جامعة الدول العربية
المنظمة العربية للتنمية الزراعية
League of Arab States
Arab Organization For Agricultural Development

دراسة تقويم الآثار المترتبة على سوء إستخدام الموارد المائية غير التقليدية على البيئة الزراعية العربية

الخرطوم

سبتمبر / (أيلول) /2001

جمهورية السودان ـ الخرطوم ـ المعمورة شارع 7 | Khartoum ـ Al ـ Amarat ـ St. No. | 7 ـ الرمز البريدي: Postal Code:11111 ـ تلكس: AOAD SD:22554 ـ Telex ـ بريد الكتروني: E-Mail: aoad@sudanmail.net
برقياً: إدارة الخرطوم ـ Cable: AOAD Khartoum ـ فاكس: Fax: [249-11-] 471402 ـ تلفونات: Telephones: [249-11-] 472176 ـ 472183 ـ ص.ب: P.O. Box: 474

تقـــــديم

تقـــديم

لقد أصبحت حقيقة شح وندرة الموارد المائية العربية واقعاً معاشاً لا جدال حولـه رغم التفاوت النسبي من دولة لأخرى . إن ما تمثله الموارد المائيـــة مـــن أهميـة محورية وأساسية في الزراعة العربية ، وبخاصة في ضوء الندرة النســـبية، إنمـا يدعو إلى توجيه الإهتمام للتحليل والدراسة في كافة القضايا والجوانب التـــي مـــن شأنها المساهمة في تنمية تلك الموارد وتحقيق أقصى مستويات ممكنة مـــن ترشـيد وكفاءة في الإستخدام . ولمواجهة هذا الموقف فقد ظلت المنظمة العربيـــة للتنميـة الزراعية تسعى إلى فتح آفاق لإيجاد توازن للاختلال بين الموارد العربية المتاحـــة والطلب المتزايد على المياه . ويجئ اهتمام المنظمة بإيجاد الحلول الملائمة للوضـع المائي العربي بإعتبار الماء أحد العناصر الهامة والمؤثـــرة علـــى تحقيـق الأمـــن الغذائي العربي.

يشكل استخدام الموارد المائية غير التقليدية أحد الحلول المتاحة لفـــك الضائقـة المائية العربية، لذلك فإن هناك توجه متسارع لتطوير وتعزيـــز اســتخدام هــذه الموارد التي تشمل تحلية مياه البحر والمياه المسوس المالحة وإعادة استخدام ميـــاه الصرف الصحي والصناعي والزراعي. تشوب استخدام هذه الميـــاه العديـــد مـــن المحاذير بسبب الآثار السالبة ذات الصبغة الاقتصادية والإجتماعية والدينية وتلـــوث الموارد الطبيعية إضافة إلى الآثار على الصحة العامة للإنسان والحيـــوان وعلـــى المنظومة البيئية ككل نتيجة لتدني نوعيتها .

انطلاقا من مسئوليتها الشاملة وتدعيماً للاستخدام الآمن الرشيد للموارد المائيـــة غير التقليدية من أجل سد الفجوة المائية وصولاً لتحقيق الأمـــن الغذائـــي ، إرتـــأت المنظمة العربية للتنمية الزراعية ضرورة إعداد هذه الدراسة القومية الشاملة لتقويـم الآثار السالبة للاستخدام غير الرشيد لهذه المياه وتحديد سبل تخطيها عبر الأســاليب الصحيحة من خلال وضع مقترحات محددة حول الرؤية المستقبلية لتعزيز وتطويـــر الاستخدام الآمن الرشيد لهذا المصدر الرديف للمصادر المائية التقليدية.

لقد استعرضت الدراسة المجهودات الحثيثة في الدول العربيـــة لاســتخدام هــذه الموارد المائية غير التقليدية، وتم تقويم جامع لأساليب معالجة واستخدام هذه الميـــاه والمعوقات والمشاكل التي تواجه تطويرها . كما حددت الدراســـة الســـبل القويمـــة لاستخدام هذه الموارد وكيفية تخطي المعوقات والصعـــاب وأبـــرزت المتطلبـــات الأساسية لتطوير الاستخدام الرشيد الآمن لها.

تشمل أهم متطلبات تطوير استخدام هذه المياه في الدول العربية تأهيل الكوادر وبناء القدرات ودعم البحوث العلمية ونشر التوعية المائية الشعبية والإرشادية المتكاملة والاهتمام بالمواصفات والتشريعات المائية التي تحدد كيفية استخدام هذه المياه بعد المعالجة اللازمة لها.

تأمل المنظمة العربية للتنمية الزراعية أن تكون هذه الدراسة دعماً للجهود المبذولة من الدول العربية لتنمية مواردها المائية من خلال استخدامها الرشيد للموارد المائية غير التقليدية.

وتنتهز المنظمة هذه الفرصة للتعبير عن شكرها وتقديرها لكل من ساهم في إعداد هذه الدراسة من الكوادر العربية الوطنية التي أعدت الدراسات القطرية وتلك التي شاركت في الندوة القومية التي نظمتها المنظمة لمناقشة مسودة الدراسة ولكل الخبراء العرب الذين شاركوا في إعداد الدراسة والذين أثروا الندوة بأوراق محورية علمية . والشكر موصول أيضاً لخبراء المنظمة الذين عملوا على إعداد الدراسة التي نرجو أن تكون إضافة للجهود الجارية في هذا الاتجاه .

والله ولي التوفيق ،،

الدكتور سالم اللوزيّ

المدير العام

المحتويات

المحتويات

تقديم آ
المحتويات ج
ملخص الدراسة 1
الباب الأول: الاستخدامات السالبة للموارد المائية غير التقليدية 9
1-1 الموارد المائية التقليدية 9
1-2 الموارد المائية غير التقليدية 9
1-3 مجالات ووسائل الاستخدام غير السليم للموارد المائية غير التقليدية 10
1-3-1 الهدر 10
1-3-2 الاستنزاف 11
1-3-3 التخلص غير المرشد للمياه العادمة 12
1-4 الآثار المترتبة على سوء الاستخدام للموارد المائية غير التقليدية 14
1-4-1 الآثار على البيئة العامة 14
1-4-2 الآثار على الصحة العامة للإنسان والحيوان 17
1-4-3 الآثار على الموارد الطبيعية 19
1-4-4 الآثار الاقتصادية 20
1-4-5 الآثار الاجتماعية 22
الباب الثاني: وسائل تنمية وتعزيز الاستخدام الرشيد الآمن للمياه غير التقليدية 24
2-1 طرق تحلية المياه المالحة 24
2-2 معالجة المياه العادمة (الفضلات السائلة) 31
2-2-1 مقدمة 31
2-2-2 أهداف معالجة الفضلات السائلة 33
2-2-3 طرق المعالجة 33
2-2-4 وحدات المعالجة الابتدائية (الأولية) 35
2-2-5 المعالجة الأساسية للفضلات السائلة 37
2-2-6 المعالجة الثانوية للفضلات السائلة 39
2-2-7 وحدات المعالجة المتقدمة 60
2-2-8 معالجة الأوساخ والتخلص النهائي منها 70

2-3 خزن ونقل وتوزيع المياه 92
2-3-1 خزن الماء 92
2-3-1 نقل وتوزيع الماء 95
2-3-4 ضخ الماء والمضخات 113
2-4 التشريعات والأحكام والقوانين المائية 122
2 -4-1 السمات العامة لتشريعات استخدام المياه العادمة 122
2 -4-2 تشريعات إعادة استخدام الماء للري 128
2-4-3 تشريعات وأحكام إعادة استخدام الماء لتغذية المخزون الجوفي 133
2-4-4 تشريعات وأحكام إعادة استخدام الماء للترفيه 133
2-4-5 تشريعات وأحكام البيئة البحرية 135
2-4-6 تشريعات السائل النهائي وخواص الأوساخ لمعالجة الفضلات البرازية غير الداخلة لشبكة الصرف الصحي 138
2-4-7 ملامح من قانون صحة البيئة السوداني 139
2-5 التخطيط السليم 142
الباب الثالث : الوضع الراهن لاستخدام الموارد المائية غير التقليدية في الدول العربية 160
3-1 مقدمة 160
3-2 واقع الاستخدام الحالي للمياه غير التقليدية في الدول العربية 160
3-2-1 الوضع في الأردن 160
3-2-2 الوضع في البحرين 163
3-2-3 الوضع في تونس 165
3-2-4 الوضع في الجزائر 166
3-2-5 الوضع في السودان 168
3-2-6 الوضع في سوريا 168
3-2-7 الوضع في السعودية 169
3-2-8 الوضع في العراق 171
3-2-9 الوضع في فلسطين 172
3-2-10 الوضع في الكويت 173
3-2-11 الوضع في مصر 174
3-2-13 الوضع في المغرب 175

3-2-13 الوضع في موريتانيا 176
3-2-14 الوضع في اليمن 177
3-3 التقانات السائدة لاستخدام الموارد المائية غير التقليدية في الدول العربية 178
3-3-1 تقانات تحلية مياه البحر 178
3-3-2 التقانات السائدة لمعالجة المياه العادمة 180
3-3-3 المواصفات والتشريعات 183
3-4 التحديات التي تواجه تطوير الاستخدام الآمن الرشيد للموارد المائية غير التقليدية في الدول العربية 186
3-4-1 المعوقات والتحديات الفنية والتقنية 186
3-4-2 المعوقات والتحديات المؤسسية والتنظيمية 187
3-4-3 المعوقات والتحديات الاجتماعية والدينية 188
3-4-4 المعوقات والتحديات المالية والاقتصادية 188
3-4-5 المعوقات والتحديات البيئية 189
الباب لرابع : الرؤية المستقبلية لتطوير وتعزيز الاستخدام الآمن للمياه غير التقليدية في الدول العربية 190
4-1 تمهيد 190
4-2 التوجهات العامة للاستخدام الآمن للموارد المائية غير التقليدية 191
4-2-1 النظرة التكاملية لاستخدام الموارد المائية 192
4-2-2 استدامة الاستخدام 192
4-2-3 الاعتبارات الاقتصادية والاجتماعية 193
4-2-4 الاعتبارات المؤسسية 193
4-2-5 التشريعات والقوانين 194
4-2-6 التنمية البشرية وبناء القدرات 195
4-3 المتطلبات الأساسية لتطوير الاستخدام الآمن الرشيد للمياه غير التقليدية 195
4-3-1 مقدمة 195
4-3-2 متطلبات فنية وبحثية 196
4-3-3 متطلبات مالية واقتصادية 197
4-3-4 متطلبات مؤسسية وتنظيمية 199
4-3-5 متطلبات اجتماعية 200

4-3-6 متطلبات ارشادية 201
4-4 البرنامج المقترح لدعم وتطوير الاستخدام الرشيد للمياه غير التقليدية في الدول العربية 202
4-4-1 مقدمة 202
4-4-2 المرتكزات العامة للبرنامج وأهدافه 202
4-4-3 مكونات وعناصر الأنشطة الداعمة للبرنامج المقترح 204
ملخص الدراسة باللغة الإنجليزية 211
ملخص الدراسة باللغة الفرنسية 217
المراجع 222
فريق الدراسة 226

ملخص الدراسة

ملخص الدراسة

لقد تم إعداد هذه الدراسة القومية لتقويم الآثار المترتبة على سوء استخدام الموارد المائية غير التقليدية على البيئة الزراعية العربية كأحد مكونات البرنامج الفرعي للحد من تلوث البيئة ضمن خطة عمل المنظمة لعام 2001.

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل الأوضاع الراهنة لاستخدامات الموارد المائية غير التقليدية بالدول العربية والتقانات المستخدمة في تنمية هذا القطاع وتحديد الآثار المترتبة على سوء استخدامها وتقويمها من خلال تحديد المعوقات والمشاكل التي تواجه تطوير وتعزيز تنمية هذه الموارد بطريقة مرشدة، إضافة إلى إيجاد السبل لتخطي هذه المشاكل وتحديد المتطلبات اللازمة لدعم الاستخدام السوي لهذه المياه ووضع مقترحات محددة حول الرؤية المستقبلية لتطويرها وتعزيزها. ومن أجل الإعداد الجيد الموثق الدقيق والمعتمد على معلومات معتمدة فقد كلفت المنظمة خبراء من كل الدول العربية لإعداد دراسات قطرية حول الموضوع بناءاً على إطار عام ومهام مرجعية محددة أعدتها المنظمة وعممتها على كل الدول العربية. وبناءاً على هذه الدراسات القطرية واعتماداً على الدراسات السابقة والمراجع المتاحة بالمركز العربي للتوثيق الزراعي التابع للمنظمة، كلفت المنظمة فريقاً من الخبراء العرب من داخل وخارج المنظمة لإعداد هذه الدراسة الشاملة .

تحتوي الدراسة على أربعة أبواب . أهتم الباب الأول بالاستخدامات السالبة للموارد المائية غير التقليدية في الدول العربية، فإستعرض الموارد المائية التقليدية المتاحة بالدول العربية والمتمثلة في الموارد المائية السطحية والجوفية. كما أوضح أنه نسبة للضغط المتنامي على هذه الموارد المائية المحدودة برز الاتجاه نحو إستخدام الموارد المائية غير التقليدية التي تنحصر حسب التعريف المتبع في المنظمة العربية للتنمية الزراعية والمأخوذ به في هذه الدراسة في الآتي:

- تحلية مياه البحر.
- إعادة استخدام المياه الراجعة من الصرف الصحي والصناعي والزراعي.

يقدر الاستخدام الحالي لهذه الموارد بالدول العربية بحوالي 7.5 مليار متر مكعب سنوياً، تمثل حوالي 3% من جملة الموارد المائية المتاحة والبالغة 247.5

مليار متر مكعب سنوياً . ويشمل سوء استخدام الموارد المائية غير التقليدية الهدر والاستنزاف لهذه الموارد ببطء في شبكات توزيع المياه العادمة أو المياه بعد المعالجة ، كما أن الاستخدام الزائد لهذه المياه في الزراعة له آثار سالبة عديدة خاصة عند التخلص غير الآمن من هذه المياه العادمة الملوثة . حيث يعتبر هذا الأمر من أخطر أساليب التعامل غير المرشد حيث أن له آثار سالبة على الصحة العامة للإنسان والحيوان والنبات وعلى الموارد الطبيعية، مما يترتب عنه انعكاسات على المسار التنموي والاقتصادي والاجتماعي وعلى المنظومة البيئية بشكل عام.

شمل الباب الثاني وسائل تنمية وتعزيز الاستخدام الرشيد الآمن للمياه غير التقليدية ، واستعرض طرق تحلية مياه البحر ومنها التقطير والتناضح العكسي والفرز الغشائي الكهربائي والتجميد، كما استعرض طرق معالجة المياه العادمة من الصرف الصحي والصناعي والزراعي وارتباط أهداف المعالجة بالاستخدام اللاحق لهذه المياه بعد المعالجة وأوضح أن طرق المعالجة تنقسم إلى وحدات مختلفة حسب أسلوب المعالجة، فهناك وحدات ذات حجم صغير ووحدات ذات حجم كبير ولكل منها أسلوب في المعالجة والتي تشمل الطرق الطبيعية والتي تستخدم لفصل الملوثات بطريقة القوى الجاذبية الأرضية وطريقة الترسيب والترشيح إلى جانب الطرق الكيمائية والتي تستخدم فيها المواد الكيمائية للتفاعل مع المكونات وتحليلها وتحويلها إلى غازات أو مواد ثانوية . بالإضافة إلى ذلك هناك وحدات المعالجة الأولية وهي أساسا أنواع من المصفاة لعزل المواد الصلبة والخشنة ثم تأتي المعالجة الأساسية للفضلات السائلة بعزلها تليها المعالجة الثانوية للفضلات السائلة والعمل على تقليل المواد العضوية بها وهناك طريقة المعالجة بالنمو العالق ومنها الحماة المنشطة واخدود الأكسدة وهناك طرق المعالجة بالنمو المتصل ومنها مرشح النضيض (Trickling filter). واستعرض الباب وحدات المعالجة المتقدمة وتشمل إزالة الفوسفات كيماوياً وحيوياً وبواسطة الامتصاص وتبادل الأيونات والتناضح العكسي وكذلك إزالة للنتروجين لتقليل نمو النباتات في مصبات الأنهر ولأسباب صحية عديدة. تشمل معالجة الأوساخ والتخلص النهائي منها عملية هضم الحماة التي لها جوانب سالبة وجوانب إيجابية ، إضافة إلى علمية نزح الماء من الحماة وترشيحها. أما طرق التخلص النهائي فتشمل تخفيض الأكسدة والتخلص من السوائل في البرك والبحيرات . تتمثل عملية نقل وتوزيع المياه قبل وبعد المعالجة الخزن كمرحلة أولى ، تليها عملية النقل والتوزيع عبر الشبكات بواسطة الأنابيب ، ثم توزيع هذه المياه المعالجة لمواقع الاستخدام . واستعرض الباب المفاضلة بين أساليب التوزيع المختلفة وأنواع وأحجام الأنابيب وأثرها على التوزيع وحجم المضخات اللازمة . ثم استعرض الباب المواصفات

والتشريعات المطلوبة لتنمية واستخدام هذه المياه ومنها التوجهات العالمية وتشريعات إعادة استخدام المياه العادمة بعد المعالجة في الترفيه والسياحة والصيد وحماية البيئة البحرية وتشريعات حول التعامل مع السائل قبل وبعد المعالجة . واستعرض الباب ملامح قانون صحة البيئة السوداني كمثال . ثم تطرق الباب للإدارة الرشيدة للقطاع المائي بما فيها المياه غير التقليدية وضرورة وجود خطة قطرية بكل دولة لتكامل استخدام كل الموارد المائية وأهمية التنسيق مع كل المتعاملين في قطاع المياه وخاصة المياه غير التقليدية والتدريب والخصخصة والمشاركة الشعبية والبحوث العلمية.

أما الباب الثالث فقد شمل استعراض الوضع الراهن لاستخدام الموارد المائية غير التقليدية في الدول العربية، وأوضح أن شح المياه التقليدية في المنطقة العربية كان اول الدوافع للتوجه نحو الموارد المائية غير التقليدية . ثم استعرض الباب الموقف في بعض الدول العربية ومنها الأردن حيث يتوقع أن ترتفع المتطلبات المائية من 928 مليون متر مكعب عام 1990 إلى حوالي 1647 مليون متر مكعب عام 2010 ، مما استوجب توجه الأردن نحو المياه غير التقليدية والتي تشمل المياه المسوس وتحلية مياه البحر وإعادة استخدام المياه العادمة وأن الاهتمام في الأردن حالياً يدور حول إعادة استخدام مياه الصرف الصحي.

أما في دولة البحرين فإن التركيز على تحلية مياه البحر والتي يتم خلطها بمياه جوفية مالحة نسبياً لمقابلة الاحتياجات المائية بالدولة وتبلغ الطاقة الإنتاجية لمحطات التحلية مجتمعة بالبحرين بحوالي 124 مليون متر مكعب سنوياً. وتقدر سعة محطات معالجة المياه العادمة الناتجة عن الصرف الصحي بالبحرين بحوالي 160 ألف متر مكعب يومياً (60 مليون متر مكعب سنويا) يستخدم منها حوالي 41 ألف متر مكعب يومياً (16.5 مليون متر مكعب سنوياً) لري حوالي 665 هكتار .

ينحصر استخدام المياه غير التقليدية في تونس في استخدام مياه الصرف الصحي والذي يقدر حجمه بحوالي 130 مليون متر مكعب سنوياً يستخرج من 54 محطة معالجة . ويتوقع أن يصل الحجم إلى 180 مليون متر مكعب عام 2006 وتستخدم 35 مليون متر مكعب من هذه المياه لري حوالي 6600 هكتار . كما أنها تستخدم في السياحة ما يقارب 5 مليون متر مكعب.

أما في الجزائر فقد بدأت عملية تحلية مياه البحر منذ عام 1975 . وأما الصرف الصحي والصناعي فيقدر حجم المياه المعالجة بحوالي 600 مليون متر مكعب سنوياً ومقدر أن يصل إلى مليار متر مكعب عام 2020.

إن استخدام المياه غير التقليدية في السودان محدود للغاية ، حيث لا توجد سوى محطة صغيرة في بورتسودان لتحلية مياه البحر، ولا توجد شبكة صرف صحي وصناعي إلا في بعض أجزاء مدينة الخرطوم.

أما في سوريا فإن المياه غير التقليدية قد بدأت تلعب دوراً هاماً في سد العجز المائي، ورغم أن تحلية مياه البحر ما زالت في مراحل التخطيط إلا أن هناك اهتمام متنامي بضرورة استخدام مياه الصرف الصحي والصناعي والزراعي بعد المعالجة، فهناك العديد من الجهود لإعادة استخدام مياه الصرف الزراعي.

السعودية هي رائد استخدام المياه المحلاة عموماً وهي لا تستخدم في الإنتاج الزراعي إلا في نطاق ضيق للغاية . أما استخدام مياه الصرف الصحي والصناعي فقد تطورت سبل استخداماته في السعودية فبعد أن كان يصرف في بيارات تم إنشاء شبكات مجمعة ومعالجة ثنائياً وثلاثياً وتستخدم كل منها في زراعات محدده.

أما استخدام الصرف الزراعي فهو يتركز في منطقة الاحساء بالسعودية وقد تمت حتى الآن الاستفادة من 100 ألف متر مكعب يومياً كانت تصرف هدراً.

تتأثر موارد العراق المائية كثيراً بالمواقف المائية للدول التي تتحكم في منابع الأنهار المشتركة التي تأتي منها معظم مياه العراق التقليدية، لذلك فإن الموارد المائية غير التقليدية تمثل مخرجاً هاماً للعراق، وتشمل المياه الثقيلة الناتجة عن الصرف الصحي والصناعي والمياه الراجعة من الصرف الزراعي والمياه الجوفية المالحة والمياه المحلاة.

أما في فلسطين فإن التسلط والاحتلال الإسرائيلي لمصادر المياه التقليدية قد زاد من الإهتمام بمصادر المياه غير التقليدية التي لم تتأثر بهذا التسلط . وتعتبر مياه الصرف الصحي المعالجة أهم هذه المصادر نسبة لتزايد حجمها مع تزايد السكان والتوسع الحضري بهذه الدولة الفتية ، ولكن تواجه فلسطين مشكلة عدم وجود البنيات التحتية اللازمة وقلة الكوادر المؤهلة المدربة.

يعتبر الكويت من أول الدول التي تبنت تطبيق تحلية مياه البحر كمصدر أساسي لتوفير المياه ، ولهذا فقد ارتفعت معدلات التحلية من 4 مليون جالون في اليوم عام 1959 إلى 282 مليون جالون عام 1998 . وتستخدم هذه المياه أساساً في

الشرب، وحيث أن هناك حاجة ماسة للتوسع في الزراعة بدأ الاهتمام باستخدام مياه الصرف الصحي بعد المعالجة . وقد ارتفعت سعة المياه المعالجة من 55 مليون جالون يومياً عام 1989 إلى 90 مليون جالون عام 1999 ويقدر أن تصل إلى 140 مليون جالون يومياً عام 2015 ويستخدم حالياً حوالي 27 مليون جالون يومياً من هذه المياه المعالجة لري النخيل والأعلاف والشعير .

يقدر حجم مياه الصرف الصحي بحوالي 4 مليون متر مكعب يومياً في القاهرة وحوالي مليون متر مكعب في الاسكندرية وحوالي 7.5 مليون متر مكعب يمكن تجميعها من المدن الأخرى إذا توفرت الشبكات اللازمة . يستخدم حالياً جزء منها لري 150 ألف فدان في المنطقة الصحراوية وقد دلت التجارب على عدم تأثر التربة بهذا الاستخدام .

أما استخدام مياه الصرف الزراعي فإن مصر هي رائدة هذا الاستخدام في العالم العربي حيث يقدر حجمه بحوالي 4.7 مليار متر مكعب سنوياً حالياً ويتوقع أن ترتفع إلى 7 مليار متر مكعب وتتركز أساساً في منطقة الدلتا.

يقدر حجم المياه المحلاة بالمغرب بحوالي 8680 متر مكعب يومياً تستخدم أساساً في الشرب ويتم استخراجها من خمسة محطات تحلية تستخدم فيها طريقة التناضح العكسي . أما حجم مياه الصرف الصحي في المغرب فيبلغ حالياً حوالي 500 مليون متر مكعب سنوياً ، ويتوقع أن يصل إلى 900 مليون متر مكعب عام 2021 يستخدم منه حوالي 60 مليون متر مكعب لري 7000 هكتار . أما استخدام مياه الصرف الصناعي فهي تكاد تكون معدومة بالنسبة للزراعة .

يعتمد سكان موريتانيا على الرعي والتجارة كمصادر أساسية للعمل . وتتمتع موريتانيا بمصادر مياه يعتمد عليها من نهر السنغال. لذلك فإن اهتمامها باستخدام الموارد المائية غير التقليدية مازال في بداية المشوار حيث لا توجد سوى محطة تنقية واحدة لمياه الصرف الصحي بنواكشوط العاصمة لخدمة 700 نسمة . تستخدم المياه بعد المعالجة في ري الحدائق العامة ولكن تشير بعض الدلائل على اتجاه موريتانيا للتوسع في استخدام مياه الصرف الصحي.

إن النشاط الزراعي في اليمن هو دعامة اقتصادها ويستوعب حوالي 70% من السكان . وحيث أن وجود فجوة كبيرة بين المتاح من المياه التقليدية والطلب عليها، جعلت من الدولة تزيد من إهتمامها بالموارد المائية غير التقليدية. وبالرغم من أن اليمن أول دولة لها خبرة في مجال تحلية مياه البحر حيث تم إنشاء أول

محطة عربية بعدن عام 1869 ، إلا أنه لم يجرى توسع ملحوظ في هذا المجال. أما مياه الصرف الصحي فتقدر بحوالي 74 مليون متر مكعب سنوياً ويتوقع أن ترتفع إلى 155 مليون متر مكعب عام 2010 وهي تصرف حالياً في البحر. لا توجد معلومات معتمدة عن حجم ونوعية مياه الصرف الصناعي في اليمن ولكن هناك تقديرات بأن حجمها يتوقع أن يصل إلى حوالي 80 مليون متر مكعب سنوياً في عام 2025 . نسبة لبعد مستوى المياه الجوفية عن سطح الأرض لم تبرز أي حاجة لإنشاء مصارف زراعية لذلك فإن تقنية استخدام مياه الصرف الزراعي لم تطبق في اليمن.

استعرض الباب الثالث أيضاً التقانات السائدة في العالم العربي لاستخدام الموارد المائية غير التقليدية، وشملت التقانات الخاصة بتحلية مياه البحر باعتبار المنطقة العربية تنتج حوالي 45% من جملة الإنتاج العالمي للمياه المحلاة. وأوضح الباب أن الطرق المستخدمة في الوطن العربي تشمل :

- طريقة الغرز الغشائي الكهربائي Elctro dialysis
- طريقة التناضح العكسي Reserve osmosis
- طريقة التبلور التجميدي
- التحلية الكيمائية
- التقطير
- البخر الومضي (multi –stage flast)
- التبادل الشاردي

أما أساليب وطرق معالجة المياه العادمة في الدول العربية فقد أوضح الباب أنها تشمل ما يلي :

- الفلترة البيولوجية
- الحماة المنشطة
- التنقية الطبيعية
- التنقية الكيمائية
- تجفيف الحماة
- الأحواض التثبيتية

واستعرض الباب المواصفات والتشريعات التي تحكم أساليب معالجة واستخدام المياه غير التقليدية في الدول العربية، والتي تراعي الصحة العامة وحماية

البيئة والموارد الطبيعية ومنها الترب والموارد المائية من الاستخدام غير المرشد للمياه غير التقليدية والعقوبات لضمان التقيد بالمواصفات ومراعاة التشريعات.

وفي الأخير استعرض الباب الثالث التحديات التي تواجه تطوير استخدام الموارد المائية غير التقليدية في العالم العربي وأوضح أنها تشمل ما يلي :

- معوقات وتحديات فنية وتقنية.
- معوقات وتحديات مؤسسية وتنظيمية .
- معوقات وتحديات اجتماعية ودينية.
- معوقات وتحديات مالية واقتصادية

أهتم الباب الرابع بموضوع الرؤية المستقبلية لتطوير وتعزيز الاستخدام الرشيد الآمن للمياه غير التقليدية في الدول العربية، فأوضح الاشكالات التي تعاني منها الدول العربية نسبة لمحدودية مواردها المائية التقليدية ولجوئها إلى الموارد المائية غير التقليدية كأحد الحلول المتاحة.

ثم استعرض الباب التوجهات العامة للاستخدام الآمن للموارد المائية غير التقليدية والذي يشمل النظرة التكاملية لكل مصادر المياه التقليدية وغير التقليدية بشكل كامل وأهمية استدامة عطاء الموارد والاعتبارات الاقتصادية والاجتماعية وما تواجه استخدامات الموارد المائية غير التقليدية من عزوف في التعامل معها أو قبول المنتجات التي تستخدم فيها . كما حدد الباب التوجهات المؤسسية وأهمية وضوح الرؤية وتفعيل المشاركة الفنية . وأوضح الباب أهمية التشريعات والقوانين والمواصفات في الاستخدام الرشيد لهذه المياه وأكد الباب دور التنمية البشرية وبناء القدرات في حسن استخدام هذه الموارد.

وأوضح الباب المتطلبات الأساسية لضمان تطوير استخدام الموارد المائية غير التقليدية. وتشمل المتطلبات الفنية والبحثية وأهمية وضع استراتيجية بحثية محددة المعالم وكيف أن المتطلبات المالية والاقتصادية تلعب دورا فعالا في تعزيز وتطوير استخدام الموارد المائية غير التقليدية في مرحلتي الإنشاء والتشغيل والصيانة. أما في مجال المتطلبات المؤسسية والتنظيمية والضوابط والتنسيق بين الإدارة يمثل أهم هذه المتطلبات . أما المتطلبات الاجتماعية فتشمل نشر الوعي المائي وأهمية استخدام المياه غير التقليدية والتعرف على كيفية التعامل مع هذه المياه وهذا يتطابق مع المتطلبات الإرشادية حول نشر المعلومات والحقائق حول هذا الاستخدام .

وخلص الباب إلى وضع برنامج مقترح لدعم وتطوير الاستخدام الرشيد للميـاه غير التقليدية يشمل على عدة مكونات منها التوعية الشـــعبية والإرشـــاد وبنـــاء القدرات وتحديد الهياكل والأطر المؤسسية وصلاحياته وتقوية وتطوير التشريعات والقوانين وحدد أهداف كل من هذه المكونات والأنشطة المقترحة بـــها والنتـــائج المتوقعة ومنهجية تنفيذ كل منها.

الباب الأول
الاستخدامات السالبة للموارد المائية غير التقليدية

الباب الأول

الاستخدامات السالبة للموارد المائية غير التقليدية

1-1 الموارد المائية التقليدية

للمياه دورة طبيعية متصلة تتكون عناصرها من البخر من المسطحات المائية والنتح من النبات ثم الهطول المطري لتغذية المواعين السطحية والجوفية ومن ثم البخر والنتح مجدداً وهكذا دواليك . والموارد المائية إما مياه مالحة في المحيطات والبحار وهذه تشكل الغالبية الساحقة من المياه في الكرة الأرضية أو مياه عذبة في الأنهار وبعض البحيرات (الطبيعية والاصطناعية) والمياه الجوفية. وبما أن استخدامات المياه للأغراض المختلفة لا زالت في مجملها تأتي من موارد مياه عذبة (سواء سطحية أو جوفية) فقد تعارف على تسميتها بالموارد المائية التقليدية حيث تحتفظ تلك المياه بمجمل خصائصها الطبيعية بالرغم من تفاوت نوعيتها ويمكن استخدامها إما مباشرة بدون أي معالجة (كما في مياه الري وهي المستهلك الأكبر للمياه العذبة في العالم) أو بعد إجراء بعض المعالجات لجعلها تتلاءم مع بعض الاستخدامات كما في مياه الشرب أو الصناعة .

ويتفاوت التوزيع الجغرافي للمياه العذبة في العالم تفاوتاً كبيراً ما بين الوفرة والندرة. وبما أن الأقطار العربية تقع في منطقة تتميز عموماً بمناخ جاف وشبه جاف، فإن معظم الأقطار العربية تواجه بصورة أو أخرى عجز في المياه العذبة لتلبية الاحتياجات المائية الراهنة والمستقبلية جراء الزيادة الكبيرة في عدد السكان وتنامي متطلبات التنمية الاقتصادية والاجتماعية.

ونسبة للضغط المتنامي على الموارد المائية المتاحة في العالم العربي ولمحدودية تلك الموارد فقد حدث استنزاف لها في بعض الأقطار مما فاقم من حدة المشكلة جراء النقص المستمر في كمية المتاح من هذه الموارد المائية وما صاحبها من تدني في نوعيتها. ولما كانت فرص تنمية المزيد من موارد المياه التقليدية يكاد يكون محدوداً للغاية نسبة للمحددات الطبيعية والتكلفة الاقتصادية العالية، فلابد للأقطار العربية من اللجوء للموارد المائية غير التقليدية لزيادة مواردها المائية.

1-2 الموارد المائية غير التقليدية

يمكن تعريف المياه غير التقليدية بأنها تلك المياه ذات النوعية والخواص المتدنية التي لا تتناسب والاستخدام المتوقع منها إلا بعد معالجتها لتتناسب مواصفاتها مع الاستخدام المرجو أو استخدامها بصورتها الراهنة ضمن ظروف وشروط خاصة

دون الإضرار بالبيئة وتوافقها مع الجوانب التشريعية والقانونية لنوعية المياه واستخداماتها .

وللمياه غير التقليدية مصدران رئيسيان أحدهما طبيعي (مياه البحر أو المياه المالحة الأخرى خاصة الجوفية أو المياه السطحية الراكدة) وثانيهما اصطناعي ناتج من إعادة استخدام المياه العادمة أي تلك المياه التي استخدمت من قبل لأي غرض من أغراض الاستخدام لمرة واحدة أو أكثر وجراء ذلك تغيرت مواصفاتها الأساسية .

وتنحصر الموارد المائية غير التقليدية في الآتي:

- تحلية المياه.
- إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي.
- إعادة استخدام مياه الصرف الصحي.
- إعادة استخدام مياه الصرف الصناعي.

هذا وتقدر جملة المياه غير التقليدية الحالية في الوطن العربي بحوالي 7.5 مليار متر مكعب من جملة الموارد المائية الكلية والتي تقدر بحوالي 247 مليار متر مكعب (أي حوالي 3%) وبالرغم من ضآلتها في الوقت الراهن فإن استعمال المياه غير التقليدية آخذ في التنامي (لمقتضيات الضرورة) نتيجة للتقدم التقني المستمر في معالجة المياه وخفض تكلفتها . ومن المتوقع مستقبلاً أن تشكل نسبة استخدام المياه غير التقليدية نسبة مقدرة من استخدام الموارد المائية العربية الكلية.

إن موارد المياه غير التقليدية معرضة لسوء الاستخدام مثلها مثل موارد المياه التقليدية الأخرى وفيما يلي موجز لمجالات سوء الاستخدام للموارد المائية غير التقليدية في الوطن العربي.

3-1 مجالات ووسائل الاستخدام غير السليم للموارد المائية غير التقليدية

1-3-1 الهدر

يمكن تعريف الهدر بأنه إستعمال للمياه بأكثر مما ينبغي (الإسراف) أو لأغراض لا ترقى (غسيل السيارات مثلاً أو الإستخدامات الترفيهية) أو ضياع المياه دون الإستفادة منها (كما في شبكة إمدادات المياه) .

والهدر غالباً ما يعزى لأسباب فنية وإدارية وفي بعض الأحيان لأسباب مؤسسية (في المغرب مثلاً هنالك عدم تنسيق بين فترات ذروة الإحتياجات المائية للمزروعات والفترات التي يصرف فيها حجم كبير من المياه التي تستخرج من محطات التطهير مما يؤدي لعدم إستعمال كمية كبيرة منها).

وجزء مقدر من المياه المهدرة تعزى لأسباب إجتماعية نسبة لعادات إستهلاكية ضارة (الإسراف) . ففي منطقة الخليج العربي ، تدل التقارير بأنه إذا استمر نمط الإستهلاك المنزلي الحالي على ما هو عليه دون تغيير لما فيه من إهدار شديد للمياه (إسراف) فإن دول الخليج العربي يلزمها أن تستثمر ما لا يقل عن 30 مليار دولار لبناء وحدات جديدة لتحلية المياه ومن الطبيعي أن يؤدي هذا الإستثمار الضخم إلى إجهاد اقتصادي كبير خاصة في الدول ذات الدخل النفطي المحدود.

هذا ولا تزال كميات مقدرة من المياه العادمة تذهب هدراً دون إعادة إستخدامها. ففي المغرب فإن 98% من المياه العادمة تصب في البحر أو تنشر على سطح الأرض أو يلقى بها في الوديان والأنهار . وكذا الحال في اليمن حيث يتم تصريف معظم المياه العادمة إلى البحر. وفي السودان إن الصرف الصحي غير المعالج يتم طرحه بصورة روتينية إلى المياه الجوفية.

إن أحد الموارد الرئيسية المحتملة للمياه غير التقليدية في الوطن العربي تتمثل في مياه الصرف الزراعي نتيجة لتدني كفاءة إسخدام مياه الري إذ تبلغ هذه الكفاءة في المتوسط حوالي 50% . هذا وتقدر مساحة الأراضي المروية في الوطن العربي بحوالي 10.8 مليون هكتار حالياً . فإذا افترضنا أن كل هكتار مروي يحتاج لحوالي 10000 متر مكعب من المياه سنوياً كحد أدنى فإن مياه الصرف الزراعي في الوطن العربي تقدر بحوالي 50 مليار متر مكعب سنوياً وتذهب غالبيتها العظمى هدراً دون الإستفادة منها بإعادة إستخدامها. بإستثناء جمهورية مصر العربية حيث يتم حالياً إعادة إستخدام حوالي 4.7 مليار متر مكعب من مياه الصرف الزراعي سنوياً ومن المخطط أن تصل هذه الكمية إلى حوالي 7 مليار متر مكعب في المستقبل القريب.

1-3-2 الإستنزاف

في بعض الأقطار العربية ذات المناخ الجاف وشبه الجاف والتي تواجه شحاً في مواردها المائية التقليدية يتم اللجوء لإستخدام مورد مائي غير تقليدي يتمثل في مياه جوفية أو ينابيع ذات ملوحة عالية نسبياً تتراوح ما بين 3000 إلى 10000 جزء في المليون، وتعرف هذه المياه في الأردن وفلسطين بإسم المياه المسوس .

أدى الإستغلال المتزايد لموارد المياه الجوفية في المنطقة العربية كنتيجة طبيعية للزيادة السكانية المضطردة وتغير نمط حياة السكان وزيادة أنشطتهم إلى استنزاف تلك الموارد فأصبح السحب منها يفوق معدلات التغذية الطبيعية المتاحة لها مما أثر سلباً على التوازن الطبيعي للطبقات الحاملة لتلك المياه كماً ونوعاً. وقد أسفر هذا الإستنزاف في انخفاض مناسيب المياه الجوفية وتدهور نوعيتها بفعل تسرب مياه البحر أو المياه الجوفية المالحة المجاورة.

وهنالك العديد من الشواهد السلبية في المنطقة العربية نتيجة لهذا الإستنزاف.ففي الجزيرة العربية إن إستنزاف المياه الجوفية في بعض الأقطار كالبحرين وقطر وسلطنة عمان واليمن أدى إلى طغيان مياه البحر وزيادة واضحة في ملوحة المياه الجوفية . ففي البحرين إنحسرت الرقعة الزراعية المروية إلى نصف ما كانت عليه منذ حوالي 40 عاماً نتيجة لإستخدام مياه جوفية تتراوح ملوحتها ما بين 3000 – 6000 جزء في المليون. وفي اليمن إن إستنزاف المياه الجوفية في وادي زبيد ووادي حضرموت وسهل تهامة أدى إلى زيادة وأضحة في ملوحة المياه نتيجة لتسرب مياه البحر جراء إنخفاض مناسيب المياه الجوفية نتيجة للإستنزاف.

نفس الظاهرة حدثت في بعض بلدان المغرب العربي مثل سهل الجفارة بليبيا حيث تم إستنزاف المياه الجوفية بالكامل تقريباً ، الأمر الذي أدى لهبوط حاد في مناسيب المياه قدرت بحوالي 24 متراً خلال عشر سنوات وتتراوح ملوحة المياه الجوفية في هذا السهل ما بين 1000–7000 جزء في المليون . أما في تونس فهنالك العديد من ظواهر الإستنزاف خاصة في المناطق الساحلية الشمالية الغربية حيث انخفض منسوب المياه الجوفية فوصل إلى 30 متراً تحت مستوى سطح البحر.

إن النتيجة المحتمة لهذا الإستنزاف تتمثل في خفض كميات المياه سواء التقليدية منها أو غير التقليدية ويصاحب ذلك تدهور نوعية المياه أيضاً مما يعني الزيادة المضطردة في كلفة تحلية هذه المياه أو زيادة كميات المياه ذات النوعية الجيدة التي تخلط بها المياه المالحة لتحليتها كما هو ممارس في الأردن وفلسطين لتحلية المياه المسوس.

كما أن إنخفاض منسوب المياه الجوفية (التقليدية وغير التقليدية) يزيد من كلفة ضخها بل وفي بعض الأحيان يجعل الإستمرار في إستنزاف تلك المياه غير مجدٍ إقتصادياً خاصة في الأقطار العربية غير البترولية.

1-3-3 التخلص غير المرشد للمياه العادمة

من الطبيعي ومحافظة على البيئة معالجة المياه العادمة قبل التخلص منها إذ أن معظم التشريعات والقوانين في الدول العربية تنص على ذلك إلا أنه قلما تتم معالجة تلك المياه. ونسبة للزيادة السكانية المضطردة والأنشطة الإقتصادية والإجتماعية في العالم العربي فإن كمية المياه العادمة في زيادة مستمرة مع تدهور مضطرد في نوعيتها . فالزراعة المروية تستخدم المخصبات والمبيدات دون ضوابط مما نتج عنها كميات ضخمة من مياه الصرف الزراعي الملوثة. ففي جمهورية مصر العربية تطرح مياه الصرف الزراعي والتي تقدر حالياً بحوالي 4.7 مليار متر مكعب سنوياً في النيل دون معالجة . وفي المغرب يقدر حجم مياه

الصرف الزراعي على مستوى دوائر الري الكبير حوالي 600 مليون متر مكعب في السنة خاصة من جراء الري السطحي إلا أنه لا يسجل حالياً إعادة إستخدام هذه المياه في الميدان الزراعي ويتم التخلص منها إما بنشرها على سطح الأرض أو يلقى بها في الوديان والأنهار. وفي الأردن إن إعادة إستخدام مياه الصرف الزراعي عملية غير مخططة وكذلك لا تؤخذ في الإعتبار في موازنة مياه الري في وادي الأردن مع العلم بأن مناطق الأغوار الشمالية مخدومة بأنظمة الصرف الزراعي وكذلك مناطق الأغوار الوسطى بحيث تشمل أيضاً مصارف سطحية وطريقة الاستخدام إختيارية من قبل المزارعين. وفي سوريا تقدر كمية مياه الصرف الزراعي بحوالي 50% من الكمية المستخدمة في الري لايعاد إستخدامها . وقد بدأت سوريا حديثاً بإعادة إستخدام مياه الصرف الزراعي في مشروع ري منطقة الزيارة ضمن مشروع تطوير الغاب. وفي العراق فإن الزراعة متأثرة بشكل كبير بالملوحة والتغدق وقد أعدت خطط كبيرة لتقليل تأثير ذلك بشمول مشاريع الري القائمة لشبكات الصرف وإنشاء المصبات الرئيسية لنقل مياه الصرف الزراعي من أهمها مشروع نهر صدام حيث من خلاله يتم نقل مياه الصرف الزراعي غير المعالجة للمشاريع الواقعة بين نهري دجلة والفرات والممتدة من مدينة بغداد حتى مصب نهر صدام في شط البصرة.

أما فيما يتعلق بالصرف الصحي والصناعي فقد ازدادت كمياته بمعدلات كبيرة في العالم العربي وذلك بإرتفاع عدد سكان المدن وإرتفاع معدل إستهلاك الفرد من المياه، ففي المغرب إزداد الصرف الصحي بالمدن من 48 مليون متر مكعب إلى 500 مليون متر مكعب ما بين عامي 1960 و 2000 ومن المنتظر أن يرتفع إلى 900 مليون متر مكعب في أفق عام 2020 كما إزداد معدل إستهلاك الفرد للمياه في المدن المغربية من 85 إلى 116 لتر في اليوم بين عامي 1972 و 1992 . وفي عام 1993 تم إستعمال 60 مليون متر مكعب من مياه الصرف الصحي غير المعالجة لري ما يزيد عن 7000 هكتار من الأراضي الزراعية (تمثل 0.7% من الأراضي المروية بالمياه التقليدية) الواقعة بضواحي المدن الرئيسية حيث تزرع الخضروات والأشجار المثمرة. ويتوقع إرتفاع هذه المساحة إلى حوالي 92000 هكتار في أفق عام 2020، هذا وتبلغ نسبة مياه الصرف الصحي غير المعالجة التي تنشر على الأرض وفي الوديان بحوالي 42%.

كما أن إلقاء مياه الصرف الصحي والصناعي في المياه السطحية يمارس على نطاق واسع في بعض الأقطار العربية مثل مصر وسوريا، ففي مصر يطوح الجزء الأعظم من مياه الصرف الصحي في النيل دون معالجة وفي سوريا فإن المجاري المائية الصغيرة والمتوسطة الحجم مثل نهري بردى والعاصي ملوثة بمياه

المجاري الصحية والصناعية. أما في السودان فإن تصريف الفضلات المنزلية يتم مباشرة عن طريق آبار متصلة بالمياه الجوفية.

يلاحظ عموماً ضعف البنى التحتية لمعالجة المياه العادمة في الوطن العربي مع عدم تحديد وضبط المواصفات الفنية لطرح المياه العادمة مع غياب الأجهزة الرقابية التي تعنى بشئون البيئة والصحة.

1-4 الآثار المترتبة على سوء الاستخدام للموارد المائية غير التقليدية

نسبة لتدني نوعية المياه غير التقليدية عموماً مقارنة بالمياه التقليدية فإن إنتاج واستخدام ومن ثم طرح هذه المياه بغير ضوابط وترتيبات تحكم ذلك تنتج عنه آثار سالبة عديدة تظهر اسقاطاتها على البيئة وعلى الصحة وتتعداها لتشمل أيضاً المناحي الاقتصادية والاجتماعية.

وفيما يلي عرض موجز لتلك الآثار السالبة في الوطن العربي.

1-4-1 الآثار على البيئة العامة

إن النمو السكاني المضطرد والمتغيرات الديمغرافية والاجتماعية والاقتصادية التي تشهدها المنطقة العربية تشكل المعالم الأساسية في زيادة استهلاك المياه وتنوعة وتوجهات الطلب على الموارد المائية في المستقبل. كما أن التوسع الكبير الذي حدث في العقود الأخيرة في الزراعة المروية في الوطن العربي حيث زودت مساحات شاسعة بمياه الري بغية سد الاحتياجات المتنامية للغذاء أدى لإستثمار مكثف لموارد المياه سواء منها السطحية أو الجوفية مما ترتب عليه تدهور نوعية المياه خاصة في مناطق التكثيف الزراعي.

ونتيجة لمحدودية موارد المياه التقليدية وعجزها عن مقابلة الطلب المتزايد للمياه مع تدهور مستمر في نوعيتها نتيجة للاستنزاف فقد تبنت العديد من الدول العربية استراتيجية استخدام المياه غير التقليدية لدعم مواردها المائية وذلك عن طريق معالجة وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي والزراعي وتحلية المياه المالحة . هذا ومن المنتظر أن تزيد تعبئة المياه غير التقليدية مستقبلاً في الوطن العربي نسبة للزيادة الكبيرة في عدد السكان والارتفاع الذي طرأ خلال العقود الأخيرة على مستوى المعيشة والزيادة المتوقعة في تنامي الطلب على الغذاء حيث أصبح يفوق كثيراً الزيادة في الإنتاج المحلي منه لدرجة أن الوطن العربي يستورد حالياً ما يزيد على نصف متطلباته من الإنتاج الزراعي.

وبما أن الوطن العربي يقع في منطقة جافة لا تزيد المساحة التي يمكن زراعتها تحت الظروف المطرية عن 4% من مجموع المساحة الجغرافية له، علاوة على التذبذب الطبيعي في معدلات الأمطار وتفاوتها زماناً ومكاناً ومع التغيرات المناخية الحالية خاصة موجات الجفاف، فإن التعويل على الزراعة المطرية في سد جزء من الفجوة الغذائية المتنامية يكاد يكون معدوماً. وعليه يصبح الاعتماد على توفير مياه الري من أهم الركائز التي يعتمد عليها برامج زيادة الإنتاج الزراعي في المنطقة.

ولما كان تأمين الغذاء خياراً إستراتيجيا للدول العربية ونظراً للشح في موارد المياه وإزدياد الطلب عليها مع الزمن ينبغي على الدول العربية أن تتبنى سياسات تهدف إلى وضع خطط وبرامج تحقق الموائمة بين الإمكانات المائية الممكن توفيرها ومتطلبات التنمية الاقتصادية والاجتماعية والتي تشكل خطط التنمية الزراعية المروية حجر الزاوية فيها.

ولعل من تلك السياسات مستقبلاً هو توجيه المياه التقليدية ذات النوعية الجيدة للشرب ودعمها بتحلية مياه البحر مع توجيه معظم أو كل موارد المياه غير التقليدية الأخرى للزراعة. وهذه السياسات بدأت تطبقها حالياً بعض الدول العربية التي تواجه ندرة في المياه كما في منطقة الخليج العربي وليبيا وتونس . تهدف هذه السياسات إلى المحافظة على موارد المياه التقليدية (خاصة الجوفية منها) ووقف التدهور المستمر لها وتنميتها إضافة إلى المحافظة على الرقعة الزراعية وضمان استمرارية النشاط والعمل الزراعي بشكل فعال مع رفع الإنتاج الزراعي والمساهمة في تحقيق هدف الأمن الغذائي وخلق ظروف بيئية أفضل .

إن تبني هذه السياسات تترتب عليه أعباء بيئية كبيرة تقتضي التقيد الصارم بمستلزمات إصحاح البيئة والتي تتمثل في معالجة المياه التقليدية العادمة قبل طرحها أو إعادة استخدامها مجدداً، مع تنظيم صارم لمجالات وكيفية استخداماتها إذ أن إطلاق هذه الاستخدامات دون ضوابط يضر ضرراً بليغاً بالبيئة ويجعل التوازن البيئي الطبيعي هشاً خاصة فيما يتعلق بالتنوع الإحيائي والنظم الايكولوجية بصفة عامة مما يجعلها معرضة كلها للإنعكاسات السلبية.ففي البحرين تشير بعض الدراسات أن مخلفات التحلية من مياه محطة ستره لإنتاج الكهرباء والماء قد أحدثت تبدلات عميقة في الخواص الطبيعية لمياه البحر، تمثلت في ارتفاع درجة حرارتها وزيادة ملوحتها وبدرجة أقل انخفاض نسبة الأوكسجين المذاب اللازم لاستمرار الحياة البحرية . وفي الجزائر أدى غياب شبكات الصرف وعطل محطات المعالجة إلى صب المياه العادمة غير المعالجة بصفة عشوائية مباشرة نحو البحر مما يؤدي إلى ظهور آثار ومشاكل تلوث بيولوجي وكيماوي للسواحل والشواطئ . كما حدث

للمتيجة ووهران حيث أن مقدار النيترات يتجاوز بكثير المعايير المقبولة.وفي سوريا أدى تدفق المياه العادمة المنزلية والصناعية غير المعالجة إلى تدهور نوعية المياه السطحية بحيث أصبحت غير صالحة للاستخدام المباشر. وكان من أهم نتائج هذا التلوث الكبير الذي تعرضت له مياه الأنهار والمجمعات المائية الأخرى هي:

- انعدام الحياة المائية بسبب انخفاض الأوكسجين المنحل.
- ظهور النباتات والأعشاب غير المرغوب فيها التي أدت لانسداد المجاري المائية في بعض المناطق .
- إنتشار الروائح الكريهة نتيجة التفكك اللاهوائي للمواد العضوية.
- إنتشار الحشرات والقوارض.

أما في المغرب فإن حوالي 30% من الملوثات المنقولة بواسطة مياه الصرف غير المعالج تصل إلى مجاري الوديان والأنهار و20% منها تنشر على سطح الأرض وذلك بدون أي معالجة. أما فيما يخص الصناعات المنجمية والتي تتركز في الأقاليم الجنوبية والوسطى الغربية من المغرب ، فينتج عنها بعض المواد السامة مثل النحاس، الزئبق، النيكل، الرصاص والزنك. ترمي المياه الناتجة عن هذه الصناعات في أحواض مصممة لذلك، غير أن هناك خطر تسرب هذه المياه إلى جوف الأرض وخطر إنهيار هذه الأحواض مما يهدد بتدفق مياهها في الأودية المجاورة . وفي ظل تدني عمليات التشغيل والصيانة والإسراف في محطات معالجة المياه العادمة في معظم الدول العربية، تحجز المياه غير المعالجة في أحواض ولفترات طويلة قبل معالجتها مما يؤدي لانبعاث الروائح الكريهة وربما انتشار الأوبئة والأمراض. كما أن إختلال البيئة تحت وطأة الاستعمال المستمر وغير المرشد للمياه غير التقليدية تتصاعد آثاره بطريقة مضطردة. ومن غير المعروف حتى الآن مدى الآثار البيئية التي قد تنجم من الاستعمال المستمر وإعادة تدوير واستعمال هذه المياه مراراً وتكراراً سواء في خصائص هذه المياه نفسها أو تأثيرها على مجالات استخداماتها المختلفة خاصة في المجال الزراعي. كما أن المعالجة المستمرة لهذه المياه يطرح تساؤلاً عن جدواها إقتصادياً على المدى المتوسط والبعيد إذ يخشى أن تصبح تكلفة معالجة هذه المياه أكبر من العائد المرجو من استخدامها أو تصبح خصائص هذه المياه المعالجة غير صالحة للاستخدام المعني بمرور الوقت. وبإعتبار التغيرات النوعية التي تتعرض لها هذه المياه، وزيادة الطلب عليها من ناحية وتكثيف الملوثات المطروحة في الوسط المائي نتيجة للتوسع العمراني وتزايد الأنشطة الزراعية والصناعية من قبيل الأسمدة الكيميائية والمعدنية والمخصبات والمبيدات والمخلفات الصناعية فإن المعالجة البيولوجية أو

الكيميائية لهذه المياه تصبح ضرورية وأكثر كلفة للتمكن من الإستجابة لحاجيات بعض القطاعات أو طرحها دون الإضرار بالبيئة.

1-4-2 الآثار على الصحة العامة للإنسان والحيوان

من المعروف أن الإنسان وبأنشطته الاقتصادية والاجتماعية هو أكبر مهدد للبيئة. فمن خلال الازدياد السكاني غير المنضبط والاستعمال الجائر لمعظم الموارد الطبيعية - بما فيها المياه - حدث تدهور كمي ونوعي لهذه الموارد وأصبحت لا تلبي حاجيات الإنسان المتنامية منها الأمر الذي ترتب عليه خلل بيئي كبير تمثل في استنزاف الموارد الطبيعية والذي بدوره أدى لإختلال جوهري في البيئة الطبيعية مثل الاحتباس الحراري وتآكل طبقة الأوزون وتكرار الكوارث الطبيعية من أعاصير وزلازل وفيضانات وجفاف وغيرها. والعالم العربي - كجزء من عالمه الكبير - أصبح متأثراً بكل ذلك . وفي سعيه الحثيث لزيادة موارده المائية القليلة أصلاً - بحكم موقعه الجغرافي - والاستعمال غير المرشد لهذه الموارد مما قاد لتدهور حاد فيها كماً ونوعاً، فقد أصبح خيار تنمية موارد المياه غير التقليدية أمراً محتماً لدعم موارده المائية. غير أن استخدام المياه غير التقليدية - خاصة العادمة منها - محفوف بمحاذير لها إسقاطات سالبة في خدمة الإنسان والحيوان خاصة وفي التنوع الإحيائي بصفة عامة.

فالمياه العادمة عادة ما تكون ملوثة بالنفايات الناتجة عن النشاط البيولوجي الطبيعي للإنسان مما يوفر مجالاً خصباً للجراثيم والكائنات الحية الدقيقة مثل السالمونيلا والمجموعة الباسيلية وجرثومة الكلوليرا ومجموعة الفيروسات التي تعيش وتنتقل عن طريق الماء وكذلك الديدان المعوية والبرازيات . هذا وتتسبب هذه الكائنات في العديد من الأمراض مثل الملاريا ، البلهارسيا، الدوسنتاريا ، الإسهالات، التايفويد، إلتهاب الكبد، شلل الأطفال وغيرها.

كما أن المياه العادمة يمكن أن تحمل عناصر كيماوية غير عضوية وعضوية ضارة تنتج عن الأنشطة الصناعية والزراعية مثل السليتيوم والزرنيخ والكروم والزئبق والنيكل والنحاس والرصاص والزنك وهي ما تعرف بمجموعة المعادن الثقيلة والنيترات. هذه المجموعة من الملوثات تسبب أمراض عديدة مثل : السرطانات بأنواعها ، أمراض العظام عند الكبار وتآكل الأسنان والتسمم والتخلف العقلي عند الصغار.

هذا وتنتقل العدوى أو الإصابة بأحد طريقين رئيسيين أحدهما مباشر وذلك باستعمال المياه العادمة للشرب والاستخدامات المنزلية الأخرى أو عن طريق الملامسة كما في استعمال مياه عادمة في الزراعة والمخالطة كما في مزارع الماشية المصابة بأمراض مثل الحمى المالطية والسالمونيلا والتدرن الرئوي

والأوساط المائية ويعتبر التمويل المشكلة الأساسية لإزالة هذا المعوق. (ج) عدم كفاية الكادر البشري المؤهل والمدرب والقادر على إستخدام مستجدات العلم والتكنولوجيا الملائمة في قطاع المياه عموماً والمياه التقليدية على وجه الخصوص.

ترتب على كل ذلك سلسلة من المشاكل المتعاقبة والتي تكلف مبالغ طائلة لمعالجة آثارها من تدهور نوعية المياه وتدهور صحة البيئة والغدق والملوحة وتدني إنتاجية التربة وفقد مصدر الرزق للفلاحين والعمال والزراعيين وتفشي البطالة في أوساطهم . كما أن تلوث المنتجات الزراعية جراء استخدام مياه عادمة غير معالجة في ريها يقود لعدم الإقبال عليها سواء للإستهلاك المحلي أو للتصدير مما يترتب عليه فقدان الأسواق لتلك المنتجات.

إن هذه الآثار وإسقاطاتها تختلف من بلد عربي لآخر تبعاً لظروفه الطبيعية والاقتصادية والاجتماعية إذ أن معالجة هذه الآثار يضيف أعباءاً مالية ضخمة وقد لا يتوفر لها التمويل إعتماداً على قدرات البلد الذاتية مما يخلق واقعاً صعباً يحد من التنمية المستدامة ويؤدي لمزيد من التدهور البيئي وتراجع وتيرة التنمية الاقتصادية. لذا فإن العمل على منع تدهور المياه كماً ونوعاً هو دائماً أقل تكلفة من علاج وإصلاح الخلل الحاصل.

1-4-5 الآثار الإجتماعية

هنالك ظاهرتان ذات عمق إجتماعي أديتا إلى تدهور كمية ونوعية المياه التقليدية مما دفع ببعض الأقطار العربية لإعتماد سياسة تطوير واستخدام موارد المياه غير التقليدية . هاتان الظاهرتان هما الإسراف في استخدام المياه وضعف الوعي لدى المستهلكين بضرورة استخدام تلك المياه بعقلانية واقتساط فالدراسات تشير إلى أن حوالي 60% من جملة الاستهلاك الحضري للمياه تضيع هدراً نتيجة للإسراف وسوء الاستعمال ومثلها تقريباً في الزراعة الأمر الذي تولد عنه كميات ضخمة من المياه العادمة. إن سوء استخدام وهدر كميات كبيرة من المياه بالذات في الزراعة - إذ أن في معظم الدول العربية تستهلك الزراعة ما يقارب 90% من جملة المياه المستهلكة - نتج عنه تدهور كمي ونوعي مريع خاصة في الأقطار العربية ذات الموارد المائية الشحيحة أصلاً .

هذا وقد دلت التجارب أن فئات المجتمع المختلفة - أفراداً وجماعات وتنظيمات وهيئات - تستجيب أكثر لحملات التوعية المائية متى ما تم تمليكهم الحقائق فيما يتعلق بالسياسات المائية وموقف المياه ومدى حرجه في البلد المعني وضرورة ترشيد مختلف مجالات الإستعمال وتنظيم التوزيع المكاني والزماني لها وتوضيح الإنعكاسات السلبية الناجمة عن تدهور الموارد المائية وكيفية الحد منها أو

معالجتها. وبالرغم من الجهود المبذولة في بعض الدول العربية في توعية مواطنيها فيما يتعلق بقضايا المياه ، إلا أن الجهد لابد أن يضاعف بحيث تصبح التوعية والارشاد جزء أصيل ومستمر ضمن السياسات المائية للدول العربية.

كذلك يلاحظ في معظم الدول العربية عدم الأخذ بالمنهج التشاركي لإدارة وحماية الموارد المائية. ينطوي المنهج التشاركي كما ورد في إعلان دبلن 1992 " إذكاء الوعي بأهمية المياه بين واضعي السياسات والجمهور عامة. وهذا يعني أن تتخذ القرارات على أدنى مستوى ملائم بالتشاور الكامل مع الجمهور وإشراك مستخدمي المياه في تخطيط وتنفيذ المشاريع المائية " . ويهدف هذا النهج إلى جعل صناعة القرارات المائية اقرب ما يمكن إلى المتأثرين بها من مسئولي المرافق المائية والمنظمات غير الحكومية والقطاع الخاص والفئات الإجتماعية من المستفيدين لتبادل الآراء والإسهام بالمهارات واتخاذ القرارات بشأن توفير المياه والإصحاح ودعم التخطيط المشترك وإشراك الدوائر القطاعية ذات الصلة على جميع المستويات الإدارية. إن النهج التشاركي يبث في المجتمع عامة وأصحاب المصلحة المباشرة الإحساس بالملكية مما يزيد ويدفع بتحسين إدارة المياه وإيصال الخدمات وإسترداد التكاليف (مما يعني فوائد إجتماعية أفضل وأشمل) . وفي نطاق الإدارة الجماعية للموارد المائية تأخذ روابط مستخدمي المياه أهمية خاصة - بالذات في معالجة مياه الصرف الصحي والزراعي وإعادة استخدامها - إذ أنها تسهل التوصل إلى الحلول الجماعية التي هي غالباً ما تكون أقل تكلفة إقتصادية وأنها تمكن من إكساب مزيد من الفاعلية للإلتزام بتطبيق شروط الحماية المائية أو تبني الحلول البديلة التي من شأنها أن تحمي المورد المائي الأصلي من التدهور.

ومن الآثار الإجتماعية السالبة هو أنه ونتيجة للتغيرات الديموغرافية والاقتصادية التي تشهدها معظم الدول العربية، أخذ عدد سكان المدن العربية يتزايد بمعدلات عالية نتيجة للهجرة المستمرة من الريف ، الأمر الذي جعل التركيز السكاني في المدن يضغط على البنى التحتية الضعيفة أصلاً (خاصة إمدادات المياه والصرف الصحي) والتي لم تصمم لتقابل احتياجات هذه الأعداد المتزايدة بإستمرار.

وفي المجال الزراعي ، فإن بعض المزارعين لا يتقبلون التعامل مع المياه العادمة نسبة لمخاطرها الصحية وربما من منطلقات ثقافية أو دينية . كما أن فئات مقدرة من فئات المجتمع تتفادى استهلاك المنتجات الزراعية المروية بالمياه العادمة ليس فقط لإعتبارات الصحة وإنما أيضاً لإعتبارات سايكولوجية الأمر الذي يهدد بكسادها مما يقود لإفلاس هؤلاء المزارعين وربما هجرهم لأرضهم والبحث عن مصادر أخرى للرزق ربما في المدن المجاورة مما يعني تفتيت للأسر والإخلال بالتركيبة الإجتماعية.

الباب الثاني

وسائل تنمية وتعزيز الاستخدام الرشيد الآمن للمياه غير التقليدية

انطلاقاً من إعلان القاهرة لمبادئ التعاون العربي في استخدام وتنمية وحماية الموارد المائية العربية يتعين التفرقة بين نقص الماء ونقص تنمية موارده في المناطق التي تعاني شحاً وعجزاً في المياه. وتتمثل مظاهر نقص الماء بسبب عدم توافر رأس المال أو المهارات التقنية بغية الاضطلاع بمشاريع رئيسية في مجال تنمية الماء مثل تنمية المياه الجوفية وشق القنوات أو خطوط الأنابيب واستخدام المصادر غير التقليدية للإيفاء بحجم الطلب مثل المياه المالحة بعد التحلية أو المياه الراجعة من استخدام أولي بعد المعالجة ومن أمثلة إعادة استخدام المياه الراجعة المالحة : إعادة الاستخدام للأغراض المنزلية في نظافة المراحيض في الفنادق والمجمعات السكنية والمجمعات الصناعية والإسكان الإداري والاستهلاك لأغراض الشرب بصورة مباشرة أو غير مباشرة. وتشكل زيادة الاهتمام بتنمية الموارد المائية غير التقليدية إحدى الحلول الواعدة للمساهمة في سد الثغرة المائية العربية في المستقبل، ناتجة عن الندرة ومحدودية الموارد المائية التقليدية التي كانت ومازالت العنصر الحاكم في تحقيق الأمن الغذائي .

2-1 طرق تحلية المياه المالحة

تستخدم تحلية الماء عند انعدام أو تعذر استخدام المصادر الأخرى بسبب التلوث، أو علو التكلفة الإنشائية أو التشغيلية، أو لقصور التقانة المحلية. ويمكن تعريف تحلية المياه على أنها "عملية إنتاج مياه صالحة للاستهلاك من مياه مالحة. ويبين الجدول (2-1) تقسيم المياه على حسب درجات تركيز المواد الصلبة الذائبة بها. ولإتمام تحلية المياه بفصل الأملاح عن الماء الخام، لابد من وجود الطاقة اللازمة لذلك .

جدول (2-1) تقسيم الماء علي حسب درجات تركيز المواد الصلبة الذائبة

نوع الماء	المواد الصلبة الذائبة الكلية (ملجم/ لتر)
مياه البحر (منطقة الشرق الأوسط)	50.000
مياه البحر (بحر الشمال)	35.000
ماء مُوَيْلِح	1.500 إلى 12.000

من أهم طرق تحلية الماء: التقطير، والتجمد، والنضح العكسي، والفصل الغشائي الكهربائي (الديلزة). كما يمكن تقسيم طرق تحلية الماء اعتماداً على الطاقة الداخلة فيها إلى: عمليات حرارية، وعمليات قدرة. وتضم الطرق الحرارية

الوحدات التي تأخذ طاقة الإنتاج في شكل حرارة (مثل التقطير). أما طرق القدرة فتشمل الوحدات التي تأخذ احتياجها من الطاقة في شكل شغل (مثل النضح العكسي، والديلزة، والتجمد). ويبين الجدول (2-2) درجة تركيز المواد الصلبة الذائبة التي يمكن فصلها بطريق التحلية المختلفة وذلك على النحو التالي:

الجدول (2-2) درجة تركيز المواد الصلبة الذائبة التي يمكن فصلها بطرق التحلية

الطريقة	المواد الصلبة الذائبة (ملجم/لتر)
التقطير والطرق الحرارية	10.000 إلى 100.000
الأسموزية العكسية	35.000 إلى 45.000
الديلزة والديلزة العكسية	10.000

أ- التقطير: هو تنقية الماء وتصفيته مما قد يعلق به من مواد غريبة ضارة . يعتمد تقطير الماء أساساً على التغير في حالة المادة لإكمال التحلية. وتجد هذه الطريقة رواجاً في كثير من الدول التي تعاني شح في المياه العذبة خاصة عند الدول الغنية. ويتم في هذه العملية فرز الأملاح بغلي الماء الخام في أجهزة مناسبة لتنتج مسارين للمواد الصلبة، تنقل في أحدهما المواد الصلبة الذائبة (مسار الماء النقي)، ويضم المسار الآخر بقية المواد الصلبة الذائبة (مسار المحلول الملحي المركز). وبعد فرز الملح يكثف البخار للحصول على الماء النقي. ويتم في هذه الطريقة استخدام وحدتي مبادلات حرارية، يقوم أحدها بتحويل الماء الخام لبخار، ويساعد المبادل الآخر على تكثيف البخار الناتج. وتوجد عدة أنواع من أجهزة التقطير متعددة المراحل، حيث يتم غلى الماء في الوحدة الأولى تحت ضغط عالي، ليتم البخر في الوحدة الأخيرة تحت الضغط العادي؛ وعادة يحتاج لمعالجات مبدئية لتجهيز الماء الخام للتقطير بغية رفع الكفاءة، وتقليل ترسب الأوساخ والأحياء المجهرية.

أما الحرارة المضافة في الوحدة الأولى فتتحول لطاقة كامنة تتبخر لإنتاج كمية معينة من الماء المقطر. ويستفاد من هذه الكمية المنتجة من الماء المقطر كبخار في وحدة التقطير التالية. وبتكرار هذه الطريقة يمكن الحصول على كمية مماثلة من الحرارة -الموجودة في الوحدة الأولى- في الوحدة التي تليها. ومن أهم محاسن استخدام طريقة التقطير لتحلية الماء المالح: إزالة الحمأة والأحياء المجهرية الضارة بالإنسان أو حيواناته أو ممتلكاته، والتخلص من المواد الصلبة غير الطيارة مثل الغازات الذائبة (وقد توجد نسب من غاز ثاني أكسيد الكربون، والأمونيا في مياه التحلية). أما أهم أوجه القصور في هذه الطريقة فتتمثل في:

الترسبات الناتجة من المواد الكيماوية (مثل كبريتات الكالسيوم (الجبص)، والكربونات، والهيدروكسيل). ومن مخاطر الترسبات الحادثة على أسطح المبادلات الحرارية: الحد من زيادة درجة الحرارة عن قيمة قصوى معينة، وإعاقة أداء وحدات مراحل التقطير، وإهدار الطاقة، وربما اقتضى الحال إغلاق محطة التنقية ليتسنى إزالة المترسبات مما يقود إلى شح إمداد المياه للمستهلك.

ويمكن تقسيم الترسبات الملتصقة بأسطح المبادلات الحرارية إلى الأنواع الرئيسة التالية: ترسبات بلورات صلدة تلتصق بأسطح المبادلات الحرارية يمكن إزالتها بطرق طبيعية مثل النحت أو الحفر؛ وترسبات رسوبية وتتناقص ذوبانيتها مع ارتفاع درجة الحرارة، و ترسبات بلورية كثيفة متحدة ومرتبطة جيداً بسطح المعدن.

كما يمكن تقسيم الترسبات إلى قلوية، وغير قلوية. تضم الترسبات القلوية أملاح ماء البحر مثل كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد الماغنيسيوم، وتحد هذه الترسبات من الدرجة القصوى للحرارة التي يمكن استخدامها في عملية التقطير. أما الترسبات غير القلوية فتضم كبريتات وفوسفات الكالسيوم والسيليكات. وتنتج هذه الترسبات من أيونات غير أيونات القلوية والكربونات والهيدروكسيل المتواجدة في مياه البحر. ويعتمد تكوين هذه الترسبات على مؤثرات تركيزها نسبة لغياب أي تفاعلات ترسبية. تترسب كبريتات الكالسيوم من المحاليل المائية في ثلاثة محاور بلورية متفردة هي: المحور اللامائي $CaSO_4$ ، والمحور شبه المتبلر $CaSO_4 . \frac{1}{2} H_2O$ ، والمحور ثنائي التبلر $CaSO_4.2H_2O$ ،. وتخفض ترسبات كبريتات الكالسيوم كفاءة وحدة التقطير نسبة للخواص العازلة للمترسبات المتكونة على أسطح المبادلات الحرارية. ويصعب إزالة هذه الترسبات لعدم ذوبانيتها في الأحماض المعدنية الشيء الذي قد يقود إلى وقف عمل وحدة التقطير. ومن أنسب الطرق العملية لتقليل مشاكل ترسبات كبريتات الكالسيوم: تشغيل وحدة التقطير على درجة حرارة أقل من 120°م لمنع تراكم المترسبات.

طرق إزالة المترسبات: تضم الطرق المستخدمة لإزالة الترسبات من على أسطح المبادلات الحرارية ووحدات مراجل التقطير التالي:

- ◊ استخدام الأحماض (مثل حمض الكبريتيك، وحمض الهيدروكلوريك) لإزالة أيونات الكربونات من الماء الداخل إلى وحدة التقطير.
- ◊ إضافة مواد كيماوية لمنع (أو الحد من) تكوين المترسبات. ومن أمثلة هذه المواد: المواد العضوية (النشا، والدبغ)، وبعض المستخلصات النباتية،

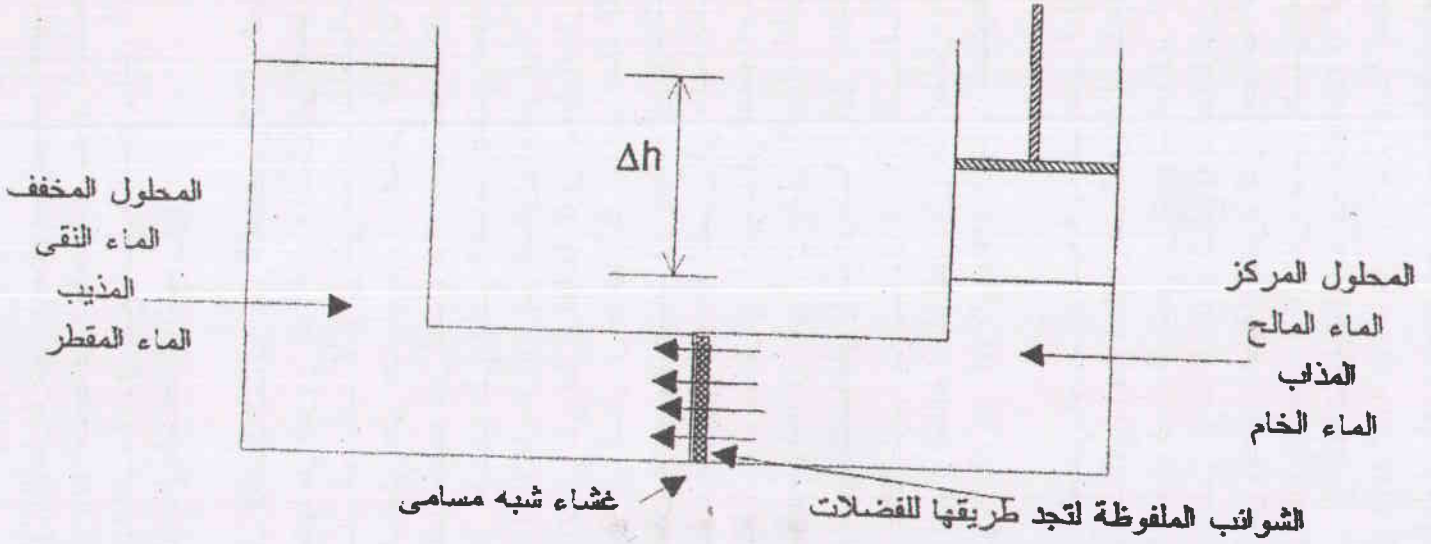
والمواد المضافة متعددة الفوسفات (مثل: سداسي فوسفات الصوديوم Sodium hexametaphosphate)

- استخدام الكريات الإسفنجية (طريقة تابوراج)،: وتدفع في هذه الطريقة كريات مرنة من الإسفنج (ذات قطر أكبر من قطر أنابيب جهاز التقطير) لتعمل علي كشط المترسبات وجرفها من أسطح الأنابيب. ويمكن ترفيع الكفاءة بإضافة مواد مساعدة للكشط.
- إزالة العناصر المكونة للترسب مثل: أيونات الكالسيوم والماغنسيوم والبيكربونات والكبريتات. ويستخدم الراتينج لتبادل كاتيونات الكالسيوم، ويتم ترسيب أيونات الكالسيوم وأيونات البيكربونات بإضافة مركب كربونات الجير والماغنسيوم، أما أيونات البيكربونات فتزال بإضافة أحماض مناسبة.
- استخدام الأغشية المنتقاة للأيونات: وتقوم هذه الأغشية بتمرير الأيونات أحادية التكافؤ عبر الغشاء، وفى ذات الوقت تمنع الأيونات ثنائية التكافؤ (مثل أيونات الكالسيوم والماغنسيوم والكبريتات) من العبور خلالها.
- استخدام التقانات الآلية والطبيعية لتجنب الترسيب: وفى هذا المنحى تضاف مواد ناعمة للمحلول فوق المشبع لإيجاد سطح يزيد من نمو البلورات. ومن أمثلة هذه المواد الناعمة: كربونات الكالسيوم، وكبريتات الباريوم، وهيدروكسيد الماغنسيوم، والحبيبات الزجاجية وغيرها من المواد.

تستهلك معظم طرق التقطير التقليدية الطاقة المستمدة من الوقود والكهرباء لأداء دورها. غير أنه يمكن استخدام الطاقة الشمسية في أجهزة التقطير (بالرغم من أنها تعتبر طاقة من درجة ثانية) لعدة أسباب منها: بساطة النظام، وإمكانية استخدام العمالة والمواد المحلية في تصميم وحدات التقطير الشمسي وإنشائها، وسهولة إجراء الترميم والصيانة بعمالة محلية غير ماهرة. وبالرغم من لا محدودية استمرارية الطاقة الشمسية وتجددها، غير أن التكلفة الأساسية لإنشاء وحدة التقطير عالية مما يحد من استخدام هذه الطريقة لتحلية الماء. هذا بالإضافة إلى عدم الحصول على الطاقة الشمسية ليلاً، واعتماد إنتاج هذه الطاقة على عوامل الطقس والمناخ السائد بالمنطقة، وأثر التغيرات الموسمية على النظام.

ب-النضح العكسي (الإسموزية العكسية): (شكل 2-1) اشتقت كلمة الإسموزية من الكلمة الإغريقية Osmos والتي تعني النبض. وتضم نظم الغشاء الشبه مسامي لتحلية المياه: الترشيح الدقيق، والترشيح الغشائي Ultra filtration، والنضح العكسي Loose reverse Osmosis. يتعلق النضح بانتقال المذيب عبر

الشكل (2-1) الاسموزية العكسية ، النضح العكسي



غشاء شبه مسامي إلى المذاب. ويتم الانسياب من المحلول ذي التركيز الأقل إلى المحلول الأكثر تركيزاً. ويمكن منع انسياب المذيب عبر الغشاء شبه المسامي بزيادة الضغط في الجانب الذي يحوى المحلول الأكثر تركيزاً. ويسمى هذا الضغط الذي يمنع انسياب المحلول (ذي التركيز الأقل من المواد الصلبة الذائبة) بالضغط (الإسموزي).

ويعرف الضغط الحلولي على أنه "مقياس للقوى الجامعة لجزيئات المذيب والتي تمكنها من المرور عبر الغشاء لتصل إلى المحلول". وتحل جزيئات المذيب محل الجزيئات الأخرى التي حجزت بتداخلها مع المذاب. وعليه يعتمد الضغط الحلولي على عدد حبيبات المذاب في المحلول وليس نوعها. وينتج عن انسياب المذيب عبر الغشاء قوى دافعة تحسب عن طريق الفرق بين ضغط بخار المذيب على جانبي الغشاء. ويستمر انسياب المذيب عبر الغشاء من المحلول الأخف تركيزاً إلى المحلول الأكثر تركيزاً إلى أن يطغى الضغط الهيدروستاتيكي على القوى الدافعة لفرق ضغط البخار. يقلل وجود المذاب غير الطيار في السائل من ضغط بخار المذيب نسبة لانسداد طبيعي على سطح السائل عند وجود حبيبات (أو أيونات أو جزيئات) من المذاب. ويفترض قانون رولت Rault's law أن هذا النقصان في ضغط بخار المذيب يتناسب تناسباً طردياً مع درجة تركيز الحبيبات في المحلول وذلك بالنسبة للمحاليل المخففة. وينص القانون على ''إن مقدار الانسداد الطبيعي، أو نقصان ضغط البخار، يتناسب تناسباً طردياً مع درجة تركيز الحبيبات في المحلول " . ولهذه الظاهرة علاقة طردية مع المحلول المولالي للمذاب غير القابل للتأين. وبالنسبة للمواد المذابة القابلة للتأين فإن هذه الظاهرة تتناسب مع حاصل ضرب درجة التركيز المولالي وعدد الأيونات المتكونة على جزيئات .

النضح العكسي هو عملية طبيعية يتم بها فصل المواد الذائبة باستخدام غشاء شبه مسامي. ومن محاسن هذه الطريقة استخدامها لمياه غير مستغلة، مما يترك المياه العذبة لتستخدم في ضروب أخرى. غير أن من مشاكلها إنتاج المحلول الملحي. وهذا المحلول الناتج له درجة تركيز عالية من الأملاح (المنبثقة من وحدات التحلية)، الشيء الذي ينجم عنه آثار ضارة تلاحظ عند التخلص منه في البحار وذلك لتأثيره السيئ على الحياة البحرية. ومن المعروف أن تكلفة تحلية الماء المويلح Branchish تتراوح بين الخمس إلى الثلث من تكلفة تحلية مياه البحار. ولإتمام العملية يستخدم ضغط يزيد عن الضغط الحلولي العادي للماء الخام. ويسمح الغشاء شبه المسامي بمرور

جزيئات المذيب (الماء)، ويمنع مرور جزيئات المذاب والمواد الصلبة الذائبة العضوية.

وتهدف عملية النضح العكسي إلى: تحلية الماء الملح (بفصل المواد الصلبة الذائبة منه)، وتقليل درجة تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية للماء الخام بنسبة إزالة تصل إلى 99%، وإزالة معظم المواد الصلبة العضوية بنسبة إزالة قد تصل إلى 97 %، والتخلص من المواد الحيوية والمواد الغروانية من الماء بنسبة إزالة تصل إلى 98 %، وإزالة الأحياء المجهرية – من بكتريا وحمات وغيرها – بنسبة إزالة كلية. ولرفع كفاءة عملية التحلية بالنضح العكسي لابد من إخضاع الماء الخام المالح إلى معالجة مسبقة أو تحضيرية تضم: إزالة العكر (للتخلص من المواد الصلبة العالقة)، وإزالة الحديد والمنجنيز (لمنع تأكسدها)، وإزالة المواد التي تساعد على تكوين ترسبات كربونات الكالسيوم وغيرها من سطح الغشاء. ويمكن إتمام هذه المعالجة والتهيئة المسبقة: بإضافة حمض لمنع الترسيب، أو منع حلمأة Hydrolysis الأغشية المصنعة من خلات السيللوز وذلك بموازنة الرقم الهيدروجيني، أو استخدام وحدات الترشيح (الرملي، أو الكربوني، أو التربة الدياتومية)، أو تبادل الأيونات لإزالة المواد الغروانية. وبعد الاختيار الأنسب لوحدات المعالجة المسبقة يدخل الماء إلى جهاز النضح العكسي لإتمام التحلية. ويعتمد انسياب المذيب (الماء) عبر الغشاء على معايير الديناميكا الحرارية لنظام غير عكسي. ولاستمرارية عملية النضح العكسي وترفيع كفاءتها، لا بد من استخدام غشاء مناسب من خواصه المفضلة: التكلفة المناسبة، وعلو كفاءته لإزالة الأملاح الذائبة، وسهولة نصبه في وحدات الفرز الغشائي، وقوة تحمله للضغط الواقع عليه، واحتوائه على متانة ميكانيكية جيدة، واستمرارية بقائه لفترة زمنية مناسبة، واحتوائه على مدى تشغيلي كبير (فيما يتعلق بالأيونات الموجودة في الماء الخام، والضغط، ودرجة الحرارة، ومقاومة التفاعلات الكيماوية والحيوية، وإمكانية التشغيل في ظروف متباينة)، وخلوه من مشاكل الائتكال والرائحة، وسهولة نظافته، ووجود فيض ماء ملائم لإتمام الانسياب.

ومن أمثلة الأغشية المستخدمة: البوليميرات السيللوزية (مثل خلات السيللوز، وثلاثي خلات السيللوز، وبيوترات خلات السيللوز)، والبوليميرات التجارية (مثل: النيلون 66، والكحول متعدد الفينيل، ومتعدد فثالي متعدد الإثيلين، ومتعدد نتريلات الأكرولين)، والبوليميرات المشكلة (مثل: الكحول متعدد الفينيل–البيرول متعدد الفينيل، ومتعدد نتريلات الأكرولين–متعدد الفينيل)، وعدة بوليميرات تحت التجربة (نتريلات الأكرولين–هيدروكسيل

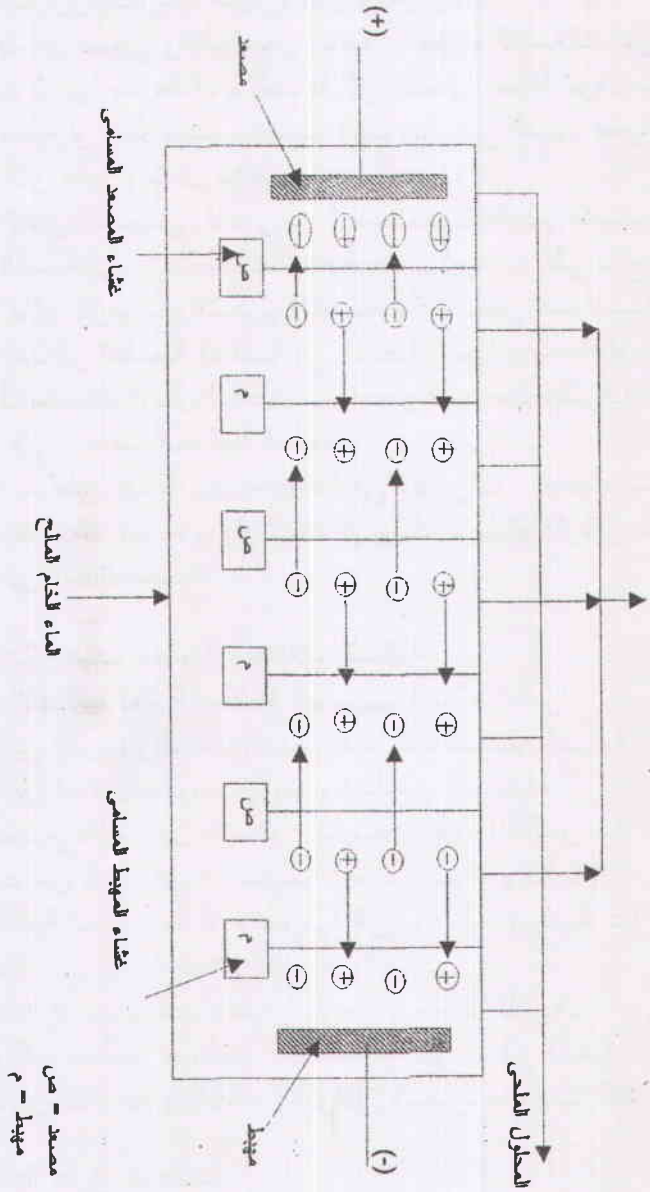
الاثيل-أكريلي)، والبوليميرات المتصلة بالنتروجين (متعدد الأميدات الأليفاتية، ومتعدد الأميدات الأروماتية، ومتعدد الأميدات الأروماتية/الأليفاتية).

ج- الفرز الغشائي الكهربائي (الديلزة): تعنى عملية الفرز الغشائي الكهربائي بتوصيل الأيونات من محلول إلى آخر عبر غشاء انتقائي للأيونات تحت جهد تيار كهربائي. يتكون جهاز الفرز الغشائي الكهربائي من صفوف تبادلية من أغشية انتقاء شوارد موجبة، وأغشية انتقاء شوارد سالبة؛ يمر عبرها تيار كهربائي لجذب الأيونات التي تحمل الشحنة الكهربائية المغايرة. وتفصل الأغشية من بعضها البعض بحشايا لتكون حجرات يمر خلالها المحلول كما موضح في شكل (2-2). وتتراوح كفاءة التيار لحمل الشحنات المضادة بين 85 إلى 95 بالمائة. وفى محلول من ملح الطعام يحمل التيار ما يقارب 60 بالمائة من أيونات الكلوريد و40 بالمائة من أيونات الصوديوم، وعليه فهناك ما يقارب 25 إلى 35 بالمائة من أيونات الكلوريد لا بد من نقلها إلى السطح الفاصل للغشاء والمحلول بوساطة الانتشار والحمل. وعليه فإن هذا القصور في كمية الإلكتروليت المحمول إلى السطح الفاصل بوساطة التوصيلية الكهربائية، تعادل كمية الإلكتروليت المحمولة للسطح الفاصل بوساطة الانتشار . أما عيوب عملية الفرز الغشائي فتضم: عدم اقتصادية العملية لتحلية مياه البحر، والاحتياج إلى معالجة مسبقة ذات تكلفة عالية (لا سيما وهذه الطريقة حساسة بالنسبة إلى الأيونات العضوية)، وحساسية الطريقة للمياه التي تزيد بها تراكيز الكبريتات (إذ أن عملية الفرز الغشائي يسهل فيها تمرير أيونات الكلوريد أكثر من الكبريتات)، وصعوبة إزالة المواد الغروية والعضوية (لأن الطريقة تفصل الأيونات المعدنية فقط)، والاحتياج إلى عمال مهرة وفنيين لإجراء التشغيل والصيانة.

2-2 معالجة المياه العادمة (الفضلات السائلة)

2-2-1 مقدمة

ويقصد بالفضلات السائلة اصطلاحاً : خليط السوائل والماء المحمل بالأوساخ التي تم صرفها مع أيّ مياه جوفية وسطحية ومياه أمطار ربما اتحدت بها. وقد تقود هذه السوائل لتلوث البيئة المحيطة مما ينبغي معه العمل على جمعها ومعالجتها ثم التخلص السليم منها للحيلولة دون حدوث أي مخاطر صحية أو اجتماعية أو اقتصادية منظورة أو مستترة محتملة. ويمكن إيجاز المخاطر المتعلقة بالفضلات السائلة في مجمل النقاط التالية .



الشكل (2-2) الفرز الغشائي الكهربي ، الاليزة

أ- نفور لعدم الاستساغة: يشار بها لتلوث المياه الطبعية بملوثات تعمل على تغير الطعم والرائحة واللون، وانبثاق غازات ملوثة مثل: ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين والميثان.

ب- ضرر صحي وفزيولوجي: يتعلق باحتواء الفضلات على أحياء مجهرية جرثومية ممرضة، بالإضافة إلى احتمال إضافة مركبات كيميائية عضوية سامة أو خطرة على الصحة العمومية على المدى الطويل.

ج- آثار بيئية وتشمل ما يلي:

- تصريف نهائي: لتصريف الحمأة المحتوية على كميات كبيرة من المواد الصلبة في المسطحات المائية مما يؤثر سلباً على نوع الماء فيها،
- تأثير الزيوت والشحوم (الموجودة في بعض المخلفات السائلة) على المناظر الطبعية (خاصة في المناطق السياحية ومناطق الترفيه) ومنعها للاستخدام الأمثل لمناطق السياحة والاستجمام والترفيه، وتأثيرها السلبي على وحدات المعالجة الحيوية.
- مخاطر التخمة Eutrophication في البحيرات والمسطحات المائية من جراء تصريف الحمأة ومياه المجاري وذلك بزيادتها لتركيز مواد التغذية النباتية في هذه المسطحات.

2-2-2 أهداف معالجة الفضلات السائلة

من الأهداف العامة لمعالجة الفضلات السائلة التالي:

- تلافي التلوث والحد من دخول الملوثات للسلسلة الغذائية،
- تقليل احتمال حدوث الأوبئة والمخاطر الصحية،
- استخدام نظام بديل للوسائل التقليدية المتبعة للتخلص من الفضلات السائلة،
- الحد من تلوث البيئة المحيطة (الماء والهواء والتربة)،
- معالجة المواد الملوثة وتحويلها إلى مواد أخرى ثابتة غير ضارة،
- إعادة دوران واستخدام الماء المعالج،
- إعادة استخدام الحمأة سماداً طبعياً أو محسناً للتربة،
- مواكبة معالجة المخلفات الناتجة عن التوسع في التنمية الزراعية والصناعية،
- تطبيق التشريع والأحكام والقوانين المجازة بالجهات ذات الصلة.

2-2-3 طرق المعالجة

تنقسم طرق معالجة الفضلات السائلة حسب الحجم إلى الوحدات التالية:

1. الوحدات ذات الحجم الصغير: تستخدم هذه الوحدات لمعالجة الفضلات السائلة الناتجة من المنشآت والمنازل الفردية، أو الفضلات المنبثقة من مجموعة سكانية صغيرة، ولفضلات المناطق الريفية والقرى والدساكر، وذلك بغرض

التخلص النهائي منها. ويتم وضع الوحدات في موقع إنتاج المخلفات. ومن أمثلة هذه الوحدات: حوض التحليل اللاهوائي، وحوض أمهوف، ومرحاض الحفرة المهواة المحسن.

2. الوحدات ذات الحجم الكبير: تقوم هذه الوحدات بمعالجة الفضلات السائلة الناتجة من مجموعات سكانية كبيرة. وللتخلص منها يتم جمع الفضلات من مناطق إنتاجها لترسل إلى محطة المعالجة الرئيسة خاصة في المدن والحضر. وتقسم هذه الوحدات طبقاً لنوع المعالجة: من ابتدائية -أولية - مثل المصافي وإزالة الرواسب غير العضوية؛ ومعالجة أساسية مثل الترسيب الابتدائي والطفو؛ ومعالجة ثنائية - ثانوية - مثل الحمأة النشطة وبرك الموازنة والترسيب الثانوي وأخاديد الأكسدة؛ ومعالجة متقدمة - نهائية - مثل الامتزاز والتحلية وإزالة الفسفور والنتروجين.

كما يمكن تقسيم وحدات المعالجة حسب القوى المؤثرة في المعالجة إلى التالي:

1. عمليات موحدة Unit Operations وتحكمها القوى الطبيعية،
2. معالجات موحدة Unit Processes وتحكمها التفاعلات الحيوية والكيميائية.

أو يمكن تقسيم طرق المعالجة إلى طرق طبيعية وكيميائية وحيوية.

1. الطرق الطبيعية: Physical treatment units تستخدم في هذه الطرق القوى الطبيعية لفصل الملوثات ومن هذه القوى قوى الجاذبية الأرضية. وكمثال لهذه الطرق: المزج والطفو والترسيب والترشيح.
2. الطرق الكيميائية: Chemical treatment units يتم في الطرق الكيميائية إعداد الملوثات وتهيئتها ليسهل إزالتها. وعليه تتم بإضافة بعض المواد والمركبات الكيميائية لتتفاعل منتجة مواد ثانوية ثابتة أو خاملة وغازات. ومن أمثلة هذه الطرق: انتشار الغازات، والتخثر، والامتصاص، والتطهير، والأكسدة الكيميائية.
3. طرق حيوية: Biological treatment units تعمل هذه الطرق على إزالة الملوثات والمواد العضوية الغروية والمواد الذائبة القابلة للتفسخ، باستخدام التفاعلات الحيوية لتحويل هذه المواد إلى مواد أخرى ثابتة. وعادة ينتج من هذا التفسخ غازات وخلايا حية (يمكن إزالتها بالترسيب) ومواد صلبة عالقة من جراء عمليات التلبد ووجود الإنزيمات المفرزة بواسطة الأحياء المجهرية. أما الغازات الناتجة فيمكن تخفيفها بالانتشار في الغلاف الجوى، ويعمل الترسيب على إزالة كل من الخلايا الحية والمواد الصلبة العالقة المنتجة. ومن أمثلة هذه

الطرق: الحمأة النشطة، ومرشح النضيض، وبركة موازنة الحمأة، وأخدود الأكسدة.

يعتمد عدد الوحدات ونوعها بأي محطة معالجة فضلات سائلة على عدة عوامل متداخلة فيما بينها وتضم: معايير التصميم والأسس المجازة، ومتطلبات المعالجة، وضروب إعادة الاستخدام، والتقانة المحلية المتوفرة، ووجود الكوادر المؤهلة والمدربة، والاعتمادات المالية والاقتصادية، والنواحي الاجتماعية والسياسية والدينية والعقائدية والثقافية، والتشريعات والمعايير المحلية المتعلقة بتصريف السائل النهائي المنتج.

2-2-4 وحدات المعالجة الابتدائية (الأولية)

تضم وحدات المعالجة الابتدائية وحدات طبعية أو ميكانيكية بهدف تقليل كمية المواد التي تعيق أداء الوحدات التالية لها ولتخفيف الحمل منها، ومن أمثلتها : المصفاة وحجرة إزالة الرمل.

(أ) المصفاة

المصفاة (الغربال أو المنخل) اصطلاحاً يقصد بها جهاز من الحديد أو الفولاذ الطري به فتحات منتظمة الأبعاد يوضع لاعتراض دفق الفضلات لحجز المادة الصلبة الخشنة والمواد الطافية. وتصب الفضلات في حجرة المصفاة المصنعة من مواد محلية لحجز المواد منها. توضع المصفاة في محطات المعالجة لعدة أسباب تضم :

* تقليل الحمولة على الوحدات التالية،
- إزالة المواد الخشنة والمواد الصلبة العالقة والمواد الطافية المحمولة،
- تقليل قفل وانسداد الأنابيب وتهشيم المضخات وغيرها من الأجزاء الآلية المتحركة،
- تقليل الأحمال العضوية والمائية (الهيدروليكية) من وحدات المعالجة التي تليها.
- إزالة الأوراق والخرق والمخلفات والحجارة وغيرها من الأجسام الكبيرة.

ومن أهم الأمثلة للمصفاة المستخدمة في محطات معالجة الفضلات: مصفاة الحاجز (راك- والمصفاة الثابتة) أو القضبان، ومصفاة الشباك. وتعد مصفاة الحاجز من أبسط الأنواع الأكثر استخداماً، وتتكون من حواجز معدنية متوازية توضع بميل 30 إلى 45° على الأفقي في اتجاه الدفق، وتبعد عن بعضها بمقادير ثابتة حسب نوع المصفاة الخشنة والناعمة. وعادة توضع الأنواع الخشنة قبل الأنواع الناعمة لتفادى دمار نسيج الشباك الناعمة بواسطة

المواد الكبيرة الحجم، ولمنع تهشمها من جراء فقد السمت وذلك عندما تعمل المواد المحجوزة على قفل فتحات المصفاة بمرور الزمن. وعليه يتم صنع المصفاة من مواد ذات متانة عالية، كما ويعمل على استمرارية عمليات النظافة لتقليل المقاومة. أما مصفاة الشبكة فمن شبكة معدنية أو لوح مثقوب. نسبة لأن المصفاة – في محطات معالجة الفضلات – تقوم بحجز مواد برازية ونفايات وأوراق وشعر وخرق وغيرها من المواد ذات الطبيعة غير المرغوبة فيجب التعامل مع هذه المواد بحذر، والعمل على التخلص السليم منها بأسرع ما يمكن في المناطق المصدق بها من قبل الجهات المختصة بالردم والدفن في الأرض، أو الحرق، أو بالتسميد أو غيرها من الطرق المناسبة.

(ب) حجرة إزالة الحبيبات الصلبة (أو حجرة إزالة الرمل، أو حجرة إزالة المواد الصلبة غير العضوية) Grit Removal Chamber

يقصد "بالحبيبات الصلبة " الموجودة في الفضلات السائلة تلك الرواسب غير العضوية مثل: الرمل والحصى وقطع العظام والحبوب وبقايا عمل القهوة والشاي؛ ونسبة تتراوح بين 10 إلى 30 بالمائة من المواد العضوية الكبيرة مثل: بقايا الطعام وبعض المواد الصلبة الأخرى التي لها سرعة ترسيب أو كثافة نوعية أكبر من المواد الصلبة العضوية . تختلف الحبيبات الصلبة على حسب حالة نظام التصريف أو المجارير، وحالة الشوارع والمنطقة الجابية، ونوع التربة، وكمية مياه الأمطار وشدتها ونسبة السوائل الصناعية بها، وظروف المناخ، والفضلات الصناعية؛ غير أنها غالباً تكون قليلة المحتوى العضوي، كما وأنها لا تسبب مشاكل في المحطات ذات التصميم الجيد والتشغيل المتقن.

من أهم أسباب إزالة هذه الحبيبات الصلبة التالي:

- قد يسبب دخول هذه الحبيبات الصلبة لوحدات المعالجة الثانوية تآكل كبير لأجزاء الوحدات الميكانيكية،
- تدني في كفاءة التشغيل أو ربما وقوف العمل،
- الطفح في وحدات المعالجة التي تليها،
- الاحتياج إلى نظافة وحدات هضم الأوساخ وأجهزة الترسيب،
- انسداد أنابيب الأوساخ،
- قد تستقطب هذه الحبيبات الصلبة الحشرات والهوام،
- لهذه الحبيبات الصلبة رائحة نفاذة غير محببة.

يتفاوت حجم الحبيبات الصلبة من 0.2 ملم فما فوق وكثافتها 1400 إلى 1600 كجم/م^3 وكثافتها النوعية في حدود 2.25. يعمل على فصل الحبيبات الصلبة

وإزالتها عن بعضها اعتماداً على فرق الكثافة النوعية بين المواد الصلبة العضوية والأخرى غير العضوية. نسبة لاحتواء الأوساخ على عدة مقاسات وأحجام من الحبيبات الصلبة ينبغي تحديد أصغر حبيبة يمكن إزالتها بحجرة الإزالة. ومن ثم تم اختيار الحبيبة التي لها سرعة ترسيب حوالي 0.03 م/ث ليكون مقياساً أدنى. وتعمل غالبية أجهزة إزالة الحبيبات الصلبة لإتمام ترسيب هذه الحبيبة، غير أن للأجهزة سرعة أمامية تمنع ترسب المواد العضوية وهذه السرعة الأمامية (أو سرعة دفق السائل في الجهاز) تساوى 0.3 م/ث.

إن أحواض إزالة الحبيبات الصلبة تعتمد على فرق الكثافة النوعية بين المواد العضوية الصلبة وغير العضوية لضمان فصلهما. يعد الجرف من قعر الحجرة من أهم العوامل المؤثرة في كفاءة عملها. تتراوح هذه السرعة بين 15 إلى 30 سم/ث اعتماداً على الكثافة النوعية للحبيبات الصلبة وقطرها. وينبغي الحفاظ على السرعة المطلوبة لأي تغير في الدفق للإزالة الفاعلة وذلك بوضع أجهزة تحكم في السرعة – على منافذ الخروج من الحجرة – باستخدام الجداول المتوازية، أو القطع المكافئ، أو الهدار النسبي، أو قناة بارشال المعنقة.

من الأنواع الأخرى المستخدمة لحجرة إزالة الرمل، الحجرة المهواة Aerated Grit Chamber والتي يتم استخدامها لعدة أسباب منها:

- تقليل الإئتكال الكبير في الأجهزة.
- الاستغناء عن استخدام نظام مفرد لغسل أجهزة إزالة الرمل ذات الدفق الأفقي.

ويماثل جهاز الحفرة المهواة وحدة الحمأة النشطة، وله قادوس لتجميع المترسبات. أما دفق السائل فيحدث في شكل حلزوني helical ويتم إدخال الهواء للحصول على حركة أمامية ذات طبيعة لولبية spiral وللتحكم في سرعة حجم المترسبات المزالة velocity of roll . وتقود الزيادة الكبيرة في السرعة إلى نقل المترسبات خارج الجهاز، كما تؤدي قلة السرعة إلى ترسيب المواد العضوية. ويمكن أن تتم إزالة المترسبات بطرق آلية من حوض الإزالة.

يتم عادة استخدام الحبيبات الصلبة النظيفة لأعمال الردم؛ أما الرواسب الملوثة فيتم التخلص منها بالردم أو بالحرق الصحي في بقعة مناسبة وبشروط ملائمة وتحت إشراف الوحدات المسئولة.

5-2-2 المعالجة الأساسية للفضلات السائلة

تستخدم أجهزة الترسيب في محطات الفضلات السائلة بعد المصفاة أو حجرة إزالة الرمل لعدة أسباب منها:

1- إزالة المواد العضوية العالقة المترسبة بالجاذبية الأرضية، لاسيما وقد تمت إزالة معظم المواد غير العضوية في جهاز إزالة الرمل،

2- منع تلوث ضفاف الموارد المائية المستقبلة للفضلات (إن أباحت التشريعات المحلية تصريفها)،
3- تخفيض الحمل العضوي على مزارع الفضلات عند استخدام السائل المعالج للري،
4- تخفيض الحمل على أجهزة ووحدات المعالجة الثانوية التي تليها،
5- إزالة النمو الحيوي المجهري بعد المعالجة الثانوية في محطات معالجة الفضلات السائلة، وتغليظ المواد الصلبة في مغلظ الحمأة،
6- إزالة المواد الصلبة وتقليل درجات تركيزها،
7- إزالة الملبودات الكيميائية.

ومن العوامل المؤثرة على عملية الترسيب: عوامل تتعلق بالحبيبة المراد ترسيبها (الحجم والمقاس والثقل النوعي والكمية والنوع ودرجة التركيز والشكل)، وعوامل التصميم (زمن مكث الحبيبات المترسبة داخل حوض الترسيب، وسرعة دفق الماء عبر الحوض، وسرعة ترسيب الحبيبات وتركيز المواد الصلبة)، وخواص الفضلات السائلة (مثل: درجة الحرارة ودرجة اللزوجة، وشدة التلوث مقاسة بالأكسجين الحيا-كيميائي ... الخ، والتفاعلات والتغيرات الكيميائية والحيوية التي تحدث بين الحبيبات المترسبة والوسط الذي يتم فيه الترسيب، والظروف المحيطة بعملية الترسيب).

ويمكن تقسيم الترسيب إلى نوعين رئيسين يضمان: الترسيب الابتدائي والترسيب النهائي (أو الثانوي). يستخدم النوع الأول من الترسيب (الابتدائي) بعد التصفية وإزالة المواد غير العضوية، أما النوع الثاني من الترسيب (الثانوي أو النهائي) فيستخدم للسائل المتدفق من وحدات المعالجة الحيوية. تقسم أحواض الترسيب إلى: أحواض الترسيب المستمرة (الدائمة) التشغيل وأحواض الترسيب المتقطعة العمل، والأحواض ذات الدفق الأفقي وتلك ذات الدفق القطري وأخرى ذات دفق رأسي. تنقسم عملية الترسيب إلى عدة أنواع اعتماداً على نوع وشكل وحجم وكثافة الحبيبات المترسبة، وخواص السائل الذي يتم فيه الترسيب. ومن هذه الأنواع: الترسيب المتفرد والمعاق، والملبود والمنضغط.

يختلف الترسيب في محطات الفضلات السائلة عنه في محطات تنقية الماء الخام لأن معظم الفضلات تحوي مواد عضوية كثافتها النوعية بين 1.01 إلى 1.2. وخواص الترسيب لهذه المواد العضوية عبارة عن ترسيب اليود. وتؤثر كثيراً على هذا النظام من الترسيب: مساحة السطح، وارتفاع الحوض، وزمن الترسيب، والماء الخام به، والمواد الصلبة غير العضوية مثل الطين والرمل

والغرين والتي لها كثافة نوعية 1.2 إلى 2.65 وهي مترسبات منفـــردة. ويبيـــن جدول (2-3) كفاءة إزالة الشوائب في جهاز الترسيب.

جدول (2-3) كفاءة إزالة الشوائب في جهاز الترسيب

	إزالة المواد الصلبة العالقة (%)	إزالة BOD_5 (%)	إزالة البكتريا (%)
الترسيب الابتدائي	30 إلى 60	25 إلى40	25 إلى 60
الترسيب الثانوي	70 إلى 95	80 إلى 95	90 إلى 98

6-2-2 المعالجة الثانوية للفضلات السائلة

يقصد بالمعالجة الثانوية للفضلات السائلة تلك التي تلـــي وحـــدات المعالجـــة الأساسية. ومن أهم الأهداف العامة لهذا النوع من أنواع المعالجة التالي:

- تخثر وإزالة المواد الغروية الصلبة غير المترسبة،
- موازنة المواد العضوية،
- تقليل نسب المواد العضوية الموجودة في الفضلات الخام،
- تخفيض مواد التغذية (مثل النتروجين والفسفور) الموجود في الحمأة،
- تهيئة الحمأة والأوساخ للمعالجة والتخلص النهائي.

يتم تفسخ المواد العضوية بوساطة الأحياء المجهرية - عـــبر خليـــط غـــير متجانس من البكتريا وأحياء أخرى - إما فـــي بيئـــة هوائيـــة أو لا هوائيـــة أو اختيارية. وتؤخذ المواد العضوية بواسطة الأحياء المجهرية الهوائيـــة (بكتريـــا) بوصفها مصدراً للطاقة ومصدراً ممولاً للكربون للتكاثر وإنتاج الخلية الحية على النحو التالي:

مادة عضوية + أكسجين ⇐ إنتاج خلايا جديدة + طاقة حركية + نواتج ثانوية (ثاني أكسيد الكربون، وماء، وكبريتات، وفوسفات، ونترات،ونتريت).

تعتمد طرق المعالجة الحيوية الهوائية لإزالة المواد العضوية مـــن الفضـــلات السائلة على فيزيولوجية الأحياء المجهرية غيري الإغتذاء Heterotrophic. وتستخدم هذه الكائنات (في وجود الأكسجين) المواد العضوية الموجودة بالفضلات الســـائلة مصدراً لعنصر الكربون - اللازم لتكاثر الخلايا - ومصدراً للطاقـــة. ويمكـــن لكثير من هذه الأنواع الهوائية من الأحياء المجهرية الاستفادة مـــن الأكســـجين المتحد مع المركبات (مثل ذلك الذي يوجد في النترات والكبريتات) لإتمام الأكسدة وبناء الخلايا عند غياب الأكسجين الحر. لمستعمرات البكتريا الهوائية مقدرة على تحويل نتروجين الأمونيا لنتريت ومن ثم لنترات النتروجين. كمـــا وأن النترتـــة تحدث أيضا بفعل أحياء مجهرية أخرى ذاتي التغذية Autotrophic. وعند ملامســـة الأحياء المجهرية للفضلات السائلة وفى وجود الأكسجين فإنها تقوم بامتصـــاص المواد العالقة والغروانية (وبدرجة أقل المواد العضوية الذائبة). وفى ذات الفـــترة

فإن النشاط الحيوي يقوم بتحويل بعض المواد العضوية في الفضلات السائلة لغذاء احتياطي داخل خلايا الأحياء المجهرية. وبهذه الطريقة يتم النقصان السريع لحاجة الأكسجين الحيا-كيميائي في بداية مرحلة المعالجة. كما وأن التهوية المستمرة تساعد على إزالة المواد العضوية. ومن العوامل المؤثرة في معدل هذه الإزالة: كمية الحاجة الحيا-كيميائية للأكسجين المتبقية ودرجة تركيز الأحياء المجهرية في الحمأة النشطة.

أما التفسخ الحيوي اللاهوائي للمواد العضوية فيتم بفعل بكتريا الأحماض (مكونات الأحماض) بالاستفادة من الأكسجين المتحد مع المركبات (مثل النتريت والنترات والكبريتات) طبقاً للتفاعل التالي:

مواد عضوية ⇐ إنتاج خلايا جديدة + طاقة + أحماض عضوية + كحول

ويقود إنتاج الأحماض العضوية إلى تقليل الرقم الهيدروجيني، مما يؤدي إلى هلاك بكتريا الأحماض، لتحل محلها بكتريا الميثان (مكونات الميثان). وتعمل هذه البكتريا على تكوين خلايا جديدة على النحو التالي:

الكحول ⇐ إنتاج خلايا جديدة + نواتج ثانوية (ميثان، وكبريتيد هيدروجين، وثاني أكسيد الكربون، وماء).

تقوم بعض أنواع البكتريا المنترة Nitrosomonas بتحويل الأمونيا إلى نتريت. ومن ثم تعمل البكتريا المنترتة Nitrobacter على أكسدة النتريت المتكون إلى نترات على النحو التالي:

$$2NH_4 + 3O_2 \ (Nitrosomonas) \Rightarrow \ 2NO^-_2 + 2H_2O + 4H^+$$

$$2NO^-_2 + O_2 \ \ (Nitrobacter) \Rightarrow \ 2NO^-_3$$

طرق المعالجة الثانوية:

تنقسم الطرق المستخدمة في المعالجة الثانوية بصورة عامة إلى طرق النمو العالق Suspended Growth وطرق النمو المرتبط Attached Growth. تكون للأحياء المجهرية حرية الحركة في طرق النمو العالق داخل المفاعل، مما يعني أن الأحياء المجهرية تبحث لوحدها عن غذائها، ومن أمثلة هذه الطرق الحمأة النشطة، وأخدود الأكسدة، وبرك الموازنة، والهضم الهوائي. أما طرق النمو المرتبط فتحتوي على مجموعة من أنماط المعالجة الثانوية. وفى هذا النوع من طرق المعالجة ترتبط الأحياء المجهرية وتثبت بسطح أو وسط صلب، مما يعني أن الأحياء المجهرية تتم تغذيتها. وتعمل عدة عوامل لتسهيل تلامس المواد العضوية بالأحياء المجهرية. ومن أمثلة طرق النمو المرتبط مرشح النضيض والأقراص الملامسة الدوارة.

طرق المعالجة بالنمو العالق

أولا: الحمأة النشطة Activated Sludge

1.من الأهداف العامة للحمأة النشطة: المعالجة الحيوية الهوائية للفضلات السائلة بطريقة مستمرة أو شبه مستمرة؛ وأكسدة المواد الكربوهيدراتية؛ وإتمام عملية النترتة.

ومن أهم محاسن الحمأة النشطة:

- إنتاج سائل نهائي صاف وغير منفر،
- خلو النظام من الروائح الكريهة أثناء التشغيل،
- عدم الاحتياج إلى مساحات كبيرة،
- إمكانية تسويق الأوساخ الناتجة (الحمأة).

ومن العيوب الأساسية لهذه الطريقة:

- احتياجها إلى مراقبة تصميم وإنشاء،
- احتياجها إلى عمالة ماهرة للتشغيل والصيانة،
- نتائجها متدنية للأحمال الصدمية والمفاجئة والتغيرات في الدفق،
- تنتج حجما كبيرا من الحمأة (الأوساخ) مما يزيد من مشاكل إزالة الماء من الحمأة،
- ذات تكلفة إنشاء أولية عالية.

لقد استخدمت طريقة الحمأة النشطة لمعالجة عدد من الفضلات السائلة والتخلص منها مثل: المركبات العضوية الذائبة أو الغروانية القابلة للتفتيت، والمواد الصلبة العالقة وتلك غير المترسبة، وبعض المواد الغذائية مثل الفسفور ومركبات النتروجين، وبعض المواد العضوية المطهرة، وبعض المركبات والمكونات الأخرى التي يمكن أن تمتص أو تمتز بهذه الطريقة. تعتمد طريقة الحمأة النشطة على تهوية الفضلات السائلة بتلبد النمو الحيوي، ثم يتم فصل المياه المعالجة من النمو الحيوي. وتخرج بعض الأحياء المجهرية المتكاثرة في الحمأة النشطة فضلات مع التصريف المنبثق من الجهاز. تعمل الأحياء المجهرية الهوائية في حوض التهوية على امتزاز المواد الصلبة العالقة والغروية ونسبة من المواد العضوية الذائبة عن سطح متلبدات الحمأة النشطة. وفى ذات الوقت يعمل النمو الحيوي الكبير على تحويل جزء من المواد العضوية الموجودة في الفضلات إلى غذاء احتياطي داخل خلايا الأحياء المجهرية. وبفضل هذا النشاط تتم الإزالة الابتدائية السريعة للحاجة الحيا-كيمائية للأكسجين في المفاعل. يقود نمو الأحياء المجهرية الهوائية وتزايدها داخل حوض التهوية إلى تكون كتلة حيوية تعرف بالحمأة النشطة. ويطلق على كل من الحمأة النشطة في المفاعل والفضلات السائلة "السائل المختلط.

يعد عنصرا النتروجين والفسفور من أهم المواد الغذائية للأحياء المجهرية داخل مفاعل الحمأة النشطة، نسبة لأن النتروجين يدخل مباشرة في التفاعلات الحيوية وتكاثر الخلايا، أما الفسفور فيدخل في تبادل الطاقة. ويحتاج إلى بعض المعادن الغذائية الأخرى بنسب قليلة، مثل: المغنسيوم والكالسيوم والحديد والمنجنيز والنحاس والكوبالت. وتتراوح نسبة الكربون للنتروجين في الحمأة الجيدة بين 2 إلى 2.5 %، غير أنه عمليا فإن احتياجات التكاثر الحيوي تتطلع إلى نسبة كربون إلى نتروجين تتراوح بين 5 إلى 6. ويجعل هذا الوضع من الأوساخ المنزلية مصدر نتروجين للمعالجة الحيوية، خاصة لتلك الفضلات التي ينعدم أو يقل فيها وجوده، هذا بالإضافة لمساعدة الفضلات المنزلية في الحصول على بعض العناصر الغذائية الأخرى. تتكون المواد العالقة بالسائل المختلط من أعداد من الأحياء المجهرية النشطة وغير النشطة والمواد العضوية غير القابلة للتفتيت والمواد غير العضوية. وتتطلب درجات التركيز العالية لهذه المواد تركيزا عاليا من الأكسجين داخل نظام المعالجة، كما تحتاج أيضا إلى أجهزة ترسيب ثانوية كبيرة. غير أن المواد العالقة بالسائل المختلط تكون صغيرة في الغالب الأعم وتتراوح قيمها بين 2000 إلى 4000 ملجم/لتر. وفى حالة تخفيف الفضلات السائلة فإن التركيز العالي للمواد العضوية (في مياه الصرف الصحي المعالجة) ربما قلل من كفاءة طريقة الحمأة النشطة. عادة يؤخذ تركيز المواد الصلبة العالقة في السائل المختلط MLSS معيارا لكتلة الأحياء المجهرية النشطة في حوض التهوية. وتحوي المواد الصلبة العالقة في السائل المختلط MLSS النمو الحيوي النشط بالإضافة إلى الخلايا الميتة والمواد العضوية الخاملة، والمواد غير العضوية المشتقة من الفضلات الداخلة. وهذا مما استدعى التعامل مع المواد الصلبة العالقة المتطايرة في السائل المختلط MLVSS، والمواد الصلبة العالقة المتطايرة للخليط السائل.

يصعب التكهن بأثر بيئة المفاعل عليه نسبة للتأثر المتغير للأحياء المجهرية بكمية المواد الغذائية ونوعها، ومكونات الفضلات السائلة الداخلة للمفاعل، وبعض العوامل المفروضة على النظام مثل: درجة تركيز الأملاح غير العضوية، والرقم الهيدروجيني، ودرجة الحرارة، ووجود الأحياء المجهرية الأخرى المنافسة. وتعد طريقة الحمأة النشطة طريقة معقدة تشارك فيها أنواع مختلفة من الحمات والبكتريا والحيوانات الأولي وغيرها من الأحياء المجهرية القابلة للتعايش في هذه البيئة. وتتواجد هذه الكائنات إما منفردة أو مع بعضها متداخلة مع الملوثات العضوية والخلايا الميتة وغيرها من مكونات الفضلات. وفى بداية مرحلة المعالجة تزدهر السوطيات Flagellates والأوليات الأميبية، والتي لا تلبث أن تحل محلها الأهداب الحرة السابحة Free-swimming ciliates ،

لتسود بعدها الأهداب ذات الجذع Stalked ciliates والتي تدل على جودة عملية المعالجة على درجات التحميل العادية. أما الحيوانات الدوارة (الروتيفرات Rotifers) فتتواجد في الحمأة النشطة عند علو درجة التهوية أو عند تدني التحميل في المفاعل.

يتم فصل المواد العالقة من الفضلات السائلة في المفاعل بعد مدة المكث (6 إلى 12 ساعة) وعند وجود كمية مناسبة من الحمأة المعادة، لتظل درجة تركيز الأكسجين المذاب في حدود 2 ملجم/لتر. ثم تصرف مكونات حوض التهوية لأحواض الترسيب الثانوية التالية له، حيث يتم ترسب المتلبدات لمدة تتراوح بين 2 إلى 4 ساعات ثم يخرج السائل المعالج. يعاد جزء من المواد الصلبة لحوض التهوية، ويتم التخلص من الجزء المتبقي (بعد أكسدته هوائياً) بواسطة أجهزة التخلص من الأوساخ. ونسبة لأهمية نوع وخصائص مكونات حوض التهوية فيتم التحكم فيها عن طريق عوامل المعامل الحجمي ومعامل الكثافة وعمر الأوساخ.

من أهم الطرق المستخدمة لإضافة الهواء أو الأكسجين للمفاعل: التهوية الفقاعية، والتهوية السطحية:

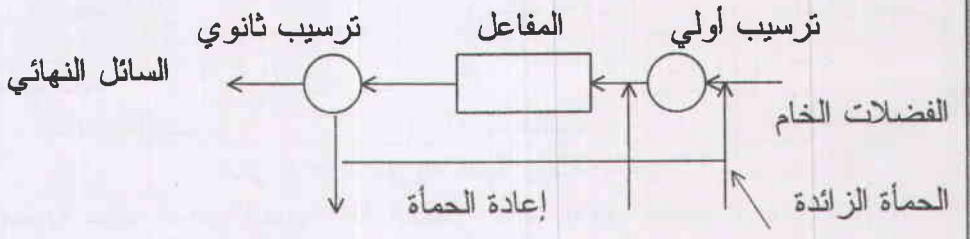
(أ) التهوية الفقاعية أو التهوية بالانتشار Bubble or Diffused Aeration تتم إضافة أوكسجين الهواء بهذه الطريقة عن طريق آلة هواء ضاغطة، حيث يدخل الهواء تحت ضغط عالٍ إلى قعر الحوض عن طريق أنبوب رئيس يتفرع إلى أنابيب جانبية بها فتحات دقيقة. ومن ثم يتسرب الهواء تحت الضغط العالي على شكل فقاقيع هوائية صغيرة مما يساعد الأحياء المجهرية على امتصاص الأوكسجين. وتعمل هذه الفقاقيع على خلط مكونات حوض التهوية حيث تمنع ترسيب المواد العالقة في قعره.

(ب) التهوية السطحية Surface Aeration تعرض المخلفات السائلة للهواء (في أحواض التهوية السطحية والميكانيكية) على شكل صفائح أو شرائح رقيقة لامتصاص الأوكسجين. وتغيير الصفائح المعرضة للهواء تباعاً عن طريق فرش دوارة أو آلات خلط.

أنواع نظم الحمأة النشطة

تختلف نظم الحمأة النشطة في أدائها حسب عدة متغيرات منها: وضع النظم، وطريقة إدخال الهواء والفضلات للمفاعل، وزمن التهوية، وتركيز النمو الحيوي النشط، وحجم المفاعل، ودرجة المزج. ومن هذه النظم:

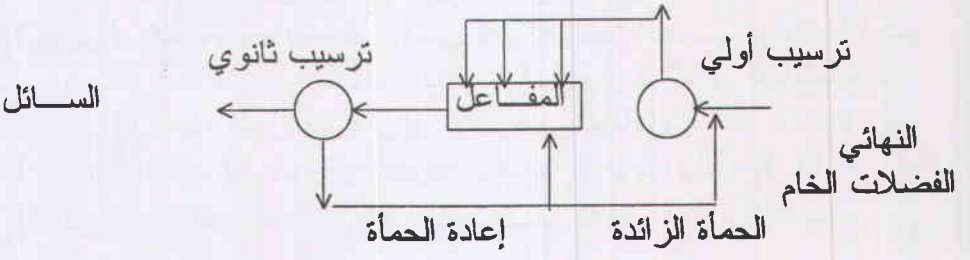
(أ) النظام التقليدي Conventional activated sludge: وهو من أكثر النظم استخداماً، ويتكون من حوض للتهوية، وحوض ترسيب ثانوي، وخط إعادة الحمأة، وخط الحمأة الزائدة.



شكل (2-3) التهوية التقليدية

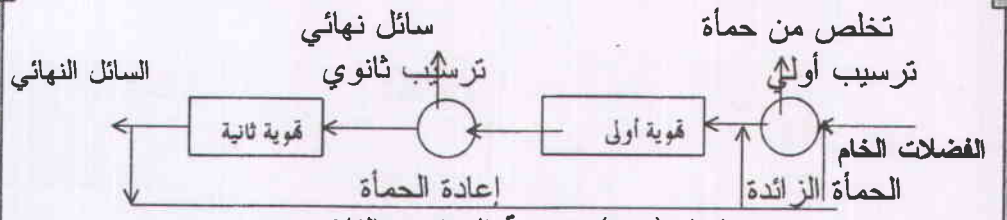
(ب)النظام المخروطي Tapered ae rator: يتم فيه إدخال هواء مضغوط بمعدل عالٍ بالقرب من مدخل المفاعل لمواكبة احتياج الأوكسجين العالي، ويتناقص تدريجياً بالقرب من المخرج نسبة لقلة احتياج الأوكسجين، مما يمكن المفاعل من إعطاء أفضل استخدام للهواء.

(ج)النظام المدرج Step aerator: يتم إضافة الحمأة المترسبة عند أكثر من نقطة خلال طول مفاعل التهوية وتتم إضافة الأوساخ في بداية المفاعل لموازنة نسبة الغذاء والأحياء المجهرية للمحافظة على انتظام الاحتياج للأوكسجين.



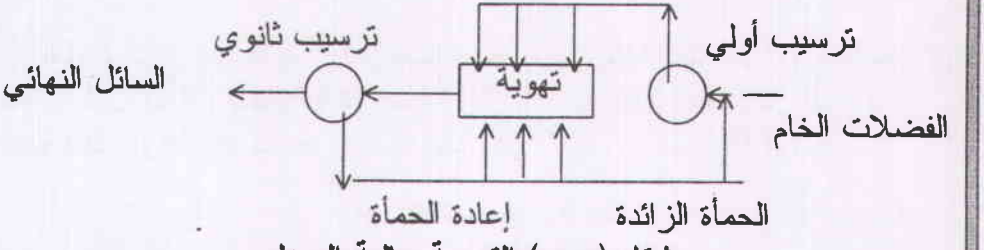
شكل (2-4) التهوية المدرجة

(د)نظام التوازن بالتلامس Cont act stabilization or biosorption: يتم مزج الأوساخ وتهويتها مع الحمأة النشطة لفترة زمنية بسيطة (من 0.5 إلى 1.5 ساعة)، ثم يمر السائل المختلط لحوض ترسيب لفصل السائل النهائي والحمأة بالجاذبية. وتتم إعادة تهوية الحمأة المترسبة في جهاز تهوية آخر (حوض موازنة) لفترة 3-6 ساعات لإزالة المواد الغروانية والمواد العالقة دون إزالة المواد الذائبة العضوية.



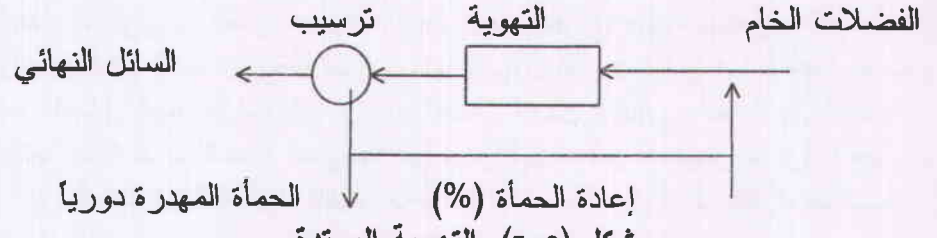
شكل (2-5) تهوية التوازن بالتلامس

(ه)تهوية عالية المعدل (تهوية تامة الخلط)High rate or Complete mixing aerator تماثل هذه التهوية تلك التهوية التقليدية فيما عدا ظروف التحميل. والغرض منها تخفيض تكلفة الإنشاء بزيادة تحميل الأوكسجين الحيا-كيميائي BOD لكل حجم مفاعل، ولتقليل زمن التهوية. وهذه تتم بتشغيل المفاعل على نسبة عالية من الأحياء المجهرية للغذاء $\frac{F}{M}$ والحفاظ على تركيز MLSS في حدود 5000 إلى 4000 ملجم/لتر.



شكل (2-6) التهوية عالية المعدل

(و)التهوية الممتدة Extended aeration: تعمل التهوية الممتدة على مرحلة نمو داخلي. وعادة لا يحدث هدر للحمأة النشطة الزائدة. ويزيد السائل المختلط تركيز MLSS عبر فترة عدة أشهر ليتم صرفها مباشرة من المفاعل. وتتفاوت MLSS بين 1000 إلى 10000 ملجم/لتر، وزمن التهوية 24 ساعة أو يزيد، وللمفاعل كفاءة عالية لإزالة الأوكسجين الحيا-كيميائي BOD نسبة لصغر تحميل BOD وقلة نسبة $\frac{F}{M}$ وطول زمن المكث.



شكل (2-7) التهوية الممتدة

جدول (2-4) خواص نظم الحماة النشطة

النظام	نوع الدفق	MLSS (mg/l)	F/M	الحمل الحجمي kg BOD/m^3	SRT (يوم)	R = QL/Q	إزالة BOD (%)	احتياجات الهواء لكل كجم BOD/$م^3$
تقليدية	كتلي plug	1500 إلى 3000	0.4-0.2	0.7- 0.3	5-15	0.5- 0.25	85-95	40-100
مخروطية	كتلي	1500 إلى 3000	0.4-0.2	0.8- 0.3	5-15	0.5- 0.25	85-95	50-75
مدرجة	كتلي	2000 إلى 3000	0.4-0.2	0.7-1	5-15	0.75- 0.25	85-95	50-75
توازن بالتلامس	كتلي	1000 إلى 6000	0.5-0.2	1-1.2	5-15	1- 0.25	85-95	50-75
مزج كامل	خلط تام	3000 إلى 6000	0.6-0.2	0.8-2	5-15	1- 0.25	85-95	50-75
معدلة	كتلي	300 إلى 800	0.5-1.5	2.4- 1.2	0.5- 0.2	0.15- 0.05	65-75	25-50
ممتدة	خلط تام	3000 إلى 8000	0.05- 0.15	0.4- 0.2	30- 20	1.5- 0.35	90-98	100-135

(ج) معامل كثافة الحمأة أو معامل دونالدسون

Sludge Density Index (SDI) or Donaldson Index (DI)ý

معامل كثافة الحمأة يعبر عن مقلوب معامل حجم الحمأة مضروب في 100

(د) معدل تحميل الحمأة (نسبة الغذاء إلى عدد الأحياء المجهرية)

Food-to-microorganisms ratio (F/M), Sludge loading rate (SLR), Substrate loading (SL)

يعبر حجم تحميل الحمأة عن نسبة الغذاء إلى عدد الأحياء المجهرية الموجودة، أو نسبة كتلة الحاجة الحيا-كيميائية للأكسجين الداخل إلى حوض التهوئة إلى المواد الصلبة العالقة في السائل المختلط

يقود تشغيل حوض التهوئة على درجات عالية من نسبة الغذاء إلى الكائنات إلى:

- تحلل غير كامل للمواد العضوية،
- إزالة ضعيفة للحاجة الحيا-كيميائية للأكسجين،
- ترسيب ضعيف للمتلبدات الحيوية.

غير أن التشغيل لدرجات قليلة من نسبة الغذاء إلى الكائنات ينتج عنها:

- كفاءة عالية لإزالة المواد العضوية،
- ترسيب جيد للحمأة النشطة،
- كفاءة عالية لإزالة الحاجة الحيا-كيميائية للأكسجين.

(هـ) معدل التحميل الحجمي للمواد العضوية Volumetric Organic Loading Rate (VOL)

يمثل معدل التحميل الحجمي للمواد العضوية نسبة التحميل العضوي إلى الحجم

معدل تحميل الحمأة لبعض نظم معالجة الحمأة النشطة

الوحدة	معدل تحميل الحمأة (/يوم)
محطات تقليدية	0.3 إلى 0.35
تهوية ممتدة	0.05 إلى 0.2
تهوية مدرجة	0.02 إلى 0.5

من أهم العوامل التي قد تحد من استعمال طريقة الحمأة النشطة أو تؤثر كثيرا في اختيارها وحدة معالجة رئيسة التالي:

- تحديد الحاجة الحيا-كيميائية للأكسجين،
- ضعف انتشار الكتلة العضوية،
- احتياج الطريقة لزمن تهوية معين،
- تدنى الكفاءة عند التغيير الكبير في حجم وتركيز المواد العضوية أو عند وجود سموم،

- احتياج طريقة التشغيل لعمالة ماهرة،
- تكلفة التشغيل العالية،
- الاحتياج إلى استخدام الطاقة،
- متطلبات صيانة وتصليح أجهزة الانتشار،
- التأثير البيئي عند التخلص من الفضلات والروائح واستهلاك للطاقة وغيرهـا من العوامل المؤثرة.

معايير عامة لتصميم حوض وحدة الحمأة النشطة

المنشط	المعدل
التحميل العضوي الحجمي	500 إلى 700 (جم/ L_i م^3/يوم)
زمن المكث للتهوية	4 إلى 8 ساعة (طبقاً لمتوسط الدفق اليومي)
المواد الصلبة العالقة المذابة	1500 إلى 3000 (ملجم/لتر)
المواد الصلبة العالقة في السائل المختلط MLSS	2000 إلى 3000 (ملجم/لتر)
نسبة المواد الغذائية إلى الأحياء المجهرية	0.1 إلى 0.6 (جمBOD/جمMLSS/ يوم)
زمن المكث	5 إلى 10 (أيام)
عمر الأوساخ	3 إلى 4 (أيام)
الرقم الهيدروجيني الأمثل لنمو البكتريا الهوائية	6.5 إلى 7.5
كفاءة إزالة الحاجة الحيا-كيميائية للأكسجين	85 إلى 95 (%)
ارتفاع حوض التهوية	3 (م)
عرض الحوض	30 إلى 100 (م)
عمق الحوض	5 إلى 10 (م)
سرعة الدفق الأفقية	1.5 (م/دقيقة)
السرعة عند قناة المدخل والمخرج للحوض	0.3 (م/ث)
كمية الهواء المطلوب	40 إلى 125 م^3 هواء لكل كجم BOD مزال (عادة توخذ 65)

ثانياً: أخدود الأكسدة Pasveer ditch or Oxidation ditch

أخدود الأكسدة عبارة عن نظام مطور للتهوية الممتدة للحمأة النشطة. ويتكـون الأخدود من مجرى طويل مستمر على شكل بيضة للمنظـر العلـوي، وعمقـه يتراوح ما بين متر و 1.5 متر، عادة توضع أعضاء دوارة سطحية عبر المجرى لتهوية الفضلات السائلة وللمحافظة على سـرعة بيـن 0.3 إلـى 0.4 مـتر/ث للمساعدة في أن تظل المواد الصلبة الحيوية عالقة.

فوائد الأخدود: تضم فوائد الأخدود التالي:

- مناسب للمجتمعات والصناعات الصغيرة،
- مناسب للتغيرات في كم الدفق ونوعه،
- لا يحتاج إلى ترسيب ابتدائي ومعالجة حمأة،
- قليل تكلفة الإنشاء والتشغيل والصيانة،
- برك الموازنة (الأكسدة)

طرق المعالجة بالنمو المرتبط أو المتصل

يتم إدخال الفضلات السائلة لتلامس الأحياء المجهرية المرتبطة على أسطح الوسط الترشيحي لمفاعلات النمو المرتبط، أي أن الأحياء المجهرية يأتي إليها الغذاء في مكان إقامتها دون مشقة. ومن أهم أمثلة النمو المرتبط مرشح النضيض والأقراص الدوارة الحيوية.

مرشح النضيض Trickling Filter

يتكون مرشح النضيض من ثلاثة أجزاء رئيسة تضم نظام التفريغ التحتي، والوسط الترشيحي المشيد من الصخور أو اللدائن، وموزع الفضلات على سطح الوسط الترشيحي (أنظر شكل(2– 8). توضع فتحات على جوانب المرشح لإدخال الهواء للوسط الترشيحي.

تضم مزايا مرشح النضيض التالي:

- إنتاج سائل معالج جيد النوع تحت ظروف دفق متغير.
- تتم نظافته ذاتياً.
- بساطة التشغيل،
- قلة تكاليف التشغيل نسبياً.
- إمكانية العمل تحت ظروف طقس حرجة خاصة في المناطق الباردة.
- إعطاء كفاءة مناسبة لتخفيف الأكسجين الحيا-كيميائي BOD والمواد الصلبة العالقة SS من الفضلات الخام غير المرغوبة.

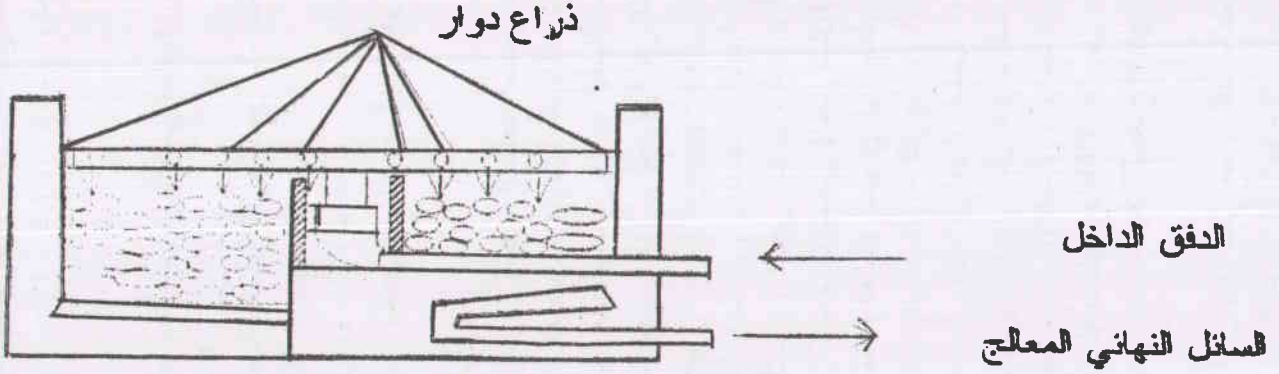
أما مساوئ مرشح النضيض فتنحصر في التالي:

- كبر فقد السمت خلال المرشح (قد تصل إلى 1.5 وإلى 3 أمتار بالإضافة إلى ارتفاع المرشح).
- انبثاق الروائح الكريهة،
- إزعاج ذباب المرشح *Psychoda alternata*،
- الاحتياج إلى مساحة كبيرة،
- عدم تناسب المساحات الموجودة فعلاً،
- الاحتياج إلى معالجة ابتدائية تسبق المرشح.

من أهم الصفات المطلوبة لوسط الترشيح الجيد:

- الخمول الكيميائي للمواد المنتقاة لوسط الترشيح،
- كبر مساحة السطح مقارنة بقياس مواد وسط الترشيح،
- النظافة،
- التواجد المحلي،

الشكل (2-8) مخطط لمرشح النضيض



*الثمن الزهيد والتكاليف المناسبة.

ومن أمثلة المواد المستخدمة في وسط الترشيح لهذه المرشحات: الحجارة الحقلية، والحصى، والحجارة المكسرة، والخبث، وفحم الأنثراسايت، واللدائن المصنعة .... الخ.

من أهم وظائف نظام التصريف التحتي التالي:
- جمع المياه المعالجة،
- جمع المواد العضوية الصلبة التي تلتصق بالوسط الترشيحي،
- يعمل بصفته منطقة تجميع،
- السماح بمرور الهواء خلاله نسبة لكبر المسامية به،
- العمل بصفته دعامة لتحمل ثقل الوسط الترشيحي فوقه.

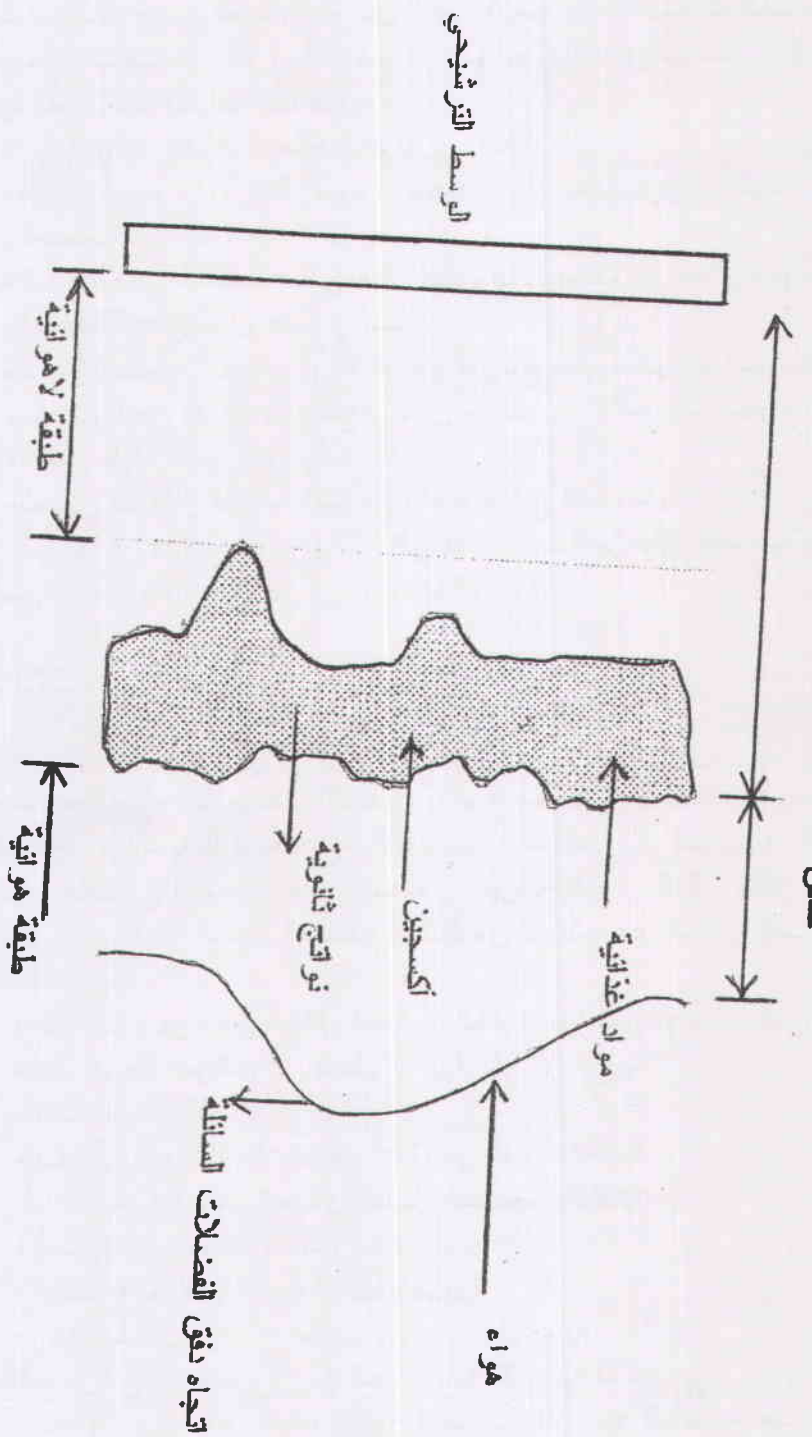
كيفية أداء مرشح النضيض:

يستخدم المرشح الطرق الحيوية للتخلص من مكونات الحمأة العضوية بالاستفادة من الأحياء المجهرية الهوائية المرتبطة بالوسط الترشيحي، الذي يتكون من طبقة ذات مسامية عالية تنساب خلالها الفضلات السائلة المراد معالجتها. تبدأ الأحياء المجهرية بامتصاص المواد العضوية من السائل الحاوي لها في طبقة الوحل أو الغشاء الحيوي. ثم يتم التحطيم الحيوي الهوائي للمركبات العضوية في الأجزاء الخارجية من الغشاء. ويزيد تكاثر الأحياء المجهرية من سمك طبقة الوحل مما يعوق انتشار الأكسجين خلالها، الشيء الذي يقود إلى تكون بيئة لاهوائية بالقرب من الوسط الترشيحي (أنظر شكل(2- 9).

يقود زيادة طبقة الوحل والغشاء الحيوي إلى تحطيم المواد العضوية الممتصة قبل أن تصل إلى طبقة الأحياء المجهرية القريبة من الوسط الترشيحي أو الملتصقة به، الشيء الذي يؤدى إلى ندرة في مواد التغذية العضوية المطلوبة بواسطة الأحياء المجهرية لتكوين الخلايا. يدخل هذا الوضع الأحياء المجهرية في مرحلة نمو داخلي يفقدها القدرة على الالتصاق بالوسط الترشيحي، ومن ثم تقوم الفضلات السائلة الداخلة بتنظيف طبقة الوحل من على الوسط الترشيحي لبداية مرحلة جديدة، وتسمى هذه العملية الانسلاخ Sloughing . يعتمد الانسلاخ على عدة عوامل منها:

التحميل العضوي والذي يؤثر على معدل التفاعلات الحيوية، التحميل الهيدروليكي الذي يؤثر على سرعة القص داخل المرشح.

أما السوائل المعالجة المارة عبر نظام التصريف التحتي فتجد طريقها إلى جهاز ترسيب ثانوي، حيث يتم فصل المواد الصلبة العالقة. ويعاد جزء من السائل



الشكل (2-9) آداء مرشح التضيض

المعالج الخارج من المرشح، أو من أجهزة ترسيب الفضلات الخام الداخلة للمرشح للتخفيف أو الموازنة. وهذه الإعادة لجزء التصريف الخارج إلى المرشح مرة أخرى تتم لأسباب عدة منها:

- زيادة تركيز المواد الصلبة الحيوية في النظام،
- ضمان استمرار زراعة الأحياء المجهرية عند إعادة دوران المواد الصلبة المنسلخة من المرشح،
- المساعدة في المحافظة على حمل هيدروليكي منتظم من خلال المرشح،
- المحافظة على حمل عضوي منتظم،
- ضمان استمرار دوران ذراع توزيع المرشح حتى خلال فترات الدفق القليل،
- تخفيف الدفق الداخل للمرشح لتحسين مواصفات التصريف الخارج،
- ترقيق طبقة النمو الحيوي،
- تحسين كفاءة إزالة الملوثات من وحدة مرشح النضيض.

تقع نسبة إعادة الدوران بين 50 إلى 1000 بالمائة من دفق الفضلات السائلة الخام، وعادة تكون بين 50 إلى 300 بالمائة .

أقسام مرشحات النضيض:

تنقسم مرشحات النضيض إلى نوعين بناء على شكل المرشح، أو اعتماداً على درجة التحميل العضوي به. فبالنسبة للتقسيم حسب الشكل: يوجد النوع الدائري (يستخدم للمرشحات صغيرة السطح) والنوع المستطيل (يستخدم للمرشحات كبيرة السطح). وبالنسبة للتقسيم حسب التحميل العضوي أو الهيدروليكي فتنقسم المرشحات إلى مرشح المعدل المنخفض ومرشح المعدل العالي (**أنظر شكل2- 10**). ويعد المرشح ذو المعدل المنخفض أبسط من المرشح ذي المعدل العالي لعدة أسباب منها:

- عدم إعادة جزء من السائل المعالج (الخارج من المرشح) إلى المرشح،
- عدم حوجة المرشح إلى فصل أو موازنة للأوساخ،
- له كفاءة عالية،
- إنتاج أوساخ قليلة ذات تركيز عالٍ من المواد الصلبة.

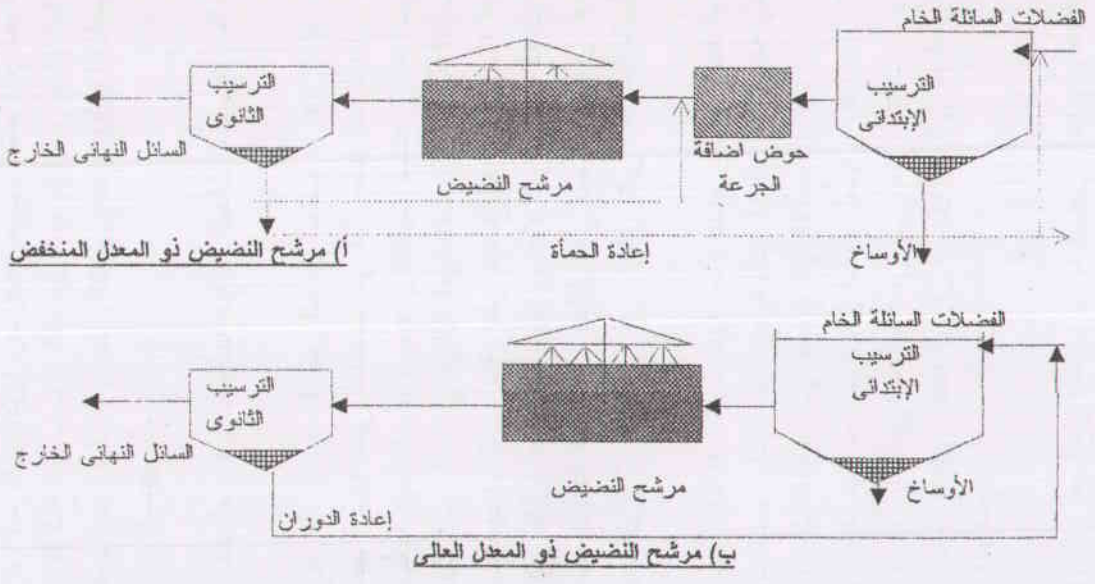
أما أهم مساوئ المرشح ذي المعدل المنخفض فتضم:

- الحجم الكبير المطلوب للمرشح،
- الاحتياج لحوض للجرعة Dosing tank ،
- زيادة مشاكل الروائح الكريهة، وتوالد الذباب به.

كفاءة مرشح النضيض لإزالة الحاجة حيا-كيميائية للأكسجين:

تعتمد طرق تقدير كفاءة مرشح النضيض لإزالة الحاجة حيا-كيميائية للأوكسجين على النماذج الحسابية أو الصيغ التجريبية. يفترض في النماذج

الشكل (2-10) مرشحات النضيض ذات المعدل العالي والمعدل المنخفض



الحسابية وجود طبقة حيوية وحمل عضوي منتظمين ليتم توزيع السائل خلال الوسط الترشيحي. غير أن النماذج الحسابية تعد غير عملية لتصميم مرشح النضيض من منطلق التشغيل ومن منظور التجربة. أما الصيغ التجريبية فتعتمد على بيانات التشغيل التي جمعت من محطات معالجة فعلية، ومن ثم تحلل البيانات المجمعة لاستنباط صيغة عملية يمكن استخدامها في تصميم المرشح. ومن أمثلة هذه الصيغ التجريبية: صيغة مجلس الأبحاث القومي الأمريكي، وصيغة فيلز، وصيغة رانكن، وصيغة رمبف. تضم أهم العوامل المؤثرة على كفاءة وعمل مرشح النضيض: التحميل العضوي، ومعدل الدفق الهيدروليكي، وخواص الفضلات السائلة، ومعدل انتشار الغذاء والهواء للنمو الحيوي، ونوع وتكاثر الأحياء المجهرية.

من أهم المشاكل المتوقعة في مرشحات النضيض ما يلي:

- ركود الدفق: قد يتسبب فائض الحمل العضوي عند الدفق الهيدروليكي غير الكافي وحجم الطبقة غير المناسب في قفل مسارات الهواء. ونسبة لكبر تركيز المواد العضوية substrate يزيد معدل التفتيت لينتج زيادة في النمو الحيوي. وعندما يحتل النمو الحيوي الزائد الفراغات بين الطبقة الترشيحية يحدث انسداد للمرشح مما يسبب ركود الدفق على سطح المرشح (ponding of filter) ويتسبب هذا الأمر في تقليل كفاءة المعالجة ووجود ظروف لا هوائية تنتج روائح كريهة مما يجب معه نظافة المرشح للحفاظ على المسارات الفراغية للفضلات السائلة والهواء. ويمكن إزالة مشاكل ركود الدفق على المرشح بالتالي:

  - غسل الطبقة الترشيحية بماء يتدفق بسرعة عالية،
  - تجفيف الطبقة الترشيحية لمدة 15 إلى 48 ساعة بتعريضها للشمس وإزالة المواد التي تؤدي إلى الانسداد،
  - إضافة جرعة كبيرة من الكلور لمتبقي يصل إلى 5 ملجم/لتر في السائل النهائي لمدة ساعتين إلى ست ساعات، بعد يومين أو ثلاثة أيام، وينبغي إعادة دوران السائل النهائي المكلور لنظافة الفراغات في المرشح.

- ذباب المرشح: يتكاثر ذباب صغير *Psychoda alternata* رمادي اللون في مرشح النضيض أثناء الفصل الدافئ على حجارته وداخل الجدران الداعمة مما يعمل على تكوين غشاء جلاتيني على الطبقة الترشيحية بيرقات الذباب. وقد يتزايد سطح الأعداد مما يعمل على انسداد كل

المسافات الفراغية في المرشح. ونسبة لصغر حجم الذبابة يمكنها الدخول في فم وأنف وأذن وعين العاملين بالمحطة. لا يتجاوز عمر الذبابة في المتوسط 7 إلى 20 يوما على درجة حرارة 15 إلى 30 درجة مئوية على الترتيب. وتتكاثر بصورة كبيرة في المرشحات ذات المعدل المنخفض مقارنة بمرشحات المعدل المرتفع. وللتحكم في الذباب يمكن عمل التالي:

1- غمر طبقة المرشح لمدة 24 ساعة كل أسبوع أو أسبوعين لصرف اليرقات.

2- استخدام مبيد حشري على جدران المرشح الداخلية وسطحه في كل فترة أربعة إلى ستة أسابيع.

* الروائح: أما الروائح الكريهة الناتجة من التفتيت اللاهوائي والنمو الحيوي غير المرغوب فيمكن التحكم فيها بإعادة الدفق للسائل المعالج والمحافظة على تهوية جيدة للمرشح.

الترسيب الثانوي التالي لمرشحات النضيض

ينبغي إضافة حوضي ترسيب ابتدائي وثانوي لمحطات المعالجة التي تضم مرشحات نضيض، وذلك لإزالة الجسيمات الكبيرة من النمو الحيوي المنسلخ من المرشح ومن الدبال.

يفضل أخذ النقاط التالية في الحسبان عند تصميم أجهزة الترسيب الثانوي:

1. لا يفترض في الترسيب الثانوي وجود ترسيب تثخين وترسيب معاق،

2. تعتمد معايير تصميم الترسيب على مقاس الحبيبات وكثافتها،

3. تفترض سرعة الدفق بين 25 إلى 33 متر/يوم بالنسبة للدفق المتوسط، وتزيد السرعة عن 50 متر/يوم لأقصى دفق،

4. يؤخذ معدل تحميل الهدارات في حدود 120 إلى 370 م^3/يوم/متر من طول الهدار عند أقصى دفق.

يوضح الجدول (2-7) بعض المعايير العامة المتبعة لتصميم مرشح النضيض.

الجدول (2-7) بعض المعايير المتبعة لتصميم مرشحات النضيض

المنشط	المرشح ذو المعدل المنخفض	المرشح ذو المعدل العالي
التحميل الهيدروليكي (م^3/م/يوم)	1 إلى 4	10 إلى 40
التحميل العضوي (كجم/م^3/يوم)	0.08 إلى 0.32	0.32 إلى 1
ارتفاع المرشح (م)	1.5 إلى 3	1 إلى 2
نسبة إعادة الدوران	صفر	1 إلى 3 (2 إلى 1)
الوسط الترشيحي	صخور مكسرة أو خبث أو مواد مصنعة	صخور مكسرة أو خبث أو مواد مصنعة
الطاقة المطلوبة (كيلووات/1000م^3)	2 إلى 4	6 إلى 10
ذباب المرشح	كثير	قليل (غالباً تجرف اليرقات متواصل
الإنسلاخ	متقطع	أقل من 15 ثانية (متواصلة)
فترة الجرعة	أقل من 5 دقائق (غالبا متقطعة)	نترتة لتحميل قليل
النترتة	نترتة كلية	60 إلى 80 % BOD
كفاءة التشغيل (نسبة الإزالة)	75 إلى 90 % BOD 10 إلى 30 % فسفور 20 إلى 40 % أمونيا 75 إلى 90 % مواد عالقة	10 إلى 30 % فسفور 20 إلى 30 % أمونيا 60 إلى 80 % مواد عالقة
المواد الكيميائية المستخدمة	لا توجد	لا توجد
الحدود المقيدة	تتأثر بالطقس ودرجة الحرارة الدنيا ويتولد الذباب والروائح الكريهة، وتقل الكفاءة عند المعالجة للتركيز العالي للمواد العضوية الذائبة	تنشأ روائح كريهة عند التشغيل القاصر، تقل الكفاءة عند المعالجة للتركيز العالي للمواد العضوية الذائبة.

يعقد جدول (2-8)مقارنة بين مرشحات النضيض وأحواض الحمأة النشطة فيما يتعلق بتكلفة التشغيل، ونوع المخلفات التي يمكن معالجتها، وفقد السمت، والمساحة المطلوبة، ومشاكل التشغيل.

الجدول(2-8) مقارنة بين مرشحات النضيض والحمأة النشطة

المنشط	الحمأة النشطة	مرشح النضيض
إمداد الهواء	تحتاج إلى إمداد صحي	يتم الإمداد بالتيار الطبيعي
المساحة المطلوبة	قليلة	كبيرة
الروائح	لا توجد	كثيرة
الذباب	لا يوجد	يكثر توالد الذباب
التكلفة الأساسية	عالية الثمن	زهيدة نسبياً
تكلفة التشغيل	عالية	قليلة نسبياً
العمالة	ماهرة للتشغيل	غير ماهرة للتشغيل
فقد السمت	قليل	كبير
السائل النهائي	به مواد عالقة قليلة	تكثر المواد العالقة فيه

{بشير وعصام 1986}

2-2-7 -وحدات المعالجة المتقدمة

2-2-7-1 إزالة الفوسفات

لا يعد الفسفور مادة ملوثة للموارد المائية، وهو غير سام للحيوان والنبات، ولا يؤدي إلى تغير غير مرغوب في صفات الماء. والفوسفور المائي لا طعم له ولا لون، ويحتاج إليه لنمو جميع الأحياء العضوية. تأتي المشاكل من جراء زيادة كميات الفوسفات في موارد مائية معينة مثل البحيرات قليلة النمو oligotrophic وتلك متوسطة التخمة mesotrophic إذ يسارع من نمو الطحالب والنباتات المائية لدرجة غير مرغوبة، مما يفاقم من مشاكل تخمة البحيرات والموارد المائية. يأتي الفسفور في الماء من جراء:

- صرف الفضلات في الموارد المائية: إذ أن معظم الفوسفات من فضلات الإنسان وفضلات الطعام، ويأتي الفسفور في الفضلات السائلة المنزلية من البراز وفضلات الطعام والمنظفات. وتتأثر درجة تركيزه بالحمية الغذائية وطبيعة المعيشة وأنماط استخدام الماء في المنطقة،
- دفق السيل الأرضي،
- إضافات من مصادر مختلفة non point في الصرف السطحي،
- الصرف الزراعي،
- الاستخدام المكثف لمحسنات التربة والمخصبات الصناعية والأسمدة وظروف المحافظة على التربة،

- التربة على حسب طبغرافية المنطقة،
- استخدام المنظفات الحاوية على الفسفور.

تدخل الفضلات السائلة كفوسفات عضوية بشكل أو آخر ومنها الفوسفات البسيطة والمركبة ومتعددة الفوسفات. من أكثر أنواع الفسفور وجوداً النوع العضوي منه والأورثوفوسفات $H_2PO_4^-$, HPO_4^-, and PO_4^- ومتعدد الفوسفات مثل سداسي متافوسفات الصوديوم $Na_3(PO_3)_6$ وثلاثي متعدد فوسفات الصوديوم $Na_5P_3O_{10}$ ورباعي بايروفسفات الصوديوم $Na_4P_2O_7$، وعادة تحدث حلمأة متدرجة لمتعدد الفوسفات في محلول مائي إلى صورة الأورثو. تحوي الفضلات السائلة المنزلية حوالي عشرة ملجم/لتر فسفور كلي إلى 70 بالمائة منها في صورة ذائبة. وتخضع الفوسفات العضوية وغير العضوية لمعادلات مختلفة من الحلمأة اعتماداً على الترابط والتكوين ودفق الفضلات السائلة. وعادة يتم جزء مقدر من الحلمأة للفوسفات البسيطة بعد المعالجة الابتدائية والثانوية. للفوسفات عامة والفوسفات المتعددة خاصة قابلية كبيرة لتكوين مركبات مع أيونات المعادن متعددة التكافؤ؛ وهذا مما يساعد الفوسفات المتعددة على جعل الماء يسراً دون استخدام أي عمليات ترسيب، وهو السبب المباشر لاستخدامها في تكوين المنظفات. ومن أهم التفاعلات التي يدخل فيها الفسفور في عمليات التمثيل الضوئي:

$$PO_4 + NH_3 + CO_2 pla \longrightarrow \text{green plants}$$

تفتيت ثابت وحلمأة للفوسفات المعقدة إلى أورثو فوسفات

$$organic P \longrightarrow PO_4$$

$$Polyphosphates \longrightarrow PO_4$$

ترسيب الأورثو فوسفات بالترويب الكيميائي

فوسفات PO_4 + أيونات معدنية متعددة التكافؤ $\longrightarrow$ مترسبات غير ذائبة.

وتضم أساليب إزالة الفوسفات من الفضلات السائلة الطرق التالية:

أولاً: طرق كيميائية

تستخدم الطرق الكيميائية لترسيب وإزالة الفوسفات إما بعد المعالجة الثانوية والترسيب، أو بعد الترسيب الابتدائي وقبل المعالجة الحيوية أو أثنائها أو بعدها، أو مع الفضلات السائلة الخام قبل الترسيب الابتدائي (مثلاً مع إزالة الرمل). يتم استخدام المروبات في قطار المعالجة الحيوي لترسيب الفوسفات بإضافة كميات كبيرة من مروبات الحمأة مثل أملاح الألمونيوم

Al^{+++}، والحديدوز Fe^{++}، والحديديك Fe^{+++}، والكالسيوم (الجير) Ca^{++} . ويستخدم الترويب والترسيب وربما الترشيح لإزالة الفوسفات. كما يمكن استخدام الترسيب بعد المعالجة الحيوية الثانوية (مثلاً بإضافة مادة لحوض الحمأة النشطة) أو قبلها (مثلاً إضافة المادة الكيميائية قبل جهاز إزالة الرمل أو للفضلات الخام الداخلة). ويتم الترويب بأملاح الألمونيوم والحديد في رقم هيدروجيني متعادل، غير أن عيوب هذه الطريقة تحوي زيادة تركيز الكبريتات في السائل النهائي المعالج، وكبر حجم الأوساخ والحمأة الناتجة. وتتم إضافة الجير عند رقم هيدروجيني 10.5 إلى 11 لترسيب الفوسفات كمركب carbonato-apatite على سطح كربونات الكالسيوم المترسبة.

ومن أهم محدات الترسيب الكيميائي ما يلي:

أ- حدود الذوبانية.

ب- التأثير المباشر على الفوسفات غير العضوية والبسيطة الذائبة في المحلول.

ج - تقل كفاءة إزالة الفوسفات عند إضافة مادة الترسيب قبل إتمام حلمأة الفوسفات العضوية ومتعددة الفوسفات.

من أمثلة أملاح الألمونيوم المستخدمة لإزالة الفسفور ما يلي :

1. ألمونيوم الترشيح $Al_2(SO_4)_3.16H_2O$ filter aluminum والذي يحول حوالي 9% من الألمونيوم Al. ويمكن تمثيل التفاعل الكيميائي النظري بين الألمونيوم والفسفور حسب المعادلات التالية والتي تؤدي إلى تقليل القلوية والرقم الهيدروجيني

$$Al_2(SO_4)_3.14.3H_2O + 2PO_4^{---} \rightarrow 2AlPO_4 \downarrow + 3SO_4^{--} + 14.3H_2O$$

$$Al_2(SO_4)_3 + 2H_2PO_4^- + 4HCO_3^- \rightarrow 2AlPO_4 \downarrow + 3SO_4^{=} + 4H_2CO_3$$

أو

$$Al^{+++} + H_2PO_4^- + 2HCO_3^- \rightarrow AlPO_4 \downarrow + 2H_2CO_3$$

ويلاحظ أن ألمونيوم الترشيح يتفاعل ليقلل القلوية والرقم الهيدروجيني ويضيف أيون كبريتات للملوحة.

2. ألمونات الصوديوم NaAlO2 والتي تحوي تجارياً حوالي 22% Al. ويمكن تمثيل التفاعلات الحادثة على النحو التالي:

$$NaAlO_2 + H_2PO_4^- + 2HCO_3^- \rightarrow AlPO_4 \downarrow + Na^+ + 2CO_3^{=} + 2H_2O$$

أو

$$AlO_2^- + H_2PO_4^- + 2HCO_3^- \rightarrow AlPO_4 \downarrow + 2CO_3^{=} + 2H_2O$$

ويزيد هذا التفاعل من القلوية والرقم الـــهيدروجيني وأيونـــات الصوديـــوم للملوحة.

أما أمثلة أملاح الحديد فتضم:

(أ)الكوبراس $FeSO_4.7H_2O$ وتبلغ كمية الحديد به حوالي 20%، ويمكن تمثيـــل التفاعل الحادث على النحو التالي:

$$4FeSO_4 + O_2 + 4H_2PO_4^- + 4HCO_3^- \rightarrow 4FePO_4 \downarrow + 4SO_4^{=} + 2H_2O + 4H_2CO_3$$

(ب) متلبد الحديد $Fe_2(SO_4)_3.2H_2O$ والذي يحوي حوالي 25.6% حديد:

$$Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2PO_4^- + 4HCO_3^- \rightarrow 2FePO_4 \downarrow + 3SO_4^{=} + 4H_2CO_3$$

(ج) كلوريد الحديديك $FeCl_3.6H_2O$ والذي يحوي حوالي 20.6% حديد، تفـاعل كلوريد الحديديك النظري في مفاعل هوائي يمكن تمثيله على النحو التالي:

$$FeCl_3 + H_2PO_4^- + 2HCO_3^- \rightarrow FePO_4 \downarrow + 3Cl^- + 2H_2CO_3$$

أما التفاعلات الحقيقية في الفضلات السائلة فهي أكثر تعقيداً من التفـــاعلات المذكورة نسبة للتفاعلات الثانوية مع المواد الصلبة الغروية والقلوية. وفـــي الحياة العملية لا تحدث التفاعلات الوارد ذكرها بالصورة الكيميائية النسبية إذ يتكون كثير من هيدروكسيد الألمنيوم $Al(OH)_3$ وهيدروكسيد الحديـــد $Fe(OH)_3$ بالإضافة للفوسفات. و تعمل بعض من هـــذه المترســـبات مروبـــاً للأحيـــاء المجهرية والمواد العضوية الموجودة في الفضلات السائلة.

يتحد الجير مع القلوية حسب التفاعل التالي

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow 2CaCO_3 \downarrow + 2H_2O$$

يتفاعل الجير مع الأورثو فوسفات في المحلول القلوي لتكويـــن هيدروكســـي ابتايت الكالسيوم الجلاتيني calcium hydroxyapatite .

$$5Ca^{++} + 4OH^- + 3HPO_4^{--} \rightarrow Ca_5(OH)(PO_4)_3 \downarrow + 3H_2O$$

أما إضافة الجير فتتم قبل الترسيب الابتدائي لتعمل على ترسيب الفســـفور وشوارد العسر والمواد العضوية. وتعتمد كمية الجير المضافة على المقـــدار المطلوب لموازنة المواد الحمضية في الفضلات السائلة بما فيها ثاني أكســـيد الكربون CO_2 والأمونيا NH_4^+ والبيكربونات HCO_3^-، بالإضافة إلى رفع الرقـــم الهيدروجيني لترسيب كربونات الكالسيوم التي تعمل كسطح تنويـــة nucleating

surface لترسيب الهيدروكسي ابتايت $Ca_5(PO_4)_3$-OH hydroxyapatite. ومن التفاعلات الحادثة:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

$$Ca(OH)_2 + 2NH_4^+ \rightarrow Ca^{++} + 2NH_3 + 2H_2O$$

$$Ca(OH)_2 + 2HCO_3^- \rightarrow CaCO_3 + CO_3^{--} + 2H_2O$$

$$Ca(OH)_2 + 2H_2PO_4^- \rightarrow 2HPO_4^{--} + Ca^{++} + 2H_2O$$

وينبغي الإشارة إلى أن معالجة الفضلات السائلة المنزلية قد تحتاج من 100 إلى 200 ملجم/لتر هيدروكسيد كالسيوم لإتمام إزالة 80% من الفوسفات اعتماداً على تركيز الفوسفات والعسر الموجود. وقد تؤدي زيادة إضافة الجير إلى الترسبات في الأحواض والأنابيب والأجهزة، بالإضافة إلى زيادة كمية الحمأة الناتجة.

ثانياً: طرق حيوية

تعتمد الطرق الحيوية لإزالة الفوسفات من المحلول على التمثيل الضوئي بواسطة الطحالب والتلبد الحيوي بالميكروبات في وحدات المعالجة الثانوية مثل برك الموازنة والحمأة النشطة. وتخضع هذه الطرق لاحتياج نمو الخلايا المجهرية والطحالب وغيرها من النباتات لفسفور في حدود 1 إلى 3 بالمائة من مكونات الخلية اعتماداً على نوع الأحياء المجهرية وظروف النمو والتكاثر. وفي إطار وحدات معالجة الفضلات السائلة:

- تقوم وحدات المعالجة الابتدائية بإزالة 20 إلى 25 بالمائة من الفوسفات الكلية
- تقوم الأحياء المجهرية بتمثيل جزء من الفوسفات في خلاياها في وحدات المعالجة الثانوية (مثل الحمأة النشطة)
- تعمل وحدات الهضم على إطلاق الفوسفات الموجودة في الحمأة مع السائل الفوقي في الهاضم؛ والذي يجد طريقه لوحدات المعالجة الابتدائية أو الثانوية في محطاتها، مما قد يأتي معه بنسب فوسفات تمت إزالتها ابتداءً. وعليه قد يحوي السائل الخارج نفس تركيز السائل الداخل للجهاز.

ومن الخيارات الممكنة لمعالجة هذا الوضع: المعالجة الكيميائية لسائل الهاضم لإزالة الفوسفات قبل إعادته لمحطة المعالجة، أو يمكن استخدام السائل الفوقي من الهاضم سماداً سائلاً في مناطق الغابات واستصلاح الأراضي لنباتات لا تؤكل، أو يمكن التفكر في عدم استخدام هاضم في

المحطة إذا أمكن ترميد الحمأة أو استخدامها مع مواد التسميد لإنتاج سماد ثري بالفوسفات.

ثالثاً: الامتزاز Adsorption

يمكن تمرير السائل النهائي من وحدات المعالجة الثانوية لإزالة الفوسفات عبر أعمدة بها حبيبات متدرجة من أكسيد الألومونيوم (ألومينا) Al_2O_3 في طريقة مماثلة للكربون النشط. ويمكن التجديد لإعادة الاستخدام بواسطة هيدروكسيد الصوديوم NaOH والذي يتم تجديده بالمعالجة بهيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ والجير المطفأ، ليقوم بترسيب الفوسفات الممتزة والكربونات في شكل هيدروكسي ابتايت وكربونات كالسيوم، غير أن هذه الطريقة لا تنافس الترسيب في المعالجة الأولية أو الثانوية، كما ويحتاج إلى سائل معالج جيد لتلافي مشاكل اتساخ عمود الألمونيا أو إفساده.

رابعاً: تبادل الأيونات

يمكن استخدام طريقة تبادل الأيونات لإزالة الفوسفات والنترات من السائل النهائي للفضلات السائلة باستخدام مبادلات راتنجية انيونية في شكل Cl^- أو HCO_3^-. ونسبة للتكلفة العالية ومشاكل الاتساخ للراتينج بالمواد العضوية لم تجد هذه الطريقة رواجاً كبيراً.

خامساً: الأسموزية (التناضح) العكسية

يمكن استخدام التناضح العكسي لإزالة الفوسفات أسوة بتحلية الماء.

2-2-7-2 إزالة النتروجين

تحتاج إزالة النتروجين للتالي:

- نمو وتكاثر الأحياء النباتية والحيوانية لاسيما ويمثل النتروجين 10 إلى 15 بالمائة من كل البروتين،
- مكون مهم للحمض النووي والهيمي والكلوروفيل،
- زيادة الغذاء للبيئة البحرية والساحلية.

معظم النتروجين في المياه السطحية ينتج من التالي:

- تصريف المنطقة وتصريف الفضلات السائلة،
- عمليات تخفيف السائل النهائي من محطات الفضلات السائلة،
- دفق وحدات إنتاج الغذاء المنزلي.

أما مصادر النتروجين في الفضلات السائلة المنزلية فتضم:

- البول والذي قد يحوي 8 إلى 10 جرام من النتروجين المتحد في اليوم للفرد، والذي غالبه يوريا $CO(NH_2)_2$ وبعض المركبات مثل: كرياتنين creatinine وحمض اليوريا وحمض الهبيوريك hippuric acid والأمونيا، غير أن اليوريا عادة تتحلل بالماء بسرعة إلى أيونات الأمونيوم والبيكربونات
- البراز والذي قد يحوي 1 إلى 1.5 جرام في اليوم للفرد والذي عادة يوجد في شكل بروتين
- فضلات الطعام
- المواد المنظفة والتي تضيف كميات كبيرة من الأمونيا الحرة.

تشمل أهم أسباب إزالة النتروجين ما يلي :

أ-تقليل نمو النباتات المائية في مصبات الأنهر والخلجان التي لا يوجد بها انتشار مخفف.

ب-أسباب صحية عند إعادة استخدام الماء للإمدادات المنزلية خاصة للأطفال، أو عند استخدام موارد الماء المستقبلة لسائل نهائي معالج يحوي عادة تركيز أعلى من النتروجين، أو عند اتحاد السائل النهائي مع المياه الجوفية المستخدمة لإمدادات الماء.

ج-أسباب صحية لاتحاد الأمونيا مع الكلور وتكوين الكلورامين مما يقلل من كفاءة التطهير.

تتأثر إزالة النتروجين بعدة عوامل منها:

- أشكال وجود النتروجين (عضوي، غير عضوي، وغاز نتروجين)،
- تركيز وجود النتروجين في الفضلات السائلة،
- تخليق في الوحدات الهوائية،
- النَتْرَنَة - إزالة النتروجين nitrification-dentrification،
- طرق معالجة الحمأة.

تضم وحدات إزالة الأمونيا وحدات كيميائية وطبعية وحيوية. ومن الطرق المستخدمة لإزالة النتروجين المتحد NH_4^+ و NO_3^- التالي:

أ)وحدات كيميائية وطبعية لإزالة الأمونيا: حيث تتم في أبراج الإزالة باستخدام تلامس الماء والهواء. وتعمل التهوية على تحويل النتروجين المتحد إلى أمونيا طيارة بزيادة الرقم الهيدروجيني ثم استخدام التلامس بين الهواء والماء؛ ورغم أن الأمونيا شديد الذوبان في الماء غير أن التلامس مع حجم كبير من الهواء يسهل نقل معظم الأمونيا إلى حيز

الهواء. ويتم رفع الرقم الهيدروجيني إلى ما يربو على 11 بإضافة الجير لأي درجة حرارة هواء أعلى من صفر درجة مئوية. وعادة تخضع الفضلات السائلة لأكسدة حيوية قبل إضافة الجير لكي يتحلل معظم النتروجين المتحد إلى أمونيا دون حدوث نترتة. إن إزالة الأمونيا – N بواسطة التهوية تربو كفاءته على 90 بالمائة في الطقس الدافئ وتتدنى الكفاءة لدرجة الحرارة القليلة. كما وهنالك مشاكل تكوين مترسبات كربونات الكالسيوم في أبراج التهوية وأسطح التلامس مع السائل مما يتطلب النظافة الدورية بالكشط أو المعالجة بالحمض. ولابد من معالجة خليط الماء والجير لتحويل أيونات الهيدروكسيل إلى بيكربونات للتحكم في الترسبات في وحدات المعالجة التالية بإضافة ثاني أكسيد الكربون.

ب) تبادل الأيونات: عادة توجد أيونات الأمونيوم بدرجات تركيز قليلة مقارنة مع الشوارد الموجبة (الكاتيونات) الأخرى في الفضلات السائلة مما يصعب معه إزالتها بطريقة تبادل الأيونات. يمكن استخدام طرق تبادل الأيونات لإزالة أمونيا النتروجين لتبادل أيون NH_4^+ مع وسط مبادل له قابلية للأيون. ومن الزيوليت (الراتنج) الطبيعي الذي له مقدرة اختيار لأيونات الأمونيوم clinoptilolite كلينوبتيلولايت الحبيبي عبر عمود حاوي له ليميز أيونات الأمونيوم بالتفضيل على الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم عدا البوتاسيوم. ومن العوامل المؤثرة في عملية تبادل الأيونات مع الكلينوبتيلولايت: كمية أيونات الأمونيوم الخام، وتركيز أي كاتيونات منافسة، والحمل الهيدروليكي للمفرش، والرقم الهيدروجيني، وطريقة التجديد. ويندر استخدام هذه الطريقة لصعوبة التعامل مع الزيوليت الذي تم تجديده. ويمكن إتمام التجديد باستخدام كلوريد الصوديوم وهيدروكسيد الكالسيوم المشبع مما يسمح بانطلاق الأمونيوم NH_4^+ من الراتنج بتحويله إلى أمونيا NH_3 نتيجة لقاعدية الجير.

ج) نقطة انفصال الكلورة Breakp oint Chlorination: يمكن إتمام أكسدة الأمونيوم–نتروجين بإضافة الكلور بغية إنتاج غاز النتروجين وأكسيد النتروجين N_2O ونترات–نتريت النتروجين. وتبين المعادلة التالية استخدام الكلورة لأكسدة الأمونيا:

$$2NH_4^+ + 3Cl_2 \rightarrow N_2 + 8H^+ + 6Cl^-$$

$$2NH_3 + 3HOCl \rightarrow N_2 + 3H^+ + 3Cl^- + 3H_2O$$

وينبغي إضافة قاعدة مناسبة لتعادل الحمض المتكون، وفي هذا الصدد يمكن استخدام الجير $Ca(OH)_2$ أو رماد الصودا. ونسبة للوصول إلى نقطة انفصال الكلورة بسرعة لدرجات تركيز أمونيا–النتروجين والكلور المائي فلا

يستدعي الحال أحواض حفظ كبيرة. أما محدات العملية فتظهر عند وجود كميات كبيرة من الأمونيا للأكسدة، وأنها تزيد الملوحة والعسر.

د) إزالة النتروجين في وحدات معالجة الفضلات السائلة:

- بعض من النتروجين المتحد (عادة بروتين – N) تتم إزالته في أحواض الترسيب الابتدائي. كما يتم تحويل اليوريا إلى أمونيا فيه ويحدث حلمأة للبروتين والأحماض الأمينية
- يعمل الهضم على إعادة ذوبانية الأمونيوم NH_4^+ مما يعني إعادة النتروجين المتحد لوحدات المعالجة إذا تم إعادة دوران السائل الفوقي من الهاضم.
- أشكال النتروجين المتحد من أمونيوم NH_4^+ ونترات NO_3^- لا تكون مركبات غير ذائبة تساعد على إزالتها بالترسيب أو الترشيح.

وتضم الطرق المستخدمة لإزالة النتروجين المتحد NO_3^- أو NO_2^- الاختزال إلى غاز النتروجين definitrification بواسطة الأحياء المجهرية اللاهوائية والتي تقوم باستخدام الأكسجين المتحد مع النترات أو النتريت للتمثيل الغذائي نسبة لسهولة الحصول على الأكسجين من النترات والنتريت أكثر من الكبريتات والبيكربونات عند غياب الأكسجين المذاب. ومن أمثلة الأحياء المجهرية التي يمكنها إتمام تفاعلات إزالة النتروجين الأشريكية القولونية *E. coli* والزائفة *Pseudomonas* و *S. marcescens*.

يؤدي التفتيت البكتيري إلى إطلاق الأمونيا من المركبات العضوية النتروجينية

نتروجين عضوي $\longrightarrow NH_3$

وتؤدي الأكسدة الهوائية المستمرة للأمونيا إلى النترتة وتكوين النترات بواسطة البكتريا الذاتية التغذية

$$NH_3 + O_2 \xrightarrow{\text{nitrifying}} NO_3^-$$

ويتكون النتريت كناتج وسيط، وتنتج طاقة للتمثيل الغذائي مثلاً تخليق ثاني أكسيد الكربون لخلايا جديدة. ويتحكم إنتاج النتريت في التفاعل الكلي مما لا يسمح بتراكمه لتركيز عالٍ، و يعتمد هذا النوع من التفاعل على الزمن ولا يعتمد على تركيز الأمونيا والنتروجين zero-order kinetics

$$NH_4^+ + 1.5O_2 \xrightarrow{Nitrosomons} NO_2^- + 2H^+ + H_2O + energy$$

$$NO_2^- + 0.5O_2 \xrightarrow{Nitrobacter} NO_3^- + energy$$

ويتأثر التفاعل بدرجة الحرارة والرقم الهيدروجيني وتركيز الأكسجين المذاب.

يحوي إزالة النتروجين denitrification تمثيل حيا-كيميائي بواسطة التمثيل الغذائي للأحياء المجهرية غيرية الاغتذاء في بيئة لاهوائية

$$NO_3^- \longrightarrow N_2 \uparrow$$

يعمل النيتروجين غير العضوي الذائب NH_3, NO_2^-, NO_3^- غذاءً للنبات في عمليات التمثيل الضوئي

نتروجين لا عضوي + CO_2 ⟵ نباتات خضراء

وتتم إزالة الأمونيا بالهواء من المحلول على رقم هيدروجيني عالٍ

$$NH_4OH \longrightarrow NH_3 \uparrow$$

لا تعمل النترتة على إزالة الأمونيا غير أنها تحولها إلى نترات مما يعمل على تقليل مشاكل السمية للأسماك، وتقليل احتياج النتروجين للأكسجين في السائل النهائي. يتم اختزال النتريت والنترات إلى غاز النتروجين بعدة أنواع من الأحياء المجهرية الاختيارية غيرية الاغتذاء في بيئة لاهوائية. ويحتاج إلى مصدر كربون (مثل حمض الخل والأسيتون والايثانول والميثانول والسكر) ليعمل مانحاً للهيدروجين (أو مستقبلاً للأكسجين) ويمد النمو الحيوي بمطلوبات الكربون.

يتأثر اتزان أيون الألمونيوم وغاز الأمونيا الذائب في الماء بدرجة الحرارة والرقم الهيدروجيني، إذ تظهر كل الأمونيا في شكل غاز على رقم هيدروجيني 11، ويتواجد أيون NH_4^+ في المحاليل المتعادلة على درجات الحرارة السائدة. يمثل الجدول(2 -9)مقارنة بين بعض وحدات معالجة الفضلات السائلة التي تم عرضها في هذا الفصل.

الجدول (2-9) مقارنة بين بعض وحدات معالجة الفضلات السائلة

النظام	النواحي الصحية	تكاليف الإنشاء	تكاليف الصيانة	مصدر الماء	سهولة الإنشاء والتشييد
الجردل	سيئة	منخفضة	عالية	بعيد	سهلة
مرحاض الحفرة	متوسطة	منخفضة	منخفضة	بعيد	سهلة عدا في الأرض الطينية الرطبة، أو في التربة الصخرية
مرحاض المهواة المحسن	متوسطة	متوسطة	منخفضة	قريب	سهلة عدا في الأرض الطينية الرطبة، أو في التربة الصخرية
مرحاض مائي	جيدة	عالية	منخفضة	قريب	تحتاج لبناء ماهر
حوض تحليل لاهوائي	ممتازة	عالية جداً	منخفضة	متصل بأنابيب	تحتاج لبناء ماهر
شبكة الصرف الصحي	ممتازة	عالية جداً	عالية	متصل بأنابيب	تحتاج لمهندس وعمال مهرة

2-2-8 معالجة الأوساخ والتخلص النهائي منها

يقصد بالحمأة الأوساخ الصلبة الناتجة من وحدات المعالجة المختلفة من ابتدائية وأساسية وثانوية ونضوج. ونسبة لاحتواء هذه الأوساخ على عناصر ملوثة، رغم قلة تركيز المواد الصلبة بها، فينبغي التفكر في إتمام معالجتها ثم التخلص النهائي منها بأفضل وأنسب السبل. وتضم وحدات معالجة الحمأة الهضم، وإزالة الماء لتجفيف الأوساخ، والتخلص النهائي.

2-2-8-1 هضم الحمأة Sludge digestion

يقصد بهضم الحمأة إتمام تفسخ المواد العضوية الموجودة فيها بطريقة متحكم فيها تحت ظروف معينة. وقد تكون هذه العملية هوائية أو لاهوائية. ومن أهم أهداف إضافة وحدة هضم الحمأة في محطة المعالجة التالي:

- تفتيت المواد الصلبة العضوية والحمأة إلى مركبات بسيطة ومواد خاملة،
- تحويل جزء من المواد الصلبة إلى سائل وغاز وتقليل حجم الحمأة السميكة،
- تقليل المواد المتطايرة للحمأة (عادة يتم التقليل بين 55 إلى 75 بالمائة بالوزن)، وتقليل المواد الصلبة العالقة الكلية (عادة يتم التقليل بين 35 إلى 45 بالمائة)،
- إزالة الحمات والأحياء المجهرية الضارة، وتقليل كائنات الكوليفورم (قد يصل التقليل إلى 99.8 بالمائة عند الهضم لمدة 30 يوم وتحت درجة حرارة 95 إلى 100 °F)،
- استخدام الحمأة المهضومة سماداً،
- استخدام غاز الميثان الناتج وقوداً.

أما عيوب وحدة الهضم فتشمل ما يلي :

- صعوبة إيجاد الحرارة العالية المطلوبة للنشاط الحيوي،
- التكلفة العالية،
- حساسية الطريقة، مما يستدعي الحرص الشديد للمحافظة على الظروف البيئية المثلى،
- تعطي الطريقة موازنة عضوية غير مكتملة لزمن المكث العادي.

تعالج عملية الهضم الهوائي الحمأة والأوساخ الصادرة من وحدات المعالجة الأولية، ووحدات المعالجة الثانوية مثل تلك الناتجة من جهاز ترسيب الحمأة النشطة، أو خليط من هذه الأوساخ. ويتم الهضم في حوض مفتوح لزيادة التهوية، وعليه يمكن اعتماد هذه العملية تحسيناً لعملية الحمأة النشطة. تعد عملية الهضم اللاهوائي عملية تخمير للحمأة تعمل عليها الأحياء المجهرية الاختيارية اللاهوائية. حيث تقوم هذه الكائنات بتفسخ المواد العضوية وتحويلها إلى ثاني أكسيد الكربون وغاز الميثان وبعض العناصر الخاملة، بالإضافة لإنتاج كائنات أخرى من نفس النوع والفصيلة. وتكثر في وحدة الهضم بكتريا الأحماض Acid bacteria وبكتريا الميثان Methanogenic bacteria. ويعتمد اتزان عملية الهضم على الموازنة بين مرحلة تخمير الأحماض ومرحلة تكوين الميثان. أما بكتريا الميثان فهي لا هوائية وحساسة للظروف البيئية المحيطة من: درجة حرارة، ورقم هيدروجيني، وزيادة تراكيز المركبات المؤكسدة، والأحماض الطيارة، والأملاح الذائبة، وشوارد المعادن الموجبة (كاتيونات).

تبدأ المرحلة الأولى من الهضم بتفسخ مواد الحمأة الصلبة بفعل البكتريا الاختيارية والبكتريا اللاهوائية مكونات الأحماض، والتي توجد عادة بكميات كبيرة في الأوساخ وتقوم بتحويل المواد العضوية المعقدة، والشحوم، والبروتين، والكربوهيدرات، إلى أحماض عضوية ذائبة وكحول مثل: حمض بيوتري butyric وحمض الخل acetic وحمض البروبنيك propionic وغيرها من الأحماض الطيارة الناتجة في عملية تخمير الأحماض. كما ينتج من التفتيت الحيوي في مرحلة تخمير الأحماض كربونات الحمض والأحماض العضوية وغازات مثل ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين. وتعمل هذه النواتج على تخفيض الرقم الهيدروجيني في النظام، مما يوقف عملية التحول الحيوي نسبة لهلاك هذه الأنواع من الأحياء المجهرية. وحينذاك تحل محلها أنواع أخرى من البكتريا اللاهوائية تسمى مكونات الميثان Methane Formers لتواصل هذه الكائنات عملية

التفتيت الحيوي للمواد التي أنتجتها مكونات الأحماض. تقوم مكونات نشاط الميثان بتعويز Gasification الأحماض والكحول المكونة إلى ثاني أكسيد الكربون وغاز الميثان وآثار من غازات أخرى مثل كبريتيد الهيدروجين. بكتريا الميثان لاهوائية وتعمل على رقم هيدروجيني ضيق يقع بين 6.5 إلى 7.5 وذلك لأن لها حساسية لأي تغيرات في الرقم الهيدروجيني.

تشمل خواص الحمأة الجيدة الهضم ما يلي:

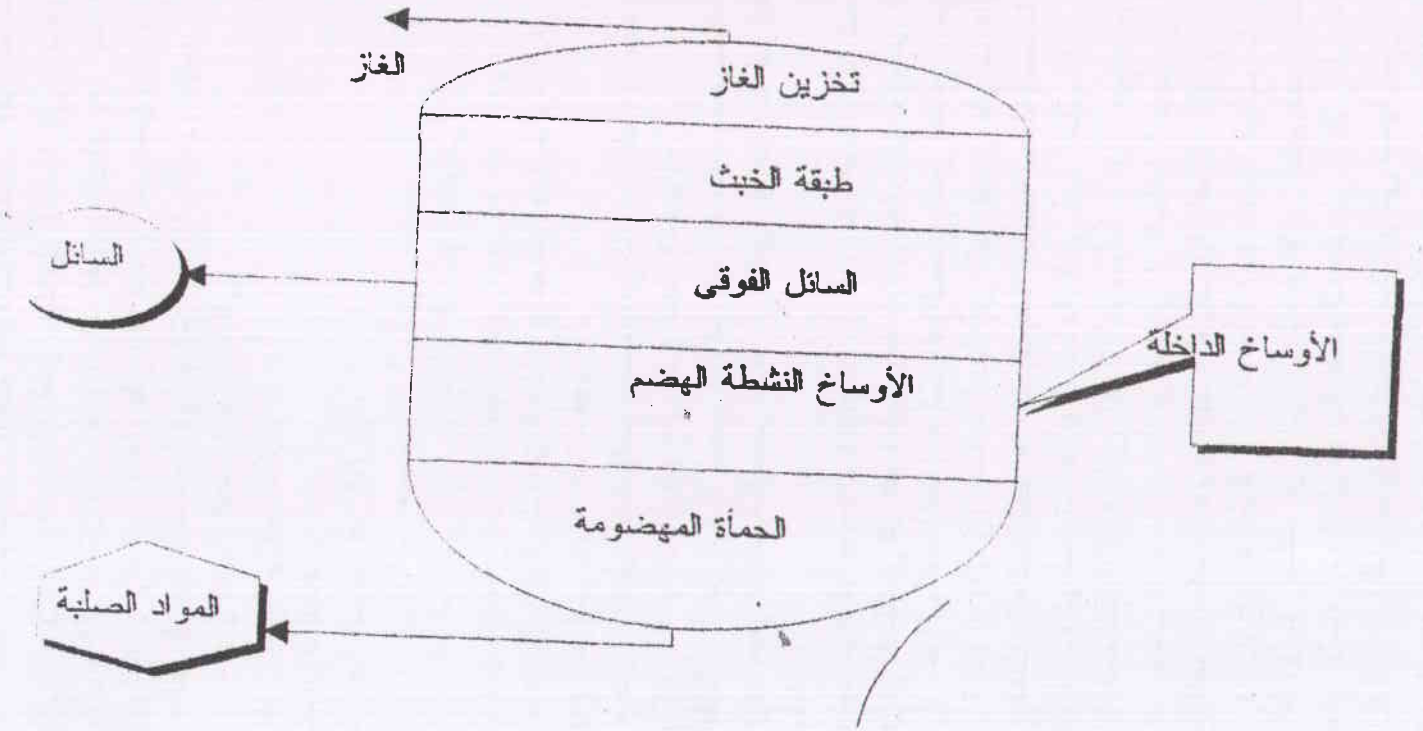
- اللون البني إلى بني داكن،
- مظهر المتلبدات،
- الرائحة الفاسدة غير الكريهة،
- صعوبة إزالة الماء منها.

ومن أهم العوامل التي تؤثر في عملية الهضم اللاهوائي:

- خواص الأوساخ من: رقم هيدروجيني، ودرجة حرارة، ومواد غذائية، ومواد سامة (مثل المعادن الثقيلة)، وأحماض طيارة، وأمونيا،
- نوع وخواص المواد المتفسخة،
- خواص المفاعل: التحميلات الصدمية، وحالات الخلط، وزمن المكث اللازم لهضم الحمأة، ونوع وعدد الأحياء المجهرية.
- الطاقة: إذ ليس لعملية الهضم الهوائي نفس درجة الحساسية للعوامل البيئية مقارنة بعملية الهضم اللاهوائي، غير أنها تستهلك قدراً أكبر من الطاقة.

يصمم الهاضم Anaerobic Digestor من الخرسانة المسلحة أو الحديد بشكل أسطواني له قادوس في قعره (مخروط هرمي معكوس)، ويغطى إما بغطاء ثابت أو غطاء طاف (عائم) له شكل قبة لتجميع الغاز المنتج وتسرب الهواء (أنظر شكل 2-11). ويتم سحب الحمأة من القعر المخروطي للوعاء، بينما يسمح الغطاء العائم بالتغير في الحجم نسبة لإضافة الحمأة وسحبها. وعملية إضافة الحمأة للهاضم تتم بطريقة متقطعة، ثم يسحب السائل الفوقي ليعاد إلى وحدات المعالجة الثانوية. لون الحمأة المهضومة لاهوائياً بني ضارب إلى السواد، ويماثل لونها لون القطران الساخن أو المطاط المحروق أو الشمع المانع للتسرب. كما وتحتوى الحمأة المهضومة لاهوائياً على كمية كبيرة من الغاز. وتتراوح درجة تركيز المواد الصلبة بعد عملية الهضم ما بين 6 إلى 7 بالمائة، وربما وصلت من 8 إلى 10 بالمائة عند هضم الحمأة الناتجة من الترسيب الابتدائي. وتعمل طريقة هضم الحمأة على إزالة وتقليل الجراثيم بصورة كبيرة وذلك نسبة للبيئة القلوية السائدة والتي لها أثر كبير في التخلص من البكتريا. يوضح الجدول (2-10) بعض خواص الحماة المهضومة

الشكل (2-11) هضم الحمأة والأوساخ



جدول(2- 10)بعض خواص الحمأة المهضومة

المنشط	الحمأة الجيدة الهضم	الحمأة الرديئة الهضم
اللون	أسود	بني أو رمادي
الرائحة	قطرانية	نتنة
الماء الطافي	شبه رائق	عكر جداً
الغازات	كبيرة	خفيفة
الرقم الهيدروجيني	6.6 إلى 7.6	أقل من 6
القلوية لبرتقال المثيل (ملجم/لتر $CaCO_3$)	لا تقل عن 2000	أقل من 1000
الأحماض الطيارة	قليلة	كثيرة

(Gunnerson 1986)

يبين جدول (2-11)أدناه بعض المعلومات العامة لتصميم طريقة الهضم اللاهوائي التقليدية.

جدول (2-11) معلومات لتصميم الهاضم اللاهوائي التقليدي

العنصر	المقدار
حمل المواد الصلبة الطيارة (كجم/م^3/يوم)	0.3 إلى 2
تفتت المواد الصلبة الطيارة (%)	40 إلى 50
إنتاج الغاز (م^3 غاز/كجم مواد صلبة طيارة)	0.2 إلى 1.5
المواد الصلبة للحمأة الداخلة (كجم/م^3/يوم)	2 إلى 5
تفكك المواد الصلبة الكلية (%)	30 إلى 40
الرقم الهيدروجيني	6.5 إلى 7.4
درجة القلوية (ملجم لتر)	2000 إلى 3500
زمن مكث المواد الصلبة (يوم)	30 إلى 90
حجم الهاضم (م^3/الفرد)	0.1 إلى 0.17
مكونات الغاز (%)	
ميثان	65 إلى 70
ثاني أكسيد كربون	32 إلى 35
كبريتيد الهيدروجين	آثار قليلة
درجة الحرارة°م	30 إلى 35

2-2-8-2 نزح الماء من الحمأة Sludge dewaterin

تنحو وحدة نزح الماء من الحمأة إلى تقليل محتوى الرطوبة بها، خاصة وأن الحمأة المنبثقة من وحدات المعالجة تحوي درجات تركيز قليلة من المواد الصلبة والتي تتراوح ما بين 1 إلى 6 بالمائة. ومن الأهداف العامة لعملية نزح الماء من الحمأة:

- تغليظ الأوساخ لتقليل الحجم مما يساعد في التخلص النهائي، تقليل تكاليف الترحيل والنقل،
- إزالة الرائحة الكريهة من الحمأة والأوساخ،
- تقليل ناتج النض من مناطق الردم الصحي،
- زيادة القيمة الحرارية مما يساعد في عمليات حرق وترميد الحمأة،
- استخدام الماء المستخلص بعد إجراء المعالجة اللازمة عليه عند الضرورة،
- استخدام الحمأة المغلظة سماداً لنباتات ومزروعات الزينة وتحسين المناظر الطبيعية.

سبل نزح الماء من الحمأة

تستخدم عدة سبل لنزح الماء من الحمأة تضم: التجفيف بمفرش التجفيف، والضغط بمرشح ضغط المكبس، والتفريغ الهوائي، والطرد المركزي.

(أ) مفرش (حوض) التجفيف Drying Bed (أنظر شكل 2- 12)

يستخدم مفرش التجفيف لإزالة الماء من الحمأة المهضومة والمغلظة، لاسيما وأن إنتاج السماد الطبيعي يستدعي درجة رطوبة أقل من 10 بالمائة. ويعتمد على عوامل البخر (التجفيف) أو التسرب أو كليهما لإزالة الماء من الحمأة في مدة قد تصل إلى 20 أو 30 يوماً تحت الظروف الطبيعية للحمأة جيدة الهضم عند بسطها لارتفاع 20 إلى 30 سم؛ وقد يصل زمن التجفيف إلى 6 أشهر حسب طبيعة ونوع الحمأة. تصمم المفارش من طبقات من الرمل الخشن بارتفاع 15 إلى 30 سم موضوعة فوق طبقة من الحصى المدرج بارتفاع 30 إلى 45 سم موضوعة فوق نظام التصريف التحتي. ويمكن استخدام الخرسانة ويستغل الطوب لإنشاء المفرش. وتتم إزالة الحمأة المجففة بواسطة مجرف أو كاشط آلي.

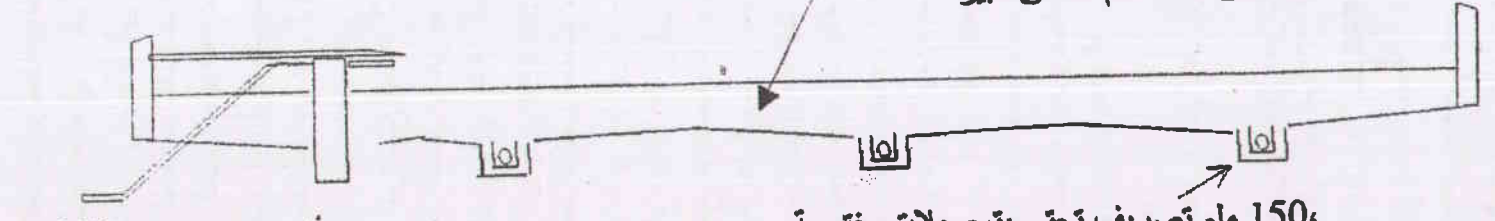
ومن أهم العوامل التي تؤثر على مفارش التجفيف ما يلي :

- عوامل الطقس والمناخ: من رطوبة، وسرعة رياح، وبخر، وأمطار، وحرارة ..الخ،
- طبغرافية وجيولوجية وهيدرولوجية المنطقة المحيطة،

الشكل (2-12) مفرش التجفيف

مكونات مفرش التجفيف من الأعلى للأسفل

150، ملم رمل ناعم
75، ملم رمل خشن
75، ملم حصى دقيق
75، ملم حصى متوسط
75، إلى 150 ملم حصى كبير



150، ملم تصريف تحتي بتوصيلات مفتوحة
50، ملم رمل خشن
75، ملم حصى متوسط

أنبوب حديد زهر 150 ملم

- خواص المفرش وشكله وتصميمه ووضعه تحت الشمس أو تحت غطاء زجاجي أو غيره،
- طبيعة الأوساخ الداخلة إلى المفرش ومكوناتها.

يمكن تقليل زمن التجفيف بإضافة مروبات مثل أملاح الحديد أو الألمونيوم، ثم تجمع المياه المتسربة لتعاد إلى محطة المعالجة لتجويد النوع وإتمام المعالجة وتفادى أي تلوث قد ينتج منها. يمكن تصميم المفرش لزراعة نباتات مثل القصب مما يساعد على إزالة الماء بالنتح بالإضافة للبخر والتسرب. وتساعد النباتات أيضاً على المحافظة على النفاذية الجيدة للتربة للنمو الدائم للجذور التي تمنع انسداد التربة والمواد الصلبة العالقة المترشحة. ومن الملاحظ أن نمو القصب يتأثر سلباً بالفضلات والحمأة اللاهوائية التي تؤدي إلى وسط لاهوائي في منطقة الجذور.

(ب) مرشح ضغط المكبس Pressure Filter

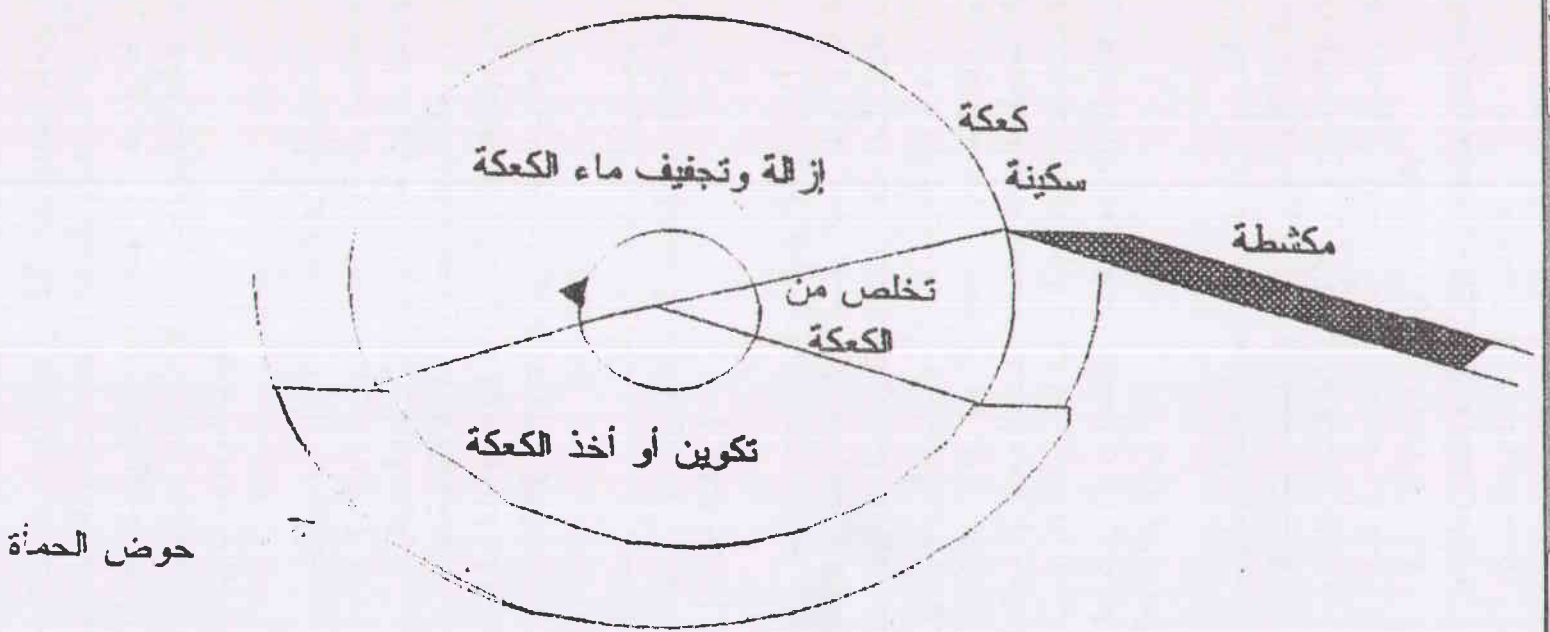
يستخدم مرشح ضغط المكبس لمعظم الحمأة من محطات المعالجة لإنتاج حمأة تحتوى كعكتها على 40 إلى 50 بالمائة مواد صلبة. وتعمل قوى ضاغطة لإزالة الماء من الأوساخ في مرشح المكبس بطريقة غير مستمرة. وتتكون طبقة الترشيح من مجموعة من الألواح، أو من الصفائح، مع بطانة تعمل طبقة ترشيحية. عادة تضاف بعض المواد المنشطة للحمأة لرفع كفاءة العملية الترشيحية، ومن ثم يضخ الخليط لجهاز المرشح لحجز الأوساخ في شكل عجينة يتم التخلص منها بطريقة مثلى وسليمة. أما السائل الراشح فيجد طريقه عبر الوسط الترشيحي لمنافذ خروجه أو يعاد لمحطة المعالجة مرة أخرى. وتصمم وحدات مرشح ضغط المكبس لتعمل تحت ضغط يتراوح ما بين 345 إلى 1150 كيلو باسكال، كما يتراوح زمن الترشيح ما بين 3 إلى 8 ساعات. وقد يصل محتوى الرطوبة في الحمأة المزال منها الماء إلى 55 أو 60 بالمائة. ومن محاسن هذه الطريقة التالي:

- إنتاج أوساخ تحوي رطوبة قليلة،
- قلة تكلفة الإنشاء،
- احتواء السائل الخارج منها على تركيز قليل من المواد الصلبة العالقة.

(ج) التفريغ الهوائي Vacuum Filtration (أنظر شكل2– 13)

يستخدم التفريغ الهوائي للنزح الآلي للماء من الفضلات الخام وتلك التي تم هضمها. تعتمد هذه الطريقة المستمرة لإزالة الماء من المخلفات، على التفريغ الهوائي لتنتج كعكة تحوي رطوبة قليلة. يتكون جهاز التفريغ من طبل مجوف من المعدن مغطى بقماش معدني (أو معادن مثقبة) مع بطانة من الصوف أو الترليلين أو النيلون. ويعمل التفريغ الهوائي على إزالة الماء

الشكل (2-13) مرشح التفريغ الهوائي



من الفضلات عند دوران الجهاز وتنقل الحمأة بسير متحرك ينغمر جزئياً في الحمأة المهيأة. ويستخدم تفريغ 85 كيلو باسكال داخل الطبل لسحب السائل داخله، لتتجمع الكعكة المزال منها الماء خارج الطبل لسمك قد يصل إلى 50 مليمتر. ويتم إزالة الكعكة المتكونة بوساطة كاشط لها. ومن العوامل المؤثرة على كفاءة هذه الطريقة:

- خواص ونوع الأوساخ ومحتوى رطوبتها،
- نوع وكمية المواد المساعدة والمنشطة المستخدمة في العملية الترشيحية (مثل الجير وأملاح الحديد والبوليميرات والرماد)،
- طبيعة طبقة الترشيح ونوعها وخواصها،
- العوامل التشغيلية المؤثرة مثل: سرعة الترشيح، والضغط عبر طبقة الترشيح وغيرها من العوامل ذات الصلة.

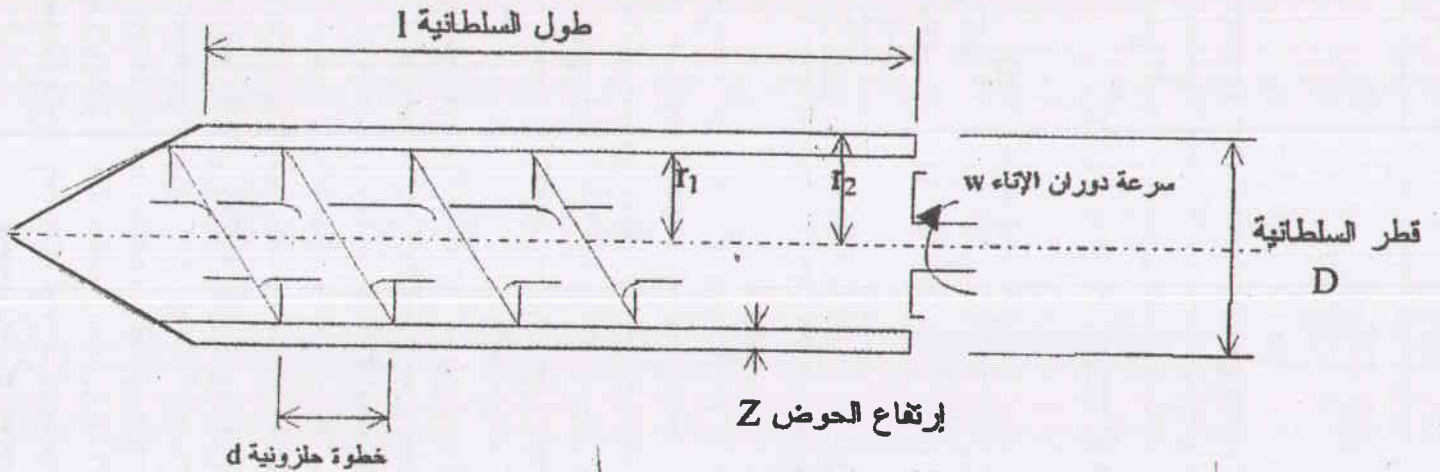
من الملاحظ أن محتوى الرطوبة للمخلفات المزال منها الماء بطريقة التفريغ الهوائي أعلى من تلك المزال منها الماء بطريقة الترشيح تحت الضغط (مرشح المكبس).

(د) الطرد المركزي Centrifugation (أنظر شكل2– 14)

تستخدم قوى الطرد المركزية بصفها إحدى طرق إزالة الماء من الحمأة وتغليظها. ومن أهم العوامل المؤثرة على هذه العملية: سرعة الطرد المركزي، ومقاس الحبيبات وكثافتها، ودرجة الحرارة. وما عملية الطرد المركزي إلا عبارة عن إسراع لعملية ترسيب تحت تأثير قوى أكبر من قوى الجاذبية الأرضية للجسيمات الصغيرة العالقة الصعبة الترسيب والتي يسمح حجمها بالانتشار. أما القوى المؤثرة على الجسيمات فتضم قوى الطرد المركزي وقوى احتكاك استوك. ومن العوامل المؤثرة على كفاءة وعاء الطرد المركزي:

- خواص الحمأة: درجة تركيز المواد الصلبة العالقة، وشكل الحبيبات وحجمها، ودرجة اللزوجة، والكثافة النوعية،
- خواص عملية الطرد المركزي: من استحلال، ومعدل دخول الحمأة، والمواد الكيميائية المضافة لزيادة العائد، ودرجة الحرارة، والعوامل الكهروستاتيكية،
- خواص الطارد المركزي: من حجم وسرعة دوران ونظام تصميمه، والمواد المستخدمة له.

الشكل (2-14) جهاز الطرد المركزي



2-2-8-3 منظومة ترشيح الحمأة

يمكن تقدير كفاءة نزح الماء من الحمأة بالترشيح بعدة طرق منها: زمن السحب الشعري Capillary Suction Time (CST) وزمن تشقق الكعكةCracking time ومعيار المقاومة النوعية Specific resistance to filtration .

(أ)زمن السحب الشعري: هو الزمن اللازم لامتصاص الماء من الحمأة على نشافة أو ورقة ترشيح. ودرجة الترشيح تقدر على أنها الزمن الملاحظ لتبتل خلاله مساحة معينة من ورقة الترشيح. كلما قل زمن السحب الشعري كلما كبرت درجة ترشيح الحمأة. وتعنى الأرقام الكبيرة لزمن السحب الشعري وجود معوقات تحول دون ترشيح الحمأة قيد الاختبار. وهذا الاختبار سريع وسهل وزهيد الزمن وثابت.

(ب)زمن تشقق الكعكة: هو الزمن الذي تأخذه الكعكة لتنهار متفتتة تحت ضغط معين مسلط عليها.

(ج)معيار المقاومة النوعية: هذا المعيار من أفضل المعايير لقياس سهولة أو صعوبة نزح الماء من الحمأة. ويبين الشكل(2- 15) رسماً مبسطاً لجهاز قياس المقاومة النوعية. تعرف المقاومة النوعية على أنها "المقاومة اللازمة لإزالة الماء الناتج من كعكة (أو قالب) من الحمأة وزنها وحدة وزن واحدة من المواد الصلبة خلال ترشيحها عبر وحدة مساحة ".

الجدول(2- 12) خواص الحمأة وعلاقتها بمعامل المقاومة النوعية

معامل المقاومة النوعية (م/كجم)	خواص الحمأة
أقل من 10^{11}	سهلة الترشيح
من 10^{11} إلى 10^{14}	متوسطة الترشيح
أكبر من 10^{14}	صعبة الترشيح

{عصام و الطاهر 2001}

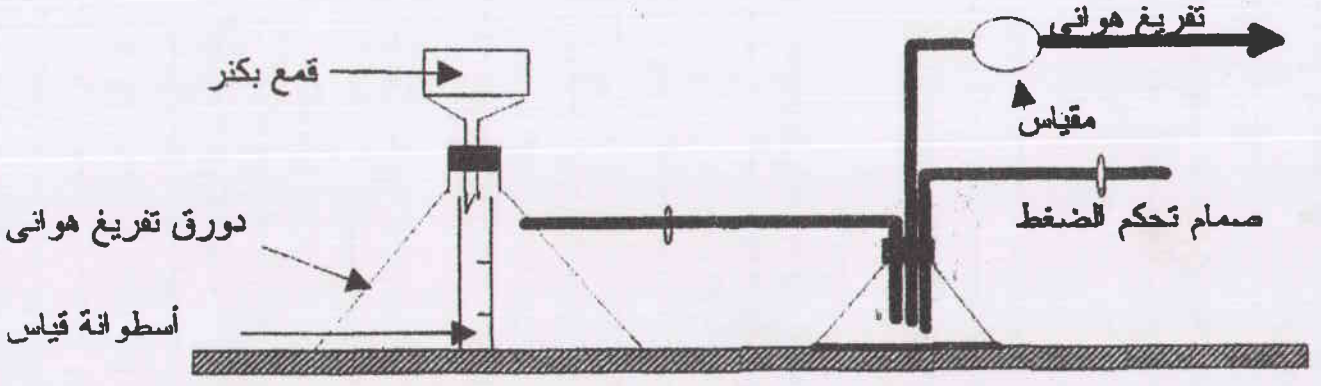
2-2-8-4 طرق التخلص من السائل النهائي

من الطرق المتبعة للتخلص من السائل النهائي المعالج التخفيف، واستخدام الموارد المائية المتاحة حسب التشريع المحلي المجاز، وزيادة المخزون الجوفي، وتربية الحيوانات والنباتات، وإعادة الاستخدام للترفيه وتجميل المنطقة وغيرها من أوجه الاستخدام المشروعة.

(أ) التخلص بالتخفيف Dilution

لا تعد طريقة التخفيف من النظم المثلى للتخلص من السائل النهائي الصادر من محطات معالجة الفضلات السائلة. ورغم عن هذا ربما وجدت

الشكل (2-15) جهاز قياس معامل المقارنة النوعية



نسب قليلة من هذا السائل طريقها للموارد المائية مما قد يؤثر بصورة أو بأخرى على بيئة هذه الموارد. عند التخلص من السائل النهائي الصادر من محطات معالجة ذات كفاءة عالية، تعمل المياه الطبيعية على تخفيف تركيز المواد الملوثة الخطرة أو السامة، أو تلك التي قد تؤثر على الصحة العامة، أو الملوثات التي تعوق عمليات التنقية الذاتية للمجرى المائي. وعند التخلص من السائل النهائي المعالج في المياه الطبيعية ينبغي مراعاة التالي:

- منع وتدارك الآثار الضارة للملوث على المورد المائي،

المحافظة على الحياة المائية الموجودة بالمورد،

- عدم تلوث المورد بدرجة لا تسمح باستخدامه من قبل الجمهور المستهلك لمائه أدنى نقاط المصب،
- التأكد بأن السائل النهائي لا يغير خواص المورد مثل اللون والطعم والرائحة،
- لا يقود التخلص من السائل النهائي لموت أو دمار الحياة المائية من حيوانات ونباتات وأحياء مجهرية،

عدم تراكم الملوثات وتداخلها في السلسلة الغذائية التي ربما وصلت إلى الإنسان وأتت معها بأضرار أو مشاكل صحية للمستهلك.

يبين الجدول (2-13) مقارنة بين أنماط إزالة الماء من الفضلات السائلة والعوامل المؤثرة في النظام.

تعتمد كفاءة طريقة التخفيف على عدة عوامل تتداخل فيما بينها وتضم التالي:

- طرق وكفاءة التنقية الذاتية Self purification الطبيعية الموجودة في الموارد المائي،
- دفق المورد،
- حركة وخواص الماء بالمورد،
- طرق استخدام المياه أدنى نقاط مصب السائل النهائي،
- كمية وخواص الفضلات والسائل النهائي.

قانون التخفيف: Dilution law

تستخدم بضعة نماذج رياضية لتقويم الآثار الناتجة من طريقة التخفيف ولحساب مقدار سعة التخفيف في المورد[1] للتخلص من السائل النهائي. ومن هذه النماذج طريقة اتزان الكتلة للدفق الداخل والخارج من المورد المائي.

(ب) نموذج معادلة استريتر- فيلبس للأكسجة في الأنهار: Streeter & Phelps oxygenation model

يؤشر الأكسجين المذاب إلى صحة المورد المائي السطحي وكلما قلت قيمته

[1] المستقبل للسائل النهائي

الجدول (2-13) مقارنة بين وحدات إزالة الماء

المنشط	الترشيح بالتفريغ	ترشيح المكبس	الطرد المركزي	المفرش الهوائي
الضغط المستخدم زمن الضغط		40 إلى 150 (N/cm^2) 1 إلى 3 ساعة	-	-
تركيز المواد الصلبة بعد إزالة الماء (%)	20 إلى 30	35 إلى 40	10 إلى 40	25 إلى 35
وسط الترشيح	قماش (طبيعي أو صناعي)، ألياف، حلزون ملفوف، شبك معدني، قطن، صوف، لباد، نايلون، بوليثين			رمل وحصى
التشغيل	20 ساعة في اليوم للمحطات الكبيرة، 30 ساعة في الأسبوع للمحطات الصغيرة - مستمرة		زمن الدورة 10 إلى 30 دقيقة، دورة الترشيح 2 إلى 5 ساعة	بضع أسابيع إلى بضع أشهر اعتماداً على الظروف المناخية
محتوي رطوبة الحماة الناتجة (%)	70 إلى 80	55 إلى 70	75 إلى 80	60
سمك كعكة الحماة		2.5 إلى 3.8 سم		طبقة 200 إلى 300 ملم
الكلفة		أغلى من الترشيح بالتفريغ نسبة لاستخدام المواد الكيميائية المضافة والصيانة وتغيير قماش المرشح	زهيدة نسبياً	تصلح لمجموعة سكانية أقل من 20.000 شخص
المشاكل والمصاعب	رائحة، انسداد قماش المرشح		الاهتزازات والضوضاء، التخلص من السائل المركز	رائحة، المساحة المطلوبة من الأرض

عن 4 أو 5 ملجم/لتر كلما قلت أنواع الأحياء المائية بالمورد، إلى أن تصبح البيئة لاهوائية وحينئذ تنعدم كل الحياة المائية أو تنزح من المنطقة لتلجأ إلى أخرى أفضل حالاً. تؤثر عدة عوامل في كمية الأكسجين المذاب في المياه السطحية منها:

- مصادر تجديد وزيادة الأكسجين في الأنهار النابعة من إعادة التهوية من الغلاف الجوى،
- التمثيل الضوئي من النباتات المائية والطحالب التي تعمل على إضافة الأكسجين نهاراً وإزالته ليلاً ،
- وجود الأوساخ والفضلات المستهلكة للأكسجين المذاب،
- كمية ونوع المترسبات في قعر المورد المائي السطحي،
- الروافد للمورد المائي وما تحمله من أكسجين مذاب،
- درجة الحرارة السائدة،
- نوع دفق المورد.

يصعب وضع أنموذج يأخذ في حسبانه العوامل المطروحة أعلاه، غير أنه يمكن أن يعتمد على نماذج مبسطة لتقدير وضع أقرب للواقع. ومن النماذج البسيطة المستخدمة تلك التي تركز على أهم العوامل المؤثرة على زيادة الأكسجين بالتهوية الجوية واضمحلال الأكسجين بفعل الأحياء المجهرية. وقد بني هذا الأنموذج المبسط على الافتراضات التالية:

- وجود دفق مستمر من الفضلات الملوثة في نقطة معينة في المورد المائي،
- حدوث خلط منتظم ومزج كامل لماء المورد والدفق المعالج من الفضلات عبر أي قطاع في المورد،
- لا يوجد انتشار للأوساخ في اتجاه الدفق (أي توجد ظروف دفق كتلي plug flow).

زيادة الأكسجين بالتهوية الجوية

تنساب حركة الغاز من حيز الغاز المحيط إلى حيز الماء عند هبوط درجة تركيز الأكسجين المذاب في الماء إلى أقل من درجة تركيز التوازن. ويطلق على الفارق بين درجة تركيز الأكسجين عند التوازن ودرجة تركيز الغاز الحقيقية "نقصان الأكسجين". وتتناسب درجة إعادة التهوية داخل النهر طردياً مع نقصان الأكسجين المذاب. أما كمية الأكسجة الناتجة من عملية التمثيل الضوئي فتعتمد على عدة عوامل مثل: حجم مستوطنات الطحالب، وكمية أشعة الشمس الواصلة إلى خلايا الطحالب.

معدل إعادة التهوية

يعتمد معدل استهلاك الأكسجين الذائب على تركيز المواد العضوية، ومعدل التفسخ، وسعة التخفيف للمورد المائي. وبافتراض أن كمية الأكسجين المطلوبة لأكسجة الأوساخ والحمأة والمواد العضوية والمترسبات الموجودة في قعر المورد المائي تتناسب مع الحاجة الحيا كيميائية للأكسجين الموجود لمدة خمسة أيام BOD_5، استهلاك الأكسجين بواسطة المواد المترسبة

إن دخول الأحماض العضوية إلى المورد المائي يرسب المواد عالية الكثافة في قعر النهر مكونة طبقة أوساخ تعمل على استهلاك الأكسجين المذاب في الماء خاصة عند الدفق البطيء للمورد المائي. تتفسخ معظم هذه الأوساخ لاهوائياً بفعل الأحياء المجهرية في قعر المورد المائي، كما وتخضع الأوساخ لتفاعلات حيوية هوائية تنشط عند نقطة تلامس الحمأة والماء المنساب في المورد المائي. وتتغير معدلات الترسيب والجرف للمواد العضوية اعتماداً على سرعة حركة الماء في المورد المائي، ودرجة الدفق المضطرب داخل المورد المائي، وخواص وكمية المواد المترسبة في المنطقة. ويمكن تقدير أثر كميات الطين والأوساخ العضوية والمترسبات باستخدام المعادلات التجريبية. يمكن أخذ العوامل المؤثرة في أكسجة الأنهار (من إعادة للتهوية وتمثيل ضوئي) لوضع نموذج مبسط للأكسجة، كما في معادلة استريتر وفيلبس التي تشير إلى نقصان كمية الأكسجين عند زيادة كمية الملوثات المتمثلة في قيمة الحاجة الحيا-كيميائية للأكسجين، وإلى تقليل قيمة نقصان الأكسجين بعمليات إعادة التهوية.

من أهم أوجه القصور في نموذج استريتر فيلبس التالي:

- تجاهل أثر إنتاج الأكسجين بعمليات التمثيل الضوئي بواسطة الطحالب،
- عدم الأخذ في الحسبان فقدان الأكسجين الداخل في العمليات الحيوية للأوساخ والأحياء الموجودة بقعر المورد المائي،
- افتراض حدوث التلوث من مصدر واحد،
- عدم تضمين العوامل الأخرى المؤثرة على الأحمال العضوية بالإضافة إلى اعتبار القيمة الحيا-كيميائي للأكسجين فيه،
- عدم أخذ أثر عوامل أخرى مؤثرة في الاعتبار مثل: التلوث الحراري، وتأثير مترسبات الأوساخ في قعر النهر، وتأثير التمثيل الضوئي اليومي بالطحالب، والنترتة،
- افتراض وجود حالة ثبات بطول مسافة التلوث في النهر المعني.

رغماً عن أوجه القصور المبينة غير أن النموذج يعد معقولاً عند الاستخدام الحذر له. يبدأ التفتيت الحيوي للمواد العضوية مباشرة بعد صب

السائل النهائي المعالج في المورد المائي مستهلكاً الأكسجين المذاب (عند x = صفر أو t = صفر). وعليه فإن إعادة التهوية من الغلاف الجوى تزيد بزيادة استخدام الأكسجين للعمليات الحيوية وتفتيت المواد العضوية المحمولة مع الأوساخ. ولا يلبث هذا الوضع أن يصل إلى نقطة يتساوى فيها معدل استهلاك الأكسجين (للتفتيت الحيوي) مع إعادة التهوية من الغلاف الجوى. وتسمى هذه النقطة بالنقطة الحرجة أو نقطة الاتزان. ونسبة لأن معدل إعادة التهوية أكبر من معدل استهلاك الأكسجين المذاب في المناطق أدنى النهر، فيقود هذا الوضع إلى الزيادة في درجة تركيز الأكسجين واضمحلال أثر الملوث (وربما انعدامه) أثناء عملية التنقية الذاتية للموارد المائية. وعليه يمكن تعريف التنقية الذاتية على أنها قدرة مصدر المياه الطبعي لتنقية نفسه بتفتيت المواد العضوية وغيرها من الملوثات. وتدل النقطة التي تضمحل فيها كمية الأكسجين المذاب على أقصى معدل نقصان للأكسجين ينتج لمواكبة التفسخ الحيوي، أو ما يطلق عليها بالنقطة الحرجة. ويتبين مما ذكر أهمية النقطة الحرجة وما يواكبها من أدنى مقدار للأكسجين المذاب، يمثل أسوأ ظروف النهر.

باستخدام نموذج استريتر وفليبس يمكن إيجاد التغير في نقصان الأكسجين لمسافات مختلفة أدنى النهر ورسم ما يسمى بمنحنى ترخيم الأكسجين Oxygen sag curve، الذي يبين وجود أربع مناطق: منطقة نقصان الأكسجين في بداية الرسم مباشرة بعد نقطة التخلص من السائل النهائي في المورد المائي، ثم منطقة التفتيت الحيوي، ثم منطقة زيادة درجة تركيز الأكسجين، والمنطقة الأخيرة المحتوية على المياه النقية التي تمت فيها عملية التنقية الذاتية للمورد المائي بالتخلص مما تحتويه من ملوثات. وينبغي ذكر أن لدرجة الحرارة أثراً بيّناً على منحنى ترخيم الأكسجين إذ أن زيادة الحرارة يواكبها زيادة في معدل استهلاك الأكسجين بينما تضمحل ذوبانيته، وتقود مثل هذه الظروف إلى الوصول السريع للمسافة الحرجة أدنى النهر. وهذا يعني أن النهر قد يحوي قدراً مناسباً من الأكسجين المذاب في الفصول الباردة غير أنه قد يحوي نقصان أكسجين غير مقبول في الفصول الدفيئة من الصيف Masters 1991. ومن هنا يتبين الأثر الضار للتلوث الحراري من المحطات الحرارية وغيرها من مصادر التلوث الحراري، ومن ثم ربما تمكن نهر ما من قبول تحميل فضلات سائلة دون تأثير ضار غير أنه قد يحوي مقادير متدنية من الأكسجين عند وجود محطة حرارية.

(ج) التخلص من السائل النهائي في البحيرات والبرك

البركة كالحوض، والجمع البركُ، يقال سميت بذلك لإقامة الماء فيها. والبركة: شبه حوض يحفر في الأرض لا يجعل له أعضاء فوق صعيد الأرض. البركة: مستنقع الماء ج بركٌ. البُحَيْرةُ مجتمع الماء تحيط به الأرض.

توجد البرك والبحيرات حيث تم تجميع وحجز السريان السطحي في مناطق منخفضة، أو حيثما تم إنشاء سد لتكوين خزان. وتعتمد نوع المياه في البركة أو البحيرة على المياه المستقبلة من المنطقة الجابية وما بها من مواد ملوثة أو مناشط محدثة لأي تلوث صناعي أو زراعي أو بشري أو غيره. وبفضل التخطيط الجيد يمكن المحافظة علي مياه البركة أو العمل علي تنقيتها واستعذابها لما فيه خير الجمهور المستهلك. كما أن كمية المياه متاحة بسهولة وبينة للعيان مقارنة بالمياه الجوفية. غير أن نوع المياه قد يأتي بمشاكل أو يتطلب تنقية معينة خاصة بالنسبة للبرك والبحيرات ذات الحجم الصغير. والبحيرة ليست مثل النهر الذي يمكنه نقل الملوثات خارجه، مما يفاقم من مخاطر التلوث بالبحيرة.

يعد الإشعاع الشمسي أهم عامل يرفع درجة حرارة البحيرات وخزانات وأحواض المياه. ومن الملاحظ أن الإشعاع يقل باطراد مع عمق البحيرة، حيث يقل إلى 40% في أول متر من العمق. ويحدد منحنى الحرارة ثلاث طبقات في البحيرة لكل البحيرات عند منتصف الصيف حيث يحدث معظم الانخفاض في درجة الحرارة في طبقة الانحدار الحراري Thermocline أو ما يسمى Metalimnium أما الطبقة العليا Eplimnium فلها تقريباً نفس درجة الحرارة، وتثبت درجة الحرارة بمقدار منخفض في الطبقة السفلي (الدنيا Hypolimnium). وتعمل التيارات السطحية، واضطراب الدفق، وحركة الحمل على تغير درجة الحرارة في البحيرة. وتنتج هذه التيارات السطحية بفعل الرياح من جراء دفع جزيئات الماء السطحية. وينتج من هذه التيارات دوامات مضطربة Turbulent eddies تقود بدورها إلى تغيرات في جزيئات الماء على المستوى الرأسي، مما يؤدى إلى مزج كامل أو جزئي في الطبقة العليا. كما تلعب قوى البَخر والإشعاع والحمل (أثناء الليل وفي المناخ البارد) دوراً رياديا في اتزان الحرارة في الطبقة العليا. وتعتمد هذه الأحوال على الظروف المناخية ومؤثرات الأرصاد الجوي بالمنطقة وخواص البحيرة وشكلها وحجمها ووضعها الجغرافي ومدخلات ومخرجات الأنهار إليها ومنها وعمر البحيرة. تعتمد حياة وتكاثر الحيوانات والنباتات في البحيرة على كمية

مواد التغذية الموجودة (وعلى وجه الخصوص: النتروجين والفسفور). ويطلق على البحيرات التي يقل بها النمو الحيوي قليلة التغذية أو النمو Oligotrophic (few foods)، وعلى تلك التي يكثر بها النمو الحيوي بحيرة متخمة Eutrophic. وعموماً تقل بالبحيرات قليلة النمو Oligotrophic المواد الغذائية وتكاثر النبات، وتحتوي على مياه شفافة ذات لون أزرق غامق أو أزرق مخضر. أما البحيرات من نوع البحيرة المتخمة فتقل فيها شفافية المياه ويميل لونها إلى الأصفر المخضر. ومن المعلوم أن نمو النباتات ووجود البكتريا يؤدى إلى تغير في مواد التغذية وإنتاج نواتج النمو الحيوي في وجود الضوء على الطبقة العليا. وعليه فمن منطلق النمو الحيوي يمكن إيجاد طبقتين في البحيرة إحداهما أدنى الأخرى. تمثل الطبقة الأولى طبقة الإنتاج الحيوي عن طريق التمثيل الضوئي أو ما يسمى Tophogenic zone، أما الطبقة أسفلها فتمثل Tropholytic zone. وتتراوح درجات تركيز المواد الذائبة الكلية في المياه العذبة العادية بين 50 و 400 ملجم/لتر. ومن الأملاح التي قد توجد بها: كربونات وكبريتات (سلفات) وكلوريد الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم، والحامض السّليكي silicic مع نسب قليلة من مركبات النتروجين والفسفور، بالإضافة إلى مركبات الحديد والمنجنيز. كما توجد نسب قليلة من المواد العضوية الذائبة، هذا بالإضافة إلى كمية من الغازات الذائبة وعناصر ثقيلة.

وعامة فإن أهم عشر مواد للنمو الحيوي تضم: الكربون والهيدروجين والأكسجين والنتروجين والفسفور والكبريت والكالسيوم والمغنسيوم والبوتاسيوم والحديد C, H, O, N, P, S, Ca, Mg, K, Fe. هذا بالإضافة إلى أهمية وجود مواد أخرى مثل الصوديوم والمنجنيز والخارصين والنحاس والبورون Na, Mn, Zn, Cu, B وربما غيرها. كما هنالك نوع آخر من حالة البحيرة يوجد به كميات كبيرة من مواد التغذية غير أن ظروف الماء لا تسمح بالنمو الحيوي لوجود مواد دبالية، أو لقلة تغلغل الضوء، أو لارتباط مواد التغذية مع حمض الدبال وتكوين الدبال، أو لقلة الرقم الهيدروجيني أو ما مائلها، وتسمى هذه الحالة رديئة (سيئة) التغذية dystrophic. هذا وقد أشار جستس ليبج Justus Liebig في 1840 إلى فكرة "اعتماد نمو النبات على كمية المواد الغذائية المتاحة له بكميات قليلة"، مما يعرف بقانون ليبج للأقل law of the minimum. ويفيد قانون ليبج في اختيار أسرع الطرق للتحكم في تخمة البحيرة بتحديد الغذاء المحدد للنمو وتقليل تركيز .فمثلاً تكثر في البرك المتخمة الطحالب الزرقاء المخضرة blue-green (*Cyanophyta*) التي يمكنها الحصول على النتروجين مباشرة من الغلاف الجوي مما يعني أن تقليلها عملياً ينبغي

أن يتم بالتحكم في الفسفور. ويبين الجدول (2-14) مقارنة بين الأنواع السالفة من البحيرات .

يمكن في بعض الأحوال التخلص الموضعي point من السائل النهائي الصناعي والزراعي والمنزلي في البرك والبحيرات وخزانات المياه السطحية البرية خاصة عند غياب الأنهار والروافد أو صعوبة استخدامها، وقد تجد الملوثات من مصادر غير موضعية non-point مثل الدفق الزراعي والحضري الذي قد يحمل ملوثات كيميائية سامة ومواد غذائية مستهلكة للأكسجين. غير أن هذه الممارسة قد تقود إلى تراكم الغرين والمواد العضوية ومواد التغذية في البحيرة مما يؤدي إلى:

- تقليل العمق،
- تكاثر النمو الحيوي مثل الطحالب حسب وجود الطاقة ومواد التغذية،
- تدهور نوع الماء بالبحيرة،
- ازدياد مشاكل الروائح والمناظر المنفرة من جراء هلاك الطحالب وغيرها،
- نمو النباتات ذات الجذور على حواف البحيرة الضحلة،
- تناقص الأكسجين المذاب،
- نزوح الأحياء المائية وهلاكها خاصة تلك التي تحتاج إلى كميات عالية من الأكسجين،
- تدفئة ماء البحيرة،
- تكون كبريتيد الهيدروجين في البيئة اللاهوائية مما يعمل على تحرر معادن مثل الحديد والمنجنيز من المترسبات وذوبانيتها في البحيرة،

ظهور التخمة على البحيرة.

من ضمن هذه النماذج المستخدمة لتقويم درجة التلوث الحادث في البرك أنموذج البحيرة ذات الخلط الكامل. ويفترض في هذا الأنموذج التالي :

- وجود خلط كامل لمياه البحيرة ربما بفعل الرياح،
- معدل دفق منتظم،
- وجود ظروف مناسبة لحدوث حالة اتزان،
- يتبع تفسخ الملوث تفاعل من الدرجة الأولى.

بالنسبة للفسفور فإنه يدخل إلى البحيرة بعدة طرق منها: الأنهار التي تصب في البحيرة والتصريف من المنطقة الجابية، والتصريف الصناعي والزراعي الموضعي. كما يمكن وضع تصورمبسط لأنموذج للفسفور في البحيرة لاسيما

الجدول (2- 14) مقارنة بين أنواع البحيرات

المنشط	قليلة النمو Oligotrophic	بحيرة متخمة Eutrophic	بحيرة رديئة التغذية Dytrophic
العمق	عميقة	ضحلة نسبياً أو عميقة	ضحلة
درجة الحرارة	عالية في طبقة الانحدار الحراري. وباردة في الطبقة السفلي	تقل أو لا توجد في الشتاء البارد	متغيرة
المواد العضوية	تقل في القعر أو عالقة	تكثر في القعر وعالقة	تكثر في القعر وعالقة
مواد الإلكتروليت	قليلة أو متغيرة	متغيرة، عادة عالية	قليلة
مواد التغذيـة Ca, B, N	قليلة نسبياً	كثيرة	ضئيلة جداً
مواد دبالية	قليلة أو لا توجد	قليلة	كثيرة
الأكسجين الذائب	عالٍ عبر كل العمق على مدار السنة	يوجد في البحيرة العميقة ذات الطبقات، قليل أو منعدم في الطبقة السفلي	لا يوجد في المياه العميقة
الأحيـاء المائيـة الكبيرة	ضئيلة	كثيرة	ضئيلة
العوالق المائية	محددة وتكثر أنواعها	كثيرة ومتغيرة النوع	متغيرة، عادة قليلة في النوع والكم
وحيش fauna	غنية نوعاً وكماً	كثيرة، متغيرة نوعاً وكماً	قليلة أو منعدمة
الأسماك	سالمون، التروتة (سلمون مرقط)، السيسك، تكثر أسماك المياه الباردة	لا توجد أسماك مياه باردة. تكثر أسماك الفرخ الرامح والفرخ وسمك ذئب البحر، وأسماك المياه الدافئة	قليلة أو لا توجد

(Zanvello 1977 وعصام والطاهر 2001)

وقد يخرج الفسفور منها مع الأنهار الخارجة منها أو يترسب إلى قعر البحيرة.

ومن أهم الافتراضات في مثل هذا الأنموذج المبسط:

- وجود خلط كامل وظروف اتزان بالبحيرة،
- تجاهل السلوك الحركي للبحيرة بتغير الموسم،
- الفسفور هو الغذاء المتحكم وتقديره يؤشر للتخمة،
- وجود معدل ترسيب ثابت للفسفور.

2-3 خزن ونقل وتوزيع المياه

2-3-1 خزن الماء

أسباب وأهداف الخزن: يتم خزن الماء قبل وبعد التنقية لعدة أسباب منها:

- استمرارية الإمداد وانتظامه بكميات الماء المطلوبة دون انقطاع للجمهور المستهلك.
- إمداد المياه لتفي بالأنماط والأغراض الاستهلاكية المختلفة (للشرب، والزراعة المروية، والصناعة، ومكافحة الحريق حال حدوثه، والطوارئ، والترفيه، والسياحة والاستجمام)
- التغلب على مشاكل تغيرات الطلب في الساعة والإيفاء بأقصى طلب.
- الإتيان بالكميات المطلوبة في حالة الطوارئ والحوادث.
- موازنة الدفق والتغيرات الزمنية في طلب الإمداد.
- تجميع مياه الأمطار.
- توليد الطاقة المائية.
- المحافظة على ضغط مناسب ومنتظم في نظام التوزيع.
- تقليل فقد السمت بالاحتكاك.
- تمكين القيام بإصلاح المضخات والأنابيب بين المصدر والخزن دون وقف إمداد الماء.
- العمل بساعات ضخ مناسبة.
- تقليل أجهزة الضخ وتكلفة الضخ.
- مكافحة التلوث وتحسين نوعية الماء بفضل الخزن.
- تقليل أحجام وحدات المعالجة المطلوبة.
- تقليل أحجام أنابيب نظام التوزيع.
- التحكم في الفيضان.

وتعتمد طرق خزن الماء على عوامل مختلفة منها: طبيعة الخزن، والغرض من الخزن (ريفي، وحضر، ومنزلي)، وكمية الماء المطلوب

خزنها، ووجود المواد اللازمة للإنشاء والتشييد، والعوامل الاقتصادية والتمويل اللازم، ووجود الأيدي العاملة والخبرة، والظروف المناخية المحيطة، وطبيعة المنطقة، ونظم التصميم المتبعة، والظروف الجغرافية والجيولوجية والطبغرافية، ومعدل دفق الماء في المجرى المائي، ومعدل الاستهلاك، ونوع الماء.

الخزانات في نظام التوزيع: يمكن تقسيم الخزانات في نظام التوزيع إلى: خزانات الماء الصافي (خزانات حفظ) Clear water reservoirs، وخزانات خدمية. تستخدم خزانات الماء الصافي لخزن الماء المرشح إلى حين ضخه في خزانات خدمية للتوزيع، وأقل حجم يجب أن يكون للدفق اليومي المتوسط في حدود 14 إلى 16 ساعة. ويمكن تقسيم الخزان إلى حجرتين أو أكثر لتسهيل الصيانة أو النظافة، وعادة تنشأ هذه الخزانات تحت الأرض، أو ينشأ جزء منها تحت الأرض وجزء أعلاها، اعتماداً على طبيعة الموقع. أما الخزانات الخدمية فمنها: خزانات أرضية، وخزانات عالية (من الفولاذ، أو الخرسانة الأسمنتية المسلحة). ويمكن المفاضلة بين الخزن العالي، والخزن الأرضي طبقاً لطبغرافية المنطقة والارتفاع عن سطح البحر.

الخزن الأرضي Ground level tanks: (مستودع الخزن، أو مستودع حفظ، أو مستودع إمداد مباشر Impounding reservoir): يعمل مستودع الخزن على حفظ الماء الزائد عن الحاجة من مصدر طبيعي، ويتم الخزن خلال الدفق العالي ليتسنى استخدام الماء أثناء موسم الجفاف حين يقل الدفق. ويتم الخزن في مدة تتراوح بين بضع أيام وعدة أشهر أو أكثر. في حالة وجود منطقة مرتفعة يمكن استخدام الخزن الأرضي لتنساب منه المياه للتوزيع تحت الجاذبية الأرضية وتحت ضغط مناسب. ومن الأنسب أن يكون قعر الخزان عالي بدرجة تسمح بإيجاد قوة دافعة تمكن من توصيل الماء إلى الجمهور المستهلك. أي لابد من إيجاد فقد سمت متبقي في حدود عشرة أمتار على الأقل في نقاط التوزيع.

ويمكن صنع أحواض الخزن من الطوب، أو ،الحجارة، أو الخرسانة، أو الخرسانة المسلحة، أو الفولاذ. ويعتمد اختيار مواد التشييد والإنشاء على حجم الحوض، ووجود المواد الخام والأيدي الماهرة للتصنيع. كما يمكن بناء أحواض الخزن الصغيرة (5 إلى 40 م^3) من المواد المحلية المتاحة مثل الطوب، أو الصخور، أو ألواح الصلب. ويمكن دفن جزء من، أو كل، حوض الخزن الأرضي اعتماداً على منسوب ارتفاع الماء المطلوب. ويجب

تغطية الخزان لمنع نمو الطحالب، وتقليل التلوث الخارجي. ويجب وضع مهواة للسماح للهواء بالنفاذ من الخزان عند دخول الماء إليه.

خزانات توزيع (مستودعات خدمية): تقوم هذه المستودعات بخزن المياه لتواكب الطلب المتغير لمدى يوم أو بضعة أيام، ومن ثم يتم توزيع المياه عبر شبكات المياه أو عبر المضخات اليدوية. كما يقوم الخزان بإعطاء فاقد السمت المطلوب لتصل المياه لكل أجزاء الشبكة، وأيضا يقوم بإيجاد الضغط المطلوب. ولابد من العمل على الصيانة الدورية للخزان للتأكد من وجود الماء بصورة نقية ونظيفة. ويلجأ إلى خزانات (صهاريج) الخزن أو الخزانات العلوية في الأراضي المنبسطة عندما لا توجد جبال محيطة، أو نقاط عالية. كما وتعمل خزانات التوزيع على معادلة المخزون، وتقوم بالإمداد اللازم حين الطوارئ (مثلا لمكافحة الحريق أو عند الأعطال التي تصيب محطات الطاقة)، وتساعد في تقليل الأحجام والمقاسات المطلوبة من الأنابيب ومحطات المعالجة. ويمكن إنشاء هذه الخزانات من الخرسانة المسلحة، أو الطوب، أو الفولاذ. ويمكن أن يبطن من الداخل بمادة عازلة وخاملة كيميائيا، وذلك لحماية المستهلكين من أية مضار صحية. كما يمكن تشييد الخزان على قوائم كما هو الحال للمدن المنبسطة، أو وضعه في منطقة شاهقة في المدن المنخفضة المستوى مقارنة بما جاورها. يحتوي الخزان علي فتحات تسمح بدخول وخروج المياه النقية، وخروج الصوف، وفتحة للتهوية، وأخرى لتفريغ الخزان. ومن المستحسن أن يكون بالخزان مؤشر يدل على كمية المياه به. وتتم قراءة المؤشر في الموقع، أو تتم آليا في المحطة المتحكمة في التوزيع المركزي. وعادة يؤخذ حجم الماء المطلوب لمعادلة أقصى دفق في الساعة، مساوية 20 بالمائة من الدفق اليومي المطلوب للمنطقة. تحدد سعة الخزان العلوي وتقدر علي حسب متطلبات الاستهلاك، إذ كلما كثر الاستهلاك كلما قلت مدة الخزن والتي تتراوح عادة بين 2 إلى 15 ساعة. أما في حالة كبر حجم الاستهلاك ووجود اختلاف بين في معدلات الاستهلاك يلجأ إلى مساعدة خزان الخزن العلوي بضخ المياه مباشرة في الشبكة من غير المرور على الخزان.

ويجب عمل الصيانة الدورية، ومتابعة أداء الخزان ونظافته وتطهيره، لتفادي مخاطر تلوث مائه (تغير في خواص الماء أو نمو بكتريا ضارة) مما قد يؤدي إلى مشاكل وأضرار صحية. ويمكن استخدام مضخات ذات ضغط عالي لرفع الماء إلى الخزان العلوي، ومن المستحسن استعمال مضختين (على الأقل) لتفادي مشاكل الأعطال وتوقف تدفق المياه عند حدوثها.

ويحسب حجم الخزن بوساطة الطرقّ القياسية، أو بوساطة الطرق البيانيـــة؛ حيث تتعلق الطرق القياسية بالنظم العددية لتحليل السجلات السابقة للمجرى المائي طيلة فترات التحاريق. أما الطرق البيانية ، فتقـــوم بتقويـــم العجـــز التراكمي بين الدفق الداخل والدفق الخارج، كما وتقوم باختيار أقصى قيـــم مطلوبة للخزن. ويمكن تعريف منحنى دفق الكتلة بأنه عبارة عـــن "رســـم بياني للقيم التراكمية لمقدار هيدرولوجية بالنسبة إلى الزمـــن أو البيانـــات. ويستخدم منحنى دفق الكتلة لمعرفة أثر الخزن في أسلوب انسياب الماء فـــي المجرى المائي، ولتقدير الدفق المنتظم .

2-3-2 نقل وتوزيع الماء

الأهداف العامة لنظم توزيع الماء: تتبع تقانة نقل وتوزيع المـــاء موضـــوع استخراجه، أو تجميعه من المصدر، واستعذابه، وتنقيته، وتهيئته للاســـتفادة منه بوساطة الجمهور المستهلك. وينبغي العمل على المحافظة على ســـلامة نوع وجودة الماء أثناء نقله وترحيله، كما وينبغي مراعاة النواحـــي الفنيـــة والاقتصادية، والاجتماعية، والثقافية عند تصميم الأنماط المختلفة لنقل الماء وتوزيعه. وتختلف الطرق المتبعة للتوزيع طبقاً للمناطق الحضرية والريفية. ومن الأهداف العامة لنظم توزيع الماء:

- إيصال الماء من محطة التنقية إلى نقاط استهلاكه.
- المحافظة على نوعية الماء بعد إتمام التنقية إلى حين استعماله.
- المحافظة على الضغط المناسب لكل المناطق، وفى كل الأوقات.
- الإيفاء بالكمية المطلوبة والمستمرة من الماء لكل مناطق الاستهلاك.
- مواكبة الظروف الاضطرارية والحوادث والحريق.
- الاعتماد على النظام الخدمي والوثوق به.

ومن المعلوم أن تكلفة نظام توزيع الماء تتراوح بين 40 إلى 70% من التكلفة الكلية لمشروع إمداد الماء. وعليه لابد من التفكر والتخطيط الجيـــد عنـــد تصميم النظام ووحداته، ووضع الخطط ذات الجـــدوى لـــه. ومـــن أهـــم المتطلبات لنظام توزيع مثالي التالي:

- المحافظة على النوعية الجيدة للماء في كل خطوط الشبكة.
- التأكد من استمرار حصول أي مستهلك على متطلباتـــه المائيـــة تحـــت ضغط مناسب وتحت أي ظرف.
- العمل على الإيفاء بالتصميم ومد الخطوط بالطريقة الاقتصادية.
- الإيفاء بمتطلبات مكافحة الحريق.
- الجدوى الاقتصادية للمشروع وصيانته.
- سهولة الترميم والصيانة الدورية.

*سهولة الصيانة دون إعاقة الحركة أو إثارة المستهلك.

ومن الأنسب وضع كل الأنابيب في خطوط الشبكة على بعد متر من (أو تحت) أنابيب الصرف الصحي، وصنع كل الأنابيب من مواد جيدة يمكنها تحمل الأحمال، والعمل على منع التسرب من الوصلات وغيرها. ويبين الجدول (2-15)أحجام ومسافات مناسبة للأنابيب التي يمكن أن تستخدم في شبكة المياه.

الجدول (2-15) الأحجام والمسافات مناسبة للأنابيب التي تستخدم في شبكة المياه

المنشط	القطر
أصغر أنبوب في نظام الشبكة الشطرنجي	15 سم
أصغر أنبوب فرعي بنهاية ميتة	20 سم
أصغر أنبوب في منطقة مرتفعة	20 سم
أكبر مسافة لأنابيب الشبكة	180 م
أكبر مسافة لأنابيب الإمداد	600 م
أكبر مسافة بين صمامات بوابية	150 م
أكبر مسافة بين صنابير الحريق الرئيسة	100 م

ومن العوامل المؤثرة على أساليب نقل وتوزيع الماء: طرق الاستهلاك كماً وكيفاً ونوعاً، وتعريفة الماء، والمواد المطلوبة للإنشاء والتشييد والإصلاح والترميم والصيانة الدورية، والوجود المحلي للتقانة الملائمة والمستدامة، والمشاركة الجماهيرية، والتثقيف الصحي، وإمكانية التطوير والتحديث وسهولته.

نظم نقل المياه وتوزيعها: يتم نقل الماء من المصدر إلى محطة التنقية، ومن ثم إلى شبكة المياه، بوساطة نظم نقل المياه وتوزيعها. وعادة يتم النقل إلى محطة التنقية بالانسياب الحر (تحت الجاذبية الأرضية)، أو بالضخ أو بكليهما؛ اعتماداً على: ارتفاعات المحطة والمورد المائي، والنواحي المالية. أما بالنسبة لنقل الماء من المحطة إلى مناطق الاستهلاك فيمكن أن يتم ضخ المياه إلى صهريج عالي ثم ينساب الماء منه بالجاذبية لمناطق الاستهلاك، أو ربما يلجأ إلى ضخ المياه مباشرة في شبكة التوزيع. ومن الطرق المتبعة لنقل الماء في المناطق الريفية وبعض المناطق الحضرية - في كثير من الدول النامية - استخدام السيارات، أو الحيوانات، أو حتى الناس لنقل الماء،. وهذا الأسلوب من أكثر الطرق عدم كفاءة لأسباب مختلفة ومتداخلة تضم: تكلفة الترحيل، وتشغيل وصيانة الآليات، والمتطلبات الكبيرة للقوى العاملة، والكميات القليلة من المياه التي يمكن الإيفاء بها في فترة زمنية

محددة، واحتمال تلوث الماء بطرق مختلفة أثناء التعبئة والترحيل والتفريغ والنظافة. ويمكن تقسيم نظم نقل الماء إلى: نظام انسياب حر، ونظام انسياب تحت الضغط.

نظام الانسياب الحر (أو سريان الماء تحت قوى الجاذبية الأرضية، أو الانسياب الذاتي): يعتبر هذا النظام من أرخص السبل لعدم احتياجه إلى طاقة إضافية، ولسهولة عمليات صيانته وتشغيله مما لا يحتاج معه إلى توظيف قوة فنية ماهرة مدربة، الشيء الذي يقلل من تكاليف التشغيل. ويتم في نظام الانسياب الحر سريان الماء بحرية بوساطة الجاذبية الأرضية، ليتبع نظام حمل الماء الميل الهيدروليكي؛ وعادة يحتاج إلى إنشاء نظام طويل جداً ليواكب ميل الأرض. ومن أمثلة هذا النظام القنوات، والقنوات المعنقة (Flumes)، والقنوات الاصطناعية (queducts)، والأنفاق المنحدرة (grade tunnels). وعادة لا تستخدم القنوات والجداول المفتوحة لنقل إمدادات الماء بسبب فقد الماء بالبخر، والتسرب، والاستخدام غير القانوني للماء. أما القنوات المعنقة فهي جداول مكشوفة مشيدة فوق أو على سطح الأرض، وتستخدم عند عبور الهضاب والأنهار والمناطق المنخفضة، وتبنى من الخرسانة أو الحديد. أما الأنابيب المدرجة فهي عبارة عن مجاري مائية مغلقة تستخدم لحمل الماء من مصادر نائية إلى أصل التوزيع أو محطة المعالجة، ويمكن أن يكون شكل مقطعها دائري أو على شكل حذاء حدوة الحصان. ونسبة لأنها لا تحمل الماء تحت الضغط فيمكن تشييدها من الطوب. والأنفاق عبارة عن أجزاء من قنوات اصطناعية، تستخدم عند عبور الجبال أو الصخور؛ ويمكن أن ينساب الماء خلالها تحت الضغط أو تحت الجاذبية. وتستخدم الأنفاق لتقصير المسافة، أو لحفظ فقد الضغط (السمت)، ولتقليل التكلفة. ومن أهم عيوب النظام الحر لانسياب الماء:

- علو تكلفة التشييد والإصلاح والتصميم.
- الاحتياج إلى مقطع طويل لنقل الماء.
- كبر فقد السمت بسبب الاحتكاك.
- فقد الماء بالتسرب والبخر.
- احتمال تلوث الماء من الصرف السطحي.
- احتياجات الأرض التي يمر عليها نظام حمل الماء (حق المرور وشرطه).

نظام الانسياب تحت الضغط: ينساب الماء في هذا النظام خلال حامله، تحت الضغط. ومن أمثلة هذا النظام: القنوات الاصطناعية تحت الضغط،

وأنفاق الضغط، وخطوط الضغط الرئيسة، والسيفون المعكوس. يعتمد الضغط في نظام التوزيع على: طبغرافية المنطقة، والمناحي الاقتصادية، ووجود عدادات وأجهزة قياس، والاستهلاك المنزلي، ومتطلبات مكافحة الحريق. ويتطلب وجود عدادات زيادة الضغط في النظام ليواكب فقد السمت خلال العدادات، غير أن الحفاظ على ضغط عالي أكبر من المطلوب في الأنابيب مكلف. ويجب تصميم نظام التوزيع للحصول على أقل ضغط متبقي في نقاط حلقية Ferrule points كما مبين في الجدول (2-16).

الجدول(2- 16) أقل ضغط متبقي في المباني

المبنى	أقل ضغط متبقي
المباني ذات الطابق الواحد	7 متر أعلى مستوى سطح الأرض
المباني ذات الطابقين	12 متر أعلى مستوى سطح الأرض
المباني ذات الثلاثة طوابق	17 متر

ويجب عدم تصميم نظام التوزيع لضغط أعلى من 22 متر، وهذا يعني أن المباني متعددة الطوابق تحتاج إلى مضخات تعزيزية لتقوية الضغط. أما السرعة الاقتصادية في الأنابيب فمن الأنسب أن تكون في حدود 50 إلى 150 سم/ث (وقد تصل إلى 200 سم/ث كحد أقصى). ويمكن إيفاء المستهلك بالماء بصورة مستمرة أو منقطعة مثلاً، لساعات معينة من اليوم على حسب العوامل الاقتصادية والهندسية المؤثرة، وعند التحكم في كمية المياه المستهلكة. ويبين الجدول (2-17) أدناه مقارنة بين نظامي إمداد الماء. وتتم المفاضلة بين هذه الأنواع المختلفة لنقل الماء وتوزيعه بناءً على تكاليف الإنشاء والتشييد والتشغيل والصيانة، وخواص الماء، والكميات المطلوبة من المياه مقارنة بالمتاح من مصادر التمويل، والنواحي الفنية والاجتماعية. وفي هذا المنحي ينبغي تبيان الاختلاف في نظم نقل وتوزيع الماء للريف والحضر.

من المقترحات نقل كميات كبيرة من الماء بوساطة الناقلات الكبيرة في خزانات ضخمة من مناطق المياه العذبة إلى المناطق التي تعاني من عجز مائي. ويشتمل نظام نقل الماء على عناصر رئيسة تضم مصدر الماء، وصهريج خزن الماء ووسيلة النقل. ويحتاج الأمر إلى النظر في الإعتبارات الإقتصادية وكفاءة النقل وتوفير التسهيلات الضرورية اللازمة بالمرافئ عند المصدر ووسائل التسليم والخزن في البلدان التي تحتاج إلى المياه والإعتبارات التقنية والجغرافية والنظم المستخدمة للماء .

الجدول (2-17) مقارنة بين نظم إمداد المياه

المنشط	نظام الإمداد المتقطع	نظام الإمداد المستمر
الملاءمة	مناسب عند تواجد المياه بكميات قليلة	مناسب عند تواجد المياه بكميات كبيرة
إمداد الماء	لبضع ساعات أثناء اليوم	مستمر أثناء النهار والليل
حجم الأنابيب	أحجام كبيرة	أحجام صغيرة
الخزن	يحتاج إلى صهاريج خزن أو أحواض لحفظ الماء، الخزن قد يسبب تلوث	لا يحتاج إلى خزن الماء، ويحتفظ الماء بعذوبته
مكافحة الحريق	قد لا يتم الإيفاء بمتطلبات الحريق	توجد مياه كثيرة لمكافحة الحريق
التسرب والهدر	قد يتسبب المستهلك في هدر المياه بفتح الصنابير والحمامات خلال ساعات القطوعات وتستمر المياه متدفقة عند التوصيل، يمكن للضغط الجزيئي المتكون في الأنابيب أثناء فترة القطوعات أن يشفط مواد ناعمة ومواد غريبة مما يقود إلى تلوث الماء	كميات كبيرة من المياه يمكن أن تهدر بسبب التسرب المستمر في الأنابيب والتوصيلات .. الخ، لا يتوقع شفط مواد غريبة لاسيما والأنابيب دائما تحمل الماء مما يقلل من مشاكل التلوث

{Rao 1993}

2-3-2-1 توزيع الماء للمناطق الريفية

تعمل نظم توزيع الماء الريفية علي توصيل الماء للمستهلك مع ضمان صلاحيته لأوجه الاستعمال المختلفة، وعدم تعرضه لمخاطر التلوث الكيماوي والطبيعي والحيوي. ولتحقيق هذه المرامي يتم التوزيع بطرق اقتصادية مستخدمة أطر هندسية ملائمة بفضل المشاركة الشعبية والرسمية الفاعلة طبقاً للخطط العامة والأولويات. ويعمل علي مراعاة النواحي الثقافية، والحضارية، والتقاليد، والعرف السائد بالمنطقة. وتوجد طرق مؤقتة مختلفة لنقل الماء وتوزيعه وتوصيله للمستهلك في المناطق الريفية. وينبغي العمل علي إيجاد البدائل المناسبة لهذه المرحلة الانتقالية لتحقيق المنفعة الصحية والاجتماعية للمجموعة السكانية، ومن هذه الطرق:

نظام حنفيات المياه العامة: يستخدم هذا النظام كمرحلة انتقالية ريثما يتم توصيل الماء لكل فرد أو منزل علي حدة. وتجد هذه الطريقة القبول والاستحسان من عدة قرى ودساكر ريفية لعوامل مختلفة تضم:

- فداحة تكلفة التوصيل المنزلي نسبة لتشتت المنازل وبعدها عن بعضها البعض، ولعشوائية التخطيط.
- صعوبة تطبيق التقانات المتاحة في الريف.
- صعوبة الحصول على الطاقة اللازمة.
- عدم وجود قطع الغيار المطلوبة في حالات العطب والخلل والطوارئ والحوادث.
- عدم استقرار الكوادر المؤهلة اللازمة للقيام بأعمال الصيانة والترميم (هجرة العقول).

ولا بد أن توضع الحنفيات على بعد مناسب من المنازل والجمهور المستهلك. ويجب أن يعمل على حماية الحنفيات من حركة مرور السيارات، وعبث العابثين (نسأل الله سبحانه وتعالى لنا ولهم العفو والهداية)؛ ويستحسن ألا تتعدى هذه المسافة 200 متراً. وفى حالة تبعثر المنازل في المناطق الريفية يمكن أن تؤخذ مسافة 500 متراً كحد أقصى، وتكون كمية المياه الممكن الحصول عليها من الحنفية العامة في حدود 20 لتراً من الماء في الدقيقة. ويستحسن ألا يتعدى عدد المستهلكين المستخدمين لكل حنفية واحدة 40 إلى 70 فرداً. وفى حالة تعدد الحنفيات في منطقة ما يمكن أن يصل عدد المستهلكين من 250 إلى 300 فرداً. ولا ينبغي أن يتعدى الرقم 500 مستهلكاً بأي حال من الأحوال لتفادي تكوين صفوف الماء الطويلة، وضياع الزمن، وازدياد احتمالات التلوث خاصة من الأطفال،

وتفادي المشاكل التي تحدث من جراء احتكاك الناس مع بعضهم البعض في منطقة واحدة، أو فوضى الانتهازيين والعابثين. ولفائدة المستهلك ينبغي تحقيق النقاط التالية:

- تصميم حنفيات متينة الصنع والتشييد، وسهلة التشغيل خاصة للأطفال.
- تصميم منطقة ملائمة (بالقرب من الحنفيات) لوضع آنية ومعدات حمل الماء.
- وضع نظام جيد حول الحنفيات لتصريف الماء المراق والمهدر.
- الاستفادة من الماء المراق حول الحنفيات للزراعة أو لسقي الحيوانات أو لتربية الأسماك أو غيرها من ضروب الاستعمال المفيدة.
- العمل علي حماية المنطقة من سوء الاستعمال (تعليق الإناء على الحنفية مثلا)، أو الحوادث.
- تصميم المسافة بين الحنفية وقمة الإناء علي ألا تتعدى 50 سم لتفادي هدر المياه.
- وضع صمام أمان محمي بالمنطقة.
- وضع عداد بالمنطقة لمعرفة الماء المستهلك والمهدر، والاستفادة من هذه المعلومات في المنشآت المستقبلة، أو لزيادة عدد حنفيات المياه العامة، أو لتحديد تعريفة الماء.
- العمل علي أن يكون ضغط الماء مناسبا.
- استخدام حنفيات مصنعة من مواد يسهل تواجدها محليا، بغية القيام بعمليات الإصلاح والترميم، وأن تكون الحنفيات قوية لتتحمل سوء الاستعمال، ولتعيش أطول فترة زمنية ممكنة.
- استقطاب وتدريب الفني أو العامل الماهر الذي يمكنه القيام بعمليات الإصلاح والصيانة والترميم.
- إبعاد الحنفيات عن مخاطر التلوث الإنساني أو الحيواني أو غيره.
- استعمال الحنفيات بواسطة كل الفئات المستهلكة دون عنصرية، أو تمييز ديني أو ثقافي أو جنسي أو حضاري أو عرقي، أو غيرها.

تقترح منظمة الصحة العالمية أن يعطى أي شخص يعتمد على نقاط أخذ الماء 40 لترا من الماء في اليوم، ويعطى 15 لترا في اليوم لكل شخص عندما يتم سحب الماء. ويعطى 100 لترا أو أكثر من الماء في اليوم عندما تكون المياه موصلة بحنفيات إلى المنازل.

نظام توصيلات الحوش: يعمل في هذا النظام علي توصيل الماء لمنزل كل مستهلك، دون أن يسمح له بعمل توصيلات داخلية (مثل الحمام، وأحواض الغسيل، والمطبخ، وغيرها). وقد تستخدم أنابيب من البلاستيك (كلوريد

البلوفينيل، أو البوليثين)، أو من الحديد الزهر، أو من الحديد المجلفن. ويبين جدول (2-18) نوع الإمداد والاستهلاك المتوقع.

الجدول (2-18) نوع الإمداد والاستهلاك المتوقع

نوع الإمداد	مدى الاستهلاك (لتر/فرد/يوم)	الاستهلاك النموذجي (لتر/فرد/يوم)
نقاط أخذ الماء (بئر قرية Stand Post)		
• على بعد أكبر من 1000 متر من المنزل	5 إلى 10	7
• على بعد 500 إلى 100 متر من المنزل	10 إلى 15	12
بئر القرية على بعد أقل من 250 متر من المنزل	15 إلى 25	20
نقاط أخذ الماء على بعد أقل من 250 متر من المنزل	20 إلى 50	30
توصيل للساحة (حنفية في الساحة)	20 إلى 80	40
توصيل منزلي		
• حنفية واحدة في المنزل	30 إلى 60	50
• عدة حنفيات بالمنزل	70 إلى 250	150

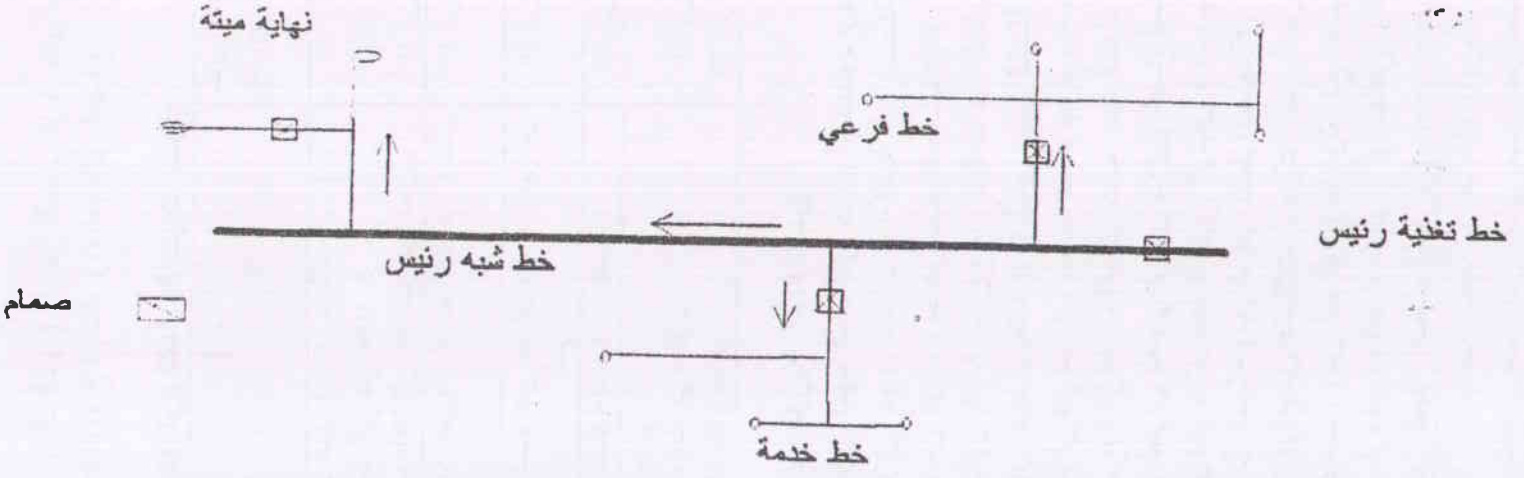
2-2-3-2 توزيع الماء للمدن

عادة تخزن المياه العذبة في خزان أو مستودع أرضي، ومن ثم تضخ منه إلى خزان علوي لتنساب منه المياه إلى شبكة التوزيع لتخدم كل القطاعات: من أفراد، ومناطق تجارية وصناعية، وغيرها من الأماكن العامة. وتتكون شبكة التوزيع من شبكات من الأنابيب في شبكات من الطرق المارة فيها. ويعتمد نوع الدفق داخل الشبكة على عوامل تضم: تخطيط الشوارع والطرق، وطبغرافية وجيولوجية منطقة الشبكة، وموقع الشبكة، ونوع الخزانات والمستودعات. عند انسياب المياه تحت ضغط معقول من الخزان العلوي أو عن طريق الضخ المباشر، أو الاثنين معاً، فإنها تسري من خلال خط التوزيع الرئيس (الأنبوب الرئيس) إلى الخطوط الفرعية داخل الشبكة ومن ثم إلى نقاط الاستهلاك.

وهناك عدة أنواع من الشبكات الموزعة لمياه المدن تقسم طبقاً للشكل ومبادئ التصميم. ومن أهم أنواع نقل وتوزيع الماء: النظام الشجري، والنظام الشطرنجي، والنظام الدائري أو الحلقي، والنظام القطري، وغيرها.

نظام النهايات الميتة (النظام الشجري) Branching pattern: (أنظر شكل 2-16) ويصلح هذا النظام لمدن عتيقة أو لمناطق لا يوجد بها تخطيط جيد ومحدد للطرق. وللنظام خط رئيس مغذي يمر عبر منتصف البلدة يمائل جذع

الشكل (2-16) النظام الشجري



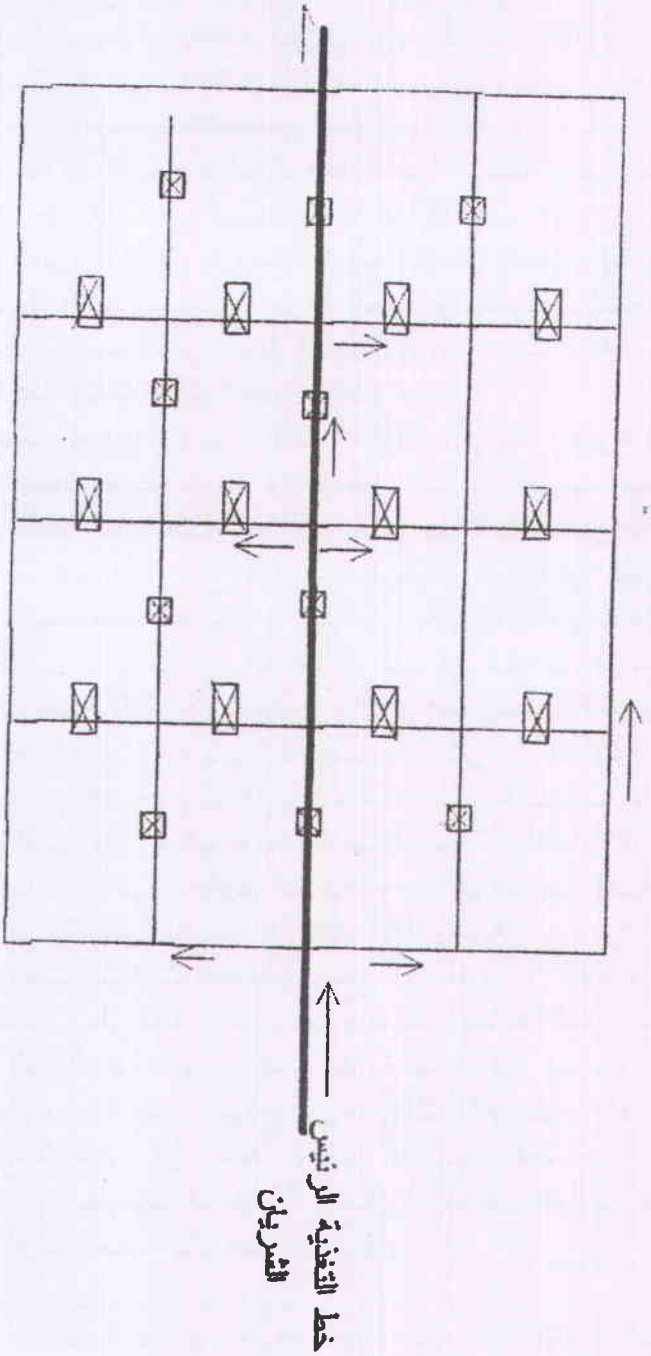
شجرة، ويتناقص قطره بانتظام لتتفرع منه خطوط فرعية (جانبية) للطرق المختلفة، ثم تتفرع منه التوصيلات المنزلية. ومن محاسن هذا النظام: قلة تكلفة الإنشاء نسبياً، وبساطة التوزيع، وسهولة تقدير الدفق والضغط فيه نسبة لاحتوائه على عدد قليل من الصمامات، وبساطة تصميم شبكة الأنابيب، والاستخدام الاقتصادي لأطوال الأنابيب، وانسياب المياه في نفس الاتجاه مما يسمح بوجود أنبوب واحد لتغذية المنطقة. ومن أهم مساوئ هذا النظام: ركود الماء في النهايات الميتة مما قد يؤدى إلى تراكم المترسبات والنمو الحيوي وانبثاق الروائح الكريهة والمذاق البغيض (لغياب النظافة المنتظمة)، وزيادة مشاكل المطرقة المائية، والقطع العام للماء عند حدوث أي أعطال أو صيانة في الخط الرئيس، وربما حدوث ضغط غير كاف خاصة عند امتداد النظام لتغطية مناطق جديدة.

نظام شبكي Grid iron system: (أنظر شكل2– 17) وهو عبارة عن تطوير لنظام النهايات الميتة، إذ يتم فيه توصيل النهايات لأنابيب رئيسة مختلفة لتكون الشبكة أشبه بحلقة متصلة. ويصلح هذا النظام للمدن ذات التخطيط المستطيل لاسيما وتوضع الأنابيب العمومية والفرعية في إطار مستطيل. ويقوم النظام بخدمة مناطق لها احتياجات مائية كبيرة، وتستخدم أقطارا أكبر من الأنابيب. ومن محاسن النظام: أن الماء في حالة دوران مستمرة لغياب النهايات الميتة، كما وأن الطوارئ والقطوعات والصيانة الدورية في أي جزء منه لا تؤثر عليه لأن الماء يصل من أكثر من اتجاه لنفس النقطة طبقاً لعموم توزيع الضغط بالشبكة، والاحتمال القليل لحدوث ركود مقارنة بالنظام الشجري. أما عيوبه فمنها: صعوبة حساب أحجام الأنابيب لوجود صمامات عديدة في الخطوط الفرعية. ومن أهم النواحي الفنية التي ينبغي وضعها في الاعتبار: أخذ سرعة تدفق المياه بالشبكة في حدود المتر على الثانية، وتجنب النهايات الميتة، ووضع عدد معقول من المحابس في الشبكة لتأكيد التشغيل بطريقة مرنة، ووضع صمامات بالشبكة لطرد الهواء في المناطق العالية، ووضع صمامات لتفريغ الشبكة من الماء في الأماكن المنخفضة. وعند وضع النموذج الرياضي للشبكة يجب الحصول على المعلومات الهامة، وخرط النظام وشبكة الأنابيب، والصمامات، والمعلومات الهندسية[2]، والمعلومات التشغيلية[3]. ويمكن أن تستغل النهايات الميتة لنقاط المياه لأغراض معينة مثل إطفاء الحريق.

---

[2] قطر الأنابيب وطولها ، والمواد المصنعة منها، وملتقى الأنابيب، وارتفاع الملتقى، وخواص المضخات المطلوبة، وأنواع الصمامات والمحابس

[3] كمية المياه الكلية المطلوبة والمنتجة، والفواقد في النظام، ونقاط صمامات التحكم، وارتفاعات المستودعات والخزانات



الشكل (2-17) النظام الشطرنجي

ويعتمد الضغط على تصميم الشبكة ونوع التغذية (لمبني من طابق واحد، أو مبني متعدد الطوابق)، ويمكن حساب الضغط الواجب توفره في كل خط بمعرفة فقد السمت في الشبكة، والضغط المطلوب في أعلى بناية تخدمها الشبكة. وعند إنشاء شبكة جديدة للتوزيع يجب التأكد من سلامتها من حيث: الأداء، والنواحي الصحية. أي يجب اختبارها مبدئياً من حيث التسرب وحجمه، وبعد ذلك تطهيرها بوساطة محلول مادة مطهرة فعالة (مثل الكلور، أو بدرة التبييض) ويستحسن أن يكون تركيز المحلول في حدود 50 ملجم/لتر لمدة معينة من الزمن. كذلك يجب تطهير أي جزء من أجزاء من الشبكة خضع لأي عملية صيانة أو إصلاح أو ترميم.

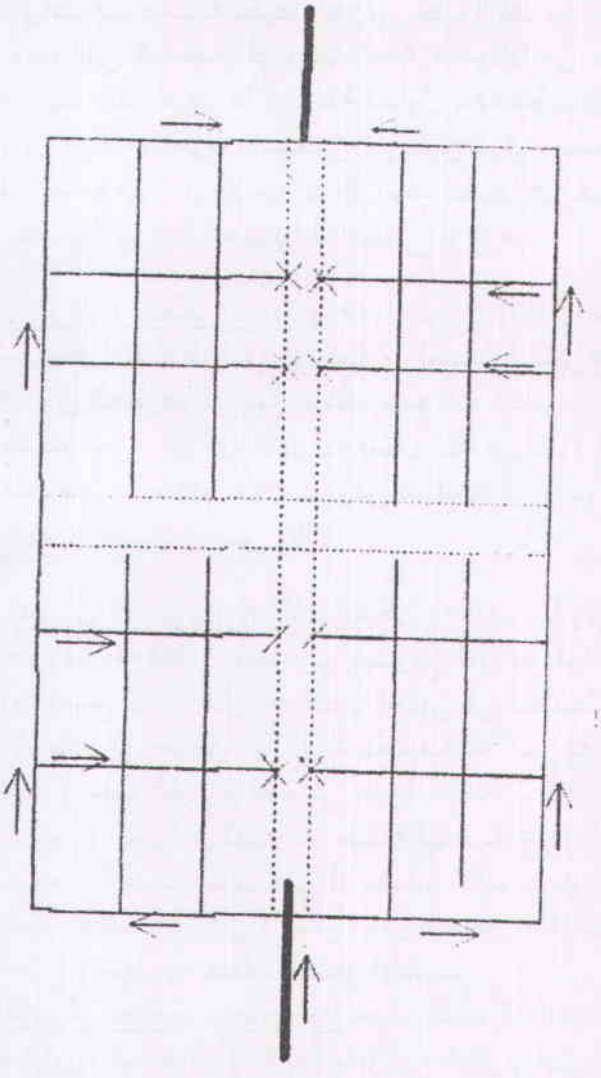
النظام الدائري أو الحلقي Circular or ring system: (أنظر شكل 2- 18) وهنا يتم وضع خط الإمداد الرئيس في الطرق المحيطية لتتفرع خطوط فرعية Submains من الخطوط الرئيسة. وعليه يتبع هذا النظام في إطاره العام النظام الشطرنجي، غير أن الدفق به يماثل ذلك في نظام النهايات الميتة مما يسهل معه حساب أحجام الأنابيب. ومن محاسنه أن المياه تأتي لكل نقطة فيه من جهتين مختلفتين على الأقل.

النظام القطري Radial system: (أنظر شكل 2-19) وهنا يتم تقسيم المنطقة إلى مناطق مختلفة لتضخ المياه إلى صهريج التوزيع الواقع في قلب كل منطقة. وتوضع أنابيب التوزيع قطرياً لتنتهي في محيط المنطقة. ويتم توزيع المنطقة إلى مناطق ذات ارتفاعات مختلفة للتوزيع المتساوي لإمداد المياه فيها. ويعتمد التوزيع المنطقي على: الكثافة السكانية، ونوع المنطقة وطبغرافيتها. و يجب أن تُخدم كل منطقة لها ارتفاع 15 إلى 25 متراً بنظام منفصل. ومن الأنسب العمل على ألا يتجاوز الضغط بين المناطق المختلفة ذات الحجم المتساوي 3 إلى 5 أمتار. ومن محاسن هذا النظام أنه يعطي خدمة أسرع ويسهل به حساب أحجام الأنابيب.

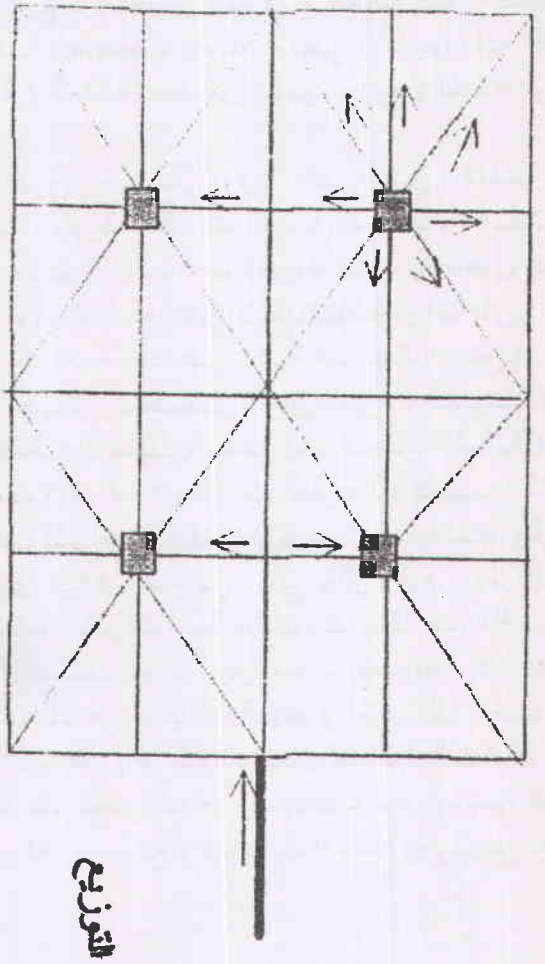
النظام الوسطي Compromise system: معظم النظم المستخدمة تقع وسط بين النظم المذكورة أعلاه لتقوم الشبكة بالتوزيع الدائري متى ما كان ذلك ممكناً وبتكلفة مناسبة. ويبين الجدول(2- 19) المفاضلة بين النظم المختلفة المتبعة لتوزيع الماء.

عادة توجد الأوضاع الآتية للأنابيب في نظام توزيع المياه:

* نظام التوصيل Transition system : يختص بالأنابيب حاملة المياه من المصدر إلى محطة التنقية، أو من محطة التنقية ومحطة الضخ الرئيسة إلى منطقة الخدمة (أو إلى نظام التوزيع).



الشكل (2-18) النظام الدائري أو الحقلي



الشكل (2-19) النظام القطري

* أنابيب المحطة Plant piping: وتعني بالأنابيب العاملة في محطة الضخ ومحطة التنقية.
* نظام التوزيع Distribution system: ويعنى به الأنابيب الحاملة للماء في شبكة التوزيع من الخزان العلوي أو محطة التقوية لنقاط الخدمة.
* نقاط الخدمة Service connection: وتعني الأنابيب ذات القطر الأصغر (20 إلى 25 ملم) الحاملة للمياه من نظام التوزيع والشبكة إلى حنفيات المياه للمستهلك.

*توجد عدة طرق تعمل علي توفير عائد نقدي لمقابلة تكلفة التشغيل والصيانة منها: طريقة العدادات الفردية للمحاسبة، والمحاسبة على متوسط الاستهلاك. أما طريقة العدادات الفردية للمحاسبة فتعمل علي وضع عداد عند نقطة دخول المياه لمنطقة الاستهلاك تتم قراءته دوريا. ومن ثم يحسب المبلغ المطلوب دفعه بناء على الكمية المستهلكة، وتعريفة المتر المكعب المعتمدة من جهات الاختصاص. ومن مميزات العدادات الفردية: تحديد الاستهلاك الفعلي للمستهلك، وجمع البيانات عن الاستهلاك الفعلي الكلي، وترشيد الاستهلاك. أما عيوب هذه الطريقة فتضم: التكلفة الإضافية لمؤسسة المياه لشراء العدادات وتركيبها وصيانتها وقراءتها الدورية بوساطة قارئ عدادات متمرس وعلى خلق رفيع. ويتم تقدير الاستهلاك لطريقة المحاسبة على متوسط الاستهلاك طبقا لعدد الغرف، أو الأفراد بالمنزل؛ ولا يستخدم العداد. ومن سمات المحاسبة على متوسط الاستهلاك: الزيادة والإسراف في استهلاك المياه، وإلغاء تكلفة العدادات والمشرفين عليها. وعادة يتناقص أو يتذبذب معدل محاسبة المستهلك بالنسبة للمتر المكعب بناء على توفر المياه. وقد يختلف سعر بيع المياه للأغراض المنزلية مقارنة بالمصانع والمؤسسات؛ وهذا يبنى على عوامل متعارف عليها.

2-3-2-3 أنواع الأنابيب واختيارها

لخطوط الأنابيب مقطع دائري وتتبع تقريبا جانب سطح الأرض. وهناك عدة عوامل تتحكم في اختيار نوع المادة التي تصنع منها الأنابيب المستخدمة في شبكات المياه. ومن هذه العوامل: عوامل تتعلق بالماء (نوعية الماء وائتكاله وتحاته وضغطه، والدفق المطلوب)، وعوامل جيولوجية وطبغرافية (خواص التربة)، وعوامل تتعلق بالأنبوب (الخواص الفيزيائية لمادة الأنبوب وحمولته وكيفية استخدامه، وخطوط النقل، وخطوط التوزيع، وخطوط الخدمة، وتكلفة الأنبوب ووجود مواده، واستمرارية

الجدول (2-19) المفاضلة بين نظم توزيع الماء

النظام	المحاسن	العيوب
نظام النهايات الميتة (غير المتصلة)	• سهولة حساب الدفق والضغط في أي نقطة في النظام • سهولة وبساطة الحساب التصميمي • إمكانية تصميم أقطار الخطوط لدفق الماء المقدر • بساطة مد الأنابيب	• الإزعاج للمستهلك عند إجراء الإصلاحات والصيانة في المنطقة المعينة • منع الدوران الحر للمياه بسبب وجود النهايات الميتة (مما قد يؤدي إلى ركود المياه وحدوث تلوث) • محدودية كمية المياه المتاحة لمكافحة الحريق
النظام الشطرنجي (الشبكي)	* تتأثر منطقة صغيرة ومحدودة أثناء الإصلاحات * وجود دوران حر للماء في الأنابيب وعليه يمنع التلوث * توصيل المياه لأي نقطة في النظام بأقل فقد سمت * المياه متوفرة لمكافحة الحريق	* التكلفة العالية لمد الأنابيب * الاحتياج إلى أطوال أكبر من الأنابيب * صعوبة حساب الضغط وأحجام الأنابيب
النظام الدائري أو الحلقي	وفرة المياه لمكافحة الحريق في أي نقطتين بدون فقد سمت كبير	المياه الداخلة للدائرة الرئيسة تتدفق في اتجاهين حول الدائرة مما يقلل من كمية المياه عند نزحها
النظام القطري	يتم مد المياه قطريا إلى كل المناطق آنيا	التكلفة العالية للأجهزة والمضخات

الأنبوب على حسب العمر الافتراضي المتوقع، والمقدرة على تحمل الأحمال والضغط المؤثر الداخلي والخارجي، والوفرة، والاجتهادات الناتجة من المطرقة المائية والتغير في الاتجاه وغيرها)، وسهولة وتكلفة الإنشاء والترميم والإصلاح، ووجود التقانة الملائمة للتشغيل والإصلاح، ووجود الموارد المالية المعينة. ومن أهم المواد التي تصنع منها الأنابيب: اللدائن (كلوريد البولي فينيل، وأنابيب اللدائن الزجاجية المسلحة ،وغيرها من المواد المبلمرة)، والأسبستس الأسمنتي، والفولاذ، والحديد الزهر والمجلفن، والحديد الصلب المغطى بطبقة من البيوتمين، والحديد المطروق (المطاوع). كما تستخدم أنواع أخرى من المواد الأخرى غير أنها أقل شيوعاً منها: الخيزران، والأخشاب، والخرسانة، والحديد المطيلي، والخرسانة الأسمنتية المسلحة، والخرسانة سابقة الإجهاد، والاسبستس الأسمنتي، والنحاس، والنحاس الأصفر، والرصاص. ويبين الجدول (2–20) محاسن ومساوئ بعض أنواع المواد المصنع منها الأنابيب. كانت الأنابيب المستعملة فيما مضى تصنع (في بعض الشبكات) من مواسير رصاصية ولكن نسبة للمخاطر الصحية التي ربما حدثت بسبب ذوبان الرصاص في الماء اليسر (لعوامل عدة). وعليه فقد أوقف استعمالها على نطاق واسع. أما الخيزران Bamboo فخفيف في وزنه، وقوي، ورخيص في ثمنه في مناطق زراعته وإنتاجه، ومناسب للتقانة المستدامة. غير أنه يعيش لفترة قصيرة، ولا يتحمل الضغط، ويحتاج إلى إصلاح وترميم مستمر نسبة للضغط داخل نظام الماء. كما وتستعمل المواسير البلاستيكية غالباً للتوصيلات الداخلية أو الخطوط الجانبية، وذلك نظراً لعدم مقدرتها على تحمل أوزان ثقيلة فوقها (كحركة السيارات). وتضم المواد البلاستيكية المستخدمة بكثرة في نظم المياه: كلوريد متعدد الفينيل Poly vinyl chloride، وايثلين متعدد ذا الوزن الجزيئي العالي والمنخفض. ويأتي كلوريد الفينيل المتعدد PVC في طول 3 إلى 6 متر، وقطر 13 إلى 300 ملم؛وتتحمل أنابيبه ضغط في حدود 11 إلى 14 كجم/سم^2؛ ومن مميزاته أنه خفيف الوزن، ومرن، ومقاوم للتهشم، ومقاوم للمواد الكيماوية، وسهل التركيب والإصلاح والطرق، كما أنه من أكثر المواد نعومة مما يقلل من مشاكل الاحتكاك؛ وعادة تكون هذه الأنابيب في حدود 20 سنة. ويأتي الايثلين المتعدد في طول 30 إلى 150 متر أو أطول، وقطر 13 إلى 50 ملم؛ وهو خفيف الوزن، وسهل التركيب والإصلاح. والايثلين المتعدد ذو الوزن الجزيئي القليل يتحمل ضغط 6 كجم/سم^2 ، كما ويتحمل الايثلين المتعدد العالي الوزن الجزيئي ضغط يصل إلى 11 كجم/سم^2 ، وتصل فترة صلاحيته إلى 15 سنة، غير أنه يتأثر بضوء الشمس المباشر.

الجدول (2-20) محاسن ومساوئ بعض أنواع المواد المصنع منها الأنابيب

نوع الأنبوب	المحاسن	المساوئ
الأسبستس الأسمنتي AC	• تكلفة الأنبوب أرخص من أي نوع آخر • الاستمرارية العالية (تربو على 50 سنة) • الاحتكاك قليل نسبياً (أي: فقد سمت أقل) • عزل حراري جيد، وتقاوم الائتكال والضغط الداخلي والأحمال الخارجية • لا يحدث تحات درني • وزنها متوسط، أخف من أنابيب الفولاذ • سهولة التوصيل	* أقل مقاس متواجد 80 ملم. والأنابيب ذات سعة أكبر من 200 ملم غالية الثمن نسبة لقصر أطوالها مما يتطلب معه وصلات باهظة التكاليف * قابلة للكسر عند الترحيل * أكثر صعوبة عن الترميم، وفادحة ثمن الإصلاح * لا تصلح لوضعها أعلى الأرض أو في المناطق الصخرية * تحتاج إلى مهارة للوصلات * التسرب خلال الوصلات أكثر احتمالاً * يصعب التوصيل لأنابيب مختلفة عنها
أنابيب كلوريد فينيل متعدد PVC	• أحجام الأنابيب أقل من 50 ملم رخيصة، عامة سعرها رخيص، سهلة الترحيل والوضع • أقل فقد احتكاك بالنسبة لكل الأنواع • عازل جيد • غير قابلة للائتكال وغير سامة • مرنة • قابلية متوسطة لمقاومة الضغط الداخلي والأحمال الخارجية • خفيفة جداً وسهلة الحمل • التوصيل بسيط وسريع • سهولة التصليح	* الأحجام أكبر من 50 ملم غالية الثمن بالنسبة لأنابيب الأسبستس الأسمنتي * مواد قصفية Brittle * غير صالحة للوضع فوق سطح الأرض، وتحتاج إلى غطاء أرضي لتفادي التشوه * سهولة الانثناء أثناء الخزن * صعوبة التوصيل لأنواع مختلفة أخرى
الحديد المجلفن GI	• قوية، وذات مقاومة انشائية عالية لمقاومة الضغط الداخلي والأحمال الخارجية • سهلة الوضع والتوصيل • يمكن وضعها فوق سطح الأرض • الوصلات واللواحق رخيصة الثمن • لا تتأثر بالعوامل المناخية الحرجة (مثل المناطق المدارية)	* قابلة للائتكال الداخلي والخارجي * غالية الثمن * قابلة للتغطية بقشرة صلدة * ثقيلة، تكلفة الترحيل عالية * فقد سمت احتكاك كبير بالنسبة لأنابيب PVC و AC

{Sundarsean 1984}

أما أنابيب الأسبستس الأسمنتي Asbestos cement فتصنع من ألياف الأسبستس المخلوطة بالأسمنت والسيليكا، وتوجد في طول 3 إلى 4 متر، وقطر 50 إلى 900 ملم، وتتحمل ضغط 11.7 و14 كجم/سم^2 اعتمادا على سمك جدار الأنبوب. وهذه الأنابيب سهلة التركيب، ومتواجدة، وسهلة الطرق والإصلاح عند القطر 150 ملم أو أقلP وذات جدران ناعمة وتقاوم الائتكال، ومن عيوبها الأساسية الصلابة؛ ولذا يجب التعامل معها بحذر لكيلا تتهشم، وعليه يتم وضعها في أرض رخوة أو فوق بطانة. ورغم أن هذه المواد تقاوم الائتكال غير أن الماء الشديد الحرقة يمكنه نض الأسمنت وعليه تعرض وتعرى ألياف الأسبستس مما يقود إلى دمارها. ويسمى الفولاذ المطلي بالخارصين (الزنك) الحديد المجلفن Galvanized iron, GI، ويأتي في طول 6 أمتار، وقطر 13 إلى 150 ملم. والفولاذ غير المطلي يأتي في طول أكبر، وقطر قد يصل إلى 2400 ملم. ومن عيوبه أنه سريع الائتكال في الماء والتربة الحارقين. والحديد الزهر Cast iron عبارة عن سبيكة من الحديد الغفل Pig iron والكربون، والمنجنيز، والفسفور، والسيلكا، والكبريت ومواد أخرى؛ ويوجد في أطوال 3.6 إلى 6 أمتار، وقطر من 75 إلى 1220 ملم، ويتحمل ضغط 4 إلى 25 كجم/سم^2. ويعيش لفترة 50 سنة، غير أنه باهظ الثمن، ويحتاج تركيبه إلى أجهزة معينة وفني خبير به. ويبين جدول (2-21) بعض أنواع مواد الأنابيب الأكثر شيوعا.

وقد تتأثر الأنابيب المعدنية طبقا لنوعية الماء بعوامل الصدأ، الشيء الذي ينبغي تجنبه. كما وأن هناك خطر نمو البكتريا الحديدية في بعض الأنابيب المعدنية. وعليه يجب التأكد، وأخذ الحيطة، وعمل التحاليل المناسبة لمعرفة :خواص الماء وسرعة تدفقه، والضغط المؤثر على الأنابيب عند اختيارها. ومن الطرق المستخدمة لربط ووصل الأنابيب: اللولبة، والغواء، والتثبيت، واللحام، والوصل الميكانيكي، والقران المطاطي الحلقي، والقوان المقبعي التكاملي، والربط.

2-3-3 ضخ الماء والمضخات

ضخ الماء: تمثل الجاذبية الأرضية أسهل السبل وأفضلها وأرخصها لتوزيع الماء ونقله من المصدر إلى نقاط الاستهلاك؛ وذلك نسبة لعدم الاحتياج إلى طاقة خارجية، أو أجهزة ميكانيكية، عند وجود نبع في منطقة عالية مقارنة بارتفاع المنازل المحيطة. غير أنه في بعض المناطق يكون مصدر الماءعلي ارتفاع أقل من مستودع الخزن أو الاستخدام، أو ربما اقتضى الحال رفع

الجدول (2-21) بعض أنواع مواد الأنابيب الأكثر شيوعاً

المادة	التكلفة النسبية	القطر (ملم)	الطول الشائع (م)	الضغط كجم/سم^2	سهولة التركيب والإصلاح	الاستخدام الشائع
خيزران	منخفض جداً	متغير	متغير	منخفض جداً	سهل	توصيلات ضغط منخفض
بلاستيك PVC	منخفض	13 إلى 150	6	11 و 14	سهل جداً	كل أجزاء النظام
بولیثین متعدد • منخفض الوزن الجزيئي • عالي الوزن الجزيئي	منخفض جداً منخفض-وسط	13 إلى 50 13 إلى 50	3 إلى 150 30 إلى 150	6 11	سهل جداً سهل جداً	خطوط الخدمة والآبار
الأسبستس الأسمنتي	وسط	50 إلى 900	3، 4	7 و 11 و 14	صعب نوعاً ما	خطوط التوصيل والتوزيع
الحديد المجلفن GI	وسط	13 إلى 150	6	7 و 11	صعب نوعاً ما	آبار، حجرة مضخات، خزانات، وصلات القناطر
الحديد الزهر	عالي	75 إلى 1220	3.6، 6	4 إلى 25	صعب	خطوط التوصيل الرئيسة والكبيرة

المصدر: {Water for the Word 1982}

معدل الدفق، أو ربما تقتضي الحاجة تقوية الضغط لرفع الماء نسبة للفقد بالاحتكاك في الأنبوبة وحينئذ لابد من اللجوء إلى الرافعات والمضخات لرفع الماء وضخه من المصادر المائية (مثل الآبار، أو البرك، أو الأنهار، أو الخيران، أو غيرها). وتحتاج كل سبل الضخ هذه إلى طاقة آلية (مثل مضخات المياه)، أو بشرية (مثل رفع الإناء، أو تشغيل مضخة يدوية، أو شادوف)، أو حيوانية (مثل الساقية)، أو هوائية (مثل المضخات التي تستخدم طاقة الرياح)، أو الطاقة الشمسية أو الطاقة النووية.

المضخات: المضخة عبارة عن جهاز يقوم بتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة هيدروليكية. وتقوم برفع الماء من مناطق منخفضة إلى مناطق عالية تحت ضغط عال. ولا بد من العمل على استخدام مضخات جيدة الصنع، وممتازة الأداء، وتوفير قطع الغيار لها، وتوفير العمالة الفنية المطلوبة للصيانة والإصلاح، وتوفير الوقود اللازم. وتفيد المضخة في عدة مجالات تضم الآتي:

- رفع الماء الخام من الآبار.
- نقل الماء العذب إلى المستهلك تحت ضغط مناسب.
- إمداد الماء المضغوط إلى صنبور (محبس) المطافئ الرئيس.
- تقوية وتعزيز الضغط إلى الأنابيب العمومية.
- ملء الصهاريج والخزانات المساعدة في توزيع المياه.
- الاجتراف الخلفي للمرشحات.
- نزح الماء من الخزانات والأحواض والبالوعات وغيرها.
- صنع المحاليل الكيماوية المطلوبة لمعالجة الماء.

ويعتمد اختيار المضخة على عدة عوامل منها: الاعتماد على المصدر، والتكلفة الأولية وتكلفة الصيانة والطاقة والعمالة، وكفاءة المضخة، وسمت الشفط والإمداد، وطبيعة السائل المراد ضخه، وكمية الماء الكلية، ونوع الخدمة (متقطعة، أو مستمرة)، ونوع الطاقة المتاحة، والتغير في معدل الضخ، وسمت الضخ. ومن المواصفات الهامة للمضخة الجيدة: الكفاءة والفعالية التي تناسب الاستهلاك، والاستمرارية طويلة الأجل، والبعد عن المشاكل وجلب المخاطر، والتصميم الهندسي الممتاز، ورخص الثمن، و سهولة الإصلاح والترميم والصيانة، وسهولة التشغيل والاستخدام، والقبول من قبل الجمهور، والوفرة، وعدم الاحتياج إلى بذل طاقة كبيرة للتشغيل. غير أن مضخات المياه لا تعمل بكفاءة كبيرة في غياب المراقبة المنتظمة والصيانة. ويمكن أن يعزى القصور في أداء المضخة إلى: ضعف نوع

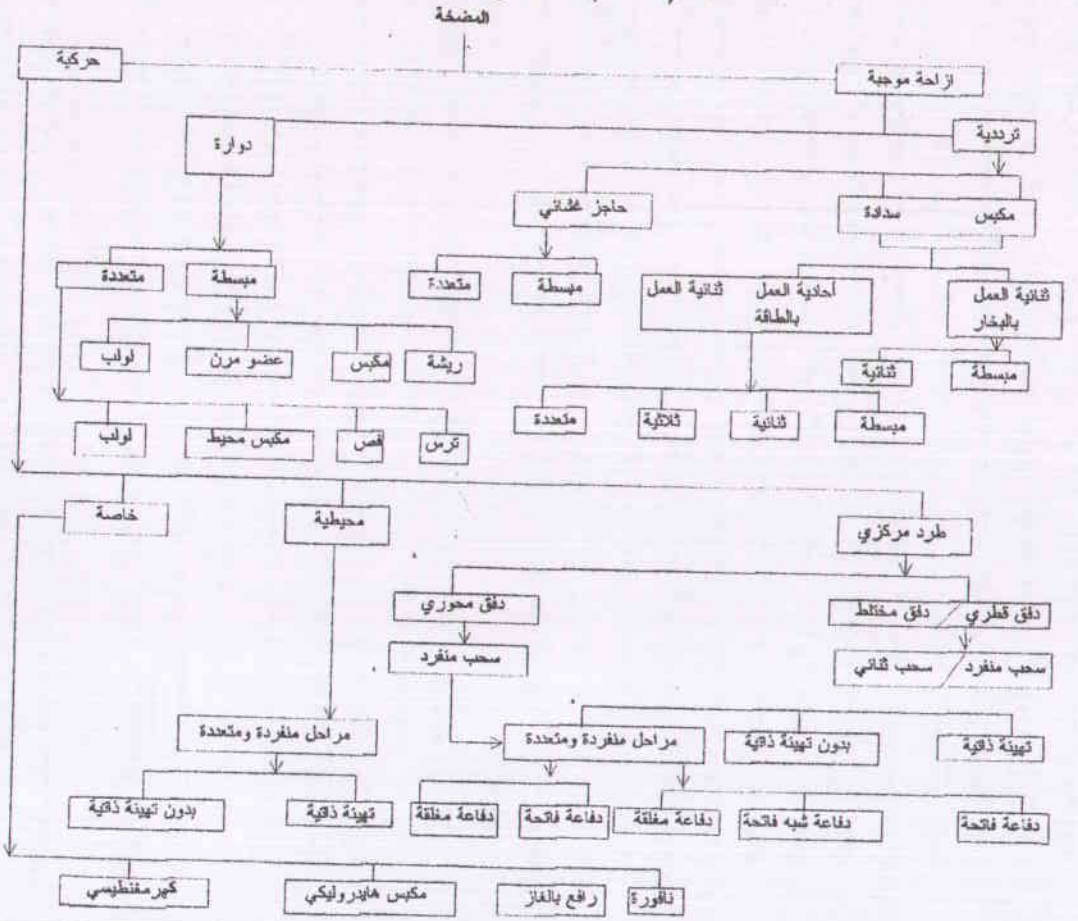
المضخة، أو عدم جودة صنع المضخة وإنتاجها، أو الجهل بطرق الاستعمال والصيانة الصحيحة، أو تعرض المضخة لمخاطر الطقس (من رياح، وأمطار، ورطوبة وغيرها)، أو عدم استمرار وجود مواد التشحيم وقطع الغيار، أو تعدد أنواع المضخات والنماذج مما يعوق تبادل قطع الغيار، أو انخفاض مستوى الماء في البئر بعيدا عن المضخة، أو عدم متابعة عمل المضخات وعدم تحليل وتقويم أسباب العطب، أو غياب الاستخدام الأمثل للسجلات للمتابعة.

أنواع المضخات: (أنظر شكل 2-20) يمكن تقسيم المضخات على حسب التشغيل أو مصدر الطاقة إلى: مضخات إزاحة (دوارة وترددية وعاكسة)، ومضخات سرعة (طاردية، وتوربينة (عنفة)، ونافورة)، ومضخات رفع الهواء (مضخات عائمة، وطافية)، ومضخات نبض (مكبس هيدرولي).

المضخات اليدوية: في مثل هذه المضخات يلجأ إلى استخدام الحيوانات، والناس، والهواء، أو الماء كمصدر للطاقة. وتنتج هذه المضخات كميات قليلة من الماء بالقرب من أو في المصدر، وتضم فيما بينها الروافع، ومضخات الإزاحة الموجبة Positive displacement، ومضخات النبض Impulse pumps.

مضخات الإزاحة Displacement pumps: تستخدم مضخات الإزاحة الموجبة طاقة الإنسان، أو الحيوان، أو الهواء. وتتكون هذه المضخة من اسطوانة تحوي مكبس. وقد سميت بمضخة الإزاحة الموجبة لأنها تزيح كمية من المياه تساوي المسافة التي تحركها المكبس. وتعمل هذه المضخات على أساس الحث الميكانيكي لفراغ في حجرة تسمح بجذب الماء إليها، ثم يزاح الماء آليا لينساب عبر أنبوب. ومن هذه المضخات: الترددية والدوارة. وفي المضخات الترددية يعمل مكبس (كباس) في أسطوانة مغلقة ليدخل الماء في الضربة الأمامية للمكبس إلى الأسطوانة عبر أنبوب ماص. أما في ضربة الرجوع فيخرج الماء في أنبوب التوزيع عبر صمام. ومثل هذه المضخات يمكن أن تكون وحيدة أو ثنائية الأداء اعتمادا على ما إذا تم دفق الماء أثناء الضربة النهائية أو في كلا ضربت المكبس. وتدور في المضخات الدوارة تروس (مسننة) في اتجاه معاكس لتقوم بدفع الماء إلى أعلى حول حافة غلافها، ثم يتم رفع الماء. غير أن هذه المضخة تتطلب تهيئة، وعليه فإنها أقل شعبية من المضخة ذات الأسطوانة المغمورة في الماء. كما وأن التهيئة من الأسباب التي قد تقود إلى تلوث الماء. ويمكن استخدام الطاقة الهوائية،من الأسباب التي قد تقود إلى تلوث الماء. ويمكن استخدام الطاقة الهوائية، واليدوية، والكهربائية في مثل هذه المضخات. وتعتمد كمية الماء

الشكل (2-20) أنواع المضخات



المنتجة بهذه المضخة على عدة عوامل مثل : الرفع بالشفط ووضع الأسطوانة داخل أو خارج الماء، وقطر المكبس، والمسافة التي تحركها المكبس، وعدد ضربات المكبس على وحدة الزمن. وبالنسبة للمضخات اليدوية يمكنها الضخ بسهولة إلى عمق 60 إلى 80 متر. أما المضخات الكهربائية (أو تلك التي تعمل بوساطة محرك) فيمكنها الضخ إلى ارتفاع 300 متر.

مضخات النبض (مكبس هيدروليكي) Impulse, Hydraulic ram . هذه المضخات بسيطة واقتصادية في تشغيلها ونظم إصلاحها لاحتوائها على القليل من الأجزاء المتحركة. وتستخدم هذه المضخات الطاقة المائية داخل أنبوب لرفع كمية بسيطة من الماء لارتفاعات أعلى. ويدخل الماء إلى المكبس عبر أنبوب دخول. وعندما يمتلئ المكبس يفتح صمام الراجع ويقفل صمام التصريف، وعليه تنساب المياه من صمام الراجع للخارج ويسكب الماء بأعلى سرعة داخل المكبس. وحينئذ يقفل صمام الراجع فجاءة ويفتح صمام التصريف. ويدخل الماء من المكبس إلى حجرة الهواء ثم ينساب إلى الخارج عبر أنبوب التصريف. وبعد مدة من الزمن يهبط الضغط في المكبس ويقفل صمام التصريف، ويفتح الصمام الراجع لتبدأ الدورة من جديد مما يسمح للمضخة برفع الماء لمناسيب أعلى. ولضمان عملها تحتاج على الأقل إلى 12 لترا من الماء في الدقيقة وانخفاض حوالي 50 سم. وعليه فلابد من أن تأتي كميات أكبر من الماء من المصدر لضمان رفعها إلى المنسوب المطلوب ويجب العمل على أن لا تحتوي المياه على رمل، ومواد صلبة، ونفاية كي لا تقفل المضخة.

المضخات الكهربائية: تستخدم هذه المضخات الطاقة الكهربائية أو محركات الاحتراق الخارجية. وتضم الشفط الأحادي المرحلة Single Stage Suction، والنوافير، والتوربينات (العنفات) ذات عمود الإدارة المغمور Submersible line shaft turbines. وتنتج كميات متوسطة إلى عالية من الماء مقارنة بالمضخات اليدوية. وتختلف مضخات الآبار الضحلة من العميقة، إذ تقوم مضخات الآبار العميقة بالضخ من عمق 7 أمتار أو أقل، ويمثل هذا العمق أقصى رفع عملي بالشفط من سطح الأرض. ويمكن اختيار المضخات الكهربائية من قوائم وبيانات المصنع بعد إتمام تصميم نظام الماء، أو يمكن إعطاء المصنع متغيرات الضخ ليختار المضخة المناسبة. وتضم البيانات المهمة المطلوبة لاختيار المضخة التالي: كمية الماء المطلوب ضخها، وفقد سمت الضخ (المسافة بين المضخة وأعلى نقطة في النظام وفقد السمت نتيجة الاحتكاك)، ونوع الطاقة المتاحة، وعدد الطور، ونوع الجهد (الفولتية

– تيار مباشر أو متردد)، والدوراتَ، وقطر البئر وعمق الماء بها، وهبوط منسوب الماء الجوفي، والسعة الإنتاجية للمضخة، ومعلومات أخرى مثل فترات الضخ والمناسيب أعلى سطح البحر.

التوربينات (العنفات) ذات الرفع بالشفط Lift shaft turbines: وفي هذه المضخات يوجد المحرك أعلى السطح وتوصل المضخة إليه بواسطة عمود إدارة. ويؤخذ عمق الضخ للآبار الصغيرة القطر (12 إلى 24 ملم) في حدود 12 إلى 35 مترا. أما الآبار ذات القطر أكبر من 3 ملم فيمكن ضخها لأعماق أكبر.

المضخات المغمورة Submersible pumps: من عيوب هذه المضخات: وجوب إخراج جميع المضخة للإصلاح نسبة لأن محركها ملتحم معها وموضوع أدنى منها. غير أن التشغيل والإصلاح والترميم سهل نسبة لعدم وجود أجزاء متحركة كثيرة بها. ويمكن بهذه المضخة ضخ مياه من أعماق كبيرة، وكلما زاد العمق كلما كبر المحرك وربما كان سعره فادحا، كما وتحتاج المضخة إلى 240 فولت وطاقة ثلاثية الطور. وعليه لا ينصح بضخ لعمق أكبر من 150 مترا.

♦مضخات نابذة (مضخات الطرد المركزي) Centrifugal pumps: وفي هذه المضخات يتم دوران الماء الداخل إليها بسرعة عالية بواسطة دفاعة مروحية. وتقوم هذه الدفاعة بحث قوة طاردية لدفع الماء للأطراف. ولأنبوب التوزيع. ويمكن تقسيم هذه المضخات إلى نوعين رئيسين هما: مضخة طاردية حلزونية Volute، ومضخة طاردية توربينية (عنفة) Turbine. وفي نوع المضخة الحلزونية تقوم ريش الدفاعة المروحية بالتصريف في حيز حلزوني يتمدد بانتظام حتى تبقى سرعة الدفق متساوية في كل نقاط الحيز المحيط. أما في نوع المضخة الطاردية فتحاط الدفاعة بالريش القيادية الساكنة والتي تعمل على تخفيض سرعة الماء قبل دخول الماء إلى الحيز المحيط. وتقوم سرعة الماء الخارج من الدفاعة المروحية بتغيير اتجاهها وتغيير سمت السرعة إلى سمت ضغط بواسطة ريش الانتشار.

يبين الجدول (2–22) مقارنة بين أنواع مختلفة من المضخات.

مضخات رفع الهواء Air lift pumps: تستخدم هذه المضخات لرفع الماء من الآبار بوساطة أنابيب صرف أو تخفيض. وتمتد هذه الأنابيب من مستوى سطح الأرض إلى العمق المطلوب داخل البئر. ثم يدفع هواء مضغوط عبر أنبوب هواء لأسفل أنبوب التخفيض الموضوع داخل أنبوب تغليف. ولخليط الهواء والماء في قعر الأنبوب كثافة نوعية قليلة، مما يساعد على ارتفاع خليط الهواء والماء عبر أنبوب التخفيض منسابا إلى الأعلى. وتستمر فقاعات

الجدول (2-22) مقارنة بين أنواع مختلفة من المضخات

المنشط	مضخات النبض	مضخات الإزاحة الموجبة	المضخة الطاردة المركزية المستقيمة	المضخة الطاردة المركزية النافورة	مضخة مغمورة	توربينة ذات رفع بالشفط
السعة لتر/ دقيقة	-	12 إلى 150	مدى كبير جدا، شبه لا محدود	18 إلى 300	40 إلى 240 وأعلى	120 إلى 360 وأعلى كثيرا
رفع المضخة للماء (م)	-	قليل إلى عال 8 إلى 500	قليل، أقل من 8	قليل إلى وسط 8 إلى 25	-	متوسط
الرفع من المضخة لأعلى منسوب	-	محدود بمتانة الأنبوبة	مدى كبير 6 إلى 500	عادة 6 إلى 100	30 إلى 400 وأعلى	5 إلى 500
قطر البئر المطلوب (سم)	لا تستخدم مع الآبار	6	6	12 مع نافورة في البئر	12	12
الكفاءة	قليلة	%60 - 40	%85-50	%60 - 40	%85 - 65	%80 - 65
السعر النسبي	مناسب	مناسب	مناسب	مناسب	مناسب وعالٍ في العمق الكبير	عالي
التشغيل والصيانة	بسيط	تحتاج مراقبة	بسيط-تحتاج مراقبة	بسيط-تحتاج مراقبة	بسيط-تحتاج مراقبة	أكثر صعوبة- تحتاج مراقبة خبيرة مستمرة
المحاسن	بسيطة- الأجزاء المتحركة قليلة	سهلة التصليح والغيار	سهلة الصيانة والغيار	سهلة الصيانة والغيار	المضخة والمحرك داخل البئر يقلل التخريب	يمكن تشغيلها بطاقة مختلفة-حجم كبير
العيوب	تحتاج إلى دفق ماء مستمر	تحتاج مراقبة	تحتاج مراقبة لتشحيم البلالي	تحتاج مراقبة	صعبة السحب، تحتاج إلى سلك كهربائي خاص	صعبة الإصلاح عند تلف البلالي
					كهربائي خاص	

المصدر: {Water for the world 1982}

الهواء في تمددها إلى أن تصل إلى المخرج حيث يسود الضغط الجوي العادي.
وعند اختيار المضخات فإن دفق المضخة أو سعتها تقدر على النحو التالي:

- إذا استخدمت المضخة للإمداد المباشر للماء تساوي سعتها الحاجة القصوى في الساعة Peak hourly demand.

إذا كان نظام توزيع الماء به خزان فتساوي سعة المضخة الحاجة القصوى اليومية Maximum-daily demand.

المواصفات والتشريعات

من الأهداف العامة لسن التشريعات ووضع الأحكام واستنباط القوانين البيئية:

- ضمان حماية الصحة البيئية،
- الحد من استشراء التلوث البيئي،
- مواكبة التشريعات والأحكام والمعتقدات السائدة بالمنطقة،
- إمكان المكافحة قبل اللجوء للعلاج،
- ردع التلوث العمد،
- تجنب الظلم وإلزام الملوث للتخلص مما صنع،
- التثقيف والتوعية الصحية.
- تحقيق السلامة والاطمئنان للمواطن.

يحكم تطبيق التشريعات والأحكام الخاصة بالتخلص من الفضلات السائلة عدة ضوابط ومتغيرات تتباين من منطقة لأخرى وتضم ما يلي:

- الصفات الطبعية والكيمائية والحيوية للملوثات،
- درجة السمية ومقدار التعرض الملائم دون استحداث لأي مخاطر أو أمراض،
- وصول الملوثات للماء والطعام والهواء والبيئة المحيطة ونسب تركيزها،
- أسلوب دخول الملوثات للسلسلة الغذائية،
- عادات الأكل عند المجموعة السكانية المتأثرة بمصدر التلوث والقريبة منه،
- الجوانب الإدارية والإجرائية والاقتصادية والمالية والسياسية والاجتماعية والثقافية،
- التقاليد والموروثات والمعتقدات والقيم والمفاهيم والطقوس والمسلمات الدينية المؤثرة والسائدة بالمنطقة،
- التنمية المحلية المستدامة،
- الاستراتيجية القومية،
- تحديد المجموعة السكانية الأكثر تعرضاً للتلوث،
- درجة تعرض الفرد للملوثات،
- الأثر المركب للملوثات على الفرد المتأثر، وأثر كل ملوث على حدة،
- العون الذاتي والمشاركة الشعبية،

•وجود التقانة المحلية والقطاع الفني المؤهل ومرتكزات التدريب.

قد يقود غياب التشريع الخاص بحماية البيئة إلى عشوائية صرف الفضلات الملوثة مما قد يعيق كثيراً مكافحة التلوث أو التخلص منه، ويسهل على المتسببين في تلوث البيئة التخلص من فضلاتهم بأي أسلوب دون الاهتمام بحدوث الكوارث والأضرار عاجلها أو آجلها. ولا بد من التأكد من تطبيق التشريعات والأحكام وتقويم التطبيق والعمل بالتشريع ثم التفكر في التطوير والتحديث. ويتطلب هذا الإجراء إنشاء المخابر المحلية والمركزية وتهيئتها بالأجهزة المناسبة والمواكبة لتقدم التقانة ومستحدثات العلوم، على أن تدار بالمؤهلين والمدربين على فنون استعمالها وصيانتها للكشف عن درجة التلوث، وتحديد الخطورة المتوقعة، وابتداع وسائل المكافحة ومنع التكرار. كما ينبغي العناية بأمر إنشاء مراكز البحوث المتخصصة وتطويرها واستقطاب الكوادر المؤهلة لتسييرها؛ وتكوين مصارف المعلومات؛ وتبادل التقانة والخبرة. كما يتطلب سن وتطبيق التشريع وجود الجهاز الإداري المؤهل والذي يعمل في تناغم وتنسيق مع كل الجهات ذات الصلة، وبهذا المفهوم التكافلي يتسنى تحقيق بيئة عمل صالحة وخالية من التلوث.

لابد من النظر إلى مكافحة التلوث والتحكم في السيول والفيضانات واستصلاح الأرض عند التفكر في تخطيط نظم الإدارة المائية بغرض إيجاد الحلول العملية والمقبولة والمفاضلة بين المتطلبات المتنافسة للاستخدام الأمثل للموارد المائية. إن التخطيط المتزن للموارد المائية مطلب أساسي للنظر المستقبل في نظام ديناميكي لا يتأتى بوجود الإمكانات المالية والكفاءات المؤهلة فقط، إنما تؤثر عليه عوامل اقتصادية وسياسية واجتماعية وفنية متعلقة بالمنطقة وظروفها.

2-4 التشريعات والأحكام والقوانين المائية

2-4-1 السمات العامة لتشريعات استخدام المياه العادمة

من ضمن التشريعات الخاصة بماء الشرب الخطوط التوجيهية المعدة بواسطة منظمة الصحة العالمية .(أنظر جدول 2-23) والتي تركز على الخواص الحيوية (البكتيريولوجية والميكربيولوجية) لما لها من أثر واضح على صحة المستهلك، وتعرضت المؤشرات للنواحي الكيميائية لاحتمال تسببها في مخاطر صحية ضارة عند التعرض لها لفترة زمنية طويلة وعند تراكمها مثل المعادن الثقيلة والمواد المسرطنة. أما الافتراضات المتبعة لتقدير الخط التوجيهي فقد أخذت في حسبانها وجود جرعة لا تتولد مخاطر أقل منها لمعظم أنواع السمية.

ومن أهم السمات العامة للخطوط التوجيهية لمنظمة الصحة .

•يمثل الخط التوجيهي مقدار ودرجة تركيز ملوث لا ينتج عنه خطر صحي واضح للمستهلك،

جدول(2– 23) الخطوط التوجيهية لمنظمة الصحة العالمية لماء الشرب

أ) النوعية البكتيرولوجية لماء الشرب [a]:

الكائن الحي	الخط التوجيهي
كل المياه المستخدمة للشرب:	العدد لكل 100 ملليتر
الإشريكية القولونية أو بكتريا القولونيات المحتملة للحرارة[b,c]	لا توجد في أي عينة
المياه النقية الداخلة إلى شبكة التوزيع[b]	
الإشريكية القولونية أو بكتريا القولونيات المحتملة للحرارة	لا توجد في أي عينة
بكتريا القولونيات (الكلية)	لا توجد في أي عينة
المياه النقية داخل شبكة التوزيع[b]	
الإشريكية القولونية أو بكتريا القولونيات المحتملة للحرارة	لا توجد في أي عينة
بكتريا القولونيات (الكلية)	لا توجد في أي عينة. كما لا توجد في 95% من العينات المأخوذة طيلة مدة 12 شهراً في حالات الإمدادات الكبرى وعند تحليل عدد مناسب من العينات.

المصدر : {Gorchev 1982, WHO 1996 }

ب) المواد الكيميائية المؤثرة على الصحة:

(1) المواد غير العضوية

العنصر	ملجم /لتر	العنصر	ملجم /لتر
أنتيمون	0.005	رصاص	0.01
زرنيخ	0.01	زئبق	0.001
بورون	0.3	مولبيدنوم	0.07
باريوم	0.7	منجنيز	0.5
كادميوم	0.003	نيكل	0.02
كروم	0.05	نترات (NO_3^-)	50
نحاس	2	نتريت (NO_2^-)	3
سيانيد	0.07	سيلينيوم	0.01
فلور	1.5		

(2) المواد العضوية المؤثرة على الصحة

المركب	ميكروجرام/لتر	المركب	ميكروجرام/لتر
ألكانات مكلورة		الهيدروكربونات العطرية	
رباعي كلوريد الكربون	2	بنزين	10
ثنائي كلور إيثان	20	تولوين	700
2،1 ثنائي كلور إيثلين	30	زايلين	500
1،1،1 ثلاثي كلور إيثان	2000	إثيل بنزين	300
		ستيرين	20
		بنزو (أ) بيرين	0.07
إيثين مكلور		البنزين المكلور	
كلوريد الفينيل	5	أحادي كلور بنزين	300
1،1 ثنائي كلور إيثين	30	2،1 ثنائي كلور بنزين	1000
2،1 ثنائي كلور إيثين	50	4،1 ثنائي كلور بنزين	300
ثلاثي كلور إيثين	70	ثلاثي كلور بنزين (الكلي)	20
رباعي كلور إيثين	40		
متعددة			
سداسي كلور بيوتادايين	0.6		

(3) المبيدات

المبيد	ميكروجرام/لتر	المبيد	ميكروجرام/لتر
ألاكلور	20	سباعي الكلور وفوق أكسيد سباعي الكلور	0.03
ألديكارب	10	سداسي كلور بنزين	9
ألدرين/ ثنائي ألدرين	0.03	لندين	2
بنتازون	30	ميثوكسيد كلور	20
كلوردين	0.2	خماسي كلور فينول	9
د.د.ت	2	برمترين	20
2،4،د	30	بروبانيل	20
2،1-ثنائي كلور البروبان	20	ثلاثي الفلورالين	20

(4) المطهرات ونواتج التطهير

المطهر	مليجرام/لتر	المطهر	مليجرام/لتر
أحادي كلورامين	3	ثلاثي هلوجين الميثان	
كلور	للتطهير الجيد ينبغي وجود متبقي للكلور الحر ≤ 0.5 ملجم/لتر بعد زمن مكث 30 دقيقة لرقم هيدروجيني أكبر من 8	بروموفورم	100
		ثنائي بروم كلور الميثان	100
		ثنائي كلور بروم الميثان	60
برومات	25	كلوروفورم	200
2،4،6-ثلاثي كلـــور فينول	200		
أحماض الخل المكلورة		اسيتو نتريلات مهلجنة	
ثنائي كلور حمض الخل	50	ثنائي كلور اسيتو نتريلات	90
ثلاثي كلور حمض الخل	100	ثنائي بروم اسيتو نتريلات	100
		ثلاثي كلور اسيتو نتريلات	1

جـ) المواد التي ربما أثارت شكوى من المستهلك

العنصر	المقترح	العنصر	ملجم/لتر
خواص طبيعية:		مواد غير عضوية	
اللون	TCU 15	ألمونيوم	0.2
الطعم والرائحة	يجب قبولها	أمونيا	1.5
درجة الحرارة	يجب قبولها	كلوريد	250
العكر	NTU 5	نحاس	12
		كبريتيد الهيدروجين	0.05
		حديد	0.3
		منجنيز	0.1
		صوديوم	200
		كبريتات	250
		المواد الصلبة الكلية	1000
		خارصين	3
مواد عضوية	ميكروجرام/لتر	مطهرات ونواتج التطهير	
تولوين	24 إلى 170	كلور	600 إلى 1000
زايلين	20 إلى 1800		
أثيل بنزين	2 إلى 200		
ستيرين	4 إلى 2600		
أحادي كلور بنزين	10 إلى 120		
1،2-ثنائي كلور بنزين	1 إلى 10		
1،4-ثنائي كلور بنزين	0.3 إلى 30		
ثلاثي كلور بنزين (الكلي)	5 إلى 50		
كلور فينول			
2-كلور فينول	0.1 إلى 10		
2،4-ثنائي كلور فينول	0.3 إلى 40		
2،4،6-ثلاثي كلور فينول	2 إلى 300		

د) المواد الإشعاعية

إجمالي نشاط ألفا	0.1 بيكوكوري/لتر
إجمالي نشاط بيتا	1 بيكوكوري/لتر

هـ) المواد الكيميائية التي لا تؤثر على الصحة في درجات التركيز الموجـــودة في مياه الشرب

الأسبستس، القصدير، الفضة	غير مهم إعطاء خط توجيهي مبني على الأسس الصحية لهذه المركبات لأنها لا تمثل خطراً على صحة الإنسان في درجات التركيز الموجودة في مياه الشرب

- تركز الخطوط التوجيهية على معرفة نوع وصفات مياه الشرب بمـــا يضمـــن جودة الماء للاستهلاك البشرى لكل الاستخدامات المنزلية (بما فيـــها النظافـــة الشخصية) والاحتياجات الصناعية؛ غير أن هنالك بعض الاستخدامات الخاصة التي تتطلب جودة أعلى للمياه (مثل عمليات غسيل الكلى).

- يُعتمد الخط التوجيهي مؤشراً للكشف عن أسباب الزيادة في تركـــيز الملـــوث، وذلك بغية أخذ الاحتياطات والتدابير والمعالجة اللازمة، كما يستفاد منها عنـــد التشاور مع جهات الاختصاص لإسداء النصح فيما يتعلق بالصحة العامة،

- تم وضع الخط التوجيهي للمحافظة على الصحة العامة عند استخدام الماء على المدى الطويل،

- عند وضع المعايير والتشريعات الوطنية لمياه الشرب (بالاعتماد على الخطوط التوجيهية) لا بد من أخذ عدة عوامل في الحسبان مثل: جغرافية البيئة المحلية، والنواحي الاقتصادية والاجتماعية، والتقـــدم الصنـــاعي بالمنطقـــة، والحميـــة الغذائية، وغيرها من المؤثرات المهمة عند التعرض للماء أو عند اســـتخدامه. وربما أنتجت هذه العوامل تشريعات قومية تختلف في جوهرهـــا عـــن هـــذه الخطوط التوجيهية،

- في حالة وجود أي من الإشريكية القولونية أو القولونيات الكلية يجب إجـــراء التحقيق الفوري. وأقل عمل ينبغي عمله في حالة وجود بكتريـــا القولونيـــات الكلية هو إعادة أخذ العينة. وفى حالة اكتشاف وجود هذه البكتريا مرة أخـــرى يجب معرفة المسبب لها بإجراء تحقيق فوري آخر،

- رغماً عن أن الإشريكية القولونية هي أفضل مؤشر للتلوث البرازي، غير أن الكشف عن بكتريا القولونيات المحتملة للحرارة يعد بديلاً مقبولاً. ولا ينبغي قبول مؤشرات بكتريا القولونيات الكلية في المناطق الريفية (خاصة في الدول النامية) نسبة لاحتمال تواجد بكتريا أخرى في المصادر غير المعالجة. وقد لاحظت الخطوط التوجيهية انتشار التلوث البرازي في معظم مصادر الماء الريفية في الدول النامية، ولذا تنصح الخطوط جهات الاختصاص بوضع خطة ذات أهداف متوسطة المدى لتحسين إمدادها المائي.

يمكن استصحاب هذه المؤشرات لمنظمة الصحة العالمية لتقوم أي دولة أو ولاية بوضع معاييرها ومواصفاتها وقوانينها لماء الشرب طبقاً لظروف البيئة والمناخ والثقافة والاجتماع والاقتصاد السائدة فيها.

أ-يجب عمل تحقيق فوري عند اكتشاف الاشريكية القولونية أو البكتريا القولونية الكلية. وأقل إجراء في حالة البكتريا القولونية الكلية هو إعادة أخذ عينة، وإذا وجدت هذه البكتريا في العينة المعادة يجب معرفة السبب بإجراء تحليلات أخرى فوراً.

ب -رغم أن الاشريكية القولونية هي المؤشر الدقيق للتلوث البرازي غير أن تعداد بكتريا القولونيات المحتملة للحرارة خيار آخر مقبول. وعند الضرورة يجب إجراء اختبارات تأكد. وبكتريا القولونيات الكلية ليست مؤشر مقبول للتوعية الصحية لإمداد المياه الريفية خاصة في المناطق المدارية التي قد توجد بمعظم إمدادات المياه غير المنقى بكتريا ليست لها أهمية صحية.

ج -لقد لوحظ في أكثرية إمدادات مياه الريف في الدول النامية انتشار التلوث البرازي. وفي هذه الظروف يجب على المنظمة القومية إجراء مسح صحي ووضع أهداف متوسطة المدى للتحسين المنظور لإمدادات الماء كما مقترح في مجلد 3 من الخطوط التوجيهية لنوعية مياه الشرب لمنظمة الصحة العالمية.

2-4-2 تشريعات إعادة استخدام الماء للري

نسبة لشح الماء في عدة مناطق أو من أجل ترشيد الاستهلاك أو لأسباب أخري يتم - بطرق مباشرة أو غير مباشرة - استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لري المزارع والحقول والميادين وتجميل المدن. غير أنه ينبغي توخى الحذر عند ري المحاصيل التي تؤكل نيئة وغير مطبوخة. ومن المعايير المتبعة للماء المستخدم للري تحديد القيمة الحيا-كيميائية للأكسجين، ودرجات تركيز المواد

الصلبة العالقة في السائل النهائي المعالج، مع التركيز علي الخواص البكترولوجية التي تشكل خطراً حقيقياً على الصحة العامة. وعليه فقد تم تحديد قيمة كائنات القولونيات *Coliform* organisms بحيث لا تتجاوز 23 أو 2.2 قولونيات على 100 مللتر في بعض المعايير لبعض الدول، وفى دول أخرى تم تحديد رقم القولونيات الكلية في حدود 100 كائن على 100 مللتر عند استخدام المياه لري المحاصيل في نظم الري غير المحددة Unrestricted irrigation. أما في غالبية التشريعات فيحدد أقصى عدد للقولونيات البرازية *Faecal coliforms* لعلاقتها بالجراثيم نسبة لتشابه خواص معيشتها البيئية، ومعدل إزالتها أو هلاكها في محطات المعالجة. ولا ينبغي الاعتماد على العدد الكلى للقولونيات لتحديد التلوث البرازي، لاسيما وليس كل القولونيات من مصدر برازي (خاصة في المناطق ذات المناخ الدافئ) إذ أن نسبة كبيرة منها من أصل غير برازي. كما أن القولونيات البرازية ليست بالمؤشر الجيد عند وجود تلوث بالحمات أو بالحيوانات الأوالي أو بالديدان. وينبغي وضع معيار لبيض الديدان (في المناطق الموبوءة بأمراض الديدان) لاحتمال انتشار الأمراض المتعلقة به عند استخدام الماء للري. يبين الجدول (2-24) الخطوط التوجيهية العامة الأمريكية للملوحة في المياه المستخدمة للري، ومن المعروف أن المحاصيل تختلف كثيراً لمدى تحملها للتغيرات في درجة الملوحة أو المواد الصلبة الذائبة. وقد أوضحت الخطوط التوجيهية أن هذه المعايير مهمة للمناطق الجافة وشبه الجافة.

الجدول (2-24)
الخطوط التوجيهية العامة الأمريكية للملوحة في المياه المستخدمة للري

التقسيم	المواد الصلبة الذائبة (ملجم/لتر)	الموصلية الكهربائية (ملليموهوز/سم)
المياه التي لم يلاحظ منها مشاكل خطيرة	500	0.75
المياه التي لها تأثير خطر على المحاصيل الحساسة	500 إلى 1000	0.75 إلى 1.5
المياه التي لها مردود سالب على عدة محاصيل وتحتاج إلى نظم إدارية متأنية	1000 إلى 2000	1.5 إلى 3
المياه التي يمكن استخدامها للنباتات المتحملة في تربة مسامية مع وجود نظم إدارية متأنية	2000 إلى 5000	3 إلى 7.5

المصدر: {USEPA 1975}

يبين الجدول (2-25) أعلى درجات تركيز للعناصر الثقيلة في المياه المستخدمة للري بالتركيز على المعادن الثقيلة والمواد السامة طبقا لنوع التربة والمدى الزمني .

الجدول (2-25)

أعلى درجات تركيز للعناصر الثقيلة في المياه المستخدمة للري

العنصر	المياه المستخدمة باستمرار في التربة (ملجم/لتر)	للاستخدام لمدى 20 سنة في تربة ناعمة النسيج ذات رقم هيدروجيني 6 إلى 8.5
الألمونيوم	5	20
الزرنيخ	0.1	2
البيريليوم	0.1	0.5
الكادميوم	0.01	0.05
الكروم	0.1	1
الكوبالت	0.05	5
النحاس	0.2	5
الفلور	1	15
الحديد	5	20
الرصاص	5	10
المنجنيز	0.2	10
النيكل	0.2	2
السيلينويم	0.02	0.02
الفناديوم	0.1	1
الخارصين	2	10

المصدر : (Rowe et al 1995 ,)

الجدول(2- 26)

دلائل النوعية الميكروبيولوجية الموصي بها لاستعمال المخلفات السائلة في الزراعة

الفئة	ظروف إعادة الاستعمال	المجموعة المعرضة	الدودة الممسودة المعوية الدودة المدورة (ب) (عدد المتوسط الحسابي للبيضات في كل لتر) (أ)	القولونيات البرازية (عدد المتوسط الهندسي لكل 100 مل) (ج)	معالجة المخلفات السائلة المتوقع أن تحقق النوعية الميكروبيولوجية المطلوبة
أ	ري المحاصيل المرجح أن تؤكل غير مطهية، الملاعب الرياضية، الحدائق العامة (د)	العمال المستهلكون الجمهور	≥ 1	≥ 1000(د)	سلسلة من برك التثبيت تصمم لتحقيق النوعية الميكروبيولوجية الموضوعة أو معالجة معادلة
ب	ري محاصيل الحبوب، المحاصيل الصناعية، محاصيل العلف، المراعي والأشجار (هـ)	العمال	≥ 1	لا يوصى بمعيار	الاحتجاز في برك التثبيت لمدة 8 - 10 أيام أو إزالة معادلة للديدان والقولونيات البرازية
ج	ري موضعي للمحاصيل في الفئة ب إذا لم يحدث تعرض بين العمال والجمهور	لا أحد	لا ينطبق	لا ينطبق	معالجة سابقة كما تتطلبها تكنولوجيا الري، لكن لا تقل عن ترسيب أولي

المصدر : منظمة الصحة العالمية 1995

المفتاح

أ) في حالات معينة، ينبغي أن تؤخذ في الحسبان العوامل الوبائيـــة والاجتماعيـــة والثقافية والبيئية، وتعدل الدلائل تبعاً لذلك،

ب) نوعاً الإسكارس (الصفر الخراطيني) والديدان السوطية والديدان الشصية،

ج) أثناء فترة الري،

د) دليل أكثر صرامة (≥ 200 قولونيات برازية لكل 100 مللتر) يلائم المروج العامة مثل حدائق الفنادق التي قد يلامسها الجمهور بشكل مباشر،

هـ) في حالة أشجار الفاكهة، ينبغي أن يتوقف الري قبل قطف الثمار بأســبوعين وينبغي ألا تلتقط أي ثمرة من علي الأرض. وينبغي ألا يستعمل الري بالرشاشات.

يبين جدول(2- 26)المواصفات والدلائل النوعية الميكروبيولوجية الموصى بها من قبل منظمة الصحة العالمية لاستعمال المخلفات السائلة في الزراعة {14،15}.ويتضح أن المحاصيل قد تم تقسيمها إلى مجموعات علي حســـب تعرض المجموعـــة للمخلفات السائلة والدرجة الصحية المتوخاة على النحو التالي :

مجموعة I : تتعلق هذه المجموعة بالحماية المطلوبة لجمهور المستهلكين وعمال الزراعة. وتضم المجموعة تلك المحاصيل التي يمكن أكلها نيئة، والفواكه المروية بالرش، وحشائش الحقول والبساتين والميادين العامة ودور الرياضة.

مجموعة II : تنشد هذه المجموعة الحماية فقط لعمال الزراعة. وتضم المجموعة محاصيل الذرة والمحاصيل الصناعية (مثل: القطن وليف السيزال الذي تتخذ منه الحبال) ومحاصيل الأطعمة المعلبة ومحاصيل العلف والمراعي والأشجار. كما تضم أحياناً الخضراوات التي لا تؤكل نيئة (مثل البطاطا)، أو الخضراوات التي تنمو أعلى سطح الأرض (مثل الفلفليات). وفي هذه الأحوال يجب التأكد من عدم تلوث المحصول عند ريّه بالرشاش أو وقوعه على الأرض، والتأكد بأن تلوث المطبخ بهذه المحاصيل قبل الطبخ لا يأتي بمخاطر صحية. ولتحقيق المعايير والمواصفات والتشريعات لا بد من تكاتف وتعاون الوحدات المختلفة العاملة بالدولة لتحقيق الأهداف المنشودة وتوخى السلامة العامة والمحافظة عليها،

مجموعة III : لا تطلب حماية لهذه المجموعة، وتضم ري المحاصيل في مناطق معينة بالنسبة للمجموعة II عندما لا يتعرض العمال والجمهور لها.

ينبغي إدخال التعديلات الملائمة على المعايير المعدة من قبل منظمة الصلة العالمية قبل اعتمادها لتعالج الظروف المحلية ونتائج الأبحاث الطبية والعادات والتقاليد والموروثات والمحدات الاجتماعية والثقافية والبيئية والدينية بالمنطقة مع إعطاء مرونة أكبر لها متي ما اقتضى الحال وظروف التقانة ذلك. ومن الملاحظ أن الدول العربية قد تبنت دلائل النوعية الموصى بها من قبل منظمة الصحة العالمية لاستعمال المياه العادمة المعالجة في الزراعة .

تمخض اجتماع إعادة التقويم لخبراء البيئة وأخصائي الوبائيات المنعقد في انجلبيرج بسويسرا عن وضع أنموذج للمخاطر الصحية ذات الصلة باستخدام الغائط غير المعالج والفضلات السائلة الزراعية والبيئة المائية وأشار الأنموذج إلى أهمية الأمراض بالترتيب التالي:

أولاً: أوبئة الديدان المَمْسُودة المعوية intestinal nematode مثل الإسكارس وداء المُسَسَّكات Trichuris والديدان الشِصِّية Hookworms

ثانياً: الأوبئة البكتيرية البرازية مثل الدسنتاريا والتيفود والأوبئة الفيروسية البرازية مثل rotavirus والتهاب الكبد المعدي نوع A.

وتم اعتماد النموذج لوضع الخطوط التوجيهية للبراز والفضلات السائلة . وقد

اعتمدت هذه الخطوط التوجيهية على تحاليل دراسات معتمدة لأخصائي الوبائيات؛ والتي أشارت إلى الأثر الصحي من مثل هذا الاستخدام. كما اعتمد النموذج على العوامل التي تؤثر على نقل الجراثيم والممرضات بالفضلات السائلة والبراز. وحددت التوجيهات معياراً للديدان مؤثراً لكل الجراثيم التي يسهل ترسيبها بما فيها الحيوانات الأولى مثل المنشقة Schistosoma والأميبة والجيَارديَّة Giardia. تقترح مجموعة انجلبيرج استخدام برك الموازنة لمعالجة الفضلات السائلة متى ما أمكن. وركزت المجموعة على النوعية الميكربيولوجية للسائل الناشئ من الفضلات السائلة المعالجة المستخدمة للري الزراعي في المناطق المدارية وشبه المدارية.

2-4-3 تشريعات وأحكام إعادة استخدام الماء لتغذية المخزون الجوفي

من المعلوم أن وضع تشريعات لإعادة استخدام الماء لتغذية المخزون الجوفي يساعد على زيادة كفاءة التخزين، وتنقية الماء، وترفيع نوعيته، وزيادة إنتاجية الآبار، والمحافظة على التربة. ويوضح الجدول(2- 27) أنموذجاً لأحد هذه التشريعات المعدة في الدولة الأمريكية.

2-4-4 تشريعات وأحكام إعادة استخدام الماء للترفيه

تضم مناطق الترفيه: السباحة، والتجديفن والسباق المائين والصيد. وتعتمد تشريعات وأحكام إعادة استخدام الماء للترفيه على عدة متغيرات منها:

- نوع الاستخدام،
- صفات السائل النهائي المعالج المستخدم،
- درجة التلامس بين الماء ومرتاد المنطقة،

درجة تركيز المواد الملوثة الموجودة بالمنشأة المستخدمة للماء. فمثلاً بالنسبة للسباحة يمكن أن تأتى الملوثات من مستخدم المسبح (كريم، مستحضرات تجميل، مساحيق، أصباغ، دهان، عرق، زُهْم (مادة دهنية يفرزها الجلد) مخاط، لعاب، أجزاء برازية، بول، أجزاء جلد)، أو من الهواء المحيط (غبار، حبيبات وجسيمات صلبة)، أو من المنطقة المحيطة.

يمكن أن تقسم التشريعات إلى ثلاثة محاور تضم: مناطق الترفيه التي بها تلامس أولي، ومناطق الترفيه التي بها تلامس ثانوي، ومناطق الترفيه التي لا يحدث فيها تلامس بين المستخدم والماء. تضم المناطق الأولى: السباحة والاستحمام والتزلج على الماء، والتي يحدث فيها تلامس مباشر ولفترة من الزمن بين المستخدم والماء مع احتمال شرب كمية من الماء أثناء التواجد فيه. أما المناطق الثانية فتشمل: التجديف، والصيد، وري ملاعب الجولف، والمعسكرات. والمناطق الأخيرة تضم: نوافير الماء، وتربية الأحياء المائية، ومناطق الترفيه المقفولة. يبين الجدول (2- 28) مقترحاً لنوع الماء المستخدم للترفيه في المناطق التي بها تلامس أولي وتلك المناطق التي يتوقع أن يحدث بها تلامس ثانوي.

الجدول (2-27) تشريعات إعادة استخدام الماء لتغذية المخزون الجوفي

المنشط	القيمة (ملجم/لتر)	المنشط	القيمة (ملجم/لتر)
زرنيخ	0.05	عدد بكتريا القولونيات البرازية	23 لكل مائة مللتر
باريوم	2	بورون	0.02
كادميوم	0.01	كلوريد	0.05
كروم	0.15	نحاس	2
سيانيد	0.2	حديد	0.1
رصاص	0.05	منجنيز	0.1
زئبق	0.01	أمونيا	5
نترات (NO_3^-)	10	نتريت (NO_2^-)	0
سيلينيوم	0.01	فضة	0.1
خارصين	10	الرقم الهيدروجيني	5 إلى 9
الحاجة الحيا-كيميائية للأكسجين	10	المواد الصلبة العالقة	10
الرائحة	لا توجد	الزيوت والشحوم	لا توجد
الأكسجين	هوائي		

المصدر: {Rowe et al 1995)

الجدول(2- 28)تشريعات ماء الترفيه

المنشط	تلامس أولي	تلامس ثانوي
النمو الحيوي	لا يوجد	لا يوجد
عدد بكتريا القولونيات البرازية	100/2.2 مللتر	100/2.2 مللتر
الأكسجين الكيميائي (ملجم/لتر)	30	60
المواد الطافية وطبقة الخبث	لا يوجد	لا يوجد
الرائحة	لا توجد	لا توجد
الزيوت والشحوم	لا توجد	لا توجد
الأكسجين الذائب (ملجم/لتر)	10	هوائي
الرقم الهيدروجيني	6.5 إلى 8.3	6.5 إلى 8.3
المواد الصلبة المترسبة	لا توجد	لا توجد
المواد الصلبة العالقة (ملجم/لتر)	5	--
درجة الحرارة (°م)	15 إلى 35	
العكر	1	5

المصدر : {Rowe et al 1995, Lieuwen 1990, WPCF 1989}

التشريعات والأحكام والمعايير والقوانين المتعلقة بإعادة استخدام الماء للصيد

يبين الجدول(2- 29) معايير مقترحة لتلك الأنهار المستخدمة لصيد الأسماك.

جدول (2-29)
المعايير المقترحة للأنهار المستخدمة لصيد الأسماك

المنشط	المعيار المقترح
ثاني أكسيد الكربون	أقل من 12 ملجم/لتر
الرقم الهيدروجيني	6.5 إلى 8.5
الأمونيا	أقل من 1 ملجم/لتر
العناصر الثقيلة	
النحاس	أقل من 0.02 ملجم/لتر
الزرنيخ	أقل من 1 ملجم/لتر
الرصاص	أقل من 0.1 ملجم/لتر
السيلينيوم	أقل من 0.1 ملجم/لتر
السيانيد	أقل من 0.012 ملجم/لتر
الفينول	أقل من 0.02 ملجم/لتر
المواد الصلبة الذائبة	أقل من 1000 ملجم/لتر
المطهرات	أقل من 0.2 ملجم/لتر
الأكسجين الذائب	أكبر من 2 ملجم/لتر
المبيدات الحشرية:	
د. د. ت.	أقل من 0.002 ملجم/لتر
أندرين	أقل من 0.004 ملجم/لتر
مالاثيون	أقل من 0.160 ملجم/لتر

المصدر: {بشير وعصام 1986}

2-4-5 تشريعات وأحكام البيئة البحرية

يعرف القانون البحري {The law of the sea} تلوث البيئة البحرية بما فيها مصبات الأنهار بإدخال مواد أو طاقة في البيئة البحرية بواسطة الإنسان مباشرة أو غير مباشرة لتنتج أو قد تنتج مواداً ذات أثر ضار بالصحة أو مؤذٍ للموارد الحية والحياة البحرية، خطر على صحة الإنسان، عائق للنشاطات البحرية، بما فيها الصيد والاستخدام المشروع للبحر، إفساد النوعية لاستخدام ماء البحر أو تقليل أسباب المتعة. يتأثر تشريع وقانون التخلص من الملوثات في البيئة البحرية على مجمل متغيرات تشمل التالي:

- النواحي الاقتصادية المتاحة،
- استخدام التكنولوجيا الملائمة،

- مستوى المحافظة المطلوب للحد من التأثير السلبي للملوثات على المجتمع والبيئة المحلية والإقليمية والدولية،
- كمية التلوث بالمنطقة،
- إجراء وتطبيق البحث العلمي المحلي ونتاجه،
- تدريب المجموعات (الكفاءات) المهمة للمكافحة،
- زيادة كفاءة المجموعات (الأطر) الفنية،
- وضع الخطط الفاعلة الممرحلة لصد التلوث،
- استقطاب العون الرسمي والشعبي والخيري والدولي،
- خطة حماية البيئة حسب الاستراتيجية القومية،
- الحرص على تنفيذ القوانين والتشريعات وتطبيقها والعمل علي هديها.

تقسم التشريعات البحرية إلى عدة أقسام منها: القانون الدولي لحماية البحار، والتشريعات على المستوى الدولي، والتشريعات على المستوى الإقليمي:

- تؤثر على القانون الدولي عدة عوامل تضم: حرية استخدام البحار، والحقوق المكتسبة للمياه الإقليمية وانتهاكها، والمعايير العامة للقانون الدولي للأنهار (عند وجوده أو بعد التوقيع على أي معاهدة وبروتوكول)، والتعاون الدولي والإقليمي، والمقومات العامة للمسئولية (مثل: جهل أو أخطاء محدث التلوث، والإلمام بمخاطر التلوث، والخبرة والكفاءة والمعرفة العلمية، وطبيعة المبتلي بالتلوث، والبرهان التطبيقي والمنطقي والمؤسس المطلوب عند حدوث التلوث، وتداخل المصالح الفردية والعالمية، وحق الدفاع عن النفس، وحق البقاء والوجود والحاجة)، والمراقبة والتقويم البيئي. وتتغير التشريعات والأحكام على المستوى الدولي بناءاً على درجة واستشراء التلوث ومفرزات التقانة من ملوثات مستحدثة ومتجددة. وتتعلق أهم هذه التشريعات بكل من: التلوث من مصادر في قواعد على البر (مثل الأنهار ومصباتها، وأنابيب الأوساخ، ومنشآت المصب)، والتلوث من مصادر من نشاطات قعر البحر (النشاط البحري القعري، والجزر الصناعية، والمنشآت البحرية)، والتلوث من النشاطات داخل البحر (المواخر والسفن، والمنشآت، والآليات التي تمخر تحت لواء أو مسئولية الدولة، والتلوث بالغمر، وتلوث السفن (تلوث زيتي وتلوث كيميائي بالأوساخ وفضلات المواد السامة والتلوث النووي: من السفن ذات المفاعلات النووية أو تلك الحاملة لمواد مشعة)، والتلوث من دفن وطمر الأوساخ والفضلات (الأوساخ الإشعاعية، والمخلفات بصورة عامة)، وتلوث العمليات البحرية والغلاف القاري والأرخبيل، وتلوث العمليات العسكرية البحرية (العمليات النووية والعمليات الحيوية ومعدات الدمار والردع السامة)، والتلوث بطرق غير مباشرة أخرى.

- تضم التشريعات والأحكام على المستوى الإقليمي: بروتوكولات التآزر والتضامن والتعامل والتنسيق المشترك لمنع حوادث التلوث الزيتي من السفن وغيرها، ومكافحة تلوث المواد المشعة، وقوانين دفن وردم الملوثات في البحار، ومكافحة التلوث من جراء مصادر ذات أصول صادرة من اليابسة، والتلوث بفعل العمليات والاستكشافات الواقعة على الغلاف القاري وعبر البحار، وتطبيق قوانين الحفاظ علي نقاء البيئة البحرية ومنع التلوث، وقوانين التحكم في تلوث مياه اليابسة والهواء والإنتاج المحلى للملوثات التي ربما أثرت بطرق غير مباشرة على البيئة البحرية.
- تعتمد التشريعات على المستوى المحلى على عدة عوامل تضم: التقدم العلمي والتقاني، والنمو الحضاري للمنطقة، ووجود أدوات سبل القياس والأجهزة المخبرية، والكفاءات المهنية والفنية، والنواحي الاقتصادية والاجتماعية السائدة. ويمكن أن تضم هذه التشريعات: تشريعات عامة لحماية البيئة المحلية، وتشريعات رصد تلوث السفن ومواخر البحار، وتشريعات دفن الملوثات المشعة والسامة في البحار، وتشريعات التلوث الناجم عن الغلاف القاري وقعر البحار (من جراء المناجم والتعدين والاستكشافات والعمليات المطردة بالمنطقة)، وتشريعات لأي تلوث صادر من اليابسة ومؤثر على البحار، وتشريعات لأي تلوث بحري ثانوي (عبر الأنهار والمسطحات المائية داخل اليابسة أو من الغلاف الجوى أو من الصناعة وأسس الإنتاج أو التخلص من الفضلات البشرية والحيوانية والزراعية والتجارية وما ماثلها)، وتشريعات للحد من التجارب النووية في البحار.

وأن الملامح الأساسية للائحة العامة لميناء بورتسودان فيما يتعلق بإلقاء القاذورات والزيوت وخلافه في الميناء فقد أشارت المادة 22 منها إلى التالي:

1. لا يجوز لأي سفينة أن تلقي في الميناء أي أوساخ أو فضلات أو مواد كيمائية ضارة بالإنسان أو بالحيوان ويكون إلزاماً على أي سفينة تطلب منها سلطة الميناء التخلص من البقايا التي تستفيد من الخدمات التي تقدمها السلطة لجمع الأوساخ ورميها وتحصل أجور هذه الخدمات بالفئات المنصوص عليها في تعريفة أجور الميناء.
2. لا يجوز لأي سفينة أو مركب أن تضخ أو تفرغ أي زيوت أو مواد ملتهبة أو أن تسمح بشربها – في مياه الميناء والبوغازات وأي مياه أخرى متصلة بها.
3. يجب على كل سفينة تكون موجودة بالميناء أن تقفل دورات مياهها ومراحيضها متى ما طلبت منها سلطة الميناء ذلك ولا يجوز في أي وقت أن تلقي بأي نفايات أو أقذار أو براز من أي سفينة على أي جزء من الرصيف.

4.يجب أن يقذف عادم البخار والمياه وكل ما يخرج من السفينة من جانبها الأسفل تحت مستوى الرصيف وذلك بخرطوم أو أي جهاز آخر ويجب أن تغطى جميع مواسير المياه والبخار تغطية كافية.

2-4-6 تشريعات السائل النهائي وخواص الأوساخ لمعالجة الفضلات البرازية غير الداخلة لشبكة الصرف الصحي

يبين الجدول(2- 30) التشريعات والخطوط التوجيهية المقترحة للسائل النهائي وخواص الأوساخ لمعالجة الفضلات البرازية غير الداخلة لشبكة الصرف الصحي. وقد ذُكر . أن هذه الخطوط التوجيهية تحتاج إلى اختيار على ضوء: الظروف المحلية، والنواحي الاقتصادية، وخواص الأوساخ البرازية. وقد تظهر الخطوط التوجيهية أكثر يسراً مقارنة بالتشريع المتعلق بالتخلص من الفضلات المنزلية عبر شبكة الصرف الصحي؛ غير أن وضع تشريع أكثر صرامة قد يقود إلى الاحتياج إلى زيادة الاستثمار وطلب تقانة متقدمة مما يؤدي إلى صعوبة وزيادة تكلفة الصيانة والتشغيل.

الجدول (2-30)

مقترح خطوط توجيهية لخواص السائل النهائي والحماة من محطات معالجة الأوساخ البرازية

	COD ملجم/لتر	BOD ملجم/لتر	NH_4-N ملجم/لتر	بيض الديدان (عدد/لتر)	القولونيات البرازية (عدد/مائة لتر)
(أ) السائل النهائي معالجة من أجل التخلص في الموارد المائية المستقبلة له					
• نهر أو خليج موسمي					
• غير مرشح	300 إلى 600	100 إلى 200	10 إلى 30	2 إلى 5	10^4
• مرشح	100 إلى 150	30 إلى 50			
• نهر مستمر أو بحر					
• غير مرشح	600 إلى 12	200 إلى 500		10	10^5
• مرشح	150 إلى 25000	50 إلى 70	20 إلى 50		
معالجة لإعادة الاستخدام					
• ري مقيد	غ	غ	@	# 1	# 10^5
• ري خضراوات	غ	غ		# 1	# 10^3
(ب) الحماة المعالجة من المحطة	غ	غ	غ	3 إلى 8/جم مواد صلبة كلية##	مستوى مقبول عند مواكبة معيار البيض
• استخدام في الزراعة					

المصدر : {Heinss et al 1998}

المفتاح

غ = غير حرج
@ = معدلات الري وخواص السائل النهائي يجب اختيارها بحيث لا تتجاوز احتياجات المحاصيل من النيتروجين (100 إلى 200 كجم نتروجين/هكتار.سنة اعتمادا على المحصول)
# = WHO 1989 Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture, Technical Report Series 778.
= استنادا على تحميل بيض ديدان ممسودة nematode eggs على وحدة المساحة السطحية حسب الخطوط التوجيهية لمنظمة الصحة العالمية للري بالفضلات السائلة 1989، واستنادا على معدل تسميد 2 إلى 3 أطنان من المواد الجافة للهكتار في السنة

2-4-7 ملامح من قانون صحة البيئة السوداني

عرف قانون صحة البيئة لعام 1975م تلوث الماء بصرف أو إضافة أي أدران أو أوساخ أو سائل أو غاز أو مادة كيميائية أو حيوية في مصادر مياه الشرب العامة أو الخاصة أو الآبار أو الحفائر والتي تؤثر على نوع الماء وعلى طرق استخدامه المختلفة أو تضر بصحة البيئة . وأشار الجزء الثالث من القانون إلى تلوث الماء وأبان البند الثامن منه (أنظر المرفق 8 للنسخة الأصلية باللغة الإنجليزية) " لا يحق لأي شخص تصريف أو إلقاء أو محاولة تصريف وإلقاء أي عناصر صلبة أو سائلة أو غازية في مصادر مياه الشرب، ومجاري الأنهار وأفرعها، الحفير، البئر أو البحر بأي صورة ضارة أو يحتمل أن تضر بالإنسان أو صحة الحيوان واستخدام الماء بالإنسان لأي غرض، ودون تحيز لعموم ما سبق لا يقوم أي شخص بإلقاء التالي في مصادر مياه الشرب:

أ. أي نفاية صناعية صلبة أو سائلة أو غازية معالجة كانت أم غير معالجة.

ب. أي مادة كيميائية مستخدمة في الصناعة معالجة كانت أم غير معالجة.

ج. أي أوساخ سائلة خام أو أوساخ سائلة نابعة من دورات المياه، والمطبخ، والحمامات أو مراحيض الحفرة.

د. أي بقايا صلبة غير مرغوبة معالجة كانت أم غير معالجة، ناتجة من الاستخدام البشري للمساكن والمصانع أو غيرها من المناطق العامة.

ه. أي حيوان ميت أو بقاياه، أو حيوان عالق في أو بجوار أي بحر أو نهر أو فرع يتدفق في أي نهر أو حفير أو بركة طبيعية أو بئر أو قناة.

وتشير المادة 9 من القانون على أن يعمل كل مسئول صحة في الولاية على:

أ. التحكم في مصادر مياه الشرب العامة والخاصة، ومشاريع مياه الشرب، وأن تقوم بأخذ العينات منها للتأكد من النوعية وأنها خالية من التلوث.

ب. فحص التوزيع أو أي موارد لمياه الشرب في المدن والقرى بغرض ضمان وصول المصادر للموطنين خالية من التلوث.

ج.عمل الفحص الطبي الدوري للعاملين الذين يعملون في الموارد أو التوزيع أو إمداد الماء المستخدم للشرب لضمان خلوهم من أي مرض معد يحتمل نقله بوساطة الماء.

د.أخذ الاحتياطات لتنقية مصادر المياه المعرضة للتلوث لجعلها صالحة للاستهلاك.

وتشير المادة 10 من القانون إلى:

1.على أي شخص أو جهة مسئولة تقوم بتخزين أو إمداد الجمهور بماء شرب عبر القطاع العام أو الخاص أن يذعن للشروط الصحية الصادرة من وزير الصحة من فترة لأخرى.

2.دون التحيز لعموم ما سبق من بنود لا يسمح لأي شخص أو جهة مسئولة في القطاع العام أو الخاص:

أ.إمداد الجمهور بماء شرب قبل أن يتم فحصه بوساطة لجنة فنية مكونة بجهة مسئولة مؤهلة قبل أن يحصل هذا الشخص أو الجهة المسئولة على شهادة منها بأن الماء صالح للاستعمال.

ب.إمداد الجمهور بماء شرب مضاف إليه مواد صلبة أو سائلة أو غازية أو مشعة يحتمل أن تضر بصحة الإنسان.

ج.إنشاء مبان، ومخيمات، وحدائق، ومراع، أو مزارع بالقرب من المواقع المعينة لتجميع مياه الأمطار أو بالقرب من الأنهار التي تجري فيها أو الأنهار التي تمد الحفير أو مشاريع المياه الهندسية.

د.تعيين أو تشغيل أي عامل إلا إذا أتم الفحص الطبي وثبت خلوه من أي أمراض معدية.

وتشير المادة 12 من القانون إلى: إمكانية السماح للجهات الصحية بتصريف الفضلات السائلة المعالجة والنفايات الصناعية في المجاري الصحية بعد خضوعها للتالي:

أ.إذا كان المجرور قناة تستخدم فقط للفضلات السائلة المعالجة أو قناة خلط تستخدم لكل من الفضلات السائلة المعالجة أو النفايات الصناعية مع المياه الطبيعية لري الأراضي الزراعية:

* النسبة المئوية للأكسجين الحيا-كيميائي تكون أقل من 20 جزء في المليون من وزن الماء.
* نسبة المواد الصلبة العالقة أقل من 30 جزء في المليون من وزن الماء.
* يجب ألا تكون هنالك مواد كيميائية مركزة في الماء المعالج تؤثر على صحة الإنسان أو الحيوان أو تعمل على أذى المحاصيل.

- تتخذ الجهة الصحية الإجراءات التي تمنع الإنسان أو الحيوان من استخدام الماء المعالج لغير أغراض ري الأراضي الزراعية

ب.إذا كان المجرور حوض بخر أنشئ لذلك الغرض:

*يجب أن يبعد موقع الحوض من المنطقة السكنية في القرية أو المدينة.

*يجب تشييد الحوض بصورة تمنع التسرب.

*يجب أن يصمم المجرور الداخل للحوض بصورة تمنع توالد البعوض.

ومن المفيد ذكره أن هنالك مشروعاً لقانون آخر لصحة البيئة يتضمن في ثناياه النواقص التي واكبت قانون 1975 في طور الإجازة من جهات الاختصاص. ومن سماته العامة توضيح الاختصاصات للوزارة الاتحادية والوزارات الولائية، وتكوين لجان صحة البيئة بها، وحظر التصريف بالمصانع وغيرها، وإزالة ما يضر بصحة البيئة، ومنع تلوث المياه، ومراقبة مياه الشرب، وشروط حفظ وإمداد مياه الشرب، والرقابة ضد أوبئة مياه الشرب، وتصريف المجاري والفضلات الصناعية السائلة، وتلوث الهواء بالتركيز على مواقع الصناعات وأماكن حرق الأوساخ والكمائن ومنع تلوث الهواء، وحظر إلقاء النفايات دون تصديق .

وهنالك مشروع قانون حماية البيئة لسنة 1999م والذي عرف في الباب الأول والفصل الأول من أحكامه التمهيدية البيئة على النحو التالي "البيئة الطبيعية بمكوناتها من العناصر الأساسية كالماء والهواء والتربة والنبات ومجموعة النظم الاجتماعية والثقافية التي يعيش فيها الإنسان والكائنات الأخرى ويستمدون منها قوتهم ويؤدون فيها نشاطاتهم"؛ ثم عرف حماية البيئة "يقصد بها حفظ التوازن الدقيق للبيئة وعدم المساس بهذا التوازن ومنع تدهورها وترشيد الاستغلال حسب طاقة الموارد"؛ وعرف التلوث "يقصد به التغيرات المستحدثة في البيئة والتي ينتج عنها للإنسان والكائنات الحية الإزعاج أو الأضرار أو الأمراض أو الوفاة بطريقة مباشرة أو غير مباشرة أو إفساد العناصر الأساسية للبيئة أو الإخلال بأنظمتها السائدة والمعروفة". وقد أوضح الفصل الثاني من الباب الثاني من القانون {قانون حماية البيئة 1999} في البند 11 ب ملوثات الماء على أنها:

1.تسرب النفط أو مشتقاته،
2.مخلفات المصانع السائلة،
3.النفايات المنزلية السائلة وغيرها،
4.مخلفات الصرف الصحي والقمامة،

5. التلويث بأي طريقة أخرى بواسطة الإنسان بالتبول أو إلقاء القاذورات والمواد الضارة في أي مصدر من مصادر المياه أو بأي وسيلة أخرى تتلف أو تحدث تغيراً ضاراً بهذه المصادر.

غطى القانون {قانون حماية البيئة 1999} في مجمله: أهدافه، وتشكيل المجلس الأعلى لحماية البيئة، والسياسات والموجهات لحماية البيئة، وإنشاء الصندوق القومي لحماية البيئة، وواجب الأشخاص الطبيعية والاعتبارية، والمخالفات والجزاءات والعقوبات، وأنواع ملوثات الهواء والماء والتربة والنبات، والمحكمة المختصة، وتوقيع العقوبة الأشد، ومعايير مكافحة التلوث ووسائله، وتطبيق أحكام الاتفاقيات الدولية، وسلطة إصدار اللوائح.

2-5 التخطيط السليم

في بعض المناطق العربية، والشرق أوسطية لم يواكب شح المياه، أو نضوب معينها، تقليل لاستخدام الماء أو ترشيد استغلاله، حتى عندما يتدفق الماء من مصادر غير متجددة، ساعدتها محطات التحلية لاستعذابه، رغم ازدياد تكلفة تنمية الماء، وتزكيته، وإصلاحه عند الحاجة والضرورة، كما هو الحال في معظم دول الخليج العربي، عند استخدام الماء للبلديات والصناعة والزراعة. وفي هذا سوء استغلال لهذا المورد الحيوي الهام، الشيء الذي ينتج عنه آثار ضارة وفادحة؛ لاسيما وللماء أثر جلي في الحياة، وإنتاج الغذاء وصناعته. ومن المعلوم أن معظم مصادر الماء العذب والمتجدد (الماء التقليدي)، مثل: الأنهار، والبحيرات، والماء الجوفي، قد تم اكتشافه (وربما الاستغلال التام له بنهاية القرن الحالي) في بلدان الشرق الأوس وشمال أفريقيا ،لاسيما وتقل الأمطار في هذه المناطق الجافة ويزداد البخر بمعدلات قد تصل إلي أكثر من عشرة أضعاف تهاطل الأمطار. وبمقارنة المياه المتاحة بالدول العربية بالمتاح على المستوى العالمي، يتضح أنها لا تتعدى نسبة 0.62 بالمائة من الموارد المائية المتاحة عالمياً. كما وأن متوسط نصيب الفرد العربي من المياه هو في حدود أقل من ألف متر مكعب في السنة وهذا المتوسط أقل بكثير من متوسط نصيب الفرد على المستوى العالمي والذي يقدر بحوالي سبعة ألف متر مكعب في السنة يبين الجدول (2-31) الموضوعات الرئيسة ذات الصلة بالتدهور الكمي والنوعي لموارد المياه السطحية والجوفية في الوطن العربي. ويشير الجدول أيضاً إلى مدى تأثير هذه المسببات، حيث يختلف مدى التأثير الزماني والمكاني باختلاف المسببات .

ومن أهم العوامل المؤثرة، وربما المصعدة، لمشاكل ندرة الماء وقلته بالمنطقة التالي :

- الجفاف والتصحر، والتدهور البيئي،

جدول (2-31)
القضايا الرئيسة ذات العلاقة بتدهور كمية ونوعية المياه السطحية والجوفية في الدول العربية

المسبب الرئيس	الآثار الناتجة	مدى التأثير		عوامل التحكم
		المكاني	الزماني	
التقلبات المناخية	انخفاض كمية مياه الأمطار وتغير أنماط سقوطها. تغير أنماط تدفق المياه السطحية وكمية المياه الجوفية. زيادة البخر وبالتالي الفقدان في كمية مياه المستنقعات والخزانات	إقليمي	مستمر	- تطوير البحوث - توفر محطات الرصد
الموقع الجغرافي	تحديد إمكانية تخزين المياه. استخدام المياه استخداماً اقتصادياً. (نقل المياه)	محلي	مستمر	- القدرة المالية - توفر التكنولوجيا
التسرب	-فقدان في كمية المياه	محلي	متغير	-اختيار المواقع المناسبة لتخزين المياه. - تبطين قنوات نقل المياه أو استخدام الأنابيب. - تجنب بقدر الإمكان استخدام الأراضي ذات النفاذية العالية للري.
إنجراف التربة	التأثير على نوعية المياه. الأطماء بالخزانات وقنوات الري وتقليل سعاتها وارتفاع تكلفة صيانتها.	محلي/إقليمي	متغير	-رفع الوعي الشعبي بعدم قطع الغابات وممارسة الرعي الجائر. - عمل التصميمات المناسبة للخزانات. - استخدام التكنولوجيا

				المتطورة الاقتصادية لصيانة الخزانات والقنوات.
السدود والخزانات	التأثير على نوعية المياه. التغير في المجاري المائية خلف الخزانات وأثر ذلك على طبيعة الاستخدام	محلي/إقليمي	مستمر	- شبكات رصد وقياس لتحديد نوعية وكمية التأثير - استخدام الأساليب المناسبة للحماية.
التوسع الحضري والنمو السكاني	التأثير على نوعية المياه بطرح مياه الصرف الصحي. زيادة الطلب	محلي/إقليمي	متغير	- التخطيط السليم. - دقة تحديد احتياجات الفرد من المياه. - وضع الأطر التشريعية والقانونية المناسبة.
الاستغلال المتزايد لموارد المياه الجوفية	التأثير على نوعية المياه خاصة في المناطق الساحلية نتيجة لتداخل الموارد الجوفية مع مياه البحر.	محلي	متغير	- تقنين ضخ المياه الجوفية
استخدام طرق الري التقليدية	فواقد مائية عالية	محلي/إقليمي	متغير	- تحسين طرق الري التقليدية. - استخدام طرق الري الحديثة
مياه الصرف الصحي والزراعي	تلوث المياه وبالتالي التغيير في نوعيتها	محلي	متغير	- المراقبة المستمرة لنوعية المصدر المائي من خلال شبكات رصد. - وضع أسس ومواصفات لطرح مياه الصرف الصحي

				والمخلفات على الموارد المائية.
التأثيرات المحتملة على موارد المياه المشتركة	تدهور نوعية المياه. تقليل كمية المياه.	إقليمي	متغير	- تعزيز التعاون بين دول الحوض المشترك

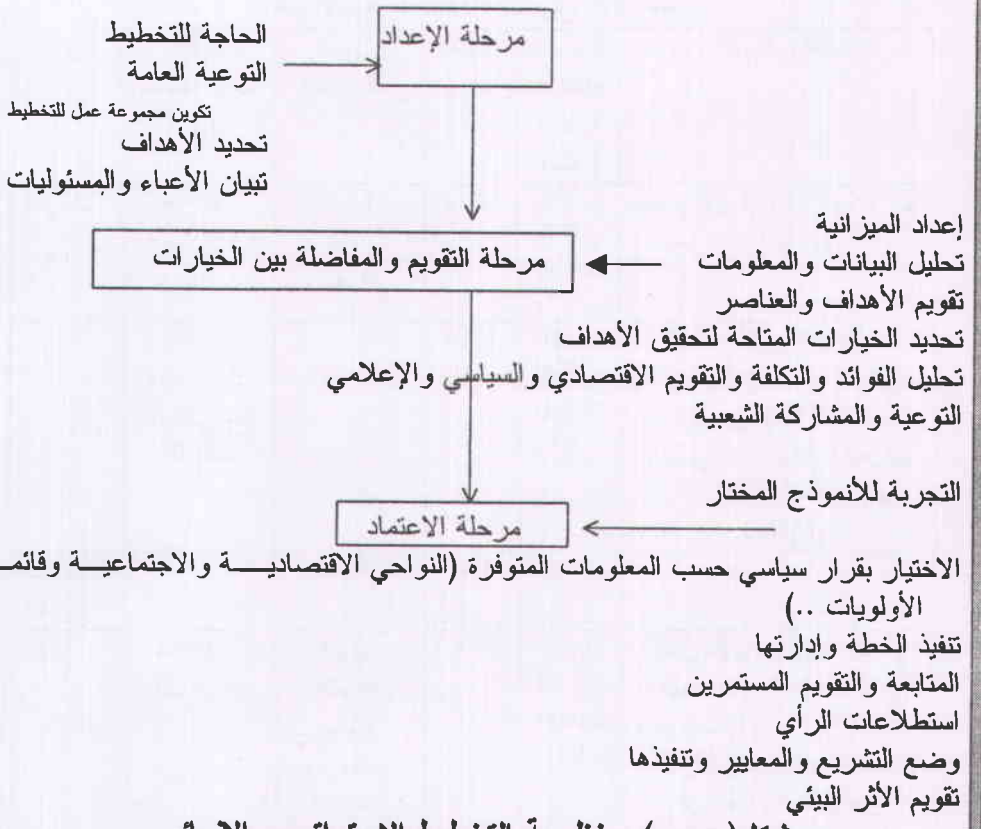
- شح الموارد المائية العذبة بالمنطقة المعنية (أنظر الجدول2- 32)،
- سوء اختيار مواقع المدن أو تعذر وضعها بالقرب من مصادر الماء الطبعية،
- توزيع الماء على البسيطة،
- محدودية التوسع، وإيجاد مصادر مائية باستخدام التقانة المحلية المتاحة،
- الإفراط في استغلال المصادر والموارد المائية غير المتجددة،
- النمو السكاني (عوامل معدلات النمو، والتكاثر، والهجرة، واللجوء، والنزوح، والتشرد)،
- الزيادة المطردة في مستوي معيشة الفرد، واستهلاك الماء،
- النمو التجاري والتنمية عبر تنفيذ استراتيجية وخطط متغيرة،
- التطور الصناعي والذي نتج عنه مستوى متغير من الاحتياج اعتماداً على النشاط الصناعي والكثافة الصناعية المزدهرة بالمنطقة،
- زيادة الرقعة الزراعية بغرض الاكتفاء الذاتي للغذاء أو من أجل المنافسة. ومن المتوقع ازدياد الحاجة للماء إلى حدٍ كبيرٍ قد يصل في بعض المناطق إلى عشرة أضعاف كل الاحتياجات والاستخدامات الأخرى،
- تدهور نوع الماء الجوفي بالتلوث الملحي وغيره، مع قلة التغذية الجوفية،
- تدهور النظم في بيئات صعبة،
- زيادة تراكم معدلات الملوحة في التربة والماء الناتجة عن الزراعة المروية، وبسبب غياب الصرف الجيد مما يهدد إنتاج المحاصيل،
- استخدام الماء العذب للتشجير، والتخضير، والزينة، وري الحدائق العامة، والمناظر الخلابة، ونوافير الماء، وسبل الترفيه المائية الشيء الذي له أثر مقدر على الاحتياج المائي.
- عند التفكر في تخطيط نظم الإدارة المائية لا بد من النظر إلى مكافحة التلوث، والتحكم في الفيضانات، واستصلاح الأرض بغية إيجاد الحلول العملية والمقبولة، والمفاضلة بين المتطلبات المتنافسة للاستخدام الأمثل للموارد المائية. إن التخطيط المتزن للموارد المائية مطلب أساسي للنظر المستقبل في نظام ديناميكي لا يتأتى بوجود الإمكانات المالية، والكفاءات الوطنية المؤهلة فقط، إنما تؤثر عليه عوامل اقتصادية، وسياسية، واجتماعية، وفنية متعلقة

الجدول(2- 32)
أهم الأنهار بمنطقة الشرق الأوسط

النهر	متوسط الدفق ومنطقة قياسه ($م^3$)	الدول المشتركة	الطول	مساحة المنطقة الجابية ($كلم^2$)	أهم الروافد
الفرات	10×30^9 حدود تركيا وسوريا	تركيا وسوريا والعراق	2330	233000 إلى 444000	خابور (10×1.8^9) وكاراسو ومراد ومنظور وبيري
دجلة	10×48.7^9 مقدرة عند الملتقى مع الفرات		1718	171800 إلى 258000	الزاب الكبير (بين تركيا والعراق 10×13.2^9) والزاب الصغير (10×7.2^9) وديالي(بين إيران والعراق 10×5.7^9) العظيم (نهر داخلي)
شـــط العرب		العراق	190	19000	
النيل	10×84^9 عند أسوان	إثيوبيا والسودان ومصر وبروندي ورواندا ويوغندا وكينيا وتنزانيا والكنغو	6690	3007000 إلى 2800000	النيل الأبيض (10×28^9) والنيل الأزرق (10×54^9) وسوباط (10×13.5^9) وبحر الغزال وبحر الجبل وبحر الزراف والعطبراوي (10×12^9) والرهد والقاش
الأردن	10×1.85^9	لبنان وسوريا وفلسطين والأردن	228	18300	اليرموك (10×400^6) ودان (10×245^6) وحسباني (10×138^6) وبنياس (10×121^6)

المصدر {Brandon 1986, Murakami 1995 } المنظمة العربية للتنمية الزراعية 1999.

بالمنطقة وظروفها. قد تضم منظومة التخطيط الإستراتيجي الإنمائي مراحل الإعداد والتقويم والاعتماد (أنظر شـــكل2– 21).



شكل(2– 21) منظومة التخطيط الاستراتيجي الإنمائي

إدارة القطاع المائي

يمكن تعريف قطاع إدارة الماء بتخصيص مصـــادر المـــاء لأفـــرع جـــهات مستخدمة لها بإذن أو رخصة، طبقاً لنظم تتبع من السياسة المائية، والاســتراتيجية القومية، والخطط التنموية المنبثقة عنها والتابعة لجهات الاختصـــاص الفاعلـــة. وتخاطب نظم الإدارة المؤسسات الحقيقية، والقـــانون، واللوائـــح، والموجـــهات، وغيرها من المحاذير القانونية، وأجهزة التحكم المؤسس التي يحتاج إليها لإحـداث التغيير، وتحقيق المرامي والأهداف. ومن المهم أن تستند تنمية الماء وإدارته على طرق المشاركة التي تضم قطاعات المهندسين وقواعدهم، والجمهور المســـتهلك، ومخططي المدن، وأخصائي التمويل والمصادر المالية، بالإضـــافة إلى البيئيين،

وصناع القرار السياسي ، وأن تكون السياسات المائية الموضوعة، والاستراتيجية التي بنيت عليها الخطط المفصلة سهلة الفهم والتطبيق، ومناسبة للتنفيذ بوساطة الإدارة الهندسية المعنية، والقطاع المائي، والجمهور المستفيد.

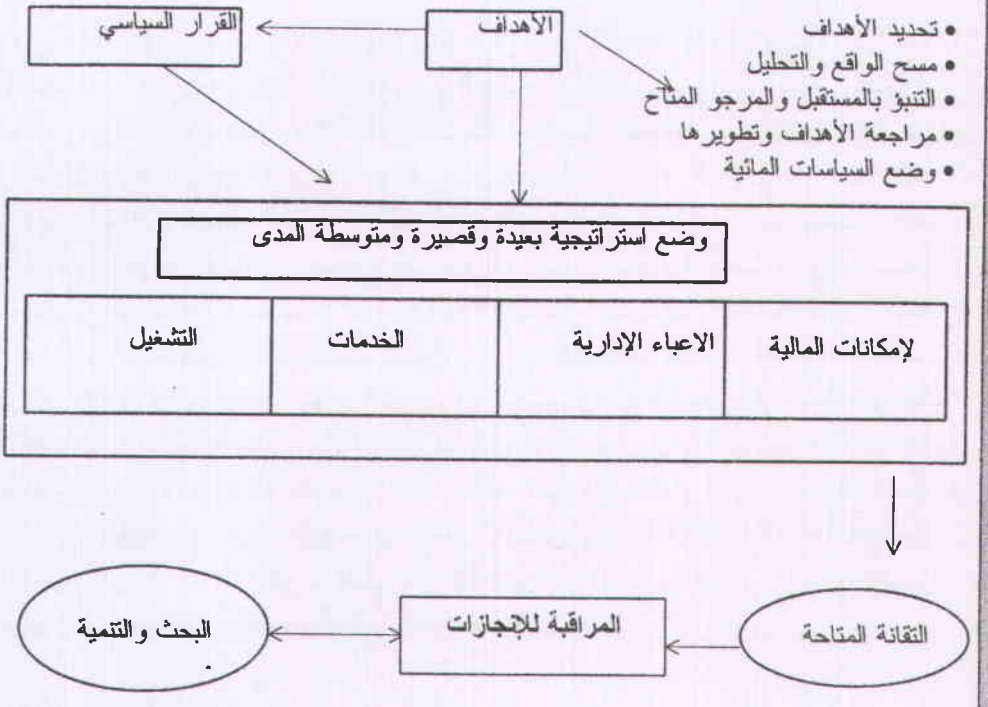
ومن نافلة القول إنه من الآمن، والأنسب، أن تقوم كل منطقة، أو إقليم، على حدة بوضع نظم إدارية، وتخطيطية للموارد المائية المتعلقة بها، وذلك نسبة لاختلافات الطقس، والمناخ، وهيدروليكية المنطقة الجابية المحيطة وهيدرولوجيتها، والعادات، والتقاليد، والأعراف، والعقائد، والسلوك، والنمو السكاني، واستراتيجية خطط التنمية، والتقانة المتاحة، والعمالة الماهرة المدربة، وأولويات البحث العلمي وأهدافه والمرجو المتاح. ويحتاج للإدارة الجيدة لموارد الماء، ومصادره، للمشاريع الراهنة والمستقبلة: للزراعة، والصناعة، وتخطيط المدن، وتوليد إنتاج الطاقة، وغيرها من الاحتياجات الضرورية ومخططات التنمية المستدامة التي توافق الاحتياجات الحالية دون التفريط في مقدرة الأجيال القادمة لمواكبة الاحتياجات الخاصة بها ، والاقتصاد الشامل المتوازن، والتنمية الاجتماعية المتمشية مع الأهداف الاستراتيجية، والمبنية على الاستخدام العقلاني الفيصل، والإدارة الجيدة للموارد والمصادر. ومن الأفضل بالنسبة للإدارة الفاعلة الفصل الصارم بين الوحدات التي تتعامل مع الماء بوصفه مصدراً ومورداً، وبين تلك الوحدات المستخدمة للماء والقائمة علي تنميته.

الخطة القومية المائية

تهدف عملية التخطيط المائي للوصول إلى الاستخدام الأمثل للماء لتلبية الاحتياج، ولمواكبة التحديات . وينشد التخطيط المائي إيجاد موازنة بين الاحتياجات المائية، والمتاح من المصادر والموارد .ويعتمد تخطيط مصادر وموارد الماء وسبل تنميتها علي الاعتراف بالتداخل الوثيق والربط بين دورة الماء الهيدرولوجية وغيرها من النظم مثل: استخدام الأرض، والمحافظة علي التربة، وإدارة المنطقة الجابية، واستخدام وإمداد الماء الجوفي، والتصريف، والتحكم في الأحياء والبيئة المائية، والمجتمع، وتوزيع السكان، والموارد الاقتصادية، والرفاهية الاجتماعية، والصحة العمومية وغيرها من العوامل المؤثرة. كما يحتاج في التخطيط المائي إلى معرفة النواحي السياسية، والمالية، والمنهجية، والتقانية، ومستلزمات التقويم، والتنسيق بين منظومات إدارة الماء والتخطيط .

يحتاج إلى التخطيط الاستراتيجي للتحكم في النظام المركزي، أو لوضع إطار للإبداع والحداثة، أو لمساعدة التغير المؤسس، أو لتحديد الموارد والمفاضلة مع القوى السياسية، أو للبحث العلمي المستقبل. التخطيط الاستراتيجي عملية مستمرة

ونشاط مشترك لكل الأجهزة الإدارية والتنفيذية بغرض التقويم والمراجعة ووضع وتطوير الخطط الاستراتيجية بعيدة المدى لتحقيق الأهداف (أنظر شكل 2-22).



شكل(2- 22) معينات التخطيط الاستراتيجي

تهدف الخطة القومية للماء إلي تحقيق المقاصد التالية:

- التنمية الكفؤة والاقتصادية التي تفي بمتطلبات الجمهور وزيادة رفاهيته،
- الحصول علي أكبر قدر من المنافع والريع،
- التركيز على تحسين البيئة وتلافي التلوث،
- حماية السياسة الغذائية،
- إنشاء وتنشيط وحدة منظمة لتخطيط الموارد المائية، وتنميتها، وتفعيل الاختيار القومي للمشاريع، والبرامج، والسياسة التي تعين علي الإتيان بالتنمية القومية ذات الجدوى الاجتماعية والاقتصادية،
- تحديد المطلوبات، ووضع البدائل، وتقويم الأثر والوقع، واختيار الطرق الملائمة للعمل، وتفعيل المشاركة والتعاون، والتنسيق فيما يتعلق بالموارد المائية،
- تصميم استراتيجية مالية، وإدارة لموارد ومصادر الماء،

- التنسيق بين برامج الماء والمنظمات ذات الصلة،
- تقويم المياه القومية،
- استقراء سيناريو إمداد واحتياج الماء في المستقبل،
- إجراء الأبحاث المائية الموجهة للإصلاح والتزكية، والعمل علي تطبيق النتائج المشجعة،
- توجيه ودعم برامج تخطيط المياه المحلية والإقليمية،
- السماح بإنشاء مشاريع الماء الفاعلة،
- اكتشاف موارد مائية جديدة والحفاظ على القديم منها،
- تصميم وتنفيذ نظم فاعلة لتوزيع الماء للجمهور المستهلك،
- تقوية الإطار القانوني والمؤسس ليفي بالإدارة الفاعلة لمصادر الماء متمشياً مع أولويات واستراتيجية التنمية الوطنية طويلة الأجل،
- وضع استراتيجية لحفظ الماء، وترشيد استعماله للإيفاء باحتياجات الماء الصالح للشرب، ورفع كفاءة الزراعة دون زيادة الاستهلاك ،وتحديد التنمية الزراعية المستقبلة،
- الاستخدام المستدام، والمحافظة علي المصادر والموارد المتجددة في المنظومة الوطنية،
- التحكم في تنمية الموارد والمصادر غير المتجددة (غير التقليدية) مثل: المياه الجوفية عبر الحفريات، والماء الجوفي الملح، ومياه البحار، ومياه الصرف المالحة، والسائل النهائي من محطات معالجة الفضلات السائلة،
- زيادة الموارد والمصادر، أو ربما تغيير نظم الاستهلاك لتحقيق الكفاية المائية حسب الأولويات،
- تحديد المنظمات الرئيسة المسئولة عن التخطيط الاستراتيجي والتمويل بالمنطقة،
- العمل علي تنفيذ الخطة القومية من منظور المحاور السياسية، والتقانية، والمالية، والقانونية،
- كسب الموافقة السياسية للخطط،
- وضع وتطوير استراتيجية متكاملة بعيدة المدى لكل خدمات المياه،
- العمل على ربط المواصفات الخدمية والموارد المالية بصورة أكثر دقة في خطة الاستراتيجية المائية،
- وضع أهداف التشغيل،
- التركيز على تخطيط العوائد والمنصرفات،
- التركيز على التحليل والدقة فيه،
- إنتاج خطط تشغيلية متوسطة المدى على مستوى الولايات،

- إعطاء نوع خدمة مقبول تأخذ في حسبانها: التكاليف، والأثر البيئي؛ وتقوم بمعالجة القصور عبر فترة زمنية معقولة،
- تحقيق الأهداف الزمنية بأقل تكلفة وبكفاءة متزنة النمو والاستقلال الأمثل للموارد البشرية والمادية،
- مواكبة الأهداف المالية والمحدات المالية المجازة في تناغم مع إدارة المياه لتحقيق غايات متطلبات الأداء للقوى البشرية،وتكاليف التشغيل بناءً على ميزانية مفصلة لكل نشاط وهدف،
- البحث العلمي الموجه،
- تدريب الكفاءات البشرية،وتطويرها، وتنميتها، وبناء القدرات،
- استشارة المستهلك واستطلاعات الرأي،
- مشاركة القطاع الخاص،
- إنتاج نوع جيد من الماء لمقابلة الاحتياجات المتنامية للسكان،والصناعة،والزراعة،مع ترشيد الاستخدام،
- نشر الخدمات الصحية،والتخلص الأمثل من الفضلات في مواكبة مع زيادة الاستهلاك، والنمو السكاني، والزيادة في حجم المدن بسبب الهجرة من الريف، والتنمية الزراعية والصناعية،
- تحقيق الصرف والسيل بصورة جيدة، ودرء آثار الفيضانات للعمران والزراعة،
- تحقيق نظافة عامة للموارد المائية،
- الاستخدام الأمثل للماء في كل الأغراض بما فيها الترفيه والرياضة والسباحة،
- النظر إلى أهمية وضع استراتيجية الأمن المائي،
- الحد من توقعات الفقر المائي،
- العمل على تزاوج إنتاج الماء بالطاقة النظيفة بما فيها الطاقة النووية، والشمسية، والهيدرولوكية، والرياح،
- الاستخدام الاستراتيجي لمصادر الماء غير التقليدية للتزكية والإصلاح (التنمية) بما فيها الماء الأجاج، وماء البحار، والمياه المستخلصة من معالجة الفضلات السائلة، وعائد دفق الري،
- التخطيط لمصادر الماء من أجل السلام بالمنطقة (سلام الماء)،
- وضع اتفاقيات ملائمة ومبنية على المفاوضات لمياه الأنهار والماء الجوفي المشتركة بين الدول والإدارة المثلى لهذه الموارد وتنميتها وتنسيقها،
- المحافظة على المياه الجوفية غير المتجددة من الحفريات وعدم استخدام هذا الاحتياطي الاستراتيجي إلا في حالات الطوارئ والاستخدام قصير المدى لأغراض معينة،

- التركيز على ترشيد استخدام الماء، والمحافظة عليه، والإدارة المستدامة لموارد الماء بغرض التنمية الاقتصادية في المنطقة، وإعادة توزيع أولويات الاستخدام المائي،
- العمل على أن تحوي الخطة الاستراتيجية للماء مؤثرات التقانة، والسياسة، والآثار البيئية،
- التفكر في كيفية استخدام الموارد المائية للدخول للعولمة والمعلوماتية.

محاور الخطة القومية للماء

من أهم المحاور الأساسية التي تحدد الخطة الرئيسة وتوصيفها لقطاع إدارة الماء التالي:

- تحديد الأهداف والمرامي،
- وضع الافتراضات والأفكار المطورة لتحقيق الحلول المثلى،
- تحديد المشاكل واحتمالات تناغم فرص الماء، وموارد الأرض ذات الصلة مع أهداف وأولويات المحلية، والمقاطعة أو الولاية،
- تحديد مدي يناسب أفق التخطيط (عادة تؤخذ فترة عشر سنوات)،
- تحديد مدة التخطيط لتقدير حجم مشاريع المياه، وإيجاد احتياجات امتداد النظام (عادة تؤخذ فترة خمسين عاماً)،
- تعيين مشاريع تنموية وفقاً للخطة القومية الشاملة،
- تبيان هياكل المؤسسات والجمعيات ذات الصلة بالماء، ووضع توصيف لوحداتها،
- وضع استراتيجية إدارة الماء، وتحديد الحلول، والتقويم الفعلي،
- وضع التشريع الأمثل للتحكم في استخدام الماء والمحافظة عليه،
- تقييد واستقراء وتحليل البيانات والمعلومات ذات الصلة بالمورد والمصدر المائي،
- تشكيل الخطط البديلة، وتقويمها، ومقارنتها،
- وضع خطة عمل مناسبة، والعمل على تنفيذها،
- وضع تصور التشغيل، والإدارة، والصيانة، والترميم.

ولابد من مراجعة الإستراتيجية العامة لعكس التغير في المواضيع المؤثرة مع الجهات المسئولة عن صناعة الماء وإنتاجه، لكي يضم إلى البرنامج الرئيس المعلومات الحديثة المتعلقة بنمو المنطقة الخدمية، والاحتياجات المائية، وأنماط التضخم وغيرها من المعايير ذات الصلة. وتتواصل استمرارية تحليل الخطة وتقويمها لإيجاد أفضل وأحسن السبل ذات الجدوى الاقتصادية داخل نظام الماء الحالي، لتنعكس هذه داخل الخطة المائية المالية. ويجب العمل علي أن تعنى الخطة المالية بإيجاد أنسب تكامل لمصادر التمويل. أما استنباط أطر التشغيل،

والصيانة، والإصلاح، وإعادة التأهيل، وتكاليف التغيير والاستبدال فيحوي استنباط الرواتب، والمعاشات، والإمدادات، والأجهزة، والطاقة، وقطع الغيار وغيرها من مكونات التكلفة ذات الصلة بقطاع الماء الخدمي. ومن المهم مشاركة الجمهور في عملية التخطيط والعمل بمشورتهم خاصة فيما يتعلق بالمناخ، وطبيعة المجاري المائية الموسمية، وأثر نوعية الماء على المستهلكين. كما أن التفكر مع الجمهور يساعد أيضاً على فهم القيم، والمعتقدات، والمفاهيم، والموروثات المفيدة لجمع المعلومات المهمة ولاتخاذ القرار المناسب، ومن ثم يمكن استنباط التشريع والأحكام المائية المناسبة لتحقيق المرامي التالية:

- تطوير إدارة الماء بالتعرف عن كثب على مسئوليات القطاعات والمؤسسات المختلفة ذات الصلة بمشاريع الماء،
- تنشيط عجلة التخطيط الشامل والمتكامل،
- ترشيد الاستخدام، وحماية المصدر والمورد المائي،
- فض نزاع المصالح الناجم عن المشاركة في القطاع المائي،
- إعطاء المؤشرات المهمة لتوجيه السلوك المستقبل بالنسبة للحالات الجديدة،
- تكامل خطط استصلاح الأرض، واستخدام الماء،
- تقويم الخطط الحالية، واستقراء الخطط المستقبلة لإدارة الماء واستخدامه،
- استخدام طرق الأنمذجة أطراً للتقويم والإدارة.

تضم العوامل المؤثرة علي مطلوبات الخدمات ومتغيرات الاستثمار التالي:

- المطلوبات الخدمية للمستهلك الجديد،
- المطلوبات الخدمية المستقبلة للمستهلك الحالي،
- قصور الخدمات المبينة من قبل الجمهور المستهلك،
- التشريع،
- زيادة مطلوبات الأمن والحماية،
- مطلوبات الكفاءة العالية وتوفير التكلفة،
- الاستثمار لمنع تدهور الممتلكات والعقارات،
- احتياجات المستهلك.

من الأهمية بمكان التكهن باستقراء الاستهلاك المستقبل والتي تعطى مؤشراً لعجز الإمداد أو طاقة المورد المائي.

دور الجهات ذات الصلة بالخطة القومية لموارد ومصادر الماء

من أهم الجهات ذات العلاقة بالخطة القومية المائية: القطاع الحكومي والجهات الطوعية والصناعية وأصحاب الحرف وبيوت الخبرة المحلية والعالمية كما مبين في النقاط التالية :

أ-دور القطاع الحكومي: يتركز العمل الحكومي في وضع السياسة المائية، وتحديد مواضيع لتخطيط موارد الماء ومصادره، ووضع تصور برامج المشاريع التي تحتاج إلى تمويل كبير، وتنظيم إدارتها، وإنشاء البُنى التحتية، وتجميع معلومات التقانة والتنسيق، ووضع المعايير الخاصة بأداء المناطق الحرجة، وتمويل البحث العلمي حسب الاستراتيجية الموضوعة له، ووضع الاستراتيجية العامة، ووضع الأحكام والتشريع المناسب. وينبغي أن تعالج المحليات والولايات البرامج المائية الخاصة بها، وأن تضع الخطط اللازمة لإمداد الماء وفض النزاع، والاتفاقيات الثنائية مع المناطق المجاورة، ومعالجة الفضلات، والتحكم في الفيضان، ومياه الأمطار، ونوعية ماء الخلجان والسواحل، والتحكم والمراقبة، وتقسيم السلطات، والتنمية، والتمويل، ونظام المعلومات، والإدارة والتشغيل، والتنسيق والتكامل بين الوحدات العاملة في قطاع الماء.

(أ)دور المجتمع والجماعات الطوعية: تتحمل جمعيات الحرفيين، والمهنيين، والتقانيين، والفنيين، والجمعيات ذات الصلة بالمياه قدراً من المسئولية المتعلقة بمصادر الماء وموارده، وطرق التخطيط. وينبغي عليها المساهمة في تمويل البحث العلمي، ونشر نتائجه للاستفادة منها في التخطيط، واستقطاب مشاركة الجمهور لدعم برامج التخطيط الشامل، وقبولها، وتنفيذها، ونجاحها، بالإضافة لتجويد الأداء، والمراقبة، وصيانة الوحدات. ثم يمكنها أن تؤثر في إطار التنسيق بين الوحدات المختلفة ووضع استراتيجية لجمعها في شكل تكتلات مائية، فمثلاً يمكن انبثاق هيئة طوعية مائية تعمل على: إيجاد سبل تنسيق وتعاون بين الجهات الرسمية والشعبية والأهلية والخاصة داخل القطر وعالمياً؛ وتبني المشاريع القومية من أجل التنمية المستدامة والمتوازنة؛ وإيجاد الدعم اللازم لها.

(ب)دور الصناعة والتجارة: يمكن أن تساهم الصناعة والتجارة في تحقيق التنمية بتمويل المشاريع البحثية المهمة، والمشاركة بالتقانة المتاحة لديها، والإدارة والتشغيل، وجلب المواد الخام الجديدة والخبرة وإعطاء المعلومات والتعاون على عقد الندوات وحلقات التدريب.

(ج)بيوت الخبرة: يمكن أن تساعد بيوت الخبرة في البحث العلمي، والمشاريع البحثية، ووضع خطط مصادر الماء، غير أنه من الأفضل أخذ الحيطة والحذر من بيوت الخبرة التي تأتي من مناطق غنية بالمياه عند وضع خطط المياه لمناطق الشرق الأوسط الجافة أو تلك المناطق التي تشكو شح الماء وقلة موارده.

مراحل الخطة القومية: يمكن تقسيم مراحل الخطة القومية إلي مرحلة أولية تسبق التخطيط، ثم مرحلة التخطيط، لتليها مرحلة ثانوية أو مرحلة ما بعد التخطيط.

1) المرحلة الأولية (مرحلة ما قبل التخطيط): يجب في هذه المرحلة عمل التالي:

- إنشاء مركز معلومات محلي لجمع المعلومات من كل القطاعات العاملة في القطاع المائي عبر مجموعة عمل مختارة،
- استحداث عدد مناسب من محطات الرصد، والمراقبة، والقياس، والتحكم، والمعايرة، والصيانة وتركيبها لتحقيق أهداف الخطة القومية،
- تقدير كمية الماء الحالية من الموارد المتاحة، واستقراء الكمية المطلوبة مستقبلاً في شتى المناحي،
- معرفة أثر نوعية الماء على المشاريع المقترحة وبرامجها،
- وضع أنمذجة استقرائية واستنباطية ملائمة للمشاريع المقترحة والمجازة،
- حصر مناطق تلوث المصادر والموارد المائية، وأوجه التلوث فيها، وسبل التحكم فيه والتخلص منه،
- تحديد الأولويات والأهداف التي تحقق تفعيل الخطة القومية وفقاً للإمكانات السياسية، والاجتماعية، والاقتصادية (المرجو المتاح)،
- تحقيق قدر جيد من التنسيق والتعاون بين الوحدات العاملة في مجال الماء والإصحاح،
- بناء الهياكل الإدارية للوحدات المختلقة والمطلوبة،
- إنشاء وحدة للتنفيذ، والتطبيق، والمتابعة تحت رعاية سلطة عليا مسئولة عن التنمية الإقليمية، والتخطيط، والإدارة.

2) مرحلة التخطيط: تهتم هذه المرحلة بالتالي:

- تحقيق الإدارة المائية المستدامة، وإدارة الاحتياج،
- التركيز على ترشيد الزراعة المروية، والتحكم في نظم الزراعة، وإعادة استخدام ماء الصرف والفضلات السائلة، ورفع كفاءة الري، والتغذية الاصطناعية، وتطوير نوعية الماء،
- العمل علي مشاركة الوزارات والجهات ذات الصلة بالقطاع المائي في التخطيط، ووضع الاستراتيجية، والمواصفات القياسية وضبط الجودة لنوع الماء، وإدارة المعلومات، والحماية الصحية، والمراقبة، والإشراف، والتحكم في مخاطر الأمراض، وأساليب المعالجة والمكافحة، وأنماط الاستعذاب والتنقية، وإعادة الاستخدام والدوران، والتثقيف الصحي، وتطبيق وتنفيذ القوانين والتشريع والأحكام الضابطة للتلوث وطرق مكافحته،
- مشاركة قطاعي النساء والشباب في برامج وضع الأولويات، وأساليب ترشيد وحفظ الماء، والإصحاح الجيد،
- العمل علي أن تتفاعل الاستراتيجية المائية مع الظروف المتغيرة للإمداد والاحتياج المائي،

- وضع أسلوب منظم لإدارة الماء (خاصة عند تقويم المياه الجوفية) والتخلص من الملوثات،
- البدء في برنامج تخطيط جيد للماء والإصحاح، ووضع تصور لتكامل برامج إمداد الماء والتحكم في الملوثات،
- وضع خطط حقيقية متكاملة لأحواض الأنهار (للمناطق النهرية والنيلية) مع إعطاء أولوية للحقوق المكتسبة، والتنسيق، ومقاصد المشاركين في منطقة الحوض النهري،
- احتواء الخطة القومية للقطاع المائي على كل مواقع مصادر الماء مثل: المعالجة، والتخلص النهائي، وإعادة الاستخدام، والأثر الاجتماعي، والتقويم البيئي، والتشريع والمعايير، والاقتصاد، والاستراتيجية السياسية، والصلة بين المصادر والموارد الأخرى.

3) المرحلة الثانوية (مرحلة ما بعد التخطيط): من أهم مرتكزات هذه المرحلة:

(أ) المراقبة والمتابعة والتزكية والإصلاح

- لابد أن تدفع القطاعات المستفيدة من الماء تكلفة خدمات إنتاجه وتوزيعه من غير الاعتماد علي أي هبات ومنح غير مبررة. ويمكن أن تشجع قاعدة "يدفع الملوث" وتطبيق تعريفة الماء الحقيقية في الترشيد والحفظ وإعادة الاستخدام،
- يجب أن يتم عرض الخطة الاقتصادية المعدلة علي الجمهور للمشاركة، والنقد، والإجازة،
- العمل علي تحديث شبكات القطاع المائي ومدها لتغذية مناطق أخرى طبقا لخطة تنمية الموارد المائية بالتنسيق مع الخطة القومية الشاملة،
- البدء في تنفيذ برامج المراقبة والتحكم،
- التركيز (في عمليات المتابعة) على الصيانة، والترميم، والاستبدال، وإعادة التأهيل، وتنفيذ القوانين والتشريعات والأحكام،
- التخطيط المتأني لتأهيل وتدريب الوحدات والأفراد، والاحتياجات اللازمة لتحقيق فاعلية برامج المتابعة وأخذ القرار.

(ب) التدريب

- التركيز على تنمية القوة العاملة وتأهيلها، وترفيع البنية الأساسية من خلال وحدات التدريب، ومراكز البحث العلمي، وإدارة المشاريع،
- بناء كادر قومي لأخصائي القطاع المائي لإجراء البحوث، وإدارة النشاط ومراقبته بصورة مستمرة لمدى طويل، وربما استدعى الحال فتح مركز قومي للتدريب.

(ج) البحث العلمي:

- يحتاج البحث العلمي إلى قاعدة بحث، ومعلومات وبيانات لدعم خطة القطاع المائي وعملياتها،
- وضع خطة قومية للبحث العلمي، ربما بتحديد رؤوس المواضيع البحثية وتقسيمها على مؤسسات التعليم العالي، والمراكز البحثية، والوحدات ذات الصلة، والمنظمات، لتحقيق الموازنة المثلى بين البحث الإداري، والصحي، والاقتصادي، والاجتماعي، والفني، والتقاني، والقانوني، والسياسي،
- العمل على تفعيل مراكز البحوث، ووضع اتفاقيات توأمة ومواءمة مع المؤسسات التعليمية ذات الصلة،
- استقطاب رؤوس الأموال من القطاع الرسمي والشعبي والخاص للإنفاق على احتياجات البحث العلمي.

(د) القوانين والمواصفات والمقاييس

- تفعيل هيئة المواصفات والمقاييس وتأهيلها.
- تنمية القانون المائي الملائم وتطويره لكل من: الأولويات المقترحة والمستجدات المنظورة والمستترة، وإدارة البرامج وفض النزاعات والطرف الثالث والمحدات العارضة.

(هـ) الخصخصة

- التفكر في إمكانية تحويل نظم القطاع المائي من القطاع الحكومي إلى وحدات وشركات للقطاع الخاص وأصحاب العمل (خصخصة القطاع المائي).
- الشروع في إعطاء فرصة لقطاع الحرفيين والقطاع الخاص لرصد التلوث الصناعي والزراعي والتجاري وكشفه مبكراً ومكافحته (خصخصة مكافحة التلوث)

(و) المشاركة الشعبية

- استنباط طرق ملائمة لتفعيل التوعية الشعبية، ورفع الحس البيئي، والمشاركة الجماهيرية، والتعليم الشعبي، والتدريب، وجمع المعلومات ونظمها، والتشغيل والصيانة، والإدارة المتكاملة للموارد المائية.
- التركيز على توعية صُنّاع القرار ورفع حسهم البيئي والمائي، وإيجاد سبل ملائمة للحصول على موافقة القادة السياسيين على مرتكزات الخطط القومية المجازة وابتداع سبل تنفيذها.
- إعطاء فرص أفضل للجمعيات الطوعية (الجمعيات غير الحكومية، والسياسية والعلمية والحرفية واتحاد العمل والصناعة) للمشاركة الفاعلة والمتكاملة.

عند البحث عن سبل تمويل المشروع ينبغي الأخذ في الحسبان :

- الأولويات المجازة حسب خطط التنمية الاستراتيجية في المنطقة،

- أهداف المشروع،
- أثر المشروع على اقتصاديات المنطقة،
- الأثر البيئي المترتب على المشروع،
- إدارة الحوض المائي،
- رصد البيانات والمعلومات المتعلقة بالمشروع في مناحي الجيولوجيا والهيدرولوجيا ونوع الماء والبيئة والحياة السائدة،
- الاستغلال الأمثل للموارد في الإطار القومي،
- رأي الجمهور.

تمر عملية تقويم appraisal المشروع بمراحل معينة قبل أخذ القرار للاستمرار فيه وتنفيذه، وتضم هذه المراحل الأطوار التالية:

- دراسات تحديد النظم المحتملة،
- دراسات جدوى لمقارنة أي نظم بديلة،
- دراسات جدوى للتأكد من جدوى اختيار مشاريع معينة.

وينبغي أن تتم هذه الدراسات استناداً على إعادة تقويم الأهداف، والتحليل الهيدرولوجي، وتمثيل النظام وأنمذجته، وتقويم الأثر البيئي، والدراسات الهندسية، وتقديرات التكلفة، والتحليل الاقتصادي والتمويلي، وتحديد خيارات الأولويات، وتقرير الأثر البيئي Environmental report assessment. وينبغي التركيز على تقويم الأثر البيئي للمشروع والذي قد يكون مؤقتاً أو دائماً، موجباً أو سالباً طبقاً للعوامل المؤثرة.

ومن أنواع الأثر البيئي المتوقع:

- الأثر الاجتماعي Social impact: للأفراد أو المجتمع ككل، وذلك علي المساكن والمجمعات ومناطق العمل والنشاطات التي يتوقع أن تتأثر بيئياً بالمشروع بصورة دائمة أو مؤقتة؛ ومدي الأثر وحجمه والمقترحات التي تعمل علي تفعيل المخاطر السيئة الناجمة. وينبغي إجراء تقويم الأثر الاجتماعي بالتنسيق مع السلطة المحلية والجهات ذات الصلة والمنظمات المختصة.
- الأثر علي الاقتصاد المحلي Impact on local economy: فيما يتعلق بالأثر الطارئ على الأهداف الرئيسة للنظام؛ ومن أمثلة ذلك الضرر على الزراعة وخصوبة التربة، وقيمة الأرض، والعمالة.
- الأثر البيئي Ecological impact وذلك بتغير نوع الماء بالمورد، أو تغير انسياب الماء به، أو التغير في البيئة المائية، والتغير في مصايد الأسماك، والأثر على الطيور المائية وغيرها من الأحياء، والأثر الصحي على السكان المحيطين بمنطقة المشروع، والحفاظ على البيئة المحلية.

- الأثر الجيومورفولوجي Geomorphological impact مما يؤدى إلى التحات والنحر والترسيب أو الزلازل والانزلاقات الأرضية والفيضانات.
- الأثر الاستساغي Aesthetic impact قد يتدخل المشروع مع تجميل المنطقة وتطويرها، وقد يؤثر على المباني الأثرية والتاريخية، أو قد يؤدي إلى احتمالات تصميم حديث. ويجب الأخذ في الحسبان تقويم الأثر على البيئة المحيطة، والأشجار والغابات، والطبغرافية، وتأصيل المنطقة وتاريخها، والأثر على المناظر البيئية الأصيلة.

من أهم المؤثرات التي قد تعيق التخطيط الاستراتيجي الجيد:

- الزيادة المتسارعة في السكان بسبب الهجرة إلى المدن والنزوح من الريف أو غيره من الأسباب الجوهرية.
- عدم وضوح الأولويات والأهداف ربما لغياب التخطيط الاستراتيجي الشامل.
- تلوث الموارد المائية.
- غياب البنى التحتية المؤثرة على الخطط المائية.
- صدور القرارات السياسية غير المدروسة من أجل الترضيات السياسية أو النواحي الأمنية.
- القبول الجماهيري للمشروع.
- عدم وجود البيانات والمعلومات المهمة مثل:
  - تعداد السكان والزيادة المتوقعة لفترة التصميم.
  - الاحتياجات المائية.
  - طاقة الموارد المائية بالمنطقة.
  - نظم المراقبة والمحاسبة.
  - تعريفة الخدمة.
  - الخرط الطبغرافية والهندسية.
  - مستوى الخدمة المطلوبة.
  - المقارنة الاقتصادية بين البدائل المتاحة.
  - العمالة.
  - الطاقة.
  - التقانة المستدامة الموجودة، والتدريب للكفاءات المؤهلة.
  - القدرة على الدفع.
  - المرونة الاستراتيجية لتغير الخطط حسب الظروف.
  - إدارة المشروع.
- أهمية تغير البنى التحتية التي انتهى عمرها التصميمي منذ أمد بعيد، وكيفية تحقيق حدة التغير بأقل الأضرار البيئية وبأرخص السبل المناسبة.

الباب الثالث

الوضع الراهن لاستخدام الموارد المائية غير التقليدية في الدول العربية

الباب الثالث

الوضع الراهن لاستخدام الموارد المائية غير التقليدية في الدول العربية

3-1 مقدمة

يمثل استخدام الموارد المائية غير التقليدية مخرجاً مهماً لمأزق صعب تواجهه العديد من الدول العربية في توفير متطلباتها من المياه . إن الوضع المائي في المنطقة العربية يعتبر من أسوأ الأوضاع المائية في العالم. ففي حين تتمدد أراضي الدول العربية في حوالي 10% من مساحة العالم وتبلغ نسبة السكان حوالي 8% من سكان العالم فإن نسبة الموارد المائية المتاحة لا تتعدى 0.6% من المياه المتاحة في العالم. لذلك فإن نصيب الفرد من المياه في المنطقة العربية يقل عن 1000 متر مكعب سنوياً مقارناً بحوالي 7650 متر مكعب للفرد على المستوى العالمي. بالإضافة إلى ذلك فإن الدول العربية تستخدم حالياً 77% من جملة الموارد المائية المتاحة في حين أن نسبة الاستخدام على مستوى العالم هي في حدود 8% . كما أن المناخ المداري الجاف الذي يسود المنطقة العربية يرفع كثيراً من متطلبات الفرد للمياه لإنتاج غذائه وتوفيره لاستخداماته الأخرى مقارنة بالمناخات الأكثر إعتدالاً في العالم ، هذا هو الوضع في المنطقة العربية عامة ولكن هناك بعض الدول العربية تواجه وضعاً أكثر صعوبة حيث يبلغ نصيب الفرد فيها حوالي 140 متر مكعب سنوياً أو تبلغ نسبة الاستخدام للموارد المائية أكثر من 250% وذلك باستخدامها لموارد مائية لا يجوز استخدامها إلا في نطاق ضعيف للغاية ومنها استخدام المياه الجوفية الاحفورية والتي شاب استخدامها العديد من الإفرازات السالبة.هذا الوضع قد استوجب البحث عن البدائل وأول هذه البدائل هو استخدام المياه غير التقليدية وهو توجه يعتبر صحيحاً ومعافاً يجب تشجيعه مع ترشيده ومراعاة تجنب الآثار السالبة التي قد تصاحب هذا الاستخدام. تنحصر في المنطقة العربية الموارد المائية غير التقليدية في الآتي :

أ- إعادة استخدام المياه العادمة من الصرف الصحي والصناعي والزراعي.
ب- تحلية مياه البحر.
ج- استخدام المياه المالحة

3-2 واقع الاستخدام الحالي للمياه غير التقليدية في الدول العربية

3-2-1 الوضع في الأردن

تقدر جملة الموارد المائية المتجددة السطحية والجوفية في الأردن بحوالي 780 مليون متر مكعب سنوياً (505 مليون متر مكعب مياه سطحية و275 مليون متر

مكعب من المياه الجوفية) بالإضافة إلى ذلك يوجد مخزون جوفي عذب غير متجدد يمكن إستغلاله بحدود 143 مليون متر مكعب سنوياً . تقدر احتياجات المملكة من المياه حسب تقديرات عام 2000 حوالي 1237 مليون متر مكعب بعجز يقدر بحوالي 40% ويتوقع أن يزداد هذا العجز نسبة للزيادة المضطردة في الاحتياجات والتي يتوقع أن تصل إلى 1647 عام 2020 - يوضح الجدول (3-1) التنامي المتوقع للاحتياجات المائية في الأردن حسب الاستخدامات المختلفة ووفقاً لتقديرات النمو السكاني بالمملكة .

جدول رقم (3-1) الاحتياجات المستقبلية من المياه في الأردن
(تقديرات وزارة المياه والري)

مليون متر مكعب سنوياً

السنة	عدد السكان بالمليون نسمة	استخدامات القطاع المنزلي	استخدامات القطاع الزراعي	استخدامات القطاع الصناعي	المجموع بالمليون متر مكعب
1990	3.45	227	658	43	928
1998	4.29	297	863	45	1205
2000	5.11	388	900	78	1257
2005	6.00	382	858	81	1321
2010	9.30	611	890	146	1647

المصدر: الدراسة القطرية الأردنية حول استخدام المياه غير التقليدية 2001.

وللأسباب أعلاه زادت الحاجة لاستقطاب عدة مصادر إضافية لإيجاد صيغة للتوازن المائي وتجنباً لحدوث كارثة مائية من الصعب السيطرة عليها وعليه فقد تولت وزارة المياه والري بالأردن هذه المسؤولية والبحث عن المصادر البديلة في تنمية الموارد المائية غير التقليدية.

الموارد المائية غير التقليدية في الأردن تشمل ما يلي:

أ - المياه المسوس

وهي عبارة عن المياه التي تتراوح ملوحتها بين 1000 و 10000 / ملغم/لتر ، وتعتبر عادة مياه مالحة غير صالحة للاستخدام ولكن نسبة للأوضاع العصيبة للمياه بالأردن بدأ العمل في استقطاب واستخدام هذه المياه. وتوجد هذه المياه في منطقة الأغوار الجنوبية وفي بعض الينابيع على ضفتي نهر الأردن وفي بعض الطبقات المائية الجوفية في جميع أنحاء المملكة.

تقدر كمية المياه التي يمكن أن تستخدم من مياه المسوس في الأردن بحوالي 60 مليون متر مكعب سنوياً مقسمة بين منطقتين هما:

- منطقة دير علا 24 مليون متر مكعب سنوياً
- منطقة الريمة والكفرين 36 مليون متر مكعب سنوياً

الجملة 60 مليون متر مكعب سنوياً

ب-مياه البحر المالحة

إن مياه البحر عند ميناء العقبة يمكن أن تكون مصدراً غير محدود للمياه غير التقليدية ، ولكن تعتبر التكلفة المرتفعة للتحلية والتي تبلغ حوالي 1.00 دولار أمريكي للمتر المكعب هي أكبر المعوقات أمام استخدام هذه المياه بالإضافة لبعد هذا المصدر عن الأماكن السكنية وخاصة عمان.

لقد نص البند الثاني من اتفاقية السلام الموقعة عام 1994 والتي تنص على أن للأردن الحق في 10 مليون متر مكعب محلاة من مياه الينابيع المالحة التي تقع حول بحيرة طبريا.

ج- إعادة استخدام مياه الصرف الصحي

يبلغ عدد محطات الصرف الصحي والعاملة في الأردن (17) محطة، وبلغت كميات مياه الصرف الصحي المتدفقة إلى محطات التنقية العاملة لعام 1999 ما قيمته 79 مليون متر مكعب أي بزيادة قدرها 64% عن المياه المتدفقة لعام 1998 والبالغة 37 مليون متر مكعب . وتختلف نوعية المياه الداخلة والخارجة ومدى مطابقتها للمواصفات من محطة لأخرى وذلك اعتماداً على نظام المحطة والظروف التشغيلية التي تتعرض لها. ولدى مقارنة المياه الخارجة من المحطات مع الشروط التصميمية ومع المواصفة الأردنية رقم 1995/893 والخاصة بنوعية المياه المعالجة والسائلة إلى الأودية وبغرض ري الأشجار والمحاصيل العلفية نرى أن غالبية المحطات في الأردن قد حققت الشروط.

وقد استغلت هذه المياه لغايات الزراعة المقيدة حول محطات التنقية وضمن حدودها وفي مناطق عدة من المملكة بعد خلطها بالمياه السطحية في حال توافرها. وتجدر الإشارة هنا إلى عقد اتفاقيات لإعادة استعمال المياه العادمة المعالجة في الزراعة المقيدة مع جامعة العلوم والتكنولوجيا، بالإضافة إلى المباشرة في دراسة نقل المياه المعالجة من محطة تنقية الخربة السمراء إلى الجامعة الهاشمية لاستعمالها لغايات الزراعة المقيدة ضمن حدود الجامعة.

د- إعادة استخدام مياه الصرف الصناعي

تنقسم المصانع من حيث تصريفها للمياه العادمة إلى صنفين:

- مصانع مخدومة بشبكة الصرف الصحي العامة، وبلغ عددها 63 مصنع عام 1999، والحمل العضوي الكلي 5788 (كغم/يوم) وهو ما يكافئ 105242 نسمة .
- مصانع غير مخدومة لشبكة الري الصحي العامة ، وبلغ عددها 90 مصنع عام 1999 ، والحمل العضوي الكلي 11700(كغم/يوم) وهو ما يكافئ 200125 نسمة علماً بأن هذه المصانع تقوم بتوفير محطات معالجة خاصة. علماً

بأن المكافئ السكاني للحمل العضوي الناتج عن الصناعة مقدر على أساس أن الحمل العضوي الناتج عن الفرد يعادل 55 جرام BOD باليوم، وهذه المياه تستخدم كسابقتها في الزراعة المقيدة.

هـ- إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي

إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي في الأردن عملية غير مخططة وكذلك مياه الصرف الزراعي لا تؤخذ في الإعتبار في موازنة مياه الري في وادي الأردن، مع العلم بأن مناطق الأغوار الشمالية مخدومة بأنظمة الصرف الزراعي وكذلك مناطق الأغوار الوسطى بحيث تشمل أيضاً مصارف سطحية، فتكون طريقة الاستخدام اختيارية من قبل المزارعين حيث يتم ضخ المياه إلى مزارعهم مباشرة في المناطق الشمالية من غور الأردن لأن نوعية المياه جيدة، ولكن في المناطق الوسطى يتم ضخها إلى برك خاصة ثم يتم خلطها بمياه ذات نوعية جيدة حتى يتم تحسين نوعية مياه الصرف.

3-2-2 الوضع في البحرين

نتيجة للسحب المتزايد من المياه الجوفية بالبحرين تدهورت نوعية هذه المياه مما سبب عجزاً كبيراً في المياه بالبلاد لذلك فقد باشرت دولة البحرين التدابير اللازمة للحفظ على المياه الجوفية عن طريق السحب الآمن من هذه المصادر.

ولهذا فقد اتجهت الدولة نحو استقطاب مصادر مائية بديلة، وكان الخيار الأول هو الموارد المائية غير التقليدية وقد بدأ ببرامج تحلية مياه البحر التي بدأت خلال السبعينات من القرن العشرين، كما تم البدء في استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة منذ 12 عاماً.

أ- تحلية مياه البحر.

في مجال تحلية مياه البحر فإن أقصى طاقة لتحلية المياه في الوقت الحاضر في البحرين والتي تستغل أساساً في الاستخدامات المنزلية تبلغ حوالي 75 مليون جالون يومياً أي ما يعادل 124 مليون متر مكعب سنوياً في حين أن الاستخدام الفعلي يبلغ حوالي 85% من هذه الطاقة أي حوالي 106 مليون متر مكعب سنوياً، وهي لا تغطي الاحتياجات المائية الكلية لدولة البحرين من مياه الشرب والاستخدامات المنزلية الأخرى، ولهذا فقد درجت البحرين على خلطها بنسبة من المياه الجوفية ذات الملوحة المرتفعة نسبياً وتعتمد هذه النسب على الطلب على المياه المنزلية ومعدلات الإنتاج الفعلية لمحطات التحلية ويتم توزيعها طبقاً للمتطلبات الصحية والمواصفات الأدنى لمياه الشرب والاستخدامات المنزلية .

ب-إعادة استخدام مياه الصرف الصحي

لقد أنجزت دولة البحرين المرحلة الأولى من مشروع إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة في عام 1986 ويشرف على هذا المشروع مركز توبلي لمعالجة المياه الملوثة ويجري حالياً تنفيذ المرحلة الثانية من المشروع . يهدف هذا المشروع إلى الاستفادة من مياه الصرف الصحي في الزراعة من أجل وقف تدهور نوعية المياه الجوفية والمحافظة على الرقعة المزروعة وتحقيق بعض الأمن الغذائي المحلي ونشر الخضرة في أرجاء البلاد وخلق ظروف بيئية أفضل وحمايتها من التلوث بمياه الصرف الصحي غير المعالجة والتي كانت سابقاً تصرف في البحر.

تبلغ طاقة المعالجة لمياه الصرف الصحي بالبحرين حوالي 160 ألف متر مكعب يومياً يستخدم منها حوالي 45 ألف متر مكعب يومياً من المياه المعالجة ثلاثياً والمعقمة بالأزون في الإنتاج الزراعي ويتم التخلص من الباقي والذي يعتبر غير صالح للاستخدام الزراعي بتصريفه في البحر وتستخدم هذه المياه لري حوالي 665 هكتار من الأراضي موزعة على البحرين بواقع 67 متر مكعب للهكتار في اليوم وهو يعتبر مناسباً للأوضاع المناخية بالبحرين وتستخدم الأنابيب في نقل المياه بعد المعالجة بمواقع الاستخدام الزراعي.

تخطط البحرين للتوسع في استخدام هذا المصدر المائي غير التقليدي لري حوالي 2400 هكتار إضافية من الأراضي الزراعية ومشاريع وتشجير بعض الشوارع الرئيسية وإنشاء بعض الغابات ، ويتوقع أن تصل طاقة المياه المعالجة إلى حوالي 200 ألف متر مكعب يومياً مما يخفف من الاعتماد على الموارد المائية الجوفية.

ج -إعادة استخدام مياه الصرف الصناعي

تدخل معالجة مياه الصرف الصناعي ضمن بعض محطتي معالجة مياه الصرف الصحي الواقعتين في المناطق الصناعية ويبلغ إنتاج إحداهما حوالي 6700 متر مكعب يومياً ويتم التخلص من المنتجة حالياً في البحر في حين تبلغ الطاقة الاستيعابية للمحطة الأخرى حوالي 900 متر مكعب يومياً وتستخدم المياه المعالجة في ري ملاعب الجولف وتقدر ملوحة هذه المياه بحوالي 1400 جزء من المليون.

د -إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي

تعاني معظم الأراضي الزراعية في البحرين من ارتفاع منسوب المياه شبه السطحية لوجود طبقة صماء غير منفذة على أعماق تتراوح بين 0.75-1.50 متر تحت سطح الأرض، ومن أجل غسيل التربة يستعمل المزارعون مياه إضافية مع

زيادة معدلات الري كل ذلك زاد من مستوى المياه الأرضية، مما استوجب وضع خطة لتطوير المصارف الزراعية، وشرع في تنفيذ هذه الخطة عام 1975 ويقدر مجمل التصريف الزراعي حالياً بحوالي 30 مليون متر مكعب سنوياً وتتراوح ملوحة المياه بين 4000–25000 جزء في المليون.

تقدر كميات مياه الصرف الزراعي التي من الممكن الاستفادة منها في دولة البحرين بحوالي 7 مليون متر مكعب سنوياً وذلك لري محاصيل زراعية مختلفة حسب مستويات تحملها للملوحة .إن الصعوبة التي تواجه هذا الاستخدام وجود هذه المياه المنخفضة الملوحة نسبياً في أراضي بها مياه جوفية أفضل مما لا يشجع المزارعين على استخدام مياه الصرف الزراعي ولذلك فإن الاستخدام الحالي لمياه الصرف الزراعي لا يتعدى مليون متر مكعب سنوياً وقد يتطلب زيادة وتيرة استخدام هذه المياه وجود طريقة لتخفيض نسبة ملوحتها.

3-2-3 الوضع في تونس

تتسم تونس بالجفاف وقلة الأمطار مما جعل مواردها المائية شحة ومحدودة وعليه فقد بدأت تونس منذ عام 1965 بإعادة استخدام المياه العادمة بعد المعالجة في الري لحماية منطقة سقوية للقوارص كانت مروية بمياه سطحية استنزفت. ومع نجاح التجربة شرعت الدولة في التوسع في هذا النمط من استخدام المياه غير التقليدية والتي تنحصر في مياه الصرف الصحي المعالجة.

تقدر مياه الصرف الصحي المعالجة حالياً بتونس بحوالي 130 مليون متر مكعب سنوياً تستخرج من 54 محطة معالجة تعمل تحت الديوان القومي للتطهير وكان الهدف الأول من إنجازها حماية للبيئة والمحافظة على المحيط.

ويتوقع الوصول إلى 152 مليون متر مكعب من المياه المعالجة سنوياً و75 محطة تطهير في سنة 2001 وحوالي 180 مليون متر مكعب سنوياً في أفاق سنة 2006 ، حيث سيصل عدد محطات التطهير آنذاك إلى 83 محطة.

وتستوعب محطات التطهير بالأوساط الحضرية أكبر الكميات من مياه الصرف الصحي منها حوالي 50% بتونس العاصمة وما جاورها حيث يتكاثف عدد السكان المرتبطين بشبكات الصرف الصحي العمومي .

كما تطورعدد محطات التطهير بالمناطق الداخلية وذلك بهدف المحافظة على الموارد المائية العذبة بالسدود والموارد المائية الجوفية وعلى المحيط بصفة عامة. كما تطورت طاقة الإستغلال في الميدان الفلاحي والمناطق الخضراء مما مكن من توفير كميات إضافية من الموارد المائية.

الكميات التي يعاد استخدامها في مختلف المجالات

- في المجال الزراعي

يعتبر استخدام المياه المستعملة المعالجة في الري منهجاً استراتيجياً أقرته وزارة الفلاحة لإستغلال الموارد المائية غير التقليدية لتكثيف الإنتاج الزراعي ، وكوسيلة للإقتصاد في المياه الطبيعية والعذبة.

وتقدر الكميات المتاحة للفلاحة حسب التهيئة المائية المنجزة للغرض (6600 هك) بمعدل 35 مليون متر مكعب من المياه المعالجة سنوياً أي ما يقارب 38% من جملة 130 مليون متر مكعب تنتجها حالياً محطات التطهير.

ومن البرامج المتوقعة لاستخدامات أخرى لمياه الصرف الصحي المعالجة هناك شحن الموائد الجوفية وذلك بعد القيام بمعالجة تكميلية تهدف إلى تفادي المخاطر والتأثيرات السلبية الممكنة على هذه المائدة وعلى مستعمليها.

- في المجال السياحي

تستغل المياه المستعملة المعالجة والمستخرجة من بعض محطات التطهير وخاصة في مناطق الوسط والجنوب لفائدة ملاعب الصولجان على مساحة تقارب 1000 هك بالنزل المجاورة لتلك المحطات وبكميات تقارب 5 مليون متر مكعب سنوياً.

كما تستخدم هذه المياه لري الحدائق النزل المعنية والمناطق الخضراء والحدائق العمومية بالمدن الكبرى.

ونظراً لأن استخدام المياه المعالجة يقتصر حتى الأن على ميادين الفلاحة والسياحة ومن طرف البلديات ، وللتعرف على الأليات التي تمكن من تطوير استعمالات هذه المياه ، أنجزت دراسة استراتيجية لمجالات استخدام المياه العادمة المعالجة خلال سنة 98/99 من نتائجها تنمية استغلال الكميات المتاحة وذلك بتخزينها في أحواض وبحيرات خاصة لاستعمالها عندما تكون الاحتياجات الزراعية في ذروتها.

3-2-4 الوضع في الجزائر

تتميز الجزائر بقلة الموارد المائية ويقابل ذلك تزايد كبير في الطلب لمقابلة الاحتياجات المتزايدة للسكان وغذائهم وتطوير الصناعة. كما أن هناك تدهور في الموارد المائية والذي يعود أساساً إلى تلوث المياه السطحية والجوفية من المياه العادمة الصادرة من الصرف الصحي والزراعي والصناعي . ولذلك اتجهت الدولة لتطوير معالجة هذه المياه لاستخدامها، بالإضافة إلى استقطاب موارد مائية غير تقليدية أخرى وذلك على النحو التالي :

أ-تحلية مياه البحر

لقد بدأت تجربة الجزائر في مجال تحلية مياه البحر منذ سنة 1975 وذلك لتلبية احتياجات الصناعة، حيث أن النقص المائي على مستوى المناطق كان واضحاً.

حالياً ، يبقى استعمال تحلية مياه البحر محدوداً في مجال الصناعات البيتروكمياوية ، حيث تم إنشاء الوحدات الأولى سنة 1975 على مستوى مركب التكرير بمناطق ارزيو وسكيكدة، ولقد تمكنت مركبات أخرى بعد ذلك من إنجاز وحدات لتحلية المياه حتى تتفادى النقص المائي.

أما عملية تنحية المعادن من المياه، فلقد عرفت تجربتين تجدر الإشارة إليهما:

الأولى بحاسي مسعود وذلك للاستعمال الصناعي لتروى القاعدات المعيشية بالماء الصالح للشرب، والثانية بأولاد جلال لتلبية إحتياجات المواطنين (685 م3/يوم = 250.000م3/السنة. تتميز هذه المياه بدرجة ملوحة تساوي 2.5 غ/ل حيث يتم معالجتها لتصبح تقارب 0.5غ/ل. ويصل الحجم الإجمالي من التحلية إلى 40 مليون متر مكعب/السنة.

هناك أكثر من 40 وحدة لتحلية المياه من بينها اثنان فقط موجهة للتزويد بالمياه الصالحة للشرب.

ب -إعادة استخدام مياه الصرف الصحي و الصناعي

لقد شهد ربط السكان بشبكات الصرف ارتفاعاً محسوساً خلال السنوات الأخيرة، فلقد وصلت نسبة ربط المساكن إلى 96% بالمناطق العمرانية و28% بالمناطق الريفية وتشمل شبكة الصرف الصحي والصرف الصناعي.

لقد تم إنجاز 51 محطة لتصفية المياه المستعملة ، غير أن الكثير من هذه المحطات معطلة وبمردود ضئيل.

وإذا أخذنا بعين الاعتبار الحجم المنتوج يومياً، وإذا اعتبرنا أن 80% من المياه الموزعة يتم رميها بعد الاستعمالات المختلفة، نتحصل على حجم سنوي يقدر بـ 600 مليون م3، ومع أفاق 2020 يقدر الحجم المتنبأ به بـ 1 مليار م3/السنة من المياه المستعملة.

ج -إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي

إن الكميات المتحصل عليها عن طريق الصرف الزراعي ضئيلة جداً، حيث أنها تسمح لبعض المزارعين المتواجدين في أسفل مساحات السقي بالقرب من قنوات الصرف الزراعي من سقي بعض المحاصيل.

3-2-5 الوضع في السودان

استخدام السودان للمياه غير التقليدية محدود للغاية وذلك على النحو التالي :

أ-تحلية مياه البحر

تحلية مياه البحر محدودة الاستخدام في السودان حيث توجد محطة تحلية واحدة في بورتسودان على البحر الأحمر بطاقة تبلغ 400 ألف متر مكعب في السنة لتزويد بورتسودان ببعض متطلباتها من المياه.

ب-إعادة استخدام مياه الصرف الصحي

لا توجد وحدات كبيرة لمعالجة مياه الصرف الصحي في السودان عامة حيث تعمل محطتين بالخرطوم تقدر طاقتهما بحوالي 32 ألف متر مكعب في اليوم حيث أن الصرف الصحي عامة يعتمد على المعالجة البسيطة على مستوى المنزل ثم التصريف في المياه شبه الجوفية ويقدر الحجم الكلي لمياه الصرف الصحي في السودان بحوالي 1.5 مليار متر مكعب سنوياً.

ج-إعادة استخدام مياه الصرف الصناعي

لا توجد إحصائية بكمية مياه الصرف الصناعي في السودان حيث أن بعض مصانع السكر الكبيرة تضخ مياه صرفها مباشرة في المياه السطحية.

د-إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي

من الصعب تقدير كميات مياه الصرف الزراعي في السودان حيث أن أغلب الصرف الزراعي هو نتاج لسوء إدارة المشاريع المروية إذ ليس هناك أي حاجة لصرف زراعي جوفي. والسطحي هو حصيلة الري الزائد أو الأمطار المفاجئة أو خلل وتسرب وكسر في القنوات.

3-2-6 الوضع في سورية

تلعب المصادر المائية غير التقليدية دوراً هاماًفي سد العجز المائي بسورية كبديل للمياه العذبة من المصادر المائية التقليدية التي أصبحت غير قادرة على مواجهة الطلب المتزايد للمياه . وتشمل المياه غير التقليدية على ما يلي:

أ-تحلية المياه المالحة

رغم العجز المائي الملحوظ الذي تعاني منه سورية، فما زالت تحلية مياه البحر في مراحل التخطيط ضمن الاستراتيجية المستقبلية، إلا أن سورية لديها سجل في تحلية المياه الجوفية المالحة للحصول على مياه شرب ولكن ما زالت هذه التجربة أيضاً في نطاق ضيق في بعض المناطق الحدودية والمنشآت السياحية في المناطق التي تواجه نقصاً حاداً في مياه الشرب.

ب-إعادة استخدام مياه الصرف الصحي

تعتبر مياه الصرف الصحي المعالجة المصدر الرئيسي للمياه غير التقليدية بسورية وتستخدم أساساً في الزراعة لسد العجز في الموارد المائية التقليدية السطحية والجوفية وتبلغ مجمل الكميات المعالجة من مياه المجاري حوالي 452 مليون متر مكعب سنوياً وتستخدم بشكل ملحوظ عند تطبيق تقانات الري الحديثة كالري بالرش والتنقيط.

ج-إعادة استخدام مياه الصرف الصناعي

نظراً للزيادة السريعة في النشاط الصناعي والتطور الكبير في مجال التصنيع في سورية زادت كمية المياه الملوثة الناتجة عن هذا النشاط الصناعي والذي يتركز حول مدينة دمشق وضواحيها وخاصة صناعة الجلود. كما أن هناك تركيز صناعي حول مدينتي حلب وحمص. يقدر إجمالي استعمال المياه في الصناعة بحوالي 228.5 مليون متر مكعب سنوياً والراجع منها يبلغ حوالي 200 مليون متر مكعب ملوثة بشتى أنواع الكيمائيات وتصرف في الموارد المائية السطحية وخاصة نهر العاصي. وقد صدرت أخيراً توجهات من وزارة الصناعة بمنع إقامة مصانع جديدة ما لم يتضمن تصميمها طريقة لمعالجة مخلفاتها الصناعية عامة والمائية خاصة.

د-إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي

بدأ الاهتمام بموضوع الصرف الزراعي مع التوسع في تنفيذ مشروعات الري واستصلاح الأراضي عندما نفذت شبكات الصرف على نطاق واسع للتخلص من الأملاح في التربة وخلق التوازن المائي الهوائي المناسب لجذور النبات.

يقدر حجم الصرف الزراعي بحوالي 50% من الكمية المستخدمة في الري وتعتبر نوعية مياه الصرف الزراعي أفضل بكثير من نوعية مياه الصرف الصحي ولهذا فهي أكثر استخداماً ويمثل مشروع الغاب أول المشاريع التي تستخدم فيها مياه الصرف الزراعي وتبلغ مساحة المشروع حوالي 17400 هكتار يروى منها 14268 هكتار تبلغ احتياجاتها المائية حوالي 125 مليون متر مكعب تؤمن من خلال إنشاء سدين على المصارف الزراعية وسد قسطون لتخزين 27 مليون متر مكعب بالإضافة إلى ما يتم ريه بواسطة المضخات من المصارف مباشرة بعد مزجها بمياه عذبة قبل الاستخدام في الري.

3-2-7 الوضع في السعودية

تتمثل استخدامات المياه غير التقليدية في المملكة العربية السعودية أساساً في مصدرين هما تحلية المياه المالحة وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي. بالإضافة إلى استخدام بسيط لمياه الصرف الزراعي.

أ-تحلية مياه البحر

تعتبر السعودية دولة رائدة في مجال تحلية المياه المالحة ولديها مركز متخصص في هذا الموضوع تتبع له العديد من محطات التجارب لإجراء الطرق المثلى للتحلية. يبلغ إنتاج المملكة من المياه المقطرة ما يزيد عن 2.1 مليون متر مكعب يومياً وهو ما يعادل 27% من الإنتاج العالمي من هذه المياه. وقد بدأ الإنتاج الأول في عام 1948 . وقد تم إنشاء 27 محطة على الساحلين الغربي والشرقي وتعتبر محطة الجبيل على الخليج العربي أكبر محطة تحلية للمياه في العالم يبلغ إنتاجها حوالي 815 ألف متر مكعب في اليوم .

ب- إعادة استخدام مياه الصرف الصحي والصناعي

لقد كانت تصرف رواجع المياه المنزلية في بيارات وهي عبارة عن خزانات أرضية . وقد أدى ذلك إلى ارتفاع منسوب المياه شبه السطحية بمياه ملوثة مما قاد إلى تلوث المياه شبه السطحية كما أنه حدث طفح مائي في الأحياء السكنية أصبحت من مصادر تلوث البيئة ، كما أدت إلى تأكل أساسات المباني وانهيار الشوارع والأرصفة الجانبية.

وتستخدم في المملكة العربية السعودية مياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثياً في الأغراض الزراعية غير المقيدة والتي تشمل كل الزراعات واستخدام المعالجة ثنائياً في الزراعة المقيدة والمتمثلة في الأشجار الكبيرة . وقد تم أول مشروع متكامل للإستفادة من هذه المياه في مدينة الرياض منذ العام 1404 هجرياً لري ما يزيد عن 9000 هكتار من المزارع المحيطة بالمدينة وهناك مشاريع مشابهة في الطائف . هذا بالإضافة إلى الاستخدام المكثف لري الأشجار بالشوارع والمسطحات الخضراء بالعديد من مدن المملكة. وهناك مشاريع جاري الأعداد لتنفيذها في المدينة المنورة بسعة 72 مليون متر مكعب سنوياً والقصيم بسعة 36 مليون متر مكعب سنوياً. والمنطقة الشرقية بجملة 247 مليون متر مكعب سنوياً.

أما في مجال الصناعة يتم إستغلال حوالي 8 مليون متر مكعب سنوياً لعملية التبريد وفي مجال استخدام النفط .

ج - إعادة إستخدام مياه الصرف الزراعي

في الاحساء بالسعودية اقيم مشروع شبكة ري وصرف لأكبر واحة نخيل مروية في العالم حيث يتم الري عبر قنوات مفتوحة ويتم صرف المياه الراجعة خارج الواحة . وقد ثبت جدوى ملائمة إعادة استخدام هذه المياه بعد خلطها مع المياه العذبة . وقد تمت الاستفادة من 100 ألف متر مكعب يومياً التي كانت تصرف هدراً ولم يلاحظ أي آثار سالبة لهذا الاستخدام خلال 6 سنوات.

3-2-8 الوضع في العراق

إن الموارد المائية للعراق تتأثر بشكل كبير كماً ونوعاً بالمشاريع التخزينية الإروائية التي تقام في الدول التي تتبع أو تمر بها الموارد المائية العراقية وتحديداً سورية وتركيا وما يتطلب هذا الوضع الأخذ في الاعتبارات اللازمة للاستخدام الأمثل للمياه من كل المصادر ومنها المصادر غير التقليدية. تصنف المياه غير التقليدية في العراق على أنها تشمل المصادر المائية الآتية:

- مياه ثقيلة : وهي المياه الناتجة عن الصرف الصحي والصناعي.
- المياه الراجعة : وهي مياه الصرف الزراعي والمياه الجوفية المالحة.
- المياه المحلاة من البحر.

وتفاصيل استخدام هذه المياه في العراق هي على النحو التالي :

أ-المياه الثقيلة

مر العراق بمرحلة سريعة من التطور الاقتصادي الاجتماعي ولا سيما في المدن وشمل التطور الاقتصادي إنشاء المصانع والمعامل لمختلف الأغراض التي تحتاج إلى كميات كبيرة من المياه كما أن التحسن المستمر في النواحي الصحية للمجتمعات السكنية واستخدام مقادير كبيرة من المياه الجيدة للأغراض المنزلية وما يخرج منها من مياه ملوثة يطلق عليها بالمياه الثقيلة والتي تشكل نسبة (50-60)% من المياه المستخدمة فعلاً . يقدر ما ينتج من مياه ثقيلة (صناعية ومنزلية) معالجة في الوقت الحاضر بحدود (425) مليون م3 لا يوجد استخدام مباشر للمياه الثقيلة المعالجة بل يتم طرحها في مجاري الأنهر القريبة ليجرى الاستفادة منها بعد خلطها بمياه الأنهر في مواقع أخرى تمتد من مؤخر مصبات نقاط التصريف لمحطات التصفية.

ب-المياه الراجعة

أولاً : مياه الصرف الصحي

إن الزراعة في العراق متأثرة بشكل كبير بالملوحة والتغدق وقد أعدت خطط كبيرة لتقليل تأثير ذلك بشمول المشاريع الإروائية القائمة بشبكات البزل وإنشاء المصبات الرئيسية لنقل مياه الصرف الزراعي بدلاً من تحويلها إلى مصادر المياه العذبة ومن أهم تلك المصبات مشروع نهر صدام حيث من خلاله يتم نقل مياه الصرف الزراعي للمشاريع الزراعية الواقعة بين نهري دجلة والفرات والممتدة من مدينة بغداد لغاية مصب نهر صدام في شط البصرة.

إن تغطية الأرض الزراعية بشبكة مبازل والتي تتكون عادة من مبازل حقلية تقوم بنقل مياه الرشح من الحقل الزراعي إلى المبازل المجمعة ثم إلى المصبات ، علماً أن عمليات الغسل تكون عن طريق إضافة مياه إلى حجم مياه الري المطلوبة

تعمل على غسل الأملاح في سطح الترب ودفع المياه باتجاه المبازل الحقلية لذا فإن معظم مياه الصرف الزراعي ستكون ذات تراكيز ملحية عالية.

إن مقدار مياه الصرف الزراعي ستكون ذات مقادير كبيرة من الملوحة بسبب المساحات المقرر استصلاحها خلال الخطط القادمة.

ثانياً : المياه الجوفية المالحة

تتصف المياه الجوفية وفي أعماق تتراوح من (10–20) م ، في المنطقة الوسطى والجنوبية في العراق بأنها عالية الملوحة وتتجاوز الحد المقرر (3) مليموز/سم في كثير من الحالات وهذه الكمية من المتوقع أن تولد مشاكل كثيرة للنبات إضافة إلى ارتفاع نسبة الصوديوم في بعضها ورغم ذلك فإن هذه المياه تم استخدامها في جنوب العراق وفي أراضي رملية ذات النفاذية العالية والبزل.

ج-تحلية مياه البحر

لا يوجد استخدام مباشر للمياه المحلاة من البحر عدا وجود بعض المعامل الصغيرة تعتمد إحدى تقانات التحلية تقوم بتحلية المياه لأغراض تشغيل المراجل البخارية.

3-2-9 الوضع في فلسطين

نتيجة للأزمة المائية التي تواجهها فلسطين بسبب التسلط الإسرائيلي على مصادر المياه فقد ازداد الاهتمام بموضوع استخدام المياه التقليدية لخروجها عن نطاق السيطرة الإسرائيلية . كما أنها أصبحت مصدر مائي حيوي يحتم الوضع الاستفادة القصوى منه وخاصة في القطاع الزراعي والوضع القائم الآن في فلسطين حول استخدام هذه المياه هو على النحو التالي:

تعتبر إعادة استخدام مياه الصرف الصحي أهم المصادر المائية غير التقليدية بفلسطين نسبة لتزايد حجمها بسبب الزيادة السكانية والتوسع الحضري الذي تشهده فلسطين وأفاق المستقبل العريض في هذا المجال حيث تقدر كمية مياه الصرف الصحي خلال العقدين القادمين من القرن الواحد والعشرين بحوالي 34 مليون متر مكعب سنوياً بحلول عام 2005 ويتوقع أن ترتفع إلى حوالي 54 و145 مليون متر مكعب سنوياً بحلول عام 2010 و 2020 بالتوالي . مقارنة بتوقعات الاحتياجات المائية للقطاع الزراعي بحوالي 178، 191، و220 مليون متر مكعب سنوياً بحلول عام 2005 و 2010 و2020 بالتوالي.

تعتبر فلسطين حديثة العهد باستخدام الموارد المائية غير التقليدية لذلك تكاد تنعدم الاستفادة من المصادر المائية غير التقليدية بسبب عدم توفر البنيات التحتية الملائمة وعدم توفر الخبرة الفلسطينية إضافة إلى التراكمات التي يخلفها الاحتلال

الإسرائيلي على كل مناحي الحياة رغم أن هناك مشكلة قائمة حالياً حيث تعاني بعض المياه الجوفية من ارتفاع ملوحتها بسبب تداخل مياه البحر وهذا يزيد من معاناة المزارعين.

3-2-10 الوضع في الكويت

بسبب محدودية مصادر المياه العذبة الطبيعية كان على الكويت أن تبحث عن مصادر مائية لتأمين الاحتياجات الضرورية لمواطنيها وخاصة مياه الشرب والاستخدام المنزلي وقد كانت الكويت تعتمد على حصاد مياه الأمطار ولكن بعد الارتفاع الشديد للمستويات المعيشية لم يعد ذلك الأسلوب كافياً لتأمين الاحتياجات المائية الضرورية وبعد دخول الكويت مرحلة إنتاج البترول، اتجهت الكويت نحو استقطاب الموارد المائية غير التقليدية والتي تشمل ما يلي:

أ-تحلية مياه البحر

تعتبر دولة الكويت من أول الدول التي تبنت تطبيق تحلية مياه البحر لتوفير مصادر مائية عذبة وذلك في نهاية الخمسينات من القرن العشرين ومن ثم انتشرت هذه التقانة وأصبحت المصدر الأساسي للمياه بالكويت وكثير من دول الخليج العربي.

والجدول رقم (3-1)
يبين تطور إنتاج المياه المحلاة بالكويت

السنة	السعة الإنتاجية مليون جالون/اليوم	المتوسط اليومي للإستهلاك مليون جالون/اليوم
1959	4	3.2
1969	23	15.4
1979	102	63.2
1989	254	130.4
1998	282	215.1

المصدر: الدراسة القطرية الكويتية حول تقويم الآثار المترتبة على سوء استخدام الموارد المائية غير التقليدية لدولة الكويت - المنظمة العربية للتنمية الزراعية - 2001.

ب- إعادة استخدام مياه الصرف الصحي

إن الحاجة الماسة إلى المياه للتوسع الزراعي أفقياً ورأسياً قد فرض ضرورة استخدام مياه الصرف الصحي بعد معالجتها كمصدر أساسي وحيوي من مصادر الثروة المائية. وتعتبر مياه الصرف الصحي أفضل من المياه المالحة في الاستخدام الزراعي نسبة لاحتوائها على العديد من العناصر الغذائية للنبات من نيتروجين وفوسفور وبوتاسيوم بالإضافة إلى احتوائها على المواد العضوية المخصبة.

تقدر كمية مياه المجاري المعالجة المنتجة قبل عام 1989 بما يوازي 55 مليون جالون يومياً كان يستغل منها حوالي 31 مليون جالون يومياً . وقد وصلت هذه الكمية عام 1999 إلى حوالي 90 مليون جالون يومياً ،ومخطط أن تصل إلى 140 مليون جالون يومياً عام 2015.

لقد وضعت الكويت خطة للاستفادة من مياه الصرف الصحي في زراعة النخيل والأعلاف الخضراء بالإضافة إلى زراعة الشعير . وتقدر الكمية المستغلة حالياً من مياه الصرف الصحي بحوالي 27 مليون جالون يومياً ويستهدف الوصول إلى 81 مليون جالون يومياً مستقبلاً.

3-2-11 الوضع في مصر

أ- إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة

هناك محاولات حثيثة في مصر لإعادة استخدام المخلفات السائلة المعالجة من مياه الصرف الصحي من أجل حماية البيئة من التلوث أولاً وزيادة المياه المتاحة للزراعة ثانياً . تقدر كمية مياه الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى بأربعة مليون متر مكعب يومياً يستخدم منها حالياً بعد المعالجة والتعقيم لري حوالي 150 ألف فدان في المنطقة الصحراوية بطريق القاهرة الإسماعيلية في حلوان وهناك حوالي مليون متر مكعب يومياً بمدينة الإسكندرية يمكن استخدامها لري حوالي 135 ألف فدان وتقدر بقية المياه التي يمكن جمعها إذا توفرت شبكات الصرف الصحي من المدن المصرية المختلفة بحوالي 7.5 مليون متر مكعب يومياً.

لقد أجريت بعض الدراسات والبحوث حول نتائج استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة في مصر والتي شملت على قياس تركيز بعض المواد في التربة وقد أظهرت التجارب ما يلي :

- وجود كثافة ظاهرية لبعض المواد العضوية في السطح من حوالي 0.07% إلى 5.7% .
- انخفاض كميات الكالسيوم وال PH من الطبقات السطحية لذوبان الكالسيوم بواسطة الأحماض في المياه.
- انخفاض عام للأملاح وزيادة في النيتروجين.
- هناك زيادة في الحموضة التي لم تؤثر تأثيراً فعالاً على صلاحية التربة أو تحريك العناصر الدقيقة في القطاع الأرضي .

ب - استخدام مياه الصرف الزراعي

لقد أصبح استخدام مياه الصرف الزراعي في الري أمراً ضرورياً في مصر حتمته حاجة البلاد إلى تعظيم الإنتاج الزراعي رأسياً وأفقياً في ظل موارد مائية

محدودة. يقدر حجم مياه الصرف الصحي الزراعي الذي يمكن استخدامه على المدى القصير حوالي 7 مليار متر مكعب سنوياً. وقد ارتفعت الكمية المستخدمة فعلاً في الزراعة من 2.9 مليار عام 85/1984 إلى حوالي 3.9 مليار عام 95/94 وتقدر حالياً بحوالي 4.7 مليار متر مكعب سنوياً وتمثل مياه الصرف الزراعي في الدلتا أساس هذه المياه . وأهم مشاريع خلط مياه الصرف الزراعي تشمل مشاريع شرق الدلتا المتمثلة في ترعة السلام والمصارف المختلفة بالمنطقة وكذلك مشاريع وسط الدلتا ومشاريع غرب الدلتا والمتمثلة في ثلاث مصاريف رئيسية هي مصرف ادكو ومصرف العموم ومصرف غرب النوبارية بالإضافة إلى مصارف فرعية أخرى يغذي بعضها المصارف الرئيسية وهناك أيضاً مشاريع منطقة الفيوم والتي تضم مصرف البطس ومصرف الطاجن اللذان يغذيان بحروهبي وبحر النزله.

3-2-12 الوضع في المغرب

لقد بذلت المغرب جهوداً كبيرة في مجال تنمية الموارد المائية التقليدية وجهزت بنيات تحتية قادرة على تعبئة حوالي 13،235 مليون متر مكعب وهي نسبة تمثل حوالي 67% من الرصيد الممكن تعبئته ورغم ذلك فهناك حاجة ماسة لزيادة مواردها المائية. ففترات الجفاف التي تعاقبت على المغرب أرغمت المزارعين المجاورين للمراكز الحضرية المجاورة لمزارعهم على استخدام مياه الصرف الصحي من دون معالجة ، وهذا يوضح أهمية مراقبة استخدام المياه العادمة ويشمل الوضع في المغرب ما يلي :

أ-تحلية مياه البحر

يتميز المغرب بأن له حدود طويلة للغاية تطل على البحار حيث يحده شمالاً البحر الأبيض المتوسط ومضيق طارق وغرباً المحيط الأطلسي على مسافة تقدر بحوالي 3500 كيلو متر . وتشكل هاتان الواجهتان ثروة مائية احتياطية إضافية إلى الموارد المائية التقليدية نسبة لارتفاع تكلفة تحلية المياه فإن استخدامها وخاصة في الزراعة محدود للغاية ولكن هناك مشاريع تحلية لتأمين مياه الشرب وقد بدء هذا العمل في منتصف السبعينات من القرن العشرين. وينتج المغرب الآن حوالي 8680 متر مكعب يومياً من المياه المحلاة من خمسة محطات تحلية تستخدم فيها أساساً طريقة التناضح العكسي.

ب - إعادة استخدام مياه الصرف الصحي

خلال العقود الأربعة الماضية ارتفعت كميات مياه الصرف الصحي نسبة للتطور العمراني في المغرب حيث ارتفعت من 48 مليون متر مكعب عام 1960 إلى 500 مليون متر مكعب سنوياً عام 2000 ويتوقع أن يصل إلى 900 مليون متر مكعب علم 2020.

ويقدر الجزء الذي يتم تجميعه بواسطة شبكات الصرف الصحي بحوالي 423 مليون متر مكعب يتم التخلص من حوالي 58% منها في البحر والباقي يصرف في الوديان والأنهار وعبر النشر على الأرض بدون معالجة.

وقد أظهر بحث ميداني عام 1993 بأنه تم استخدام حوالي 60 مليون متر مكعب من مياه الصرف الصحي غير المعالجة لري ما يزيد عن 7000 هكتار بضواحي المدن الكبيرة.

إن ظاهرة إعادة استخدام مياه الصرف الصحي الخام في الزراعة، قد عرفت إنتشاراً كبيراً ، وخاصة في المناطق التي سجلت عجزاً مائياً في فترات الجفاف . وهناك طلبات متزايدة من المزارعين لهذه المياه.

ج - إعادة استخدام مياه الصرف الصناعي

ينتج القطاع الصناعي في المغرب أكثر من 964 مليون متر مكعب سنوياً من المياه العادمة يصب منها في البحر ويستخدم جزء قليل منها في بعض القطاعات الصناعية لمعامل السكر وبعض وحدات الحليب ولكن ليس هناك استخدام لهذه المياه في الزراعة.

د - إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي

تصل شبكة الصرف الزراعي بالمغرب إلى حوالي 10086 كيلو متر ، ويقدر حجم مياه الصرف عليها بحوالي 600 مليون متر مكعب سنوياً خاصة من الري السطحي إلا أنه لا يسجل حالياً إعادة استخدام هذه المياه في الميدان الزراعي بالمغرب .

3-2-13 الوضع في موريتانيا

إن موريتانيا يعتمد سكانها أساساً على الرعي والثروة الحيوانية والتجارة وتجاربها في الزراعة عامة ليست لها تاريخ وتقاليد عتيقة. أما الزراعة المروية فهي حديثة للغاية ولهذا بالإضافة إلى وجود نهر السنغال في حدودها الجنوبية لم يجعل هناك حاجة ماسة للجوء إلى استخدام المصادر المائية غير التقليدية لذلك فإن تجاربها في هذا المجال ما زالت في بداية الطريق.

توجد في موريتانيا محطة واحدة لمعالجة مياه الصرف الصحي بالعاصمة نواكشوط لخدمة حوالي 700 ألف نسمة هم سكان العاصمة وتستخدم المياه المعالجة الناتجة من هذه المحطة في ري الحدائق.

تشير الدلالات إلى أن موريتانيا قد تتجه قريباً إلى استخدام المياه غير التقليدية لمواجهة الطلب المتزايد على المياه وخاصة من مياه الصرف الصحي حيث لا يوجد استخدام مصادر مائية غير تقليدية أخرى.

3-2-14 الوضع في اليمن

إن النشاط الزراعي في اليمن يمثل الدخل الرئيسي لحوالي 70% من سكان اليمن ويساهم بحوالي 17.5% من الدخل القومي.

نتيجة لمحدودية الموارد المائية وشحتها في البلاد واتساع الفجوة المائية بين الموارد المتجددة والموارد المستخدمة باستمرار ، لارتفاع حجم الطلب على هذه الموارد للاستخدامات المختلفة، ومع تنامي دور القطاع الصناعي في عملية التنمية في البلاد، والتوسعات الحضرية، وارتفاع عدد السكان والذي يتوقع أن يبلغ في عام 2025م حوالي (37) مليون نسمة، وأن حوالي 80% من إجمالي المياه المنزلية المستخدمة من قبل السكان المرتبطين بشبكة الصرف الصحي وحوالي ما نسبته 70% من إجمالي السكان الحضر تشملهم خدمات الصرف الصحي، وأن معدل الاستهلاك اليومي للفرد حوالي 80 لتر فإن المياه المتوقعة (المياه العادمة) تقدر بحوالي (243) مليون متر مكعب / سنة).

في الوقت نفسه الذي ترتفع فيه الاحتياجات المائية إلى حوالي (4628) مليون متر مكعب بعجز مقداره (2528) مليون متر مكعب، وفي ظل هذه الأوضاع، من المتوقع أن تبدأ الدولة في استغلال المياه غير التقليدية (المياه العادمة - المياه المالحة) في المستقبل المنظور ونظراً للتقدم العلمي والتكنولوجي والاهتمام المتزايد بحماية البيئة من التلوث حيث بدأت الدولة بفرض القيود والضوابط على التخلص من المياه العادمة لهذا أصبح لزاماً معالجة وتنقية المياه العادمة الناتجة عن النشاط الصناعي قبل تصريف هذه النوعية في شبكة الصرف الصحي.

وما لم يتم تنقية هذه النوعية من المياه ومراقبتها بعناية شديدة فقد تؤدي إلى زيادة تملح التربة، وتدهور نوعية المياه الجوفية والسطحية بفعل تسرب هذه الميله بما تحتويه من ملوثات ميكروبية ومواد وعناصر كيماوية سامة تؤثر في الصحة العامة للمجتمع والبيئة.

لهذا يجب اتخاذ كافة الإجراءات والاحتياجات اللازمة لتنفيذ المواصفات القياسية والكفيلة بعدم الإضرار بالبيئة والصحة العامة والأحياء المائية خاصة تلك المخلفات الشديدة التلوث والناتجة عن النشاط الصناعي بحيث لا يسمح بتصريفها في شبكة الصرف الصحي، أو مجاري الوديان أو دفنها في الأرض قبل معالجتها داخل المصانع معالجة كافية وسليمة.

والموقف في استخدام المصادر المائية غير التقليدية هو على النحو التالي:

أ-تحلية مياه البحر

قد تكون عملية تحلية مياه البحر أحد البدائل المتاحة لتوفير حاجة مدينة صنعاء والمدن الساحلية مستقبلاً خاصة وأن معدل التغذية لحوض صنعاء الجوفي يقدر بحوالي 42 مليون متر مكعب سنوياً في حين أن الاستخدام الفعلي يزيد عن

224 مليون متر مكعب ويمثل 33% من معدل التغذية وهذا التوجه قد يؤدي إلى نضوب الحوض في غضون 15 سنة . أول عملية لتحلية مياه البحر تمت بميناء عدن عام 1869 لتزويد البواخر بالمياه العذبة. وحالياً هناك حوالي 24 وحدة تحلية تنتج حوالي 6000 متر مكعب/ اليوم .

ب-إعادة استخدام مياه الصرف الصحي

تشير التقديرات والإحصاءات إلى أن كميات المياه العادمة الناتجة عن الصرف الصحي قد بلغت عام 1999 حوالي 74 مليون متر مكعب ويتوقع أن ترتفع إلى 155 مليون متر مكعب في السنة عام 2010 ويلاحظ تصريف معظم هذه المياه في المدن الساحلية في البحر.

ج- إعادة استخدام مياه الصرف الصناعي

نعرف مياه الصرف الصناعي بأنها المياه الناتجة عن النشاط الصناعي والتجاري وهي مياه ملوثة متدنية النوعية ذات آثار سالبة على البيئة والمجتمع. وبالرغم من عدم وجود توفر المعلومات والبيانات الكافية عن كمية ونوعية الميله ومدى تلوثها إلا أنه تم اعتماد مواصفات قياسية يمنية توضح الحد الأدنى من الملوثات السامة المسموح بها عند تصريف هذه المياه إلى الشبكة العامة.

تشير الرؤية الاستراتيجية لليمن للعام 2025 إلى إمكانية إعادة استخدام مياه الصرف الصناعي بكمية تقدر بحوالي 80 مليون متر مكعب سنوياً.

د- إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي

نسبة لبعد مستوى المياه الجوفية عن سطح التربة في المناطق الزراعية لم تبرز حاجة لإنشاء شبكات صرف زراعي ، لذلك فإن تقنية استخدام مياه الصرف الزراعي لم تطبق في اليمن.

3-3 التقانات السائدة لاستخدام الموارد المائية غير التقليدية في الدول العربية

3-3-1 تقانات تحلية مياه البحر

تعتبر منطقة الخليج العربي من أكثر مناطق العالم استخداماً لمياه البحر المحلاة وبسبب هذا الطلب المتزايد لهذه المياه لتغطية العجز الشديد في الموارد المائية التقليدية ونتيجة للإمكانات المالية العالية لهذه الدول النفطية تطورت أساليب تحلية مياه البحر وانتشرت بشكل كبير خلال العقدين الماضيين وعليه فقد انخفضت تكاليف التحلية بشكل ملحوظ نتيجة لتنافس الشركات المصنعة للمحطات على هذا السوق العريض المتزايد لذلك نجد العديد من التقانات المنتشرة في المنطقة العربية حول تحلية مياه البحر.

يوجد في الأردن ستة محطات لتحلية المياه المالحة (مياه المسوس) التي تستغل لغايات الزراعة في منطقة الأغوار ومحطة واحدة لتحلية مياه البحر في

منطقة خليج العقبة لغايات الإستعمالات في محطة توليد الكهرباء الحرارية. وتتراوح درجة التحلية بين حوالي 26% في حالة تحلية مياه البحر إلى ما يزيد عن 85% في حالة تحلية المياه الجوفية المالحة وتستخدم في الأردن العديد من طرق التحلية الشائعة في العالم وهي :

- طريقة الفرز الغشائي الكهربائي Electro dialysis
- طريقة التناضح العكسي Reserve Osmosis
- طرق التبلور التجميدي
- التحلية الكيمائية
- التقطير

يتم استخدام طريقتين لتحلية المياه في البحرين وهما طريقة التبخر الوميض متعدد المراحل (Multi –stage flash) وطريقة التناضح العكسي(Reserve Osmosis) .

أما عملية تحلية المياه الجوفية فتتم على ثلاث مراحل وهي المعالجة الأولية (Pre-Treatment system) حيث تتم التنقية والمعالجة كيميائياً للتخلص من الغرين والزيوت وغيرها من المواد الهيدروكربونية مع إضافة مواد مانعة لترسيب الأملاح (Antuscaant) . أما المعالجة الثانية فهي عن طريقة التناضح العكسي والثالثة والنهائية تتم بتحرير المياه خلال أبراج الغاز (Stripping Towers) للتخلص من غاز كبرتيك الهيدروجين بعدها يضاف الكلور وثاني أكسيد الكربون للتعقيم وضبط الرقم الهيدروجي وحيث تكون نسبة الأملاح في هذه المياه حوالي 350 جزء من المليون وهي بهذا صالحة للاستخدام.

أما في الجزائر فإن طريقة تحلية المياه تتم بأحد الطرق الآتية:

- التحلية باستخدام التقطير عن طريق التبخر (Distillation)
- التناضح العكسي(Electrodyalysis)
- الفرز الغشائي الكهربائي (Electrodyalysis)

إن طريقة التحلية بالتقطير أكثر الطرق التي يتم التحكم الجيد فيها من قبل الكوادر الجزائرية في حين أن طريقة التناضح العكسي هي الأكثر إنتاجاً. أما الفرز الغشائي الكهربائي فهي طريقة تتسم بالضعف النسبي لطاقتها الإنتاجية.

أما في السودان فإن المحطة الوحيدة لتحلية مياه البحر بميناء بورتسودان وهو الميناء الرئيسي بالسودان وتستخدم في هذه المحطة تقنية الدبلزة الكهربائية.

إن استخدام تحلية مياه البحر بسورية محدودة وتنحصر في بعض التجمعات السكنية الصغيرة وبعض المنشآت الصناعية التي تحتاج إلى مياه خالية من الأملاح للاستعمال المباشر أو لتوليد البخار . وتستخدم في هذه الوحدات أحد

طريقة التناضح العكسي أو التبادل الشاردي وفي بعض الحالات تستخدم الطريقتين معاً.

أما في العراق فإن عملية تحلية المياه محدودة الاستعمال بسبب التكلفة العالية وتستخدم طريقة التناضح العكسي في الحالات التي تتم فيها عملية التحلية خاصة في المراحل التجارية وعمليات الإنتاج وتوليد الطاقة الكهربائية في بعض المصانع ومنها مصانع السكر.

تعتبر الكويت من أكثر دول العالم استخداماً للمياه المحلاة مقارنة باستخدام الموارد المائية الأخرى ولذلك أصبحت دولة رائدة في هذا المجال وقد بدأ العمل في تحلية المياه في أوائل الخمسينات من القرن العشرين بعد اكتشاف البترول. وقد بدأ باستخدام أسلوب الأنبوب المضمور وهي طريقة تقليدية لتبخير المياه وكان أسلوباً باهظ التكلفة وعقيم وقليل الإنتاج، ثم تطور أسلوب التبخير الومضي Flash Type Technique وكانت الكويت أول من تبنى هذا الأسلوب. واكبت الكويت التطور الذي حدث في أساليب تحلية المياه خلال العقود الثلاث الماضية وخاصة في مجال التناضح العكسي والديلزة الكهربائية وتستخدم الكويت كلا الطريقتين بنجاح في تحلية المياه قليلة الملوحة والتي تصل ملوحتها إلى 10000 جزء من المليون.

3-3-2 التقانات السائدة لمعالجة المياه العادمة

تشمل المياه العادمة تلك المياه الناتجة من الصرف الصحي والصناعي والزراعي وحيث أن نوعية المياه في كل من هذه الأنشطة الإنسانية مختلفة فإن طريقة ومواصفات المعالجات تختلف للتمكين من الحصول على مياه بنوعية يمكن إعادة استيعابها في الأنشطة البشرية المختلفة أو التخلص الآمن منها والأوضاع في الدول العربية عامة شبيهة ببعضها نسبة لتشابه العادات الغذائية ونوعية الصناعات والزراعات السائدة في المنطقة ولكنها ليست متطابقة بسبب الاختلافات البسيطة في التركيز وعلى الأسمدة المتداولة حسب نوعية الأرض والمياه المستخدمة في الزراعية

هناك عدة أنواع من محطات معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي بالأردن منها التي تعمل على نظام الفلترة البيولوجية وتوجد حوالي 7 محطات تستخدم هذا النوع من المعالجة وهناك حوالي 5 محطات تعمل على الحمأة المنشطة وثلاثة على نظام التنقية الطبيعية و 4 محطات تعمل على نظام التنقية الميكانيكية.

تتم معالجة مياه الصرف الصحي في دولة البحرين معالجة ثلاثية حيث تبدأ بالمعالجة الأولية وخلالها يتم التخلص من الشوائب والمواد العالقة والذائبة بواسطة مرشحات ويستخدم فصل بعض المواد اللاعضوية مثل الرمل عن

طريق الكشف الخاص بذلك بعدها بتحول الماء وهو يحتوي على العديد من المواد العضوية المعقدة لمرحلة المعالجة الثانية وهي أهم العمليات حيث تخلط مع الحمأة المنشطة للتخلص من المواد العضوية بتحليلها إلى مواد بسيطة وتكون المياه بدرجة معقولة من النوعية ، بعدها يتحول الماء لمرحلة المعالجة الثالثة المتقدمة ويتم فيها تهوية الماء ويتم التخلص من كل الشوائب من خلال مرشحات رملية ويتم تعقيمه بالكلور وتصبح صالحة للاستخدام الزراعي بدرجة مأمونة.

أما في الجزائر فإن الطرق المستعملة لمعالجة المياه العادمة فتشمل الحمأة المنشطة والتي تستمر لمدة 6-10 ساعات والطريقة الأخرى هي التصفية وهي طريقة سهلة وفعالة وتعتمد على القدرة الطبيعية للتصفية بالأحواض قليلة العمق ومدتها بين 30-60 يوم في أحواض يتراوح عمقها بين 0.9 إلى 1.5 متر حيث يتم تخفيض الطلب البيوكيمائي للأوكسجين (BODs) من 95 إلى 80% والأزوت من 90 إلى 70% والفوسفور من 20% إلى 15%.

تستخدم في السودان طريقة المعالجة الثلاثية والتي تبدأ بإزالة الشوائب والمواد الصلبة وفصل الزيوت الطافحة وذلك من خلال تخزينها لفترات قصيرة وبواسطة أحواض الترسيب. أما المرحلة الثانية فهي إزالة المواد العضوية بايولوجياً بواسطة الأكسدة البايوكيمائية وخاصة الحمأة المنشطة. أما المرحلة الثالثة فهي لمعالجة الفضلات السائلة معالجة متقدمة بإزالة الملوثات وتشمل إزالة مركبات الفسفور والنتروجين والترسبات العضوية.

تختلف التقانات المتبعة في معالجة مياه الصرف الصحي في المناطق المختلفة من الجمهورية العربية السورية بسبب الاعتبارات المختلفة من النواحي الفنية والاقتصادية والاجتماعية وعدد السكان وطبيعة الأرض وحجم تدفق المياه العادمة وتشمل طرق المعالجة طريقة الحمأة المنشطة والتي تستخدم في دمشق وحماة وحمص ودرعا واللاذقية وطرطور. أما طريقة بحيرات الأكسدة فتستخدم في منطقة السلمية شرق محافظة حماة نسبة للعوامل العديدة المناسبة ومنها توفر مساحات أرض قليلة التكلفة وقلة تكلفة المشروع وسهولة الاستثمار وانخفاض السكان ومستوى العمالة المتوفرة وعدم الحاجة إلى تعقيم.

يستخدم العراق أيضاً المعالجة الثلاثية لمياه الصرف الصحي حيث تبدأ المعالجة باستخدام البرك والأحواض لترسيب ما يقارب 90% من المواد الصلبة والتخلص من حوالي 40% من المواد العالقة الصلبة ويمكن إيصال هذه النسبة إلى 70% إذا تم استخدام مواد مساعدة للترسيب وخلال هذه المرحلة يتم تخفيض نسبة الطلب البيولوجي للأوكسجين إلى ما يقارب 25-40% بالإضافة إلى

ترسيب الفسفور وبعض المعادن الثقيلة. أما المعالجة الثانوية هي مرحلة تجريد الماء من المواد العضوية باستخدام البكتريا التي تتغذى على هذه المواد. أما المعالجة الثالثة فهي معالجة متقدمة حيث يتم التخلص من المواد غير العضوية مثل الرمل ويتم فيها تعقيم المياه بالكلور والبروم واليود.

تعالج مياه المجاري في الكويت معالجة ثلاثية تبدأ بالترسيب للتخلص من المواد العالقة ثم المرحلة الثانية للتخلص من المواد العضوية وأخيراً المرحلة الثالثة للتخلص من المواد اللاعضوية.

في المغرب تستخدم الطرق الآتية لمعالجة مياه الصرف الصحي :

- الحمأة المنشطة في 19 محطة.
- المرشحات البيلوجية في 11 محطة.
- التجفيف في 3 محطات.
- الأحواض التثبيتية في 12 محطة.
- الرشح في محطتين .
- الأحواض التثبيتية مع ممر طحلبي في 3 محطات.

توجد في موريتانيا محطة معالجة واحدة في مدينة نواكشوط عاصمة الدولة وتمر المياه العادمة بالمراحل الآتية :

- المنظف الأولي وهو مثبت في مقدمة خط المعالجة على رأس الأنبوب القادم بالمياه العادمة ومهمته التنظيف من الشوائب.
- الغربال وهو عبارة عن شبكة حديد على شكل غربال لحجز المواد العالقة.
- الهاضم وهو عملية طحن المخلفات الصلبة التي مرت عبر الغربال.
- المرسب الترابي وهي عملية ترسيب الرمل والحصى.
- التخلص من الدهون.
- المعاملة الأولية وهي للتخلص من المواد القابلة للترسيب.
- المعاملة الثانية وفيها يتم استخدام البكتريا للتخلص من المواد العضوية.
- استخدام الحمأة المنشطة لتحليل المواد العضوية.

تعتمد طرق معالجة المياه العادمة في اليمن على نظام البحيرات المؤكسدة والحمأة المنشطة وذلك لتحسين خواص المياه والحصول على نوعية مياه خالية

من الملوثات الميكروبية والمواد الصناعية والكيماوية السامة حتى يمكن استخدام هذه المياه في الزراعة بأمان.

3-3-3 المواصفات والتشريعات

تمثل المواصفات والتشريعات الخاصة بمعالجة واستخدام الموارد المائية غير التقليدية عنصراً هاماً للغاية في الاستخدام الرشيد الآمن لهذه المياه. فالمياه العادمة لابد أن توضع مواصفات لها بعد المعالجة تستوعب كل متطلبات الاستخدام الرشيد لهذه المياه والعمل نحو تجنب الآثار السيئة لهذا الاستخدام وحماية البيئة منه فالتشريعات والمواصفات والمواقف السياسية والإدارة الحسنة كلها عناصر مترابطة يحتاج بعضها لبعض لتحسين كفاءته بالمواصفات التي هي المقياس لاستخدام هذه المياه ،والتشريعات الحامية لاحترام هذه المواصفات، والسياسة الموجه للتشريعات ، والإدارة المطبقة للمواصفات والتشريعات.

إن الغرض من استخدام المياه غير التقليدية وأساليب هذا الاستخدام تمثل عاملاً مهماً في تحديد المواصفات المطلوبة ومستوى المعالجة وللعامل الصحي والبيئي أهمية بارزة أيضاً في وضع المواصفات القياسية وتؤخذ الحيطة والحذر لتفادي أي آثار جانبية وتراكمات صحية وبيئية محتملة.

في الأردن تبنت الدولة الإستراتيجية العامة للمياه لعام 1997 بأهداف واضحة بعيدة المدى وأقرت وضع سياسات محددة تحت مظلة هذه الاستراتيجية وأصدرت أول وثيقة بموجب ذلك وهي سياسة مرافق المياه الصادرة في 1997/7/26 وبعدها صدرت العديد من الوثائق الأخرى، وقد حددت أهداف الاستراتيجية في تطوير الموارد المائية وحسن إدارتها ووضع أولويات وإصدار التشريعات والتنظيم المؤسسي لها ومتابعة التوجهات العالمية للمياه وتوعية الجمهور والحفاظ على الصحة العامة وتفعيل مشاركة القطاع الخاص وتطوير سبل التمويل والبحوث عند استخدام مياه الصرف الصحي.

تستخدم دولة البحرين قيم مرجعية قصوى تتفق مع قيم منظمة الصحة العالمية لا يجب تجاوزها أبداً عند استخدام هذه المياه لأغراض الري وقد وضعت البحرين ضوابط وشروط لاستخدام المياه المعالجة عند ري المحاصيل الزراعية تراعي الاعتبارات الصحية، كما تم وضع شروط لاستخدامها في طرق الري الحديثة ومنها الري بالتنقيط لتفادي ملامستها مباشرة للثمار. كما تقوم وزارة الإسكان والزراعة بإبرام اتفاقيات مع المزارعين المستفيدين من مياه الصرف الصحي المعالجة للتقيد بهذه الشروط. وهناك مواصفات وضعت من قبل شئون البيئة بوزارة شئون البلديات وشئون البيئة لمستوى المعالجة المسموح بها عندما يتم التخلص من هذه المياه في البحر.

في الجزائر هناك مواصفات تراعي الخطر الصحي من إعادة استخدام الميله العادمة وتشمل التأكد من عدم حملها جسيمات يمكن أن تسبب أمراض لأي من المتعاملين مع هذه المياه وكذلك مراعاة الخطر الفلاحي وأثرها على الإنتاج ومستخدمي هذا الإنتاج وعلى التربة.

تشمل التشريعات المترابطة لإستخدام المياه العادمة في الجزائر قانون 1983 المتعلق بقانون المياه ويحدد أن المياه المعالجة يمكن استعمالها في تلبية احتياجات القطاع الصناعي وفي سقي بعض المنتجات الزراعية مع منعها من سقي الفواكه والخضر التي تستعمل دون طهي وهناك مرسوم 013/160 يحدد المقاييس المنظمة للإفرازات الصناعية.

في سورية يتم تطوير للتشريعات المائية لتحديد الطرق السليمة لاستخدام الموارد المائية وحمايتها وخاصة الموارد المائية غير التقليدية . وحيث أن وضع المواصفات المطلوبة للمياه العادمة بعد المعالجة يعتمد على استخدامها أو صرفها بعد المعالجة فإن مياه الصرف الصحي في سوريا تعالج لهدفين أساسيين هما:

- دعم الموارد المائية التقليدية وخاصة الموارد المائية الجوفية وحمايتها من الاستنزاف وزيادة الرقعة المروية بسوريا.
- حماية مجاري المياه العادمة وكل مصادر المياه والبيئة من التلوث بمياه المجاري.

وعلى هذا فقد وضعت سورية مواصفات لكل نوع من إعادة استخدام هذه المياه العادمة بعد المعالجة فهناك مواصفات في حالة استخدامها في الزراعة أو إضافتها للمجاري المائية العامة وهناك مواصفات عند إعادة استخدامها في الصناعة للتبريد وخلافه.

توجد في العراق تشريعات للتقليل من حجم ونوع الملوثات التي تحصل للمياه التقليدية السطحية والجوفية من جراء استخدامات المياه العادمة وهي تشمل الحد من الصرف في الأنهار والمجاري المائية السطحية والأحواض المائية الجوفية إلا بشروط. وقد أوضح النظام (25) لعام 1967 الخطوات المطلوبة للتخلص من هذه المياه العادمة بعد المعالجة. وقد أهتم النظام خاصة بموضوع مياه الشرب بدء من صلاحية الموقع وتصميم المنشآت وتصفية المياه وخلافه ، رغم أن مياه المجاري المعالجة قد يسمح باستخدامها في الري في الكويت إلا أن هناك بعض المحاذير والتي صدرت تشريعات ومواصفات بشأنها ومنها:

- منع طرق الري بالرش عند استخدام هذه المياه إلا في حالة محاصيل العلف كالبرسيم وبشرط استخدام رشاشات خاصة متجهة إلى الأسفل.

ج- قلة المعلومات والبيانات الدقيقة عن المتاح من المياه غير التقليدية مما أدى إلى عدم القدرة على التخطيط السليم للاستخدام .

د- عدم وجود دلائل كافية لتوضيح أفضل سبل التعامل مع هذه المياه العادمة.

هـ- عدم القدرة على مجارات التقانات المتطورة المتجددة للتعامل مع هذه المياه من ناحية الجمع والمعالجة والاستخدام والتخلص الآمن منها.

و- الكميات المتزايدة من المياه العادمة بسبب ازدياد التنمية العمرانية في الدول العربية مع ضعف البنيات التحتية اللازمة بشبكات الصرف الصحي والصناعي والزراعي وتدني نسبة التغطية في المناطق الريفية وعدم إجراء الصيانة اللازمة للمحطات القائمة.

ز- تدني مستوى المعرفة المتطورة بالأساليب الحديثة في التعامل مع هذه المياه في العديد من الدول العربية.

ح- المشاكل الناتجة من نوعية المياه على مستلزمات المعالجة والاستخدام من مضخات وأنابيب وخلافه.

3-4-2 المعوقات والتحديات المؤسسية والتنظيمية

* ضعف التنسيق بين الجهات المتعددة المتكاملة مع المياه غير التقليدية فهناك الجهات المناط بها تصميم وتنفيذ مشاريع البنايات الأساسية وهناك الجهات الموكل لها موضوع تشغيل منشآت شبكات الصرف وأخيراً الجهات المستغلة لهذه المياه ويحتاج الأمر تنسيق وترابط وتكامل هذه الجهود المتسلسلة والتي تتطلب بالضرورة خبرات ومؤهلات مختلفة حسب المراحل المختلفة.

* محدودية العمل العربي المشترك في مجال تطوير الموارد المائية غير التقليدية وأهمية وجود مواصفات عربية ودليل عربي مشترك وبحوث مشتركة.

* قلة الكوادر الفنية المقتدرة المؤهلة لمتابعة مسيرة هذه العملية المعقدة لضمان الوصول إلى الغايات المنشودة بأفضل السبل.

* ضعف برامج التدريب والتأهيل في مجال التعامل مع الموارد المائية غير التقليدية.

* تدني الاهتمام بهذه الموارد المائية غير التقليدية لدى كافة شرائح المجتمع ابتداءً من صناع القرار حتى المزارعين المستفيدين الأساسيين من هذه العملية حيث يتركز الاهتمام حتى الآن في أغلب الدول العربية على الموارد المائية التقليدية.

* ضعف القوانين والتشريعات بما فيه الجزاءات والغرامات حول التعامل الرشيد مع هذه المياه الملوثة وقلة آلية تنفيذ القوانين والتشريعات.

* عدم إمكانية استخدام المياه العادمة في مجال الشرب إلا في ظروف قاهرة وتحت إجراءات دقيقة.

3-4-3 المعوقات والتحديات الاجتماعية والدينية

أ- قلة الوعي العام بمشكلة نقص المياه في العالم العربي حيث أن هذا الوضع قد أدى إلى الإفراط في الاستخدام وعدم الاهتمام بالموارد المائية غير التقليدية.

ب- ضعف آلية الإرشاد عامة والمائي خاصة بالدول العربية مما يؤدي إلى العديد من الممارسات الخاطئة ومنها مثلاً :

* عدم التقيد بالقوانين والتشريعات والمواصفات فيلاحظ مثلاً رمي بقايا المطابخ والورش في المجاري المائية رأساً مما تحمله من زيوت ودهون تؤثر سلباً على أداء محطات المعالجة وتخل بكل العملية حيث تخلق طبقة زيتية عازلة على سطح الماء وتحجب عنه الأوكسجين اللازم.
* تنشار الإسلام في الدول العربية والذي يعتبر المياه العادمة غير طاهرة ولا يجب استخدامها في الشعائر الدينية وضرورة التطهر منها بمياه أخرى في حالة ملامستها مما يجعلها مياه غير مرغوب فيها دينياً.

ج- هناك إحجام المجتمع العربي بكافة فئاته من استخدام المياه العادمة بسبب مصدرها وهذا عامل نفسي يلقي بظلال كثيفة على التعامل والاستخدام .

د- اعتراض العديد من السكان العرب على إقامة تجمعات سكنية بالقرب من منشآت معالجة واستخدام المياه العادمة على عكس الموارد المائية التقليدية حيث يزدحم السكان على السكن بالقرب منها. وقد قامت أغلب الحضارات والمدن العريقة على ضفاف الأنهر والبحيرات ومجاري ومساقط المياه التقليدية .

3-4-4 المعوقات والتحديات المالية والاقتصادية

* ارتفاع تكلفة توفير الموارد المائية غير التقليدية مقارنة بقلة تكلفة توفير المياه التقليدية يمثل أكبر العوائق والتحديات أمام تطوير وتعزيز استخدام الموارد المائية غير التقليدية.

* ضعف تمويل البحوث والدراسات الخاصة بتطوير استخدام الموارد المائية غير التقليدية .

3-4-5 المعوقات والتحديات البيئية

احتواء المياه العادمة المعالجة على العديد من أنواع الكائنات الحية الميكروبية والديدان الطفيلية والمواد الكيماوية والعضوية الضارة بصحة الإنسان والحيوان والبيئة.

* تلوث البيئة المحيطة بمنشآت الصرف الصحي والصناعي بالمياه العادمة المتدفقة والروائح الكريهة.

* إن استحداث تقنيات حديثة جديدة على نطاق واسع عادة ما يحدث تغييرات بيئية إيجابية بالحد من تلوث البيئة بفعل المعالجة المناسبة والاستخدام الآمن لهذه المياه العادمة الملوثة.

* إن استخدام المياه العادمة له آثار بيئية ضارة بصحة الإنسان وبالتربة الزراعية وبالموارد المائية السطحية والجوفية وبالمحاصيل الإنتاجية ما لم يتم التعامل الصحيح مع هذه المياه.

* إن نفايات تحلية المياه المالحة قد تكون لها آثار بيئية سالبة ما لم يتم التخلص الآمن لها .

الباب الرابع

الرؤية المستقبلية لتطوير وتعزيز الاستخدام الآمن للمياه غير التقليدية في الدول العربية

الباب الرابع

الرؤية المستقبلية لتطوير وتعزيز الاستخدام الآمن للمياه غير التقليدية في الدول العربية

4-1 تمهيد

تعاني معظم الدول العربية من إشكالات في مواردها المائية نسبة لمحدودية هذه الموارد من جهة وزيادة الطلب على هذه الموارد نتيجة للزيادة المضطردة في عدد السكان وما يصاحب ذلك من ضغوط ومتطلبات التنمية الاقتصادية والاجتماعية . هذا وكانت السياسة العامة المنتهجة في كل الدول العربية تقريباً هي تنمية المزيد من المصادر المائية لمقابلة الوتائر المتزايدة للطلب . ولكن هنالك محددان رئيسيان لتنفيذ هذه السياسة أولهما أن هنالك سقف نتيجة لعوامل طبيعية ، لا يمكن تجاوزها تتعلق بندرة الموارد المائية وعدم تجانس توزيعها وهشاشة المتوفر منها وبالتالي تعجز الموارد المائية الجديدة عن مقابلة وتأثر الطلب المتسارعة وثانيهما أن كلفة تنمية مصادر جديدة للمياه تزداد بمتواليات هندسية بعد إستنفاد المصادر المائية السهلة التنمية بالإضافة لذلك لازم استخدام الموارد المائية للأغراض المختلفة في الوطن العربي سوء إدارة لتلك الموارد على جميع الأصعدة. ترتب على ذلك عوامل سالبة عديدة أهمها:

- استنزاف للموارد المائية المتاحة بلغ في بعض البلدان العربية حد الخطر.
- تدهور نوعية المياه واختلال التوازن الايكولوجي الطبيعي المرتبط بالمياه مما زاد من حدة شح المياه وربما يجعل المتبقي منها خارج إمكانية الاستخدام الآمن والاستغلال الإقتصادي هذا بخلاف الأضرار التي تلحق بالبيئة بشكل عام.
- الفواقد الكبيرة في شبكات إمدادات المياه.
- الإستخدام غير الرشيد للمياه والإسراف في استخدامها سواء في قطاعي الزراعة والصناعة أو الإستخدام المنزلي.
- الازدياد الكبير في كمية مياه الصرف (الزراعي ، الصناعي، الصحي) وضعف البنيات التحتية لمعالجة هذه المياه الملوثة قبل طرحها أو إعادة إستخدامها .
- غياب النظرة التكاملية (الاقتصادية والاجتماعية والبيئية) في استخدام المياه للأغراض المختلفة بشكل مستدام .
- إنخفاض درجة الوعي المائي والبيئي لدى المواطن العربي إذ لم يواكب ظهور مشاكل العجز المائي ومفاهيم ندرة المياه وتلوثها جهوداً إعلامية وثقافية وتعليمية كافية لتغيير العديد من المناهج الحالية السائدة.

- ضعف الهياكل المؤسسية والتشريعات والكوادر البشرية في مجال المياه مما أقعد بالأداء الفاعل والكفء لهذا القطاع.

في هذه الظروف تشهد البلدان العربية زيادات كبيرة في نموها السكاني وأنماطها الاستهلاكية بحيث يتزايد الطلب على المياه إذ يقدر الطلب الإجمالي الحالي في الوطن العربي بحوالي 260 مليار متر مكعب في العام ومن المتوقع أن يصل إلى 350 مليار متر مكعب بحلول عام 2010 ومن المقدر أن يقفز إلى حوالي 570 مليار متر مكعب في العام في أفق عام 2025 في حين يقدر إجمالي الجريان السطحي بالوطن العربي بحوالي 205 مليار متر مكعب ، مع ملاحظة أن أكثر من 70% من الموارد المائية السطحية بالوطن العربي تأتي من خارج حدوده. أما للموارد المائية الجوفية فإن نسبة التغذية السنوية تقدر بـ 191 مليار متر ، بينما المتاح منها 42 متر مكعب للإستغلال لا يتعدى 35 مليار متر مكعب سنوياً.

هذا ومن المتوقع على المدى المتوسط والبعيد أن يترتب على هذا الوضع عجز كمي في موارد المياه المتاحة. وبإعتبار التغيرات النوعية التي ستتعرض لها هذه الموارد، فمن المرجح أن يكون هذا العجز أكبر مما هو متوقع، ذلك أن تزايد إستهلاك المياه من ناحية وتدهور نوعيتها من الناحية الأخري من شأنه أن يقلل أكثر فأكثر كميات المياه ذات النوعية الجيدة الأمر الذي يستدعي إيجاد طرق ناجعة للاستغلال الأمثل للموارد المائية المتاحة بالإضافة إلى التفكير بدعم هذه الموارد بمصادر مائية غير تقليدية .

إن إستعمال موارد مائية غير تقليدية لتعزيز الموارد المائية التقليدية لمقابلة الطلب المتنامي للمياه في الوطن العربي إجراء إقتضته الضرورة . ففي عدد من الأقطار العربية التي تواجه ندرة وشح في مواردها المائية التقليدية كدول الخليج والأردن وفلسطين وليبيا وتونس فمن ضمن سياستها المائية إستخدام الموارد المائية غير التقليدية . إن استخدام موارد المياه غير التقليدية إذا ما صمم وخطط له جيداً سوف يسهم بصورة فاعلة في إستخدام موارد المياه بصورة مثلى ومستدامة. وهذا الباب يستعرض الرؤية المستقبلية ومتطلباتها ومقترحات لدعم وتطوير الاستخدام الرشيد للمياه غير التقليدية في الدول العربية.

4-2 التوجهات العامة للاستخدام الآمن للموارد المائية غير التقليدية

إن الطلب على الموارد المائية نتيجة لزيادة عدد السكان وتطور الأنماط الاجتماعية والاقتصادية في الوطن العربي قد نتج عنه إستنزاف العديد من الموارد المائية وتدهور في نوعيتها الأمر الذي حتم اللجوء لموارد المياه غير التقليدية لسد بعض العجز المائي. ونظراً لشح الموارد المائية وازدياد الطلب عليها مع مرور الوقت، ينبغي على الأقطار العربية تبني سياسات وموجهات عامة تحقق الموائمة

بين الإمكانيات المائية المتاحة ومتطلبات خطط التنمية الاقتصادية والاجتماعية. وفيما يلي إستعراض للموجهات الرئيسية لتعزيز الاستخدام الآمن للمياه غير التقليدية.

4-2-1 النظرة التكاملية لاستخدام الموارد المائية

بما أن الدورة الطبيعية للماء تمثل حلقة متصلة . فينبغي أن لا ينظر لاستخدام أي مورد مائي بمعزل من الموارد المائية الأخرى. فخيارات تنمية موارد المياه غير التقليدية يجب أن تتكامل مع تنمية موارد المياه التقليدية سواء السطحية أو الجوفية . فمثلاً يمكن حصر استخدام المياه التقليدية لبعض الاستخدامات التي تتطلب نوعية جيدة من المياه (مثل مياه الشرب) في حين يتم استخدام المياه غير التقليدية لبعض الاستخدامات التي لا تتطلب نوعية جيدة من المياه مثل الزراعة. كما أن السيطرة على الفاقد من المياه التقليدية ورفع كفاءة الاستخدام يوفر مياه كانت تضيع هدراً يمكن استغلالها بدلاً عن استخدام موارد مياه غير تقليدية عالية الكلفة (مثل تحلية مياه البحر) أو ردئية النوعية (مثل المياه العادمة) وفي نفس الوقت يمكن خفض معدلات إستنزاف الموارد المائية التقليدية . كذلك يمكن خفض معدلات الاستهلاك العالية للمياه التقليدية عن طريق حزمة من الإجراءات تتضمن إدارة الطلب، استعمال الوسائل الاقتصادية للحد من الاستهلاك الزائد (تعريفة تصاعدية مثلاً) أو تقنين الاستخدام عن طريق القوانين والتشريعات.

إن الاستغلال الأمثل للموارد المائية التقليدية يقلل من الحاجة لاستخدام مياه غير تقليدية مما يؤدي بخفض كلفة هذه المياه (بنوعيها) واستدامة إستغلالها وهذا لا يتأتى إلا بإتباع نهج تكاملي لإستخدام الموارد المائية.

4-2-2 استدامة الاستخدام

من أجل إستدامة الاستخدام لابد من المحافظة على كمية ونوعية المياه. فازدياد الطلب على الماء وسوء إستخدامه مع تدني في كفاءة الاستخدام (خاصة في القطاع الزراعي) وضعف البنى التحتية لقطاع المياه تقود إلى استنزاف المورد المائي من جهة وتدهور نوعيته من الجهة الأخرى . فتدهور النوعية يخرج كميات من الماء من إمكانية الاستغلال الاقتصادي ، هذا بالإضافة للأضرار التي يمكن أن يلحقها في البيئة ، لذلك يجب تجنب الوضعيات الحدية للمياه التي من شأنها أن تتسبب في الإختلال البيئي . كما أن غياب شبكات الصرف الصحي والصناعي والزراعي وانخفاض درجة الوعي المائي والبيئي يعيق كثيراً استغلال المياه العادمة بصورة كفؤة واقتصادية لتعزيز الموارد المائية التقليدية على أسس مستدامة.

لذلك فإن تدهور الموارد المائية وسوء استخدامها وتقلص كمياتها الملائمة لمختلف مجالات الاستخدام يشكل عاملاً يحد من التنمية المستدامة وذلك بتباطؤ نسق التنمية الزراعية والصناعية وقد ينعكس ذلك على المردود الاقتصادي ، كما أنه يؤدي إلى التدهور البيئي والإخلال بالتوازن الطبيعي للنظم الايكولوجية بصفة عامة مما يجعلها معرضة كلها للانعكاسات السلبية.

4-2-3 الاعتبارات الإقتصادية والاجتماعية

إن المبرر الاقتصادي لاستخدام المياه غير التقليدية مرتبط بالمردود الاقتصادي وباستدامة نمائه للقطاع الذي تستخدم فيه تلك المياه بحيث يضمن ملائمة التكلفة الاقتصادية مع الفائدة العائدة من استعمال المورد المائي غير التقليدي (لذلك لا تستعمل مياه تحلية البحر في الزراعة حتى الآن) وبما أن المياه الغير تقليدية والغير معالجة عادة ما تكون غير ملائمة للاستعمال وبما أن معالجة تلك المياه يجعلها أكثر كلفة من المورد الأصلي، فلابد أن تكون مجالات استخدام هذه المياه مجدية إقتصادياً. كما أن العامل الاقتصادي المتمثل في تطبيق نظام تصاعدي ومتوازن لتعريفه استخدام المياه الغير تقليدية يعتبر من أفضل العوامل للحد من إسرافها وهدرها.

أما من الناحية الاجتماعية، فإن المنتجات الزراعية التي تروى بإعادة استعمال المياه العادمة سواء المعالج منها أو غير المعالج ما زالت تجد عدم قبول من المستهلكين إذ لا زالوا يفضلون المنتجات التي تروى بماء تقليدي . كما أن عادة الإسراف في استهلاك مياه تحلية البحر وهدرها وعدم ضبط الفواقد فيها لا يزال ملاحظاً.

إن نظرة المستهلكين الروتينية للمنتجات الزراعية المروية بمياه غير التقليدية وعدم التفرقة في استخدام المياه (بأنواعها التقليدية وغير التقليدية) في مجالات الشرب والاستخدام المنزلي والصناعي حيث تكون غالباً المياه غير التقليدية أكثر كلفة لابد من أن تتغير على الأقل بحكم الاعتبارات الاقتصادية. ولابد من بذل جهود ثقافية وتعليمية وإعلامية كافية لتغيير المفاهيم السائدة.

4-2-4 الاعتبارات المؤسسية

إن تعدد وتنوع الجهات التي لها علاقة بصورة أو أخرى بالمياه غير التقليدية سواء من ناحية إنتاجها وتوزيعها واستعمالها تعتبر أحد المعوقات الرئيسية في حسن استخدام وإدارة هذه المياه. فكيانات ومؤسسات ومرافق المياه بمسمياتها المختلفة ، والوزارات والمؤسسات والجماعات ذات الصلة كوزارة الزراعة، وزارة الصحة، وزارة الصناعة، وزارة الإسكان والمرافق العامة ، وزارة البيئة ،

اتحادات المزارعين وغيرهم تظهر التشتت المؤسسي والوظيفي فيما يتعلق بشئون المياه غير التقليدية الأمر الذي ينعكس سلباً في الآتي :

- غياب الرؤية الواضحة وضعف التخطيط في إطار تكاملي.
- ضعف القدرة المؤسسية وغياب التنسيق وتنازع وتضارب الاختصاصات.
- ضعف أو غياب مشاركة مستخدمي المياه والمتأثرين بها في تخطيط وتنفيذ وإدارة مشروعات المياه غير التقليدية.

وبالإضافة للقصور الواضح في إدارة الموارد المائية بأسلوب شامل، فإن تجزئة إدارة موارد المياه غير التقليدية وبعثرتها بين جهات عديدة تعمل كل منها بصفة معزولة عن الأخرى دون الأخذ في الاعتبار ما يترتب على ذلك من آثار على الجهات الأخرى ذات الصلة لا يساعد على الإدارة الكفؤة والمستدامة للمياه غير التقليدية. ونسبة لما تشكله الهياكل المؤسسية من أهمية في إنجاح أي سياسات أو إنفاذ الخطط المتعلقة بموارد المياه عموماً وموارد المياه غير التقليدية على وجه الخصوص فإن تطوير هذه الهياكل لتواكب التطورات الحديثة في قطاع المياه خاصة تخطيط وإدارة هذه الموارد بنظرة شاملة ومتكاملة يجب أن يعطى ما يستحقه من عناية من قبل الدول العربية.

4-2-5 التشريعات والقوانين

تعد التشريعات والقوانين أحد العناصر الرئيسية والآليات التنفيذية لإدارة الموارد المائية والمحافظة عليها من الأستغلال الجائر والتلوث ، والاطر القانونية لها مزايتان رئيسيتان أولهما في أنها تقنن وتنظم وتضبط العلاقات والصلاحيات والاختصاصات المتداخلة لإدارة الموارد المائية وما يترتب عليها من اسقاطات وثانيهما أنها تخول سلطة القانون في إنفاذ وتطبيق السياسات والخطط الموضوعة.

غير أن التشريعات والقوانين في الدول العربية التي تتعلق بالموارد المائية عموماً وموارد المياه غير التقليدية على وجه الخصوص تعاني من إشكالات مشابهة لإشكالات الهياكل المؤسسية أهمها:

- أغلبية النظم القانونية والتشريعات هي بشكل عام قوانين قطاعية (زراعة ، صناعة،بيئة .....الخ) وليست متكاملة في إطار موحد يتناول الموارد المائية من منظور تكاملي.
- عدم تطوير وتحديث معظم التشريعات والقوانين بشكل دوري للمتطلبات المستجدة والاحتياجات المتغيرة.
- عدم إنفاذ معظم تلك التشريعات والقوانين لضعف الهياكل المؤسسية من جهة وللتضارب وعدم التنسيق في بعض تلك الأطر القانونية من جهة أخرى.

إن التغلب على هذه الإشكالات يعتبرّ أحد العناصر المهمة في تحسين وتطوير الأداء فيما يتعلق بالمياه غير التقليدية خاصة إذا تم ربطها بتطوير الهياكل المؤسسية بما يؤمن حسن استخدام تلك الموارد بشكل مستدام.

4-2-6 التنمية البشرية وبناء القدرات

تعتبر التنمية البشرية العمود الفقري في حسن استغلال وإدارة الموارد المائية والمحافظة عليها من الاستخدام الجائر وتدهور نوعيتها . والتنمية البشرية بمفهومها الشامل تعني تأهيل وتدريب العاملين والمختصين المباشرين لتخطيط وإدارة المورد لتعزيز قدراتهم وسد النقص في الكوادر العلمية والفنية المتخصصة ورفع الوعي وتدريب وإرشاد المنتفعين من المورد والمتأثرين به لاستخدام المورد بصورة عقلانية ومرشدة ضماناً للاستمرار في الإنتفاع بذلك المورد. ونسبة للتعقيدات التي تواجه استخدام موارد المياه غير التقليدية في الوطن العربي، فإن الحاجة تستدعي اهتماما خاصاً لتنمية القدرات البشرية من أجل استخدام كفء ومستدام لهذه الموارد.

إن مشاكل موارد المياه في الوطن العربي وندرتها مقارنة بالطلب المتزايد عليها بدأ يثير القلق على مستقبل الوطن العربي وأمنه القومي في ظل بقاء الأنماط الاستهلاكية للمياه على ما هي عليه الآن. وقد بدأت محاولات جادة في معظم الدول العربية في تخطيط وإدارة الموارد المائية بنظرة أكثر شمولية وتكاملاً بما في ذلك استخدام الموارد المائية غير التقليدية لتعزيز موارد المياه، هذا ولا يزال البون شاسعاً ما بين الطموحات وتحقيقها على أرض الواقع. لذا لابد من التعرف اولاً على المتطلبات الأساسية لتطوير الاستخدام الآمن للمياه غير التقليدية.

4-3 المتطلبات الأساسية لتطوير الاستخدام الآمن الرشيد للمياه غير التقليدية

4-3-1 مقدمة

نظراً للتوسع المتوقع حدوثه في مجال الاستخدام الآمن والمرشد للمياه غير التقليدية في الدول العربية، وبسبب النمو السكاني، والزيادة في النشاط الاقتصادي، وتحسين مستوى المعيشة، والمنافسة حول الموارد المائية التقليدية وغير التقليدية، وغياب مقياس التحكم في التلوث ينبغي التفكر في المتطلبات الأساسية والجوهرية المؤثرة في تطوير هذا المرفق والمصدر المائي بغرض رفع كفاءة استخدامه والوثوق به والاعتماد عليه في استمرارية تفي بالاحتياجات المؤمل أن يغطي متطلباتها بالكمية والنوعية المجازة وفق المعايير والتشريعات الضابطة لا سيما وأن الماء الجيد النوعية ليس ترفاً بل هو مهم للإنسانية ولحماية النظم الإيكولوجية والموارد البيئية. ومن أبرز هذه المتطلبات الأساسية: المتطلبات الفنية والبحثية، والمؤسسية والتنظيمية، والاجتماعية والإرشادية.

4-3-2 متطلبات فنية وبحثية

ينبغي وضع رؤية واضحة لترجمة المعارف والبحوث إلى فوائد للناس، مما يعني أن يرتكز البحث على المشكلة لتترجم نتائجه إلى حلول عملية عبر مشاريع مرشدة، وتوجيه البحث للعمل، والتنمية، ورفع الفقر، وابتكار الفنيات المبدعة قليلة الثمن والنظيفة، والمحافظة على الصحة العمومية. وينبغي تشجيع القطاعين العام والخاص في العمليات البحثية عبر الأولويات المتفق عليها وبناءاً على الأطر المدروسة لنقل المعرفة وتوطين التقانة.

- وضع استراتيجية محددة لتطبيق فنون الإدارة المتكاملة وأساسياتها الشاملة لموارد المياه غير التقليدية عبر خطوات تكاملية تربط التنمية الاجتماعية والاقتصادية مع حماية النظم البيئية الطبيعية. وتربط استخدامات الأرض والماء عبر منطقة تجميع المياه وتكامل أفضل للممارسات الهيدرولوجية والهندسية والاجتماعية والاقتصادية لتعظيم محصلة الرفاهة بطريقة عادلة دون التفريط في استدامة النظم البيئية الجوهرية.
- بناء القدرات والتنمية البشرية وتقوية شبكاتها لتدريب وتأهيل العنصر الفني والمهني المؤهل لإدارة وتشغيل وصيانة محطات المعالجة والتنقية والرقابة والرصد والمتابعة للمياه غير التقليدية، والاستفادة من شبكات بناء القدرات العالمية
- توفير التقنية الحديثة المتطورة وتوطينها للابتكار في معالجة المياه العادمة وتحلية الماء المالح وغيرها من المياه غير التقليدية وتوفير الأجهزة والمعدات ومعينات الاختبار المخبري والحقلي
- وضع خطة بحثية متكاملة لاستغلال المياه غير التقليدية، وتجويد نوعيتها، ورفع كفاءة استخدامها، ومتابعة آثار استخدامها على البيئة والإنسان. ومعرفة آثار استخدامها على التربة والنبات والدورة الغذائية من المنظور الفني والاقتصادي والصحي والتقاني والاجتماعي والديني.
- بناء قاعدة بيانات مفهومة ومعلومات دقيقة لمخرجات البحث العلمي المخبري والميداني ويسهل الحصول عليها. وينبغي جمع المعلومات حسب متطلبات الاستراتيجية المائية وتقويم الموارد وخدماتها.
- وضع المواصفات والمعايير والتشريعات الملائمة ومفاوضة العقودات لاستغلال المياه غير التقليدية والاستفادة من الخبرات والتجارب الإنسانية في هذا المجال.
- تشجيع البحث لتنمية روابط بيئية زراعية وصناعية ومنزلية.
- عقد دورات تدريبية وورش عمل مستمرة وفق استراتيجية التدريب للعناصر الفنية والمهنية العاملة في مرفق المياه غير التقليدية.

- إنشاء معامل مؤهلة متطورة ومتخصصة للتحاليل المخبرية الفيزيائية والكيميائية والحيوية والميكروبيولوجية للمياه غير التقليدية
- تكثيف البحث العلمي حول نظم إعادة استخدام وإعادة تدوير المياه غير التقليدية في مصادر إنتاجها أو حيثما أمكن بهدف إيجاد حلول عملية للمشاكل الضاغطة في البلدان الفقيرة والنامية.
- اتخاذ قياسات خاصة لضمان البحث الحقلي وابتداع ابتكارات جديدة.
- أن يقود القطاع الخاص قاعدة بحث علمي وصندوق تمويل ابتكار مائي مشاركة مع منظمات عالمية وإقليمية.
- الإحتياج إلى البحث العلمي وتنمية المحاصيل المقاومة للجفاف والملوحة لتقليل استخدام الماء في الزراعة. وتضم محاور البحث الأخرى التكنولوجيا النظيفة، وتغذية المخزون الجوفي، والتأهيل واقتحام الماء المالح، وهيدرولوجيا منطقة الأمطار، وعمليات النظام البيئي للماء والأرض.
- توجيه البحث العلمي لتخفيف الاعتماد على النظم التقليدية للصرف الصحي المسرفة في الماء خاصة في البيئات التي تعاني من قصور مائي.
- إنشاء آلية جيدة ومنتظمة لنشر المعلومات والبيانات ونتائج البحث العلمي وتوزيعها محلياً ووطنياً وإقليمياً وعالمياً، وكذلك البروتوكولات والمعايير.
- تكثيف البحث العلمي حول محطات معالجة الفضلات السائلة ذات الحجم الصغير والمتوسط لتقليل التكلفة واستنباط التقانات النظيفة والكفؤة.

4-3-3 متطلبات مالية واقتصادية

ينبغي العمل على زيادة الاستثمارات في مجالات موارد المياه غير التقليدية خاصة في البنى التحتية والخدمات، ويحتاج استقطاب الاستثمار إلى حكم جيد واتخاذ قرار أفضل بالإضافة إلى ابتكار حلول تكنولوجية مشجعة ومستدامة ومضاعفة الوعي السياسي عن أهمية هذه الموارد لتبنيها وتفعيلها، وينبغي توجيه الموارد المالية حيث الاحتياج الأكثر لها لمكافحة التلوث وصد الأمراض وحماية النظم الإيكولوجية. ويحتاج الأمر إلى حشد موارد استثمار من القطاع الخاص المحلي والعالمي وفق خطط الربحية المتوقعة وعائد رأس المال والمخاطر التي يمكن التحكم فيها من تطبيق العقد والمتغيرات التنظيمية وحقوق المستثمر الخارجي والتشييد والتشغيل والعيوب الظاهرة والخفية والأمن السياسي والثقة المتبادلة والاستثمار الأخلاقي.

- وضع البرامج المتوافقة مع استراتيجية تطوير وتحديث استغلال الموارد المائية غير التقليدية لتحديد المتطلبات المالية والاقتصادية
- توفير الموازنات المالية اللازمة لدعم تطوير تقانات استخدام المصادر المائية غير التقليدية في المجالات المختلفة. وينبغي التفكر في كيفية توفير

الموازنات عن طريق القروض، أو خصخصة المرافق العامة، أو استقطاب الاستثمار الخاص، أو استقطاب الاستثمار الخارجي أو المنح الدولية والتمويل الإبداعي، أو العون الذاتي أو استرداد قيمة صناعة ورسوم تكلفة المياه غير التقليدية المهيأة للاستخدام المقترح أو إلزام الملوث بدفع قيمة إزالة التلوث الذي أحدثه The polluter should pay (مبدأ دفع الملوث). أو غيرها من السبل المتفرقة أو المشتركة..

- توفير المتطلبات المالية لتغطية مستلزمات تقانة تهيئة ومعالجة الموارد المائية غير التقليدية، وتكاليف الضخ والنقل والتوزيع وعمليات التشغيل والصيانة وإعادة تأهيل المحطات.
- ينبغي التفكر في استنباط آلية لاستعادة التكلفة الرأسمالية واعتبارها أداة لجذب الاستثمار في مشاريع المياه غير التقليدية.
- التفكر في فرض رسوم مستخدم بيئي على المؤسسات التي تصرف الفضلات السائلة في الموارد المائية من مجموع ثابت لتغطية منصرفات التفتيش والمراقبة، وتكلفة متغيرة معتمدة على التلوث العضوي المحمول بالفضلات السائلة مقاسة بمعيار مقبول بغرض تقليل التلوث والاستفادة القصوى من هذا المورد غير التقليدي.
- استنباط حوافز للتنمية واختيار الحلول التقانية المبدعة لمشاكل المياه غير التقليدية وإدارتها.
- منح امتيازات للعاملين في قطاع تنمية الموارد غير التقليدية.
- توفير الحكومة والمنظمات للدعم الفني والمالي للمنظمات المجتمعية، وأن يعمل مخططو الاقتصاد على تقويم التضخم وموازنة المدفوعات والنمو الاقتصادي الشامل.
- إيجاد حافز لاستثمار القطاع الخاص في خدمات الماء، وضمان نوعية مستدامة للخدمات واستخدام الشفافية الكبيرة والحسابات المالية نحو تحقيق الأمن المائي.
- إنشاء نظم لحماية الفقراء وضمان التشغيل الكفء لنظم التسعيرة والرسوم متضمنة استئصال ممارسة الفساد. وإنشاء نظم دعم رفاهة مثل إيصالات الماء أو طوابع الماء لدعم شراء إمدادات الماء، والتصميم الجيد للخدمات للتأكد من أنها فعالة كما أنها بالمستطاع.
- توفير وشراء منتجات الماء الحكيم عن طريق:

◊ تخفيض متوسط استهلاك الماء المنزلي لكل فرد
◊ أجهزة بقاء الماء (التواليت المستخدم لماء قليل، وحيود الماء، وأجهزة التهوية قليلة الانسياب، والحنفيات والغسالات ذات النوعية الجيدة،

والحنفيات ذاتية الإغلاق، وكاشفات التسرب، وغسالات الصحون وآلات غسل الملابس الموفرة للماء).

◊ تقليل الماء الناتج من التلوث (باستخدام المنظفات الآمنة ونظم تنقية الماء).

◊ نظم الري الصغيرة (نظم التنقيط والري بالفقاعات).

◊ نظم التصريف والسدادات الصحية الآمنة).

4-3-4 متطلبات مؤسسية وتنظيمية

- ينبغي على الحكومة وضع أهداف وطنية للأمن المائي، وأن يتم تطوير مؤشرات وإنشاء نظام متابعة يسهل قياس التقدم.
- ينبغي وضع الضوابط والتشريعات الحاكمة واستحداثها لاستخدام الموارد المائية غير التقليدية واختيار الأراضي المروية بها، والمحاصيل، وسبل نقل المياه، والآثار المترتبة على استخدامها على التربة والمياه التقليدية والصحة العمومية.
- وضع نظام محدد لمراقبة نوعية المياه غير التقليدية المعالجة وآثارها البيئية.
- وضع إجراءات تنفيذية لتقنين استخدام المياه غير التقليدية المعالجة وتطبيقها بالعناية المطلوبة.
- إعادة النظر في البناء المؤسس وتطبيق مفهوم إدارة الجودة الشاملة والإدارة المتكاملة لموارد المياه بغرض التنظيم الجيد والتنسيق الفعال والأداء المتميز واتخاذ القرار وتحليل السياسة والسيناريو وتوفير بؤر نقاش المساهمين.
- التقويم الدوري للأوضاع والظروف الإدارية والفنية المؤسسية، وربما إجراء إعادة هيكلة مؤسسية إن اقتضت الضرورة.
- اعتماد وتعزيز مشاركة المنتفعين من المياه غير التقليدية، ووضع التشريع اللازم لمشاركتهم.
- إيجاد آلية للتعاون والتنسيق بين الجهات الرسمية العامة والقطاع الخاص والجهات ذات الصلة والمنظمات التطوعية وغيرها من المؤسسات المائية من أجل تطوير الموارد المائية وإدارتها، ربما عبر إنشاء مجموعات تنسيق أو مجموعة عمل للماء على أعلى مستوى إداري لزيادة الفعالية وينبغي تقوية هذه الهيئة لتتمكن من اتخاذ القرار المستقل وللتأكد من تطبيق خطط موارد الماء.
- التوسع في انتشار المؤسسات المحلية وقطاعات الخدمة المدنية والشركات الخاصة والمنظمات المعتمدة على المجموعات السكانية والمنظمات غير

الحكومية لاستخدام المياه غير التقليدية وفق استراتيجية قومية محددة عبر برامج مجازة.

- تعزيز الجهازين الإداري والمؤسسي وتأهيلهما وتدريبهما بصورة مستمرة ودورية.
- التركيز على إجراء البحوث العلمية لرفع الأداء المؤسسي والإداري والتنظيمي.

5-3-4 متطلبات اجتماعية

يتنامى الوعي العام على أن الماء مورد شحيح وقيم، وينبغي إدارته بحكمة وروية للحد من أي أزمات مائية، وقطع دابر الفقر، وتأمين الحياة الرغدة، واستحداث الاقتصاد السوي، وتأمين النظم البيئية المستدامة ومن ثم ينبغي تعبئة الوعي الجماعي لتحريك الناس والسياسيين للوضع الهش للموارد المائية، وتنمية رؤية محددة للماء والحياة والبيئة. ومن هذا المنطلق فإن أهم المتطلبات الاجتماعية تضم التالي:

- التوعية الجماهيرية والحزمة الإرشادية المتكاملة لنشر الوعي باستخدام المعينات المرئية والمقروءة والمسموعة والمحسوسة.
- أهمية إنشاء جمعيات المحافظة على البيئة للمراقبة والابتكار والتوجيه والإرشاد ورفع الوعي البيئي وإيجاد الدعم والتمويل.
- ينبغي ضرورة التفكر في إنشاء برلمانات الماء أو المجالس الوطنية من قبيل المستهلكين للتخطيط والتنفيذ والصيانة والرقابة وتطبيق التشريع وتفعيل البرامج المجازة.
- إبراز وتعظيم دور مسئولية الفرد (المنتج) والمجتمع في حماية البيئة والحفاظ عليها من مخاطر التلوث.
- الحد من ظاهرة التوسعات الحضرية العشوائية المفتقرة إلى الخدمات الصحية والاجتماعية والثقافية.
- أن تعمل الحكومة وموظفي المنظمات الأخرى طواعية لتخفيف سلطاتهم وتضمين المجتمعات في عملية صنع القرار من البداية.
- تكوين مجموعات تنسيقية لموارد الماء أو هيئات قمة محايدة لإدارة المياه غير التقليدية وإنشاء آليات لتنسيق استخدامها على المستوى المحلي عبر تحضير خطط واستراتيجيات وطنية.
- تحديد سفراء الماء من ذوي المهارة التفاوضية للبدء في المبادرات الدبلوماسية المطلوبة.
- تشجيع الإنتاج النظيف في الصناعة (التقانات النظيفة) والعمل على إلغاء الضرائب لأجهزة توفر الماء.

4-3-6 متطلبات إرشادية

- وضع خطة واستراتيجية لرفع الوعي البيئي وحماية المورد المائي وتنفيذها وتطبيقها من قبل الجهات ذات الصلة.
- تحضير الدليل الإرشادي لمستخدم المياه غير التقليدية المعالجة في إطار مفهوم باستخدام الأطر المرئية والمسموعة والمقروءة والمحسوسة عبر وسائل الإعلام والاتصالات الجماهيرية المختلفة.
- توجيه تحديات قطاع الماء من خلال الجمهور وإدارة المياه وتحديد الأدوار للحفاظ على المياه.
- نشر الحقائق والمعلومات المائية للترويج لإدخال أنظمة توفير المياه وإعادة استخدامها.
- ضرورة الربط بين الجهاز الإرشادي والجهاز البحثي في مجال إعادة استخدام المياه غير التقليدية.
- بناء القدرات الفنية وتنمية المهارات وتأهيل الجهاز الإرشادي وتحديثه وفق التقانات الحديثة الموطنة.
- تنمية حزم تعليمية للمدارس الأساسية والثانوية وتدريب المدرسين في مهن ذات صلة بالماء لتعديل الإدراك الحسي القياسي للمهنة التقنية. ينبغي رفع وعي الشباب والأطفال للمهددات على الموارد المائية التي يعتمدون عليها، وأن يتم تعليمهم عن قضايا الماء للاستدامة المستقبلة للموارد التقليدية وغير التقليدية، ومن ثم ينبغي أن يكون السلوك السليم والحكيم للماء هو العنصر في كل مقررات المدرسة.
- تسارع برامج التعليم الصحي خاصة في المدارس لتطوير الطلب للإصحاح البيئي وينبغي أن تتضمن كل برامج الاستثمار في الإصحاح جزء تعليمي. ويجب تحضير مواد تعليمية دقيقة وذات تدريب مهني ومساعدة شبكية وتوفير مخرجات البحث وتسهيل بعثات الماء ومنافسات الكتابة والرسم عن الماء، وإنشاء روابط بين المجموعات المبادرة في مختلف البيئات والأقاليم.
- الإثارة لحملات وعي الإصحاح الرئيسة باستخدام التقانات الاجتماعية للتحريك (مثل أيام المجتمع النظيف) وكسب موافقة القياديين السياسيين والدينيين.
- الاستفادة من التعاليم الدينية لاعتبار الماء عنصراً نفيساً ينبغي المحافظة عليه، وترشيد استخدامه، وتطبيق قواعد السلوك الديني القويم للصحة الفردية، وإدارة الماء، واستخدام المياه غير التقليدية.
- رفع الوعي النسوي عن قضايا الماء لا سيما وأن النساء يُعتبرن مسئولات مسئولية كاملة عن إدارة الماء على مستوى المنزل، وهن هدف أساسي

للرسائل حول الصحة العامة المرتبطة باستخدام الماء في كافة النواحي، ويمكن في هذا الإطار استغلال الإتحادات النسوية ومؤسسات ومجموعات التعليم النسوية وجمعياتهن وشبكاتهن.

4-4 البرنامج المقترح لدعم وتطوير الاستخدام الرشيد للمياه غير التقليدية في الدول العربية

4-4-1 مقدمة

أوضحت الأجزاء السابقة من الدراسة أن هنالك العديد من السياسات والأساليب المتبعة في الدول العربية فيما يتعلق بتخطيط وتطوير وإدارة موارد المياه غير التقليدية وذلك في إطار ما يشهده الوطن العربي بصفة عامة من أوضاع مائية حرجة في الوقت الحاضر وما هو متوقع من أوضاع أكثر حرجاً مستقبلاً. ووفق حدة ومدى خطورة ما تواجهه كل دولة عربية من أزمة مائية حالية ومحتملة، تتفاوت سياسات تلك الدول المتعلقة بهذا المورد وما تتبعه من أساليب لترشيد ورفع كفاءة استخداماتها . وفي مختلف تلك الأحوال فقد تفاوتت الآثار التي ترتبت على إتباع هذه الأساليب واختلفت سلباً وإيجاباً. لذا فإن من الأهمية بمكان الاسترشاد بالتجارب القطرية في بعض الدول العربية، وأيضاً في بعض الدول الأخرى ذات الظروف المشابهة لاكتساب الخبرات والدروس المستفادة من أجل تحسين الأساليب المتبعة في هذا الشأن وإزالة أو تخفيف ما يترتب عليها من آثار سلبية من منظور التنمية المستدامة.

4-4-2 المرتكزات العامة للبرنامج وأهدافه

يقوم البرنامج المقترح على عدد من المرتكزات والأهداف العامة التي تمثل إطاراً عاماً لما ينطوي عليه وما يتضمنه البرنامج. وأهم تلك المرتكزات والأهداف هي :

أ- الموجهات العامة التي تم استعراضها سابقاً في هذا الباب والمستقاة من إعلان دبلن. حدد إعلان دبلن 1992 الهدف الرئيسي لإدارة الموارد المائية بأنه " الاستخدام الأمثل والمستدام للموارد المائية لتحقيق القدر الأكبر من الفوائد للمجتمع بما فيها الفوائد المادية مع الأخذ في الاعتبار كافة الاعتبارات البيئية " . وقد أكد مؤتمر دبلن على التخطيط والإدارة المتكاملة للموارد المائية مع ضرورة مراعاة نواحي الكم والنوعية نسبة للترابط بينهما من خلال :

- النظرة التكاملية للموارد المائية من أجل الاستغلال الأمثل والمستدام.
- خلق الظروف المواتية للتخطيط والإدارة الكفؤة وتشمل الهياكل والأطر المؤسسية، التشريعات والقوانين، تنمية الموارد البشرية والمشاركة الفاعلة لفئات المجتمع المختلفة.

ب- إن جوهر ما يرمي إليه البرنامج وهدفه الأساسي والمباشر إنما يتمثل في خدمة القضية الحيوية للتنمية المستدامة سواء للمورد المائي ذاته أو لاستخدامات هذا المورد. من هنا فإن البرنامج المقترح إنما يدور في فلك هذا الهدف ويعمل من أجله.

ج- إن البرنامج المقترح - في إطار ما يوجد في الوقت الراهن من تفاوت فيما بين الدول العربية وبعضها البعض من حيث وجهاتها وسياساتها ومواقفها المتعلقة بالمياه غير التقليدية - يطرح إطاراً عاماً لدعم وتطوير الاستخدام الرشيد للمياه غير التقليدية ومن ثم فإن الإطار العام المقترح - والذي يمثل طرحاً لما يمكن استخلاصه من الخبرات والدروس المستفادة سواء من الدول العربية ذاتها أو غيرها من الدول ذات الظروف المشابهة - يمكن الإسترشاد به أو الأخذ منه على قدر حاجة كل دولة ووفق ظروفها وخصوصيتها.

د - من أجل خلق الظروف المواتية لنجاح البرنامج، لابد من العمل على تهيئة وإيجاد وعي تام لفكرة تطبيق سياسات وأساليب دعم وتطوير الاستخدام الرشيد والآمن للمياه غير التقليدية خاصة بين مستخدمي تلك المياه والمتأثرين بها فضلاً عن جماعات التأثير العام والقيادات الأهلية المحلية والهيئات والمنظمات غير الحكومية. ويفضل أن يتم ذلك بصفة تمهيدية مبكرة نسبياً من خلال برامج مصممة ومخططة على نحو جيد للتوعية الإعلامية والإرشادية حول قضية المحافظة على الموارد المائية من الهدر والنضوب وحمايتها من تدهور النوعية الناتج من سوء الاستعمال. لذا فعلى رأس مكونات البرنامج المقترح مكون التوعية والإرشاد .

هـ- تهدف خطة البرنامج على أن يواكب حملة التوعية عمل حسيس وملموس لرفع الكفاءة الفنية من خلال إعادة التأهيل باستخدام التقنيات المناسبة ومتابعة ورصد آثار استخدامها على الإنسان وعلى البيئة، إلى غير ذلك مما يمكن أن يوفر مناخاً أكثر مواءمة على تقبل الجمهور مبدأ ترشيد استخدام المياه عندما يلمسون عملياً تحسناً ملحوظاً في مستوى خدماتها ومرافقها وإحكام إدارتها.

و- من أهداف البرنامج الرئيسية أيضاً الاستفادة القصوى من المورد المائي ووقايته من الانعكاسات السلبية لتكثيف الاستغلال وتتمثل في :
- تقييم وتخطيط إدارة الموارد المائية.
- تجنب الوضعيات التي من شأنها أن تتسبب في الإضرار بالصحة أو اختلال التوازن البيئي أو الاستنزاف الغير مجدٍ إقتصادياً .

- سن التشريعات وإصدار القوانين المناسبة لحماية المورد المائي ولضمان استدامة مصادره . ففي طريقها يمكن التحكم في الكميات المائية المستغلة وفي تصريف الملوثات مع ضرورة إنشاء آلية لإنفاذ تلك التشريعات والقوانين.

ز- يهدف البرنامج أيضاً إلى اتخاذ الإجراءات العلاجية المناسبة التي تسعى إلى الحد من تفاقم تدهور الموارد المائية (غير التقليدية) وتعمل على تأهيلها للاستغلال من جديد، وتشمل تلك الإجراءات الآتي:

- تقييم العوامل المتسببة في التدهور وكذلك خصائص الوسط المائي ومدى حساسيته.
- السعي لإزالة أثر العوامل المتسببة في تدهور الموارد المائية أو الحد منها وتضييق مجالها لكي لا تشمل إلا جزءاً هامشياً من المورد المائي.
- تعطى أولوية لتحسين النوعية أو استعادة مستوياتها قبل التدهور .
- يراعى في الإجراءات العلاجية تكلفة العلاج ومقارنتها بالحلول البديلة مع اعتبار الانعكاسات الاجتماعية والاقتصادية والبيئية.

4-4-3 مكونات وعناصر الأنشطة الداعمة للبرنامج المقترح

يتضح مما تقدم ذكره في هذه الدراسة أن هنالك إشكاليتان رئيسيتان تتعلقان باستخدام الموارد المائية غير التقليدية في الوطن العربي يمكن تلخيصها في الآتي:

- عدم الاستغلال الأمثل والمستدام نتيجة لسوء استخدام الموارد المائية وهدرها مما أدى لنقص كميتها وتدهور نوعيتها .
- ضعف أو غياب الظروف المواتية للتخطيط والإدارة الكفؤة والتي تتمثل في :
- ضعف البنى التحتية .
- نقص الكوادر العلمية والفنية المؤهلة والمدربة.
- القصور في الهياكل المؤسسية وضعف التنسيق بينها.
- عدم كفاية التشريعات والقوانين وتخلفها عن مواكبة المستجدات .
- تهميش دور المستفيدين والمتأثرين بالمياه غير التقليدية فضلاً عن جماعات الرأي العام.

هذا وللسعي لإيجاد حلول لبعض تلك الإشكالات وتخفيف حدة بعضها وإنطلاقاً من المرتكزات العامة للبرنامج وأهدافه مع مراعاة خصوصيات وظروف كل دولة عربية من حيث فلسفتها ومنهجيتها بصفة عامة فيما يتعلق بالموارد

المائية غير التقليدية وارتكازا على المتطلبات الأساسية لتطوير الاستخدام الآمن للمياه غير التقليدية فتم تحديد مكونات وعناصر الأنشطة الداعمة للبرنامج المقترح فيما يلي :

أ- التوعية والإرشاد.
ب- بناء القدرات البشرية.
ج- تعزيز الهياكل والأطر المؤسسية.
د- تقوية وتطوير التشريعات والقوانين.

وفيما يلي عرضاً موجزاً لكل من هذه المكونات وأهم العناصر التي يتضمنها كل مكون ومبرراته وأهدافه.

4-4-3-1 التوعية والإرشاد

آ- المبررات

تعزي زيادة الطلب على المياه وسوء استخدامها وهدرها ونقص كمياتها وتدهور نوعيتها لسلوك الإنسان العربي ولتقاليده المتمثلة في:

- المعدلات العالية للإنجاب بوتائر لا تتناسب وموارد المياه المتاحة والمحتملة.
- الميل للإسراف في مختلف استخدامات المياه (خاصة في الاستخدام المنزلي وفي الزراعة)
- عدم الالتزام بالتشريعات والقوانين التي تحد من الإسراف في استخدام المياه أو تلوثها.

كما تعزي أيضاً لضعف الوعي المائي والبيئي لدى المواطن العربي إذ لم تبذل جهود ثقافية وتعليمية وإعلامية كافية لتغيير المفاهيم السائدة والتوعية بخطورة المشكل المائي . إن تضافر هذه الأسباب أدى لخلق جملة من المشاكل والممارسات المائية الخاطئة التي تزيد من العجز المائي وتعرقل الجهود لتجاوزه مما جعلها ابرز المسببات لهدر المياه وتلويثها.

ب- الأهداف

يهدف المشروع إلى إذكاء الوعي بأهمية المياه بين واضعي السياسات والجمهور عامة والتنبيه للوضع الهش للموارد المائية وضرورة إستدامة المحافظة عليها وحمايتها وترشيد استخداماتها وذلك عن طريق :

- التوعية بسياسات وأهداف الدولة عامة فيما يتعلق بالمياه.
- حفز ترشيد استهلاك المياه خاصة للاستخدامات الزراعية والمنزلية.
- رفع الوعي البيئي بمسببات ومصادر تدهور كمية ونوعية المياه غير التقليدية وكيفية تفاديها أو الحد منها.

ج- الأنشطة المقترحة

تتلخص الأنشطة الداعمة للمشروع في استخدام حزم إعلامية وإرشادية قطرية مستمرة ومتكاملة بمصاحبة المعينات المرئية والمقروءة والمسموعة وبإقامة الدورات التدريبية والندوات وورش العمل. أما تفصيل الأنشطة الداعمة في كل مجال فهي كالآتي:

- تطوير وتصميم حزم إعلامية تتعلق بالأنشطة التالية :
  - شرح مبسط لسياسات الدولة المائية وأهدافها .
  - استعراض العرض والطلب للمياه والفجوة بينهما ومسببات ذلك (بما فيها الضغط السكاني ومحدودية موارد المياه) .
  - شرح مبسط للتشريعات والقوانين المتعلقة بالمياه عموماً وبالمياه غير التقليدية على وجه الخصوص.
  - تشجيع مشاركة المجتمع في تخطيط وإدارة المياه غير التقليدية وتقنين مشاركتهم وتشجيع قيام جمعيات أهلية لمستخدمي المياه والمحافظة على البيئة.
  - تعميم النتائج وملخصات الخبرات والتطبيقات والبحوث المتعلقة بالمياه غير التقليدية على نطاق واسع بعد تبسيطها.
  - تقوية مناهج المياه في البرامج التعليمية.

* تطوير وتصميم حزم إرشادية في المجالات الآتية:

  - ترشيد استخدامات المياه خاصة للأغراض المنزلية وفي الزراعة بتشجيع استعمال الأجهزة الموفرة للماء بدعم أسعارها وجعلها في متناول الجميع وتبني أدوات اقتصادية لتقوية توعية الجمهور مثل استحداث تعرفة تصاعدية لرسوم المياه للحد من الإسراف فيها.
  - رفع الوعي البيئي وتنوير الجمهور بمسببات وتدهور نوعية المياه وكيفية تفاديها أو الحد منها وتشجيع الإنتاج النظيف في الصناعة والحد من استعمال الكيماويات الملوثة للبيئة في الزراعة والاستخدامات المنزلية مع تبيان أضرارها والترويج لمبدأ " الملوث يدفع" "Polluter should pay" .

د- النتائج المتوقعة

- رفع وعي الأفراد والمجتمعات بشئون المياه وإشراكهم في تخطيط وتنمية الموارد المائية من مصادر غير تقليدية يؤدي إلى استخدام هذه الموارد بصفة مستدامة كما يوفر السند الجماهيري لخطط وسياسات الدولة المائية.

هـ- منهجية التنفيذ

وضع المخطط التنفيذي للمشروع بما فيها آلية التنفيذ والتنسيق بين عناصر المشروع المختلفة.

- تقدير الميزانية اللازمة للتنفيذ وسبل تدبيرها.
- تحديد الجهات المعنية والمسئولة عن تنفيذ كل عنصر حسب طبيعة ومضمون الرسالة الإعلامية والإرشادية وبما يناسب الفئات المستهدفة.

4-4-3-2 بناء القدرات البشرية

آ- المبررات

تستدعى تعقيدات إنتاج واستخدام والتخلص من المياه الغير تقليدية في الدول العربية العديد من القضايا الفنية الشائكة والتي تتطلب تنمية القدرات البشرية كمدخل أساسي لاستدامة استخدام هذه الموارد. وعموماً فإن حجم القدرات البشرية العاملة في قطاع الموارد المائية ما تزال محدودة كماً وكيفاً إذ أن النقص في الكادر الفني وقلة التدريب هي من ضمن الأسباب التي تؤدي لعدم استغلال موارد المياه بصورة مثلى . هذا وقد وصى المؤتمر الوزاري العربي للزراعة والمياه (القاهرة - أبريل 1997) " بإيلاء المزيد من الاهتمام لبناء القدرات الوطنية، وتأهيل ورفع كفاءة الموارد العربية البشرية العاملة في مجالات ترشيد استخدام وتنمية وتطوير الموارد المائية والزراعية العربية، وبما يساعد على استيعاب وتطبيق التقانات الحديثة والمتطورة ، والتأكيد على أهمية تعميم البحوث وتبادل الخبرات المكتسبة في مجال تطوير ونقل التقانات الملائمة لإدارة واستخدام الموارد المائية والأرضية، فيما بين المراكز العربية الوطنية والدولية " .

ب-الأهداف

يهدف المشروع لبناء القدرات البشرية العربية بما يساعد على:

- تخطيط وتنمية وإدارة موارد المياه على أسس متكاملة وشاملة.
- استيعاب وتطبيق وتوطين التقانات المناسبة وكذلك التقانات الحديثة والمتطورة في معالجة المياه العادمة وتحلية الماء المالح وغيرها من المياه غير التقليدية.
- إجراء البحوث المتكاملة لاستغلال المياه غير التقليدية ورفع كفاءة استخدامها والمحافظة على نوعيتها من التدهور ودراسة آثار استخدامها على البيئة والإنسان.

ج-الأنشطة المقترحة

- وضع برنامج مكثف ومستمر للتدريب وإعادة التدريب وفق استراتيجية متكاملة.
- تبادل البحوث والتجارب والخبرات بين الدول العربية وبينها وبين الدول الأخرى .
- توفير معينات العمل من أجهزة ومعدات وبرمجيات ومعامل وغيرها.
- توفير البيئة الصالحة للعمل مثل منح امتيازات للعاملين في قطاع تنمية موارد المياه غير التقليدية واستنباط حوافز للابتكارات المبدعة لحل مشاكل المياه غير التقليدية وإدارتها.

د- النتائج المتوقعة للمشروع

- إعداد قاعدة متينة من الكوادر المؤهلة والمقتدرة في مجالات المياه غير التقليدية المختلفة.
- تعزيز وتدعيم معينات العمل الإدارية والفنية والبحثية.
- تعزيز التنسيق بين كافة الدول العربية بغرض تحقيق التكامل فيما بينها في مجالات تطوير وتخطيط وتنمية وإدارة الموارد المائية غير التقليدية خاصة فيما يتعلق بوضع المواصفات والمعايير ودلائل الممارسات السليمة (codes of practice) .

هـ- منهجية التنفيذ

للمشروع إطاران أحدهما قطري ويتعلق بتنمية القدرات البشرية التي تلائم ظروف وخصائص كل بلد عربي ، وهذا متروك أمره للبلد المعني والآخر قومي يتعلق بتنمية القدرات البشرية ذات الطبيعة المشتركة بين الدول العربية مثل تنمية القدرات للإدارة المتكاملة لموارد المياه غير التقليدية ووضع استراتيجية موحدة للبحث العلمي وتدريب المتدربين وإنشاء قاعدة قومية للمعلومات وتطوير المواصفات والمعايير الموحدة وبرامج التبادل التقاني ونقل التقانات وغيرها وهذا ما يمكن أن تقوم به وتنسق له المنظمة العربية للتنمية الزراعية.

4-4-3-3 تعزيز الهياكل والأطر المؤسسية

آ- المبررات

إن تعدد وتنوع الجهات المتعاملة في مجالات الموارد المائية غير التقليدية من منتجين ومستخدمين ومتأثرين وغيرهم أضف إلى ذلك غياب التعاون والتنسيق بين هذه المجموعات مع تضارب وتنازع في الاختصاصات والمسئوليات

يجعل إدارة هذه الموارد برؤى موحدة عسير المنال ويترتب على ذلك اختلافات جوهرية لبلوغ الأهداف المنشودة.

ب-الأهداف

تطوير وتعزيز الهياكل والأطر المؤسسية في قطاع الموارد المائية غير التقليدية وذلك من أجل:

- إدارة هذه الموارد بنظرة شاملة ومتكاملة.
- تعزيز التعاون والتنسيق بين مختلف الجهات ذات الصلة.
- تشجيع مشاركة قطاعات المجتمع في إدارة هذه الموارد.

ج-الأنشطة المقترحة

مراجعة الاختصاصات والمسئوليات المختلفة بهدف توفيقها وإزالة التضارب منها على ضوء الأهداف الوطنية الموضوعة.

- إعادة الهيكلة بما يتماشى ومفهوم الإدارة المتكاملة والمقتضيات الاقتصادية والاجتماعية بما فيها خصخصة مرافق المياه غير التقليدية وفق استراتيجية وطنية محددة.
- إيجاد وتطوير آليات للتعاون والتنسيق.
- تطوير معايير لقياس الأداء والتقويم الدوري.
- اعتماد وتعزيز وتقنين مشاركة المستخدمين للموارد المائية غير التقليدية والمتأثرين بها وغيرهم في إدارتها.
- الإطلاع على والاستفادة من تجارب تطوير هيكلة قطاع الموارد المائية في الدول ذات الظروف المشابهة.

د- النتائج المتوقعة للمشروع

- إيجاد هياكل وأطر مؤسسية فاعلة وكفؤة ومتناغمة لمواجهة متطلبات الرؤية الشاملة لتخطيط وتنمية وإدارة الموارد المائية غير التقليدية.

هـ- منهجية تنفيذ المشروع

- يترك لكل دولة عربية تحديد منهجية وآليات التنفيذ على قدر حاجة كل بلد ووفق ظروفها وخصوصيتها.

4-4-3-4 تقوية وتطوير التشريعات والقوانين

آ- المبررات

تفتقر معظم التشريعات والقوانين في الوطن العربي المتعلقة بالمياه غير التقليدية للشمولية والنظرة المتكاملة، كما أن بعضها غير متوافق والبعض الآخر أصبح غير مواكب للمستجدات والمتغيرات فيما يتعلق باستخدامات هذه المياه وتأثرها كماً ونوعاً تبعاً لذلك. الأمر الذي أدى لعدم إنفاذ معظم تلك

التشريعات والقوانين مما ترتب عليه عرقلة في تنفيذ السياسات والخطط الموضوعة وضعف في الآداء عموماً.

ب-الأهداف

- تطوير تشريعات تغطي كافة الجوانب التي تتطلبها القضايا الخاصة بالمياه غير التقليدية.
- تقنين استخدامات موارد المياه غير التقليدية والمحافظة عليها وحمايتها كماً ونوعاً لاستدامة الانتفاع منها.
- منح السند القانوني للهياكل والأطر المؤسسية لإنفاذ ما يليها من سياسات وخطط وبرامج .
- التوعية للأفراد والجماعات بالتشريعات والقوانين المتعلقة بشئون المياه غير التقليدية.

ج-الأنشطة المقترحة

مراجعة القوانين والتشريعات الحالية بغرض تنقيحها وإزالة التضارب والإزدواجية فيها.

- سن تشريعات جديدة لتكملة النواقص في التشريعات الحالية .
- مراجعة التشريعات والقوانين بصورة دورية لمواكبة المتطلبات المستجدة.
- توعية الأفراد والجماعات والشخصيات الاعتبارية بحقوقهم والتزاماتهم القانونية فيما يتعلق بقضايا موارد المياه غير التقليدية.

د- النتائج المتوقعة

- تطوير أطر تشريعية وقانونية كفؤة ومرنة تنظم استخدامات موارد المياه غير التقليدية وتحميها من الاستخدام الجائر وتدهور نوعيتها.

هـ- منهجية التنفيذ

- نسبة للتفاوت البين في الأوضاع التشريعية والقانونية فيما يتعلق بقضايا موارد المياه غير التقليدية في الأقطار العربية، فيترك لكل قطر عربي تحديد منهجية وآليات التنفيذ .

ملخص الدراسة باللغة الإنجليزية

Summary

This study of the Evaluation of the Effects of the Misuse of Non-conventional Water Resources in the Arab Agricultural Environment, is a component of a project under the same name within the sub program of Combating the Pollution of the Environment in AOAD plan of work for the year 2001 .

One of the main objectives of the study is the analysis of the current situation of the use of non-conventional Water Resources in the Arab Countries, the technology being used, evaluating the effects of any misuse , the constraints facing the promotion of the proper use and the ways and identify the means to over-come these constraints in future.

For the proper, reliable preparation of the study, AOAD requested country reports from all Arab Countries to obtain correct, certified data from the authorized agencies in the different countries.

Based on these country reports and data and reports available at AOAD Documentation Centre, the study was prepared by an Arab team of experts from within AOAD staff and others.

It is composed of four chapters. In chapter one the present use of conventional Arab Water resources was analyzed, showing the constraints and problems it faces, and the difficult situation in conventional water resources that led to the use of the non-conventional water resources, which include desalination of salt water,, and reuse of treated sewage , agricultural and industrial drainage water.

It is estimated that the current use of non-conventional water in the Arab Countries is about 7.5 milliard cubic meter annually. It represents about 3% of the 247.5 milliards m3/year , total Arab water resources .

The misuse of non-conventional water resources includes, loses , overuse, bad management of the collecting networks and the ill management of the soils. The irrational use of this type of water has also other very serious adverse effects on the public health, animals, plants,

and all natural resources, leading to negative results on the economic and social development, and on the environment at large.

Chapter two was on the methods of developing and fostering the rational use of non-conventional water. It discussed the methods of desalination, including distillation, reverse osmosis, electrodialyis. The treatment of waste water depends on the type of the use. There are small treatment units and large ones and each has its way of treatment, which include natural settlement methods, chemical methods, where certain chemicals are use to separate the solid parts from the liquid. There is also units for first treatments by sieving only, where solid parts are separated, and then liquid is treated separately. There are other methods including activated sludge, oxidation ditches and trickling filters.

The chapter explained the advanced treatment methods which include, phosphate reduction and, nitrogen clearance. The basic final treatment includes, reduction of oxidation and then getting rid of the liquid .

The transport and distribution of the liquid by pipe network is a very important stage in the treatment and use of waste- water. Actual reuse is the final stage of disposal. The chapter discussed the comparative benefits from the different methods of distribution of the liquid and the sizes and types of the pipes needed, and the pumps required.

The chapter also indicated that laws and specification are crucial points in both treatment and reuse. This include, general use including, recreation, entertainment , touristic activities, and protection of sea environment. The laws should also cover the stage of handling of this water before and after treatment. The chapter indicated that rational use of all types of water has to be based on proper planning so national plans for water use in each country is needed for integrated use of water in addition to training, public participation, privatization and research.

Chapter three was about the current situation of the use of non-conventional waters in the Arab Countries . In Jordan water demand is expected to rise from 928 million cubic meters in 1990 to 1647 millions in 2010, so Jordan is moving toward the use of non-conventional water to meet the high water demand. Non-conventional water in Jordan includes the use of treated brackish water, and the use of sewage water which is gaining a high momentum in that country.

In Bahrain desalination is the main source of non-conventional water. It is being mixed with low salted water to meet high water requirement . It is estimated that the total volume of sewage water in Bahrain is about 160000 cubic meter daily (60 million m3/year), the present use is about 45000 m3/day (16.5 million m3/year) for irrigating 665 hectares.

The reuse of treated sewage water is the main source of non-conventional water in Tunisia, its volume is estimated as 130 million cubic meters annually, it comes from 54 treatment stations. It is expected to reach 180 million by year 2006. Now 35 millions are use to irrigate about 6600 hectares, and 5 millions are being used in recreation and touristic activities.

In Algeria desalination started in 1975. The present volume of the sewage and industrial drainage is about 600 million cubic meters annually and is expected to reach 1000 millions by the year 2020.

The use of non-conventional water in Sudan is very much limited. There is only one small desalination unit in Port Sudan, and there is no sewage system except in parts of the Capital Khartoum.

In Syria the use of non-conventional water is increasing to meet the water shortage. Desalination is now in planning stage. There is increasing demand for the reuse of wastewater and especially reuse of agriculture drainage water and there are many activities in that direction.

Saudia is a pioneer in desalination of sea water, which is the main source of its potable water . Its use in irrigation is very much limited. Regarding sewage, it used to be drained into open wells before the construction of collecting networks. It is treated before used in small limited irrigation. The use of agricultural drainage water is concentrated in Ihsa region where 100.000 cubic meters is now being used annually.

Iraq conventional water resources are very sensitive to the stand of other riparian countries who control the up stream reaches of the international rivers, for that reason non-conventional water is one of Iraq other possible options. It include brackish water, desalination, reuse of drained waste water.

In Palestine, Israeli is controlling all conventional water sources, this led Palestine to give more attention to the use of non-conventional water. Sewage water is considered the main non-conventional source of water in Palestine. This type of water is in continuous increase, but due to lack of adequate facilities and man power, the use is not optimum.

Kuwait is the first Arab country to rely basically on desalination as source of drinking water. The production raised from 4 millions cubic meters per day in 1959 to 282 million in 1998. Some treated sewage water is being used in agriculture. The amount of treated sewage increased from 55 million gallons per day in 1989 to 90 million in 1999 and is expected to reach 140 millions in 2015. Now only 27 millions gallons per day is used to irrigate dates, fodder and barely.

The total volume of Cairo sewage water is about 4 million cubic meters daily and one million in Alexandria, and Egypt's total volume of sewage water could reach 7.5 million if collecting network are made in other cities. A present, parts of this water is used to irrigate 150000 feddans in the desert, with no recorded bad effect on soils.

Egypt is the Arab pioneer in the reused of agricultural drained water with an estimate of 4.7 milliard cubic meters annually and is expected to reach 7 milliards. This practice is mainly in the delta region.

The estimated volume of desalination water in Morocco is about 8680 cubic meters daily, used mainly for drinking. It is produced from 5 desalination stations by the reverse osmosis method. Sewage water in Morocco is about 500 million cubic meters annually only 60 millions are used to irrigate 7000 hectares. The volume of this water is expected to reach 900 millions in 2021 . No reuse of industrial drainage in agriculture in Morocco.

The main activities of the people in Mauritania are trade and ranching. Mauritania has reliable source of conventional water from Senegal River. It's present use of non-conventional water is limited but there is a growing interest to develop non-convention water sources. Sewage drained water in the Capital is being used to irrigate public green lawns.

In Yemen, agriculture is the back bone of the economy of the country and it employs 70% of the population. Due to the big gap between demand and the available conventional water, Yemen is increasing its interest in non-conventional water. It is the first Arab country to use desalinated water . The first Arab desalination station was constructed in Aden in 1869. There is no reliable records about industrial drained water but its volume is estimated to 80 millions m3/year . sewage water is estimated to 74 millions cubic meters annually, and it is expected to reach 155 millions in 2010. It is drained into the sea.

Chapter three includes an inventory of the current methods of the use of non-conventional water in some Arab countries. Desalination methods include Electro dialysis, reverse osmosis, chemical methods, distillation, muti-stage flask . The treatment methods of waste water include activated sludge, trickling filters, chemical, settlement lagoons, dehydration of the sludge and natural treatment.

The chapter also discussed, the laws and specification of waste water treatment and use. The main objectives of the laws and specification are, the protection of the public health, environment, soil, and water resources.

The constraints facing the use of non-conventional include :

- Technical constraints.
- Institutional constraints.
- Social and religious constraints.
- Financial and economic constraints.

The fourth chapter was on the future vision to promote and foster the rational use of non-conventional water in Arab countries who are facing many constraints in its limited conventional water resources.

The chapter discussed the new approaches in the use of non-conventional water resources, including, integrated use, sustainability , economic and social considerations.

The chapter confirms the role of laws and specification in the rational use of non-conventional water, capacity buildings is very much need for the rational use of non-conventional water, other requirements include,

Résumé

Etude d'évaluation des conséquences de la mauvaise utilisation des ressources en eau non conventionnelles sur l'environnement agricole arabe

Cette étude a été élaborée afin d'évaluer les conséquences de la mauvaise utilisation des ressources en eau non conventionnelles sur l'environnement agricole arabe. Elle constitue une des composantes du programme sectoriel pour la réduction de la pollution de l'environnement et inscrite dans le cadre du plan de travail de l'Organisation Arabe pour le Développement Agricole pour l'année 2001.

Les objectifs assignés à cette étude se rapportent à une analyse de la situation actuelle sur l'utilisation des ressources en eau non conventionnelles dans les pays arabes et les techniques utilisées pour la promotion de ce secteur, la définition des conséquences néfastes à une mauvaise utilisation de ces ressources et leur évaluation à travers la connaissance des entraves et des problèmes qui limitent la promotion de ces ressources d'une manière rationnelle, et la mise en évidence d'une vision claire permettant des solutions adéquates et adaptées. Pour l'élaboration de l'étude, l'Organisation Arabe pour le Développement Agricole a pris contact avec les experts locaux dans les pays arabes pour l'élaboration des rapports nationaux sur la base des termes de références préalablement établis. Sur la base des rapports nationaux et des références du Centre de Documentation, l'OADA a confié l'élaboration de l'étude régionale globale à des experts arabes et les experts de l'administration générale de l'Organisation.

Constituée de quatre chapitres, dont le premier situe les utilisations inadéquates des ressources en eau non conventionnelles dans les pays arabes. Le chapitre a développé, dans un premier temps les ressources en eau conventionnelles disponibles (eaux superficielles et souterraines) et dans un deuxième temps, eu égard aux pressions sur les ressources limitées, l'orientation vers l'utilisation des ressources non conventionnelles est apparue comme une nécessité impérieuse. Selon la définition adoptée par l'OADA, ces ressources se rapportent aux catégories suivantes :

- Désalinisation de l'eau de mer
- La réutilisation des eaux usées, de drainage et industrielles

Le volume utilisé actuellement dans les pays arabes de ces ressources avoisine les 7.5 milliards de m3 /an, et qui représente environ 3% de l'ensemble des ressources en eau disponibles évaluées à près de 247.5 milliards de m3/an. La mauvaise utilisation des eaux non conventionnelles concerne le gaspillage dans les réseaux de distribution des eaux vannes avant ou après traitement. L'utilisation de ces eaux dans l'agriculture a des conséquences néfastes surtout, sur la santé publique pour les personnes, les animaux, les plantes et les ressources naturelles, ce qui engendrera des incidences négatives sur l'itinéraire de développement social et économique et l'écosystème environnemental d'une manière générale.

Le deuxième chapitre développe les moyens de promotion et de renforcement d'utilisation rationnelle et sécurisée des eaux non conventionnelles. Les méthodes de désalinisation ont été relatées , tout comme les méthodes de traitement des eaux vannes, des rejets industriels et des eaux de drainage, et le lien des objectifs de traitement avec l'usage ultérieur. Suivant la taille des unités de traitement, les méthodes diffèrent et peuvent être naturelles qui permettent l'isolation des polluants par les forces de la pesanteur ou par décantation et les procédés chimiques qui par des réactions permettent la dégradation et la transformation en gaz ou bien en matières secondaires. Les unités de traitement peuvent être primaires et sont essentiellement constituées de filtres qui permettent l'isolation des matières solides (de gros calibre) ou de traitement principal par l'isolation des rejets liquides ; vient, ensuite, le traitement dit secondaire qui consiste à traiter les rejets liquides tout en réduisant la proportion de la matière organique. Le chapitre a également défini les unités de traitement développées et qui englobent l'élimination des phosphates par des procédés chimiques et biologiques à travers l'absorption, l'échange ionique et l'osmose, tout comme l'élimination du nitrogène afin de réduire la croissance des plantes aquatiques et pour diverses raisons de santé. L'élimination des impuretés et autres matières, d'une manière définitive, s'effectue à travers la "digestion" de la boue active qui a des avantages et des inconvénients. Les phases des opérations de transport et de distribution des eaux avant et après traitement sont l'emmagasinement, le transport et la distribution dans les réseaux et en phase finale la distribution sur les lieux d'utilisation. Le chapitre a également disserté, d'une manière comparative sur les divers procédés de distribution et la nature et le diamètre des canalisations et leur impact sur l'opération de distribution elle même et sur la capacité des pompes. Le chapitre a développé la legislation et les normes nécessaires pour la promotion et l'utilisation de ces eaux ainsi que les orientations mondiales sur le sujet en matière d'utilisation dans le tourisme, la pêche et la protection de l'environnement marin. L'utilisation du liquide avant et après le traitement a été ccitée à travers l'exemple des orientations contenues dans les textes législatifs du soudan en matière d'environnement. Enfin, le chapitre a conclu sur la gestion rationnelle du secteur de l'eau y compris les eaux non conventionnelles, et l'obligation pour chaque pays d'avoir un plan d'action pour la gestion intégrée des ressources en eau d'une manière globale, et l'importance de coordination entre tous les usagers. Les axes de cette coordination s'articulent autour du recyclage et de perfectionnement, la privatisation, la participation populaire et les recherches scientifiques.

Le troisième chapitre développe la situation actuelle pour l'utilisation des eaux non conventionnelles dans les pays arabes, et a précisé que la rareté de la ressource dans la région arabe est le premier justificatif pour l'utilisation de cette catégorie d'eau. En Jordanie, les demandes sur les eaux vont augmenter de 928 millions de m3 (en 1990) à 1647millions de m3 à l'horizon 2010, ce qui a nécessité l'utilisation des eaux non conventionnelles et qui englobent les eaux saumâtres, la désalinisation de l'eau de mer et la réutilisation des eaux vannes.

Au Bahrain, la préférence est donnée pour l'utilisation de l'eau de mer, mélangée avec les eaux souterraines légèrement salines pour satisfaire les besoins du pays. La capacité de production dans ce pays avoisine 124 millions de m3 par an. La capacité des stations de traitement des eaux usées est de 160 mille m3 par jour (60 millions de m3 parv an), dont près de 41 mille m3 par jour sont utilisées (16.5 millions de m3 par an) pour l'irrigation de 665 hectares.

En Tunisie, l'utilisation des eaux non conventionnelles se limite aux eaux usées, dont le volume avoisine 130 millions de m3 par an extrait à partir de 54 stations de traitement, et il est prévu que ce volume augmente à hauteur de 180 millions de m3 en l'an 2006. Près de 35 millions m3 de ces eaux pour l'irrigation de 6600 hectares et près de 5 millions m3 sont utilisées dans le tourisme.

En Algérie, l'opération de désalinisation de l'eau de mer a commencé en 1975. Les eaux usées et les rejêts industriels s'évaluent à près de 600 millions de m3 par an et il est prévu que ce volume arrive à 1 milliard m3 à l'horizon 2020.

L'utilisation des ressources en eau non conventionnelles est très limitée au Soudan. Seule une petite station à Port-Soudan assure la Désalinisation de l'eau de mer et les réseaux des eaux usées et industrielles n'existent que dans certains quartiers de Khartoum.

En Syrie, par contre, les eaux non conventionnelles ont commencé a occuper une place importante pour résorber le manque d'eau. Malgré que la désalinisation de l'eau de mer est dans la phase de planification, les autres catégories des eaux non conventionnelles constituent un intérêt majeur pour la réutilisation, surtout pour les eaux de drainage.

L'Arabie Saoudite est le pionnier mondial dans l'utilisation de l'eau de mer désalinisée mais l'usage dans la production agricole est assez réduit. L'utilisation des eaux usées et de drainage a commencé à prendre de l'ampleur par la création de réseaux d'accumulation et des traitements secondaires et tertiaires pour être utilisées par la suite dans l'irrigation de certaines spéculations. Par contre l'utilisation des eaux de drainage est concentrée dans la région d'El-Ahssa et le volume utilisé actuellement avoisine les 100 mille m3/jour.

En Irak, les ressources en eau sont influencées par les pays qui commandent les sources des fleuves communs, raison pour laquelle les ressources en eau non conventionnelles constituent une issue importante pour résorber le déficit en eau. Ces ressources englobent les eaux de drainage, usées, industrielles, les eaux souterraines salées et les eaux désalinisées.

La main-mise d'Israël sur les eaux conventionnelles en Palestine occupée a incité les autorités palestiniennes à accorder plus d'importance aux eaux non conventionnelles. Les eaux vannes constituent la première source eu égard à l'augmentation de leur volume. L'infrastructure de base et le manque de cadres expérimentés dans ce domaine restent les seules entraves à la promotion de cette ressource.

Le Koweït est l'un des premiers pays qui a préconisé la désalinisation de l'eau de mer comme source d'approvisionnement en eau. Les volumes ont augmenté de 4 millions de gallons en 1959 à 282 millions de gallons en 1998. Ces eaux sont utilisées principalement pour la boisson, mais au vu de l'extension de l'agriculture, une orientation vers l'utilisation des eaux vannes traitées dans ce domaine est envisagée. Les quantités des eaux traitées ont vu une augmentation de 55 millions de gallons/jour en 1989 à près de 90 millions de gallons/jour en 1999 et il est prévisible qu'elles atteignent 140 millions de gallons/jour à l'horizon 2015. Près de 27 millions de gallons/jour sont utilisés pour l'irrigation du palmier, des fourrages et de l'orge.

Le volume des eaux vannes est estimé à près de 4 millions de m3/jour au Caire, et près d'un million de m3/jour à Alexandrie et il est possible d'accumuler près de 7.5 millions de m3/joue des autres agglomérations à condition de réaliser les réseaux nécessaires. Une partie de ce volume est utilisée pour l'irrigation de 150 mille feddans dans la région désertique et les expériences menées ont prouvé qu'il n'y a aucune incidence néfaste sur le sol. L'Egypte est le premier pays arabe qui utilise la plus grande quantité issue des eaux de drainage, où le volume avoisine les 4.7 milliards de m3/an, concentrée essentiellement dans le delta du Nil, et il est prévu que ce volume atteindra 7 milliards de m3/an.

Le volume des eaux désalinisées au Maroc s'élève à près de 8680 m3/jour, utilisé essentiellement comme eau de boisson et provenant de cinq stations de désalinisation (méthode osmotique). Le volume des eaux vannes est estimé à près de 500 millions de m3/an, et il est prévu qu'il atteindra les 900 millions de m3 à l'horizon 2021, et près de 60 millions de ce volume sont utilisés pour l'irrigation de 7000 hectares. A l'inverse, l'utilisation des eaux de drainage est très réduite à l'heure actuelle.

En Mauritanie, l'élevage et le commerce sont les activités principales de la population. Le fleuve Sénégal représente la ressource en eau principale, raison pour laquelle l'utilisation des ressources en eau non conventionnelles est à ses premiers pas, et seule une station d'épuration des vannes existe à Nouakchott pour 700 habitants. Les eaux traitées sont utilisées pour arroser les jardins publics, mais certaines indications montrent des possibilités vers l'extension d'utilisation de cette ressource.

L'activité agricole au Yémen est le pilier central de son économie et qui englobe près de 70% de la population. L'écart important entre l'offre et la demande des ressources en eau conventionnelles a obligé les autorités du pays à accorder plus d'importances aux eaux non conventionnelles. Malgré l'expérience du Yémen dans la désalinisation de l'eau de mer où la première station arabe du genre a été réalisée en 1869 à Aden , des orientations vers l'extension d'utilisation de ces ressources sont envisagées. Le volume des eaux vannes est estimé à près de 74 millions de m3 par an, et il est prévu qu'il s'élève à 155 millions de m3/an à l'horizon 2010. Il n'y a pas de données précises sur le volume et la qualité des rejets industriels, mais certaines indications évaluent les quantités à près de 80 millions de m3/an à l'horizon 2025. Eu égard à la profondeur du niveau pi ézométrique des nappes souterraines, il n'y a pas nécessité de pratiquer le drainage agricole, et de ce fait les techniques de réutilisation des eaux de drainage ne sont pas préconisées.

Le troisième chapitre a développé les techniques préconisées dans le monde arabe pour l'utilisation des eaux non conventionnelles et qui englobent les techniques de désalinisation de l'eau de mer, du fait que la région arabe produit près de 45% de la production mondiale. Les techniques utilisées sont les suivantes :

- Méthode de l'électrodialyse
- Méthode de l'osmose
- Méthode de cristallisation
- Méthode chimique
- Méthode de distillation
- Méthode d'évaporation
- Méthode d'échange cationique

Les procédés et mécanismes de traitements des eaux vannes dans les pays arabes sont les suivantes :

- Le filtrage biologique
- La boue active
- L'épuration naturelle
- L'épuration chimique
- Déshydratation de la boue
- Les bassins de décantation

Le chapitre a relaté également les caractéristiques les normes et les règlement qui Conditionnent les procédés de traitement et d'utilisation des eaux non conventionnelles dans les pays arabes et qui s'articulent autour de la santé publique, la protection de l'environnement et des ressources naturelles ainsi que les sanctions dissuasives pour le respect des règlements et des normes.

Enfin, le troisième chapitre a conclu par la mise en évidence des entraves qui empêchent le développement et la promotion des eaux non conventionnelles dans le monde arabe et qui peuvent se résumer ainsi :

- entraves techniques et technologiques
- entraves institutionnelles et organisationnelles
- entraves socio-réligieuses
- entraves financières et économiques

Le quatrième chapitre a mis en évidence la vision future pour le développement et le renforcement de l'utilisation rationnelle et sécurisée des eaux non conventionnelles dans les pays. Le chapitre a relaté par la suite les orientations générales pour l'utilisation rationnelle et sécurisée d'une manière globale et l'importance de la pérennité de la ressource en tenant compte des considérations socio-économiques. Le chapitre a développé les orientations institutionnelles et l'importance d'une vision claire à travers la redynamisation de la participation technique et du rôle des normes et des règlements pour l'utilisation rationnelle conditionnée également par la promotion des ressources humaines dans ce domaine.

Les principales conditions de promotion de cette ressource s'articulent autour des aspects techniques, de recherche et la nécessité de mettre une stratégie de développement coordonnée avec les aspects financiers et économiques surtout dans les phases de création, de fonctionnement et de maintenance, tout comme les conditions sociales qui englobent la sensibilisation sur les problèmes de ces eaux, la vulgarisation des informations et des réalités pour les usagers de cette ressource.

Enfin, le chapitre a conclu par la mise en évidence d'un plan d'action pour l'appui et le développement de l'utilisation rationnelle de cette ressource, s'appuyant sur plusieurs composantes, particulièrement la sensibilisation populaire, la vulgarisation, la promotion des ressources humaines, l'adaptation des structures institutionnelles et le développement des lois et règlements.

المراجع

المراجع

1- الدراسة القطرية حول تقويم الآثار المترتبة على سوء استخدام الموارد المائية غير التقليدية – المملكة الأردنية الهاشمية – المنظمة العربية للتنمية الزراعية –2001.
2- الدراسة القطرية حول تقويم الآثار المترتبة على سوء استخدام الموارد المائية غير التقليدية – دولة البحرين – المنظمة العربية للتنمية الزراعية –2001.
3- الدراسة القطرية حول تقويم الآثار المترتبة على سوء استخدام الموارد المائية غير التقليدية – الجمهورية التونسية– المنظمة العربية للتنمية الزراعية – 2001.
4- الدراسة القطرية حول تقويم الآثار المترتبة على سوء استخدام الموارد المائية غير التقليدية – جمهورية الجزائر الديمقراطية الشعبية – المنظمة العربية للتنمية الزراعية –2001.
5- الدراسة القطرية حول تقويم الآثار المترتبة على سوء استخدام الموارد المائية غير التقليدية – جمهورية السودان – المنظمة العربية للتنمية الزراعية – 2001.
6- الدراسة القطرية حول تقويم الآثار المترتبة على سوء استخدام الموارد المائية غير التقليدية – الجمهورية العربية السورية – المنظمة العربية للتنمية الزراعية –2001.
7- الدراسة القطرية حول تقويم الآثار المترتبة على سوء استخدام الموارد المائية غير التقليدية – جمهورية العراق – المنظمة العربية للتنمية الزراعية – 2001.
8- الدراسة القطرية حول تقويم الآثار المترتبة على سوء استخدام الموارد المائية غير التقليدية – دولة فلسطين – المنظمة العربية للتنمية الزراعية –2001.
9- الدراسة القطرية حول تقويم الآثار المترتبة على سوء استخدام الموارد المائية غير التقليدية – دولة الكويت – المنظمة العربية للتنمية الزراعية –2001.
10- الدراسة القطرية حول تقويم الآثار المترتبة على سوء استخدام الموارد المائية غير التقليدية – المملكة المغربية – المنظمة العربية للتنمية الزراعية – 2001.
11- الدراسة القطرية حول تقويم الآثار المترتبة على سوء استخدام الموارد المائية غير التقليدية – الجمهورية الإسلامية الموريتانية – المنظمة العربية للتنمية الزراعية –2001.

12- الدراسة القطرية حول تقويم الآثار المترتبة على سوء استخدام الموارد المائية غير التقليدية – الجمهورية اليمنية – المنظمة العربية للتنمية الزراعية –2001.

13- عصام محمد عبد الماجد، تنقية المياه والهندسة الصحية، دار جامعة الخرطوم للنشر، الخرطوم، السودان، 1986.

14- بشير محمد الحسن وعصام محمد عبد الماجد، الصناعة والبيئة: معالجة المخلفات الصناعية، معهد الدراسات البيئية، جامعة الخرطوم، الخرطوم، السودان، 1986.

15- عصام محمد عبد الماجد، التلوث المخاطر والحلول، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم (حائز على جائزة)، القباضة الأصلية، تونس، تحت الطبع.

16- عصام محمد عبد الماجد، وعبد الرحمن أحمد العاقب، والطاهر محمد الدرديري، والتجاني اسماعيل الجزولي، الفضلات السائلة، دار جامعة السودان للنشر والطباعة والتوزيع، الخرطوم، 2000.

17- تقرير مجموعة علمية بمنظمة الصحة العالمية، الدلائل الصحية لاستعمال المخلفات السائلة في الزراعة وتربية الأحياء المائية، سلسلة التقارير التقنية رقم 778، منظمة الصحة العالمية، جنيف، 1990، الطبعة العربية صدرت عن المكتب الإقليمي لشرق البحر المتوسط، الإسكندرية، مصر، 1990

18- الأمم المتحدة، استخدام موارد المياه غير التقليدية في البلدان النامية، الموارد الطبيعية، سلسلة دراسات عن المياه رقم 14، نيويورك 1985.

19- العربية للتنمية الزراعية، جامعة الدول العربية، إعلان القاهرة لمبادئ التعاون العربي في استخدام وتنمية وحماية الموارد المائية العربية، الخرطوم، 1997.

20- دراسة استخدام مياه الصرف الصحي في الإنتاج الزراعي في الدول العربية، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، الخرطوم نوفمبر (تشرين ثان) 2000.

21- دراسة القوانين والاتفاقيات الدولية والإقليمية لتنظيم استخدام الموارد المائية العربية المشتركة، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، الخرطوم، ديسمبر (كانون أول) 1999.

22- دراسة تعزيز البحوث المشتركة في مجال تطوير كفاءة استخدام المـــوارد المائية في الدول العربية، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، الخرطـــوم، نوفمبر (تشرين ثان) 1999.

23 - دراسة تحسين أساليب حماية وصيانة الموارد المائية السطحية والجوفيـــة في الدول العربية، المنظمة العربية للتنمية الزراعية - الخرطوم، سبتمبر (أيلول) 1999.

1 - Abdel-Magid, I. M., Selected Problems in Wastewater Engineering, Khartoum University Press, National Research Council, Khartoum 1986.

2 - Abdel-Magid, I. M., Selected Problems in Wastewater Engineering, Khartoum University Press, National Research Council, Khartoum 1986.

3 - Ayers, R. S. and Westcot, D. W., Water Quality for Agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 7, 11, 54, 69, 1976.

4 - Barnes, D.; Bliss, P. J.; Gould, B. W. and Vallentine, H. R., Water and wastewater engineering systems, Pitman International, Bath 1981.

5 - Berger, B. B. Ed., Control of organic substances in water and wastewater, Noyes Data Co., New Jersey 1987.

6 - Degremont, Water treatment handbook, Degremont, Rueil-Malmaison Cedex, France, 6th E di., Vol. 1 and 2 1991.

7 -Engleberg Report, Health aspects of wastewater and excreta use in agriculture & aquaculture, Report of a review meeting of environmental specification and epidemiologists, Engelberg, Switzerland, IRCWD, Duebendorf, Switzerland, July, 1-4, 1985..

8 - Nathanson, J. A., Basic environmental technology: Water Supply, Waste Disposal and Pollution Control, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1986.

9 - National Demonstration Water Project, Institute for Rural Water and National Environmental Health Association, Water for the World Series, Agency for International Development, Washington, DC:

- Designing stabilization ponds, Technical Note No., SAN.2.D.5.
- Designing a system of two or three stabilization ponds, Technical Note No., SAN.2.D.6.
- Designing mechanically aerated lagoons, Technical Note No., SAN.2.D.7.
- Constructing mechanically aerated lagoons, Technical Note No., SAN.2.C.7.
- Constructing stabilization ponds, Technical Note No., SAN.2.C.5.
- Operating and maintaining stabilization ponds, Technical Note No., SAN.2.O.5.
- Operating and maintaining mechanically aerated lagoons, Technical Note No., SAN.2.O.7.

10 - Perkins, R. J., Onsite Wastewater Disposal, Lewis Publishers, Chelsea, Michigan, 1989.

11 -Porteous, A., Desalination technology: Developments and practice, Applied Science Pub., London 1983.

12 - Raju, B. S., Water supply and wastewater engineering, Tata - Mc Graw-Hill Publishing Co. Ltd., New Delhi, 1995-

13 -Rao M. N. and V. Thanikachalam, Environmental engineering, Tata McGraw-Hill Publishing Co. Ltd, New Delhi, 1993.

14 -Rowe, D. R, and Abdel-Magid, I. M., Handbook of wastewater reclamation and reuse, CRC Press\Lewis Publishers, Boca Raton, FL, 1997.

15 -Rowe, D. R, and Abdel-Magid, I. M., Handbook of wastewater reclamation and reuse, CRC Press\Lewis Publishers, Boca Raton, FL, 1997.

16 -Sundaresan, B. B., Guidelines on technologies for water supply systems for small communities, Eastern Mediterranean Region , Alexandria 1984.

17 -Vernick, A. S. and Walker, E. C., Handbook of Wastewater Treatment Processes, Pollution Engineering and Technology, 19, Marcel Dekker, New York, 1981.

18 -Water Pollution Control Federation, Sludge Dewatering, Manual of Practice No. 20, Washington, 1969.

19 -Water for the World, Us Agency for International Development, National Demonstration Water Project Institute for Rural water, National Environmental Health Association, Washington, D. C. 182 , Selecting pumps, Technical Note No. RWS. 4. P. 5

20 -Wilson, F., Design Calculations in Wastewater Treatment, E & F N Spon. Ltd., London 1981..

21 - WHO, Guidelines for drinking water quality, 2nd Ed., Geneva, 1996

22 -WPCF, Water Reuse, Manual of Practice SM-3, 2nd Edi., Water Pollution Control Federation, Alexandria, VA, 78, 201, 1989.

23 -Zanvello, A., Behaviour of Lake Waters, Padova University, 1977.

فريق الدراسة

فريق الدراسة

خبراء من داخل المنظمة العربية للتنمية الزراعية :

الدكتور عبد الوهاب بلوم
مدير إدارة الموارد المائية والزراعية — رئيساً

المهندس عصام مصطفى
خبير بإدارة الموارد المائية والزراعية — عضواً

خبراء من خارج المنظمة :

الدكتور عصام محمد عبد الماجد
مدير عام البحث العلمي والعلاقات الخارجية
جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا — عضواً

الدكتور أحمد صالح أحمد
مدير عام محطة البحوث الهيدروليكية
وزارة الري والموارد المائية — عضواً