBCSD (2011). "Global Water Tool for Power Utilities: How to use it." World Business Council for Sustainable Development.

⁵ Wafeer (2011). "Middle East Paper Company: success story for industrial water recycling." Downloaded from Wafeer website on August, 2011.

مما حسن إلى حد كبير كفاءة استخدام مياه الصرف لتصل إلى 8 م³/لطن الواحد محققة بذلك وفورات في المياه بلغت 4.2 مليون م³/السنة. وحققت تدابير كفاءة استخدام المياه هذه فائدة مضافة تمثلت في زيادة كفاءة استرداد الألياف من 80 في المئة إلى 90 في المئة. وخفضت كفاءة استخدام المياه التكاليف التشغيلية للشركة بما يفوق 400 000 دولار بعد استثمار إجمالي بلغت كلفته 870 000 دولار وبالتالي يُسترد بعد سنتين.

وأظهر التقييم أيضاً أن المعالجة البيولوجية للنفايات السائلة يمكن أن تحسن كفاءة استخدام المياه لتبلغ 6 م³/لطن الواحد باستثمار مبلغ إضافي قدره 2.7 مليون دولار. وستبلغ الوفورات الإضافية المحققة من المياه نحو 1.2 مليون م³/السنة ما يعادل تحقيق وفورات في التكاليف التشغيلية بقيمة 160 000 دولار. وبالتالي فإن التكاليف المتراكمة تحقيقاً لهذه الوفورات الإضافية عالية جداً ولن يُسترد الاستثمار الموظف لتحقيقها إلا بعد 16 سنة.

3-2 دراسة حالة - شركة إنتاج ألبان (وفاير، 2011c)⁶

عكف أكبر مُنتج للحليب بالحرارة فوق العالية (UHT) في المملكة العربية السعودية، يبلغ إنتاجه 400 000 لتر من الحليب في اليوم، على تحسين استخدامه للمياه بغية تحقيق خفض كبير في استهلاكه من المياه. وقبل تنفيذ تدابير كفاءة استهلاك المياه، كانت الشركة تستهلك أكثر من 2000 م³/اليوم وتصرّف أكثر من 1400 م³/اليوم في نظام الصرف الصحي الخارجي. ومن خلال الجمع بين عدد من التدابير بينها إعادة استخدام مياه التبريد، والحد من النفايات في التنظيف وإصلاح التسريبات، تمكنت الشركة من تقليص كمية المياه المستخدمة لكل لتر من الحليب من 4.26 لتر إلى 3.33 لتر، أي بتوفير كمية من المياه تفوق 160 000 م³ في السنة. وتبلغ قيمة الوفورات في المياه 153 000 دولار سنوياً بكلفة استثمار تبلغ 120 000 دولار (بفترة استرداد تمتد 9 أشهر). ومن شأن التدابير الإضافية المتخذة للحفاظ على المياه أن تحقق وفراً إضافياً بقيمة 40 000 دولار بتكلفة 45 000 دولار. وتشمل العوامل التي سهلت تنفيذ تدابير الحفاظ على المياه تأمين شراء حصة في الشركة من قبل إدارة جديدة، وتركيب نظام مراقبة، والتدريب، والترويج لثقافة الحفاظ على المياه بين الموظفين.

⁶ Wafeer (2011). "Success story for industrial water saving food processing." Downloaded from Wafeer website on August, 2011.

4-2 دراسة حالة - استخراج زيت الزيتون (اليونيدو 2007)⁷

يولّد استخراج زيت الزيتون كمية كبيرة من مياه الصرف - يشار إليها بمياه عصر الزيتون - وهي مياه سامة جداً تحوي نسبة عالية من المواد العضوية. ويُنتج الطن الواحد من الزيتون ما يراوح بين 1,2 و 1,8 م³ من مياه عصر الزيتون (الجوهري وآخرون 2009)⁸. والمغرب هو أحد أكبر منتجي زيت الزيتون في العالم. وقد دعم المركز الوطني للإنتاج الأنظف في المغرب الصناعة المحلية في اعتماد نظام جديد لاستخراج زيت الزيتون يقلل من استخدام المياه ومن توليد النفايات. ويحقق النظام الجديد خفضاً بنسبة 95 في المئة في استخدام المياه ولا يولد عملياً أي نفايات صلبة ويبي 15 في المئة من الاحتياجات من الطاقة باستخدام النفايات الصلبة كوقود.

3 - البنية التحتية الصناعية

ما برحت المدن الصناعية تشكل مقارنة مفضلة لكيفية إدارة التنمية الصناعية لأنها تسهّل تحقيق تنظيم أفضل وتقديم خدمات الدعم ويمكن تشييدها بعيداً عن المناطق السكنية. وانسجاماً مع هذه المقاربة، تدعو الإيكولوجيا الصناعية إلى تبادل المدخلات والنواتج بين الصناعات المختلفة بغية تسهيل استخدام الموارد على نحو أكثر كفاءة للموارد والحد من الأثر البيئي للنفايات الصناعية (Gibbs and Deutz, 2007)⁹. ودعماً لتحقيق هذه الأهداف، طُورت بنى تحتية صناعية مشتركة لتوفير الإمداد بالمياه، ومتطلبات التبريد ومعالجة مياه الصرف. ويمكن بشكل خاص تصميم وإدارة مرافق معالجة مياه الصرف بغية تحقيق مطابقة أفضل بين جودة مياه الصرف المعالجة واحتياجات مستخدمي المياه.

1-3 دراسة حالة - مرفق صناعي (مرافق، 2006)¹⁰

⁷ UNIDO (2007). "Integrating CP into SCP: experience of the Morocco NCPC." Meeting of the UNIDO/UNEP NCPCs/NCPPs, Semmering, Austria, 24-28 September 2007.

⁸ El-Gohary, F. A., Badawy, M.I., El-Khateeb, M.A., and El-Kalliny, A.S. (2009). "Integrated treatment of olive mill wastewater (OMW) by the combination of Fenton's reaction and anaerobic treatment." Journal of Hazardous Materials 162: 1536-1541.

⁹ Gibbs, D. and Deutz, p. (2007). "Reflections on implementing industrial ecology through eco-industrial park development." Journal of Cleaner Production, 15: 1683-1695.

¹⁰ Marafiq (2006). "MARAFIQ's Program for the reuse of Wastewater in Jubail and Yanbu Industrial Cities."

دخلت أكبر شركتين صناعيتين في المملكة العربية السعودية (الشركة السعودية للصناعات الأساسية - سابك وشركة النفط السعودية - أرامكو) ومؤسستان حكوميتان في مشروع مشترك بقيمة مليار دولار في عام 2003 لإنشاء الشركة المساهمة "مرافق" لتكون مرفقاً صناعياً يوفر الطاقة وخدمات المياه المركزية للمدن الصناعية في الجبيل وينبع. وتعمل "مرافق" على جمع ومعالجة مياه الصرف الصناعي والمنزلي - بشكل منفصل. وهي توفر، من خلال شبكات واسعة، مياه الصرف المعالجة لأغراض الري ولزبائنها الصناعيين. ويقدر بأن "مرافق" ستعالج في عام 2011 ما يعادل 160 000 م³/اليوم و 55 000 م³/اليوم من المياه الواردة من الجبيل وينبع، على التوالي. إلا أنه لا يعاد استخدام سوى 50 في المئة من هذه الكمية للري الزراعي ولا تعيد الصناعة استخدام سوى جزء صغير (ما يناهز مجموعه 5 000 م³/اليوم للمدينتين معاً) يذهب معظمه لأغراض التدفئة والتبريد وري الحدائق. ولا يوضح المرجع المستخدم وجهة استخدام كامل كميات المياه. وبالتالي، فإن الصناعة لا تستفيد استفادة كاملة من مياه الصرف المعالجة.

2-3 دراسة حالة - التبريد باستخدام مياه البحر (AMEInfo, 2006)¹¹

تستخدم شركة نورث شور دستركت كولينغ نتورك The North Shore District Cooling Network مياه البحر لتلبية احتياجات التبريد لمجمع الأعمال بمرفأ البحرين المالي (Bahrain Financial Harbour). وبالإضافة إلى الكف عملياً عن استخدام المياه العذبة - التي يُستحصل على معظمها عن طريق تحلية المياه - للتبريد، يُتوقع أن يحد نظام التبريد المركزي هذا من ذروة الطلب على الطاقة في البحرين بما يعادل 400 ميغاواط بحلول عام 2020، مما يحقق وفراً في الاستثمار الرأسمالي المكلف اللازم لتوسيع القدرة على توليد الطاقة.

4- تحلية المياه باستخدام الطاقة المتجددة

يمكن بشكل عام تصنيف أنظمة تحلية المياه التي تستخدم الطاقة المتجددة في نوعين: حراري وكهربائي (غوسن وآخرون

¹¹ AMEInfo (2006). "Massive growth in the Middle East's new and renewable energy sector anticipated."

<http://www.ameinfo.com/cgi-bin/cms/page.cgi?page=print;link=105234> (last visited September 4, 2011.)

2011)¹². ويعتمد النوع الأول على استخدام الحرارة التي يولدها أحد مصادر الطاقة المتجددة. ومن الأمثلة على ذلك نظام التحلية الوُمضي المتعدد المراحل الذي يستخدم الحرارة المنبؤة من نظام للطاقة الشمسية المركزة. أما النوع الثاني فيستند إلى استخدام الكهرباء التي يولدها أحد مصادر الطاقة المتجددة. ومن الأمثلة على ذلك محطة للتناضح العكسي تستخدم الكهرباء المولدة من نظام فلتاضوئي (كهربائي-ضوئي) شمسي.

وأجرى المركز الفضائي الجوي الألماني (DLR) تقييماً شاملاً لجدوى تحلية مياه البحر باستعمال الطاقة الشمسية المركزة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. وخلصت الدراسة إلى أنه في غضون 20 سنة ستؤدي تحلية المياه باستعمال الطاقة الشمسية المركزة إلى خفض التكلفة إلى 0.6 دولار للمتر المكعب الواحد مما يجعل هذه المياه المحلاة قادرة على منافسة الإمداد بالمياه العذبة وخصوصاً في المدن الساحلية (DLR 2007)¹³.

4-1 دراسة حالة — تحلية المياه باستخدام الطاقين الشمسية والحرارية الأرضية (بوشكيم 2003)¹⁴

جرى اختبار نظام شمسي لتحلية المياه في جنوب الجزائر لتحلية مياه متوسطة الملوحة (Brackish Water) في مناطق سكنية نائية. وهذا النظام هو عبارة عن مقطّر (جهاز تقطير) شمسي متعدد التأثير قادر على تخزين الحرارة. وقد حقق الجمع في استخدام التخزين الحراري والمياه الساخنة بفعل حرارة الأرض إلى إنتاجية تحلية بلغت 20 لتراً من كل م³ من المياه في اليوم مقارنة بما يتراوح بين 5 و 6 لترات لكل م³ في اليوم بواسطة المقطّر الشمسي العادي. ويمكن تصميم هذا النظام باستخدام مواد محلية وهو لا يتطلب مهارة عالية لتشغيله وصيانته.

¹² Goosen, M., Mahmoudi, H., Ghaffour, N. and Sablani, S.S. (2011). "Application of renewable energies for water desalination." Chapter 5 in "Desalination Trends and Technologies" edited by Schorr, M. InTech.

¹³ DLR (2007). "Concentrating solar power for seawater desalination." German Aerospace Center (DLR). Report on a study commissioned by the German Federal Ministry for the Environment.

¹⁴ Bouchekima, B. (2003). "A small solar desalination plant for the production of drinking water in remote arid areas of southern Algeria." Desalination, 159: 197–204.

2-4 دراسة حالة – تسخير مياه البحر لريّ بيوت الدفيئة بمزيج من طاقة الرياح والطاقة الشمسية (محمودي

وآخرون، 2008)¹⁵

طُور مشروع لري بيوت الدفيئة الزراعية بمياه بحر محلاة باستخدام مزيج من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح كمشروع تجريبي في عُمان لتقييم جدواه التقنية في توفير المياه المحلاة لري محاصيل بيوت الدفيئة. ويرتكز هذا النظام على عملية ترطيب/تجفيف تضخ فيها مياه البحر أولاً من بئر – لتصفية الجوامد العالقة – إلى خزان ومن ثم عبر مكثف لتبريدها، ثم تُنثر مياه البحر في شكل رذاذ بواسطة الرياح السائدة عبر مبخّر داخل بيت الدفيئة. وتزال رطوبة هذا الهواء الداخل المحمول المشبع بالرطوبة بواسطة مكثف وتُجمع المياه العذبة لاستخدامها في ري المحاصيل. وتستخدم وحدات فلتاضوئية شمسية لتشغيل المضخات والمراوح. وتولد بيوت الدفيئة التي يبلغ عرضها 16 متراً وطولها 60 متراً 297 لتر/اليوم. ويعتمد هذا النظام على قياسات إلكترونية للأحوال الجوية. ومن الميزات المثيرة للاهتمام لبيوت الدفيئة استخدام قطع يتألف منها السقف مصممة خصيصاً لتصفية أشعة الشمس بحيث تسمح فقط بدخول الإشعاع المطلوب لعملية التمثيل الضوئي وبالتالي الحفاظ على برودة الجو داخل بيت الدفيئة دون خفض احتياجات النباتات من التمثيل الضوئي.

3-4 دراسة حالة – وحدة متنقلة لتحلية المياه تعمل بالطاقة الشمسية (تقرير عن تحلية المياه، 2010)¹⁶

صممت شركة SPX Global التي أسسها مقاول عراقي، وحدةً مقطورة-محمولة لتحلية المياه تعمل بالطاقة الشمسية لتشغيل نظام غشاء فائق الترشيح. وللأغشية الفائقة الترشيح مسام أكبر حجماً مقارنةً بغشاء التناضح العكسي، مما يتطلب بالتالي ضغطاً أقل بكثير. وقد سلّمت الشركة وزارة البلديات والأشغال العامة العراقية 325 وحدة بقيمة 17 مليون دولار. وتتراوح طاقة الوحدة على الإنتاج بين 1 و 5 م³/الساعة بتكلفة تناهز 2.65 دولار للمتر المكعب على أساس احتساب طول عمر

¹⁵ Mahmoudi, H., Abdul-Wahab, S.A., Goosen, M.F.A., Sablani, S.S., Perret, J., Ouagued, A., and Spahis, N. (2008). "Weather data and analysis of hybrid photovoltaic-wind power generation systems adapted to a seawater greenhouse desalination unit designed for arid coastal countries." Desalination, 222:119–127.

¹⁶ Water Desalination Report (2010). "Water Desalination Report: issue Feb. 2010."

الوحدة بـ 10 سنوات. وتعمل الشركة حالياً على تطوير خط جديد من وحدات التناضح العكسي التي تعمل بالطاقة الشمسية لتحلية المياه المالحة. وستستخدم هذه الوحدات نظام تتبّع لإبقاء الألواح الشمسية موجهة نحو الشمس بشكل أمثل.

4-4 دراسة حالة - تحلية المياه بأجهزة تعمل بالطاقة الشمسية (أرابيان بيزنس 2010)¹⁷

أنشئ مشروع مشترك بين مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقولوجيا ومحطة لتحلية المياه تعمل بالطاقة الشمسية تابعة لشركة IBM في مدينة الخفجي بالمملكة العربية السعودية. تستخدم المحطة التكنولوجيا الفلطاظونية الفائقة التركيز (UHCPV) لإنتاج 30 000 م³/اليوم من المياه المحلاة وهي كمية توازي تلبية احتياجات 10 000 شخص.

5 - البحث والتطوير

بغية تطوير قطاع قابل للاستمرار في مجال الصناعة الخضراء والحفاظ عليه من الضروري أن تدعم الدول العربية البحث والتطوير في مجال التكنولوجيا الخضراء. فالإنفاق الحكومي عموماً على البحث والتطوير في هذه المنطقة هو من الأدنى في العالم (نسبةً إلى الناتج المحلي الإجمالي). ونظراً لغياب الدعم المقدم من القطاع العام، وللطابع المكلف والمحفوف بالمخاطر من الناحية المالية الذي يتسم به مجال البحث والتطوير، تفضل معظم الشركات استيراد الحلول التكنولوجية عوض تطويرها. ويظهر استعراض الأدبيات في هذا المجال قلة قليلة من أنشطة البحث المتصلة بالصناعة الخضراء يمكن إنجازها في ما يلي:

1-5 مركز أبحاث تحلية المياه في الشرق الأوسط (MEDRC 2011)¹⁸

مؤل مركز أبحاث تحلية المياه في الشرق الأوسط أبحاثاً عدة عن استخدام الطاقة الشمسية لتحلية المياه ومنها على سبيل المثال:

- تطوير وحدة لتحلية المياه قائمة على مقطّر تعمل بمزيج من الطاقة الأحفورية/الشمسية، يمكن بناؤها وصيانتها باستخدام مواد ومهارات محلية؛

¹⁷ Arabian Business (2010). "Saudi eyes solar powered desalination plant." 8 April 2010.

¹⁸ MEDRC (2011). "On-line library of MEDRC." The Middle East Desalination Research Center. <http://www.medrc.org/index.cfm?area=news&page=library>. (Last visited on September 5, 2011.)

- تطوير نظام لدعم اتخاذ القرارات لتقييم واختيار أنجع الحلول لتحلية المياه باستخدام الطاقة المتجددة؛
- تطوير وحدة لتحلية المياه بالتناضح العكسي يتم تشغيلها بالطاقة الكهربائية المنتجة بواسطة الخلايا الكهروضوئية أو بمحرك ديزل.

2-5 تطوير نظام متكامل يعتمد على مياه البحر (MIT 2010)¹⁹

يعمل معهد "مصدر" في مشروع مشترك للبحث والتطوير مع شركة طيران الاتحاد وشركة بوينغ وشركة UOP Honeywell على تطوير نظام متكامل للزراعة/تربية المائيات يعتمد على مياه البحر. وتستند الأبحاث إلى تحسين نظام وُضع أصلاً في الولايات المتحدة وطُبق في إريتريا والمكسيك. ووفق هذا النظام تُضخ مياه البحر إلى أحواض لتربية الأسماك والقريدس. وتُستخدم المياه السطحية لتلك الأحواض في ري حقول الساليكورنيا القادرة على تحمّل درجة عالية من الملوحة. ويوفر براز القريدس والأسماك مغذيات للساليكورنيا. وقبل إطلاق المياه السطحية لحقول الساليكورنيا إلى البحر، توجّه نحو غابة للمنعروف (Mangrove) تعمل كمرشّح للملوثات وكعلف للحيوانات والأسماك.

ويجرى حصاد ومعالجة بذور الساليكورنيا الغنية بالزيت لإنتاج زيت يمكن تعديله بحيث يُمزج مع وقود الطائرات. ويمكن معالجة أجزاء أخرى من الساليكورنيا لتحويلها إلى وقود سائل أو لاستخدامها ككتلة وقود أحيائية لتوليد الكهرباء.

3-5 دعم شركة سابك للأبحاث في جامعة الملك عبد الله (سابك 2011)²⁰

أبرمت سابك (الشركة السعودية للصناعات الأساسية)، أكبر شركة مصنّعة للبترول وكيماويات في المملكة العربية السعودية، اتفاقاً مع جامعة الملك عبد الله للعلوم والتكنولوجيا لتطوير مركز أبحاث تبلغ تكلفته 150 مليون دولار ولرعاية ما بين 10 و 15 باحثاً

¹⁹ MIT (2010). "Biofuel from saltwater crops." MIT Technology Review, February 5, 2010. <http://www.technologyreview.com/energy/24480/>. (Last visited on September 5, 2011.)

²⁰ SABIC (2011). "SABIC signs four agreements with KAUST." <http://www.sabic.com/corporate/en/newsandmediarelations/news/20110227.aspx>. (Last visited on September 5, 2011.)

مدة خمس سنوات. وسيركز مركز الأبحاث على أنواع الطاقة المتجددة وتحتلية المياه والمعالجة بالإضافة إلى إجراء أبحاث في العمليات الصناعية.

6- تحسين الإدارة

رغم عدم العثور على تشريعات أو قواعد تنظيمية محددة في البلدان العربية تُعنى بقضية المياه في الصناعة الخضراء، ثمة إشارات إلى وجود أنظمة ومبادرات حكومية في المملكة العربية السعودية تشدد على كفاءة استخدام المياه في الصناعة. وعلى سبيل المثال، أطلقت وزارة المياه والكهرباء في المملكة العربية السعودية، في شراكة مع القطاع الخاص، مبادرة "وفاير" للحفاظ على المياه المخصصة للصناعة في البلاد. وتهدف هذه المبادرة إلى تحسين كفاءة استخدام المياه في القطاع الصناعي (وفاير، 2011)²¹. ويقدم الهاجري (2009) موجزاً عن أنظمة إعادة استخدام مياه الصرف التي تطبقها الحكومة السعودية وشركة أرامكو²².

ومن الأنظمة التي تستحق أن توليها الحكومات العربية اهتمامها لتشجيع تحقيق وفورات في استهلاك المياه في الصناعة خطة العمل الخاصة بإدارة المياه المطبقة في ولاية فكتوريا في أستراليا. فبموجب القواعد التنظيمية لهذه الخطة، يُطلب من العملاء (الزبائن) الصناعيين وغير السكنيين الذين يستهلكون أكثر من 10000 م³/السنة تقديم خطة مفصلة تبين كمية المياه المستخدمة حالياً، والأهداف المزمع تحقيقها للتوفير في استهلاك المياه، والإجراءات الممكن اتخاذها للتوفير في استهلاك المياه، وكيفية القيام بذلك، ووضع نظام للرصد، والإبلاغ المرحلي عن التنفيذ (State of Victoria, 2010)²³. ويمكن للصناعات في المنطقة الاستفادة من هذه التجربة ولو عن طريق النظر طوعاً في تطبيق هذه المقاربة في برامجها الداخلية للتوفير في استهلاك المياه.

ومن الجوانب الهامة لتسهيل الإدارة الفعالة للمياه في القطاع الصناعي، وضع خطط تسعير للمياه يمكن أن تغطي على نحو كاف

²¹ Wafeer (2011). "What is Wafeer?" last visited on Sep 1, 2011.

²² Al-Hajri (2009). "Wastewater reuse regulations in Saudi Arabia." Presentation at Water Arabia 2009.

²³ State of Victoria (2010). "waterMAP guide: how to build a waterMPA." The Victorian Government Department of Sustainability and Environment.

التكلفة البديلة لتوفير الموارد المائية للمجتمع وهي غالباً ما تكون تكلفة باهظة بسبب ندرة المياه في المنطقة. إلا أن سعر المياه كثيراً ما يكون مدعوماً بشكل كبير مما يخفف من حماس القطاع الصناعي على اتخاذ تدابير للحفاظ على المياه ومن شأن ذلك، كما جرى بيانه أعلاه، أن تترتب عليه تكاليف باهظة. وعلى غرار ذلك، ينبغي خفض الدعم عن أسعار الطاقة بغية تشجيع الاستثمار في استخدام الطاقة المتجددة في تحلية المياه.

إن تحديد التكلفة الحقيقية للمياه عملية معقدة جداً لأنها تنطوي على تقدير معدل الحسم الاجتماعي، وطلب القطاعات الأخرى على المياه، ومستويات مخزون المياه الطبيعية المتفاوتة بدرجة كبيرة. وقد استحدثت عساف (2009)²⁴ أداة محاكاة اقتصادية مائية صُممت أصلاً ليستخدمها صانعو السياسات في تقدير القيمة الاجتماعية لطبقات المياه الجوفية في عمان-الزرقاء، التي توفر لعمان إمدادات استراتيجية من المياه. وتساعد هذه الأداة مستخدميها في تقدير السياسات البديلة المطلوبة لتوزيع المياه على مستخدميها في القطاع الصناعي والقطاع الزراعي والبلديات.

7 - الخلاصة والتوصيات

لقد نظرت هذه الورقة في كيفية تعاطي القطاع الصناعي مع المياه في العالم العربي من منظور مفهوم الصناعة الخضراء. وبسبب الضغوط الناجمة عن ندرة المياه، بدأت بعض الصناعات في المنطقة العربية باتخاذ تدابير لتعزيز كفاءة استخدام المياه ولاسيما في القطاعات الكثيفة الاستخدام للمياه كالبتروكيماويات والمنسوجات والصناعات الغذائية ولباب الخشب والورق. وتبين دراسات الحالة أن هذه التدابير لا تحد فقط من استخدام المياه بشكل ملحوظ، بل تخفض أيضاً من كميات مياه الصرف المطروحة في البيئة ومما يرتبط بها من آثار سلبية على البيئة، وتحسن استرداد المواد الصناعية.

وتشير الأدبيات المنشورة حول هذا الموضوع إلى أن البنية التحتية الصناعية توفر وسيلة ناجعة وفعالة من حيث التكلفة لجمع ومعالجة وإعادة استخدام مياه الصرف من خلال المطابقة بين كمية ونوعية المتطلبات الصناعية للعديد من المستخدمين. وتفيد التجربة المحدودة التي عرفتتها المنطقة بأن هذه الأخيرة تحتزن طاقات كبيرة غير مستغلة بشكل كافٍ لإعادة استخدام كميات هائلة

²⁴ Assaf, H. (2009). "A Hydro-economic Model for Managing Groundwater Resources in Semi-arid regions". In: Brebbia, C.A. and Popov, V. (Eds.) Water Resources Management V, WIT Transactions on Ecology and the Environment, Vol. 125, WIT Press, Southampton, pp. 85-96.

من مياه الصرف.

ونظراً للاعتماد الكبير والمتزايد لعدد من البلدان العربية على تحلية المياه، أُفيدَ عن بذل جهود عدة لاستكشاف سبل استخدام أنواع الطاقة المتجددة في تحلية المياه. ويتركز البحث غالباً على استخدام الطاقة الشمسية المتوفرة في المنطقة العربية. وثمة مقاربات عدة يجري النظر فيها بينها: استخدام الحرارة من نظم الطاقة الشمسية المركزة، واستخدام كهرباء مولدة بنظام فلتاضوئي أو بنظام للطاقة الشمسية المركزة لتشغيل وحدات التحلية بالترشيح الغشائي، واستخدام نظم تقطير شمسية محسنة.

وفي ما خلا استثناءات قليلة، لا تُبذل جهود تذكر في البحث والتطوير في ما يتعلق باستخدام المياه في الصناعات الخضراء، وهذا واقع خطير في ضوء الطلب المرتفع لهذا القطاع على التكنولوجيا والخبرة الذي يلبي تتم تلبية عن طريق الاستعانة بموارد خارجية.

ورغم تضمين العديد من البلدان العربية تشريعاتها قوانين وأنظمة بشأن معالجة مياه الصرف، فإن قلة قليلة منها تهتم بإعادة استخدام مياه الصرف لاسيما في القطاع الصناعي. وحتى في حال وجود أنظمة وقواعد مصممة بشكل جيد فهي عموماً لا تُرصد أو تنفذ بشكل كاف.

كما أن تسعير المياه المستخدمة للأغراض الصناعية في المنطقة العربية لا يعكس التكلفة البديلة لتوفير المياه للمجتمع أو حتى تكاليف إيصالها ومعالجة مياه الصرف. وبالتالي فإن التكلفة الفعلية للمياه لا تنعكس بشكل دقيق في تحليل تكاليف/فوائد تدابير الحفاظ على المياه مما يحد من الحوافز على تنفيذ هذه التدابير.

وبشكل عام، يتسم القطاع الصناعي في المنطقة العربية ببطء تحركه للعمل على تعزيز الحفاظ على المياه، والحد من الآثار البيئية الناجمة عن مياه الصرف، والاستفادة من أنواع الطاقة المتجددة، والاستثمار في البحث والتطوير. وكل ذلك يحصل رغم المخاطر التي تفرضها ظروف ندرة المياه وتزايد الضغوط البيئية المتصلة بمياه الصرف على التنمية والنمو الاجتماعيين والاقتصاديين في المنطقة، اللذين يشكلان بدورهما عاملين رئيسيين محددتين لمدى نجاح القطاع الصناعي. وتُعزى هذه المشكلة بجزء منها إلى قصر نظر معظم القيمين على الصناعات، وعدم وجود سياسات عامة صناعية واضحة بشأن الإدارة المستدامة للموارد المائية. وتُفترح التوصيات التالية في مجال السياسة العامة:

- وضع تشريعات وأنظمة تحظى بدعم فعال في مجال الإنفاذ تستهدف تحديداً الحفاظ على المياه المخصصة للقطاع الصناعي ومعالجة مياه الصرف وإعادة استخدامها واستخدام أنواع الطاقة المتجددة؛

- وضع خطط لتسعير المياه الصناعية والطاقة تعكس بدقة التكاليف الحقيقية بغية تشجيع الاستثمار في الحفاظ على المياه واستخدام الطاقة المتجددة لتحلية المياه؛
- تطوير القدرات - بالتعاون مع القطاع غير الحكومي - على حفظ المياه الصناعية واستخدام أنواع الطاقة المتجددة في تحلية المياه وغير ذلك من الأنشطة الداعمة؛
- الاستثمار وتشجيع القطاع الخاص على الاستثمار الصناعي في البحث والتطوير، لاسيما في إنشاء مراكز التميز، ودعم الباحثين، وتمويل برامج احتضان التطوير التكنولوجي وأصحاب المشاريع الفردية.

http://en.wikipedia.org/wiki/Social_discount_rate

Social discount rate (SDR) is a measure used to help guide choices about the value of diverting funds to social projects.

<http://cee.engr.ucdavis.edu/faculty/lund/papers/JulienHydroEcon2009.pdf>

Hydroeconomic models: features and purpose

Hydroeconomic models represent regional scale hydrologic, engineering, environmental and economic aspects of water resources

systems within a coherent framework.

8 - المراجع

AFED (2010). "Water Efficiency Handbook". Arab Forum for Environment and Development.

Al-Hajri (2009). "Wastewater reuse regulations in Saudi Arabia." Presentation at Water Arabia, 2009.

AMEInfo (2006). "Massive growth in the Middle East's new and renewable energy sector anticipated."

<http://www.ameinfo.com/cgi-bin/cms/page.cgi?page=print;link=105234> (last visited September 4, 2011).

Assaf, H. (2009). "A Hydro-economic Model for Managing Groundwater Resources in Semiarid regions". In: Brebbia, C.A. and Popov, V. (Eds.) Water Resources Management V, WIT Transactions on Ecology and the Environment, Vol. 125, WIT Press, Southampton, pp. 85-96.

Bouhekima, B. (2003). "A small solar desalination plant for the production of drinking water in remote arid areas of southern Algeria." Desalination, 159: 197-204.

DLR (2007). "Concentrating solar power for seawater desalination." German Aerospace Center (DLR). Report on a study commissioned by the German Federal Ministry for the Environment.

El-Gohary, F. A., Badawy, M.I., El-Khateeb, M.A., and El-Kalliny, A.S. (2009). "Integrated treatment of olive mill wastewater (OMW) by the combination of Fenton's reaction and anaerobic treatment." *Journal of Hazardous Materials* 162: 1536–1541.

Gibbs, D. and Deutz, p. (2007). "Reflections on implementing industrial ecology through ecoindustrial park development." *Journal of Cleaner Production*, 15: 1683-1695.

Goosen, M., Mahmoudi, H., Ghaffour, N. and Sablani, S.S. (2011). "Application of renewable energies for water desalination." Chapter 5 in "Desalination Trends and Technologies" edited by Schorr, M. InTech.

Mahmoudi, H., Abdul-Wahab, S.A., Goosen, M.F.A., Sablani, S.S., Perret, J., Ouagued, A., and Spahis, N. (2008). "Weather data and analysis of hybrid photovoltaic–wind power generation systems adapted to a seawater greenhouse desalination unit designed for arid coastal countries." *Desalination*, 222:119–127.

Marafiq (2006). "MARAFIQ's Program for the reuse of Wastewater in Jubail and Yanbu Industrial Cities."

MEDRC (2011). "On-line library of MEDRC." The Middle East Desalination Research Center.
<http://www.medrc.org/index.cfm?area=news&page=library>. (Last visited on September 5, 2011).

MIT (2010). "Biofuel from saltwater crops." MIT Technology Review, February 5, 2010. <http://www.technologyreview.com/energy/24480/>. (Last visited on September 5, 2011).

SABIC (2011). "SABIC signs four agreements with KAUST."
<http://www.sabic.com/corporate/en/newsandmediarelations/news/20110227.aspx>. (Last visited on September 5, 2011).

State of Victoria (2010). "waterMAP guide: how to build a waterMPA." The Victorian Government Department of Sustainability and Environment.

UNIDO (2007). "Integrating CP into SCP: experience of the Morocco NCPC." Meeting of the UNIDO/UNEP NCPCs/NCPPs, Semmering, Austria, 24-28 September 2007.

Wafeer (2011a). "What is Wafeer?" last visited on Sep 1, 2011.

Wafeer (2011b). "Middle East Paper Company: success story for industrial water recycling". Downloaded from Wafeer website on August, 2011.

Wafeer (2011c). "Success story for industrial water saving food processing." Downloaded from Wafeer website on August, 2011.

Water Desalination Report (2010). "Water Desalination Report: issue Feb. 2010."

WBCSD (2011). "Global Water Tool for Power Utilities: How to use it." World Business Council for Sustainable Development.

(25)

ينينيني (25)