جمهورية مصر العربية
وزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية
المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء

الكود المصري

لأسس التصميم وإشتراطات التنفيذ لمحطات تحلية المياه المالحة

٢٠١٨

الباب الأول : الدراسات الأولية والبيانات التصميمية	١-١
١-١ مقدمة	١-١
١-٢ الدراسات السكانية	١-١
١-٣ الأعمال المساحية والدراسات الجيوتقنية	١-١
١-٤ الدراسات البيئية	١-٢
١-٥ أسس ومعايير أختيار الموقع	١-٢
الباب الثاني: مآخذ ومصبات محطات التحلية	١-٢
٢-١ الفصل الأول : (مآخذ محطات التحلية)	١-٢
٢-١-١ المأخذ البحري المفتوح	١-٢
٢-١-١-١ موقع المأخذ	١-٢
٢-١-١-٢ أنواع المآخذ	١-٢
٢-١-١-١/٢ مأخذ ماسورة	١-٢
٢-١-١-٢/٢ مأخذ الشاطئ الثابت	١-٢
٢-١-١-٣/٢ المأخذ المغمور	٣-٢
٢-١-١-٤/٢ مأخذ القناة	٤-٢
٢-١-١-٥/٢ مأخذ عائم	٥-٢
٢-١-١-٦/٢ مأخذ مؤقت	٦-٢
٢-١-١-٧/٢ مأخذ خطوط المواسير بطريقة الحفر الأفقي الموجة	٦-٢
٢-١-٢ المصافي	٧-٢
٢-١-٣ مآخذ الآبار الشاطئية	٨-٢
٢-٢ الفصل الثاني : نوعية المياه شديدة الملوحة (Brine) وأنواع المصبات	١١-٢
٢-٢-١ نوعية المياه شديدة الملوحة حسب تكنولوجيا التحلية المستخدمة	١١-٢
٢-٢-٢ أنواع المصبات	١١-٢
٢-٢-٢-١ المصبات علي المياه السطحية	١١-٢
٢-٢-٢-٢ الحقن البئري العميق	١٢-٢
٢-٢-٢-٣ الحقن البئري الافقى	١٣-٢
٢-٢-٢-٤ برك أحواض التبخير	١٤-٢
٢-٢-٢-٥ برك التصريف	١٤-٢

٢-٢-٢-٦ أنظمة إعادة الاستخدام والتدوير	٢-١٤
٢-٢-٣ مناطق الخلط	٢-١٦
٢-٢-٣-١ مناطق الخلط واستخدام الناشرات	٢-١٦
٢-٢-٣-٢ مناطق الخلط القريبة	٢-١٦
٢-٢-٣-٣ مناطق الخلط البعيدة	٢-١٦
٢-٢-٤ الناشرات	٢-١٦
٢-٢-٥ القواعد الخاصة بمناطق خلط المياه الراجعة بعد التحلية	٢-١٦
٢-٢-٦ الاعتبارات البيئية	٢-١٧
٢-٢-٦-١ البيئات الساحلية ذات الطبيعة الحساسة بالبحر الاحمر	٢-١٨
٢-٢-٦-١/١ البيئات ذات الحساسية العالية جداً (فئة أ)	٢-١٨
٢-٢-٦-١/٢ البيئات ذات الحساسية العالية (فئة ب)	٢-١٩
٢-٢-٦-١/٣ بيئات متوسطة الحساسية (فئة ج)	٢-٢٠
٢-٢-٦-٢ البيئات الساحلية ذات الطبيعة الحساسة بالبحر المتوسط	٢-٢٠
٢-٢-٦-٢/١ البيئات ذات الحساسية العالية جداً(فئة أ)	٢-٢٠
٢-٢-٦-٢/٢ البيئات ذات الحساسية العالية (فئة ب)	٢-٢١
٢-٢-٦-٢/٣ البيئات ذات الحساسية المتوسطة (فئة ج)	٢-٢١
الملحق : المياه الجوفية كمصدر لتحلية المياه بمصر	٢-٢٢
الباب الثالث: المعالجة الأولية	٣-١
٣-١ مقدمة	٣-١
٣-٢ مصادر المياه الخام	٣-١
٣-٢-١ المياه الجوفية بمصر	٣-١
٣-٢-١-١ الخزان الجوفي بمنطقة الدلتا والقاهرة الكبرى	٣-١
٣-٢-١-٢ الخزان الجوفي لمنطقة وادي النيل	٣-١
٣-٢-١-٣ الخزان الجوفي لمنطقة الصحراء الغربية	٣-٢
٣-٢-١-٤ الخزان الجوفي لمنطقة الصحراء الشرقية وسيناء	٣-٢
٣-٢-٢ المياه الساحلية	٣-٢
٣-٢-٢-١ مواقع رصد المياه الساحلية بالبحر المتوسط	٣-٢
٣-٢-٢-٢ مواقع رصد المياه الساحلية بالبحر الأحمر وخليجي السويس والعقبة	٣-٤

٣-٣ المعالجة الأولية	٣-٥
٣-٣-١ الاعتبارات الداخلة في المعالجة الأولية	٣-٧
٣-٣-٢ مراحل المعالجة الأولية	٣-٨
٣-٣-٢-١ التخثير	٣-١٠
٣-٣-٢-٢ إزالة العسر وضبط الأس الهيدروجيني	٣-١١
٣-٣-٢-١/٢ إزالة العسر بالترسيب	٣-١١
٣-٣-٢-٢/٢ ضبط الاس الهيدروجيني	٣-١٢
٣-٣-٢-٣ إزالة الغازات (Degasification) وإزالة الهواء (DE aeration)	٣-١٣
٣-٣-٢-٤ المصافى	٣-١٤
٣-٣-٢-٥ الترشيح بالوسط الحبيبي (حبيبات الميديا)	٣-١٤
٣-٣-٢-٥/١ أنواع الفلاتر	٣-١٥
٣-٣-٢-٥/٢ الترشيح الثانوي	٣-١٦
٣-٣-٢-٥/٣ الوحدات الخرطوشية	٣-١٦
٣-٣-٢-٥/٤ الفلاتر فائقة الترشيح	٣-١٦
٣-٣-٢-٦ التعقيم	٣-١٧
٣-٣-٢-٦/١ التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية	٣-١٧
٣-٣-٢-٦/٢ المؤكسدات	٣-١٧
٣-٣-٢-٦/٣ إزالة الكلور المتبقي	٣-١٨
الباب الرابع : الجزء الأول "التناضح العكسى"	٤-١
٤-١-١ الفصل الأول : عام	٤-١
٤-١-١-١ مقدمة	٤-١
٤-١-١-٢ الضغط الأسموزى (التناضح العكسي)	٤-١
٤-١-١-٣ الخصائص الكيميائيه لمياه البحر	٤-٢
٤-١-١-٤ تحلية المياه باستخدام تقنية التناضح العكسي	٤-٣
٤-١-١-٤- ١ مرحلة المعالجة الأولية ما قبل عملية التحلية:	٤-٤
٤-١-١-٤-٢ مضخات الضغط العالى	٤-٥
٤-١-١-٥ الفصل بواسطة الأغشية	٤-٥
٤-١-١-٥-١ أشكال الأغشية الشائعة الإستخدام	٤-٥

٤-١-١-٥-٢ أسلوب منع انسداد الاغشية	٤-٥
٤-١-١-٥-٣ مرحلة التثبيت أو ما بعد المعالجة (مرحلة المعالجة النهائية)	٤-٦
٤-١-١-٥-٤ طريقة الغسيل الكيميائي للأغشية	٤-٦
٤-١-١-٦ أساسيات تشغيل و صيانة محطات تحلية المياه بالتناضح العكسي	٤-٦
٤-١-١-٧ أهم العدادات وأجهزة القياس الموجوده فى لوحة التحكم	٤-٧
٤-١-١-٨ اشتراطات نوعية المياه المالحة قبل دخولها على منظومة الاغشية	٤-٧
٤-١-١-٩- احتياطات واجبة أثناء القيام بعملية تحلية المياه	٤-٨
٤-١-٢ الفـصل الثاني: تصنيف المياه طبقا لدرجه الملوحه	٤-٩
٤-١-٢-١ مقدمة :	٤-٩
٤-١-٢-٢ المواصفات القياسية للمياه المغذية لوحدة التناضح العكسى	٤-٩
٤-١-٢-٣ طريقة قياس التوصيلية الكهربائية	٤-١١
٤-١-٣ الفـصـل الثالث : خصائص المياه المنتجة	٤-١٢
٤-١-٣-١ مقدمه	٤-١٢
٤-١-٤ الفصل الرابع : أغشية التناضح العكسى	٤-١٨
٤-١-٤-١ مقدمة	٤-١٨
٤-١-٤-٢ التصنيف الأغشيه طبقا لكفائتها	٤-١٨
٤-١-٤-٣ ترتيب أوعية التناضح العكسي	٤-٢٠
٤-١-٤-٤ إعادة التدوير	٤-٢٥
٤-١-٤-٤-١ النظام ذو المسارين المتتالين (Two Pass)	٤-٢٦
٤-١-٤-٤-٢ الانظمة متعددة المصفوفات	٤-٢٨
٤-١-٥ الفصل الخامس : أوعيه الضغط	٤-٢٩
٤-١-٥-١ مقدمـه	٤-٢٩
٤-١-٥-٢ أنواع اوعيه الضغط وتركيبها	٤-٢٩
٤-١-٦ الفصل السادس : المرشحات الدقيقة	٤-٣٠
٤-١-٦-١ مقدمة	٤-٣٠
٤-١-٦-٢ أنواع الفلاتر الدقيقة	٤-٣٠
٤-١-٦-٢-١ مطلق	٤-٣٠
٤-١-٦-٢-٢ نسبى	٤-٣٠

٤-١-٦-٣ انواع مادة تصنيع الفلاتر من حيث التركيب الكيميائي	٤-٣٠
٤-١-٦-٣-١ مركبات طبيعية	٤-٣٠
٤-١-٦-٣-٢ مركبات عضوية طبيعية	٤-٣١
٤-١-٦-٣-٣ مركبات عضوية مصنعه	٤-٣١
٤-١-٦-٣-٤ مواد غير عضوية م	٤-٣١
٤-١-٦-٤ انواع المرشحات حسب الشكل	٤-٣١
٤-١-٦-٤-١ لفائفى	٤-٣١
٤-١-٦-٤-٢ نسيج شعري مجوف	٤-٣١
٤-١-٦-٤-٣ شرائح	٤-٣١
٤-١-٦-٤-٤ النوع المنفوخ	٤-٣٢
٤-١-٦-٤-٥ النوع الطرى	٤-٣٢
٤-١-٦-٥ انواع الفلاتر حسب معدل التدفق للمرشح	٤-٣٢
٤-١-٦-٦ تحديدالفاقد فى الضغط خلال الفلتر	٤-٣٢
٤-١-٦-٧ تحديد كفاءة المرشح	٤-٣٣
٤-١-٦-٨ تحديد حجم المسام فى المرشحات	٤-٣٤
٤-١-٧ الفصل السابع : الغسيل الكميائى لوحدات التناضح العكسى	٤-٣٥
٤-١-٧-١ مقدمة	٤-٣٥
٤-١-٧-٢ التوقيت المناسب لعمل غسيل كيميائى	٤-٣٥
٤-١-٧-٣ مكونات وحدة الغسيل الكيميائى	٤-٣٦
٤-١-٧-٤ الحسابات التصميمية لوحدة الغسيل	٤-٣٦
٤-١-٧-٥ خطوات تنظيف الغشاء	٤-٣٧
٤-١-٧-٦ كيماويات الغسيل	٤-٣٨
٤-١-٨ الفصل الثامن : الضغط بواسطة مضخات الضغط العالى	٤-٣٩
٤-١-٨-١ مقدمة	٤-٣٩
٤-١-٨-٢ المشاكل التى تواجه محطات التحلية	٤-٣٩
٤-١-٨-٣ قواعد يجب مراعاتها بالنسبة للطلمبات	٤-٣٩
٤-١-٨-٤ مواصفات الحديد المقاوم للصدأ المستخدم مع المياه المالحة فى محطات التحلية	٤-٤١
٤-١-٩ الفصل التاسع : الحسابات الاساسية لمنظومة التناضح العكسى	٤-٤٣

٤-١-٩-١ حساب كميه الطاقه المطلوبه لتحلية مياه البحر ٤-٤٣

٤-١-٩-٢ الاختبارات التي تتم علي الاغشيه الاسموزيه ٤-٤٤

٤-١-٩-٣ حدود تصميم محطة تحلية بالتناضح العكسى ٤-٤٤

٤-١-١٠ الفصل العاشر : أساسيات تشغيل و صيانة محطات تحلية المياه بالتناضح العكسى ٤-٥٩

٤-١-١٠-١ أحتياج المحطة لأعمال الصيانة اليومية ٤-٥٩

٤-١-١٠-٢ متطلبات أعمال الصيانة الأساسية لمحطات تحلية المياه ٤-٥٩

٤-١-١٠-٣ أهم العدادات وأجهزة القياس الموجوده فى لوحة التحكم ٤-٥٩

٤-١-١٠-٣-١ عدادات قياس الأس الهيدروجينى:PH ٤-٥٩

٤-١-١٠-٣-٢ عداد قياس درجة حرارة الماء المالح : ٤-٦٠

٤-١-١٠-٣-٣ عداد قياس التوصيلية Conductivity ٤-٦٠

٤-١-١٠-٣-٤ عداد قياس نسبة الأكسدة نتيجة وجود الكلور Redox ٤-٦٠

٤-١-١٠-٤ قواطع للضغط للتحكم فى الضغط للمعدات على شبكة المديولات ٤-٦١

٤-١-١٠-٥ شروط المياه المالحة قبل دخولها على منظومة الاغشية ٤-٦١

٤-١-١٠-٦ خطوات الصيانة المتبعة ٤-٦١

٤-١-١٠-٦-١ الخطوه الأولي : تحرير الضغط ٤-٦١

٤-١-١٠-٦-٢ الخطوه الثانيه : فصل منافذ الماء النافذ ٤-٦١

٤-١-١٠-٦-٣ الخطوه الثالثه : فحص الأقفال الخارجية ٤-٦٢

٤-١-١٠-٦-٤ الخطوه الرابعه : ازاله الحلقات الداعمه للغطاء ٤-٦٢

٤-١-١٠-٦-٥ الخطوه الخامسه : إزاله تجميعه الغطاء ٤-٦٢

٤-١-١٠-٧ أسلوب التحكم لوحدة التناضح العكسى ٤-٦٣

٤-١-١٠-٧-١ مضخة الضغط العالى فى وحدة التناضح العكسى ٤-٦٣

٤-١-١٠-٧-٢ حالات توقف مضخة الضغط العالى عن العمل ٤-٦٣

٤-١-١٠-٧-٣ أسلوب (فلسفة) التحكم فى غسيل منظومة التناضح العكسى ٤-٦٤

٤-١-١٠-٧-٣-١ خزان الغسيل ٤-٦٤

٤-١-١٠-٧-٣-٢ مضخات الغسيل ٤-٦٤

الباب الرابع : الجزء الثانى "التحلية الحرارية" ٤-٦٥

٤-٢-١ الفصل الأول : مقدمة ٤-٦٥

٤-٢-١-١ أسس ومبادئ عملية التحلية الحرارية ٤-٦٥

٤-٢-٢ الفصل الثانى : التحلية الحرارية باستخدام التقطير الوميضى المتعدد المراحل ٤-٦٧

٤-٢-٢-١ مقدمة ٤-٦٧

٤-٢-٢-١ أسس ومبادئ عمليات التقطير متعددة المراحل ٤-٦٧

٤-٢-٢-٢ أنواع التقطير الوميضى متعدد المراحل ٤-٦٨

٤-٢-٢-٢-١ النوع ذو الاتجاه الموحد ٤-٦٨

٤-٢-٢-٢-٢ النوع ذو تدوير الماء المالح ٤-٧٠

٤-٢-٢-٢-٣ المقارنة بين نوعى التقطير الوميضى ٤-٧٢

٤-٢-٢-٣ مكونات وحدة التقطير الوميضى ٤-٧٣

٤-٢-٢-٣-١ المبخر ٤-٧٣

٤-٢-٢-٣-٢ سخان الماء المالح ٤-٧٤

٤-٢-٢-٣-٣ وحدة طرد الهواء ٤-٧٥

٤-٢-٢-٣-٤ مضخات تدوير المياه ٤-٧٦

٤-٢-٢-٣-٥ نظام التبريد ٤-٧٦

٤-٢-٢-٣-٦ نظام ماء التعويض ٤-٧٧

٤-٢-٢-٣-٧ نظام بخار التسخين ٤-٧٧

٤-٢-٢-٣-٨ نظام التهوية ٤-٧٨

٤-٢-٢-٣-٩ نظام نزع الغازات ٤-٧٨

٤-٢-٢-٣-١٠ نظام اعادة دوران المحلول ٤-٧٨

٤-٢-٢-٤ أسس تقيم أداء وحدة التقطير الوميضى المتعدد المراحل ٤-٧٩

٤-٢-٢-٤-١ التقيم الحرارى للوحدة ٤-٧٩

٤-٢-٢-٤-١-١ حساب كمية المياه المنتجة ٤-٧٩

٤-٢-٢-٤-١-٢ معامل الأداء ٤-٧٩

٤-٢-٢-٤-١-٣ نسبة الأستفادة ٤-٧٩

٤-٢-٢-٤-١-٤ نسبة تشغيل الوحدة ٤-٨٠

٤-٢-٢-٤-١-٥ نسبة الاستخلاص للوحدة ٤-٨٠

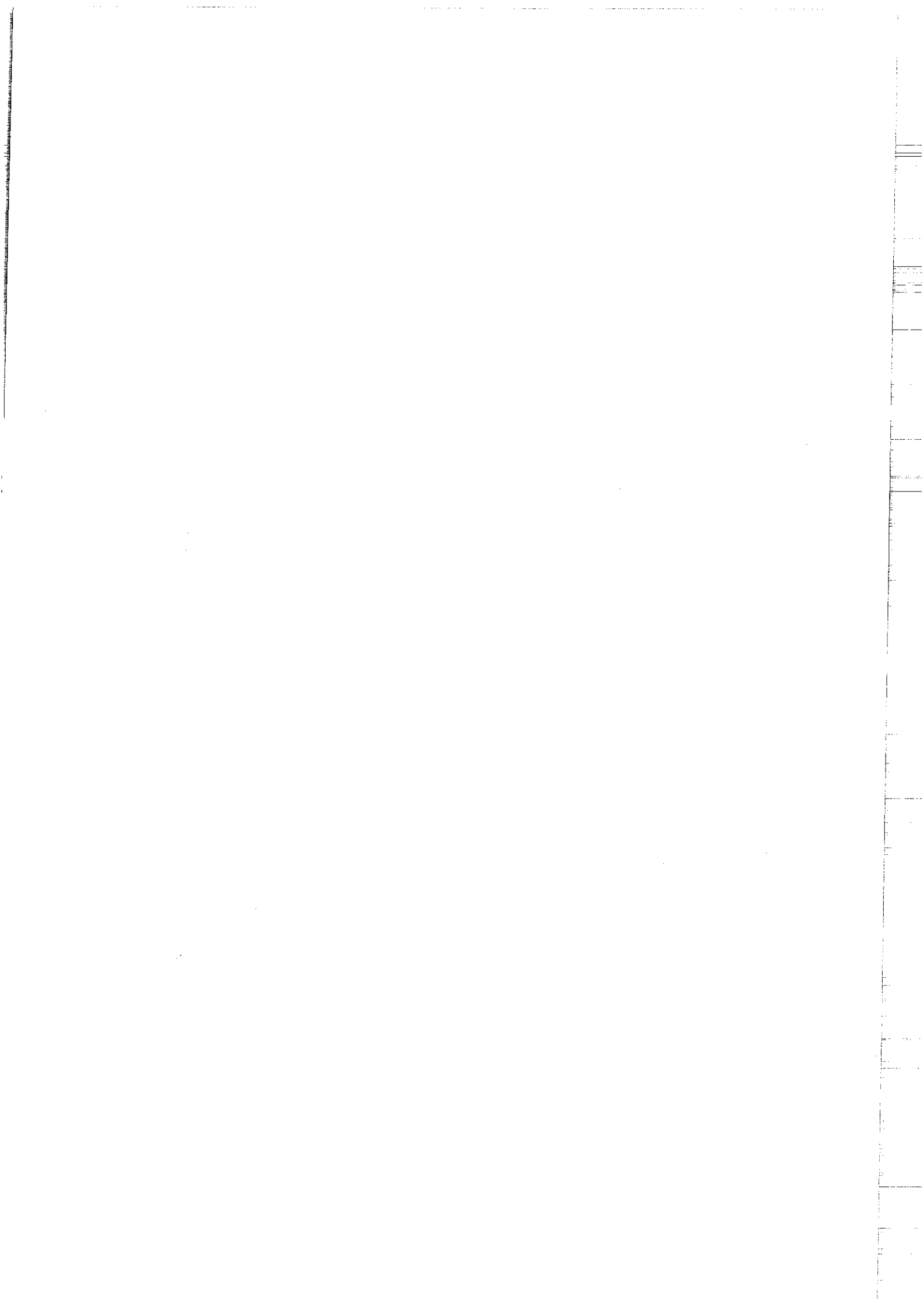
٤-٢-٢-٤-١-٦ الاتزان الحرارى لمسخن المياه ٤-٨٠

٤-٢-٢-٤-١-٧ نسبة تركيز المياه شديدة الملوحة ٤-٨١

٤-٢-٢-٤-١-٨ معدل معامل التبريد	٤-٨١
٤-٢-٢-٤-١-٩ حساب المساحة السطحية	٤-٨١
٤-٢-٢-٤-١-١٠ معامل الترسيب	٤-٨٢
٤-٢-٢-٤-٢ التصميم الميكانيكى للوحدة	٤-٨٢
٤-٢-٢-٥ فلسفة التحكم	٤-٨٢
٤-٢-٢-٥-١ خزان المياه الخام	٤-٨٢
٤-٢-٢-٥-٢ مضخات التغذية:	٤-٨٣
٤-٢-٢-٥-٣ مضخات مياه الغسيل للمرشحات	٤-٨٣
٤-٢-٢-٥-٤ المرشحات الرملية المضغوطة	٤-٨٣
٤-٢-٢-٥-٥ نظام حقن الكيماويات	٤-٨٣
٤-٢-٢-٥-٦ منظومة التبخير	٤-٨٣
٤-٢-٢-٥-٧ الأنبوب المجمع للمياه شديد الملوحة يوجد عليها الأجهزة الآتية	٤-٨٤
٤-٢-٢-٥-٨ نظام تعقيم المياه	٤-٨٤
٤-٢-٢-٥-٩ خزان تجميع المياه المحلاة	٤-٨٥
٤-٢-٢-٦ خواص المواد المستخدمة فى تصنيع الوحدات	٤-٨٥
٤-٢-٢-٧ نموذج الاتزان الحرارى لوحدة لمبخر أحادى	٤-٨٦
٤-٢-٣ الفصل الثالث: التحلية الحرارية بإستخدام التقطير متعدد التأثيرات	٤-٨٧
٤-٢-٣-١ أسس عمليات التقطير متعدد التأثيرات	٤-٨٧
٤-٢-٣-٢ وصف العملية	٤-٨٨
٤-٢-٣-٣ الأشكال التصميمية للتقطير المتعدد التأثيرات	٤-٩١
٤-٢-٣-٣-١ التقطير المتعدد التأثيرات ذو الترتيب الأفقي للأنابيب	٤-٩٢
٤-٢-٣-٣-١-١ التغذية إلى الامام والخلف	٤-٩٢
٤-٢-٣-٣-٢ التقطير المتعدد التأثيرات ذو الترتيب العمودي للأنابيب	٤-٩٤
٤-٢-٣-٣-٣ التقطير المتعدد التأثيرات ذومجموعة الأنابيب الرأسية	٤-٩٥
٤-٢-٣-٣-٤ خواص المواد المستخدمة فى تصنيع التقطير المتعدد التأثيرات	٤-٩٦
٤-٢-٣-٣-٥ مكونات وحدة التقطير متعدد التأثيرات	٤-٩٧
٤-٢-٣-٣-٦ عناصر تقيم أداء وحدات لنظام التقطير المتعدد التأثير	٤-٩٩
٤-٢-٣-٣-٧ أسس تصميم الوحدة	٤-١٠٠

٤-٢-٤ الفصل الرابع : تكنولوجيا التحلية بضغط البخار	٤-١٠٥
٤-٢-٤ مقدمة	٤-١٠٥
٤-٢-٤-١ ضغط البخار	٤-١٠٨
٤-٢-٤-٢ التقييم الفني لتقنيات ضغط البخار	٤-١٠٩
٤-٢-٤-٣ وحدة تحلية بالتبخر الومضي مع ضغط البخار	٤-١١٠
٤-٢-٤-٤ المقارنة بين تكنولوجيات التحلية الحرارية الثلاثة السابقة	٤-١١٢
٤-٢-٤-٥ الجمع بين هذه الطرق الحرارية الختلفة	٤-١١٥
٤-٢-٤-٦ عوامل اختيار الطريقة المناسبة لتحلية	٤-١١٥
٤-٢-٤-٧ امكانية الاستفادة من حرارة العادم للمحركات لانتاج الماء بالتحلية	٤-١١٥
الباب الخامس: المعالجة النهائية	٥-١
٥-١ مقدمة	٥-١
٥-٢ المعالجة النهائية طبقا للاستخدامات المختلفة للمياه المحلاه	٥-٢
٥-٢-١ مياه الشرب	٥-٢
٥-٢-١-١ إزالة البورون من المياه المحلاة بغرض الشرب	٥-٢
٥-٢-١-٢ إضافة الأملاح والتهوية	٥-٥
٥-٢-١-٣ المعالجة الإضافية للمياه المقطرة	٥-٥
٥-٢-١-٣/١ إعادة التهوية	٥-٥
٥-٢-١-٣/٢ المعالجة الإضافية للمياه الناتجة من التناضح العكسي	٥-٥
٥-٢-١-٣/٣ إضافة الأملاح	٥-٦
٥-٢-١-٣/٤ ضبط الاملاح لمياه الشرب	٥-٦
٥-٢-١-٣/٥ التعقيم قبل الضخ بالشبكة	٥-٦
٥-٢-٢ مياه الري	٥-٧
٥-٢-٢-١ تركيز البورن بالمياه المحلاه المستخدمة في الرى	٥-٧
٥-٢-٣ مياه الصناعة	٥-٨
٥-٢-٣-١ التحكم في التآكل	٥-٨
٥-٢-٣-٢ إعادة المزج لإضافة الأملاح	٥-٩
٥-٢-٣-٢/١ إضافة املاح فى التناضح العكسي	٥-٩
٥-٢-٣-٢/٢ إعادة المزج	٥-٩

٥-٢-٣-٣/٢ إزالة المواد العالقة ٥-٩
٥-٢-٣-٤/٢ إضافة الأملاح ٥-٩
الباب السادس: نظام التحكم والمراقبة ٦-١
٦-١ تعريف نظام SCADA ٦-١
٦-١-١ من مهام النظام: ٦-١
٦-١-٢ العناصر الاساسية المكونة لنظام التحكم والمراقبة ٦-١
٦-٢ مراحل نظام التحكم والمراقبة ٦-٢
٦-٢-١ المرحلة الأولى : تجميع البيانات من المواقع المختلفة ٦-٢
٦-٢-٢ المرحلة الثانية : نقل البيانات من المواقع المختلفة إلى وحدة التحكم الرئيسية ٦-٣
٦-٢-٣ المرحلة الثالثة : معالجة البيانات بوحدة التحكم الرئيسية ٦-٤
٦-٣ المهام التى يغطيها نظام التحكم والمراقبة ٦-٥
٦-٤ مواصفات لوحة التحكم : ٦-٦
٦-٥ مراقبة المعدات من قبل وحدة التحكم المنطقي المبرمج ٦-٧
٦-٦ أجهزة القياس: ٦-٨
٦-٦-١ محطة ضخ الكلور ٦-٨
٦-٦-٢ مولدات ٦-٨
٦-٦-٣ مصدر القدرة غير القابلة للقطع ٦-٩
٦-٦-٤ يجب أن تشمل أي لوحة للتحكم ما يلي ٦-٩
٦-٧ مواصفات شاشات ٦-٩
٦-٨ غرفة التحكم المركزي ٦-١٠
٦-٩ نظام SCADA في غرفة التحكم المركزية الرئيسية ٦-١٠
٦-١٠ مواصفات كمبيوتر تشغيل نظام SCADA ٦-١١
٦-١١ مواصفات خادم نظام التحكم و المراقبة ٦-١٢
٦-١٢ نظام ٦-١٣
٦-١٣ الاختبارات ٦-١٤
٦-١٤ أجهزة القياس ٦-١٤
٦-١٤-١ جهاز قياس المنسوب بالموجات فوق الصوتية ٦-١٤



٦-١٤-٢ جهاز قياس الأس الهيدروجيني	٦-١٤
٦-١٤-٣ جهاز قياس جهد الأكسدة والأختزال	٦-١٥
٦-١٤-٤ العوامات	٦-١٥
٦-١٤-٥ أجهزة قياس الضغط التى تعتمد على حركة المؤشر	٦-١٥
٦-١٤-٦ أجهزة قياس الضغط وفرق الضغط	٦-١٥
٦-١٤-٧ الجهاز الكهرومغناطيسي لقياس تدفق المياه	٦-١٦
٦-١٤-٨ جهاز الموجات فوق الصوتية لقياس تدفق المياه	٦-١٦
٦-١٤-٩ جهاز قياس نسبة العكارة	٦-١٧
٦-١٤-١٠ المبينات الرقمية	٦-١٧
٦-١٤ -١١ الجهاز الألكترونى لقياس القدرة المستهلكة	٦-١٨
٦-١٤-١٢ جهاز قياس التوصيلية	٦-١٩
٦-١٤-١٣ جهاز قياس درجة الحرارة	٦-١٩
٦-١٥ اعتبارات مهمة عند تقديم العطاء	٦-٢٠
الباب السابع: الشروط الواجب توافرها عند تصميم الاعمال المعمارية والانشائية	**٧-١**
٧-١ الأعمال المعمارية	٧-١
٧-١-١ الورش والمخازن	٧-١
٧-١-٢ المعمل	٧-١
٧-١-٣ مبني الكلور(الغاز)	٧-٢
٧-٢ الاعمال الإنشائية	٧-٢
٧-٢-١ الشروط العامة والخاصة	٧-٢
الباب الثامن : شروط التنفيذ (الاختبارات) وتجارب الآداء والإستلام	**٨-١**
٨-١ الإختبارات	٨-١
٨-١-١ المواد (المستخدمة في المنشآت المعمارية)	٨-١
٨-١-٢ المهمات والخامات المستخدمة في محطات التحلية	٨-١
٨-٢ تجارب الأداء والأستلام	٨-١
٨-٢-١ تجارب الأداء للمعدات	٨-١
٨-٢-٢ تجارب الأستلام الإبتدائى	٨-٢
٨-٣ الاشتراطات الواجب مراعاتها عند تنفيذ الأعمال الميكانيكية والكهربية	٨-٢

٨-٣-١ قبل تركيب المهمات	٨-٢
٨-٣-٢ عند تركيب المعدات الميكانيكية والكهربائية	٨-٣
٨-٣-٢-١ طلمبات الابار	٨-٤
٨-٣-٢-٢ وحدات الكلورة الابتدائية	٨-٤
٨-٣-٢-٣ خزان الكيماويات اليومي (يسري هذا علي كافة الخزانات المماثلة في المحطة)	٨-٥
٨-٤ إختبار المهمات	٨-٥
٨-٤-١ وحدات الأغشية	٨-٥
٨-٤-٢ منظومة الترويق والترسيب	٨-٨
٨-٤-٢-١ كيماويات التخثير	٨-٨
٨-٤-٢-٢ وحدات الترويق والترسيب	٨-٨
٨-٤-٣ منظومة حقن الاحماض	٨-٨
٨-٤-٤ منظومة التخلص من الكلور الزائد	٨-٨
٨-٤-٥ مرشحات الخرطوش (المرشحات النهائية)	٨-٩
٨-٤-٦ طلمبات الضغط العالي ووحدات استعادة الضغط	٨-٩
٨-٤-٧ اختبارات المهمات الميكانيكية للمحطة	٨-١٠
٨-٤-٧-١ مضخات المآخذ (بحرى، شاطئ، آبار)	٨-١٠
٨-٤-٧-٢ مضخات الكيماويات	٨-١٠
٨-٤-٧-٣ المرشحات	٨-١٠
٨-٤-٧-٤ المرشحات الخرطوشية	٨-١٠
٨-٤-٨ أجهزة القياس	٨-١١
٨-٤-٩ المكونات الكهربية للمحطة	٨-١١
٨-٤-٩-١ مضخات الضغط العالى	٨-١١
٨-٤-٩-١-١ اختبار جاف	٨-١١
٨-٤-٩-١-٢ اختبار تشغيل	٨-١١
٨-٤-١٠ وحدة التناضح العكسى	٨-١١
٨-٤-١٠-١ اختبار الأداء	٨-١٢
٨-٤-١٠-٢ اختبار التشغيل	٨-١٢

٨-٤-١٠-٣ اختبار الاعتماد ٨-١٣
٨-٥ مستندات التسليم ٨-١٣

الباب الأول : الدراسات الأولية والبيانات التصميمية

١-١ مقدمة :

عند البدء فى تصميم أعمال محطات **تحلية المياه المالحة** سواء لمدينة أو قرية أو تجمع سكاني فإن ذلك يقتضي القيام بالدراسات الأولية اللازمة وكذلك تحديد البيانات التصميمية الآتية:

١ - الدراسات السكانية.
٢ - الأعمال المساحية والدراسات الجيوتقنية.
٣ - الدراسات البيئية.
٤ - أسس ومعايير اختيار الموقع.
٥ - المكونات الأساسية والمخطط العام للمحطة.

بالاضافة الي ما سيرد بهذا الكود ، فعلي المصمم الالتزام بالاكواد المصرية المنظمة لهذه التصميمات.

١-٢ الدراسات السكانية :

ولتحديد أساليب وتطبيقات الدراسات السكانية انظر الكود المصري لأسس تصميم وشروط تنفيذ محطات تنقية مياه الشرب والصرف الصحي والروافع الجزء الثالث طبعة ٢٠٠٨ ومابعدها.

١-٣ الأعمال المساحية والدراسات الجيوتقنية:

١-٣-١ الاعمال المساحية البرية لموقع المحطة.
١-٣-٢ المساحة البحرية للمأخذ (الباثومترية).
١-٣-٣ اعمال الجسات طبقا للاكواد المصرية المنظمة.
١-٣-٤ الجسات البحرية.

١-٤ الدراسات البيئية:

١-٤-١ تحديد المناطق ذات الحساسية البيئية.
١-٤-٢ طبيعة الحياة البحرية بالمنطقة.
١-٤-٣ تأثير الملوحة الشديدة وكيماويات الغسيل علي حياه الهائمات النباتية والبحرية.

١-٤-٤ التخلص من المياه شديدة الملوحة (Brine).

١-٥ أسس ومعايير أختيار الموقع:

يجب إختيار موقع إنشاء محطات التحلية بحيث لا تؤثر سلبا علي البيئة المحيطة وأيضا لا تتاثر سلبا بها، على ان يراعي الالتزام بالأكواد المصرية المنظمة لهذا الشأن وذلك للعناصر الآتية:

١-٥-١ لعناصر المعمارية والانشائية.

١-٥-٢ لعناصر الميكانيكية.

١-٥-٣ لعناصر الكهربائية.

١-٥-٤ لطرق المحيطة وسهولة الوصول للموقع.

الباب الثاني: مآخذ ومصبات محطات التحلية

٢-١ الفصل الأول (مآخذ محطات التحلية)

٢-١-١ المأخذ البحري المفتوح Sea water open Intake

٢-١-١-١ موقع المأخذ

يراعى عند اختيار موقع المأخذ البحرى ألا يكون معرضاً للتغيرات التي قد تحدث نتيجة للعواصف والتيارات البحرية ، كما يجب أن يكون المأخذ البحري المفتوح تحت قاعدة الأمواج (wave base) حتى لا يكون عرضة للتحرك أو الإزاحة، ولا يقل عمق المأخذ البحري عن ٤ متر دون أدنى منسوب جزر حيث انه يقل نشاط النباتات والطحالب التي تعتمد على التمثيل الضوئي عند هذا العمق، كما يلزم أيضا تغطية نهاية ماسورة المأخذ من الشمس لتقليل النشاط البيولوجي.

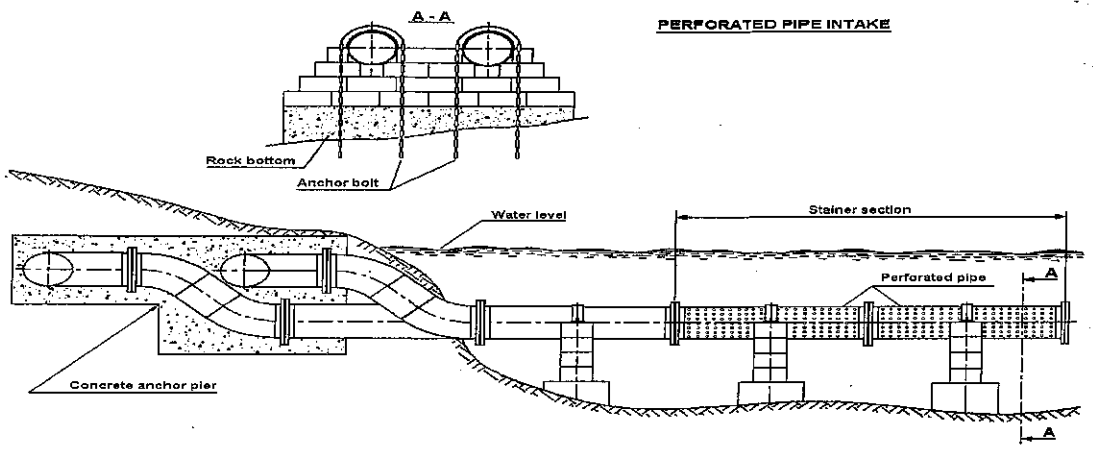
٢-١-١-٢ أنواع المآخذ

٢-١-١-١/٢ مأخذ ماسورة Pipe intake

يتكون من ماسورة أو أكثر يمتد من الشاطئ الى مسافة كافية فى البحر طبقاً للدراسات البيئية والبحرية وتكون هذه المواسير محمولة على منشآت مصنوعة من مواد لا تتفاعل مع مياه البحر او مواد يتم معالجتها حتى لا تتفاعل مع مياه البحر (Reinforced – PVC – Steel Stainless Concrete – fiber glass) ويراعى الآتى:

- أن تكون فوهة الماسورة على عمق أكثر من ٤ م من سطح المياه في اقل جزر.
- وضع فانوس (velocity cap) على نهاية الماسورة لتسمح بدخولى المياه افقيا.
- وضع علامات إرشادية للملاحة على مسار خط المواسير.
- وضع مصدات مطاطية عند نقط ارتكاز المواسير فوق المنشآت الحديدية.
- ن تكون المواسير مصنوعة من مواد غير قابلة للصدأ.
- فى حالة استخدام منشأت حديدية ملامسة لمياه البحر يلزم ان تكون مصنوعة من الـ stainless steel 316L أوال duplex .
- لا تزيد سرعة دخول المياه الي مواسير المأخذ عن ٠.١٥ م/ث لمنع دخول الأجسام الطافية.

الشكل (٢-١) رسم توضيحي لماخذ ماسورة



(٢-١) رسم توضيحي لمأخذ ماسورة

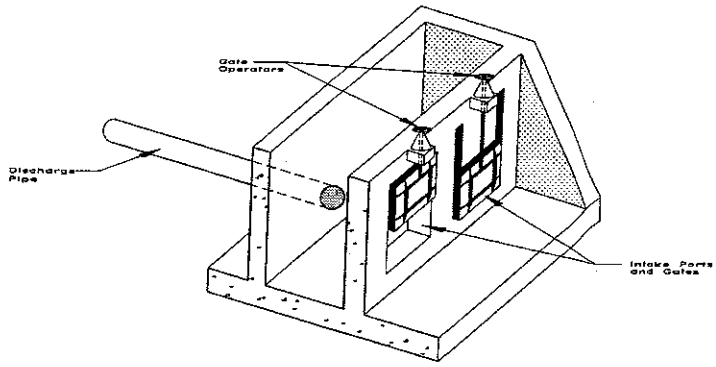
٢-١-١-٢/٢ مأخذ الشاطئ الثابت Fixed Shore Intake

ويتكون من حائط وأجنحة تبنى على شاطئ المجرى المائى مباشرة من الخرسانة المسلحة أو الطوب لوقاية مداخل مواسير المياه التى تكون ماسورتين أو أكثر، وتمتد المواسير تحت جسر المجرى المائى وتنتهى فى بيارة طلمبات المياه الخام.

ويراعى الآتى:

- ألا يقل ميل الماسورة عن ١% فى اتجاه عنبر الطلمبات.
- استقامة خطوط مواسير السحب.
- تزويد المأخذ بالشبك الحاجز للأعشاب والأجسام الكبيرة فى الجزء الأمامى من مكان السحب.
- أن تكون المواسير مصنوعة من مواد مقاومة لمياه البحر مثل الحديد المقاوم للصدأ St316 أو Duplex.
- ألا تزيد سرعة دخول المياه الي مواسير المأخذ عن ٠.١٥ م/ث لمنع دخول الأجسام +الطافية.
- تتراوح سرعة المياه داخل المواسير مابين٠.٢ م/ث و ٠.٦ م/ث.
- تم عمل خط غسيل عكسي لتنظيف خط السحب

الشكل (٢-٢) رسم توضيحي لمأخذ شاطئ



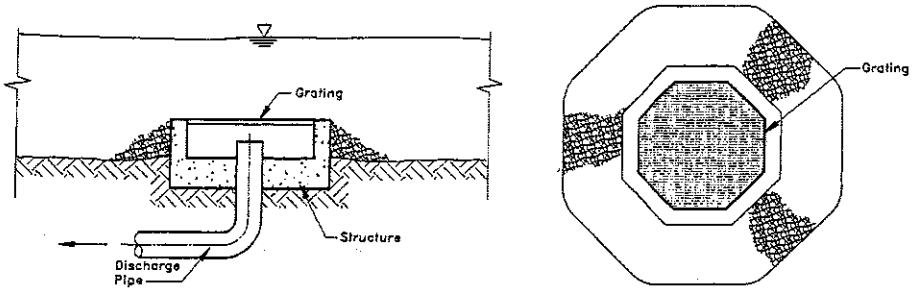
(٢-٢) رسم توضيحي لمأخذ شاطى

٢-١-١-٣/٢ المأخذ المغمور Submerged Intake

ويستخدم عندما يكون التغير في مناسيب المياه علي مدار العام قليلا. يتكون من ماسورة أو أكثر مثبتة فى قاع المجرى المائى بواسطة كتل خرسانية ويراعى الآتى:

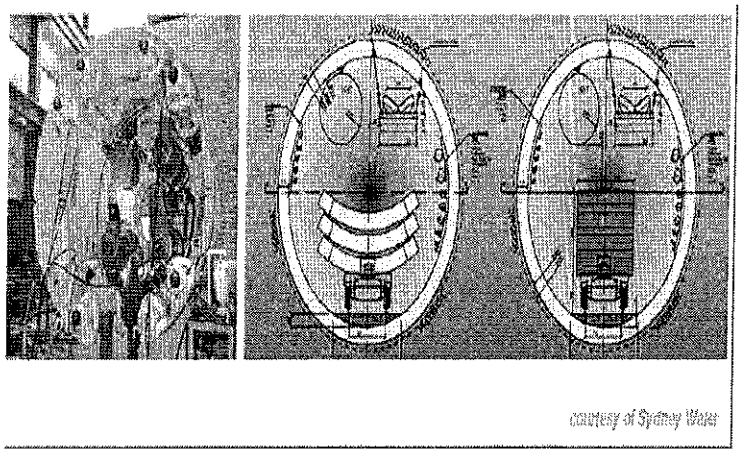
- أن تكون فوهه الماسورة أسفل منسوب المياه وأعلى من منسوب قاع المجرى المائى بمقدار لا يسمح بدخول الرمال والشوائب كما تجهز ماسورة المأخذ بالمصافى ومنسوبها فى السحب أقل من أقل منسوب جزر.
- استقامة خطوط مواسير السحب.
- وضع فانوس (velocity cap) على نهاية الماسورة لتسمح بدخول المياه رأسياً فى حالة المواسير الأفقية وافقيا فى حالة المواسير الرأسية.
- ثقوب الفانوس طولية أو ثقوب تتراوح ما بين ٢٠-١٥٠ مم .
- تم عمل خط غسيل عكسي للخط لتنظيف خط السحب .
- أن تكون المواسير مصنوعة من مواد الحديد المقاوم للصدأ مثل استنلس ٣١٦ L أو Duplex.
- ألا تزيد سرعة دخول المياه مواسير المأخذ عن ٠.١٥ م/ث لمنع دخول الأجسام الطافية.

الشكل (٢-٣) رسم توضيحي لمأخذ مغمور



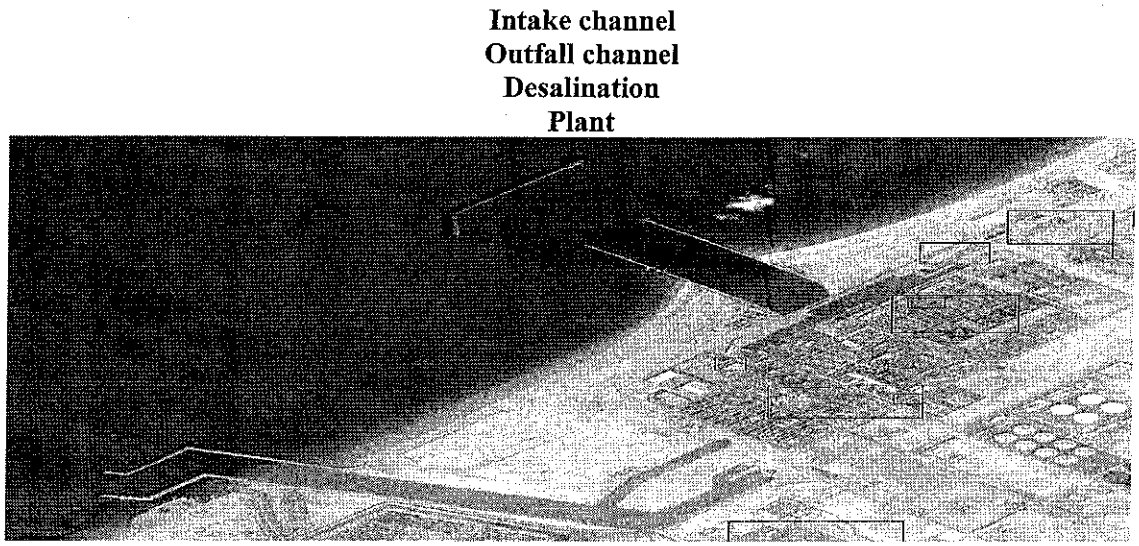
(٢-٣) رسم توضيحي لمأخذ مغمور

٢-١-١-٢/٤ مأخذ القناة **channel Intake**



وهو عبارة عن قناة محفورة وموصله بالبحر ويتم أخذ المياه منها عن طريق مواسير أو قنوات وتأخذ نفس الاعتبارات الخاصة بمأخذ الماسورة بالاضافة إلى انه في حالة وجود تيارات بحرية قوية، يلزم أن يتم تصميم موقع القناة بحيث يتلافى تأثير تلك التيارات البحرية.

الشكل (٢-٤) رسم توضيحي لماخذ القناه.



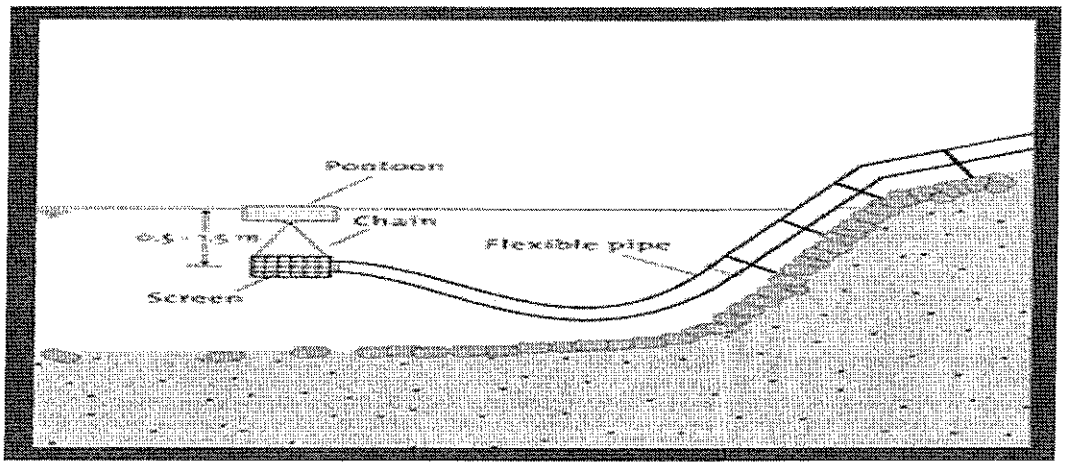
(٢-٤) رسم توضيحي لمأخذ القناة

٢-١-١-٢/٥ مأخذ عائم floating intake

يسمح هذا المأخذ بسحب المياه بالقرب من سطح المياه ومن ثم تجنب سحب الترسبات قرب قاع البحر. وتكون ماسورة السحب للطلمبات محملة علي عوامة تثبت علي قاع البحر أوعلي الشاطئ. وتثبت الطلمبات اما علي العوامة أو علي الشاطئ، ويلاحظ أنه عند تركيبها علي العوامة ان يكون طول ماسورة السحب قصيراً وكذلك يكون ارتفاع السحب ثابتا مع ضرورة عمل حسابات الضغط السالب لتفادى حدوث ظاهرة التكهف.

عندما تحمل التيارات البحرية شوائب كبيرة الحجم فيجب أن يزود المأخذ بحماية إضافية مثل نظام التنظيف بالهواء لتجنب تعطل وسدد المأخذ العائم.

الشكل (٢-٥) رسم توضيحي لماخذ عائم.

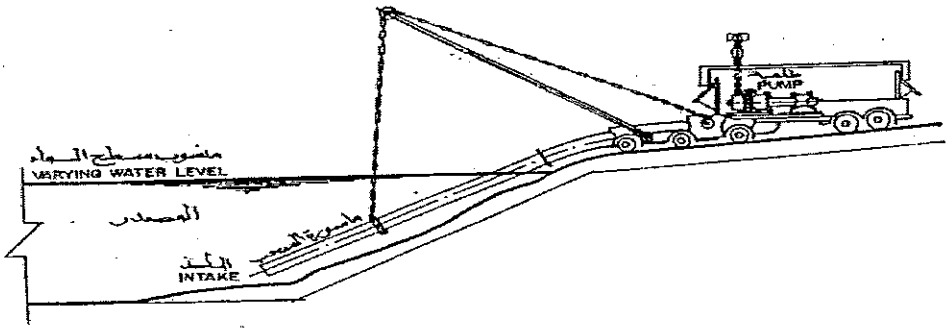


(٢-٥) مأخذ عائم

٢-١-١-٦/٢ مأخذ مؤقت Temporary Intake

وهو عبارة عن انبوب مرن (flexible pipe) غير مثبتة و يتم استخدامها للمحطات المؤقتة الأقل من ٥٠٠ متر^{٣} /يوم أو البحيرات ذات العمق القليل.

الشكل (٢-٦) رسم توضيحي لمأخذ مؤقت او متحرك.



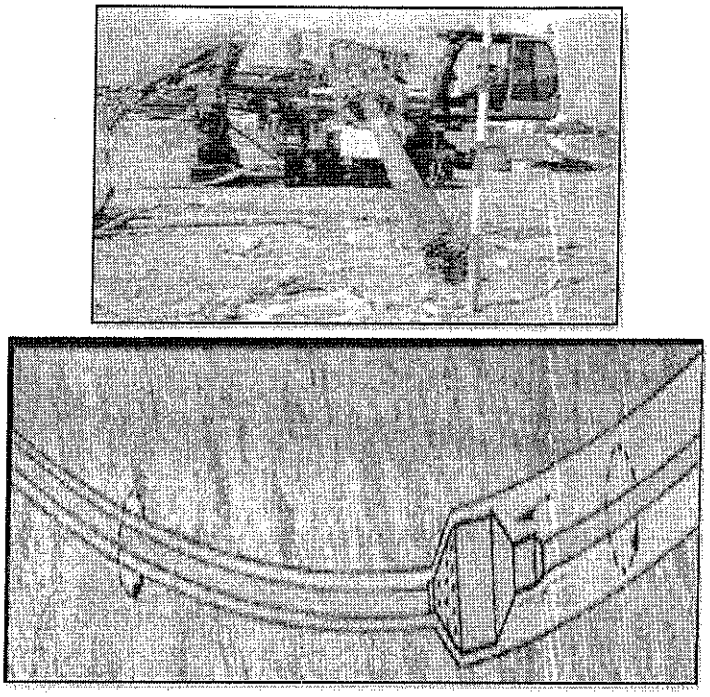
(٢-٦) مأخذ مؤقت أو متحرك

٢-١-١-٧/٢ مأخذ خطوط المواسير بطريقة الحفر الأفقي الموجة.

وفى هذا النوع من المآخذ والتي تكون بعيدة من الشاطئ أو يوجد عوائق أو مباني أو طرق بين البحر والمحطة أو وجود منطقة شعاب مرجانية بمنطقة الشاطئ، حيث يتم مد خطوط مواسير

التغذية للمحطة بطريقة الحفر الأفقي الموجة تحت سطح الأرض بعمق ١٠-١٥ متر بعيداً عن مسار الطرق والبنية التحتية والتجمعات المرجانية الشاطئية حتى الوصول إلى العمق المناسب داخل البحر طبقاً للدراسة البيئية والبحرية.

الشكل (٢-٧) رسم يوضح طريقة تنفيذ مأخذ المواسير بطريقة الدفع الافقي الموجه.



(٢-٧) طريقة تنفيذ مأخذ خطوط المواسير بطريقة الحفر الأفقي الموجه

٢-١-٢ المصافي Screens

تستعمل في مآخذ المياه لحجز المواد والأجسام الكبيرة الطافية في مجرى المياه لمنعها من الدخول إلى مواسير التوصيل أو لطلمبات رفع المياه الخام ومنها إلى عملية المعالجة الابتدائية.

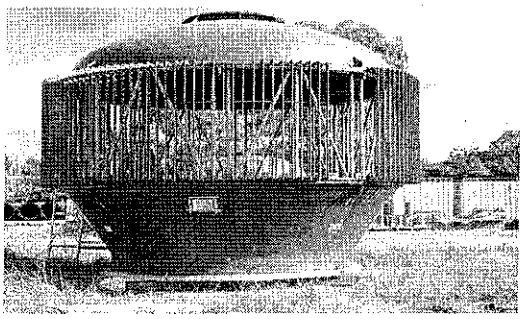
تصنع المصافي من الصلب غير قابل للصدأ (Stainless Steel) بدرجة لا تقل عن(٣١٦).

في المآخذ البحرية المفتوحة تزود المآخذ بمصافي واسعة (Course Screen) ذات فتحات يتراوح مقاسها مابين (٢٠مم - ١٥٠مم) ثم مصافي دقيقة (fine screen) ذات فتحات يتراوح

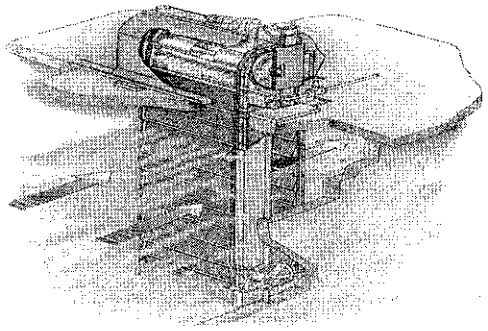
مقاسها مابين (١مم – ١٠مم) وذلك لمنع دخول الكائنات البحرية(الأسماك وخلافه) لمحطة التحلية.

تكون المصافي الواسعة عادة من النوع الثابت بينما تكون المصافي الدقيقة اما ثابتة أو متحركة (النوع الدوار) ويلاحظ أنه بعد ذلك تمر المياه علي مصافي أدق ضمن عملية المعالجة الأولية

يجب تنظيفها دورياً لتجنب تراكم الأجسام الطافية وسد منافذ دخول المياه إلى المحطة ويمكن أن يكون التنظيف عن طريق الهواء العكسي (air backwash).



(٢-٨) المصافي الواسعة (course screen)



(٢-٩) المصافي الدقيقة (fine screen)

٢-١-٣ مآخذ الآبار الشاطئية

هناك نوع أخر من المآخذ وهي المأخذ تحت سطحية (Subsurface intake) وهي أما آبار رأسية أو آبار أفقية وتعتمد على استخدام التربة الرملية كمرحلة ترشيح ابتدائية لتحسين خصائص المياه المسحوبة واستخدام هذا النوع من المآخذ يودى إلى تجنب مخاطر السدد الموجودة في الأنواع الأخرى من المآخذ.

ويعتمد تصرف البئر بدرجة كبيرة على التكوين الجيولوجي للتربة والذي يؤثر على كميات المياه المسحوبة. ولذلك لا تصلح مأخذ الآبار الشاطئية للمحطات الكبيرة ولكن يمكن تنفيذ مجموعة آبار أفقية متعددة في هذه الحالة. ويتميز هذا النوع من المأخذ بتقليل الآثار البيئية السالبة نتيجة تقليل أعمال الإنشاءات على البر والبحر معاً.

ويتم اللجوء إلى عمل مآخذ الآبار لتغذية محطات التحلية في بعض الحالات مثل :

١ - إرتفاع عكارة مياه البحر.
٢ - مشاكل تلوث المياه بمخلفات الزيوت أو الشوائب.
٣ - مشاكل متعلقة بالظروف البيئية للموقع وذلك لوجود محميات طبيعية او شعاب مرجانية.
٤ - وجود معوقات تمنع مد خطوط من المحطة حتى البحر مثل مباني سكنية أو منشات حيوية.

ويجب الأخذ في الاعتبار عمل دراسة هيدروجولوجية قبل استخدام الآبار لتغذية محطات التحلية تتضمن الاتى:

١ - قياس ملوحة مياه البئر بحيث لا تزيد الملوحة عن ملوحة مياه البحر مما يؤثر على عملية التحلية و تكوين رواسب و تزيد من تكاليف التشغيل.
٢ - تحديد نسب ونوعية الأملاح الموجودة في مياه البئر حيث يحدث في بعض الأحيان عند حفر الآبار وجود بعض الأملاح بمياه البئر غير مرغوب فيها مثل إرتفاع أملاح العسر أو الحديد أو الباريوم أو الاسترنشيوم والتي تسبب انسداد الأغشية.
٣ - قياس درجة تدفق مياه البئر ومدى صلاحية البئر لتغذية المحطة على المدى الطويل وهل كميات المياه المغذية للبئر متجددة أم قابلة للنضوب بعد فترة.
٤ - وجود مسافة أمنة بين كل بئر والأخر عند حفر أكثر من بئر في نفس المكان حتى لا يتم السحب لأحد الآبار من مجال السحب للبئر المجاور مما يقلل من تصرف الآبار وتحدد هذه المسافة بعد عمل الدراسات الهيدروجيولوجية للمنطقة.

الشكل (٢-١٠) والشكل (٢-١١) يوضحان مأخذ الابار الشاطئية

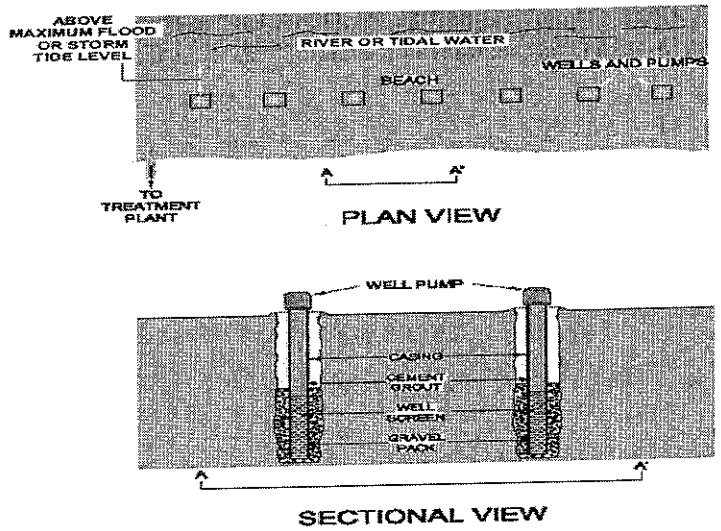
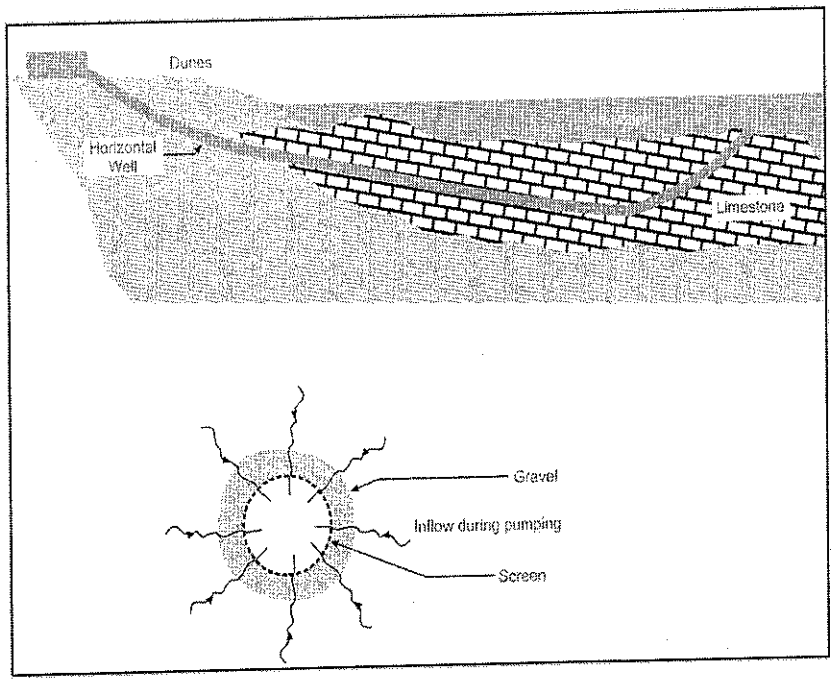


Figure 10.10. Multi-well RBF design.

(٢-١٠) مأخذ ابار شاطئية (مجموعة أبار رأسية موازية لخط الشاطئ)



(٢-١١) مأخذ أبار شاطئية (بئر أفقي)

ولمزيد من المعلومات عن الآبار وطرق تنفيذها يمكن الرجوع إلى ملحق الآبار الجوفية فى نهاية الكود.

٢-٢ الفصل الثاني : نوعية المياه شديدة الملوحة (Brine) وأنواع المصبات

٢-٢-١ نوعية المياه شديدة الملوحة حسب تكنولوجيا التحلية المستخدمة

تختلف نوعية المياه المالحةالناتجة عن عملية التحلية حسب تكنولوجيا التحلية المستخدمة سواء كانت حرارية (Thermal processes) مثل محطات Multistage Flash (MSF) أو (Membrane Processes) مثل محطات التناضخ العكسي (Reverse Osmosis (RO)) أو محطات (multi Effect Distillation (MED)).

٢-٢-٢ أنواع المصبات

٢-٢-٢-١ المصبات علي المياه السطحية

يتم التخلص من مياه التحلية (المياه المركزة) وهي مياه شديدة الملوحة، بالصرف علي المياه السطحية مباشرة والتي غالبا ما تكون هي نفسها مصدر المياه الخام الداخلة للمحطة وذلك عن طريق ماسورة (قد تكون مدفونة تحت الارض بطريقة الدفع النفقي) علي بعد مناسب من خط الشاطئ وبعمق مناسب حسب قوانين البيئة المصرية بما لا يؤثر بالسلب علي الكائنات البحرية القاعية ، ويتم تركيب عدة ناشرات أو ناشر واحد لتشتيت المياه بحيث تتدرج الملوحة في نطاق محدد (منطقة الخلط) حول ماسورة الصرف لتصبح نوعية المياه خارج هذا النطاق كمثيلاتها في الوسط البحري بالمنطقة وذلك طبقا لدراسة التأثير البيئي (EIA) التي يجب إجرائها علي الوسط البحري المراد الصرف عليه. ويجب أن تتعرض الدراسة لنوعية المياه وطبيعة الكائنات البحرية بهذا الوسط وحساسيتها ومدي تأقلمها مع الملوحة الشديدة، ويجب أن تضع هذه الدراسة أسس تصميم ماسورة الصرف وعدد الناشرات بها وتوزيعها علي طول ماسورة الصرف، هذا بالإضافة إلي تحديد نطاق منطقة الصرف حول الماسورة. ومن مميزات الصرف على المياه المفتوحة:

- القدرة على صرف كميات كبيرة من المياه المركزة.
- امكانية تخفيف التركيز في المياه المفتوحة.
- اقل تكلفة من الطرق الأخرى.

٢-٢-٢-٢ الحقن البئري العميق Deep well injection

- تستخدم هذه الطريقة في محطات تحلية المياه الجوفية والمناطق التي يصعب فيها الصرف على البحر مباشرة.
- في بعض الأماكن لا يمكن التخلص من المياه المركزة بهذه الطريقة حيث ان الخزانات الجوفي قد لا تتمكن من استيعابها.
- يجب مراعاة ان يكون الخزان الجوفي ذو توصيلية هيدروليكية مناسبة حتى لا تترسب الأملاح وتعيق عمل البئر.
- يجب أخذ موافقة قطاع المياه الجوفية بوزارة الموارد المائية والري.
- الخزان المستقبل يجب أن يكون معزول جيداً (well confined) عن باقي الخزانات التي قد تكون صالحة للشرب حتى لا يؤثر عليها.
- يتراوح عمق البئر من ٣٥٠ متر إلى ٢.٥ كم طبقا للدراسة الهيدروليجية للمنطقة.
- يجب ان تكون المياه المركزة مقبولة كيميائيا للحقن البئري طبقا لمعايير قانون الصرف علي المسطحات المائية (قانون ٤٨ لسنة ١٩٨٢).
- يجب أن تحقن المساحة الحلقية بين جدران البئر (primary Casing) وانبوبة البئر بمادة خاملة ويراعي مراقبتها طوال فترة الإستخدام.
- يراعى في التصميم ان تكون المواسير المستخدمة من مواد غير قابلة للتآكل او الصدأ او أي تفاعلات لذا ينصح بأستخدام أنابيب بلاستيكية (بي في سي) او من الالياف الزجاجية تتحمل الضغوط بكفاءة.
- في حالة استخدام طريقة الحقن البئرى العميق يلزم المتابعة الجيدة لحالة المياه الجوفية للتأكد من عدم تأثير مياه الصرف عليها.
- يختلف تصميم بئر الحقن طبقا للغرض منه وفي كل الاحوال لابد أن يكون تصميم البئر ذو كفاءة عالية جدا وذلك للاحتمالات العالية لفشلها وعدم تحقيق هدفها (على خلاف باقي أنواع الابار) حيث تتعرض هذه الابار لاحتمالات حدوث مشاكل (تفاعلات كيميائية- ادخال هواء - تداخلات حرارية - سفى رمال).
- ينطبق على آبار الحقن نفس شروط الحفر والقواعد العامة التصميم للابار الاخرى فيما عدا طول المصفاه وسرعة تدفق المياه.

- يجب الا تزيد سرعة دخول المياه للمصافى عن ٠.١٥ م/ث ويجب أن يكون طول المصفاه ضعف طول المصفاه في بئر عادى يضخ كمية مساوية من المياه .
- يجب أن يتم الحقن اسفل الطبقات الحاملة للمياه العذبة بحيث لاتؤثر على خصائص المياه الجوفية العذبة إن وجدت أو يكون لها تأثير سلبي كيميائياً وهيدروليكي على خامات أو معادن أوتأثير على خصائص الصخور في المنطقة بما يؤدي إلى اختلال التوازن الإستاتيكي لمنطقة بئر الحقن.
- يجب ان يكون التتابع الجيولوجي لمنطقة بئر الحقن مخترقا لطبقة طينية او طفلية غير منفذة للمياه بحيث لايسمح بارتداد المياه المضغوطة مرة أخرى الى أعلى.
- يمكن دفن نواتج محطات تحلية المياه (Brines) في خزانات جوفية عالية الملوحة جدا حيث أن هذه الخزانات غير مستهدفة للحصول على مياه عذبة اصلا مع مراعاة تأثير حقن المياه في أرتفاع المنسوب الجوفي في الخزانات الجوفية وتأثيرها على الصخور او الرواسب من حيث الضغوط الهيدروليكية الناشئة أو التفاعلات الكيميائية التى يمكن حدوثها.
- يجب العناية الفائقة بآبار الحقن عند التعامل معها حيث أنها مرتفعة التكاليف والمواد المحقونة بها شديدة التفاعل حتى تكون كفاءة البئر عالية وعمرها الافتراضي مناسب.
- يجب الاعتماد في التصميم على استخراج عينات لبية (core) وليست عينات فتاتية.
- يراعى دائما ان يكون الضغط الهيدروليكي المتوقع من عمليات الحقن اقل مايمكن حيث ان تقليل الضغط يؤدي الى زيادة كفاءة البئر وبالتالي تقليل عدد آبار الحقن في المنطقة.
- يلاحظ أنه كلما كانت الخصائص الهيدروليكية للخزان الجوفي الذي سيتم الحقن فيه عالية كلما كانت عملية حقن المياه المركزة اكثر كفاءة ويكون ذلك ايضا عندما تكون المساحة المفتوحة للمصافي كبيرة.

٢-٢-٢-٣ الحقن البئري الافقى Horizontal well injection

تستخدم هذه العملية في بعض محطات التحلية وذلك تجنبا للصرف المباشر على المياه السطحية وعند تصميم آبار الحقن الأفقية يجب أن يراعى الاتى:

- هيدروليكا الحقن وجيوكيمياء التفاعل بين المياه المركزة والرواسب في طبقة المياه الجوفية.
- نتيجة ترسيب كربونات الكالسيوم من المياه المركزة والذى قد يتسبب فى غلق فتحات طبقة المياه الجوفية ويجب الاخذ فى الاعتبار إضافة بعض المواد الكيميائية للمياه المركزة قبل حقنها لخفض احتمال ترسيب الاملاح واستخدام فتحات المصافي المناسبة لحقن المياه المركزة.

٢-٢-٢-٤ برك أحواض التبخير Evaporation ponds

تستخدم هذه العملية في المناطق الحارة حيث يتم تخصيص مساحات من الارض للمياه المركزة فتتبخر المياه وتبقى الاملاح وتحتاج هذة الطريقة لمساحات كبيرة من الأراضي بجوار المحطات. وتكمن خطورة تلك العملية في بقايا الأملاح حيث ان ازالتها مكلفا للغاية .

٢-٢-٢-٥ برك التصريف Percolation ponds

وتستخدم في حالات نادرة في تصريف المياه المركزة عندما تكون المياه المركزة ذات تركيز منخفض للأملاح الذائبة ويمكن في حالة أن تكون المياه المركزة ذات خصائص كيمائية مناسبة أن يتم إعادة استخدامها في الري.

٢-٢-٢-٦ أنظمة إعادة الاستخدام والتدوير Zero-discharge

يمكن معالجة المياه المركزة عن طريق التركيز والتبخير لينتج بخار وملح يمكن الإستفادة به وتستخدم هذه الطريقة في العادة في حالة عدم وجود إمكانية للحقن الجوفي أو المصبات المفتوحة.

هذه العملية مكلفة جداً.

الجدول التالي يوضح مزايا وعيوب كلا من الطرق السابق ذكرها:

العيوب	المميزات	طريقة الصرف
- قدرات استيعابية بيئية محدودة قد يتسبب في آثار سلبية على البيئة البحرية - التخفيف يعتمد على الهيدروديناميكية. - تتطلب المعرفة الجيدة ورصد مياه الصرف.	- يمكنها التعامل مع كميات كبيرة من المياه المركزة - المياه المفتوحة تحسن كفاءة الخلط - في كثير من الأحيان - يعتبر الخيار الأقل تكلفة - يمكن التخفيف والمزج مع صرف محطة توليد الكهرباء	الصرف على المياه السطحية
- تكلفة كبيرة للسعات الكبيرة - يعتمد على وجود خزان جوفي مناسب و معزول جيداً - خطورة حدوث تلوث للمياه الجوفية.	-ليس لها آثار سلبية على البيئة البحرية - خيار جيد للمحطات الصغيرة.	حقن الآبار العميقة
- قدرة محدود جدا. - تحتاج مساحات واسعة من الأراضي - خطورة حدوث تلوث للتربة والمياه الجوفية. - هناك حاجة للتخلص من الأملاح غير صالحة الاستعمال.	- ليس لها آثار سلبية على البيئة البحرية - ممكن استغلال الملح الناتج تجاريا - لا تتطلب استخدام تكنوليجيات مرتفعة.	برك التبخير
- وجود آثار سلبية محتملة للمواد الكيميائية والملوثات على النباتات. - خطورة حدوث تلوث للتربة والمياه الجوفية. - هناك حاجة للتخزين ونظام التوزيع - لها آثار سلبية علي البيئة البحرية.	- مصدر مياه بديل لري النباتات التي تقبل المياه المالحة - خيار جيد للمحطات الصغيرة.	برك (التصريف)
- صعوبة التطبيق في نطاق واسع. - انتاج بعض المخلفات الصلبة. - تحتاج إلى طاقة كهربائية عالية. - تكلفة مرتفعة.	- لا يتم التخلص من النفايات السائلة - الاستفادة من الملح والمعادن	أنظمة إعادة الاستخدام والتدوير

٢-٢-٣ مناطق الخلط

٢-٢-٣-١ مناطق الخلط واستخدام الناشرات mixing zones and diffusers

يجب تطبيق وسائل الخلط الحديثة وذات الكفاءة العالية حتى يمكن التغلب على التأثير السلبي للترسيبات في المناطق القريبة للشاطئ ، وتتضمن هذه الوسائل استخدام الناشرات لتحقيق معدلات خلط عالية.

٢-٢-٣-٢ مناطق الخلط القريبة Near field mixing

ويقصد بها المنطقة التي تتأثر بشكل اكبر بموصفات مياه الصرف، لذا يجب تحقيق اكبر خلط في المنطقة القريبة ، وفي حالة الـ RO تكون المياه المركزة أثقل وتميل إلي أن تسقط في قاع البحر إما في حالة MSF فتكون المياه المركزة أخف من مياه البحر وتميل إلي أن تطفو إلي أعلى.

٢-٢-٣-٣ مناطق الخلط البعيدة Far field mixing zone

وهي المنطقة التي تتأثر اكثر بالتيارات البحرية وينتهى بها تأثير مياه الصرف على البحر.

٢-٢-٤ الناشرات diffusers

يهدف استخدام الناشرات (diffusers) لتحسين خلط المياه و يتم ذلك عن طريق تشتيت مياه الصرف باتجاه و سرعة معينة و في نقاط صرف متعددة.

وتحدد عدد مخارج الماسورة وعمقها وسرعة خروج المياه شكل مناطق الخلط (mixing zones) بالإضافة إلى بعض العوامل الاخرى مثل التيارات البحرية و نسبة الاملاح في مياه البحر، إلخ . ويتم تحديد كل ما سبق عن طريق استخدام برامج للمحاكاة.

٢-٢-٥ القواعد الخاصة بمناطق خلط المياه الراجعة بعد التحلية

عموماً تعرف المياه الراجعة بأنها المياه المتخلفة بعد عمليات التحلية حيث تحتوي على تركيز من الأملاح الذائبة أعلى بكثير من تركيزه بمياه البحر الساحلية . ولا يسمح بصرف المياه الراجعة بطريقة مباشرة أو غير مباشرة على البيئة البحرية إلا بعد موافقة الجهات المختصة (جهاز

شئون البيئة)، وللحصول على هذه الموافقة يجب أن يكون الصرف على البيئة البحرية مطابق للمعايير الواردة باللائحة التنفيذية لقانون البيئة رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ وتعديلاته.

على أن يراعى عند تغيير نسبة تركيز المواد الصلبة الذائبة عن الحد المسموح به بالجدول (± ٥% عن الوسط المائي الذي يتم الصرف عليه) أو عدم توفر المسافة المطلوبة لنهاية خط صرف الراجع من الشاطئ (٥٠٠ متر) بسبب وجود مسار مجرى ملاحي أو عدم توفر الأعماق المناسبة لتثبيت خط صرف راجع، أن يتم إعداد دراسة بيئية متخصصة للبيئة البحرية المحيطة بموقع الصرف من إحدى الجهات المتخصصة والمقيدة والمعتمدة بجهاز شئون البيئة على ان تتضمن الاتي:

١ – وصف متكامل للأحياء البحرية والكائنات الدقيقة والقاعية بموقع الصرف والمنطقة المحيطة، محدد بها الطبيعة الطبوغرافية للمنطقة البحرية مع توضيح أعماق المياه بدءاً من خط الشاطئ.
٢ – تحديد طبيعة منطقة الصرف (شديدة الحساسية – متوسطة – غير ذلك).
٣ – بيان تأثير تغيرات المواد الصلبة الذائبة على المنظومة البيئية والكائنات البحرية والقاعية بالمنطقة المحيطة بموقع الصرف.
٤ – مساحة منطقة الخلط والتخفيف المناسبة (Mixing Zone) بما لا يضر بالبيئة البحرية.
٥ – استخدام نموذج رياضي يحتوى على:
- موقع وطول ماسورة الصرف وارتفاعها عن القاع في منطقة الصرف.
- التصميم التفصيلي للماسورة وأسلوب تشتيت مياه الصرف.
- بيان خصائص وأبعاد منطقة الاختلاط المحيطة متضمنة ماسورة الصرف وتركيزات المواد الصلبة الذائبة في هذه المنطقة بما لا يخل بالتوازن بالبيئة.
- مدى تأثير المتغيرات السابقة على البيئة البحرية.

ويجب ان تلتزم الجهات القائمة بالتشغيل بالمتابعة الدورية والرصد للوسط المحيط متضمنة تركيز المواد الصلبة الذائبة والكائنات البحرية والقاعية وذلك في المنطقة خارج منطقة الخلط (Mixing Zone) مع إرسال النتائج بصفة دورية لجهاز شئون البيئة.

٢-٢-٦ الاعتبارات البيئية

تم تقسيم المناطق الحساسة بيئياً إلى أربعة فئات:

- فئة أ: وهي المناطق ذات الحساسية العالية جداً.
- فئة ب: وهي المناطق ذات الحساسية العالية.
- فئة ج: وهي المناطق ذات الحساسية المتوسطة.
- فئة د: مناطق أخرى.

وتتغير مساحات مناطق الخلط لكل فئة من الفئات السابقة طبقاً للجدول الأتي:

الفئة	نصف قطر مساحة تأثير مناطق الخلط
أ	لا يسمح بالصرف نهائياً
ب	٥٠ متر
ج	١٥٠ متر
د	٣٠٠ متر

على أن يتم رصد الوسط المحيط متضمنا تركيز المواد الصلبة الذائبة والكائنات البحرية والقاعية وذلك في المنطقة خارج منطقة الخلط (Mixing Zone).

٢-٢-٦-١ البيئات الساحلية ذات الطبيعة الحساسة بالبحر الاحمر

تنقسم هذه البيئات إلى بيئات ذات حساسية عالية جداً ولا يجب صرف المياه العالية الملوحة بالقرب منها وبيئات ذات حساسية عالية ومتوسطة الحساسية يمكن الصرف بالقرب منها ولكن في وجود اعتبارات محددة وأماكن ليست لها حساسية ويمكن الصرف المباشر خلالها.

٢-٢-٦-١/١ البيئات ذات الحساسية العالية جداً (فئة أ)

وهى البيئات التى لا يجب صرف المياه العالية الملوحة عليها حتى لا توثر بالسلب علي البيئة البحري او الكائنات القاعية والتى يمكن حصرها فى البيئات الاتية :

أولاً : بيئات الشعاب المرجانية الملاصقة للشاطئ Fringing coral reefs

تتميز هذه التجمعات بكثافتها وتنوع الشعاب المرجانية الصلبة والرخوة والتجمعات المصاحبة لها وانتشارها في مناطق كثيرة على ساحل البحر الأحمر ويتراوح عمقها بين واحد متر وحتى أكثر من ٢٠ متر في بعض المناطق.

ثانياً : اكمات الشعاب المرجانية Coral reef patches

وهى تجمعات للشعاب تكون فوق الكتل الصخرية ولا تكون ملاصقة للشاطئ مباشرة وتنتشر في المناطق الضحلة ونطاقات المد والجزر.

ثالثا :البحيرات الطبيعية الساحلية Coastal lagoons

وهى قد تكون مفتوحة أو مغلقة ومختلفة العمق وتنتشر في نطاقات المد والجزر وتكثر بها التجمعات الحية ومنها الشعاب المرجانية.

٢-٢-٦-١/٢ البيئات ذات الحساسية العالية (فئة ب)

ويمكن استغلالها في إعادة صرف المياه العالية الملوحة المتخلفة من محطات التحلية مع وضع الضوابط اللازمة التي تساعد على سرعة امتزاج هذه المياه بمياه البحر في حدود دائرة خلط ٥٠ متر قبل وصولها إلى أية تجمعات بحرية والتى يمكن حصرها في البيئات الآتية :-

اولاً : مصبات الوديان والشروم Sharms and valleys downstream

وتكثر على ساحل البحر الأحمر وتعتبر من البيئات المميزة لكثرة تجمعات الشعاب بها وكذلك التواجد الكثيف للحشائش البحرية والكائنات المصاحبة لها.

ثانياً :غابات ومستنقعات المانجروف Forest and mangrove swamps

وهى تجمعات محدودة لأشجار المانجروف تتواجد في بعض القطاعات على ساحل البحر الأحمر وتعتبر من مرابي الأسماك الهامة وتنتشر بها العديد من الكائنات المصاحبة

ثالثاً : تجمعات الحشائش البحرية Seagrass carpets

وتتميز بالانتشار الواسع وفى أعماق مختلفة قد تصل إلى أكثر من ١٠ أمتار وتعتبر من مصادر الغذاء الهامة للكائنات البحرية الأخرى.

٢-٢-٦-٣/١ بيئات متوسطة الحساسية (فئة ج)

ويمكن استغلالها في إعادة صرف المياه العالية الملوحة المتخلفة من محطات التحلية مع وضع الضوابط اللازمة التي تساعد على سرعة امتزاج هذه المياه بمياه البحر قبل وصولها إلى أية تجمعات بحرية والتى يمكن حصرها في البيئات الآتية.

أولاً : الخلجان Gulfs

وتتميز الخلجان المتواجدة على ساحل البحر الأحمر بعمقها وقلة توزيعات الشعاب بها نوعا ما.

كما تتميز بقوة التيارات البحرية بها والتي تساعد على سرعة امتزاج المياه عالية الملوحة مع مياه البحر قبل وصولها إلى أية تجمعات حية مثل خليج سفاجا وخليج الزيت والفاول باى.

ثانياً : رواسب الطين Mud flats

وهى رواسب تنتشر في المناطق الضحلة وقد لا تتأثر كثيرا بقرب مصارف المياه عالية الملوحة.

٢-٢-٦-٢ البيئات الساحلية ذات الطبيعة الحساسة بالبحر المتوسط

٢-٢-٦-١/٢ البيئات ذات الحساسية العالية جداً(فئة أ)

١ - مواقع تبويض الأسماك ذات دورات الهجرة الموسمية.
٢ - مواقع تكاثر ونمو الكائنات ذات المحصول السنوي مثل الإسفنج وبعض القواقع
٣ - مرابي السلاحف البحرية.
٤ - مواقع التجمعات البحرية القليلة والنادرة

٢-٢-٦-٢/٢ البيئات ذات الحساسية العالية (فئة ب)

١ - قرب مزارع الأسماك

٢ - نطاقات الصيد ألمعروفه.

٣ - اللاجونات الساحلية المغلقة والمفتوحة

٤ - طبقات الحشائش البحرية.

٢-٢-٦-٣/٢ البيئات ذات الحساسية المتوسطة (فئة ج)

١ - قرب مداخل البحيرات الساحلية.

٢ - مواقع تواجد بعض أنواع النباتات البحرية (Lands associated with halophytes) والتجمعات المصاحبة لها .

٣ - طبقات الطين الشاطئية (Mud flats).

الملحق
المياه الجوفية كمصدر لتحلية المياه بمصر

تواجدات المياه الجوفية :

يطلق تعريف مياه جوفية على المياه تحت سطح الأرض التى يمكن سحبها من بئر أو نفق أو مصرف أو التى تتدفق إلى سطح الأرض فى شكل ينابيع. تتوزع المياه الجوفية فى نطاقات تحت سطح الأرض ويمثل النطاق الرئيسى الحامل للمياه الجوفية من طبقات رسوبية أو صخرية بعضها يمكنه تخزين وبث المياه ويسمى خزان مياه Aquifer كما لا يتواجد فى صخور أو رواسب لا يمكنها تخزين المياه أو بثها بدرجات متفاوته وتسمى Aquicfude أو يمر خلال صخور أو رواسب تقلل من تحرك المياه وسرعتها وتسمى Aquitard .

أنواع خزانات المياه الجوفية

تتعدد أنواع الخزانات الجوفية فمنها :

الخزانات الحرة Free Aquifers

وهى خزانات على اتصال مباشر بالضغط الجوى ويطلق على الجزء من الرواسب الذى يحتوى مياه بالنطاق المشع أما الجزء الذى يعلوه يسمى بالنطاق غير المشع أما سطح المياه ذاته فيطلق عليه مستوى الماء الحر Water Table .

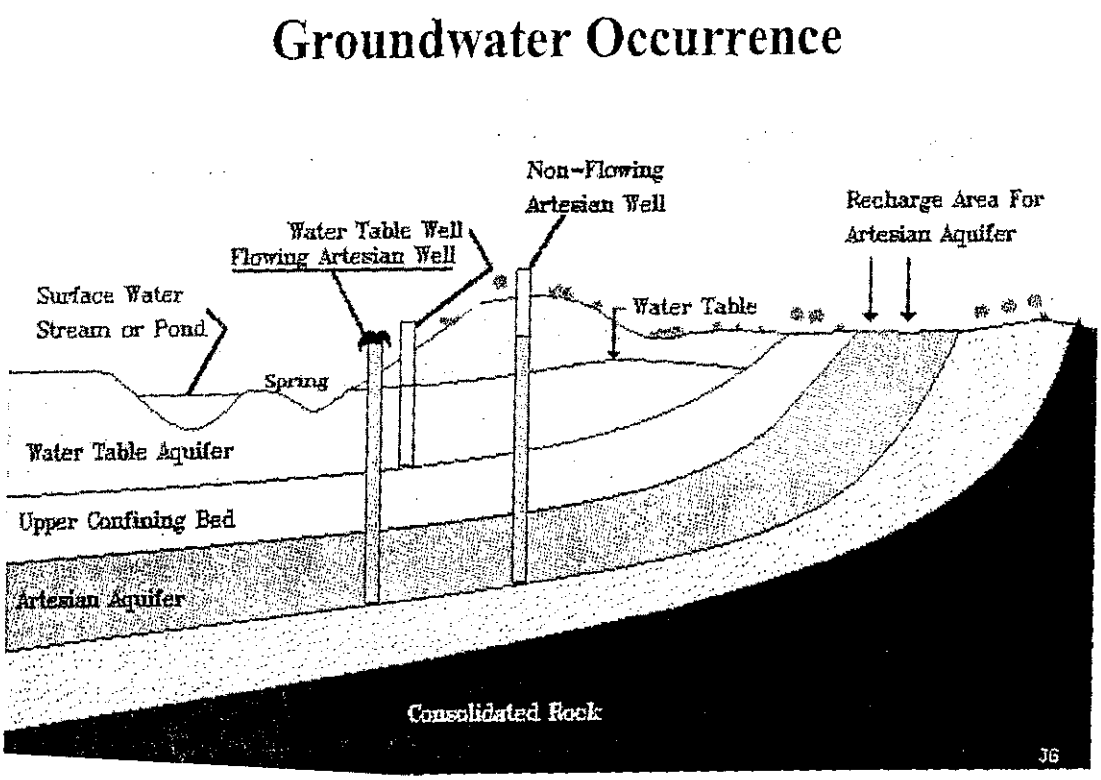
الخزانات المحصورة Confined Aquifers

الخزانات التى تتواجد فيها المياه فى رواسب ذات قدرة على تخزين المياه وبثها وتكون محصورة بين طبقتين العلوية والسفلية لاتمرران المياه وتسمى فى هذه الحالة خزانات إرتوازية أو محصورة Confined or Artesian Aquifers ويطلق على منسوب المياه فى هذه الحالة Water Level .

الخزانات المعلقة **Perched Aquifers**

وهى خزانات مرفوعة عن النطاق المشع لوجود طبقة غير ممرة تمنع وصول المياه إلى النطاق المشع ويتم تخزينها فى خزان مرفوع أو معلق (شكل رقم ١).

ونظراً لأهمية المياه الجوفية كمصدر لتحلية المياه لذا نستعرض تواجدات هذه المياه وتوزيعها فى مصر كدليل إسترشادى للراغبين فى إنشاء محطات تحلية تعتمد على مصادر مياه جوفية مالحة.



شكل رقم (١) أنواع خزانات المياه الجوفية

المياه الجوفية بمصر

يوجد بمصر عدد من الخزانات الجوفية نشير إليها فيما يلى:

١ – خزانات وادى النيل والدلتا والمناطق الساحلية.

٢ – خزانات الحجر الرملى.

٣ – خزانات الصخور الجيرية المتشققة.

٤ – خزانات الحجر الرملى النوبى.

وفيما يلى وصف للخزانات الجوفية المذكورة وملوحتها (جدول رقم ١).

جدول رقم (١) خزانات المياه الجوفية بمصر وملوحتها

الخزان الجوفى	المناطق التى يتواجد تحتها الخزان الجوفى	الملوحة (جزء فى المليون) فى المتوسط
١– عدسات مياة عذبة – كثبان الرمال	الساحل الشمالى الغربى . الساحل الشمالي الشرقي بين بئر العبد ورفح	٦٠٠ – ١٥٠٠
٢– خزان الميوسين المتوسط (حجر جيرى)	هضبة المارماريكا – جنوب الساحل الشمالى الغربى وعلى أمتداده حتى هضبة السلوم (سهل القاع – عيون موسى)	٣٠٠٠ – ١٥٠٠٠ تصل إلى ٢٥٠٠٠ في مناطق تداخل مياه البحر
٣– خزان المغرة رمال وأحجار رملية وصخور جيرية	جنوب شرق منخفض القطارة ويمتد جنوبا غرب منخفض وادي النطرون والوادي الفارغ	١٥٠٠ – ٥٠٠٠
٤ – خزان الايوسين (حجر رملى).	سيوه – الفرافره – غرب الموهوب الهضبة الجيرية . الصحراء الغربية الصحراء الشرقية	٢٥٠٠ – ٣٥٠٠ أعلى من ذلك فى مناطق متعددة وسط الصحراء الغربية والشرقية
٥ – خزان الحجر الرملى النوبي (حجر رملى)	سيوه – الفرافره ومحيطها – البحرية – الداخلة – الخارجة. توشكى . شرق العوينات	٢٥٠ – ٢٥٠٠
٦ – خزان الحجر الرملى النوبي (حجر رملى وطين)	شرق النيل – جنوب مصر(تحت سوهاج وكوم امبو)	٣٠٠٠ – ٥٠٠٠
٧ – خزان رواسب الكركار (البليوسين)	غرب العريش – رفح	٣٠٠٠ – ٥٠٠٠

الخزان الجوفى	المناطق التى يتواجد تحتها الخزان الجوفى	الملوحة (جزء فى المليون) فى المتوسط
٨ – خزان الايوسين الطباشيرى العلوى	وسط سيناء– نخل الحسنة– الجفجافة	٣٠٠٠ – ٧٠٠٠
٩ – خزان الميوسين – الطباشيري–الجوارسي (رملى وحجر جيرى)	عيون موسى سيناء– سدر–حمام فرعون–وادي غرندل غرب الطريق الصحراوى (مصر– اسكندرية)	٣٠٠٠ – ٧٠٠٠ ملوحة عكسية مع العمق
١٠ – خزان الحجر الرملى النوبي (رمال)	سيناء (المنطقة بين هضبتي العجمة والتيه – الكونتلا – وسط سيناء	١٥٠٠ – ٤٠٠٠
١١ – خزان الرواسب الساحلية – رواسب حديثة	سواحل خليج السويس والعقبة	عدسات عذبة (٥٠٠ – ١٥٠٠) فوق مياه جوفية مالحة الى شديدة الملوحة ١٥٠٠٠ – ٢٠٠٠٠ فى مناطق تداخل مياه البحر
١٢–رواسب الوديان	وديان البحر الاحمر بدءا من الزعفرانه حتى حلايب وشلاتين – وديان الصحراء الشرقية – الساحل الشمالى – وادى العريش	مياه قلية الملوحة الى مالحة ١٥٠٠–٤٠٠٠

البحث عن المياه الجوفية

تعد طرق البحث عن المياه الجوفية ويأتى على رأسها حفر آبار متفاوتة العمق طبقاً للطبيعة الجيولوجية لمنطقة الدراسة ويساعد وجود عيون أو آثار لرواسب نهرية وكذلك معالم للمياه السطحية (وديان جافة) او مناطق سقوط الأمطار على التنبؤ بوجود المياه الجوفية وفى حالة إجراء دراسة أقليمية لخزانات المياه الجوفية وكذلك مصادر المياه السطحية أو مناطق سقوط الأمطار يستعان بالآتى بالاضافة الى ما سبق:

أ – إستخدام الصور الجوية أو الفضائية لدراسة مظاهر السطح .

ب – دراسة التتابع الرسوبى تحت منطقة الدراسة ومدى تأثير التراكيب الجيولوجية وتحكمها فى الشكل الهندسى للخزان تحت منطقة الدراسة من خلال آبار اختبار

جـ- الطرق الجيوفيزيقية خاصة طرق المقاومة النوعية الكهربية للصخور.

وفيما يلى توضيح للعلاقة بين المقاومة النوعية الكهربية ونوع الصخور ومحتواها المائى على (سبيل الإسترشاد) عند إجراء دراسة جيوكهربية إستكشافية

جدول رقم (٢) العلاقة بين نوع الصخور والمقاومة النوعية الكهربية

نوع الصخر	المقاومة النوعية الكهربية أوم/لتر
المحتوى المائى بنسبة ٠.٥٤ %	١٠ × ١.٥
المحتوى المائى بنسبة ٠.٣٨ %	١٠ × ٥.٦
حجر رملى كبير الحبات المحتوى المائى بنسبة ٠.٣٩ %	١٠ × ٩.٦
حجر رملى كبير الحبات المحتوى المائى بنسبة ٠.١٨ %	١٠
حجر رمل متوسط الحبات المحتوى المائى بنسبة ٠.١ %	١٠ × ٤.٢
حجر رمل متوسط الحبات المحتوى المائى بنسبة ٠.٠١ %	١٠ × ١.٤
حجر جيرى المحتوى المائى بنسبة ١١ %	١٠ × ٠.٦

آبار المياه الجوفية

آبار المياه الجوفية منشآت هيدروليكية يتم عن طريقها سحب المياه من الطبقات الحاملة للمياه ولتحقيق حفر وتصميم بئر جوفى ناجح يجب الأخذ فى الإعتبار ما يلى:

١ – إستخدام التكنولوجيا المتطورة فى الحفر والتصميم والتى تساعد على تحقيق أعلى كفاءة للبئر فى ضخ المياه.

٢ – تطبق القواعد الهيدرولوجية الأساسية فى التعامل مع البئر حتى يتم تحليل أداء البئر بشكل عملى .

٣ – إستخدام المواد التى تحقق كفاءة إستخدام البئر لأطول عمر ممكن.

أنواع آبار المياه الجوفية

تتعدد أنواع آبار المياه الجوفية طبقاً للآتى:

- من حيث العمق :

- آبار ضحلة أقل من عشرين متر.
- آبار متوسطة العمق من (٢٠ – ٨٠) متر .
- آبار عميقة أكثر من ٨٠ متر.

– من حيث الغرض :

- آبار اختبار .
- أبار ملاحظة.
- آبار إنتاجية.
- آبار شاطئية.
- آبار النقطة.
- أنفاق الترشيح.
- آبار حقن.

ونعرض فيما يلى نبذة عن كل نوع:

آبار الاختبار :

آبار تحفر بغرض التعرف على نوع الرواسب والطبقات وأعماق تواجد طبقات حاملة للمياه من عدمه ، وتجرى على هذه الآبار اختبارات جيوفيزيقية ودراسات معدنية لدراسة نوعية الصخور ودراسة هيدروكيميائية من خلال عينات للتحليل الكيميائى ودراسة هيدرولوجية عن طريق أجراء تجارب الضخ والاسترجاع.

آبار ملاحظة :

وهى آبار يتم حفرها بقصد مراقبة تصرف الخزان من حيث رصد عمق المياه ومدى ثبات المنسوب المائى من عدمه وتستخدم عند إجراء تجارب الضخ والاسترجاع وكذلك لوضع أجهزة رصد مائى والحصول على بيانات هيدرولوجية تساعد على التعرف على تصرف الخزان مع الزمن أو المسافة من بئر الضخ.

آبار إنتاجية :

وهى آبار يتم حفرها بقصد الإنتاج بعد دراسة معدل السحب الآمن من خلال تجارب الضخ والنوع الكيميائي وما تسفر عنه دراسات الخزان الجوفى.

الآبار الشاطئية

وهى عبارة عن آبار قليلة العمق على إمتداد الشاطئ بغرض سحب مياه من الخزان الملاصق لشاطئ البحر ويمكن إنشاء آبار شاطئية لضخ مياه البحر لغرض التحلية ودفعها إلى محطة تجميع (تانك) بالقرب من شاطئ بحيرة أو البحر.

آبار النفطة

يمكن حفر هذه الآبار بكثافة لتحقيق غرض الحصول على كمية مناسبة طبقا لقدرة المحطات المطلوبة بما و يتم الربط بينهما بشبكة تجميع ويتم تجميعها فى تنكات كبيرة لإستخدامها فى محطة التحلية ويتم تصميم شبكة آبار النفطة بما يحقق الحصول على كمية المياه المقررة لطاقة إنتاج المحطة.

في حالة استخدام ابار النفطة كمصدر للمياه فهناك عدة اوضاع لإنشائها على خطوط او على شكل دوائر والانسب ان تكون على شكل دوائر حول منطقة المحطة من شأن ذلك زيادة الانتاجية . كما يتم حفر هذه الابار على مسافات لاتسمح بتداخل تأثير اي بئر على آلآخر - وفي حالة آبار النفطة الشاطئية تكون المسافة بين كل بئر والاخر حوالي ١٥-٢٥م طبقا لسمك الطبقة الحاملة للمياه ومعدل الهبوط في مستوى المياه مع الزمن .

أنفاق الترشيح

يتم عمل أنفاق الترشيح بوضع مصافى بالقرب من البحر ويمكن ضخ كمية كافية من هذه الأنفاق لتشغيل محطات تحلية وتحفر هذه الأنفاق على عمق يتراوح بين خمسة إلى سبعة أمتار، تتجمع المياه المرشحة فى الأنابيب فى غرف تخزين فى نهاية المصافى وترفع بواسطة أنابيب السحب إلى غرفة التخزين.

مراحل حفر آبار المياه الجوفية:

أولاً : قبل الحفر (إختيار موقع البئر)

- عمل مسح طوبغرافى ومساحى للمنطقة المراد حفر بئر جوفى بها ويراعى حفر الآبار خارج الكتلة السكنية وتخصص مساحة كافية لإحتمال حفر آثار أخرى سواء للإختبار أو الملاحظة أو الاستعاضة ويراعى كذلك أن تكون في موقع مرتفع نسبيا لمنع تسرب الملوثات اليها
- جمع معلومات جيولوجية عن ظروف تحت السطح والتكوينات الجيولوجية المتوقعة.
- رصد لمواقع الآبار القريبة من المنطقة المراد الحفر بها.
- الإعتماد على بيانات وقطاعات الآبار الأقرب للمنطقة المراد حفر البئر فيها.
- الإعتماد على آثار لمياه أو عيون أو رواسب مياه فى المنطقة المراد حفر البئر بها.
- عمل سلسلة من الجسات الكهربائية للتعرف على المقاومة النوعية لرواسب الصخور تحت المنطقة المراد حفر بئر بها ورسم منحنيات المقاومة النوعية مع العمق ومقارنة النتائج بنواتج حفر أقرب بئر وتستخدم جداول المقارنة بين المقاومة النوعية ونوع الصخور والمياه وذلك للمساعدة في تحديد موقع البئر وكذلك طريقة الحفر و التصميم والقيمة المبدئية لتكلفة حفر البئر حتى مرحلة الانتاج .

ثانياً : أثناء الحفر

- فحص العينات الرسوبية والصخرية الخارجة مع الحفر سواء لآبار محفورة أو جسات كهربائية وأنشاء القطاعات الجيولوجية تحت السطحية وترسل العينات المستخرجة الى معمل معياري لعمل تحليل ميكانيكي بأستخدام مناخل قياسية وتيم تحديد معامل التجانس ومعامل الامرار الهيدروليكي .
- إجراء الإختبارات الجيوفيزيائية اللازمة عل البئر بعد الحفر مباشرة (تجارب سير الآبار وعمل مقارنة وتصحيح للقطاع الليثولوجى للبئر حتى يكون مرجعاً لتصميم البئر بكفاءة.
- حساب الخصائص الميكانيكية للرواسب والصخور فى قطاع البئر حتى يتم أخذها فى الإعتبار عند تصميم البئر واختبار الغلاف الزلطى والعزل عن مصادر التلوث (شكل الحبيبات – حجم الحبيبات – التجانس).
- التعرف على نوع المستودع الجوفى تحت منطقة الدراسة (حر – مقيد – مرفوع)
- تصميم البئر من حيث وضع المواسير المصمته Casing وكذلك مواسير المصافى Screens فى الأماكن الصحيحة وبالأطوال والأقطار والخامات وفتحات المصافى المناسبة.

- عمل تطهير كافي للبئر بحيث يتم ازالة الاتربة والرمال الدقيقة الحبيبات وتكون المياه رائقة تماما بأستخدام طلمبة أعماق مناسبة .
- الحصول على عينات مياه أولية لدراسة نوع المياه الكيميائى لأهميته فى تحديد إختيار نوع المواسير المصمتة Casing والمصافى Filters-Screens لضمان جودة المواد المستخدمة ولعدم وقوع أخطاء مستقبلية وترسل عينات المياه لتحديد العناصر الكبرى والصغرى والملوحة الكلية وبعض العناصر الخاصة مثل البورون ، القايا العضوية ، النترات، الحديد ، المنجنيز ، ثاني أكسيد الكربون .. الخ.

تنمية البئر :

- تستهدف تنمية البئر الوصول الى اكبر أنتاج . أزالة الشوائب العالقة من الرمال . بقايا سائل الحفر . أزالة اى سوائل على جدران البئر أو الجزء الملاصق من الخزان الجوفي المستهدف . كذلك ازالة الحبيبات الدقيقة الحجم من الغلاف الحصوي حول المصافي .
- تتم التنمية باستخدام طلمبات ضغط هواء سريعة وتقوم بعملية غسيل عكسي حيث يتم الحقن الهوائي من أسفل الى اعلي على ان تبقى على ضغط الهواء لمدة ثلاث دقائق عند كل وقفة .
- تستمر عملية التطهير حتى تصبح المياه رائقة تماما وخالية من الشوائب
- يتم معايرة انتاجية البئر من خلال تشغيل مضخة اعماق بطاقة تصريف لمدة زمنية محدودة وملئ مستودع ذو حجم معلوم
- يتم عمل تنقية البئر من مسببات العدوى والتلوث الميكروبيولوجي بضخ محلول كلورين في كامل عمود البئر ويستمر لمدة ثلاث ساعات تبدأ بعدها عملية ضخ بقصد اخراج سائل التعقيم
- يتم الحصول على عينات مياه بعد التعقيم لأختبارها .
- رأس البئر :ـ يجب اخذ الاحتياطات اللازمة عند نهو البئر للتأكد من أن البئر لن يتعرض لدخول او تسرب اي مواد اوسوائل تلوثه وذلك بعمل صبة اسمنتية بأبعاد مناسبة لاتسمح مرور اي مواد ملوثة من اي مصدر في محيط البئر . كما ان الصبة الخرسانية سوف تثبت البئر في موضعه بحيث لايحدث هبوط في ماسورة البئرويتعرض للانهيار

ثالثاً : بعد الحفر إجراء التجارب اللازمة (تجارب الضخ)

- عمل تجارب ضخ وإنشاء علاقة بين كمية المياه المسحوبة مع الزمن للوصول إلى تحديد السحب الآمن بتغير كمية المياه المسحوبة ومراقبة هبوط منسوب المياه بالئر فى بئر ملاحظة مجاور.
- إجراء تجارب ضخ وإنشاء علاقة بين كمية المياه المسحوبة مع المسافة (ويلزم لذلك حفر آبار ملاحظة على أبعاد متفاوتة بين بئر الاختبار فى أكثر من إتجاه حتى يتم حساب نطاق تأثير البئر جغرافياً ومن ثم يتم حساب المسافة التى يجب حفر بئر آخر أو أكثر من بئر حتى لا تتداخل مخاريط الانخفاض ، وتؤثر الآبار على بعضها البعض.
- جمع عينات مياه وتحليلها لمراقبة تغير نوع المياه مع زيادة معدلات السحب والتأكد من تطهير البئر.
- استخدام النماذج الرياضية لحساب أقصى تصرف لأطول فترة زمنية ممكنة وتحديد السحب الآمن من الخزان والحفاظ على النوع الكيميائى للمياه فى ضوء الهدف المتوقع لإنتاج المحطة المطلوب إنشاؤها وتحديد عمرها الإفتراضى.
- مراجعة مستمرة وصيانة دائمة للبئر لمعرفة تأثير السحب والاطمئنان لنوعية المياه ولطاقة السحب من البئر.

طرق حفر آبار المياه الجوفية

تتعدد طرق حفر آبار المياه الجوفية طبقاً لنوع البئر والغرض منه ونوع الرواسب والصخور ومن أهم طرق حفر الآبار ما يلى:

- طريقة الحفر بالدوران الرحوى المباشر.
- طريقة الحفر بالدوران الرحوى العكسى.

وفيما يلي نوضح مزايا وعيوب كل من الطريقتين :

مميزات الحفر بطريقة الدوران الرحوى المباشر :

- معدل اختراق رأس الحفارة للطبقات الجيولوجية يعتبر عالياً بالمقارنة مع الطرق الأخرى.
- لا تتطلب هذه العملية تركيب أنابيب التغليف خلال عملية الحفر.
- سهولة إنزال المصافى التى تعتبر جزء من عملية تركيب أنابيب التغليف.
- يمكن نقل وتركيب معدات الحفر بهذه الطريقة بسرعة أكبر من الطرق الأخرى.

- عيوب الحفر بطريقة الدوران الرحوى المباشر :
- التكلفة العالية لمعدات الحفر.
- تتطلب معدات الحفر صيانة دقيقة ذات تكلفة إقتصادية عالية.
- يتطلب جمع عينات الصخور المتشققة وتحديد أعماق هذه العينات.
- يتطلب تشغيل الحفارة فريق من الحفارين لا يقل عددهم عن شخصين.
- إمكانية انقطاع دورة الطين فى المناطق التى تحتوى صخورها على مسامية ثانوية عالية اوكهوف اوفوالق .
- يجب أن تتوفر لدى الحفار الذى يستخدم هذه المعدات خبرة ومعلومات علمية جيدة عن تحديد الخواص الفيزيائية لسائل الحفروعلاج مايحدث لسائل الحفرمن تغيرات في معامل اللزوجة.

مميزات طريقة الحفر بالدوران الرحوى العسكى:

- عدم تأثر مسامية ونفاذية الخزان الجوفى فى المنطقة المحيطة بجدار البئر على عكس ما يحدث عند إستخدام طريقة الدوران الرحوى المباشر.
- يمكن حفر آبار ذات أقطار كبيرة وبتكلفة إقتصادية مناسبة.
- يمكن الحفر خلال جميع الطبقات الرسوبية ما عدا تلك التى تحتوى على نسبة من الزلط كبير الحبيبات .
- سهولة تركيب أنابيب التغليف والمصافى.

عيوب طريقة الحفر بالدوران الرحوى العسكى:

- الإحتياج إلى كميات وفيرة من الماء خلال عملية الحفر.
- بما أن حجم معدات الحفر كبيرة جداً فإنها ذات تكلفة إقتصادية عالية.
- الإحتياج إلى مساحات واسعة ومحفورة لإستيعاب سائل الحفر.
- صعوبة نقل معدات الحفر إلى بعض المناطق نتيجة لضخامة حجمها.
- الإحتياج إلى فريق عمل يتكون من عدة أشخاص لإدارة وتشغيل معدات الحفر.

تصميم الآبار

حيث ان البئر مجرى ينقل الماء من الطبقة الحاملة إلى السطح ، فان هذا المجرى يجب تصميمه بحيث :

- يعطى أعلى إنتاجية بأقصى كفاءة وأقل إنخفاض فى المنسوب.
- يتناسب التصرف مع محطة الضخ وخصائص الطبقة الحاملة.
- ينتج كميات مياه كافية للغرض منه ومحمية من التلوث وخالية من الرمل.
- تعظيم عمر البئر بما يتناسب مع التكلفة (> ٥٠ سنة) بحيث تكون التكلفة معقولة على المدى القصير والمدى البعيد (عمر المحطة).

عناصر يجب أخذها فى الإعتبار عند تصميم البئر:

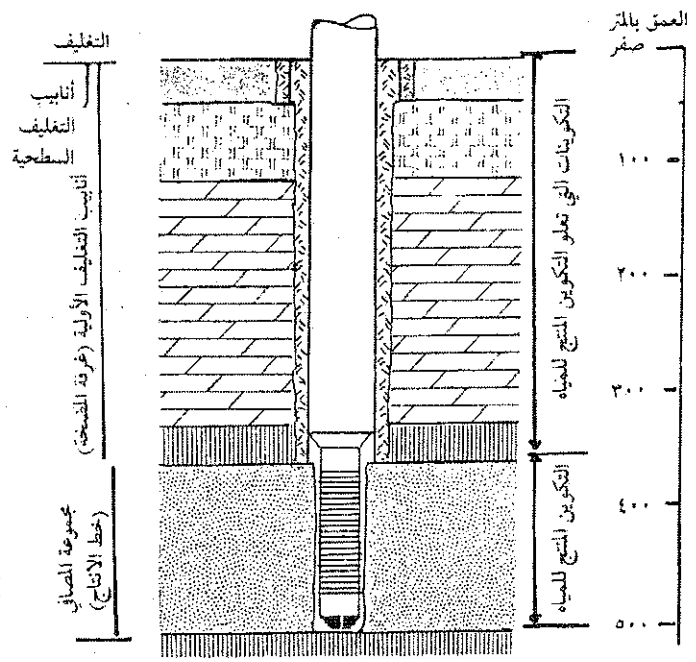
- عمق البئر.
- نوع البئر.
- تصميم مآخذ المياه.
- مادة المصفاة ، حجمها (قطرها) وسمكه وفتحاتها وتغليفها.
- مانع تسرب التكوين.
- المراقبة والصيانة.
- نوعية المياه في الطبقات الحاملة وخصائصها ومكوناتها الكيميائية

تصميم بئر جوفى

يمكن تقسيم تصميم البئر إلى جزئين رئيسيين :

- الجزء الأول ويعنى بالطبقات التى تعلو الطبقة المنتجة للمياه (casing)
- الجزء الثانى فيعنى بالطبقة المنتجة للمياه نفسها

وبالرغم من وجود بعض الإختلافات بين جزأى التصميم من الناحية العملية إلا أن كلا الجزئين يرتبطان ببعضهما تماماً بحيث لا يمكن تصميم أحدهما بمعزل عن الآخر لأنهما فى النهاية يشكلان وحدة واحدة وهى البئر(شكل رقم٢) ويكون التصميم طبقا للاتي:



شكل رقم (٢) عناصر التصميم لبئر متوسطة العمق

أولاً : الطبقات التى تعلو الطبقة المنتجة للمياه : (casing)

هذه الطبقات لن تنتج المياه فى البئر المراد حفرها ولا يعنى ذلك بالضرورة أن تكون هذه الطبقات عازلة فقد تكون حاملة للمياه فى أجزاء منها ولكن تقرر الإستغناء عنها إما لضعف طاقتها الإنتاجية عن الحد المطلوب أو لسوء نوعية المياه فيها أو الأثنين معاً ولذلك فإنه يتعين تغليف هذه الطبقات وحجبها تماماً حتى لا تؤثر بطريقة سلبية على إنتاجية الطبقة الحاملة للمياه المستغلة فى البئر أو نوعية المياه فيها ولضمان تحقيق ذلك فإنه ينبغى تحديد أطوال وأقطار الأنابيب المستعملة فى التغليف ونوعية هذه الأنابيب وكذلك كمية ونوعية الأسمنت المستعمل فى حجمها على النحو الاتي :

أ . طول أنابيب التغليف:

ويعنى ذلك عملياً تحديد العمق إلى بداية الطبقة المنتجة للمياه لذلك فإنه ينبغى دراسة خرائط التركيبية للطبقات بعناية شديدة ليكون تحديد العمق أقرب ما يكون إلى الصواب أما التحديد النهائى فإنه يأتى فى مرحلة التنفيذ وعلى ضوء ما يتضح من معلومات أثناء عملية الحفر.

يتعين تغليف الجزء العلوى من البئر بطول يتراوح من نصف إلى ثلثى سمك الطبقة المنتجة للمياه وبحيث يكون الطرف السفلى لأنابيب التغليف أسفل مستوى ضخ المياه المتوقع من البئر.

ب - قطر أنابيب التغليف:

إذا كانت الظروف الهيدروجيولوجية تحتم تركيب مضخة لإنتاج المياه من البئر فإنه يجب مراعاة أن يكون قطر أنابيب التغليف مناسباً لقطر المضخة القادرة على إنتاج كمية المياه المتوقع الحصول عليها أو المطلوب إنتاجها من البئر تبعاً للإمكانيات المائية للطبقة المنتجة للمياه، وقطر أنابيب التغليف له علاقة وثيقة بحجم المياه وسرعة تدفقها ويمكن توضيح هذه العلاقة بالمعادلة التالية:

$$V = \frac{Q \times 0.3209}{\pi \times r^2}$$

حيث :

(V) : هى السرعة بالمتر / ثانية

(Q) : هى الإنتاج بالمتر / دقيقة

(r) : هى نصف قطر أنابيب التغليف بالبوصة

(π) : هى النسبة التقريبية وتساوى ٣,١٤.

وبما أن السرعة الرأسية للمياه فى البئر يجب ألا تزيد عن ٣ قدم / ثانية لأنه فى حالة زيادتها عن هذا الحد حيث يمكن أن تقلل من كفاءة البئر بأحداث اضطرابات زائدة وبالتالى تقلل من كفاءة البئر وبالتعويض عن السرعة بالرقم (٣) فى المعادلة السابقة فإنه يمكن تحديد الحد الأدنى لقطر أنابيب التغليف عند إنتاج معين.

العلاقة بين الإنتاج والهبوط فى مستوى الماء وعلاقته بقطر أنابيب التغليف:

إن الهبوط فى مستوى الماء أثناء ضخ كمية معينة من المياه من أحد الآبار يتكون من عنصرين:

أ - فاقد الطبقة المنتجة للمياه (Aquifer Loss) وينتج عن فقدان بعض الضغط داخل هذه الطبقة لمقاومة المادة الصخرية لمرور المياه فى تيار صفائحى (Laminar Flow) حيث

تضطر المياه إلى إتخاذ مسارات متعرجة خلال المسام الموجوة بين جزيئات المادة الصخرية.

ب – فاقد البئر (Well Loss) وينتج عن مقاومة التدفق المضطرب (Turbulent Flow) فى المنطقة المحيطة بالبئر مباشرة وخلال المصافى.

وقد توصل جاكوب (١٩٤٦) إلى أن فاقد البئر يتناسب طردياً مع مربع الإنتاج تقريباً وأن العلاقة بين عناصر الهبوط يمكن تمثيلها بالمعادلة التالية على وجه التقريب :

الهبوط = (معامل فاقد الطبقة المنتجة للمياه × الإنتاج) + (معامل فاقد البئر × مربع الإنتاج)

لذا فإنه ينبغى أن يكون قطر أنابيب الرفع مناسباً لكمية الإنتاج المتوقعة وذلك لتقليل فاقد الإحتكاك أثناء مرور المياه إلى أعلى خلال هذه الأنابيب إلى أقل ما يمكن.

نوعية أنابيب التغليف:

توجد أنواع كثيرة من أنابيب التغليف وينصح بإستخدام أنابيب التغليف المصنوعة من لدائن مادة البولى فينل كلوريد (بى.فى.سى) وكذلك الألياف الزجاجية نفاديا لمشاكل إستخدام الأنابيب المصنوعة من الصلب بأنواعه.

حجب أنابيب التغليف

وتعنى هذه العملية تعبئة الفراغ بين أنابيب التغليف وثقب الحفر بخلطة أسمنتية مناسبة مكون من الأسمنت والماء على هيئة سائل غليظ القوام يمكن دفعه من خلال الأنابيب إلى الفراغ الحاصل حول أنابيب التغليف.

ويمكن تقسيم الأسمنت إلى عدة رتب طبقاً لمواصفات معهد البترول الأمريكى ولكن أكثرها إستعمالاً فى آبار المياه هى الرتب التالية:

١ – الأسمنت البورتلاندى – الرتبة أ ويمكن إستعماله فى أعماق تتراوح من سطح الأرض حتى ١٨٢٩ متر وحيث تتراوح درجة حرارة الطبقات المراد حجبها من ١٦ إلى ٧٧ درجة مئوية.

٢ – الأسمنت البورتلاندى – الرتبة ب ويماثل الرتبة أ من حيث العمق ودرجة الحرارة ولكنه يمتاز بمقاومته للأملاح والكبريتات.

٣ – الأسمنت رتبة ج ويماثل الأسمنت البورتلاندى رتبة ب من حيث مقاومته للأملاح والكبريتات ولكنه يمتاز بإمكانية إستعماله حتى عمق ٢٤٣٨ متر وعندما تصل درجة حرارة الطبقات المراد حجبها إلى ٩٣ درجة مئوية.

ويعتبر عملية حجب أنابيب التغليف من العمليات الرئيسية فى إنشاء آبار المياه وتحتاج إلى عناية فائقة لانها يجب أن تتم على دفعة واحدة لكامل طول أنابيب التغليف فإذا إتضح بعد دفع خلطة الأسمنت وإزاحتها أنها غير كافية فإنه من غير الممكن عملياً دفع خلطة أخرى لإستكمال حجب بالطرق المعتادة ولذلك فإنه يجب توخى الدقة فى حساب كمية الخلطة الأسمنية الكافية لتعبئة الفراغ حول أنابيب التغليف بكامل طولها ولعمل هذه الحسابات فإنه يمكن الإستعانة بالجدول رقم (٣) والذى يبين حجم الخلطة الأسمنتية (باللتر) اللازمة لتعبئة متر طولى من الفراغ بين أنابيب التغليف ذات الأقطار الأكثر إستعمالاً وثقب الحفر بأقطاره المناسبة لهذه الأنابيب.

الجدول رقم (٣) كمية الخلطة الأسمنتية محسوبة تبعاً لقطر الحفر وقطر أنابيب التغليف

القطر الخارجى لأنابيب التغليف (بوصة)	كمية الخلطة الأسمنتية (لتر) اللازمة لحجب متر طولى من أنابيب التغليف فى ثقب الحفر الموضح قطره بالبوصة						
	٦.٢٥	٨.٥	١٢.٢٥	١٧.٥	٢٠	٢٤	٢٦
٥	٧.١	٢٤	–	–	–	–	–
٧	–	١١.٨	٥١.٢	–	–	–	–
٩.٦٢٥	–	–	٢٩.١	٤٧.٧٠	–	–	–
١٣.٣٧٥	–	–	–	٦٤.٦	١١٢.١	٢٠١.٣	–
١٦	–	–	–	٢٥.٥	٧٣	١٦٢.٢	٢١٢.٩
١٨.٦٢٥	–	–	–	–	٢٦.٩	١١٦.١	١٦٦.٨
٢٠	–	–	–	–	–	٨٩.٢	١٣٩.٩

ثانياً : الطبقة المنتجة للمياه (Screen)

يعتمد إكمال البئر على وضع مصافي (غلاف مثقب) مقابل الطبقة المنتجة للمياه أساساً على الخصائص الصخرية لمكونات هذه الطبقة وخاصة فيما يتعلق بتماسك هذه المكونات على النحو التالى:

١ – إذا كانت المكونات الصخرية للطبقة متماسكة مثل الحجر الجيرى أو الدولومايت أو بعض الأحجار الرملية فإنه يمكن ترك ثقب الحفر مفتوحاً دون الحاجة إلى تركيب غلاف مثقب شريطة أن يكون مستوى ضخ المياه أعلى من بداية الطبقة المنتجة أما إذا كان مستوى الضخ داخل الطبقة المنتجة فإنه ينبغى فى هذه الحالة تركيب غلاف مثقب لحماية المضخة من أية انهيارات قد تحدث فى الثقب المفتوح.

٢ – إذا كانت المكونات الصخرية للطبقة غير متماسكة أو مفككة أو قابلة للتفكك كما هو الحال فى الطبقات الرملية أو بعض الأحجار الرملية فإنه ينبغى تركيب غلاف مثقب مصفاه مقابل الطبقة المنتجة للمياه لحجز المواد المفككة ومنع خروجها مع الماء.

وتوجد عدة أنواع من الغلاف المثقب (مصفاه) ولكننا سوف نقتصر هنا على نوع رئيسي الأكثر إستعمالاً فى آبار المياه.(مع ملاحظة وجود أنواع أخرى) وهو أنابيب التغليف المثقبة آلياً والثقب فيها عبارة عن شق طولى يتراوح عرضه من ١/٢ ملم إلى ٥ ملم أما طوله فهو بمعدل ١٠ سم فى المتوسط . كيفية تحديد طول المصافي . فتحات المصافي نوعية المصافي – سرعة دخول المياه خلال فتحات المصافي – أختيار المواد المستخدمة في المصافي .

طول المصافى

هناك أربعة حالات يتم على أساسها تحديد طول المصافى وهى :

أ – حالة الطبقات المقيدة المتجانسة يتراوح طول المصافى من ٧٠ إلى ٨٠ % من سمك الطبقة المنتجة بشرط أن يكون مستوى ضخ المياه أعلى من بداية هذه الطبقة وبإستعمال هذه الأطوال من المصافى يمكن الحصول على نسبة ٩٠ % أو أكثر من الطاقة الإنتاجية المتوقعة مما لو تم تركيب مصافى بكامل سمك الطبقة كما يجب مراعاة أن تتوسط المصافى سمك الطبقة أو توضع على هيئة قطاعات متساوية من المصافى تفصلها قطاعات متساوية من أنابيب التغليف.

ب – حالة الطبقات المقيدة الغير متجانسة يتم تركيب المصافى مقابل الطبقات الأكثر نفاذية ويتم تحديد النفاذية بعدة طرق ومن هذه الطرق وأكثرها دقة هى الطريقة المعملية لقياس معامل النفاذية والثانية هى طريقةالتحليل الميكانيكى للعينات أما الثالثة وهى أقل الطرق إستخداما كما أنها أقل الطرق من حيث التكاليف حيث أنها تعتمد على الفحص النظرى للعينات.

جـ- حالة الطبقات الحرة المتجانسة تركب المصافى مقابل الثلث الأخير من الطبقة.

د – حالة الطبقات الحرة الغير متجانسة كما هو الحال فى الطبقات المقيدة الغير متجانسة ولكن الإختلاف الوحيد هو أن تركيب المصافى يكون مقابل الأجزاء السفلية من الطبقات الأكثر نفاذية.

جدول رقم (٤) العلاقة بين سمك الطبقة المنتجة وطول المصفاه

سمك الطبقة المنتجة (م)	طول المصفاه (م)
أكبر من ٢٠ متر	٧٠ %
١٠ – ٢٠ متر	٧٥ %
أقل من ٢٠ متر	٨٠ %

فتحات المصافى :

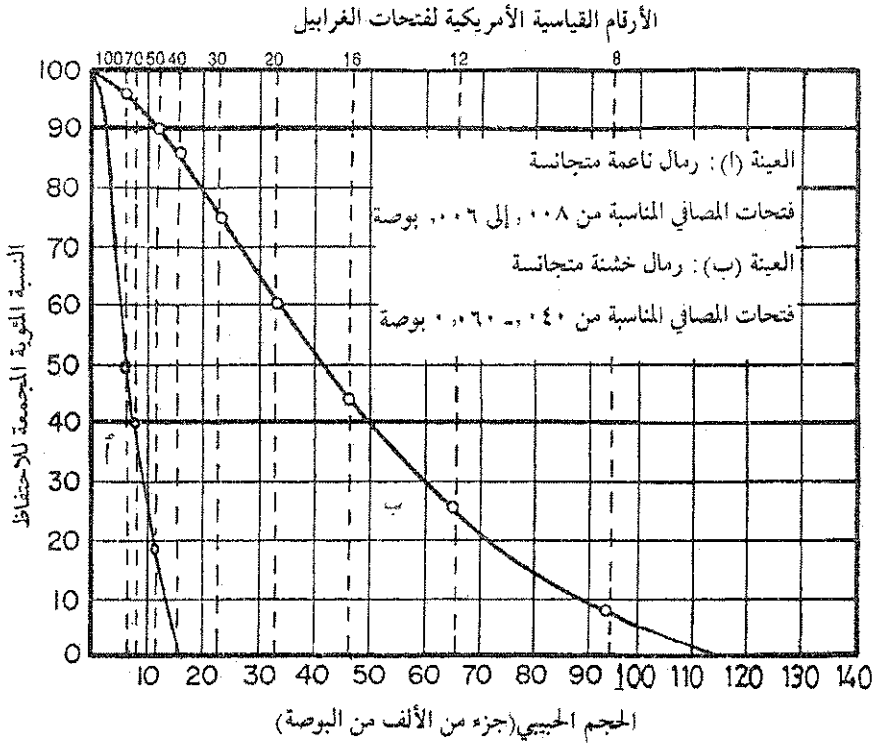
يتم تحديد فتحات المصافى من دراسة التحليل الميكانيكى للعينات الممثلة للطبقة المنتجة للمياه ويتم رسم منحنى التحليل لكل عينة وعليه فإنه يمكن تحديد حجم فتحات المصافى على أساس العوامل التالية:

أ – بالنسبة للطبقات التى تتكون من رمال ناعمة متجانسة يتم اختيار فتحات المصافى على أساس الحجم الحبيبى على المحور الأفقى الذى يتقاطع فى نقطة على منحنى التحليل مع الخط الذى يمثل نسبة ٤٠ % أو ٥٠ % على المحور الرأسى كما هو موضح بالشكل رقم (٣) والذى يبين أن فتحات المصافى سوف تكون ٠.٠٠٨ بوصة فى حالة احتفاظها بنسبة ٤٠ % من الرمال أو ٠.٠٠٦ بوصة فى حالة احتفاظها بنسبة ٥٠ % من الرمال.

ب – بالنسبة للطبقات المتجانسة التى تتكون من رمال خشنة وحصى فإن فتحات المصافى يتم إختيارها لتحتفظ بنسبة من الرمال والحصى تتراوح من ٣٠ إلى ٥٠ % كما هو موضح فى الشكل رقم (٢٠ – ب) والذى يبين أن فتحات المصافى سوف تكون ٠.٠٦٠ بوصة فى حالة احتفاظها بنسبة ٣٠ % من الرمال أو ٠.٠٤٠ بوصة فى حالة احتفاظها بنسبة ٥٠ % من الرمال.

جـ– فى حالة الطبقات الغير متجانسة فإن فتحات القطاعات المختلفة من المصافى يجب اختيارها بناء على تدرج المواد فى الطبقات المختلفة وتعامل كل طبقة على حده على ضوء القواعد المبينة فى الفقرتين الأولى والثانية.

الشكل رقم (٣) منحنى التحليل الميكانيكى لعينتين من الرمال لتحديد فتحات المصافى المناسبة.



الشكل رقم (٣) منحنى التحليل الميكانيكى لعينتين من الرمال لتحديد فتحات المصافى المناسبة

قواعد يجب أتباعها عند وضع المصافي وحجم الفتحات :

القاعدة الأولى :

إذا كانت مواد ناعمة تعلو مواد خشنة يجب أن تمتد المصافى المصممة للمواد الناعمة لمسافة لا تقل عن متر داخل الطبقة التى تسفلها والتى تحتوى على المواد الخشنة.

القاعدة الثانية :

يجب ألا يزيد حجم فتحات المصافى المقابلة للمواد خشنة عن ضعف حجم فتحات المصافى المقابلة للمواد الناعمة التى تعلوها.

** حساب المساحة المفتوحة الكلية للمصافي

يمكن حساب المساحة المفتوحة الكلية للمصافى بإستخدام المعادلة التالية:

$$\text{المساحة الكلية المفتوحة (م٢)} = \frac{\text{الإنتاج المتوقع (م٣/ثانية)}}{\text{سرعة دخول المياه إلى المصافى (م/ثانية)}}$$

سرعة دخول المياه خلال فتحات المصافى :

أوضحت التجارب المعملية والخبرة العملية أن معدل سرعة دخول المياه إلى داخل المصافى يجب ألا يتعدى (٠.٠٣ متر/ثانية) حيث أن هذه السرعة لا يقابلها مقابل احتكاك مع فتحات المصافى ويكون معدل التقشر والتآكل فى أقل مستوياته . ويتم حساب متوسط سرعة دخول المياه إلى المصافى وذلك بقيمة كمية المياه المنتجة منسوبة إلى المسافة المفتوحة.

$$\text{متوسط سرعة دخول المياه إلى المصافى} = \frac{\text{كمية المياه المتوقعة}}{\text{المسافة المفتوحة لفتحات المصافى}}$$

- فى حالة أن تكون السرعة أكبر من ٠.٠٣ متر/ثانية يجب زيادة طول المصافى أو زيادة قطرها حتى يكون مربع مساحتها أكبر من فتحات المصافى وبذلك تكون السرعة فى معدلها ٠.٠٣ متر/ثانية.
- يلاحظ أن طول الفلاتر فى خزان حر يمكن أن يقلل معدل هبوط المنسوب ومن ثم تقل كمية الإنتاج.

- فى حالة الخزانات المحصورة يمكن أحتراق كامل للطبقة ودفع مصافى بطولها كاملاً وقد يؤدى ذلك إلى زيادة الإنتاج.
- كمية المياه المتوقعة م^3/ثانية = سرعة دخول المياه م × المساحة المفتوحة لفتحات المصافى

اختيار المواد المستخدمة فى مصافى البئر :

إن عملية اختيار نوع المصافى تحكمها ثلاثة عوامل رئيسية وهى نوعية المياه ووجود البكتيريا ومتطلبات المتانة وبمعنى أوضح فإن المصافى تكون معرضة لمؤثرات كيميائية إذا لم تكن من اللدائن أوالالياف الزجاجية .

لذا فإن المصافى المصنوعة من اللدائن أو الألياف الزجاجية هى الأكثر إستخدام حالياً وينصح بإستخدامها فى تصميم آبار مياه التحلية لكونها خاملة مع مراعاة ظروف الضغط والعمق والقطر والحرارة عند أختيار هذا النوع من المصافي .

الغلاف الحصوى :

فى بعض الحالات قد يكون من المناسب تركيب غلاف حصوى صناعى وذلك بإزالة المواد المكونة للطبقة من المنطقة المحيطة بالمصافى مباشرة واستبدالها بمواد أخشن متدرجة فى الحجم وسواء كان الغلاف الحصوى طبيعياً أم صناعياً فإن إزالة المواد الناعمة من المنطقة المحيطة بالمصافى سوف تؤدى إلى زيادة نفاذية هذه المنطقة وبالتالى إلى زيادة القطر المؤثر والفعال للبئر.

فى حالة الغلاف الحصوى الطبيعى يتم تحديد فتحات المصافى لتحتفظ بنسبة ٣٠- ٥٠ % من المواد المكونة للطبقة المنتجة وفى حالة الغلاف الحصوى الصناعى يتم اختيار المواد المتدرجة الحجم لتحتفظ بكل مواد الطبقة المنتجة ثم يتم تحديد فتحات المصافى لتحتفظ بكل هذه المواد.

وبالرغم من الزيادة المتوقعة فى تكاليف البئر فإن الظروف الجيولوجية قد تحتم فى بعض الحالات تركيب الغلاف الحصوى الصناعى مثل الطبقات الرملية الغير متجانسة والأحجار الرملية ضعيفة التماسك .

لتحديد الحجم المتدرج للمواد المستخدمة فى الغلاف الحصوى الصناعى يجب عمل تحليل ميكانيكى لنواتج الحفر وتحديد معامل التجانس.

$$\text{معامل التجانس} = \frac{\text{الحجم الحبيبي بنسبة ٤٠\% من العينة}}{\text{الحجم الحبيبي المقابل بنسبة ٩٠\%من وزن العينة}}$$

العوامل التي تحدد معامل التجانس لخزان جوفي هي:

١ - تجانس جيد او متوسط او قليل

٢ - شكل الحبيبات (مستدير - شبه مستدير - زوايا - مسطح)

٣ - شكل مجمع الحبيبات (مربع - مكعب - هرمى .....إلخ)

التجارب التى يجب إجراؤها على الخزانات الجوفية

تجارب الضخ

يستخدم تجارب الضخ تحت معدلات سحب طبقاً للاحتياجات المطلوب استخدامها من البئر وذلك بتركيب طلمبة أعماق على عمق مناسب أمام الفلتر (المصفاة) وفى موقع مناسب حتى لا يتم حدوث ظاهرة إنخفاض المنسوب إلى أعمال يصعب معها حسب كمية المياه المطلوبة أو حدوث سفى للرمال من الطبقة غير المنتجة.

هناك العديد من طرق تحليل تجارب الضخ من أهمها:

- طريقة Theis ١٩٣٥ وطريقة Jacob طريقة هانتوش - طريقة ديبوى Debwie - وهناك العديد من الطرق للتحليل تحت الظروف المختلفة للمستودعات الجوفية وذلك لتحليل نتائج تجارب الضخ لتحديد المعاملات الهيدرولوجية اللازمة للتقييم الكمى لمياه المستودعات بأنواعها وظروفها.
- تؤخذ القياسات عند فترات محددة وقياس منسوب الماء مع الزمن أو المسافةوكذلك تجارب إسترجاع حتى يعود إلى ٩٠ % من منسوبه الأصلى.
- عند الإنتهاء من اختبار الإنتاجية يتم تحديد معدل ضخ الماء من الطبقة الحاملة دون أن ينخفض منسوب الماء الأرضى الى أقل من الحدود العليا للطبقة الحاملة وقمة فتحات المصافى أو أقل من مآخذ المضخة.
- ولتحديد حالات إجراء تجارب الضخ على نوعيات من المستودعات سواء متجانسة أو متباينة الخواص بأستخدام تجارب ضخ لمرحلة واحدة او متعددة المراحل المتعددة لأبار فى مستودعات متجانسة أو غير متجانسة محصورة أو غير محصورة.

حساب المعاملات الهيدروليكية

باستخدام تجارب الضخ Pumping Tests of Wells

تعد هذه الطريقة من أنسب الطرق لتحديد المعاملات الهيدروليكية وتعتمد على آبار مراقبة يقاس عندها منسوب الماء ومن ثم يمكن الحصول على قيمة المعاملات الهيدروليكية لقطاع كبير من الخزان الجوفى ونظراً لأنه فى مثل هذه الطريقة لا يحدث إضطراب للخزان الجوفى (Laminar flow) فإن نتائجها تعد متميزة بالنسبة للطرق المعملية وفيما يلي نحدد كيفية حساب المعاملات الهيدروليكية الاتية :

- معامل الأمرار الهيدروليكي
- معامل النفاذية
- معامل العبث
- سرعة جريان المياه الجوفية
- كمية المياه الجوفية

وذلك تحت ظروف مستودعات حرة متجانسة أو متباينة الخواص وكذلك تحت ظروف مستودعات مقيدة متجانسة اواخرى غيرمتجانسة.

الخزانات الجوفية المتجانسة اومتباينة الخواص Anisotropic Aquifers

تعتبر قيم معامل التوصيل الهيدروليكى للصخور حسب نوع الحبيبات المكونة للصخر كما أن معامل التوصيل الهيدروليكى قد يختلف أيضاً للنوع الواحد من الصخور من مكان إلى مكان أخر. إذا كان معامل التوصيل الهيدروليكى متساوى لكل الطبقات المكونة للخزان الجوفى فإن هذا الخزان يسمى متجانس (Homogenous) ، فى حين أذا كان معامل التوصيل الهيدروليكى يختلف من طبقة إلى أخرى ، يسمى هذا الخزان بغير متجانس (Heterogeneous) يستخدم تجارب الضخ لحساب معدلات جريان المياه الجوفية وحساب إنتاجية الآبار بإستخدام معادلى دارسى وغيرها على النحو التالى:

$$Q = KA\frac{dh}{dL}$$

حيث :

(Q) : كمية المياه م٣

(K) : معامل التوصيل الهيدروليكى

(A) : مساحة مقطع الطبقة المنتجة

$\frac{(dh)}{(dL)}$: معامل الإنحدار الهيدروليكى

حساب معامل الإمرار(K) الهيدروليكي Hydraulic conductivity (K)

تتحرك المياه من مناطق الشحن إلى مناطق السحب طبقاً لمعامل الإمرار الذى تسمح به نوعية الرواسب اوالصخور المكونة للخزان الجوفى حيث يقاس معامل الإمرار فى وحدة الطول (المسافة) فى وحدة السمك– فى وحدة الأزمان وتعتمد هذه الحركة عل نوع الصخور كما تم ذكره وكذلك على خصائص المياه.

ويمكن حساب معامل الإمرار من معادلة دارس على النحو التالى:

$$Q = KA\frac{dh}{dL} \text{ م}^3 / \text{ ساعة}$$

حيث :

Q كمية المياه فى وحدة المسافات في السمك فى وحدة الزمن تحت تصرف ثابت لطلمبة الضخ

A مساحة المقطع لوحدة المسافات فى وحدة السمك

$\frac{dh}{dL}$ هو عامل الإنحدار الهيدروليكى

وربما يتغير معامل الإمرار من منطقة إلى أخرى فى نفس المستودع وتعتمد زمن حساب معامل الإمرار على دقة البيانات وعدد الآبار ومحطات الضخ وتقاس بالمتر/اليوم.

العوامل التى تتحكم فى معامل الإمرار الهيدروليكى

١ – حجم الحبيبات :

Boneders	> 16	Mm
Pebblas	16 – 4	Mm
Grajet	4 – 2	Mm

Saed	$2-\frac{1}{16}$	Mm
Siet	$-\frac{1}{256}\frac{1}{16}$	Mm
Clay	$<\frac{1}{256}$	Mm

يزداد معدل الامرار الهيدروليكى مع زيادة حجم الحبيبات

ثانياً : معامل البث **Transmissibility (T)**

تقاس قدرة الخزان لجوفى بما يمكن بثه من المياه فى مقطع من الخزان بمساحته (طوله × عرضه) مضروبة فى معامل الإمرار الهيدروليكى فى وحدة الزمن وتعد بالمعادلة الآتية:

$$T = Kb$$

حيث :

K : هى معامل الإمرار

b : هى سمك الخزان الجوفى المشبع

ثالثاً : تقدير كمية المياه فى الخزان الجوفى

ولتقدير كمية المياه فى الخزان الجوفى تستخدم معادلة دارس لحساب كمية المياه التي تتحرك فى وحدة العرض للخزان الجوفى حيث يكون :

$$Q = KA\frac{dh}{dL}$$

حيث :

A مساحة المقطع للجزء المشبع بالمياه

K معامل الإمرار

$\frac{dh}{dL}$ معدل الإنحدار الهيدروليكى على منحنى تجربة الضخ

حيث A = W b ("b" سمك = "w" العرض)

تصبح المعادلة

$$Q = Kbw\frac{dh}{dL}$$

$\frac{dh}{dL}$ هو معدل الهبوط فى الضغط (dh) المسافة (dL)

وتكون $$Q = Kw\frac{dh}{dL}$$

وتكون $$T = \frac{Q}{W}\frac{dh}{dL}$$

وتقاس م^2/يوم

رابعاً : معامل التخزين Storage Coefficient (S)

- معامل التخزين هو كمية المياه التى يمكن أن يسمح الخزان الجوفى سحبها منه من خلال وحدة المساحة فى وحدة التغير فى الضغط فى وحدة الزمن تحت معدل ضخ ثابت فى ظروف نوع المستودع حرا أم مقيداً.
- معامل التخزين للخزان الجوفى المحصورة يتراوح بين (10^{-5} to 10^{-3}) 0.06601 Tec 9001
- معامل التخزين للخزانات الجوفية حرة تتراوح من 0.3 to 6.1
- يلاحظ أن معامل التخزين بالخزانات الحرة أعلى من الخزانات المقيدة
- حيث يكون معامل التضاغط فى الخزان الحر أقل بكثير عنه فى الخزان المقيد ولا يوجد وحدة لقيمة معامل التخزين.

خامساً : معدلات سرعة جريان المياه الجوفية Ground Water Flow Rates

يتضح من معادلة دارس أن حركة المياه الجوفية يعتمد على كل من :

١ – معامل التوصيل الهيدروليكى (Hydraulic Conductivity, K)

٢ – الميل الهيدروليكى (Hydraulic Gradient, dh/dl)

لإعطاء فكرة عن مقدار سرعة جريان الماء الجوفى ، نفترض حالة خزان جوفى حبيبى (Alluvial) منتج بمعامل توصيل هيدروليكى (K = 75 m/day) ومعدل إنحدار هيدروليكى (dh/dl = - 10 m / 1000 m = - 0.01) دارسى من معادلة

$$V = - K \left(\frac{dh}{dL} \right) = 75 \ (- 0.01) = 0.75 \text{ m / day}$$

هذه السرعة تعادل تقريباً (0.5 mm/min) وهى تعرض الصورة الطبيعية البطيئة لحركة المياه الجوفية فى الخزانات الجوفية المحصورة أو غير المحصورة طبقاً لظروف الخزان

معدلات جريان المياة فى الخزانات الجوفية المحصورة Confined Aquifer

فى حالة الجريان المستقر للمياه الجوفية فى خزان جوفى محصور سوف يحدث ميل تدريجى للضغط البيزومترى ، ونظراً لأن المياه الجوفية تتحرك فى إتجاه الضغط الأقل ، فإنه يمكن إستنتاج العلاقة التى تربط الضواغط فى حالة الجريان خلال خزان جوفى محصور ذى سماكة ثابتة بإستخدام قانون دارسى مباشرة.

كمية التصرف فى إتجاه البئر

كمية الجريان لكل وحدة عرض خلال الخزان الجوفى المحصورة (q) يمكن تحديدها من معادلة دارسى :

$$Q = -k.h.\frac{dh}{dx}$$

حيث :

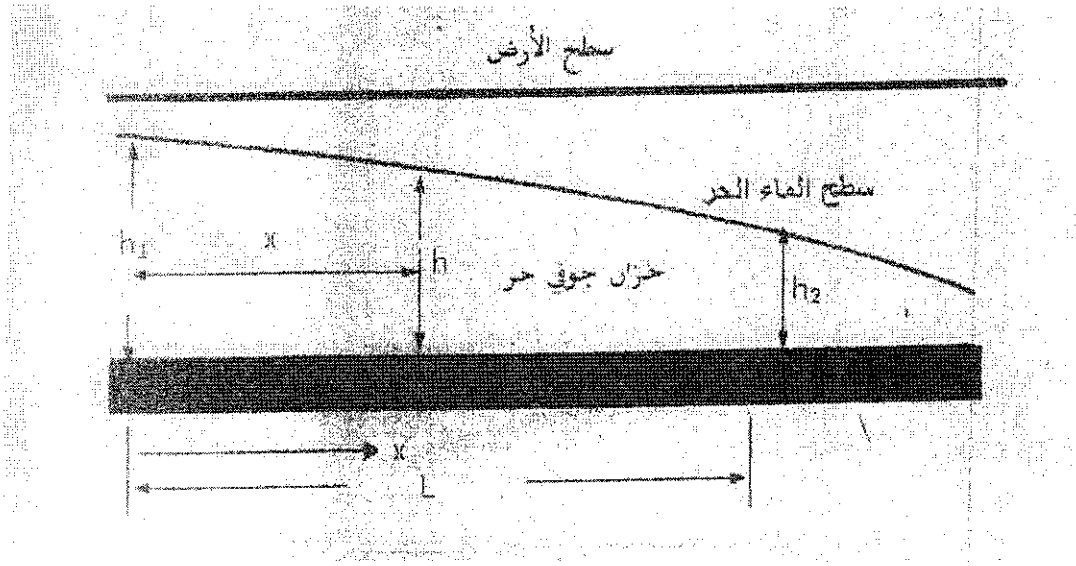
$\frac{dh}{dx}$ ميل الضاغط البيزومترى

B سماك الخزان الجوفى المحصور

K معامل التوصيل الهيدروليكى

معدلات جريان المياه فى الخزانات الجوفية غير المحصورة Unconfined Aquifer

شكل (٤) يبين جريان احادى الإتجاه فى خزان جوفى حر حيث (h2, h1) إرتفاع المنطقة المشبعة للخزان الجوفى.



الشكل (٤) : سريان مستقر أحادى البعد فى خزان جوفى حر يستند على طبقة غير منفذة

من معادلة دارسى :

$$Q = -k.h.\frac{dh}{dx}$$

يتضح أيضاً أن مساحة مقطع الجريان فى الجزء الأيمن ، يكون أصغر من نظيره فى الجزء الأيسر وبالتالى فإن الميل الهيدروليكى يكون أكبر وهذا يعنى أن ميل السطح المائى فى الخزان الحر غير ثابت ويزداد بإتجاه الجريان.

ΔQ : الزيادة فى تصريف البئر نتيجة التغذية من أعلى معدل منتظم مقداره (W) على مساحة دائرية حول البئر قطرها = (r) أى أن:

$$\Delta Q = \pi r^2 , W$$

بالتعويض فى المعادلة وبإعادة ترتيبها ينتج :

$$Q = Q_W - \pi r^2 , W$$

بالتعويض بقيمة (Q) وإجراء التكامل ينتج أن :

$$2\pi r.h.k.\frac{dh}{dr} = Q_w - \pi r^2 , W$$

$$- 2.h..dh = \frac{1}{\pi kr}(Q_W - \pi r^2 , W)\, dr$$

حساب إنتاجية البئر :

لإستنتاج معادلة لحساب إنتاجية البئر سواء من الخزانات الجوفية المحصورة أو غير المحصورة عندما يصل مخروط الإنخفاض إلى حالة الإتزان ، افترض (Dupuit, 1983) لفرضيات التالية:

١ – الطبقة الحملة للمياه متجانسة التكوين (homogeneous) بمعنى أن نفاذية الطبقة متجانسة على طول قطر منطقة التأثير.

٢ – قبل بدء الضخ ، يكون منسوب سطح الماء الحر فى الخزانات الجوفية الحرة ثابتاً ، وفى حالة الخزانات الجوفية المحصورة لا يتغير مستوى الضاغط البيزومترى مطلقاً مع استمرار عملية الضخ.

٣ – البئر تخترق الطبقة الحاملة كلها

٤ – مستوى الماء الحر ، أو مستوى الضاغط البيزومترى يكون أفقياً بمعنى تساوى مناسيب المياه على امتداد الطبقة.

٥ – يكون الجريان الجوفى خلال منطقة التأثيرمنتظما طبقياً (Laminar Flow) .

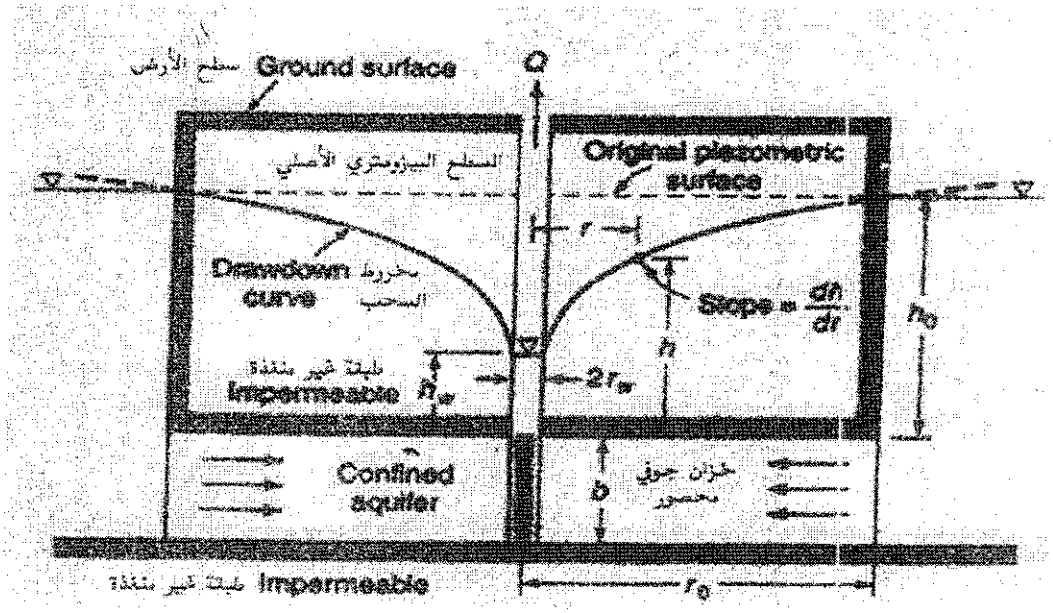
٦ – يصل مخروط الإنخفاض إلى حالة الإتزان بمعنى أن لا يتغير عمق السحب أو نصف قطر دائرة التأثير للبئر مع الزمن $(dr/dt = 0 , dy/dt = 0)$

حالة خزان جوفى محصور Confined Aquifer

لإستنتاج معادلة التصريف الإشعاعى (Radial Flow) التى تربط تصريف البئر بالهبوط فى حالة بئر تخترق كلياً خزان جوفى محصور ، يفترض جريان ثنائى الإتجاه فى إتجاه بئر فى وسط جزيرة دائرية ويخترق خزان جوفى متجانس ومتماثل (شكل رقم ٥).

نظراً لأن الجريان أفقى فى أى مكان فى الخزان الجوفى ، فإن فرضيات ديبوية (Dupuit) قابلة للتطبيق بدون خطأ بإستخدام إحدثيات قطبية (Polar Coordinates) مع أخذ البئر كنقطة

أصل (Origin) ، نحصل على تصريف البئر (Q) عند أى مسافة (r) للجريان الإشعاعى المستقر كالآتى:



شكل (٥) سريان إشعاعى مستقر فى إتجاه بئر يخترق خزان جوفى محصور فى جزيرة

$$Q = 2\pi.r.b.k.\frac{dh}{dr}$$

بإعادة ترتيب المعادلة وبإجراء التكامل مع وضع الشروط المحددة عند البئر ($h=h_x$ عند $r = t_w$) وعند نهاية الجزيرة ($h=h_o$ عند $r = t_o$) وبإهمال الإشارة السالبة ينتج :

$$Q\int_{\pi}^{r}\frac{dr}{r} = 2\pi kb\int_{\pi}^{b} dh$$

$$Q = \frac{2\pi kb(h_O - h_W)}{L\pi(R_O / r_W)}$$

or

$$h_O - h_W = \frac{Q}{2\pi kb} L_n(\frac{r_O}{r_W})$$

حيث :

h_o : إرتفاع الضاغط البيزومترى للخزان الجوفى المصحور

r_o : نصف قطر دائرة التأثير

L_w : نصف قطر البئر

b : سماكة الخزان الجوفى المحصور

فى حالة الأكثر عمومية لبئر يخترق خزان جوفى محصور شامل لا يوجد حد خارجى لـ (r) ، وفى حالة وجود بئر مراقبة واحد على مسافة r من بئر الضخ فإنه يمكن كتابة معادلة التصريف كالآتى:

$$Q = \frac{2\pi kb(h - h_W)}{L\pi(r / r_W)}$$

هذه المعادلة تبين أن (h) تزداد لانهائياً مع زيادة (r) ، ومع ذلك فإن أكبر قيمة لـ (h) هى ضاغط الإبتدائى المنتظم (h_o) لذا من الناحية النظرية فإن الجريان المستقر الإشعاعى فى خزان جوفى شامل لا يحدث على أية حال من وجهة النظر العملية فإن قيمة (h) تصل (h_o) عند مسافة من البئر ، وأن الهبوط يتغير مع لوغاريتم لمسافة من البئر.

حالة خزان جوفى غير محصور Unconfined Aquifer

يمكن أيضاً إستنتاج معادلة السريان الإشعاعى المستقر إلى بئر فى خزان جوفى غير محصور بمساعدة فروض ديبوية (DuPont) البئر يخترق كلياً الخزان الجوفى حتى قاعدته الأفقية ومحاط تجدور مركزية من الضاغط الثابت :

تصريف البئر هو :

$$Q = - k.i.A$$

$$= - 2\pi r.h.k.\frac{dh}{dr}$$

بإعادة ترتيب المعادلة وبإجراء التكامل مع وضع الشروط المحددة عند البئر ($h=h_w$ عند $r = r_w$) ($h=h_o$ عند $r = r_o$) وبإهمال الإشارة السالبة ينتج :

$$\int_{r}^{r}\frac{dr}{r} = 2\pi k \int_{h_o}^{h_w} h.dh$$

$$Q = \pi k \frac{(h_o^3 - h_o^2)}{L_w(r_o / r_w)}$$

$$Q = \pi K \frac{(h_4^2 - h^o)}{L_w(r_2 / r_1)}$$

واستنادا الى قراءات بئرى مراقبة على بعد ١،٢من بئر الضخ وبقياس h .h في هذين البئرين ينتج بإعادة ترتيب المعادلة السابقة ، يمكن تحديد معامل التوصيل الهيدروليكى K من العلاقة التالية:

$$K = \frac{Q}{\pi(h_{23} - h_1^2)} \ln(\frac{r_2}{r_1})$$

كما يمكن حساب (K) أيضاً عن طريق حساب عمق المياه فى بئر السحب والسمك المشبع فى الخزان الجوفى ويمكن أستنتاج قيمة × استنادا الى قياس عمق الماء في بئرواحدة فقط على بعد R.من بئر الضخ .

حالة خزان جوفى غير محصور مع تغذية بمعدل منتظم

Unconfined Aquifer with uniform discharge

إذا تعرض الخزان الجوفى الغير محصور إلى تغذية من الأعلى بمعدل منتظم مقداره W عن طريق زيادة معدل الرى مثلاً أو المطر أو أى مصدر سطحى آخر ، فإن السريان فى إتجاه البئر (Q) سوف يزداد بمقدار (ΔQ) حتى يصل إلى قيمة عظمى (Q_w) عند البئر كما فى الشكل (4-27) الذى يبين حالة بئر يخترق خزان جوفى غير محصور بكم تغذيته من الأعلى معدل منتظم (W) أى أن:

$$Q_w = Q + \Delta Q$$

حيث :

Q_w : تصريف البئر الكلى فى حالة التغذية

Q : تصريف البئر بدون تغذية

ملاحظة هامة : هناك العديد من الطرق والمعادلات التي يتم منها استنتاج المعاملات الهيدرولوكية لخزان جوفي وتحديد كميات السحب للامن سواء من خزانات جوفية محصورة اوغيرمحصورة متجانسة اوغير متجانسة تحت ظروف سحب ثابتة اومتغيرةسواء المسافة او الزمن .

صيانة آبار المياه

لقد ذكرنا سابقاً أنه يجب توخي الدقة عند اعداد تصميم البئر وكذلك في مراحل تنفيذها وتطويرها لتلافي المشاكل التي قد تحدث والتي قد يصعب علاجها ولذلك فإنه يمكن القول بأن صيانة البئر تبدأ منذ إعداد التصميم وتمتد إلي مراحل الانشاء والتطوير ثم تستمر بعد ذلك من خلال العناية التي تتلقاها طوال فترة حياتها، ويجب أن يكون معلوماً أن معظم المشاكل التي تحدث عادة في الآبار تنشأ عن الأخطاء التي قد تحدث في مراحل التصميم أو الإنشاء أو التطوير ومن الأسباب الشائعة لفشل الآبار ما يلي:

أولاً التصميم :

تنشأ معظم المشاكل من عدم مطابقة التصميم للظروف الهيدروجيولوجية والتي تتضمن :

١ - نوعية المياه : قد تكون المياه من النوع الذي يسبب التآكل فإذا لم يتم اختيار أنابيب تغليف ومصافي ذات نوعية ملائمة فقد يؤدي ذلك إلي تآكل تلك المواد وبالتالي إلي مشاكل خطيرة قد يصعب علاجها وكذلك فقد تكون المياه من النوع الذي يسبب التقشر فإذا لم تكن فتحات المصافي قد تم اختيارها على أساس سليم فإن ترسيب القشور على تلك الفتحات قد يؤدي إلي انسدادها وبالتالي إلي ضعف الطاقة الانتاجية للبئر ، وجدير بالذكر أن أكثر من ثمانين بالمائة من المشاكل التي تحدث في الآبار تكون ناتجة عن ظاهرة التقشر.

٢ - عدم ملاءمة معدلات الضخ مع تصميم البئر وكذلك عدم مراعاة تأثير التداخل بين الآبار ومعدل التغذية.

٣ - معدل الضخ والتصميم لا يتلاءمان مع العمر التصميمي للبئر.

ثانياً الإنشاء :

١ – الفشل في التعرف على الطبقات المنتجة وتحديد أعماقها بدقة وقد ينتج عن ذلك وضع المصافي في أماكن خاطئة لا تقابل الطبقات المائية أو حجب مناطق خاطئة مقابل الطبقات المائية.

٢ – التهاون في اتخاذ الترتيبات والاحتياطات اللازمة للمحافظة على استقامة وعمودية ثقب الحفر.

٣ – التركيبات الخاطئة لأنابيب التغليف حيث يؤدي التهاون في ربط أو تلحيم وصلات هذه الأنابيب إلي وجود نقاط ضعف تعمل عليها عوامل التآكل بشكل متسارع محدثة بعض الثقوب مما يؤدي إلي تسرب المياه وأحداث اتصال بين الطبقات المائية وتلوثها وقد تزداد المشكلة مع الوقت فتؤدي إلي انهيار البئر.

٤ – الأخطاء التي تحدث في عملية التسميت مثل :

أ – عدم توزيع الأسمنت بشكل منتظم في الفراغ الدائري حول أنابيب التغليف وذلك نتيجة لعدم تركيب الممركزات.

ب – عدم تجانس الأسمنت على طول أنابيب التغليف حيث تكون الرابطة الاسمنتية ضعيفة مقابل بعض الطبقات نتيجة الأخطاء في عملية التسميت.

جـ– وفي كلتا الحالتين فإذن حدث تآكل في أنابيب التغليف فإن ذلك سوف يؤدي إلي اختلاط مياه التكوينات المختلفة وتلوثها.

٥ – أثناء عملية الحفر كنتيجة لاستعمال سائل الحفر بشكل متزايد فقد يؤدي ذلك إلي قفل الفجوات أو الشقوق في التكوين المنتج وقد تصعب إزالة المواد الطينية بعد ذلك.

٦ – دخول بعض البكتريا من السطح إلي البئر مع المواد المكونة لسائل الحفر.

ثالثاً : التنمية والتطوير :

١ – استخدام طرق غر فعالة في تنمية وتطوير البئر قد يؤدي إلي عدم إزالة كل المواد الطينية التي تدخل في التكوين المنتج أثناء عملية الحفر وكذلك عدم إزالة الطمي والسلت والرمال الناعمة من التكوين المنتج في المنطقة المحيطة بالبئر مباشرة.

٢ – تحدث بعض المشاكل نتيجة الاستعمال الخاطئ للمواد الكيماوية ومنها:

أ – تأكيد المواد الحديدية في مواجهة البئر.

ب – الترسيب الكيماوي للكربونات نتيجة استعمال الأحماض المخففة.

جـ- تآكل الطفال وبالتالي انهيارها في المنطقة المحيطة بالبئر.

العناية بالآبـار:

إن اكتشاف الخلل في بئر ما في وقت مبكر قد يساعد كثيراً وبأقل التكاليف على علاج المشكلة قبل ان تتفاقم وتصبح مستعصية على الحل وكذلك فإنه لإمكان الحل يجب أن تتوفر معلومات كاملة عن البئر ولهذه الأسباب ينبغي ابتاع ما يلي:

١ - يجب الاحتفاظ بسجلات كاملة عن البئر قد يؤدي إلي عدم إزالة كل المواد الطينية التي تدخل في التكوين المنتج أثناء عملية الحفر وكذلك عدم إزالة الطمي والسلت والرمال الناعمة من التكوين المنتج في المنطقة المحيطة بالبئر مباشرة.

٢ - تحدث بعض المشاكل نتيجة الاستعمال الخاطئ للمواد الكيماوية ومنها:

أ - تأكسد المواد الحديدية في مواجهة البئر.

ب - الترسيبات الكيماوي للكربونات نتيجة استعمال الاحماص المخففة.

جـ- تآكل المصافي الناتج عن استعمال المواد الكيماوية.

د - تميؤ الطفال وبالتالي انهيارها في المنطقة المحيطة بالبئر.

العناية بالآبـار:

إن اكتشاف الخلل في بئر ما في وقت مبكر قد يساعد كثيراً وبأقل التكاليف على علاج المشكلة قبل أن تتفاقم وتصبح مستعصية على الحل وكذلك فإنه لإمكان الحل يجب أن تتوفر معلومات كاملة عن البئر ولهذه الأسباب ينبغي اتباع ما يلي:

١ - يجب الاحتفاظ بسجلات كاملة عن البئر وينبغي أن تشتمل هذه السجلات على البيانات التالية:

أ - اسم مقاول الحفر وتواريخ حفر البئر وإكماله وتطويره واختباره.

ب - طريقة حفر البئر ونوعية المواد الداخلة في انشائه.

جـ- قطاع توضيحي بين عناصر تصميم البئر متضمناً أقطار وأعماق الحفر وأنابيب التغليف والمصافي.

د - قطاع ليثولوجي للبئر مبني على وصف عينات فتات الحفر وكذلك الأرصاد الجيوفيزيقية إن وجدت.

هـ- الطرق المستخدمة في تسميت أنابيب التغليف وكذلك الحشو بالحصى مع توضيح الأعماق ونوعيات وكميات المواد المستعملة في هذه العمليات.

و - الطرق المستخدمة في تنمية البئر وتطويرها مع بيان المواد المستعملة.

ز - نتائج اختبار الضخ ويجب أن تتضمن على الأقل مستوى الماء الثابت ومستوى الماء المتحرك عند معدل انتاج معين والطاقة الانتاجية ومدة الاختبار وعمق مضخة الاختبار.

٢ - يجب مراقبة البئر وقياس بعض المعاملات والتي يمكن أن تساعد في الكشف عن وجود المشاكل في البئر .

المراجع :

- "Fletcher G. Driscoll" Ground water and wells, second edition Johnson Division 1986
- Darcy – weisbach equation 1935
- Darcy law
- American national standard institute 1935 pipe standards ANSI , Newyork.
- American petroleum institute 1978 specification for line pump. API spec. Dallas TX.
- Jacob, C. E. and Lohman, S. W. 1952 Nonsteady flow to a well of a constant drawdown in an extensive aquifer transaction American Geophysical Union vol 33 No. 4
- Schockley R. L. 1980 Effluent disposal methods, ground water heat pumps journal

الباب الثالث: المعالجة الأولية

٣-١ مقدمة:

يتناول هذا الجزء من الكود المصري استعراض لمصادر المياه الجوفية والساحلية على مستوى جمهورية مصر العربية وكذلك أسس اختيار عمليات المعالجة الاولية والنهائية والحدود القصوى للعناصر المختلفة المسموح بها للمياه الخام المستخدمة في الطرق المختلفة للتحلية.

٣-٢ مصادر المياه الخام:

إن استخدام المياه سواء المياه الساحلية أو الجوفية كمياه خام في محطات التحلية يتطلب بعض المعالجات الأولية وذلك قبل المرور علي أغشية التحلية كما يتطلب الأمر بعض المعالجات النهائية للمياه المحلاه قبل استخدامها وذلك طبقاً لنوعية المياه الخام من البحار او من الآبار ذات الملوحة المرتفعة كما هو موضح فيما يلي:

٣-٢-١ المياه الجوفية بمصر:

تعتبر المياه الجوفية من المصادر الهامة للمياه في مصر كمخزون إستراتيجى احتياطى للمياه حيث تعد مصدر آمن ومنخفض التكلفة لمياه الشرب ونظراً لأهمية المياه الجوفية فقد قامت وزارة الموارد المائية والري بإنشاء شبكة قومية لمراقبة المياه الجوفية بواقع ٢٠٣ موقع رصد موزعة علي مستوى الجمهورية.

٣-٢-١-١ الخزان الجوفي بمنطقة الدلتا والقاهرة الكبرى:

تشير قيم تركيزات الأملاح إلى جودة نوعية المياه بمعظم الآبار والتي يمكن استخدامها في أغراض الشرب والزراعة باستثناء مناطق شمال الدلتا والتي تحتاج إلى معالجة نظرا لزيادة تركيز أملاح كلوريد الصوديوم ببعض الآبار بشمال الدلتا نتيجة لتداخل مياه البحر مع المياه الجوفية في المنطقة.

٣-٢-١-٢ الخزان الجوفي لمنطقة وادي النيل:

يوجد في منطقة وادي النيل عدد من الآبار الجوفية والتي يزيد فيها تركيز عنصر الحديد عن المعدلات المسموح بها في مياه الشرب، كما ان هناك عدد من الآبار التي يزيد فيها تركيز الاملاح

الذائبة عن المعدلات التي تسمح بأستخدامها لاغراض الزراعة مثل في أطفيح الشرقية والقبابات وغرب الفشن والمنيا وغرب طهطا وغرب الأقصر وإسنا.

٣-٢-١-٣ الخزان الجوفي لمنطقة الصحراء الغربية:

تشير الأبحاث إلي أن حالة المياه الجوفية جيدة في معظم الآبار ولم تتعدى المعايير القياسية للشرب والزراعة، وان هناك تجاوز في تركيز كل من ايونات الكلوريد والكبريتات في عدد محدود من الآبار بمنطقة سيوه، وترجع المعدلات العالية للأملاح بتلك المنطقة لتحرك الخزانات الجوفية المالحة نحو المناطق المركزية المنخفضة بالواحة. وذلك بالإضافة لوجود تركيزات عالية من الحديد والمنجنيز تخطت الحدود المسموح بها لأغراض الشرب وذلك في عدد من الآبار.

٣-٢-١-٤ الخزان الجوفي لمنطقة الصحراء الشرقية وسيناء:

هناك زيادة في تركيز أيونات الكلوريد والكبريتات والصوديوم عن الحدود المسموح بها في عدد من الآبار بالصحراء الشرقية. كما أن هناك ارتفاع في نسب الملوحة في عدد كبير من الآبار بمناطق سيناء والصحراء الشرقية بالإضافة إلي زيادة تركيز المنجنيز عن الحدود المسموح بها لأغراض الشرب في عدد محدود جدا من الآبار بينما جاء تركيز الحديد في الحدود المسموح بها.

٣-٢-٢ المياه الساحلية:

تختلف نوعية ودرجة ملوحة المياه من مكان إلي آخر سواء بالبحر الأحمر أو المتوسط ويقوم جهاز شئون البيئة بتنفيذ برنامج قومي دوري لرصد نوعية المياه الساحلية في نقاط رصد ثابتة موزعة علي طول السواحل المصرية وعلي فترات زمنية موسمية منتظمة حيث يتم إجراء القياسات الحقلية والمعملية لتقييم المياه من الناحية الكيميائية البكتريولوجية طبقا لما هو موضح بالجداول التالية.

٣-٢-٢-١ مواقع رصد المياه الساحلية بالبحر المتوسط

هناك ثلاثون موقع رصد علي طول ساحل البحر المتوسط ويوضح الجدول رقم (٣-١) هذه المواقع.

جدول (٣-١) مواقع رصد نوعية المياه الساحلية بالبحر المتوسط

م	الاسم	الرمز	م	الاسم	الرمز
١	السلوم	Me1	١٦	سيدي جابر	Me17b
٢	مطروح	Me2	١٧	المنتزه	Me19
٣	باجوش	Me4a	١٨	غرب أبو قير	Me20
٤	مارينا	Me6	١٩	شرق أبو قير	Me21
٥	سيدي كرير	Me7a	٢٠	محطة الكهرباء	Me23
٦	النوبارية	Me8	٢١	المعدية	Me25
٧	الهانوفيل	Me9	٢٢	رشيد ١	Me29
٨	بيطاش	Me10	٢٣	رشيد ٢	Me31
٩	الدخيلة	Me10a	٢٤	البرج	Me33
١٠	المكس	Me11	٢٥	دمياط	Me35
١١	الميناء الشرقي	Me12	٢٦	الجميل - غرب	Me39
١٢	المعهد القومي لعلوم البحار والمصايد	Me14	٢٧	الجميل - شرق	Me40
١٣	الجانب الشرقي من الميناء الشرقي	Me15	٢٨	بورسعيد	Me41
١٤	الجانب الغربي من الميناء الشرقي	Me16	٢٩	العريش	Me44
١٥	الشاطبي	Me17a	٣٠	رفح	Me47a

٣-٢-٢-٢ مواقع رصد المياه الساحلية بالبحر الأحمر وخليجي السويس والعقبة

هناك اثنين وعشرون موقع رصد على طول سواحل البحر الأحمر وخليجي السويس والعقبة كما هو واضح الجدول رقم (٣-٢) .

جدول (٣-٢) مواقع رصد نوعية المياه الساحلية بالبحر الأحمر وخليج السويس والعقبة

م	خليج السويس	الرمز	م	البحر الأحمر	الرمز	م	خليج العقبة	الرمز
١	السويس " جنوب قناة السويس"	Su1	٩	الغردقة "أمام شيراتون الغردقة"	Re4	١٧	شرم الشيخ " محمية راس محمد"	Aq1
٢	السويس "أمام ساحل معهد علوم البحار "	Su2	١٠	سفاجا "راس ابو سوما"	Re7	١٨	ميناء شرم الشيخ	Aq2
٣	منطقة ميناء الصيد بعتاقة	Su3	١١	سفاجا "امام ميناء الفوسفات"	Re8	١٩	خليج نعمه	Aq3
٤	ميناء العين السخنة	Su5-a	١٢	الحمراوين " شمال الميناء"	Re10	٢٠	دهب	Aq5
٥	العين السخنة	Su5	١٣	القصير" أمام منطقة استخراج الفوسفات"	Re11	٢١	ميناء نويبع	Aq8
٦	راس غارب " جنوب المدينة (حقول البترول)"	Su7	١٤	القصير " أمام ميناء الفوسفات"	Re12	٢٢	طابا	Aq11
٧	راس شقير "امام الميناء"	Su9	١٥	مرسي علم " أمام الميناء خارج منطقة المد"	Re14			
٨	الطور "الشاطئ العام للمدينة خارج منطقة المد"	Su13	١٦	بير شلاتين " أمام ميناء صيد الأسماك"	Re15			

٣-٣ المعالجة الأولية

قبل البدأ فى تحليه المياه الخام (مياه آبار أو مياه ساحليه) فإنه يلزم التخلص من المواد الصلبة والعالقة وغير القابلة للذوبان أو شحيحة الذوبان حيث يؤدى تجميع هذه المواد على أسطح وحدات التحليه الى خفض كفائتها و يؤدى عدم تصميم وحدات المعالجة الأولية بصورة ملائمة الى قصر عمرها الافتراضى وقصر فترات التشغيل المستمر للوحدات والتكلفه العاليه للصيانه .

وعندما يتم الاختيار المبدئى للموقع واختيار مصدر المياه الخام (آبار أو مياه سطحيه) فإنه يجب إجراء القياسات اللازمة لتحديد لنوعيه المياه بصفة مبدئية الا انه يلزم بعد ذلك اجراء المزيد من للقياسات المعملية لنوعية المياه الخام والالتزام بالجدول رقم (٣-٣) والذى يوضح الحدود القصوى المسموح بها للمياه الخام المستخدمة في الطرق المختلفة للتحليه وتشمل العكارة مقياس معامل كثافة الغمر – الزيوت والشحوم – الأملاح الذائبة.

يؤخذ معدل التدفق للمياة الخام طبقاً الحدود الموضحة بالجدول رقم (٣-٤) والذى يوضح كلا من قيمة ومعدل التدفق للمياه الخام والتي تحدد الوصول الى الاختيار النهائى لطريقه التحليه.

يجب اجراء دراسات اقتصاديه وهندسيه وبيئيه والتى تساعد في تحديد الطريقه أو إمكانية الخلط بين أكثر من طريقة من طرق التحلية

جدول (٣-٣) – يبين الحدود القصوى المسموح بها في المياه الخام

طريقة التحلية		المواد الصلبة العالقة		السوائل غير القابلة للإمتزاج	الاملاح القابلة للذوبان بسهولة
		المواد الصلبة القابلة للترسيب	المواد الصلبة غير القابلة للترسيب		
التقطير / التكثيف		N/A	(١) وحدة عكارة	(١) مجم/ لتر كزيوت وشحوم	عند أقصي درجات التشبع
التناضح عكسي	الغشاء الحلزوني	N/A	(١) وحدة عكارة او (٥) مقياس معامل كثافة الطمي	(١) مجم / لتر كزيوت وشحوم	يمكن اضافة المواد المانعة للتكلس للمياه الضاربة في الملوحة مثل سداسي ميتا فوسفات الصوديوم لزيادة نسبة التشبع الي مرتين او ثلاث الضعف.
	الغشاء ذو الثقوب الدقيقة	N/A	(١) وحدة عكارة او (٥) مقياس معامل كثافة الطمي		
	اميدات متعدد الحلقات	N/A	(٣) معامل كثافة الطمي		
	اسيتات السليلوز	N/A	(٤) مقياس معامل كثافة الطمي		
التحليل الكهربائي العكسي		N/A	أقل من ١٠ ميكرون		في حالة الملوحة الضاربة فان اضافة سداسي ميتا فوسفات الصوديوم عادة تضاعف التشبع بقيمة ٤ اضعاف.
التبادل الأيوني		N/A	(١) وحدة عكارة	لا توجد زيوت وشحوم	يجب اعادة ضبط تركيز الحامض عند التنشيط باستخدام حمض الكبريتيك.

- ملاحظة: بالنسبة للملوثات العضوية الذائبة (غير الايونية) يجب ان يتم تقييم كل حالة على حده
- N/A (غيرمتواجدة)

جدول (٣-٤) – يبين قيم ومعدلات التدفق للمياه الخام

نوع المياه الخام Water Type	SDI	قيمة التدفق Flux (gfd)	معدل التدفق % Flux Decline/year (gfd/year)
Surface water مياة سطحية	2-4	8 - 14	7.3 - 9.9
Well water مياة ابار	< 2	14 - 18	4.4 - 7.3
Seawater (well)\ مياة بحر	SDI < 3	13	?
Seawater (Open sea)	SDI < 5	11	?
RO Permeate	SDI < 1	20 - 30	2.3 - 4.4

٣-٣-١ الاعتبارات الداخلة في المعالجة الأولية

نوضح فيما يلي كيفية التخلص من المواد المختلفة:

أ – المواد الصلبة

يجب تصميم نظام المعالجة اللازمة لإزالة المواد الصلبة غير المترسبة وأيضا لترسيب وإزالة المواد الكلسية المتصلبة على الوجه التالى:

أ-١ المواد الصلبة المترسبة : ويتم إزالتها من المياه بواسطة الفصل بالجاذبية أو الترشيح.

أ-٢ المواد الصلبة غير المترسبة : ويتم إزالتها بواسطة المعالجة الكيميائية.

ب – السوائل الممتزجة :

يجب الوصول بتركيز السائل الممتزج (النفط المستحلب والشحوم) ليكون ضمن المستويات المقبولة من خلال استخدام الترسيب بالجاذبية وعمليات المعالجة الكيميائية متبوعة بالترشيح .

جـ- الملوثات العضوية الذائبة:

يجب إزالة المواد العضوية البسيطة والأحماض العضوية من المياه عن طريق المعالجة الكيميائية، وهناك بعض المواد العضوية التي قد تمر عبر عمليات التقطير والتكثيف للمياه مثل المبيدات الحشرية والمواد الكيميائية العضوية الصناعية والتي قد يصعب إزالتها عن طريق التقطير/التكثيف. ويتم إزالة معظم المبيدات الحشرية ذات الأوزان الجزيئية الكبيرة من خلال استخدام تقنية التحلية بالتناضح العكسي.

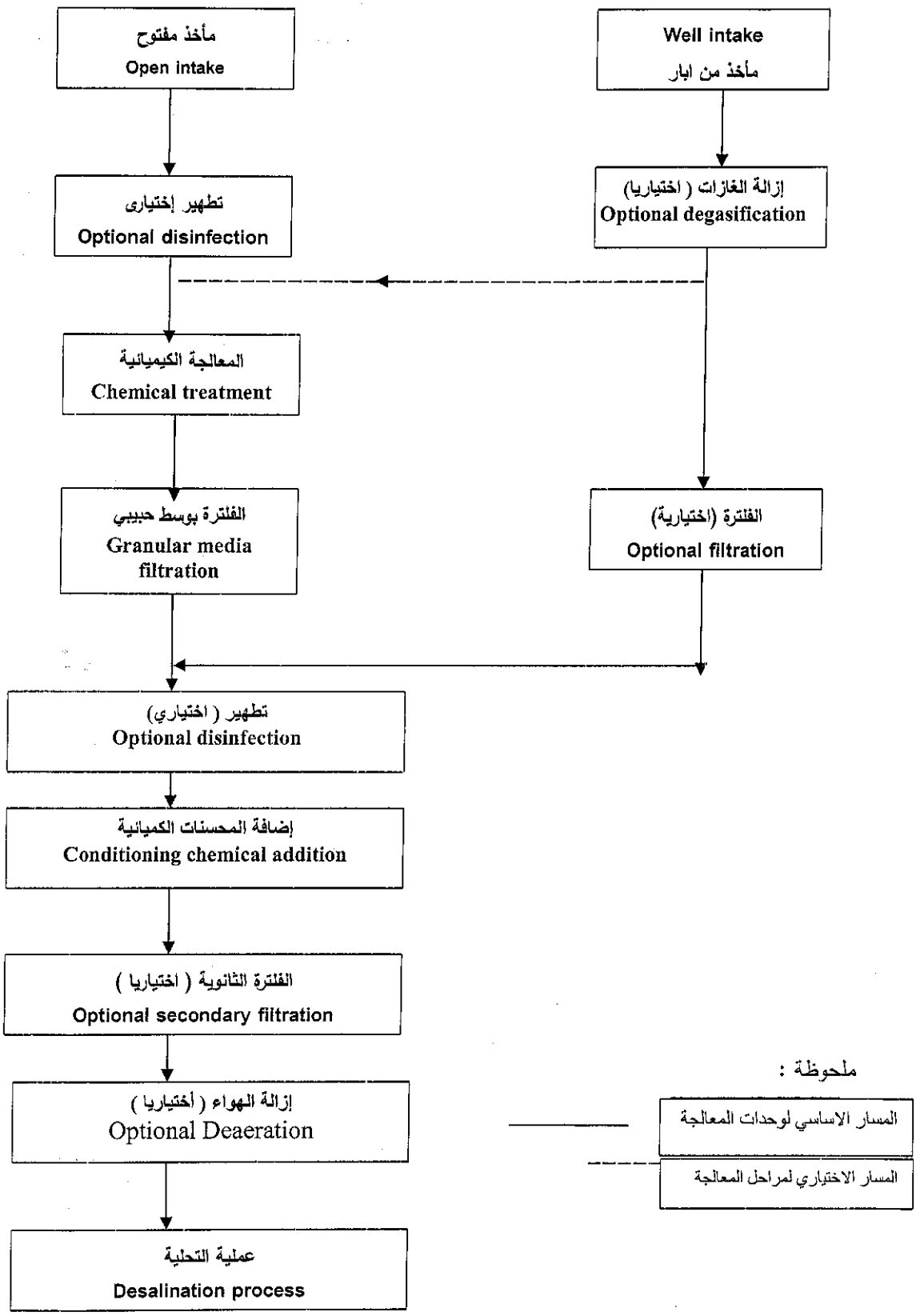
د - الأملاح شحيحة الذوبان في المياه (سهلة الترسيب) :

يجب خفض مستويات الأملاح القابلة للذوبان بنسب بسيطة قبل عمليات تحلية مياه البحر باللجوء إلي التبادل الايوني والمعالجة الكيميائية المتبوعة بالترشيح. وقد لا يبدو هذا الاسلوب للمعالجة مناسبا من الناحية الاقتصادية، لذا يجب إجراء تقييم اقتصادي قبل الشروع في تصميم المحطة .

وتلك المعالجة ضرورية بسبب تغير العوامل الفيزيقية والكيميائية خلال عمليات التحلية والذي ينتج عنه أن بعض المواد القابلة للذوبان قد تترسب وتصبح غير قابلة للذوبان، ويؤدي ترسيب تلك المواد إلي التأثير علي خطوات التحلية من خلال تكوينات رسوبية علي جدران أغشية التناضح العكسي وأيضا علي أسطح المبخرات عند استخدام تقنية التحلية الحرارية. ومن المواد التي تترسب بسهولة وعلى نطاق واسع الايونات الموجبة ثنائية الشحنة مثل أملاح الكالسيوم والماغنيسيوم وتتكون الترسبات عادة عندما يصل التركيز لدرجة التشبع.

٣-٣-٢ مراحل المعالجة الأولية

وتشمل المعالجة الأولية المراحل التالية كما هو موضح بالشكل (٣-١):



شكل (٣-١) مراحل المعالجة الأولية للمياه الخام

٣-٣-٢-١ التخثير Coagulation

يجب التخلص من المواد الصلبة والمواد العالقة والتي تتكون نتيجة لخفض الشحنات الموجودة علي سطح الجزيئات والتي تؤدي إلي ترسيب تلك المواد،وذلك باستخدام بعض الكيماويات مثل الجير، الشبة (تعتبر أفضل مخثر coagulant لأنظمة تحليه المياه) ، وأملاح الحديديك ، والبولي إلكترولايت. كما يجب تقييم جميع المواد الكيميائية المستخدمة في المعالجة الأولية لتحديد تأثيرها على المراحل المختلفة لعمليات التحلية كالتالى :

١ - الكالسيوم الموجود في الجير يمكن أن يسبب زيادة في العسر أثناء عملية التقطير/ التكثيف،
٢ - زيادة أملاح الحديد تتسبب في انسداد أغشية تحليه المياه.

ويتم التخلص من المواد الصلبة غير القابلة للذوبان باستخدام الترويق أو الترشيح المباشر(الفلاتر).

وفيما يلى العوامل التى تؤثر على نجاح عملية التخثير :

١ - عملية الخلط
٢ - الاس الهيدروجينى
٣ - معامل القلوية
٤ - درجة الحرارة
٥ - درجة العكارة

إذا كان تركيز القلوية في المياه ليست عالية بما فيه الكفاية، بحيث يؤدى لعدم تشكل الندف الفعالة عند استخدام إما الشبة أو كبريتات الحديديك حيث ان الأملاح المعدنية (الشبة alum ، كبريتات الحديديك ferric sulfate ، كلوريد الحديديكferric chloride) تستهلك القلوية الطبيعية بالنسب التالية :

- كل ١ مجم من الشبة alum تستهلك ٠.٥ مجم من القلوية (مثل كربونات الكالسيوم calcium carbonate)
- كل ١ مجم من كبريتات الحديديكferric sulfate تستهلك ٠.٧٥ مجم من القلوية (مثل كربونات الكالسيوم calcium carbonate)
- كل ١ مجم من كلوريد الحديد ferric chloride تستهلك ٠.٩٢ مجم من القلوية (مثل كربونات الكالسيومcalcium carbonate)

لذلك يجب إضافة القلوية إلى المياه (الجيرlime ، رماد الصوداsoda ash ، الصودا الكاويةcaustic soda) لكي تعمل الأملاح المعدنية بشكل صحيح. وفيما يلى حدود تقريبية لهذه الجرعات ويجب حسابها بدقة باستخدام احتبار الجار (Jar test).

- ١ مجم من الشبة alum تتفاعل مع:

٠.٧٢٧ مجم / لتر من بيكربونات الصوديوم sodium bicarbonate

٠٥٤ مجم/لتر من رماد الصودا soda ash

٠.٣٧٤ مجم/ لتر من الجير lime [as $Ca(OH)_2$]

٠.٢٨٣ مجم / لتر من الصودا الكاوية caustic soda

- ٢- ١ مجم / لتر من كبريتات الحديد ferric sulfate تتفاعل مع :-

١.٠٨ من بيكربونات الصوديوم ;sodium bicarbonate

- ١.١ من رماد الصودا ;soda ash

٠.٥٩ من الجير ;lime [as $Ca(OH)_2$]

٠.٤٢٦ من الصودا الكاوية caustic soda

- ٣ - ١ مجم / لتر من كلوريد الحديد ferric chloride تتفاعل مع :

٠.٩٠ من بيكربونات الصوديوم sodium bicarbonate

٠.٨٩ من رماد الصودا soda ash

٠.٩٣ من الجير ;lime [as $Ca(OH)_2$]

٠.٣٥ من الصودا الكاوية .caustic soda

٣-٣-٢-٢ إزالة العسر وضبط الأس الهيدروجيني

يجب ضبط الاس الهيدروجيني pH وإزالة العسر بالمرشحات حيث يؤدي إهمال ذلك إلي تراكم جزيئات الجير العالقة بالمياه الخام ، ويؤدي زيادة العسر إلي الحد من كفاءة إنتاج المياه المحلاة. علما بأن استخدام الجير بالأسلوب الصحيح سيؤدي الي التخلص من كمية ملموسة من الفلوريد بعد الوصول بالرقم الهيدروجيني إلي أعلي من (٧) ويجب أن تجرى الدراسات التجريبية والتحاليل المعملية للوصول إلي التصميم الأمثل لنظام التخثير Coagulation وذلك من خلال ما يلي:

٣-٣-٢-٢/١ إزالة العسر بالترسيب Scale Inhibitors

يتم التغلب على ترسيب كربونات الكالسيوم، وهيدروكسيد الماغنسيوم، وكبريتات الكالسيوم من خلال إضافة الكيماويات المضادة للعسر، ويستخدم عادة نوعان من مضادات العسر هما

البولى فوسفات والبولي اليكتروليت. ويعد البولى فوسفات اختباراً قياسياً فى حالة إستخدام طرق التحلية دون حرارة مرتفعة (الأغسية) ، حيث تفقد فاعليتها عند إستخدام طرق تحتاج إلى حرارة أعلى من ٨٦° ويعتبر مركب سداسي ميتا فوسفات الصوديوم هو الاكثر انتشارا في هذه الصناعة، بينما يعتبر البولي الكترولايت العضوي حديث الاستخدام لذا يجب الالتزام بالمعايير المحددة لاستخدامه في مياه الشرب.

يستخدم البولى فوسفات لازالة العسر فى حالات التحلية دون الحرارة المرتفعة (لا تزيد عن ٨٦ م) مثل الأغشية وأشهر مركباته هو مركب فيتا فوسفات الصوديوم

حديثا يستخدم البولى الكترولايت العضوى فى خلال ذلك مع ضرورة الالتزام بالمعايير المحددة لاستخدامه فى مياه الشرب .

٣-٣-٢-٢/٢ ضبط الاس الهيدروجيني pH adjustment

يجب تعديل الاس الهيدروجيني ليتوافق مع متطلبات التصميم الأمثل لنظام تحلية المياه المختار. حيث أن إضافة كيماويات التخثر غالبا ما تغير درجة الأس الهيدروجيني بشكل كبير، وفي معظم الحالات يجب أن نعود بالرقم الهيدروجيني إلى مستوى التعادل أو حامضى قريباً من التعادل. ويستخدم ثاني أكسيد الكربون أوحامض الكبريتيك أوحمض الهيدروكلوريك لخفض درجة pH. ولا ينبغي استخدام غاز ثاني أكسيد الكربون لضبط الأس الهيدروجيني في نظم إضافة الجير بسبب مشكلة ترسبات العسر المذكورة سابقا المرتبطة بالمعالجة بالجير. كذلك لا يفضل استخدام حامض الكبريتيك لضبط الرقم الهيدروجيني حيث أن الزيادة الناتجة في أملاح الكبريتات يمكن أن تسبب ترسيبات العسر لنظام تحلية المياه والتي تعرقل عملية إزالة الفلوريدات إذا انخفض الرقم الهيدروجيني لأقل من ٧.٠.

ويمكن التاكد من خلال مؤشر لانجلير للتشبع (LSI) لمياه الآبار حتي ١٠ الاف جزء في المليون ملوحة ومؤشر ستيف ديفيزلمعامل الإنحراف (S & DSI) للمياه ذات تركيز أملاح أكثر من ١٠ الاف جزء في المليون. وتعتبر كربونات الكالسيوم في حالة اتزان مع المياه عندما تكون في حالة ذوبان دون ترسيب طبقاً للآتي :

LSI = pH – pHs (TDS ≤ 10000 mg/l)
S & DSI = pH – pHs (TDS > 10000 mg/l)

حيث أن pHs هيدرجة تركيز الأيدروجين عند حاله التشبع.، وللتحكم في ترسيبات قشور كربونات الكالسيوم فيضاف الحمض بحيث يكون (LSI, S, DSI) بقيم أقل من الصفر

- LSI >0 super saturated & precipitates $CaCO_3$
- LSI = 0 in equilibrium

- LSI <0 under-saturated and dissolves $CaCO_3$
- LSI is a function of: Alkalinity, calcium, TDS, pH, temperature
- pH is the measured water pH
- pHs is the pH at saturation in calcite or calcium carbonate and is defined as:
- $pHs = (9.3 + A + B) - (C + D)$
- $A = (Log_{10} [TDS] - 1)/10$
- $B = -13.12 \times Log_{10} (C^{o} + 273) + 34.55$
- $C = Log_{10} [Ca_2+ \text{ as } CaCO_3] - 0.4$
- $D = Log_{10} [\text{alkalinity as } CaCO_3]$

٣-٣-٢-٣ إزالة الغازات (Degasification) وإزالة الهواء (DE aeration)

يتم إزالة الغازات الذائبة من المياه الخام بإحدى الطريقتين التاليتين:

- يتم التخلص من الغاز المذاب المطلوب التخلص منه بواسطة غاز آخر، أو بواسطة بخار الماء عندما يتطلب الأمر التخلص التام من الأوكسجين والنيتروجين.
- يتم إزالة الغازات غير الموجودة بالهواء الجوي Non-Atmospheric gasesمن خلال برج إزالة الغازات degasification tower عن طريق التهوية وفي اتجاه معاكس لاتجاه المياه المطلوب تنقيتها من الغازات. كما تستخدم الابراج للتخلص من الغازات ضمن عملية التبخير والتقطير والتي تتطلب درجات حرارة عالية.

ويعتبر البديل الاقتصادي عند اختيار عملية إزالة الهواء في محطات إزالة الملوحة بالتقطير في أسلوب نزع الهواء بخفض الضغط باستخدام طلمبات التفريغ او الخلخلة والتذرية لإخراج االهواء من المياه.

وهناك بديلان اساسيان لمنظومة توزيع المياه في وحدة نزع الهواء وهما:

- البديل الاول: يتم رش وتذرية المياه في الخزان حيث يؤدي إلي نتائج جيدة.
- البديل الثاني: (وهو البديل الاقل تكلفة) وفيه يتم إسقاط المياه علي أسطح متعاقبة. وبالرغم من عدم الكفاءة التامة لنزع الهواء بهذه الطريقة إلا أن اقتصاديتها ناجمة عن صغر الحيز المستخدم وعدم الحاجة لضغط الماء مما يوفر النفقات.

1 - Average flux rate & limits of flux % decrease per year

- تراجع تعليمات الشركة المنتجة للغشاء ويتم تحديد القيم طبقا لطراز ونوع الغشاء
- معدل وحدود تدفق المياة الخام

تعريف الـ Flux: هومعدل تدفق المياه الخام (ل/س أو جالون/يوم) مقسوما علي مساحة سطح الغشاء (م٢أوقدم٢) $\{gf^2d = 1,7\ l/m^2/h\}$

2 - Expected % Salt Passage (SP) Increase per year

Membrane Type	SP % increase/year
Cellulosic membrane	17 – 33
Composite Membrane	3-17

3 - Limits of Saturation Indices (Langelier and Stiff & Davis Saturation Indices):

Condition	LSI Value
LSI and SDSI without scale inhibitor	≤ - 0.2
LSI & SDSI with SHMP	≤ 0.5 صوديوم هكسا ميتا فوسفات
LSI & SDSI with organic scale inhibitor	≤ 1.8

4 - To avoid particle or biofouling of membrane , should be < 0.5 NTU

5 - To avoid biological fouling, or bio fouling of membrane , in case of Chlorine oxidization, the max. limit of 0.1 ppm , while exposure is limited to :200-1000 mg-hrs/L over membrane lifetime

6- Tar & Oil limit < 0.1 تغلق المحطة في حالة عدم وجود حماية من الزيت والقار

٣-٣-٢-٤ المصافى:

في حالة اللجوء الي المآخذ المفتوحة Open Intakes وحين يتضمن التصميم وجود مصافي لفصل الأجسام كبيرة ومتوسطة الحجم، فيجب الالتزام بما يلي :

١ – تكون المصافى متوسطة لازالة المواد العالقة الصغيرة من ٢-٣ مليمتر (١ بوصة)

٢ – تكون المصافى شبكية دقيقة ليتم ازالة جزيئات اقل من ٨٠ ميكرون.

٣-٣-٢-٥ الترشيح بالوسط الحبيبي (حبيبات الميديا):

يجب اللجوء الي المرشحات ذات الوسط الترشيحي الحبيبي Granular Media (قد تعمل بتأثير الضغط أو الجاذبية) حينما تتطلب عملية التحلية الحصول علي درجة منخفضة جدا من المواد العالقة خاصة بعد إستخدام الجير لإزالة العسر أو كيماويات الترويق أو أي كيماويات يترتب علي استخدامها تكون جسيمات عالقة بالماء الخام. وتستخدم الفلاتر احادية او ثنائية الميديا كما انه يمكن – في بعض الحالات – إستخدام اوساط ترشيح متباينة ومتداخلة Mixed Media.

٣-٣-٢-٥/١ أنواع الفلاتر

أ. الفلاتر أحادية الميديا:

وفيها يحتوي الفلتر علي وسط ترشيحي (ميديا) من نوع واحد والتي عادة ما تكون رمل السيليكا المحبب. كما أنه يمكن إستخدام فحم الانثراسيت بعد عملية إزالة العسر بالجير أو الجير والصودا. وفي بعض حالات المعالجة الأولية يتم اللجوء الي أوساط ترشيحية بديلة كالرمل الاخضر (الزيوليت) لازالة الحديد . ولا يتم اللجوء لوسط الترشيح المصنوع من مادة الدياتوماس لطبيعته حيث أنه علي شكل بودرة تؤدي الي فاقد كبير في الضغط عند استخدامه.

معدل الترشيح (filtration rates) = ٢-٦ جالون/ق/قدم مربع (٥.٥ – ١٦) م^{٣}/ساعة/م^{٢}

ب. الفلاتر ثنائية الميديا:

وتحتوي علي نوعين من أوساط الترشيح لكل منهما كثافة نوعية مختلفة عن الاخري ينتج عن إختلاف الكثافة ظهور طبقتان من الوسط الترشيحي في الطبقة الاولي يستخدم رمل السليكا او الرمل الاخضر Green sand بينما يستخدم فحم الانثراسيت للطبقة الاخري الامر الذي يؤدي الي فصل كمية كبيرة من الرواسب العالقة بالمياه الخام بالإضافة الي ميزة تخفيض فاقد الضغط خلال التشغيل. حيث يحقق التدرج من حجم الحبيبات من الخشن الي الناعم جودة عالية للترشيح. يعد هذا النوع من الفلاتر محققا لنتائج جيدة في عمليات المعالجة المبدئية لمحطات تحلية مياه البحر.

معدل الترشيح (filtration rates) = ٢.٥-٥ جالون/ق/قدم مربع (٨ – ١٣.٥) م^{٣}/ساعة/م^{٢}

ج. فلاتر الآوساط المختلطة Mixed-Bed

وفيها يتم استخدام ثلاث أنواع من الوسط الترشيحي يتدرج حجمها من الخشن الي الناعم وغالبا ما تتكون من رمل السيليكا وبودرة الرخام الجرانيتي وفحم الانثراسيت وفي تلك الأنواع لا يبدو الفاصل بين مستويات الميديا محددا وإنما يحدث بعض التداخل بين أوساط الترشيح الثلاثة ويحقق التدرج في أحجام الوسط الترشيحي بين الناعم والخشن ،إنخفاضا واضحا في رقم SDI المعبر عن العكارة التي تسببها المواد العالقة بالمياه الخام

معدل الترشيح (filtration rates) = ٥-٧ جالون/ق/قدم مربع (١٣.٣ – ١٩) م^{٣}/ساعة/م^{٢}

يتم استخدام اي من الانواع السابقة طبقاً لنوعية المياه الخام

٣-٣-٢-٥/٢ الترشيح الثانوي Secondary Filtration

الترشيح الثانوي ضروري لضمان عدم مرور المواد متناهية الصغر (الجزيئات) الي المراحل التالية في عملية التحلية ويتم اللجوء اليها كوسيلة لوقاية الأغشية، وتستخدم الفلاتر الخرطوشية Cartridge filters (الورقية) عادة في هذا التطبيق.كذلك تستخدم الفلاتر الفائقة Ultra filters في هذه المراحل كوسيله لقياس مدي الحماية المقدمة للأغشية.

٣-٣-٢-٥/٣ الوحدات الخرطوشية Cartridge Units

تتحقق الحماية المطلوبة لوحدات التحلية باستخدام الفلاتر الخرطوشية والتى تتميز بسهولة الاستبدال والتي يمكنها منع جزيئات يصل حجمها مابين ٠.٥ – ٢٠ ميكرون، وبالرغم من وجود أنواع من الفلاتر الخرطوشية القابلة للغسيل العكسي إلا أن الغالبية منها تستبدل خراطيشها عند وصول الفاقد في ضغط التشغيل الي ٠.٨ م^{٣}/ساعة لكل ١٠ قدم مربع.

الفلاتر الخرطوشية المركبة قبل الأغشية مباشرة (١ – ٥ ميكرون) =
Typically, <0.8cu-m/hr per 10" equivalent

٣-٣-٢-٥/٤ الفلاتر فائقة الترشيح Ultrafiltration Units

للوصول بدرجة الترشيح الي ٠.٠٠٥ ميكرون يجب استخدام الفلاتر المتطورة، وتعتبر هى الطريقة الأحدث في الحماية الثانوية والتي تمكن من خلال تقنيتها المتقدمة وخاماتها المتطورة بالوصول بدرجة الترشيح الي أقل من ٠.٠٠٥ ميكرون من خلال وحدات ثابتة (لا يتم استبدالها) وقابلة للغسيل العكسي. وتتمتع بعض الانواع بقدرة علي استخلاص الملح مما يخفف من الضغط علي الاغشية في وحدة التحلية، بالاضافة الى قابلية الغسيل العكسي والتي تجعل من هذه الفلاتر تقنية ممتازة للترشيح الثانوي.

وفيما يلي الحدود التي تخص وحدات الترشيح المبدئية UF/ NF (الترا فلتر ونانو فلتر) وذلك لزيادة العمر الافتراضى لها من ٥–١٠ سنوات مع ضرورة مراعاة الاتى عند عملية اعادة الغسيل:

١ – يتم عمل اعادة الغسيل للفلاتر كل ١٥ الى ٦٠ دقيقة لمدة تتروح من ٣٠ الى ٦٠ ثانية
٢ – يكون معدل تحميل الغسيل العكسى ١٨٥ جالون لكل قدم فى اليوم عند ضغط ٣٥ بسكال (Backwash flux rate)
٣ – تتم عملية التعقيم والتطهير باستخدام الكلور او بيروكسيد الهيدروجين (chlorine or hydrogen peroxide) مع الاخذ في الاعتبار ان تتم عملية اعادة الغسيل كل ١ الى ٤ ساعات لازالة الملوثات البيلوجية (biological fouling)
٤ – معدل سرعة التحميل تكون من ٣٦ الى ١١٠ جالون لكل قدم مربع فى اليوم (Flux rate) أو ما يساوى ٦٠ – ١٨٣ ل/م^{٢}/ساعة

٥ – معدل العكارة للمياة الخام من ٠.٢ الى ١ وحدة عكارة

٦ – معامل كثافة الطمى (SDI) من ٢ الى ٦,٩ فى المياة الخام

وبعد مراعاة الاشتراطات السابقة فى عملية اعادة الغسيل للفلاتر تكون النتائج كما يلى :

– العكارة اقل من ٠.١ وحدة عكارة (Turbidity < 0.1 NTU)

- Bacteria > 4 log removal -
- Giardia Cysts > 4 log removal
- Cryptosporidium Oocysts > 4 log removal
- Virus Rejection - > 4 log
- Virus Rejection - > 2.5 log

٣-٣-٢-٦ التعقيم Disinfection

من الضروري تعقيم المياه المعدة للشرب طبقا للمعايير الصحية، حيث تعد المآخذ البحرية وسطا جيدا للنمو البيولوجي والذي يسبب مشاكل جمة علي اسطح الأغشية وكذا معدات وحدات التحلية، لذا فإن الأغشية المصنوعة من مادة السليولوزأسيتيت Cellulose acetate تحتاج لتعقيم متواصل للحماية من تواجد البكتيريا علي سطح الغشاء. ويمكن استخدام المبيدات البيولوجية biocides القوية لوقف النمو المتزايد للبكتيريا في المآخذ والمواسير ووحدات التخزين،وهناك أساليب مختلفة للتعقيم والتي ينصح خلالها بعدم استخدام الكلور عند التلوث العضوي الشديد مثل :

٣-٣-٢-٦/١ التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية

وهو إحدى الأساليب المؤثرة وفيه تنساب المياه الخام خلال خزان مزود بلمبات التعقيم مما يعرض المياه بمحتوياتها للأشعة القاتلة مما يؤدي ال منع الميكروبات من مهاجمة وتدمير الاغشية المصنوعة من مادة السليولوزأسيتيت أو التلويث العضوي للأغشية المصنوعة من مادة البولي أروماتيك والتي تعاني من حساسية شديدة تجاه المواد الكيميائية المؤكسدة مما يؤدي الي الاعتماد علي التعقيم الاشعاعي كبديل فعال.

٣-٣-٢-٦/٢ المؤكسدات Oxidants

وفيها يتم اللجوء إلي الكيماويات المؤكسدة مثل الكلور والبروم واليود أو الاوزون لحماية الأغشية، ويجب العناية بمراقبة الكلور بحيث يظل الكلور المتبقي تحت مستوي ١ ملليجرام/لتر.

ويؤدي استخدام الكلور في وجود تركيزات عالية من المواد البيولوجية والعضوية إلي تكون مركبات الكربون الهالوجيني مثل مركبات الترايهالوميثان،ويؤدي ضخ الكلور قبل دخول الماء الي المرشحات الي

زيادة زمن التلامس وزيادة معدلات تكون مركبات الترايهالوميثان وفي حالة تجاوز الترايهالوميثان المتكون الي ما يزيد عن ٠.١ ملج/ل يجب اللجوء الي استخدام معقم آخر غير الكلور.

٣-٣-٢-٣/٦ إزالة الكلور المتبقي De-chlorination

يجب التأكد من عدم وجود الكلور الحر المتبقي في المياه الخام حتى لا تتأثر الأغشية الحساسة المصنوعة من البولي أروماتيك لذا لا بد من إزالته كلية من المياه بعد مرحلة المعالجة الأوليةوقبل دخول المياه إلي الأغشية. ويتم ذلك إما كيميائيا بإضافة مركبات الكبريتيت (Sulfite) أو باستخدام الكربون النشط (Activated Carbon) .

جدول رقم (٣-٥) يوضح إختيار التقنية طبقاً لنوعية المياه الخام وامكانية انتاج الكهرباء موضحاً القياسات والاختبارات المطلوبه في المياه الخام

	مصدر المياه الخام	استخدامات المياه المنتجة	طريقة التحلية المستخدمة	إمكانية إنتاج الكهرباء	كمية الكهرباءالمنتجة لنسبة (البخار عند درجة F ٢٦٤/ الكهرباء)	الاختبارات المطلوبة
١	مياه اعلى ملوحة من مياه البحر	مياه شرب	التقطير (على نطاق واسع)	--	--	الأملاح الذائبة الكلية
٢	مياه بحر	مياه تغذية لغلايات (ضغط عالي)	التقطير ثم التبادل الايوني	بواسطة التربينات البخارية	--	الاملاح الذائبة الكلية، أيون الكالسيوم، أيون الكبريتات، أيون الكربونات، الاس الهيدروجيني
٣	مياه بحر	مياه شرب	التقطير الحراري مع او بدون ضغط البخار	بواسطة التربينات البخارية	اكبر من $10*10^6$ BTU/KW	الاملاح الذائبة الكلية، أيون الكالسيوم، أيون الكبريتات، أيون الكربونات، الاس الهيدروجيني
٤	مياه بحر	مياه شرب	التقطير بالضغط البخاري او الفقد الحراري	بواسطة الات الاحتراق الداخلي	--	الاملاح الذائبة الكلية، العدد البكتيري، العكارة
٥	مياه بحر	مياه شرب	التناضح العكسي	لا	اقل من $10*10^6$ BTU/KW	الأملاح الذائبة الكلية، الكالسيوم، الكبريتات، الكربونات، الأس الهيدروجيني ، العد البكتيري، كثافة الطمي SDI العكارة ،الزيوت والشحوم
٦	مياه جوفيه	مياه شرب	التناضح العكسي		--	الأملاح الذائبة الكلية، الكالسيوم، الكبريتات، الكربونات، الأس الهيدروجيني ، العد البكتيري، كثافة الطمي SDI العكارة ،الزيوت والشحوم
٧	مياه جوفيه عالية الملوحة	مياه شرب	التحليل الكهربي العكسي			الأملاح الذائبة الكلية، تحليل ايوني كامل،العددالبكتيري،العكارة

جدول رقم (٣-٦) يوضح طرق التحلية المستخدمة والمعالجة الأولية المطلوبة طبقاً لنوعية المياه الخام

م	مواصفات المياه الخام	طريقة التحلية المستخدمة	المعالجة الأولية المطلوبة
١	١- العكارة أكبر من ٢٠ NTU ٢- ارتفاع تركيز كربونات الكالسيوم ٤-تركيز الزيوت أكبر من ١٠مجرام/ لتر ٥-TDSأكبر من ٥٠ ألف ppm	استخدام التحلية بالتقطير او البحث عن مصادر اخرى للمياه اقل تكلفة	ترسيب الأملاح الأقل ذوبان باستخدام المروبات ضبط حقن الكلور او الاشعة الفوق بنفسجية ضبط حقن كبريتات الالومنيوم (jar test) استخدام نظام معالجة الزيوت(DAF) ضبط حقن مانع الترسيب استخدم فلتر ١٠ ميكرون أو اقل
٢	١- العكارة أكبر من ١ NTU ٢-تركيز الزيوت اقل من ١٠مجرام/ لتر ٣-SDIاكبر من ٣ ٤- TDS من ٢٠ ألف- ٥٠ ألف ppm	استخدام التناضح العكسي(RO) من نوع أغشية البحر	١-ضبط حقن كبريتات الالومنيوم (jar test) ٢-ضبط حقن الكلور او الاشعة الفوق بنفسجية ٣-ضبط الأس الهيدروجيني PH ٤-ضبط حقن مانع الترسيب ٥-استخدم فلتر ١٠ ميكرون او اقل
٣	١- العكارة اقل من ١ NTU ٢- تركيز الزيوت اقل من ١٠مجرام/ لتر ٣- SDI اقل من ٣ ٤- TDS من٢٠ ألف- ٥٠ ألف ppm	استخدام التناضح العكسي(RO) من نوع أغشية البحر	١- ضبط الأس الهيدروجيني PH ٢- ضبط حقن الكلور او الاشعة الفوق بنفسجية ٣-ضبط حقن مانع الترسيب ٤-استخدم فلتر ١٠ ميكرون او اقل
٤	١- العكارة اقل من ١ NTU ٢- تركيز الزيوت اقل من ١٠مجرام/ لتر ٣- SDI اقل من ٣ ٤- TDS من٣ ألف- ٢٠ ألف ppm	استخدام التناضح العكسي(RO) من نوع أغشية البحر منخفضة الضغط	١-ضبط الأس الهيدروجيني PH ٢- ضبط حقن الكلور او الاشعة الفوق بنفسجية ٣- ضبط حقن مانع الترسيب ٤- استخدم فلتر ١٠ ميكرون او اقل
٥	١- العكارة اقل من ١ NTU ٢- تركيز الزيوت اقل من ١٠مجرام/ لتر ٣- SDI اقل من ٣ ٤- TDS من٥٠٠ - ٤٠٠٠ ppm	استخدام التناضح العكسي(RO) من نوع أغشية الأملاح المنخفضة أو استخدام التأين الكهربي تبعاً لنوع الاستخدام	١-ضبط الأس الهيدروجيني PH ٣- ضبط حقن الكلور او الاشعة الفوق بنفسجية ٣- ضبط حقن مانع الترسيب ٤- استخدم فلتر ١٠ ميكرون او اقل

الباب الرابع : الجزء الأول "التناضح العكسى"

الفصل الأول : عام

٤-١-١-١ مقدمة

تعتبر تحلية ومعالجة االمياه بإستخدام تقنية التناضح العكسى (RO) من أهم الطرق المنتشرة علي نطاق واسع علي مستوي العالم، والتي يمكن من خلالها الحصول على مياه شرب ذات مواصفات مطابقة لمتطلبات منظمة الصحة العالمية ومن ثم وزارة الصحة المصرية.

٤-١-١-٢ الضغط الأسموزى (التناضح العكسي)

يرجع أصل كلمة التناضح بالانجليزية (osmosis) الى الكلمة اليونانية (osmos) وهي تعنى باليونانية الدفع. والتي يمكن تعريفها على انها الحركة الطبيعية للمادة المذيبة من خلال غشاء شبه نفاذ اعتمادا على الفرق فى الجهد الكيميائى فيما بين محلولين يفصل بينهما الغشاء شبه النفاذ. ويمكن تحديد الضغط الاسموزي P_{osm} للسائل معمليا عن طريق قياس تركيز الاملاح الذائبة في هذا السائل من العلاقة الاتية:

التركيز بالمولات $P_{osm} = 1.19\ (T + 273)\ x\ \Sigma(mi)$

حيث:

P_{osm} = الضغط الاسموزي مقاس بوحدة PSI

T = درجة الحرارة مقاسة بالدرجة السليزية

$\Sigma(mi)$ = مجموع تركيز الايونات او الجزيئات في المحلول

نغترض محلول كلوريد صوديوم تركيزة ٢٠٠٠ جزء في المليون ، وحيث ان الوزن الذري بكل من الصوديوم والكلوريد هو ٢٣ ، ٣٥.٥ مم/مول فان عدد المولات = ٢/٥٨.٥ اي ٠.٠٦٨٤ مول/لتر وبالرجوع الى المعادلة السابقة فان الضغط الاسموزي للمحلول يساوي ١.٧ بار.

وبالتالي فإنه لعكس العملية يلزم تطبيق ضغط على الأغشية شبه المنفذه بحيث يكون أعلي من أسموزية المحلول وهو ما يعرف بالتناضح العكسي أو الضغط الاسموزي المنعكس.

وتستخدم اغشية التناضح العكسي في تحلية المياه متوسطة الملوحة او مياه البحر وتعتمد كفائتها على خصائص المياه المستخدمة.

٤-١-١-٣ الخصائص الكيميائيه لمياه البحر

تعتبر مياه البحر محلولاً ملحياً موصلاً جيداً للكهرباء وتتحدد الخواص الطبيعية والكيميائية لهذه المياه طبقا لمحتوياتها من الاملاح المختلفة. وهناك سبع أيونات مختلفة توجد فى مياه البحر تمثل نسبة ٩٩.٥% من مجموع المواد الذائبة الكلية فى هذه المياه وهذه الأيونات هى: الصوديوم (Na^+) ، البوتاسيوم (K^+) ، المغنسيوم (Mg^{++}) ، الكالسيوم(Ca^{++}) ، الكلوريد(Cl^-) ، الكبريتات (SO_4^{--}) ، الكربونات (CO_3^{--}) وبعض العناصر والمكونات الاخرى. ويستخدم التحليل الخاص بمياه البحر للتعرف على المكونات الايونية ، ودراسة أتزانها (تعادل المكافئ الكاتيونى والمكافئ الانيونى) ، ثم يستخدم كلا المكافئين (الانيونى والكاتيونى) فى تحديد الضغط الاسموزى المكافئ طبقا لدرجة حرارة مياه البحر السائدة فى المنطقة ، وكذلك يستخدم التحليل لعناصر المياه لاستنتاج معامل لافلير للتشبع (LSI) فى حالة المياه التى تصل ملوحتها اقل من ١٠٠٠٠مليجرام/اللتر، او S&D فى حالة المياه التى تصل ملوحتها اعلى من ١٠٠٠٠مليجرام/اللتر (جدول ٤-١)، عن طريق تحديد كميات ونسب المكونات الكيميائية للاملاح الذائبة ومنها يتم التعرف على قيم المتغيرات المستخدمة فى حساب الاس الهيدروجينى عن التشبع pH_s، وعن طريق ذلك يمكن تحديد الاس الهيدروجينى النهائى وأمكانية حدوث تكدس الاملاح على سطح الاغشية من عدمه ، وكذلك لتحديد اذا ما كانت الترسيبات الكلسية المتوقعة من أملاح الكربونات أو السلفات ، حيث أن الاخيرة يصعب معالجتها وأزالتها ، أما الكربونات فيمكن التعامل معها وأزالتها بأستخدام الاحماض عند درجات حرارة مناسبة لعملية أذابة وأزالة هذه الاملاح الكربونية المترسبة.

جدول (٤-١) حدود وتعاريف الـ LSI

LSI	Indication
LSI<0	Water is undersaturated with respect to calcium carbonate. Undersaturated water has a tendency to remove existing calcium carbonate protective coatings in pipelines and equipment.
LSI=0	Water is considered to be neutral. Neither scale-forming nor scale removing.
LSI>0	Water is supersaturated with respect to calcium carbonate ($CaCO_3$) and scale forming may occur.

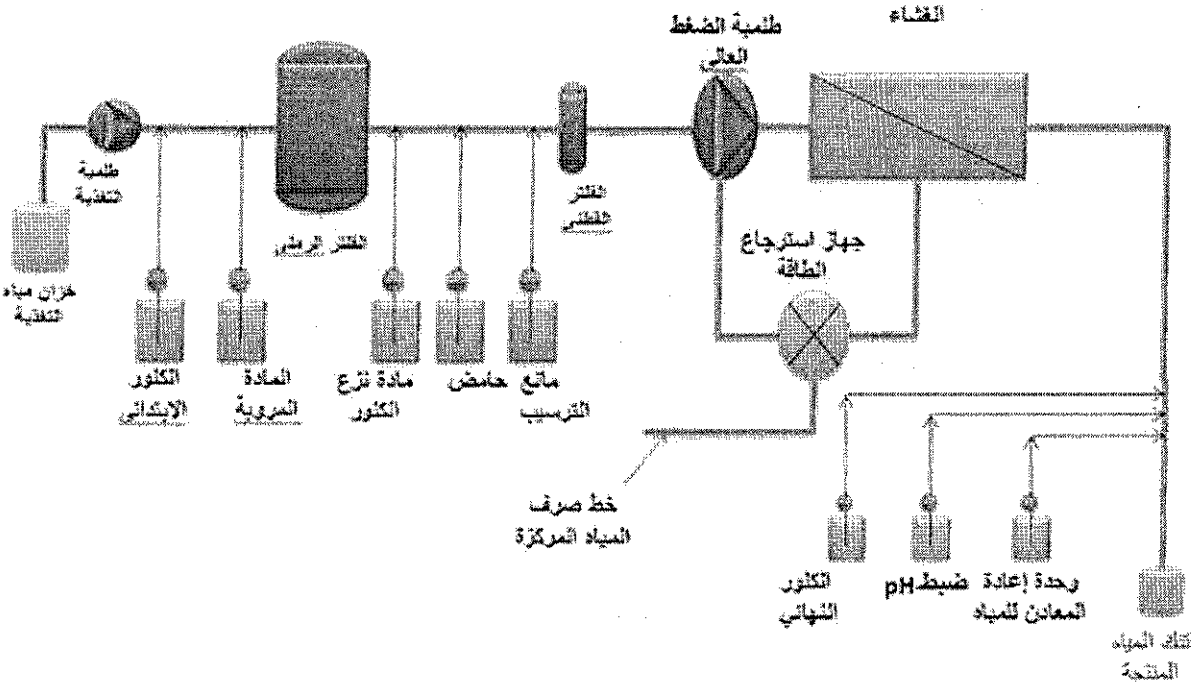
LSI (Carrier)	Indication
-2,0<-0,5	Serious corrosion
-0,5<0	Slightly corrosion but non-scale forming
LSI = 0,0	Balanced but pitting corrosion possible
0,0<0,5	Sligthly scale forming and corrosive

٤-١-١-٤ تحلية المياه باستخدام تقنية التناضح العكسي

بلغت نسبة مساهمة محطات التناضح العكسي (RO) في عام ١٩٩٦ حوالي ٣٦% من إجمالي الطاقة الإنتاجية العالمية. أما في عام ٢٠٠٠ فقد وصلت إلى٤١,١% وازدادت تلك النسبة لتصل إلى حوالي ٦٥ % عام ٢٠١٦ وذلك بالنسبة لكل المحطات سواء كان مصدر تغذيتها من مياه البحر أو المياه قليلة الملوحة، ومن المتوقع أن تكون أهم التطورات المستقبلية في تكنولوجيات إزالة الملوحة هي تلك التي ستحدث في تكنولوجيا التناضح العكسي. وخلال العقود الثلاثة الماضية حدثت قفزات كبرى في هذه التكنولوجيا انعكست على الزيادة المطردة في استخدامها. وهناك العديد من التعديلات المتوقع حدوثها في المستقبل مثل:

- تطوير الأغشية.
- تطوير مضخات الضغط العالي.
- تحسين كفاءة معدات استعادة الطاقة.
- تواصل البحوث والدراسات الخاصة بتقنية التناضح المباشر (forward osmosis)

الإتجاه نحو زيادة نسبة مساهمة التصنيع المحلى لتشمل العناصر الأساسية بمحطات التحلية. ويبين الشكل (٤-١) المراحل المختلفة لنموذج محطة RO



شكل (٤-١) مكونات محطة تحلية مياه البحربأستخدام عملية التناضح العكسي

٤-١-١-٤-١ مرحلة المعالجة الأولية ما قبل عملية التحلية:

هناك عدة خطوات يجب أخذها في الاعتبار قبل ضغط المياه علي أغشية التناضح العكسي وهي:

- معالجة مياه التغذية لتصبح مطابقة لشروط عمل الأغشية ولتكون خالية من العوالق الصلبة
- إمرار المياه عبر مرحلة الفلترة الرملية Multimedia Filter والتى تعمل على أزالة العوالق ذات حجم أكبر من ٢٠ ميكرون
- يجب ان يتم امرارها من خلال وحدات خراطيش ميكرونيةCartridge Filter والتى تعمل على أزالة العوالق أكبر من ٥ ميكرون .
- ضبط الرقم الهيدروجيني (pH adjustment) عن طريق إضافة مواد كيميائية (Chemicals dosing) لمنع أي تكلسات أو ترسبات لاحقة ، ويكون الحقن بواسطة أستخدام مواد مختلفة مثل مانع الترسيب للاملاح (antiscalants).

٤-١-١-٤-٢ مضخات الضغط العالى High pressure pump

يتم في هذه المرحلة رفع ضغط المياه المراد تحليتها (المعالج) أوليا إلى مستوى ضغط مرتفع يزيد عن الضغط الأسموزى للمياه المالحة، لمعرفه المعادله المستخدمه فى الحساب يتم الرجوع الى ملحق ب (تصميم محطه تحليه)

٤-١-١-٥ الفصل بواسطة الأغشية

تعتبر هذه المرحلة أحد أهم المراحل في عملية التحلية، حيث تعمل الأغشية النفاذة على انتقال المياه العذبة فقط وحجز معظم الأملاح الذائبة والتي يتم تحويلها إلى خطوط الصرف ذات التركيز الملحي العالي، علما أن نسبة مئوية قليلة جدا تبقى في المياه المحلاه اعتمادا علي كفاءة الأغشية المستخدمة.

٤-١-١-٥-١ أشكال الأغشية الشائعة الإستخدام

تأتي الأغشية في عدة أنواع و أهمها:

- السطوح المستويه fram-flat modules
- ألأغشية الحلزونية Spiral wound
- أغشية الأنسجة ذات التجويفات الدقيقة.Hollow fine fiber

ومن الجدير بالذكر أن جميع هذه الأغشية تصنع من مادة السليلوز أسيتات (Cellulose acetate)أو البولي أميد الأروماتي (Aromatic polyamids).

٤-١-١-٥-٢ أسلوب منع انسداد الاغشية

إن من أهم الطرق المستخدمة للحفاظ علي كفاءة الأغشية لأطول فترة ممكنة هو إزالة الشوائب الشوائب الدقيقة و المواد الغروية , Colloidal substances ويتم ذلك بطريقتين ١) إضافة مواد كيميائية مضادة للتكلس و ترسيب الأملاح antiscalant في خط تغذية مضخة الضغط العالي قبل وحدة التناضح العكس، ٢) إزالة عسرة المياه في المعالجة الأولية باضافة الحامض. لمزيد من الشرح يرجى الرجوع الى الملحق.

٤-١-١-٥-٣ مرحلة التثبيت أو ما بعد المعالجة (مرحلة المعالجة النهائية)

إن من أهم الامور التي يجب مراعاتها بعد عملية التحلية باستخدام الأغشية هي ضبط الرقم الهيدروجيني للمياه pH adjustment ليتراوح من ٧ الى ٧.٥ وذلك لضبط عسر المياه .كما يتم تزويد المياه الناتجة بنسبة معينة من الكلور في حدود ٠.٥ جم/م٣ طبقاً لمواصفات وزارة الصحة وذلك لحفظها إثناء التخزين والضخ إلى الشبكة.

٤-١-١-٥-٤ طريقة الغسيل الكيميائي للأغشية

يجب العمل السريع على غسيل الاغشيه وذلك عند ملاحظة مايأتي:

- زياده فرق الضغط بين الماء المغذى والماء المطرود بنسبه تزيد عن ١٥% (Normalized)
- انخفاض كميه المياه المنتجه بنسبه تزيد عن ١٠% (Normalized)
- زيادة نسبة الاملاح فى المياه المنتجه بنسبه تزيد عن ١٠% (Normalized)

٤-١-١-٦ أساسيات تشغيل وصيانة محطات تحلية المياه بالتناضح العكسي

إن من أهم الامور التي يجب مراعاتها للحفاظ علي محطات التحلية مايلي:

١ - صيانة دورية ومتابعة لوضع مضخات الدفع Booster pumps إضافة إلى تنظيفها ومنع التسرب. تزييت وتشحيم المضخات في حال اللزوم وحسب البرنامج المعتمد من قبل المصنعين.

٢ - غسل و شطف فلاتر الرمل و الكربون Media , sand & carbon filters بشكل يومي او بحد اقصى أسبوعي حسب نوعية مياه التغذية الخام(عندما يصل فرق الضغط بين الدخول والخروج على الفلتر اعلى من الحد المسموح به تصميمياً .

٣ - تبديل فلاتر الميكرون (الشمعات) Cartridge Filters عندما يصل فرق الضغط بين الدخول والخروج على الفلتر اعلى من ١ بار وكذلك يتم التغيير بعد فترة تشغيل ١٨٠ يوم حتى لو كان فرق الضغط اقل من ١ بار .

٤ - التأكد من قراءة أجهزة القياس و معايرتها إن لزم سواء بشكل ميكانيكي أو بمحاليل خاصة.

٥ - المحافظة على وجود كميات كافية من المواد الكيماوية في الخزانات لمرحلتي المعالجة الاولية والنهائية Pre and Post treatment chemicals.

٦ - إجراء فحص دوري (Probing Inspection) للأغشية.

٧ - تسجيل القراءات و نتائج فحوص المياه بشكل يومي و عرضها على المختصين لفهم التغيرات و معالجة نقاط الضعف و استباق حصول أية مشاكل طارئة.

٨ - جرد المواد الكيماوية والمستهلكات و قطع الغيار وطلب ما ينقص منها.

ونذكر أن توفر سجل دائم و كامل ، لعناوين و أرقام هاتف موردي قطع الغيار ، المواد الكيماوية و أصحاب الخبرة في مجال التحلية أمر ضروري و حيوي لطلب المساعدة الفنية والمشورة عند اللزوم.

٤-١-١-٧ أهم العدادات وأجهزة القياس الموجوده فى لوحة التحكم

يتم وضع عداد ضغط و جهاز لقياس كمية ماء التغذيه وجهاز لقياس ملوحة المياه وجهاز لقياس درجة حراره ماء التغذيه في حالة ان يكون المصدر مياه البحر فقط وجهاز لقياس الاس الهيدروجيني على خط الامداد بعد الخروج من البئر مباشرة ويتم وضع عدادات ضغط قبل وبعد كلا من الفلاتر لمعرفة الحاجه لاجراء عملية الغسيل للفلاتر وايضا يتم وضع عدادات ضغط وقواطع للضغوط منخفض وعالي قبل وبعد مضخة الضغط العالي وجهاز لقياس كمية التدفق في مخرج مضخة الضغط العالي بينما في خط المياه المنتجه يتم وضع جهاز لقياس كمية المياه وجهاز لقياس ملوحة المياه المنتجه وجهاز لقياس الاس الهيدروجيني وعداد ضغط وقاطع ضغط للفصل في حالة زيادة ضغط المياه المنتجه وذلك للحفاظ علي الاغشيه وفي خط المياه المطروده يتم وضع جهاز لقياس كمية المياه وعداد ضغط وجهاز لقياس ملوحة المياه وجهاز لقياس كثافة الطمي (SDI)

٤-١-١-٨ اشتراطات نوعية المياه المالحة قبل دخولها على منظومة الاغشية:

١ - يجب أن تكون مياه التغذية خالية تماماً من الكلور أو أى مواد مؤكسدة ، حيث يجب الكشف عن الكلور الحر بعد الفلتر الكربونى يجب ان يكون الناتج صفر.

٢ - الضغط قبل طلمبة الضغط العالى يجب ألايقل عن ١.٥ بار (طبقاً لمواصفات كل مُصنع من منتجى المضخات).

٣ - يجب ان يكون الأس الهيدروجينى للمياه المالحة مابين (٦.٢ - ٨.٥) طبقاً للتصميم .

٤ - يجب ان تكون كثافة الطمي (SDI) أقل من ٣ فى مياه الابار و أقل من ٥ فى مياه البحر.

٥ - يجب الا تزيد درجة حرارة الماء المالح عن ٣٥ درجة مئوية .

٦ - يجب ان يكون الماء خالى تماماً أو بنسبة لا تزيد عن ٠.٠٥ ملجم/لتر من الحديد والمنجنيز والسيليكا.

٤-١-١-٩ احتياطات واجبة أثناء القيام بعملية تحلية المياه :

- يجب القيام بعمل معالجة أولية قبل التحلية بالتناضح ، والتي يعتمد اختيارها في الأساس على الإمكانيات،الخبرة و القدرات الفنية لطاقم العمل حيث يمكن التأكيد انه كلما ازدادت جدارة تطبيقات الصيانة الوقائية يمكن الحصول على معالجة مبدئية كيميائية سليمة ،علما أن عمليات الفلترة الرملية أو إزالة العسر تتطلب قدر اقل من الصيانة اليومية.
- يجب أن لا تحتوي مياه التغذية علي أى قدر ولو قليل من الشوائب الصلبة Solids و الطمي Silt و ذلك حفاظا علي الاغشية من الانسداد، وهذا يمكن إنجازه بإزالة هذه الشوائب أو تعليقهم والتقاطهم خلال مرورهم بأحد مراحل المعالجة الأولية مثل التقية الرملية أو بخراطيش الترسيب Sediment Cartridge مما يحمي الاغشية و يساهم في حسن أدائها لفترة زمنية طويلة.
- إضافة موانع الترسيب لتقليل ترسيب أملاح الكالسيوم والماغنيسيوم علي أسطح الأغشية.
- يجب دائما ضبط الرقم الهيدروجيني pH قبل وصول المياه إلى الاغشية ، حيث أن المحطات الكبيرة للتحلية مجهزة بشكل إلزامي بلوازم تعديل pH وهذا حسب الحاجة ، وهذا يساعد في نظافة الاغشية و منع انسدادها .

الفـــصل الثـاني: تصنيف المياه طبقا لدرجه الملوحه

٤-١-٢-١ مقدمة :

يعتمد اختيار نوع الأغشية المناسبة لعملية التحلية علي نوع الاملاح وكميتها، هنا تجدر الاشارة الى أن المياه تنقسم الى عدة انواع حسب ملوحتها وهى :

- مياه متوسطة الملوحة تتروا ح ملوحتها مابين ٥٠٠ – ٥٠٠٠ جزء في المليون
- مياه عاليه الملوحة تتروا ح ملوحتها مابين٥,٠٠٠-١٥,٠٠٠جزء في المليون
- مياه مالحة تتروا ح ملوحتها مابين ١٥,٠٠٠-٢٥,٠٠٠جزء في المليون
- مياه البحر الأبيض المتوسط تتروا ح ملوحتها مابين ٢٥,٠٠٠-٣٥,٠٠٠ جزء في المليون
- مياه البحر الأحمر تتروا ح ملوحتها مابين ٣٥,٠٠٠- ٤٥,٠٠٠ جزء في المليون
- مياه الخليج العربى تتروا ح ملوحتها مابين ٤٥,٠٠٠- ٥٥,٠٠٠ جزء في المليون
- مياه شديدة الملوحة تتروا ح ملوحتها مابين ٥٥,٠٠٠- ٧٥,٠٠٠ جزء في المليون

٤-١-٢-٢ المواصفات القياسية للمياه المغذية لوحدة التناضح العكسى

هناك بعض العناصر التى قد تسبب تدهور لاغشية التناضح العكسى نتيجة تكون طبقة من الرواسب أو الأوساخ على سطح الأغشية مما تقلل من مرور المياه داخل الغشاء وينتج عنه سلسلة من المشاكل التى تؤدى فى النهايه الى تدهور الغشاء أو زيادة عدد مرات الغسيل الكيميائى فى بعض الحالات ولهذا تم حصر هذه العناصر ووضع القيم العظمى والصغرى لها فى مياه التغذية لوحدات التناضح العكسى (جدول ٤-٢). مع الأخذ في الاعتبار أن القيم الموصى بها حُددت بناء على أفضل أداء للوحدة مع اجراء الغسيل الدورى للأغشية كل ٦ أشهر، بالإضافة الي أن القيم الأعلى منها يجب ان يتم عمل معالجة لها قبل دخولها على الوحدة

جدول (٤-٢) المواصفات القياسية للمياه المالحة من المصادر المختلفه

العنصر	الوحدة	مياه الأبار (أ)	مياه الأبار (ب)	مياه البحيرات (ج)	مياه سطحية (د)	ناتج المعالجة الثلاثية (هـ)
الكالسيوم	ملجم / لتر	84	113	54	102	40 - 64
المغنسيوم	ملجم / لتر	6	2.7	23	11	↓
الصوديوم	ملجم / لتر	36	23	87	20	150 - 200
البوتاسيوم	ملجم / لتر	3.3	2	6.6	4	↓
الحديد	ملجم / لتر	<0.05	0.2	0.05	ND-015	0.02 -0.09
المنجنيز	ملجم / لتر	0.01	0.1	<0.01	<0.01	<0.05
الباريوم	ملجم / لتر	0.07	0.1	0.09	↓	0.01 - 0.1
الاسترنشيوم	ملجم / لتر	0.7	1	1	↓	0.2 - 1
الأمونيا	ملجم / لتر	<0.05	↓	↓	0.3	22 - 66
الألومونيوم	ملجم / لتر	0.02	↓	0.02	ND-0.15	0.03
الكلوريد	ملجم / لتر	45	52	67	33	150 - 500
البيكربونات	ملجم / لتر	265	325	134	287	48.8 - 97.0
الكبريتات	ملجم / لتر	24	8	201	56	120 - 160
النيتريت	ملجم / لتر	4.3	4	<1.0	15	40 - 60
الفلوريدات	ملجم / لتر	0.14	0.7	↓	0.25	0.7
الفوسفات	ملجم / لتر	<0.05	0.6	0.01	1.2	6.1 - 12.2
السليكات	ملجم / لتر	9	11	3.1	41107	41070
كبريتيد الهيدروجين	ملجم / لتر	↓	1.5	↓	↓	
الملوحة الكلية	ملجم / لتر	478	377	573	400	500 - 1,300
الكربون العضوى الكلى	ملجم / لتر	1.5	10	3.6	2.4	20 - 30 (COD)
اللون	وحدة هازن	<5	40	↓	<5	13 (Hazen)
العكارة	وحدة نوفومتريه	↓	↓	↓	2 - 130	0.4 - 1.7
الأس الهيدروجينى		7.5	7.4	8.2	8	6.6 - 7.4
التوصيل	ميكروسيمنز/سم	590	↓	879	400 - 700	700 - 2,200
درجة الحرارة	درجة مئوية	12	23 - 28	↓	40993	25 - 35

٤-١-٢-٣ طريقة قياس التوصيلية الكهربائية

التوصيلية الكهربية هى مقياس لقدرة الماء (المادة) على توصيل تيار كهربى ، وهى تعبر عن نسب الأملاح االكلية الذائبة فى الماء ، حيث انه كلما زادت نسبة الأملاح زادت التوصيلية الكهربية للماء .وتعتمد التوصيلية الكهربية بشكل أساسى على درجة حرارة الماء ووحدة قياسها هى ميكروسيمنز لكل سنتيمتر (ميكروسيمنز/ سم) . ويتم قياس التوصيلية الكهربائية للماء عن طريق جهاز يتكون من مجس يحتوى على أقطاب مفصول بينهم بمسافة ثابتة هذه الأقطاب قد تكون ثنائية أو ثلاثية أو رباعية .

الفـصـــل الثالث : خصائص المياه المنتجة

٤-١-٣-١ مقدمه

إن تزايد الاهتمام العالمى بجودة مياه الشرب قد ترجم إلي وضع معايير صحية لمواصفات مياه الشرب الصالحة للاستهلاك الأدمى بما يكفل حفظ صحة الانسان وحمايتها وقد بادرت هيئة الأمم المتحدة بالعمل على اصدار هذه المعايير من خلال أحد منظماتها المتخصصة وهى منظمة الصحة العالمية (WHO) التى اصدرت العديد من الاصدارات التى تحتوى على العديد من مواصفات مياه الشرب، والجداول التالية (٤-٣ حتى ٤-٨) توضح الخصائص التي يجب توافرها في الماء النقي الناتج عن عملية التحلية

جدول (٤-٣)

Physical Parameters	Unit	WHO
Organoleptic parameters		
Colour	Nephelometric unit	<15
Turbidity		<5
Odour		Odeurless
TSS		
PH		6.5-8
Physicochemical chemical parameters		
Conductivity	US/cm	2000
Total hardness CaCo3	mg/l	100-300
Calcium Ca++	mg/l	<200
Magnesium Mg++	mg/l	50-150
Total Alkalinity CaCo3	mg/l	NA
Bicarbonate alkalinity (CaCo3)	mg/l	NA
Sodium Na+	mg/l	200
Potassium K+	mg/l	12
Chloride	mg/l	200-300
Sulphate SO4	mg/l	250
TDS	mg/l	600

تابع جدول (٤-٣)

Physical Parameters constituent	Unit	WHO
Inorganic		
Ammonia	mg/l	1.5
Nitrate NO_3	mg/l	<40
Nitrite NO_2	mg/l	<0.005
Phosphate	mg/l	0.4-5
Silicate	mg/l	
Iron	mg/l	0.3
Manganese	mg/l	0.1
Copper	mg/l	<1
Zinc	mg/l	<0.5
Total chlorine	mg/l	<3
Free chlorine	mg/l	<0.3
Cyanide (CN)	mg/l	<0.01
Aluminum	mg/l	<0.2
Hydrogen sulfide	mg/l	<0.05
Arsenic	mg/l	<0.01
Barium	mg/l	0.7
Boron	mg/l	0.5
Cadmium	mg/l	0.003
Chromium	mg/l	0.05
Fluoride	mg/l	1.5
Lead	mg/l	0.01
Silver	mg/l	0.1
Tine	Ug/l	1
Uranium	Ug/l	2
Beryllium	Ug/l	1
Mercury	mg/l	0.001
Molybdenum	mg/l	0.07
Nickel	mg/l	0.02
Selenium	mg/l	0.01
Antimony	mg/l	0.005

جدول (٤-٤)

Constituent	Maximium Level (µg/litre)
a- Chlorinated alkanes	
Carbon tetrachloride	2
Dichloromethane	20
1.2-dichloroethane	30
1.1.1-trichloroethane	2000
B-Chlorinated ethenes	
Vinyl chloride	5
1.1-dichloroethene	30
1.2-dichloroethene	50
trichloroethene	70
tetrachloroethene	40
c- Aromatic hydrocarbons	
Benzene	10
Toluene	700
Xylene	500
Ethyl benzene	300
Styrene	20
Benzopyrene	0.7
d- Chlorinated benzenes	
Monochlorobenzene	300
1.2-dichlorobenzene	1000
1.4-dichlorobenzene	300
Trichlorobenzene (total)	20
e- Miscellaneous organic chemicals	
Di ethylhexyl adipate	80
Di ethyle hexyl phthalate	8
Acrylamide	0.5
Epichlorohydrin	0.4
Hexachlorobutadiene	0.6
Edetic acid E.D.T.A.	600
Nitrotriacetic acid	200
Tributyltin oxide	2
Mycrocytin – RL	1

جدول (٤-٥)

Pesticide	Maximium Level (µg/litre)
Alachlor	20
Aldicarb	10
Aldrin/diadrin	0.03
Altrazin	2
Bentazone	300
Carbofuran	7
Chlordane	0.2
Chlorotoluron	30
D.D.T.	2
1.2-dibromo-3-chloropropane	1
2.4-dichlorophenoxyacetic acid	30
1.2-dichloropropane	40
1.3-dichloropropene	20
Heptachlor and heptachlor epoxide	0.03
Hexachlorobenzene	1
Isoproturan	9
Lindane	2
MCPA	2
Methoxychlor	20
Metolachlor	10
Molinate	6
Pendimethalin	20
Pentachlorophenol	9
Permethrin	20
Propanil	20
Pyridate	100
Simazine	2
Trifluralin	20
2.4-DB	90
Dichlorprop	100
Fenoprop	9
Mechoprop	10
2.4.5-T	9
Cyanazine	0.6
1.2-dibromoethane	15
Diquat	10
Terbuthylazine (TBA)	7

جدول (٤-٦)

Disinfectants	Maximium level (p.p.m/litre)
Monochloramine	3
Chloride	5

Disinfectants by-products	Maximium Level (μg/litre)
Bromate	25
Chlorite	200
2.4.6-trichlorophenol	200
Formaldehyde	900
Bromoform	100
Dibromo chloromethane	100
Bromo dichloromethane	60
Chloroform	200
Dichloroacetic acid	50
Trichloroacetic acid	100
Chloralhydrate (trichloroacetaldehyde)	10
Dichloro acetonitrile	90
Dibromoacetonitrile	100
Trichloro acetonitrile	1
Cyanogenchloride	70

جدول (٤-٧)

Radionuclide	dose conversion factor (Sv/Bq)	calculated rounded value (Bq/litre)
^{3}H	$1.8*10^{-11}$	7800
^{14}C	$5.6*10^{-10}$	250
^{60}Co	$7.2*10^{-9}$	20
^{89}Sr	$3.8*10^{-9}$	37
^{90}Sr	$2.8*10^{-8}$	5
^{129}I	$1.1*10^{-7}$	1
^{131}I	$2.2*10^{-8}$	6
^{134}Cs	$1.9*10^{-8}$	7
^{137}Cs	$1.3*10^{-8}$	10
^{210}Pb	$1.3*10^{-6}$	0.1
^{210}Po	$6.2*10^{-7}$	0.2
^{224}Ra	$8*10^{-8}$	2
^{226}Ra	$2.2*10^{-7}$	1
^{228}Ra	$2.7*10^{-7}$	1
^{232}Th	$1.8*10^{-6}$	0.1
^{234}U	$3.9*10^{-8}$	4
^{238}U	$3.6*10^{-8}$	4
^{239}Pu	$5.6*10^{-7}$	0.3

جدول (٤-٨)

Radioactive	Maximium Level (μg/litre)
Gross alpha activity	0.1
Gross beta activity	1

الفصل الرابع : أغشية التناضح العكسى

٤-١-٤-١ مقدمة

تستأثر تكنولوجيا التناضح العكسي في مصر بالنصيب الأكبر في السوق المحلي لتحلية المياه ، وربما يرجع السبب في ذلك إلى إمكانية إنتاج وحدات كبيرة أو محدودة السعة بهذه التقنية حيث أن أكثر من ثلثي الطاقة الإنتاجية للمياه المحلاة في مصر تستخدم في قطاعات السياحة والصناعة والتجمعات السكانية المحدودة .

٤-١-٤-٢ التصنيف الأغشيه طبقا لكفائتها :

تم تصنيف الأغشيه التجاريه المستخدمة عالمياً اعتمادا على معدل النفاذيه (water permeability) وكفاءه إحتجاز الأملاح (salt rejection) الى ثمانى مجموعات وظيفية على النحو التالى:

- **المجموعة الاولى** : الاغشية عاليه الاحتجاز عاليه النفاذيه .
- **المجموعه الثانيه** : الاغشية عاليه الاحتجاز ومتوسطه النفاذيه.
- **المجموعه الثالثة** : الاغشيةعاليه الاحتجاز ومنخفضة النفاذية .
- **المجموعة الرابعة** : الاغشية متوسطة الاحتجاز وعالية النفاذية .
- **المجموعة** الخامسة : الاغشية متوسطة الاحتجاز ومتوسطه النفادية (المياه المسوس).
- **المجموعة السادسة** : الاغشية منخفضة الاحتجاز وعاليه النفاذية.
- **المجموعة** السابعة: الاغشيةمنخفضة الاحتجاز ومتوسطه النفاذية .
- **المجموعة** الثامنة : الاغشية منخفضة الاحتجاز ومنخفضة النفاذية (المياه المسوس).

تبين الجداول (٤-٩) ، (٤-١٠) اسس تصميم محطات التحلية باستخدام تقنية التناضح العكسي وحدود الضغوط المطبقه وكذلك معدل تغير الضغط عبر الغشاء (Δp) فى اطار المجموعات المشار اليها سابقا وذلك طبقا للمعلومات المتاحه للمصنعين. وتجدر الإشارة الي أن قيمة الاس الهيدروجينى تتراوح بين ٢-١١ لكل المجموعات السابقة وأن الحدود القصوى لتركيز الكلور هى: ٠.١ مجم/لتر.

وتجدر الاشاره الى مايلى :

١ - التصنيف الاختيارى يتيح تحديد او اختيار الاغشية المناسبة طبقا لنوعيه مياه المصدر وكذلك الاستخدامات المطلوبه للمياه المحلاه .

٢ - سهوله تصنيف الاغشية المقدمه من عروض المنتجين والمقارنه بينها على المؤشرين المختارين .

٣ - يتيح هذا التقسيم المفاضلة بين العروض المقبوله فى المجموعات الوظيفية المقبوله على اساس مؤشرات اضافيه تعكس بصفه عامة مؤشرى استخدام الطاقة والتكلفة .

جدول (٤-٩) اسس تصميم المحطات للمياه الزاعقة

RO Plant

Design Parameters — Brackish Water

Feed water type		Brackish water	Brackish water	Brackish water	Brackish water
		Surface	Well	Surface	Well
Feed water TDS	PPM	>=20000	>=20000	>=10000	>=10000
Membrane Design period	Yesar	5	5	5	5
Feed temperature (design) *	°C	18-26	22-26	18-26	22-26
Silt density index in RO-feed (SDI_15)		>5	<3	>5	<3
Total system recovery **	%	<=55	<=55	<=55	<=55
Media filters					
Filtering rate	$m^3/h/m^2$	<=9	<=12	<=9	<=12
at one filter backwash	$m^3/h/m^2$	<=10.5	<=14	<=10.5	<=14
Backwash rate	$m^3/h/m^2$	<=30	<=25	<=30	<=25
Air rate	$m^3/h/m^2$	<=50	<=50	<=50	<=50
Cartridge filters (flow rate/10" cartridge)	m^3/h	<=0.6	<=0.8	<=0.6	<=0.8
Average flux ***	$L/m^2/h$	18/24	18/24	20/26	20/26
High pressure pipes velocity	m/sec	5 to 6	5 to 6	5 to 6	5 to 6
Low pressure pipes velocity	m/sec	3 to 4	3 to 4	3 to 4	3 to 4

* Temperature range have to be determined in each case separately, this values as a guide only.

** Can be modified with new membranes.

*** Can be modified with new membranes.

ملاحظة : هذه الارقام إسترشادية وقد تختلف طبقاً لظروف الموقع ورؤية المصمم وتوصيات المُصنعين.

جدول (٤-١٠) اسس تصميم المحطات لمياه البحر

RO Plant

Design Parameters Sea water

Feed water type		Sea water	Sea water	Sea water	Sea water
		Open Intake	Well	Open Intake	Well
Feed water TDS	PPM	>=45000	>=45000	>=35000	>=35000
Membrane Design period	Yesar	5	5	5	5
Feed temperature (design) *	°C	18-26	22-26	18-26	22-26
Silt density index in RO-feed (SDI_15)		<5	<3	<5	<3
Total system recovery **	%	<=45	<=45	<=47	<=47
Media filters					
Filtering rate	$m^3/h/m^2$	<=9	<=12	<=9	<=12
at one filter backwash	$m^3/h/m^2$	<=10.5	<=14	<=10.5	<=14
Backwash rate	$m^3/h/m^2$	<=30	<=25	<=30	<=25
Air rate	$m^3/h/m^2$	<=50	<=50	<=50	<=50
Cartridge filters (flow rate/10" cartridge)	m^3/h	<=0.6	<=0.8	<=0.6	<=0.8
Average flux ***	$L/m^2/h$	14/17	14/17	14/17	14/17
High pressure pipes velocity	m/sec	5 to 6	5 to 6	5 to 6	5 to 6
Low pressure pipes velocity	m/sec	3 to 4	3 to 4	3 to 4	3 to 4

* Temperature range have to be determined in each case separately, this values as a guide only.

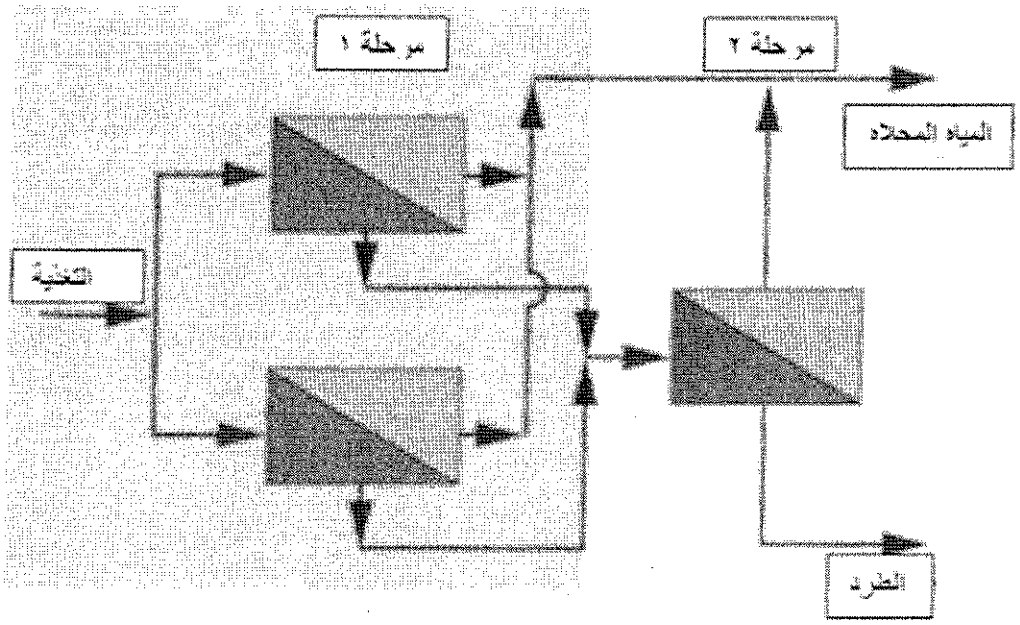
** Can be modified with new membranes.

*** Can be modified with new membranes.

هذه الارقام إسترشادية وقد تختلف طبقاً لظروف الموقع ورؤية المصمم وتوصيات المُصنعين.

٤-١-٤-٣ ترتيب أوعية التناضح العكسي

تعتبر الأغشية الملفوفة حلزونيا هي النوع الأكثر شيوعاً في الصناعة ، وهي تتكون من عدد من أوعية الضغط مرتبة في أنماط محددة، ويظهر الشكل (٤-٢) مجموعة من ثلاث أوعية ضغط ، تم ترتيب أوعية الضغط في مجموعتان متوازياتان، يتبعهما وعاء ضغط واحد، يتم تركيب المجموعتان على التوالي. من الناحية النظرية، يتم تقسيم مياه التغذية لنظام التناضح العكسي بالتساوي بين أوعية الضغط في المرحلة الأولى ، حيث يتم تجميع المياه المحلاه من أوعية الضغط في المرحلة الأولى، ومياه الطرد تصبح مصدر تغذية للمرحلة الثانية ، ثم يتم جمع المياه المحلاه من أوعية الضغط في المرحلة الثانية مع المياه المحلاه من المرحلة الأولى ليصبح الإجمالي هو المياه المحلاه من النظام ، وطرد المرحلة الثانية يصبح طرد النظام بالكامل.



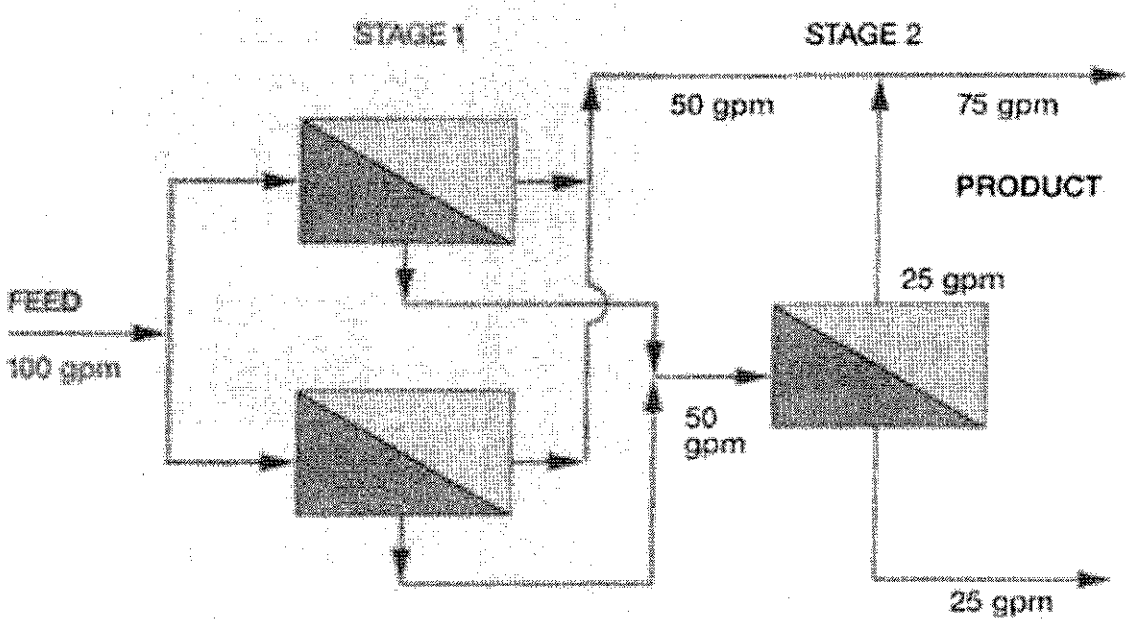
شكل (٤-٢) محطة من مرحلتين مع وجود وعاءان للضغط في المرحلة الأولى و وعاء واحد في المرحلة الثانية

ويعتبر تصميم هذا النوع الذي تكون أوعية الضغط فيه في كل مرحلة نصف العدد الموجود في المرحلة السابقة اساس للحفاظ على سرعة تدفق المياه عبر المراحل. ويتم تحديد عدد أوعية الضغط اللازمة لكل مرحلة حسب سرعة أو معدل التدفق في تلك المرحلة. للحفاظ على تدفق ذو سرعة جيدة عبر الاغشية يكون التدفق حوالى من ٤٠ إلى ٦٠جالون في الدقيقة ، في حين أن معدل تدفق الطرد يجب أن يكون حوالي ١٦ جالون في الدقيقة لاوعية الضغط ذات قطر ٨ بوصة. ومن الناحية المثالية، فمن المفترض أن تكون نسبة الاسترداد في المرحلة الأولى حوالي ٥٠٪ من مياه التغذية (بفرض وجود ستة اغشية متوالية قطرها ٨بوصة في وعاء الضغط)، بحيث سيتم تحلية ٥٠ جالون في الدقيقة من المرحلة الأولى و ٥٠ جالون في الدقيقة سيتم طردهامن أصل ١٠٠ جالون في الدقيقة. ثم يتم ادخال طرد المرحلة الأولى كتغذية للمرحلة الثانية فتصبح التغذية في المرحلة الثانية ٥٠ جالون في الدقيقة وهو مايتطلب وعاء واحد للضغط. (إذا تم استخدام وعاءان للضغط فان معدل التدفق في تغذية أوعية الضغط سينخفض إلى ٢٥ جالون في الدقيقة، وهو ماسينتج عنه سرعة تدفق اقل مما يجب عبر الاغشية. يكون طرد وعاء الضغط الواحد في المرحلة الثانية ٢٥ جالون في الدقيقة ، أعلى بكثير من الحد الأدنى للتدفق ١٦ جالون في الدقيقة. والمياه المحلاه فى المرحلة الثانية تكون حوالي ٢٥ جالون في الدقيقة ، سيتم أضافتها

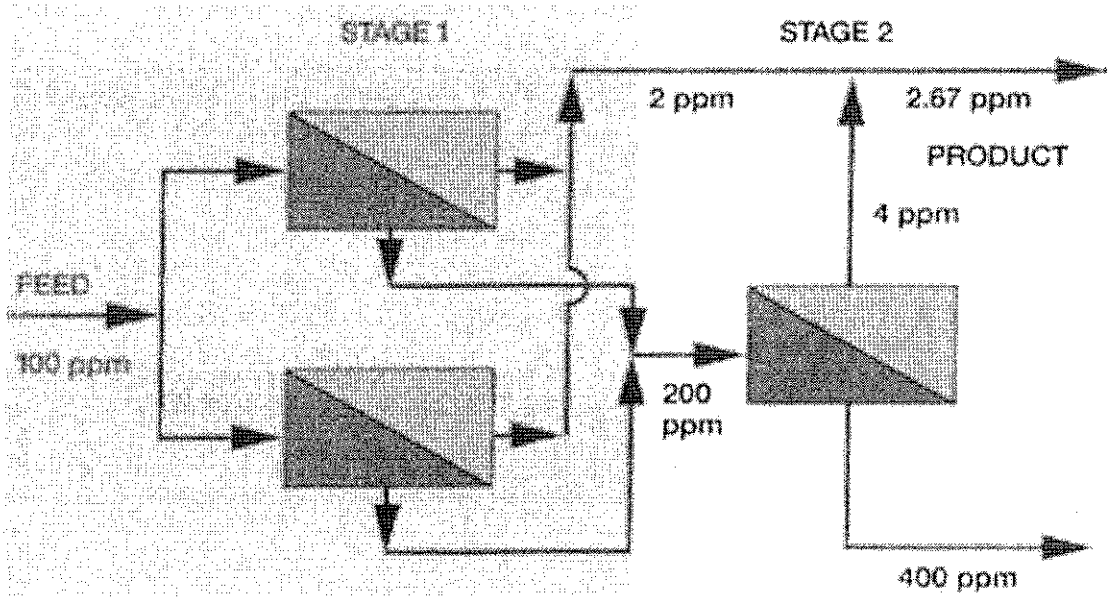
إلى ٥٠ جالون في الدقيقة من المرحلة الأولى مما يجعل الاستعاضة للنظام ٧٥٪ أو ٧٥ جالون في الدقيقة.

من الجدير بالذكر أن نسبة الاستعاضة في انظمة التناضح العكسي ذات المرحلتين تكون عادة حوالي ٧٥٪ ويمكن الوصول الى ٨٠٪ إذا كانت مياه التغذية خالية نسبيا من المواد الصلبة العالقة ومكونات التكدس. يتطلب الحصول على نسبة استرداد أكبر من ٧٥-٨٠٪ عموما أكثر من مرحلتين (ستة اغشية بقطر ٨ بوصة).

ويبين الشكل (٤-٣) كيف يتغير التركيز خلال نظام التناضح العكسي على نفس افتراض نسبة استرداد ٥٠٪ في المرحلة. في هذا المثال، نفترض أن تركيز المواد الصلبة الكلية الذائبة (TDS) في مياه التغذية ١٠٠ جزء في المليون ويحجب الغشاء ٩٨ ٪ من المواد الصلبة الكلية الذائبة (TDS) و مرور ٢% من الاملاح . فإن تركيز الاملاح في المياه المحلاه من المرحلة الأولى يكون ٢٪ من ١٠٠ جزء في المليون أو ٢ جزء في المليون. لحساب تركيز الطرد، يتم استخدام معامل التركيز بالرجوع للجدول (٤-١١)الذي يربط معامل التركيز بنسبة الاسترداد. عند نسبة استرداد ٥٠٪ بعد المرحلة الأولى، يكون معامل التركيز ٢. وهكذا، فإن تركيز الطرد بعد المرحلة الأولى حوالي ٢٠٠ جزء في المليون. و تركيز مياه التغذية للمرحلة الثانية سوف يكون ٢٠٠ جزء من المليون. نسبة مرور الاملاح لا تزال ٢٪ ولكن الآن التركيز اصبح ضعف تركيز التغذية الأصلي، وبالتالي فإن نسبة الاملاح في المياه المحلاة في المرحلة الثانية ضعف مثيلتها من المرحلة الأولى ، أو ٤ جزء في المليون. نسبة الاسترداد خلال المرحلة الثانية ٥٠% ، وبالتالي فإن معامل التركيز مرة أخرى ٢ مما يجعل التركيز الكلي للطرد حوالي ٤٠٠ جزء في المليون . ولحساب التركيز الكلي للمياه المحلاه ، يتم أخذ ٥٠ جالون في الدقيقة مياه محلاه في المرحلة الأولى وضربه في تركيزه وهو ٢ جزء في المليون. إضافة إلى نتيجة ضرب تدفق المرحلة الثانية وهي ٢٥ جالون في الدقيقة في تركيز المرحلة الثانية وهو ٤ جزء في المليون. ويتم قسمة المجموع على مجموع تدفق المياه المحلاه ٧٥ جالون في الدقيقة لتصبح النتيجة هي ٢.٦٧ جزء في المليون. على الرغم من أن نسبة حجب الاملاح من الغشاء المنفرد ٩٨٪، فأن نسبة حجب الاملاح من النظام بالكامل ستكون ٩٧.٣٪. يبين الشكل (٤-٤) كيفية تغير التركيز لكل غشاء خلال مرحلة واحدة من نظام التناضح العكسي .يوضح الشكل(٤-٥) اتغير في تدفق المياه وتركيز المياه المحلاة بفرض أن نسبة استعادة النظام ١١٪ لكل غشاء ونسبة حجز املاح ٩٨٪.



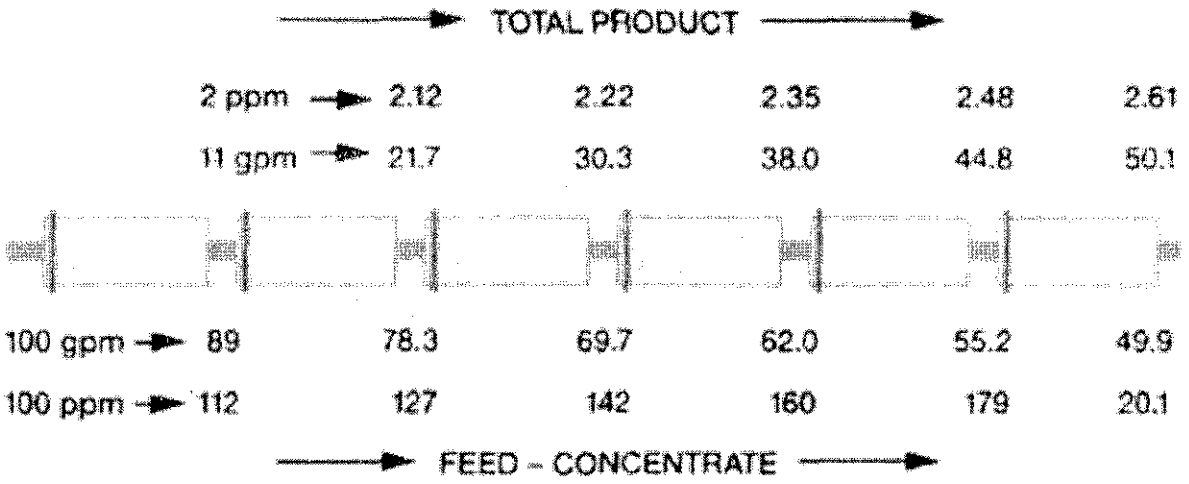
شكل (٤-٤) توزيع التدفق في مصفوفة (٢:١)



شكل (٤-٥) التغير في نسب التركيز عند نسبة حجز ٩٨%

نسبة الاسترداد	معامل التركيز
50	2
66	3
75	4
80	5
83	6
87.5	8

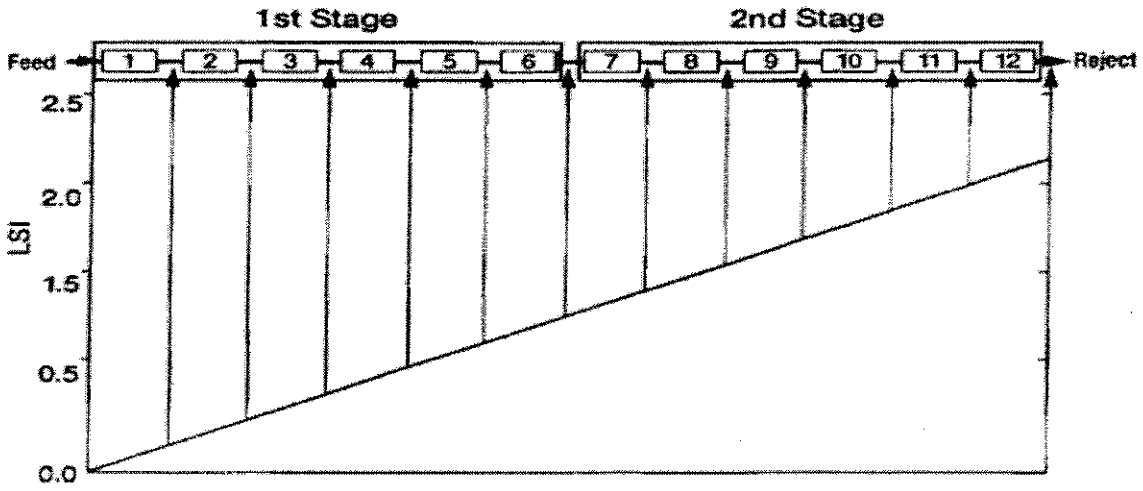
جدول (٤-١١) معامل التركيز عند نسب استرداد مختلفة



شكل (٤-٦) التغير في التدفق ونسب التركيز خلال المرحلة الواحدة بافتراض نسبة حجز ٩٨% ونسبة استعادة ١١%

بالإضافة إلى مراقبة كيفية تغير التدفق والتركيز خلال المرحلة الواحدة في نظام التناضح العكسي ، من المهم أيضا الاهتمام بمتابعة التغير في مؤشر لانجيليه للتشبع (LSI) ويبين الشكل (٤-٦) أن قيمة LSI تزداد خطيا مع زيادة الاسترداد من الصفر مع عدم وجود استرداد إلى أكثر من ٢ عند نسبة استرداد ٧٥٪ . عندما يكون مؤشر لانجيليه للتشبع (LSI) أكبر من الصفر، تكون هناك إمكانية لتكون قشور على الأغشية، وبالتالي تضاف موانع القشور وفي بعض الحالات احماض إلى مياه التغذية للحد من تكوناتها.

في نظام التناضح العكسي ذي المرحلتين أو الثلاث مراحل عادة ما يتم إزالة حوالي ٩٦٪ إلى ٩٨٪ من المواد الصلبة الكلية الذائبة (TDS) في الماء جودة مياه التغذية بشكل عام تكون مرتفعة بما يكفي لإرسالها إلى المراحل متوسطة أو منخفضة الضغط دون اجراءات إضافية. ومع ذلك، كل تطبيق ومياه تغذية تكون مختلفة، وبالتالي، يجب أخذ العينات من المياه لتحديد نوعية المياه المتوقعة.

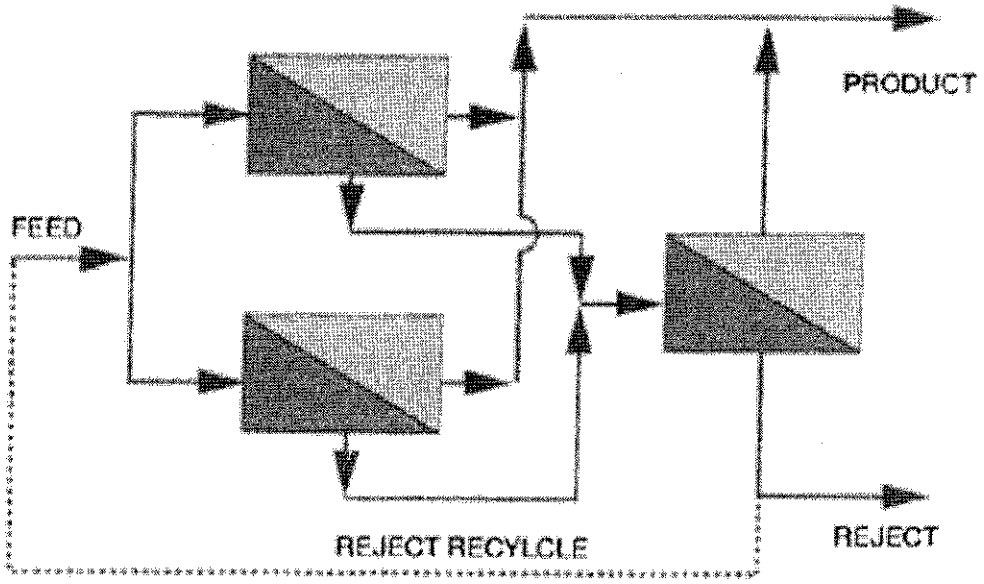


الشكل(٤-٦)

شكل(٤-٦) التغير في مؤشر لانجيليه للتشبع (LSI) خلال نظام ذو مرحلتين و نسبة استرداد ٧٥% بافتراض ظروف تغذية المياه: ٢٠٠ جزء في المليون من الكالسيوم، و ١٥٠ جزء في المليون بيكربونات، ودرجة الحموضة.7.0 (pH)

٤-١-٤-٤ إعادة التدوير

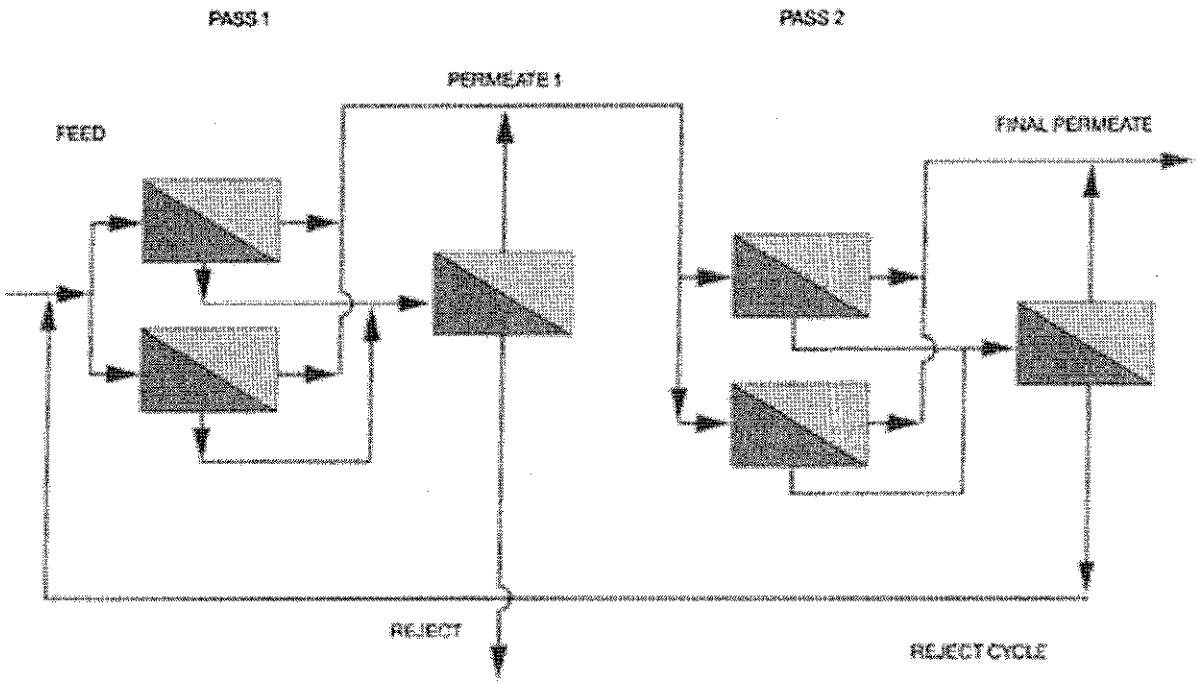
يبين الشكل (٤-٧) مصفوفة تناضح عكسي بها اعادة تدوير لجزء من مياه الطرد. يتم هذا عادة في نظم التناضح العكسي الأصغر حجما، حيث تكون سرعة التدفق عبر الاغشية ليست عالية بما فيه الكفاية للحفاظ على سطح الغشاء. اعادة جزء من مياه الطرد عالية التركيزإلى مياه التغذية يزيد من سرعة التدفق ويقلل من نسب الاستعادة مما يقلل من خطر تلوث الاغشية



شكل (٤-٧) مصفوفة تناضح عكسي ٢:١ بها اعادة تدوير لجزء من مياه الطرد

٤-١-٤-١ النظام ذو المسارين المتتالين (Two Pass)

يشير هذا إلى مزيد من التنقية للمياه المحلاه خلال مسار التناضح العكسي عن طريق تمرير المياه خلال مسار آخر. وذلك لتحسين جودة المياه الناتجة. يبين الشكل (٤-٨) نظام التناضح العكسي ذا المسارين المتتالين. مبادئ تصميم المسار الثاني هي عموما نفس المبادئ للمسار الأول. ومع ذلك، بسبب التركيز المنخفض للمواد الصلبة الذائبة والعالقة في المسار الثاني، تكون سرعات التغذية أعلى وسرعات الطرد اقل من مثيلاتها في المسار الأول. لأن مياه الطرد من المسار الثاني تكون نظيفة نسبيا (أفضل نوعية من تغذية المسار الأول)، يتم إعادة تدويرها إلى المسار الاول في الغالبية العظمى من الحالات إلى تغذية المسار الأول. هذا يقلل من الهدرمن النظام ويحسن أيضا من نوعية المياه.



شكل (٤-٨) نظام تناضح العكسي ذو المسارين

يمكن ان تصل نسبة الاسترداد في المسار الثاني إلى ٩٠٪ في خلال مرحلتين فقط. ويمكن تحقيق هذا الاسترداد المرتفع بسبب التركيز المنخفض نسبيا من المواد الصلبة الذائبة في مياه التغذية للمسار الثاني. وسوف يكون استرداد النظام العام ٧٣٪ حيث ان الاسترداد سيكون ٧٥٪ للمسار الأول و ٩٠٪ للمسار الثاني (الاسترداد سيكون ٦٧.٥٪ دون إعادة التدوير) .

عادة مايتطلب النظام خزان بين المسار الأول والثاني حتى تتساوى التدفقات في المسارين. ومع ذلك إذا كانت الواح المسار الأول مساوية في العدد مثيلاتها في الثاني قد لا تكون هناك حاجة لخزان .

بعض من مصنعي انظمة التنضح العكسي يستخدمون كلا المسارين على نفس الالواح حيث يكون الضغط الناتج عن المسار الأول كافي لتمرير المياه خلال المسار الثاني. يجب توخي الحذر بحيث لا يزيد الضغط بعد المسار الأول بطريقة تتسبب في حدوث تناضح بدلا من التناضح العكسي. يجب أيضًا التأكد من أن ارتفاع الضغط مرة أخرى لا يؤدي إلى التبطين (delamination) في الأغشية.

ويشيع استخدام حقن لمادة كاوية بين المسارين لطرد ثاني أكسيد الكربون قبل تغذية المسار الثاني. يتم تحويل ثاني أكسيد الكربون، وهو غاز لا تحجبه الأغشية، الى بيكربونات قلوية والتي

يتم حجبها . يكون إزالة ثاني أكسيد الكربون مهم بشكل خاص في التطبيقات التي يتم فيها تبادل أيوني. تحويل، وبالتالي التخلص من ثاني أكسيد الكربون من المياه المحلاة يقلل التحميل على راتنج الأنيون.

تكون جودة التدفقات الناتجة من نظام التناضح العكسي ذو المسارين مرتفعة بما يكفي للسماح للاستخدام المباشر في المراحل ذات ضغط ٦٠٠ حتي ٩٠٠ رطل لكل بوصة مربعة. المراحل ذات الضغط الأعلى PSI< ١٠٠٠ والتطبيقات التي تحتاج نقاء أعلى تتطلب نوعا اضافيا من المعالجة ، عادة ما يكون مبادل ايونات أو التأين القطبي.

٤-١-٤-٤-٢ الانظمة متعددة المصفوفات

تستخدم المصفوفات المتعددة الموضوعة على التوازي عند وجود معدلات تدفق أكبر تحتاج إلى المعالجة. على سبيل المثال، يمكن لنظام التناضح العكسي ذو التدفق ٨٠٠ جالون في الدقيقة ان يتطلب مصفوفة واحدة إذا كانت متاحة .كبديل يمكن استخدام مصفوتان ٤٠٠ جالون في الدقيقة متوازية للحصول على نفس معدل الإنتاج.

ميزة استخدام المصفوفات المتعددة هي في تأمين النظام، حيث يمكن تشغيل مصفوفة واحدة وايقاف الأخرى في حالات التنظيف أو الصيانة. بالإضافة إلى ذلك، يمكن استخدام المصفوفات المتعددة للمناورة حيث تكون متطلبات المياه متغيرة. مشكلة استخدام المصفوفات المتعددة هي في التكاليف الرأسمالية والتشغيلية، فكلما زاد عدد المصفوفات ، ارتفعت تكاليف رأس المال والتشغيل و الصيانة .

الفصل الخامس : أوعيه الضغط

٤-١-٥-١ مقدمـــه

إن أحد مكونات محطات التحلية هو أوعيه الضغط والتي تصنع عاده من مواد مركبة من الياف الزجاج والايبوكسي الدقيقة الملفوفة ، بحيث يكون القطر الداخلي لوعاء الضغط مقارب للقطر الخارجي لغشاء التحلية الحلزوني، في علي سبيل المثال اذا كان القطر الخارجي لغشاء التحلية هو ٧,٩ " (٢٠,١سم) ، فإن القطر الداخلي لوعاء الضغط يجب أن يكون ٨ " (٢٠,٣ سم). ويعتمد سمك جدار وعاء الضغط علي الضغط المطبق علي النظام .فمثلا في نظام اغشية فلترةالنانووالتي تعمل تحت ضغط ١٠٠ بوصه لكل قدم مربع (٦,٩ بار) يكون سمك الجدار اقل من نصف بوصه (١,٣ سم) بينما في حالة أغشية التناضح العكسي لماء البحر بضغط ١٢٠٠ بوصه لكل قدم مربع (٨٢,٧ بار) يكون سمك الجدار اكبر من ٢ بوصه (٥,١ سم).

٤-١-٥-٢ أنواع اوعيه الضغط وتركيبها

عادة ما تصنع أوعية الضغط من الالياف الزجاجيه و لكن في بعض الاحيان يتم استخدام الصلب الغير قابل للصدأ في بعض الانظمه، أو البلاستيك كما في انظمه التناضح العكسي المنزليه التي تعمل عند ضغوط منخفضه. ومن الجدير بالذكر أن اوعيه الضغط يمكن ان تُصنع لتحمل عنصر واحد او عده عناصر من الأغشية بحيث يكون الفارق الوحيد في طول وعاء الضغط.

يراعي عند تركيب عناصر الأغشية داخل أوعية الضغط احكام الجوانات المطاطية لاحكام العناصر مع بعضها وذلك لمنع تسريب المياه التغذية مع المياه المحلاه، والذي يؤدي الي خفض كفائة اداء وحده التناضح العكسي.

الفصل السادس : المرشحات الدقيقة

٤-١-٦-١ مقدمة

تستخدم المرشحات الدقيقة عادة في المعالجة الاولية قبل نظام الأغشية لإزالة الجزيئات الدقيقة، المواد الصلبة العالقة، والبكتيريا وغيرها من الشوائب بسهولة من مياه التغذية، حيث يتم استخدام عدد مناسب من هذه الوحدات يتناسب مع تصرف المراحل المختلفة لتنفيذ لمحطات التحلية. وعادة ما تصنع أغشية الترشيح الدقيق من البوليمرات الطبيعية أو الصناعية مثل نترات أو خلات السليولوز، البولي فينيلين داى فلوريد (PVDF)، البولى أميد ، بولى سلفون ، بولى كربونات، بولى بروبلين بالاضافة الى المواد غير العضوية مثل الألومينا، والزجاج والكربون الزركونيا

٤-١-٦-٢ أنواع الفلاتر الدقيقة

تقسم الفلاتر الدقيق من حيث نوعية الثقوب الموجوده بها الى قسمين أساسيين وهما :

٤-١-٦-٢-١ مطلق absolute

والتى يكون فيها حجم المسام ثابتة وكفاءة الفصل تصل ١٠٠٪ تحت ظروف الاختبار. ومن أهم المحددات لاختبار كفاءة هذا النوع هو حجم الجسيمات، وضغط التشغيل والتركيز. وتستخدم هذه المرشحات الدقيقة المطلقة فى التطبيقات الحيوية مثل التعقيم والترشيح النهائ.

٤-١-٦-٢-٢ نسبى Nominal

والتى يكون فيها حجم المسام غير ثابتة وكفاءة الفصل تتراوح مابين (٦٠ - ٩٨٪) تحت ظروف الأختبار المحددة حيث ان حجم المسام مختلفة وعادة ماتستخدم فى عمليات تحلية المياه.

٤-١-٦-٣ انواع مادة تصنيع الفلاتر من حيث التركيب الكيميائي

٤-١-٦-٣-١ مركبات طبيعية Natural

من هذه المواد الطبيعية التى تستخدم فى صناعة الفلاتر مثل القطن و السلسلوز و....الخ.

٤-١-٦-٣-٢ مركبات عضوية طبيعية :

مثل مادة النيلون والبولى استيرين الطبيعى

٤-١-٦-٣-٣ مركبات عضوية مصنعه :

مثل مادة البولى بروبيلين او البولى تيفلون أو البولى فينلدين و.....الخ.

٤-١-٦-٣-٤ مواد غير عضوية

تل مادة السيراميك أو الاستانلس استيل

٤-١-٦-٤ انواع المرشحات حسب الشكل

٤-١-٦-٤-١ لفائفى **spairal wond**

وعادة ما يصنع من خيوط طبيعية أو صناعيةمثل القطن والبولى بروبيلين والتي تكون ملفوفة حول انبوبة داخلية بها ثقوب لانفاذ سائل الترشيح وتستخدم فى ترشيح المياه والسوائل والكيماويات وتتراوح اطوالها من ١٠ بوصة الى ٤٠ بوصة وحجم الثقوب يتراواح مابين ١ – ١٠٠ ميكرون

٤-١-٦-٤-٢ نسيج شعري مجوف **Hollow fiber**

يصنع من خيوط طبيعية أو صناعية تشبه شعر الرأس ومجوفة من الداخل على شكل انبوب من البولى فينيليدين ثنائى الفينول وتتجمع معاً مكونة حزمة تستخدم فى ترشيح المياه والسوائل والكيماويات وتتراوح اطوالها من ١٠ بوصة الى ٤٠ بوصة وحجم الثقوب تتراواح مابين ١ – ٢٠ ميكرون .

٤-١-٦-٤-٣ شرائح **Flat sheet**

وعادة ما تصنع من خيوط طبيعية أو صناعية تشبه الورقة وتتجمع معا فى صورة شريحه وتستخدم فى ترشيح المياه والسوائل والكيماويات وتتراوح اطوالها من ١٠ بوصة الى ٤٠ بوصة وحجم الثقوب تتراواح مابين ١ –٥٠ ميكرون .

٤-١-٦-٤-٤ النوع المنفوخ Melt Blown

يتكون من قطعة واحدة من البولى بروبيلين المنصهر حراريا وتستخدم فى ترشيح المياه والسوائل والكيماويات وتتراوح اطوالها من ١٠ بوصة الى ٤٠ بوصة وحجم الثقوب تتراوح مابين ١ – ٧٥ ميكرون .

٤-١-٦-٤-٥ النوع الطرى Pleated

يتكون من قطعة واحدة من البولى بروبيلين على شكل ورقة مطوية (معرجة) حول حامل لها وتستخدم فى ترشيح المياه والسوائل والكيماويات وتتراوح اطوالها من ١٠ بوصة الى ٤٠ بوصة وحجم الثقوب تتراوح مابين ١ – ٥٠ ميكرون.

٤-١-٦-٥ انواع الفلاتر حسب معدل التدفق للمرشح:

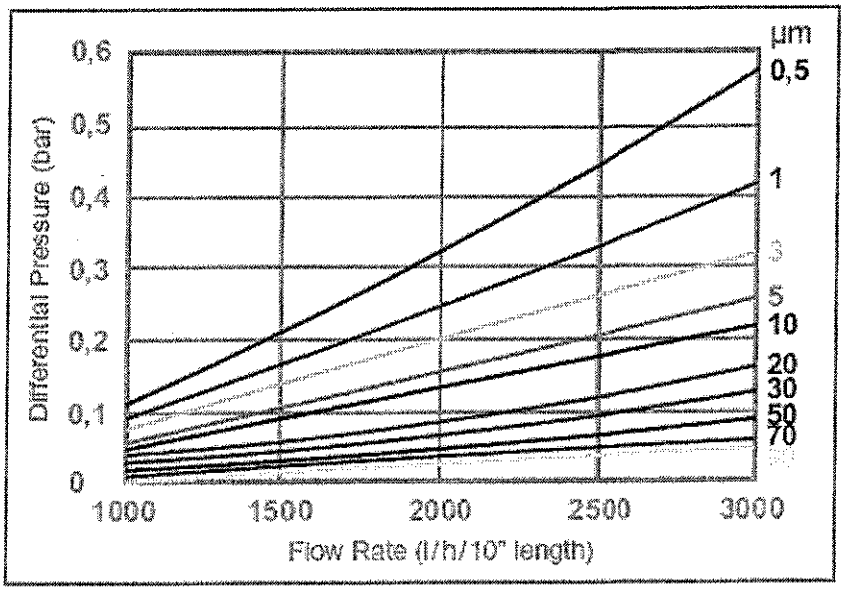
يتغير معدل تدفق الفلتر الواحد مع تغير درجات حرارة المياه حيث يزيد معدل التدفق للفلتر مع ارتفاع درجة الحرارة ويتراوح معدل التدفق للفلتر الذي طوله ١٠ بوصة عند درجة ٢٥ درجة مئوية من ٠.٨ – ١.٢ م٣/١٠ بوصة والقيمة المفضلة للتصميم هى ١ م٣/١٠ بوصة.

$$\text{عدد الفلاتر بالوحدة} = \frac{\text{كمية المياه م}^3\text{/ساعة}}{\text{طول الفلتر} \times \text{معدل الترشيح للفلتر ١٠بوصة}}$$

٤-١-٦-٦ تحديدالفاقد فى الضغط خلال الفلتر :

يعتمد فرق الضغط خلال الفلتر على معدل التدفق وحجم الثقوب الموجودة بالفلتر. ويمكن حساب فرق الضغط عبر المرشح شكل (٤-٩) . حيث يعبر الشكل عن الفرق فى الضغط فى الفلتر طول ١٠ بوصة وأما حالة الفلاتر أكثر طولا من الفلتر ١٠ بوصة يتم حساب فرق الضغط كالتالى:

فرق الضغط خلال الفلتر = طول الفلتر × فرق الضغط للفلتر ١٠ بوصة عند نفس معدل الترشيح



شكل (٤-٩) حساب فرق الضغط خلال المرشح

٤-١-٦-٧ تحديد كفاءة المرشح:

تحدد كفاءة المرشح من خلال إجراء اختبار يسمى الاختبار متعدد التمرير أو اختبار نسبة بيتا وهي طريقة الاختبار المقبولة عالميا التي تعطي نتائج الاختبار للمقارنة بسهولة.

حيث يتم اضافة كمية معلومة من الجزيئات الصلبة والمحددة الحجم والعدد فى المياه والتى تمر بصورة متواصلة على المرشح ثم يتم تجميع عينة من الماء قبل وبعد المرشح على فترات ويتم عد الجزيئات بها وتحديد قيمة المعامل (β) ويتم حساب المعامل بيتا من المعادلة:

$$\beta = \frac{N_u}{N_d}$$

هى β_x هى معامل قياس كفاءة المرشح لفصل الجزيئات الأكبر حجم من X

N_u هى نسبة الرواسب الأكبر حجما من X للمياه الداخلة الى المرشح

N_d هى نسبة الرواسب الأكبر حجما من X فى المياه الخارجة من المرشح

وكلما زادت قيمة بيتا كلما كان المرشح أفضل حيث يحجب كمية أكبر من الجزيئات

ويتم حساب كفاءة المرشح من المعادلة الآتية (E_x) :

$$E_x = \frac{\beta_x - 1}{x} * 100$$

وجدول (٤-١٢) يوضح قيمة المعامل (β) والكفاءة المقابلة له

β value to X mm	Cumulate efficiency %
β_x	for particles **X** mm
1.00	0.00
1.50	33.00
2.00	50.00
10.00	90.00
20.00	95.00
50.00	98.00
75.00	98.70
100.00	99.00
200.00	99.50
1000.00	99.90
10000.00	99.99

٤-١-٦-٨ تحديد حجم المسام فى المرشحات

تعتبر طريقة نقطة الفقاعة هى الأكثر استخداماعلى نطاق واسع لتحديد حجم المسام. لأنه يعتمد على نظريتين هامتين:

١ - أى سائل عند وزن معين وحجم مسام ثابتة فان الضغط اللازم لمرور هذه الفقاعات من خلال هذه المسام يتناسب عكسى مع حجم هذه المسام

٢ - النظرية الشعرية وهى إرتفاع الماء داخل انبوبة شعرية يتناسب عكسيا مع قطر الأنبوبة

$$D = (4g \times \cos q) / P$$

where:

P = bubble-point pressure (dynes/cm^2)
g = surface tension of the liquid (72 dynes/cm for water)
q = liquid-solid contact angle (which for water is generally assumed to be zero)
D = diameter of the pore (cm)

الفصل السابع : الغسيل الكميائى لوحدات التناضح العكسى

٤-١-٧-١ مقدمة

عادة مايحدث ترسيب لبعض المواد مثل التي قد تكون موجودة في مياه تغذية داخل وحدات التناضح العكس مثل هيدرات أكاسيد المعادن حيث يترسب الكالسيوم ، والمواد العضوية والمواد البيولوجية على سطح الغشاء ويزداد حدوث ذلك في الحالات الاتية:

- نظام المعالجة غير الملائمة
- الاختيار غير المناسب لمكونات المحطة مثل المضخات ، الأنابيب ، الخ.
- عدم كفاءة نظام الجرعات الكيميائية
- تراكم الرواسب على لفترات طويلة بدون غسيل
- التغير في تركيب مياه التغذية
- التلوث البيولوجي لمياه التغذية
- وتتسبب هذه الترسبات على اسطح أغشية التناضح العكسى فى :
- أنخفاض اداء الوحدة وانخفاض معدل تدفق المياه المنتجة
- زيادة فرق الضغط بين ضغط الدخول والخروج للأغشية
- انخفاض معدل تدفق المياه المالحة

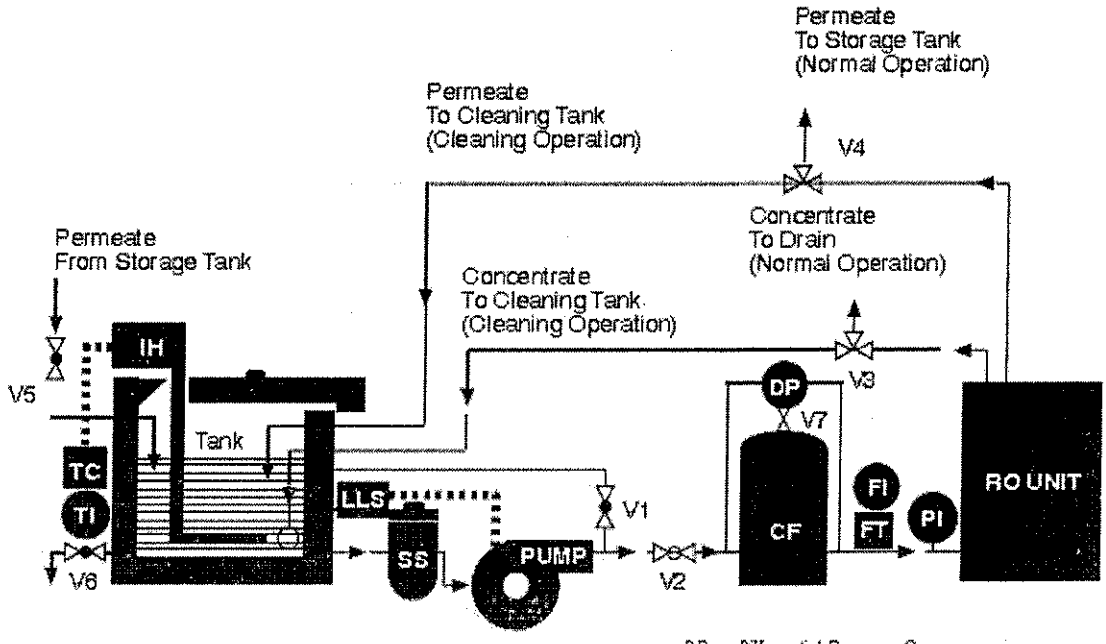
٤-١-٧-٢ التوقيت المناسب لعمل غسيل كيميائى

يجب اجراء الغسيل الكيميائي عندما:

- يتناقص معدل تدفق الوحدة بمعدل ≤ ١٠ ٪ عند نفس ظروف التشغيل
- زيادة ملوحة المياه بمعدل ≤ ١٠ ٪ عند نفس ظروف التشغيل
- زيادة فرق الضغط بين الدخول والخروج للأغشية بمعدل ≤ ١٥٪ عند بداية التشغيل خلال ٢٤ ساعة الأولى من التشغيل

٤-١-٧-٣ مكونات وحدة الغسيل الكيميائى

شكل (٤-١٠) يوضح مكونات وحدة الغسيل والمواد المصنع منها هذه الوحدات



TANK Chemical Mixing Tank, polypropylene or FRP
IH Immersion Heater (may be replaced by cooling coil for some site locations)
TI Temperature Indicator
TC Temperature Control
LLS Lower Level Switch to shut off pump
SS Security Screen–100 mesh
PUMP Low-Pressure Pump, 316 SS or non-metallic composite
CF Cartridge Filter, 5-10 micron polypropylene with PVC, FRP, or SS housing

DP Differential Pressure Gauge
FI Flow Indicator
FT Flow Transmitter (optional)
PI Pressure Indicator
V1 Pump Recirculation Valve, CPVC
V2 Flow Control Valve, CPVC
V3 Concentrate Valve, CPVC 3-way valve
V4 Permeate Valve, CPVC 3-way valve
V5 Permeate Inlet Valve, CPVC
V6 Tank Drain Valve, PVC, or CPVC
V7 Purge Valve, SS, PVC, or CPVC

ويراعي ان يصنع خزان الخلط من مواد مقاومة للكيماويات مثل البولي بروبيلين أو البلاستيك المقوى بالألياف الزجاجية. كما يجب أن يحتوى الخزان على غطاء قابل للفتح والغلق وقياس درجة الحرارة . ويجب إجراء الغسيل الكميائى عند درجات حرارة لا تقل عن ١٥ درجة مئوية . قد تكون هناك حاجة أيضا التبريد في مناطق جغرافية معينة ، لذلك يتم اضافة وحدات التدفئة / التبريد حسب الظروف الجوية للمنطقة

٤-١-٧-٤ الحسابات التصميمية لوحدة الغسيل

١. حساب حجم المجمع للأغشية

$$\text{Vessel Volume} = \pi r^2 L N$$

Where r = radius , L= length of pressure vessel , N is number of vessels

٢. حساب حجم انابيب التوصيل بين وحده الغسيل و الأغشية

Pipe Volume =π r^2L

-

Where r = radius of pipe , L= length of pressure vessel

٣. حساب حجم انابيب التوصيل بين وحده الغسيل و الأغشية

- Tank volume = Vessel Volume + pipe Volume

مثال:

Element diameter inches	Feed pressure psig	feed flow m^3/h	Temp °C	Velocity m/sec
2.5	20 - 60	0.7 - 1.2	15 - 35	≤ 3
4.0 4	20 - 60	1.8 - 2.3	15 - 35	≤ 3
4 full fit	20 - 60	2.7 - 3.2	15 - 35	≤ 3
6	20 - 60	3.6 - 4.5	15 - 35	≤ 3
8	20 - 60	6.0 - 10.2	15 - 35	≤ 3
8 full fit	20 - 60	10.2 - 12.5	15 - 35	≤ 3

٤-١-٧-٥ خطوات تنظيف الغشاء

١ - تحضير محلول الغسيل حيث يتم اضافة كيماويات الغسيل داخل الخزان مع التقليب المستمر وتدوير المحلول عدة مرات داخل الخزان باستخدام طلمبة الغسيل لضمان الخلط الجيد.

٢ - بعد التقليب يتم ضخ المحلول الى وحدة الأغشية عند ضغط قليل ومناسب حسب الجدول السابق مع ضبط حموضة المحلول (pH). ويتم دفع أول كمية من المياه المنتجة والمياه الناتجة من خط المياه المالحة الى الخارجى الى خارج الخزان لضمان عدم تخفيض تركيز الأملاح فى محلول الغسيل وفى حالة اتساخ محلول الغسيل يتم دفع ٢٠% من حجم المحلول الى الخارج على أن يتم استبداله بآخر نظيف.

٣ - إعادة تدوير محلول الغسيل داخل الأغشية عدة مرات مع الحفاظ علي درجة الحرارة ومعدل التدفق. وفى حالة زيادة الرقم الهيدروجيني أكثر من ٠.٥ درجة يتم إضافة المزيد من الحامض.

وبالمثل ، يتم استهلاك الصودا الكاوية عندما تتم إزالة بعض المواد العضوية من سطح الغشاء. وفى حالة انخفاض الرقم الهيدروجيني أكثرمن ٠.٥ وحدة يتم إضافة المزيد من الصودا الكاوية.

٤ – ايقاف طلمبة الغسيل و نقع الأغشية فى ماءالغسيل لمدة حوالي ١ ساعة وقد تزيد النقع من ١٠–١٥ ساعة فى حالة وجود رواسب كثيفة مع الحفاظ على درجة حرارة عالية لتحسين كفاءة محلول التنظيف خلال فترة النقع الممتد مع استخدام معدل إعادة تدوير بطيئ أو إعادة تدوير متقطعة من محلول التنظيف.

٥ – التدوير عند معدل تدفق عالى ، حيث يتم تشغيل طلمبة الغسيل عند معدل تدفق أعلى من الموجود فى الجدول السابق بمقدار ٥٠% وذلك لمدة تتراوح مابين ٣٠ – ٦٠ دقيقة .

٦ – الشطف، يتم دفق مياه الغسيل الى خارج الخزان ثم اعادة ملئه بمياه نقية نظيفة خالية من الكلور وتشغيل طلمبة الغسيل لشطف الأغشية ودفع المياه خارج الخزان

٧ – أعادة التشغيل . يتم تشغيل وحدة التناضح العكسى مرة أخرى تحت نفس ظروف التشغيل ومقارنة نتائج الغسيل

٤–١–٧–٦ كيماويات الغسيل :

يوضح جدول (٤–١٣) كمياويات الغسيل المستخدمة فى الغسيل وتركيزها

Cleaner / Foulant	0.1 wt % NaOH	0.1 wt % NaOH with 1.0 wt % Na_4EDTA	0.1 wt % NaOH with 0.025 wt % Na-DDS	0.2 wt % HCl	2% citric acid	1.0 wt % $Na_2S_2O_4$	0.5 wt % H_3PO_4	1.0 wt % NH_2SO_3H
Carbonate scales (e.g., $CaCO_3$)		—	—	Preferred	Alternative	Optimal	Alternative	—
Sulfate scales ($CaSO_4$, $BaSO_4$)		OK	—	—		—	—	—
Metal/oxides hydroxides (e.g., iron)		—	—	—	Alternative	Preferred	Alternative	Alternative
Fluoride scales		OK						
Phosphate scales				Preferred				
Inorganic colloids (silt)		—	Preferred	—		—	—	—
Silica	Alternative	Alternative	Preferred	—		—	—	—
Biofilms	Preferred	Alternative	Preferred	—		—	—	—
Organic	Preferred	Alternative	Preferred	—		—	—	—

الفصل الثامن : الضغط بواسطة مضخات الضغط العالى

٤-١-٨-١ مقدمة

الضغط هو العملية التى يتم فيها تأهيل المياه المالحة برفع ضغطها الى الضغط المناسب باستخدام مضخات الضغط العالي (High Pressure Pumps) للمرور خلال أغشية التنقية لفصل الملح منها والحصول على مياه عذبة . ويعتبر النوع الاكثر استخداما من مضخات تحلية المياه هى مضخات الطرد المركزى لانها يمكن ان تعمل عند معدل تدفق متوسط (عادة اقل من 1,000gpm) وضغط منخفض (يصل الى 400 psig). يوجد نوع اخر من المضخات التي تعرف بمضخات الازاحة الايجابية والتي لها كفاءة هيدروليكية اعلى ولكنها تعانى من متطلبات صيانة اعلى مقارنة لمضخات الطرد المركزى.

٤-١-٨-٢ المشاكل التى تواجه محطات التحلية

ان التاكل والاحتكاك هما من اهم المشاكل التي تواجه محطات تحلية مياه البحر. فالمضخات المستخدمة لابد ان تكون مخصصة لهذا الغرض، ولذلك يستخدم فى تصنيعها سبائك الالومنيوم و البرونز او الاستانليس ستيل المضادة للتاكل ، ومضخات مياه البحر غالبا تصنع من استانليس ستيل 316L ، وذلك لقدرتها العالية على مقاومة التأكل والتصدع وسهولة سبكاتها و لحامها أو أى أنواع أخرى لها نفس القدرة على منع التشقق و مقاومة التآكل. ان واحدة من اهم الاعتبارات التى يجب ان تؤخذ فى الاعتبار فى محطات تحلية المياه فى مرحلة التصميم هى أستهلاك الطاقة ، لذلك تزود اجهزة استعادة الطاقة التي لها القدرة على تقليل الطاقة المكافئة.

٤-١-٨-٣ قواعد يجب مراعاتها بالنسبة للطلمبات

- يجب ان يتم متابعة المضخات عن بعد ، وتسجيل كل ظروف العمل والتنبيه بضرورة عمل الصيانة فى وقتها.
- مضخات تحلية المياه تصنع حسب تدفق المياه المطلوب و الضغط ، ومن منحنيات المضخات يمكن تحديد عدد مراحلها ، قطر الريش ، قدرتها ، و كذلك كفائتها.
- محركات الطلمبات المجهزة بمحولات التردد المتغير احيانا تستخدم لضبط العملية التى يقوم بها المحرك ، حيث أن محركات التردد المتغير تستقبل اشارة تصله من حساس تدفق المياه او حساس الضغط لضبط عدد لفات الموتور.

- الحصول على التحكم الكامل بعدد اللفات للموتور ، يساعد على ضبط سرعة الموتور و العمل على ضغوط مختلفة بواسطة الطلمبه (ليخرج كمية ثابتة من المياه) كما هو مطلوب لظروف تغذية المياه للاغشية .
- يتم ضبط محبس التحكم فى مستوى الضغط المناسب لتحقيق ضغط العمل المطلوب (اذا لم تكن المواتير مجهزة بمحركات التردد المتغير ، فى هذه الحالة يتم ضبط سرعة المضخة للضغط المطلوب). محبس التحكم فى الضغط و محبس التحكم فى تركيز التدفق (ايضا صمام التناسب) يتم خنقهم معا ليحققوا الانتاجية و التعويض المطلوب.
- فى حالة مضخات الازاحة الايجابية تضبط بمحبس تحكم فى التدفق على خط تدوير المضخة ، خط التدوير ضرورى لان حجم خروج المضخة تقريبا ثابت الى حد ما ، خلافاً لحدود الضغط الخارج لهذا النوع من المضخة.
- بدء التشغيل اليدوى لاى وحدة تحلية مياه تحتاج لضبط محبس تحكم تركيز التدفق ثم محبس التحكم بالضغط ، ثم يعود لمحبس التحكم بالتدفق ، و هكذا حتى يصل للاداء المرغوب به ، ونظام التحكم سيقوم اتوماتيكيا بضبط المحابس اثناء بدء التشغيل اتوماتيكيا.

كما انه من المهم عند تشغيل مضخة الضغط ان يكون محبس التحكم فى تركيز التدفق مفتوح لاخره ليمنع اى ضرر عن المعدات او الغشاء لدى استقباله ضغط التدفق للمياه ، حيث أن المطرقة المائية قد تسبب شروخ فى الطبقة الخارجية لغشاء التحلية بالاضافة لضغط الغشاء نفسه (الضغط ينتج فى اقل تدفق للغشاء عند ضغط ثابت). وايضا المطرقة المائية تسبب تحرك وحدات الغشاء فى الوعاء ، والذى قد يسبب تاكل لحلقة O والتى تستخدم على الوصلات الداخلية و اماكن التسريب للمياه بالمضخة ، ولذا ينصح بعدم زيادة الضغط عن 10 psi per second ، ومن الجدير بالذكر أن بعض المواتير قد تزود بـ " مشغل لين" والذى ينظم السرعة عند بداية التشغيل.

كما يجب مراعاة الاعتبارات الاتيه هى لتقليل المطرقة المائية:

- اذا كان مضخات الازاحة الموجبة هى المستخدمه فيجب ان تستخدم مع هذه المضخات وحده تعمل كممتص اهتزازات ، ووجود خزان خاصة في حال استخدام المواسير القصيرة و الطويلة جدا.
- لابد من التخلص من الهواء اثناء العمل ، سواء كان عن طريق أستخدام دائرة اندفاع او تهوية ميكانيكية عند اعلى قطاع فى مواسير العمل.

ومن المعلوم أن مضخة التغذية الخاصة بتحلية المياه تحتاج كمية وضغط معين من مياه التغذية من جانب خط السحب ، وذلك لمنع حدوث التجويف والخلخله بالمضخة ،واذا كان الضغط و الكمية قليلين على جانب السحب بالمضخة فان ذلك قديسبب واحدة من المشكلات الثلاثة التالية :

١. حدوث هبوط حاد فى الضغط خلال نظام المعالجة الاولية لمياه التحلية المغذية للوحده ، وهى متضمنه للكارتريدج فلتر الذى يوجد قبل التغذية لمنظومة أغشية التحلية.
٢. اذا كانت معدات المعالجة الاولية مصممة لعمل الغسيل العكسى بمياه التغذية بينما وحدة التحلية تعمل ، يجب مراعاة أن الكمية الكلية لمياه التغذية تكون كافية لان تغطى الاحتياج لمياه التغذية لجانب السحب من مضخات التغذية الخاصة بالتحلية ، بينما تكون معدات المعالجة الاولية قائمة على عملية التنظيف العكسى للفلاتر الرملية.
٣. عندما تزيد مدة عمل الاغشية بدون تنظيف لمدة طويله ، فان ادائها سوف يتأثر بالسلب بسبب الاتساخ و تغير الحجم او تلوثها ، هذه التغيرات تتطلب ظبط العدادات وصمام التحكم.

٤-١-٨-٤ مواصفات الحديد المقاوم للصدأ المستخدم مع المياه المالحة فى محطات التحلية

ينقسم الحديد المقاوم للصدأ إلى أربعة أقسام رئيسية ، وهى كالتالى :

- الـ **FERRITIC** : وهو له صفات مغناطيسية ، وهو مقاوم للتاكل ؛ نتيجة لارتفاع نسبة الكروم فيه ، وبه صعوبة فى اللحام ؛ لقلة نسبة الكربون به .
- الـ **AUSTENITIC** : وهو سهل التشكيل واللحام ؛ نتيجة ارتفاع نسبة الكربون به .
- الـ **MARTENSITE** : وهو أضعف أنواع الحديد المقاوم للصدأ ؛ لقلة الكربون والنيكل والكروم به
- الـ **DUPLEX** : وهو خليط بين النوعين الأول والثانى بنسب متفاوتة ، ويتحول للصفة المغناطيسية عند ازدياد نسبة ال **FERRITE** به .

ويجب ان يكون الرقم المكافئ لمقاومة التاكل **PREN** مناسب لنوع المياه المستخدمة فى محطة التحلية .

$$PREN = 1 \times \%Cr + 3.3 \times \%Mo + 16 \times \%N$$

Cr = Chrome Mo= Molybdenum N= Nitrogen

وبشكل عام فانه فى محطات تحلية المياه المالحة (مياه البحر أكثر من ٣٠ الف جزء فى المليون) يجب الا يقل الرقم المكافئ لمقاومة التاكل عن ٣١ ؛ وذلك لتجنب تاكل المواسير الحديد أما لمياه الابار أقل من ٢٠ ألف جزء فى المليون فيكون الرقم المكافئ لمقاومة التآكل يجب ألا يقل عن ٢٥.

جدول (٤-١٤) أنواع سبائك الحديد و نسبة العناصر بها

الرقم المكافئ لمقاومة التاكل PREn	نسبة النيتروجين	نسبة الموليبدينوم	نسبة الكروم	السبيكة
Ferritic Grades				
11.5			11.5	409
16-18			16-18	430
19-22.6		0.9-1.4	16-18	434
21.6		1.25	17.5	436
17.5-18.5			17.5-18.5	441
23-28.7	0.03 max	1.8-2.5	17-20	444
Austenitic Grades				
17.5-20.8	0.11 max		17.5-19.5	304
18-20	0.1 max		18-20	304 L
19.4-23	0.12-0.22		17.5-19.5	304 LN
23.1-28.5	0.11 max	2-2.5	16.5-18.5	316 / 316L
25.3-30.7	0.11 max	2.5-3	17-19	316L (2.5% min Mo)
25-30.3	0.12-0.22	2-2.5	16.5-18.5	316 LN
30.5	0.1 max	3-4	18-20	317 L
33.6	0.14	4.1	17.8	317 LMN
32.2-39.9	0.15 max	4-5	19-21	904 L
35.9-43	0.11 max	3-4	24-26	Sanicro 28
42.2-47.6	0.18-0.25	6-7	19.5-20.5	254 SMO
41.2-48.1	0.15-0.25	6-7	19-21	1925 hMO
42-52.1	0.3-0.6	4-5	24-26	4565 S
Duplex Grades				
26.5	0.2	0.4	22	2202
24.5-28.6	0.2-0.25	0.1-0.8	21-22	2101 LDX
23.1-29.2	0.05-0.2	0.1-0.6	22-24	SAF 2304
30.8-38.1	0.1-0.22	2.5-3.5	21-23	SAF 2205
40<	0.24-0.35	3-4	24-26	SAF 2507
40<	0.2-0.3	3-4	24-26	Zeron 100
40<	0.2-0.3	3-4	24-26	Ferrinox 255

الفصل التاسع : الحسابات الاساسية لمنظومة التناضح العكسى

٤-١-٩-١ حساب كميه الطاقه المطلوبه لتحلية مياه البحر

لحساب اقل طاقه مطلوبه لتحليه واحد لتر من مياه البحر بصرف النظر عن التكنولوجيا المستخدمه فى عمليه التحليه

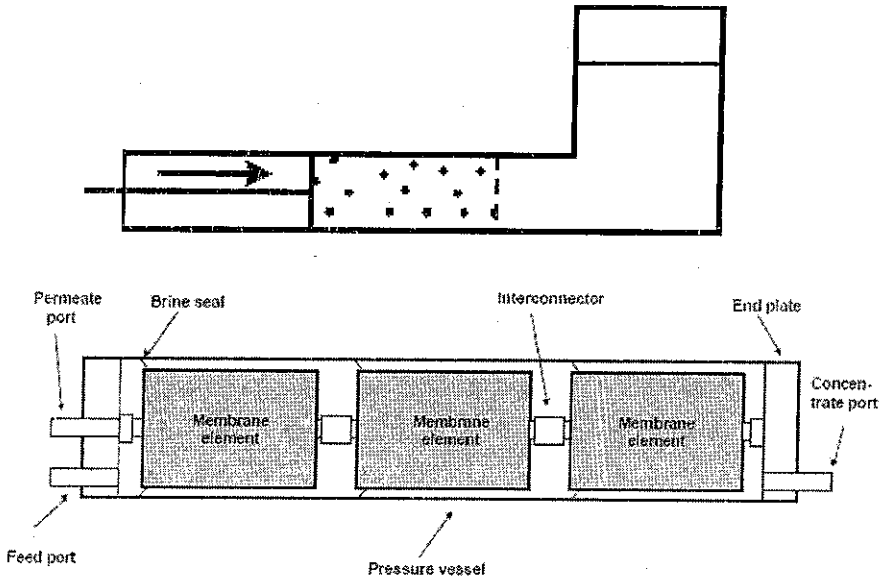
القوة المؤثره = الضغط الاسموزي * المساحه العموديه المؤثره عليها

الشغل = القوه المؤثره * المسافه = الضغط الاسموزى (كجم/سم^{٢}) * المساحه (سم^{٢})* المسافه (متر/لتر) =

(كجم ٠متر /لتر) = (كجم متر /لتر) * عجله الجاذبيه (متر/ثانيه ^{٢}) = نيوتن متر /لتر = جول / لتر

= (جول / لتر) /٣٦٠٠ = (جول / ثانيه ٠لتر) = (وات ساعه / لتر)

= (وات ساعه / لتر) * (١٠٠٠/ ١٠٠٠) = (كيلو وات ساعه / متر ^{٣})



Pressure vessel with three membrane elements

- الضغط الاسموزى (بار) =التركيز المولارى (مول /لتر) *ثابت *درجه الحراره (كلفين)
  ثابت الغاز = =0.082 لتربار /مول كلفين
- اجمالى الضغط الدافع (بار) = ضغط مياه التغذيه – فرق الضغط الاسموزى
- فرق الضغط الاسموزى = الضغط الاسموزى للمياه التغذيه – الضغط الاسموزى للمياه المنتجه
- التدفق (لتر /م^{٢}ساعه) = اجمالى الضغط الدافع (بار)* التدفق النسبى ((لتر /م^{٢}ساعه)/بار)

حيث ان:

التدفق :- كميه المياه المنتجه للمتر المربع الواحد خلال ساعه

التدفق النسبى :- التدفق لكل واحد بار

- المياه المنتجه = التدفق* مساحه الغشاء الاسموزى
- ملوحه المياه المنتجه = ملوحه مياه التغذيه * (١- النسبه المؤيه لقدره الغشاء على طرد الاملاح)

النسبه المؤيه تكون : ٩٩.٩% ، ٩٩.٧ % ، ٩٩.٥ % وذلك من خلال تجارب واختبارات معمليه

معدل الاسترداد = كميه المياه المنتجه / كميه مياه التغذيه

الماء الداخل علي الغشاء الثاني هو الماء المركز الخارج من الغشاء الاول وهكذا...

كمية ماء التغذيه*ملوحتها = كميه الماء المنتج*ملوحتها + كميه الماء المركز(الداخل للغشاء التالى) * ملوحته

٤-١-٩-٢ الاختبارات التي تتم علي الاغشيه الاسموزيه :

يتم عمل تجارب واختبارات علي الاغشيه الاسموزيه باستخدام محلول كلوريد الصوديوم NaCl وذلك لانه يمثل (٧٠% : ٨٠%) من اجمالي كمية الاملاح في مياه البحر وتكون ظروف الاختبار عند ٣٢٠٠٠ جزء في المليون والحامضيه ٨ وعند درجه حراره ٢٥ درجه سليزيه وضغط ٥٥ بار .

٤-١-٩-٣ حدود تصميم محطة تحلية بالتناضح العكسى:

١. أقصى تدفق للتغذية لوعاء الضغط (متر مكعب / ساعة) : فى حدود (١٦.٣ – ١٨.٥)
٢. أقصى ضغط لمياه التغذية (بار) : فى حدود (٤١.٥ – ٨٢.٥) على حسب نوع الغشاء اذا كان مياه متوسطه أو عالية الملوحة
٣. أقصى كمية مياه منتجة للغشاء الواحد (متر مكعب / ساعة) : فى حدود (١.٣ – ٢)

٤. أقصى نسبة استعادة للغشاء الواحد (%) : فى حدود (١٤ – ١٩)
٥. أقل كمية مياه منبوذة من الغشاء الواحد (متر مكعب / ساعة) : فى حدود (٢.٩٥ – ٣.١٨)

ملحوظة : وهذه النسب تختلف حسب توصيات المصنع للاغشية

أمثله محلوله :

مثال (١):

مطلوب عمل الحسابات اللازمه للعمليات التي تتم داخل أوعية الضغط وتحتوي علي عدد ٦ اغشية والتدفق النسبي ١.٢٥ (لتر /متر٢.ساعه)/بار عندما يكون الضغط ٥٦ بار وكمية مياه التغذيه المقترحه ٩.٥ متر^{٣}/ساعه . النسبه المؤيه لطرد الاملاح ٩٩.٥ % مساحة الغشاء ٣٧.١ متر ^{٢} درجه حرارة مياه التغذيه ٣٠٠ كلفن الفقد في الضغط خلال الغشاء ٠.١ بار .

عندما تكون ملوحة مياه التغذيه :

١- ٣٥٠٠٠ جزء في المليون

٢- ٤٢٠٠٠ جزء في المليون

٣- ١٥٠٠٠ جزء فى المليون (عندما يكون التدفق النسبي ٤.٥ (لتر/متر٢.ساعه)/بار ويكون الضغط ٢٥ بار)

الاجابه: (عند ٣٥٠٠ جزء في المليون) (١)

الغشاء الاول :

كميه مياه التغذيه = ٩.٥ م٣/ ساعه لكل وعاء ضغط

نفرض ان اكبر تركيز للاملاح ف المياه هو كلوريد الصوديوم

من المقترح ان تكون نسبه ازاله الاملاح من المياه خلال الاغشيه = ٩٩.٥ %

ملوحه المياه الناتجه = ٣٥٠٠٠ * (١- ٠.٩٩٥) =١٧٥ جزء ف المليون تقريبا

الضغط الاسموزي @ ٣٥٠٠٠ =((٣٥٠٠٠/١٠٠٠)/٥٨.٥)*٢*٠.٠٨٢*٣٠٠=٢٩.٤٤ بار

الضغط الاسموزى @ ١٧٥ (جزء ف المليون) = ((١٧٥ /١٠٠٠) /)٥٨.٥ * ٢ *٠.٠٨٢*٣٠٠ =٠.١٥ بار

ضغط المياه المنتجه = ١ بار

الضغط (NDP) = صافى الضغط على جانبى الغشاء والمؤدى لتدفق المياه المحلاه = ضغط الطلمبه – ضغط المياه المحلاه – الضغط الاسموزى لمياه التغذيه (مياه البحر) – الضغط الاسموزى للمياه المحلاه – الفاقد الهيدروليكى لسريان المياه المغذية داخل الغشاء

لجمالى الضغط (NDP) = ٥٦ – ١ –(٢٩.٤٤ – ٠.١٥) = ٢٥.٧١ بار

من المقترح ان تكون التدفق النوعى (specific flux) = ١.٢٥ (لتر متر^{٢} ساعه / بار)

التدفق = التدفق النوعى * اجمالى الضغط (NDP)= ١.٢٥ * ٢٥.٧١ = ٣٢.١٤ لتر متر^{٢} ساعه

كميه المياه المنتجه = التدفق * مساحة الغشاء = ٣٢.١٤ * ٣٧.١ = ١.١٩٢ متر ^{٣} / ساعه

كميه المياه الخارجه من الغشاء الاول = المياه المالحه الكليه – المياه المنتجه

= ٩.٥ – ١.١٩٢ = ٨.٣١ متر ٣ / ساعه

ملوحه المياه الخارجه من الغشاء الاول= (٩.٥ * ٣٥٠٠٠ – ١٧٥ * ١.١٩٢) / ٨.٣١ =

=٣٩٩٩٨.٣ جزء من المليون

Single Stage	Feed Flow	Feed Osmotic Pressure Bar	Permeate Osmotic Pressure Bar	NDP	New HPP Pressure Bar	Flux LMH	Permeate flow	Permeat Salinty ppm	Reject Salinty ppm
Membrane Number	m^3/hr						m^3/hr		
1	9.50	29.44	0.15	25.71	55.90	32.14	1.192	175	39998.3
2	8.31	33.64	0.17	21.43	55.80	26.79	0.994	200	45405.8
3	7.31	38.19	0.19	16.80	55.70	21.00	0.779	227	50793.4
4	6.5	42.72	0.21	12.20	55.60	15.24	0.566	254	55581.8
5	5.97	46.75	0.23	8.09	55.50	10.11	0.375	278	59290.0
6	5.59	49.86	0.25	4.88	55.40	6.11	0.227	296	61779.8

Salinity 35000 ppm معدل السريان من عدد 6 ممبرين لتر ساعة / متر ^{2} | 18.56 |

الغشاء الثانى :

كميه مياه التغذيه =٨.٣١ متر ^{٣} / ساعه

ملوحه المياه الناتجه = ٣٩٩٩٨.٣ *(١– ٠.٩٩٥) =٢٠٠ جزء ف المليون

الضغط الاسموزى @٢٠٠ =(٢٠٠ / ١٠٠٠) /٥٨.٥ * ٢ *٠.٠٨٢*٣٠٠=٠.١٧ بار

اجمالى الضغط (NDP) =٥٦ –١–(٣٣.٦٤ –٠.١٧)– ٠.١ = ٢١.٤٣ بار

التدفق = التدفق النوعى * اجمالى الضغط (NDP)= ١.٢٥ * ٢١.٤٣ = ٢٦.٧٩ لتر متر^{٢} ساعه

كميه المياه المنتجه = التدفق * مساحة الغشاء = ٢٦.٧٩* ٣٧.١ = ٠.٩٩٤ متر ^{٣} / ساعه

كميه المياه الخارجه من الغشاء الثاني = المياه المالحه الكليه – المياه المنتجه = ٨.٣١ – ٠.٩٩٤ =٧.٣١ متر٣ / ساعه

ملوحه المياه الخارجه من الغشاءالثانى = (٨.٣١ * ٣٩٩٩٨.٣ – ٠.٩٩٤* ٢٠٠)/ ٧.٣١ =٤٥٤٠٥.٨ جزء من المليون

الغشاء الثالث :

كميه مياه التغذيه =٧.٣١متر ٣ / ساعه

ملوحه المياه الناتجه = ٤٥٤٠٥.٨ *(١– ٠.٩٩٥) =٢٢٧ جزء ف المليون

الضغط الاسموزى @ ٢٢٧ =(٢٢٧ /١٠٠٠) /٥٨.٥ * ٢ *٠.٠٨٢*٣٠٠=٠.١٩ بار

اجمالى الضغط (NDP) =٥٦ –١– ٢*٠.١ –(٣٨.١٩– ٠.١٩)= ١٦.٨ بار

التدفق = التدفق النوعى * اجمالى الضغط (NDP)= ١.٢٥ * ١٦.٨= ٢١لتر متر ٢ ساعه

كميه المياه المنتجه = التدفق * مساحة الغشاء = ٢١* ٣٧.١ = .٧٧٩ متر ٣ / ساعه

كميه المياه الخارجه من الغشاءالثالث = المياه المالحه الكليه – المياه المنتجه

= ٧.٣١ – ٠.٧٧٩ =٦.٣٥متر٣ / ساعه

ملوحه المياه الخارجه من الغشاءالثالث = (٧.٣١ * ٤٥٤٠٥.٨ – ٠.٧٧٩* ٢٢٧)/ ٦.٣٥ =٥٠٧٩٣.٤ جزء من المليون

الغشاء الرابع :

كميه مياه التغذيه =٦.٣٥متر ٣ / ساعه

ملوحه المياه الناتجه = ٥٠٧٩٣.٤ *(١– ٠.٩٩٥) =٢٥٤ جزء ف المليون

الضغط الاسموزى @ ٢٥٤ =(٢٥٤ /١٠٠٠) /٥٨.٥ * ٢ *٠.٠٨٢*٣٠٠=٠.٢١ بار

اجمالى الضغط (NDP) =٥٦ –١– ٣*٠.١ –(٤٢.٧٢–٠.٢١)= ١٢.٢ بار

التدفق = التدفق النوعى * اجمالى الضغط (NDP)= ١.٢٥ * ١٢.٢= ١٥.٢٤لتر متر ٢ ساعه

كميه المياه المنتجه = التدفق * مساحة الغشاء= ١٥.٢٤* ٣٧.١ = ٠.٥٥٦ متر ٣ / ساعه

كميه المياه الخارجه من الغشاء الرابع = المياه المالحه الكليه – المياه المنتجه

= ٦.٣٥ – ٠.٥٥٦ =٥.٩٧متر٣ / ساعه

ملوحه المياه الخارجه من الغشاءالرابع = (٦.٥٣ * ٥٠٧٩٣.٤ – ٠.٥٥٦* ٢٥٤)/ ٥.٩٧ =٥٥٥٨١.٨ جزء من المليون

الغشاء الخامس :

كميه مياه التغذيه =٥.٩٧متر ٣ / ساعه

ملوحه المياه الناتجه = ٥٥٥٨١.٨ *(١- ٠.٩٩٥) =٢٧٩ جزء ف المليون

الضغط الاسموزى @٢٧٩ =(٢٧٩ /١٠٠٠) /٥٨.٥ * ٢ *٠.٠٨٢*٣٠٠=٠.٢٣ بار

اجمالى الضغط (NDP) =٥٦ -١-٤*٠.١ -(٤٦.٧٥- ٠.٢٣)= ٨.٠٩ بار

التدفق = التدفق النوعى * اجمالى الضغط (NDP)= ١.٢٥ * ٨.٠٩= ١٠.١١لتر متر ٢ ساعه

كميه المياه المنتجه = التدفق * مساحة الغشاء= ١٠.١١* ٣٧.١ = ٠.٣٧٥ متر ٣ / ساعه

كميه المياه الخارجه من الغشاء الخامس= المياه المالحه الكليه – المياه المنتجه

=٥.٩٧- ٠.٣٧٥ =٥.٥٩متر٣ / ساعه

ملوحه المياه الخارجه من الغشاءالخامس = (٥.٩٧ * ٥٥٥٨١.٨ -٠.٣٧٥* ٢٧٩)/ ٥.٥٩

=٥٩٢٩٠.٨ جزء من المليون

الغشاء السادس :

كميه مياه التغذيه =٥.٥٩متر ٣ / ساعه

ملوحه المياه الناتجه = ٥٩٢٩٠.٨ *(١- ٠.٩٩٥) =٢٩٦ جزء ف المليون

الضغط الاسموزى @ ٢٩٦ =(٢٩٦ /١٠٠٠) /٥٨.٥ * ٢ *٠.٠٨٢*٣٠٠=٠.٢٥ بار

اجمالى الضغط (NDP) =٥٦ -١-٥*٠.١-(٤٩.٦٨-٠.٢٥)= ٤.٨٨ بار

التدفق = التدفق النوعى * اجمالى الضغط (NDP)= ١.٢٥ * ٤.٨٨= ٦.١١لتر متر ٢ ساعه

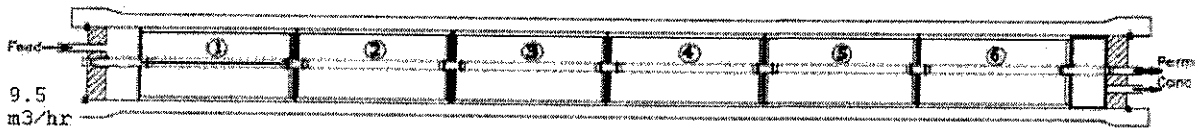
كميه المياه المنتجه = التدفق * مساحة الغشاء= ٦.١١* ٣٧.١ = ٠.٢٢٧ متر ٣ / ساعه

كميه المياه الخارجه من الغشاء السادس = المياه المالحه الكليه – المياه المنتجه

=٥.٥٩- ٠.٢٢٧ =٥.٣٧متر٣ / ساعه

ملوحه المياه الخارجه من الغشاءالسادس = (٥.٥٩ * ٥٩٢٩٠.٨ -.٢٢٧٠ * ٢٩٦)/

٥.٣٧ =٦١٧٧٩.٨ جزء من المليون



flux=32.14	flux= 26.7	flux=21	flux=15.24	flux=10.1	flux= 6.1
prod.=1.19	prod.=0.99	prod.=0.77	prod.=0.56	prod.=0.37	prod.=0.22
rej.sal.= 39998.3	rej.sal.= 45405.8	rej.sal.= 50793.4	rej.sal.= 55581.8	rej.sal.= 59290	rej.sal.= 61779.8
R.R=13%	R.R= 12%	R.R= 11%	R.R= 9%	R.R= 6%	R.R= 4%

Total prod.=4.13 m3/hr

AVG Flux=18.56 LMH

Rec.Ratio=44%

(٢)

الاجابه : "عند ٤٢٠٠٠ جزء من المليون "

الغشاء الاول :

كميه مياه التغذيه = ٩.٥ م٣/ ساعه

نفرض ان اكبر تركيز للاملاح ف المياه هو كلوريد الصوديوم

من المقترح ان تكون نسبه ازاله الاملاح من المياه خلال الاغشيه = ٩٩.٥ %

ملوحه المياه الناتجه = ٤٢٠٠٠ * (١- ٠.٩٩٥) = ٢١٠ جزء ف المليون

الضغط الاسموزي @ ٤٢٠٠٠ =((٤٢٠٠٠/١٠٠٠)/٥٨.٥)*٢*٠.٠٨٢*٣٠٠= ٣٥.٣ بار

الضغط الاسموزى @ ٢١٠ = ((٢١٠ /١٠٠٠) /٥٨.٥)* ٢ *٠.٠٨٢*٣٠٠ =٠.١٨ بار

ضغط المياه المنتجه = ١ بار

لجمالى الضغط (NDP) = ٥٦ – ١ –(٣٥.٣٢ -٠.١٨) = ١٩.٨٥بار

من المقترح ان تكون التدفق النوعى (specific flux) = ١.٢٥ (لتر متر^{٢} ساعه / بار)

التدفق = التدفق النوعى * اجمالى الضغط (NDP) = ١.٢٥ * ١٩.٨٥ = ٢٤.٨٢ لتر متر^{٢} ساعه

كميه المياه المنتجه = التدفق * مساحة الغشاء = ٢٤.٨٢ * ٣٧.١ =٠.٩٢١ متر ^{٣} / ساعه

Single Stage	Feed Flow	Feed Osmotic Pressure Bar	Permeate Osmotic Pressure Bar	NDP	New HPP Pressure Bar	Flux LMH	Permeate flow	Permeat Salinty ppm	Reject Salinty ppm
Membrane Number	m^3/hr						m^3/hr		
1	9.50	35.32	0.18	19.85	55.90	24.82	0.921	210	46484.8
2	8.58	39.09	0.20	16.00	55.80	20.00	0.742	232	50863.9
3	7.84	42.78	0.21	12.24	55.70	15.30	0.567	254	54814.3
4	7.3	46.10	0.23	8.83	55.60	11.04	0.410	274	58069.9
5	6.86	48.84	0.24	6.01	55.50	7.51	0.279	290	60515.0
6	6.58	50.89	0.25	3.86	55.40	4.82	0.179	303	62198.3

Salinity 42000 ppm معدل السريان من عدد 6 ممبرين لتر ساعة / متر ^{2} | 13.91

كميه المياه الخارجه من الغشاء الاول = المياه المالحه الكليه – المياه المنتجه

= ٩.٥ – ٠.٩٢١ = ٨.٥٨متر ٣ / ساعه

ملوحه المياه الخارجه من الغشاء الاول = (٩.٥ * ٣٥٠٠٠ – ٢١٠ * ٠.٩٢١) / ٨.٥٨

=

=٤٦٤٨٤.٨ جزء من المليون

<u>الغشاء الثانى :</u>

كميه مياه التغذيه =٨.٥٨ م٣/ ساعه

نفرض ان اكبر تركيز للاملاح ف المياه هو كلوريد الصوديوم

من المقترح ان تكون نسبه ازاله الاملاح من المياه خلال الاغشيه = ٩٩.٥ %

ملوحه المياه الناتجه = ٤٦٤٨٤.٨ * (١– ٠.٩٩٥) =٢٣٢ جزء ف المليون

الضغط الاسموزى @ ٢٣٢ = (٢٣٢ /١٠٠٠) /٥٨.٥ * ٢ *٠.٠٨٢*٣٠٠ =٠.٢٠ بار

ضغط المياه المنتجه = ١ بار

لجمالى الضغط (NDP) = ٥٦ – ١ –٠.١–(٣٩.٠٩– ٠.٢) = ١٦بار

من المقترح ان تكون التدفق النوعى (specific flux) = ١.٢٥ (لتر متر^2 ساعه / بار)

التدفق = التدفق النوعى * اجمالى الضغط (NDP)= ١.٢٥ * ١٦ = ٢٠لتر متر^2 ساعه

كميه المياه المنتجه = التدفق * مساحة الغشاء = ٢٠ * ٣٧.١ =٠.٧٤٢ متر ^{3} / ساعه

كميه المياه الخارجه من الغشاء الثاني = المياه المالحه الكليه – المياه المنتجه

= ٨.٥٨–٠.٧٤٢ = ٧.٨٤متر ٣ / ساعه

ملوحه المياه الخارجه من الغشاء الثاني = (٨.٥٨ * ٤٦٤٨٤.٨– ٢٣٢ * ٠.٧٤٢) / ٧.٨٤ =

=٥٠٨٦٣.٩ جزء من المليون

الغشاء الثالث :

كميه مياه التغذيه =٧.٨٤ م٣/ ساعه

ملوحه المياه الناتجه =٥٠٨٦٣.٩ * (١- ٠.٩٩٥) = ٢٥٤ جزء ف المليون

الضغط الاسموزى @ ٢٥٤ = (٢٥٤ /١٠٠٠) /٥٨.٥ * ٢ *٠.٠٨٢*٣٠٠ =٠.٢١ بار

ضغط المياه المنتجه = ١ بار

لجمالى الضغط (NDP) = ٥٦ – ١ –٢* ٠.١ – (٤٢.٧٥-٠.٢١)= ١٢.٢٤بار

من المقترح ان تكون التدفق النوعى (specific flux) = ١.٢٥ (لتر متر^{٢} ساعه / بار)

التدفق = التدفق النوعى * اجمالى الضغط (NDP)

= ١.٢٥ * ١٢.٢٤ = ١٥.٣لتر متر^{٢} ساعه

كميه المياه المنتجه = التدفق * مساحة الغشاء

= ١٥.٣* ٣٧.١ =٠.٥٦٧ متر ^{٣} / ساعه

كميه المياه الخارجه من الغشاء الثالث = المياه المالحه الكليه – المياه المنتجه

= ٧.٨٤-٠.٥٦٧ = ٧.٢٧متر ٣ / ساعه

ملوحه المياه الخارجه من الغشاء الثالث = (٧.٨٤ * ٥٠٨٦٣.٩ – ٢٥٤ * ٠.٥٦٧) /

٧.٢٧ = ٥٤٨١٤.٣ جزء من المليون

الغشاء الرابع :

كميه مياه التغذيه =٧.٢٧ م٣/ ساعه

نفرض ان اكبر تركيز للاملاح ف المياه هو كلوريد الصوديوم

من المقترح ان تكون نسبه ازاله الاملاح من المياه خلال الاغشيه = ٩٩.٥ %

ملوحه المياه الناتجه =٥٠٨٦٣.٩ * (١- ٠.٩٩٥) =254

جزء ف المليون

الضغط الاسموزى @ ٢٥٤ = (٢٥٤ /١٠٠٠) /٥٨.٥ * ٢ *٠.٠٨٢*٣٠٠ =٠.٢٣ بار

ضغط المياه المنتجه = ١ بار

لجمالى الضغط (NDP) = ٥٦ – ١-٣*٠.١-- (٤٦.١ -٠.٢٣)= ٨.٨٣بار

من المقترح ان تكون التدفق النوعى (specific flux) = ١.٢٥ (لتر متر^{٢} ساعه / بار)

التدفق = التدفق النوعى * اجمالى الضغط (NDP)

= ١.٢٥ * ٨.٨٣ = ١١.٠٤ لتر متر^{٢} ساعه

كميه المياه المنتجه = التدفق * مساحة الغشاء

= ١١.٠٤* ٣٧.١ =٠.٤١٠ متر ٣ / ساعه

كميه المياه الخارجه من الغشاء الرابع = المياه المالحه الكليه – المياه المنتجه

= ٧.٢٧ – ٠.٤١٠ = ٦.٨٦متر ٣ / ساعه

ملوحه المياه الخارجه من الغشاء الرابع = (٧.٢٧ * ٥٠٨٦٣.٩ – ٢٥٤ * ٠.٤١٠) / ٦.٨٦ =٥٨٠٦٩.٩ جزء من المليون

الغشاء الخامس :

كميه مياه التغذيه =٦.٨٦ م٣/ ساعه

نفرض ان اكبر تركيز للاملاح ف المياه هو كلوريد الصوديوم

من المقترح ان تكون نسبه ازاله الاملاح من المياه خلال الاغشيه = ٩٩.٥ %

ملوحه المياه الناتجه =٥٨٠٦٩.٩* (١– ٠.٩٩٥) =٢٩٠ جزء ف المليون

الضغط الاسموزى @ ٢٩٠ =((٢٩٠ /١٠٠٠) /٥٨.٥) * ٢ *٠.٠٨٢*٣٠٠ =٠.٢٤ بار

ضغط المياه المنتجه = ١ بار

لجمالى الضغط (NDP) = ٥٦ – ١ – ٤* ٠.١ – (٤٨.٨٤– ٠.٢٤)= ٦.٠١بار

من المقترح ان تكون التدفق النوعى (specific flux) = ١.٢٥ (لتر متر٢ ساعه / بار)

التدفق = التدفق النوعى * اجمالى الضغط (NDP)

= ١.٢٥ * ٦.٠١ = ٧.٥١لتر متر٢ ساعه

كميه المياه المنتجه = التدفق * مساحة الغشاء = ٦.٠١* ٣٧.١ =٠.٢٧٩ متر ٣ / ساعه

كميه المياه الخارجه من الغشاء الخامس = المياه المالحه الكليه – المياه المنتجه

= ٦.٨٦ – ٠.٢٧٩ = ٦.٥٨متر ٣ / ساعه

ملوحه المياه الخارجه من الغشاء الخامس = (٦.٨٦ *٥٨٠٦٩.٩– ٢٩٠ * ٠.٢٧٩) / ٦.٥٨ =٦٠٥١٥ جزء من المليون

الغشاء السادس :

كميه مياه التغذيه =٦.٥٨ م٣/ ساعه

نفرض ان اكبر تركيز للاملاح ف المياه هو كلوريد الصوديوم

من المقترح ان تكون نسبه ازاله الاملاح من المياه خلال الاغشيه = ٩٩.٥ %

ملوحه المياه الناتجه =٦٠٥١٥* (١– ٠.٩٩٥) =٣٠٣ جزء ف المليون

الضغط الاسموزى @ ٣٠٣ = (٣٠٣ /١٠٠٠) /٥٨.٥ * ٢ *٠.٠٨٢*٣٠٠ =٠.٢٥ بار

ضغط المياه المنتجه = ١ بار لجمالى الضغط (NDP) = ٥٦ -- ١ -٥*٠.١ -
(٥٠.٨٩-٠.٢٥)=٣.٨٦بار

من المقترح ان تكون التدفق النوعى (specific flux) = ١.٢٥ (لتر متر^{٢} ساعه / بار)

التدفق = التدفق النوعى * اجمالى الضغط (NDP) = ١.٢٥ * ٣.٦٨ = ٤.٨٢لتر متر^{٢} ساعه

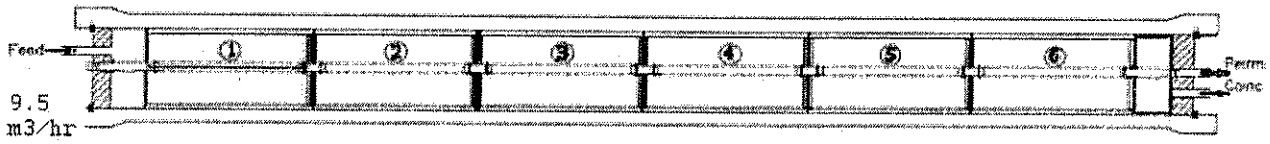
كميه المياه المنتجه = التدفق * مساحة الغشاء = ٤.٨٢* ٣٧.١ =٠.١٧٩ متر ^{٣} / ساعه

كميه المياه الخارجه من الغشاء السادس = المياه المالحه الكليه – المياه المنتجه

= ٦.٥٨- ٠.١٧٩ = ٦.٥٨متر ^{٣} / ساعه

ملوحه المياه الخارجه من الغشاء السادس = (٦.٥٨ *٦٠٥١٥-٣٠٣ * ٠.١٧٩) / ٦.٤٠ =

=٦٢١٩٨.٣ جزء من المليون



flux=24.8	flux=20	flux=15.3	flux=11	flux=7.5	flux=4.8
prod.=0.92	prod.=0.74	prod.=0.56	prod.=0.41	prod.=0.27	prod.=0.17
rej.sal. =46484.8	rej.sal. =50863.9	rej.sa.. =54814.3	rej.sal. =58069.9	rej.sal. =60515	rej.sal. =62198.3
R.R=10%	R.R=9%	R.R=7%	R.R=6%	R.R=4%	R.R= 3%

Total prod.=3.09 m3/hr

AVG Flux=13.9 LMH

Rec.Ratio=33%

(٣)

الاجابه: عندما تكون الملوحه ١٥٠٠٠ جزء في المليون:

Single Stage	Feed Flow	Feed Osmotic Pressure Bar	Permeate Osmotic Pressure Bar	NDP	New HPP Pressure Bar	Flux LMH	Permeate flow	Permeat Salinty ppm	Reject Salinty ppm
Membrane Number	m^3/hr						m^3/hr		
1	9.50	12.62	0.06	11.45	24.90	51.51	1.911	75	18758.8
2	7.59	15.78	0.08	8.20	24.80	36.91	1.369	94	22868.3
3	6.22	19.23	0.10	4.66	24.70	20.98	0.779	114	26124.2
4	5.4	21.97	0.11	1.84	24.60	8.27	0.307	131	27678.5
5	5.13	23.28	0.12	0.44	24.50	1.97	0.073	138	28076.5
6	5.06	23.61	0.12	0.01	24.40	0.02	0.001	140	28081.1

Salinity 15000 ppm - HPP 25 Bar	19.95

الغشاء الاول :

كميه مياه التغذيه = ٩.٥ م٣/ ساعه

نفرض ان اكبر تركيز للاملاح ف المياه هو كلوريد الصوديوم

من المقترح ان تكون نسبه ازاله الاملاح من المياه خلال الاغشيه = ٩٩.٥ %

ملوحه المياه الناتجه = ١٥٠٠٠ * (١- ٠.٩٩٥) =٧٥ جزء ف المليون

الضغط الاسموزي @ ١٥٠٠٠ =((١٥٠٠٠/١٠٠٠)/٥٨.٥) * ٢ *٠.٠٨٢*٣٠٠

=١٢.٦٢ بار

الضغط الاسموزى @ ٧٥ = ((٧٥ /١٠٠٠) /٥٨.٥) *٢ *٠.٠٨٢* ٣٠٠ =٠.٠٦ بار

ضغط المياه المنتجه = ١ بار

لجمالى الضغط (NDP) = ٢٥ – ١ –(١٢.٦٢ -٠.٠٦) = ١١.٤٥ بار

من المقترح ان تكون التدفق النوعى (specific flux) = ٤.٥ (لتر/ متر٢ ساعه / بار)

التدفق = التدفق النوعى * اجمالى الضغط (NDP) = ٤.٥ * ١١.٤٥ = ٥١.٥ لتر متر٢ ساعه

كميه المياه المنتجه = التدفق * مساحة الغشاء = ٥١.٥ * ٣٧.١ =١.٩١١ متر ٣ / ساعه

كميه المياه الخارجه من الغشاء الاول = المياه المالحه الكليه – المياه المنتجه

= ٩.٥ – ١.٩١١ = ٧.٥٩ متر ٣ / ساعه

ملوحه المياه الخارجه من الغشاء الاول = (٩.٥ * ١٥٠٠٠ – ٧٥ * ١.٩١١) / ٧.٥٩ =

=١٨٧٥٨.٨ جزء من المليون

الغشاء الثاني :

كميه مياه التغذيه =٧.٥٩ م٣/ ساعه

نفرض ان اكبر تركيز للاملاح ف المياه هو كلوريد الصوديوم

من المقترح ان تكون نسبه ازاله الاملاح من المياه خلال الاغشيه = ٩٩.٥ %

ملوحه المياه الناتجه = ١٨٧٥٨.٨ * (١– ٠.٩٩٥) =٩٤ جزء ف المليون

الضغط الاسموزى @ ٩٤ =((٩٤ /١٠٠٠) /)٥٨.٥ * ٢ *٠.٠٨٢*٣٠٠ =٠.٠٨ بار

ضغط المياه المنتجه = ١ بار

لجمالى الضغط (NDP) = ٢٥ – ١ –٠.١–(٠.٠٨–١٥.٧٨) = ٨.٢ بار

من المقترح ان تكون التدفق النوعى (specific flux) = ٤.٥ (لتر/ متر^{٢} ساعه / بار)

التدفق = التدفق النوعى * اجمالى الضغط (NDP)= ٤.٥ * ٨.٢ = ٣٦.٩ لتر /متر^{٢} ساعه

كميه المياه المنتجه = التدفق * مساحة الغشاء = ٣٦.٩* ٣٧.١ =١.٣٦٩ متر ^{٣} / ساعه

كميه المياه الخارجه من الغشاء الثاني = المياه المالحه الكليه – المياه المنتجه

= ٧.٥٩–١.٣٦٩ = ٦.٢٢ متر ٣ / ساعه

ملوحه المياه الخارجه من الغشاء الثاني = (٧.٥٩ * ١٨٧٥٨.٨–٩٤*١.٣٦٩) / ٦.٢٢=

=٢٢٨٦٨.٣ جزء من المليون

الغشاء الثالث :

كميه مياه التغذيه =٦.٢٢ م٣/ ساعه

ملوحه المياه الناتجه =٢٢٨٦٨.٣ * (١– ٠.٩٩٥) = ١١٤ جزء ف المليون

الضغط الاسموزى @ ١١٤ = (١١٤ /١٠٠٠) /٥٨.٥ * ٢*٠.٠٨٢ *٣٠٠ =٠.١٠ بار

ضغط المياه المنتجه = ١ بار

لجمالى الضغط (NDP) = ٢٥ – ١ –٢* ٠.١ – (١٩.٢٣–٠.١٠)= ٤.٦٦ بار

من المقترح ان تكون التدفق النوعى (specific flux) = ٤.٥ (لتر متر^{٢} ساعه / بار)

التدفق = التدفق النوعى * اجمالى الضغط (NDP)

= ٤.٥ * ٤.٦٦ = ٢٠.٩٨ لتر متر^{٢} ساعه

كميه المياه المنتجه = التدفق * مساحة الغشاء

= ٢٠.٩٨* ٣٧.١ =٠.٧٧٩ متر ^{٣} / ساعه

كميه المياه الخارجه من الغشاء الثالث = المياه المالحه الكليه – المياه المنتجه

= ٦.٢٢–٠.٧٧٩ =٥.٤ متر ٣ / ساعه

ملوحه المياه الخارجه من الغشاء الثالث = (٦.٢٢*٢٢٨٦٨.٣ – ١١٤*٠.٧٧٩) / ٥.٤

=٢٦١٢٤.٢ جزء من المليون

الغشاء الرابع :

كميه مياه التغذيه =٥.٤ م٣/ ساعه

نفرض ان اكبر تركيز للاملاح ف المياه هو كلوريد الصوديوم

من المقترح ان تكون نسبه ازاله الاملاح من المياه خلال الاغشيه = ٩٩.٥ %

ملوحه المياه الناتجه =٢٦١٢٤.٢ * (١– ٠.٩٩٥) =١٣١ جزء ف المليون

الضغط الاسموزى @ ١٣١ = (١٣١ /١٠٠٠) /٥٨.٥ * ٢ *٠.٠٨٢*٣٠٠ =٠.١١ بار

ضغط المياه المنتجه = ١ بار

لجمالى الضغط (NDP) = ٢٥ – ١–٣*٠.١– (٠.١١–٢١.٩٧)= ١.٨٤ بار

من المقترح ان تكون التدفق النوعى (specific flux) = ٤.٥ (لتر/ متر^{٢} ساعه / بار)

التدفق = التدفق النوعى * اجمالى الضغط (NDP) = ٤.٥* ١.٨٤ = ٨.٢٧ لتر/ متر^{٢} ساعه

كميه المياه المنتجه = التدفق * مساحة الغشاء = ٨.٢٧* ٣٧.١ =٠.٣٠ متر ^{٣} / ساعه

كميه المياه الخارجه من الغشاء الرابع = المياه المالحه الكليه – المياه المنتجه

= ٥.٤ – ٠.٣٠ = ٥.١متر ^{٣} / ساعه

ملوحه المياه الخارجه من الغشاء الرابع = (٥.٤*٢٦١٢٤.٢–١٣١*٠.٣٠) / ٥.١ =

=٢٧٦٧٨.٥ جزء من المليون

الغشاء الخامس :

كميه مياه التغذيه =٥.١ م٣/ ساعه

نفرض ان اكبر تركيز للاملاح ف المياه هو كلوريد الصوديوم

من المقترح ان تكون نسبه ازاله الاملاح من المياه خلال الاغشيه = ٩٩.٥ %

ملوحه المياه الناتجه =٢٧٦٧٨.٥* (١– ٠.٩٩٥) =١٣٨ جزء في المليون

الضغط الاسموزى @ ١٣٨ =((١٣٨ /١٠٠٠) /٥٨.٥) * ٢ *٠.٠٨٢*٣٠٠ =٠.١٢ بار

ضغط المياه المنتجه = ١ بار

لجمالى الضغط (NDP) = ٢٥ – ١ – ٤* ٠.١ – (٢٣.٢٨– ٠.١٢)= ٠.٤٤ بار

من المقترح ان تكون التدفق النوعى (specific flux) = ٤.٥ (لتر متر^{٢} ساعه / بار)

التدفق = التدفق النوعى * اجمالى الضغط (NDP) = ٤.٥ * ٠.٤٤ = ١.٩٧ لتر/ متر^{٢} ساعه

كميه المياه المنتجه = التدفق * مساحة الغشاء = ١.٩٧* ٣٧.١ =٠.٠٧٣ متر ^{٣} / ساعه

كميه المياه الخارجه من الغشاء الخامس = المياه المالحه الكليه – المياه المنتجه

= ٥.١ – ٠.٠٧٣ = ٥.٠٦ متر ^{٣} / ساعه

ملوحه المياه الخارجه من الغشاء الخامس = (٥.١*٢٧٦٧٨.٥-٠.٠٧٣*١٣٨) / ٥.٠٦ =

=٢٨٠٧٦.٥ جزء من المليون

<u>الغشاء السادس :</u>

كميه مياه التغذيه =٥.٠٦ م٣/ ساعه

نفرض ان اكبر تركيز للاملاح ف المياه هو كلوريد الصوديوم

من المقترح ان تكون نسبه ازاله الاملاح من المياه خلال الاغشيه = ٩٩.٥ %

ملوحه المياه الناتجه =٢٨٠٧٦.٥* (١- ٠.٩٩٥) =١٤٠جزء ف المليون

الضغط الاسموزى @ ١٤٠ = (١٤٠ /١٠٠٠) /٥٨.٥ * ٢ *٠.٠٨٢* ٣٠٠ =٠.١٢ بار

ضغط المياه المنتجه = ١ بار

لجمالى الضغط (NDP) = ٢٥ – ١ –٥*٠.١ – (٠.١٢-٢٣.٦١)=٠.٠١بار

من المقترح ان تكون التدفق النوعى (specific flux) = ٤.٥ (لتر متر^{٢} ساعه / بار)

التدفق = التدفق النوعى * اجمالى الضغط (NDP)

= ٤.٥ * ٠.٠١ = ٠.٠٢ لتر /متر^{٢} ساعه

كميه المياه المنتجه = التدفق * مساحة الغشاء

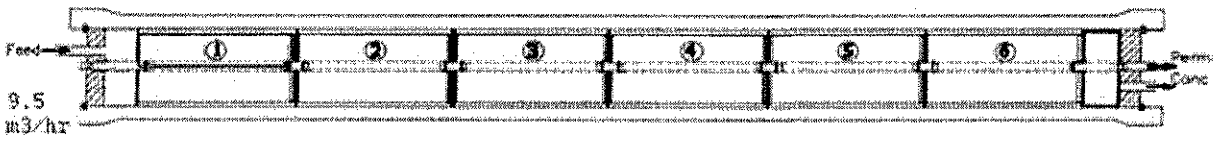
= ٠.٠٢ * ٣٧.١ =٠.٠١ متر ^{٣} / ساعه

كميه المياه الخارجه من الغشاء السادس = المياه المالحه الكليه – المياه المنتجه

= ٥.٠٦– ٠.٠١ = ٥.٠٥متر ^{٣} / ساعه

ملوحه المياه الخارجه من الغشاء السادس = (٥.٠٦*٢٨٠٧٦.٥-٠.٠١*١٤٠) / ٥.٠٥

=٢٨٠٨١.١ جزء من المليون



flux= 51.5 flux= 36.9 flux= 20.98 flux= 8.27 flux= 1.97 flux= 0.02

prod.= 1.911 prod.= 1.36 prod.= 0.77 prod.= 0.30 prod.= 0.07 prod.= 0.001

rej.sal.	rej.sal.	rej.sa..	rej.sal.	rej.sal.	rej.sal.
= 18758.8	= 22868.3	= 26124.2	= 27678.5	= 28076.5	= 28081.1

Total prod.= 4.4 m3/hr

AVG Flux= 19.9 LMH

Rec.Ratio= 46.7%

الفصل العاشر : أساسيات تشغيل و صيانة محطات تحلية المياه بالتناضح العكسي
Essentials of operation and maintenance of R.O plant

٤-١-١٠-١ أحتياج المحطة لأعمال الصيانة اليومية

هذا الموضوع مرتبط مبدئيا بحجم المحطة وطاقتها و لكن نورد مجموعة من الأعمال الضرورية

٤-١٠-٢ متطلبات أعمال الصيانة الأساسية لمحطات تحلية المياه:

- صيانة دورية و متابعة لوضع مضخات الدفع Booster pumps إضافة إلى تنظيفها و منع التسرب.
- تزييت و تشحيم المضخات في حال اللزوم و حسب البرنامج المعتمد من قبل المصنعين.
- غسل وشطف فلاتر الرمل و الكربون Media , sand & carbon filters بشكل يومي او أسبوعي حسب نوعية مياه التغذية الخام.
- تبديل فلاتر الميكرون (الشمعات) Cartridge Filters كل ثمانية أسابيع.
- التأكد من قراءة أجهزة القياس و ضبطها إن لزم سواء بشكل ميكانيكي أو بمحاليل خاصة.
- المحافظة على وجود كميات كافية من المواد الكيماوية في الخزانات لمرحلتي ما قبل المعالجة وما بعدها Pre and Post treatment chemicals
- إجراء فحص مسباري دوري Probing Inspection للأغشية
- تسجيل القراءات و نتائج فحوص المياه بشكل يومي و عرضها على المختصين لفهم التغيرات و معالجة نقاط الضعف و استباق حصول أية مشاكل طارئة
- جرد المواد الكيماوية و المستهلكات و قطع الغيار و طلب ما ينقص منها ونذكر أن توفر سجل دائم و كامل ، لعناوين و أرقام هاتف موردي قطع الغيار ، المواد الكيماوية و أصحاب الخبرة في مجال التحلية أمر ضروري و حيوي لطلب المساعدة الفنية و المشورة عند اللزوم.

٤-١-١٠-٣ أهم العدادات وأجهزة القياس الموجوده فى لوحة التحكم

٤-١-١٠-٣-١ عدادات قياس الأس الهيدروجينى:PH

الاس الهيدروجينى هو الرقم الذى يحدد مدى حمضية او قلوية الماء

حيث أن:

زيادة القلوية زيادة أيون الهيدروكسيل (-OH)

زيادة الحموضة زيادة ايون الهيدروجين (+H)

ملاحظات :

- زيادة الحموضة اى قلة الرقم الهيدروجينى يكون وسط مناسب لزيادة عملية التأكل للأستانلس ستيل .
- زيادة القلوية اى زيادة الرقم الهيدروجينى يزيد الفرصة فى عملية الترسيب التى تساعد على انسداد المواسير. لذلك يجب ضبط الأس الهيدروجينى عند الحد المسموح به وهو (٦.٩ – ٦.٢) .

٤-١-١٠-٣-٢ عداد قياس درجة حرارة الماء المالح :

يجب ضبط العداد بحيث اذا زادت درجة الحرارة عن ٣٥ درجة مئوية يوقف المحطة حتى لاتؤثر درجة الحرارة على الاغشية.

٤-١-١٠-٣-٣ عداد قياس التوصيلية Conductivity

وهى مدى تحويل المياه المنتجة للكهرباء ويركب الجهاز على خط خروج المياه المنتجة وهناك علاقة تقريبية بين التوصيلية وكمية الأملاح المذابة فى الماء وهى تقريباً

(T.D.S = ½ Conductivity)

٤-١-١٠-٣-٤ عداد قياس نسبة الأكسدة نتيجة وجود الكلور Redox

بعد اضافة الكلور فى خزات الماء المالح (مياه التغذية) ، وذلك لقتل المواد العضوية يتبقى جزء منه فى الماء المالح ويقوم الفلتر الكربونى بالتخلص من الكلور الزائد حتى لايؤثر على الاغشية وعليه يكون مهمة هذا العداد قياس كمية الكلور ، فإذا ذادت عن ٠.٦ جزء فى الميون ، تتوقف المحطة اتوماتيكياً ولكن فى العادى يعطى هذا العداد قراءات اقل من ٠.٦ وهذه الارقام لا تعنى مرور كلور حر ، ولكن هو قياس للكلور الغير حر الموجود فى حامض الهيدروكلوريك المضاف للماء المالح ، والكلور الموجود فى كلوريد الصوديم.

٤-١-١٠-٤ قواطع للضغط للتحكم فى الضغط للمعدات على شبكة المديولات :

الأول : خاص بضغط الماء المالح الداخل على طلمبة الضغط العالى ويتم ضبطه على ١.٥ بار بحيث اذا قل الضغط عن ذلك فإن طلمبة الضغط العالى لا تعمل.

الثانى : خاص بضغط الماء المالح الداخل على الاغشية ويتم ضبطه على ٧٥ بار بحيث اذا زاد عن ذلك يوقف المحطة اتوماتيكياً.

الثالث : خاص بضبط المياه المنتجة بعد خروجها من الاغشية ، ويتم ضبطه على ١.٥ بار فإذا زاد عن ذلك توقف المحطة.

٤-١-١٠-٥ شروط المياه المالحة قبل دخولها على منظومة الاغشية (Modules)

- يجب أن تكون خالية تماماً من الكلور فيجب الكشف عن الكلور الحر بعد الفلتر الكربونى ويكون الناتج صفر.
- يجب ألايقل الضغط قبل طلمبة الضغط العالى عن ١.٥ بار.
- يجب ان يكون الأس الهيدروجينى للمياه المالحة مابين (٦.٩ - ٦.٢ PH)
- يجب ان تكون S.D.I أقل من ١ وهو خاص بنسبة العكارة فى الماء المالح
- ان لا تزيد درجة حرارة الماء المالح عن ٣٥ درجة مئوية .
- ان يكون الماء خالى تماماً من الحديد.

٤-١-١٠-٦ خطوات الصيانة المتبعة

٤-١-١٠-٦-١ الخطوه الأولي : تحرير الضغط

حيث تغلق كل مصادر الضغط ويتم تحرير الضغط من الوعاء طبقاً لتوصيات مصنع النظام.

٤-١-١٠-٦-٢ الخطوه الثانيه : فصل منافذ الماء النافذ

تفصل مواسير الماء النافذ تبعاً للاحتياجات الي اقرب وصله مناسبه ، مع ضرورة عدم وضع أى حمل غير مبرر علي الوصلات المقلوظه لمخارج الماء النافذ . يمنع النقر علي الوصلات لان هذا يمكن ان يتسبب في تكسيرالمخارج

٤-١-١٠-٦-٣ الخطوه الثالثه : فحص الأقفال الخارجية

تفحص الأقفال الخارجية للوعاء لمعرفة اذا كان هناك تآكلاً ناتج من اكسده المعادن أو ترسبات معدنيه التي يمكن ان تتواجد بالوعاء و تعارض عمليه التفكيك .

اذا تواجد ايا منها يجب التصرف كالاتي :

- تفكيك اي ترسبات عن طريق فرشاه سلك صغيره
- تغسل هذه الترسبات المفككه عن طريق ماء نظيف

٤-١-١٠-٦-٤ الخطوه الرابعه : ازاله الحلقات الداعمه للغطاء

- لا توجد ادوات خاصه مطلوبه لهذه العمليه .
- يربط اصبع السبابه في نهايه شريط حلقه الدعم
- يرفع و يسحب خارجاً من المجري الموجود في الهيكل
- يتم إزاله حلقه الدعم من المجري الموجود بالهيكل وهذا يتحقق بإمرار الأصبع خلف حلقه الدعم حتي يكتمل خروجه من المجري وفتح الوعاء

٤-١-١٠-٦-٥ الخطوه الخامسه : إزاله تجميعه الغطاء

- بإستخدام مطرقه خشبيه، يتم النقر علي قرص تحميل بلطف ، ولا تستخدم اشياء معدنيه في النقر علي قرص التحميل.
- يتم بربط ماسوره من البلاستيك الحراري بقطر داخلي ١" و بطول ١ قدم تقريبا في مخرج الماء النافذ ، (راجع مقاس مخارج الماء النافذ لإختيار مقاس الماسوره المناسب) .
- يتم هز تجميعه الرأس للامام والخلف كي يتم تحرير المطاط المانع للتسرب ، يجب توخي الحذر لتجنب وضع ضغوط اكثر من اللازم علي مخارج المنتج ، بمجرد فك الوعاء مانع التسرب، يتم سحبه في خط مستقيم تجاه الخارج لإزاله تجميعه الرأس .
- ازاله التجميعه الأماميةبإستخدام اداه مخصصة لذلك ، ومكونه من ١) لوح - ٢) مسمار - ٣) صامولة بماسك يد
- يمسك اللوح في مواجهه وجه الوعاء و يربط مسمار ساحب الرأس في وصله ١ " (FNPT) لمخرج الماء النافذ ، ويتم تحريك الصامولة عن طريق ماسك اليد علي مسمار ساحب الرأس والاستمرار في ربط الصامولة حتي تخرج الرأس .

٤-١-١٠-٧ أسلوب التحكم لوحدة التناضح العكسى

٤-١-١٠-٧-١ مضخة الضغط العالى فى وحدة التناضح العكسى :

- يجب تشغيل مضخات التغذية لفترة بدون تشغيل مضخة الضغط العالى ؛ حتى يتم طرد الهواء من منظومة التحلية بشكل تام .
- تبدأ مضخات الضغط العالى عملها وفقا لإشارة من مضخات التغذية .
- مضخة الضغط العالى تبدأ عملها على الأقل بعد تشغيل مضخة من مضخات التغذية بفترة كافية، ويكون تدفق مضخات التغذية متوازى مع كمية التدفق المتوقعة من مضخة الضغط العالى.
- التدفق الخارج من مضخة الضغط العالى يتم ضبطه بواسطة وحدة تغيير السرعة(VFD) .

٤-١-١٠-٧-٢ حالات توقف مضخة الضغط العالى عن العمل :

- ارتفاع ضغط تصريف المضخة عن الضغط المصمم عليه والمسبق ضبطه وذلك وفقا لاشارة من ناقل إشارة الضغط المرتفع.
- انخفاض ضغط سحب المضخة وفقا لاشارة من ناقل إشارة الضغط المنخفض.
- ارتفاع فى قراءة جهاز (كمية الأملاح الذائبة) بعد فترة وجيزة من بدء تشغيل المضخة .
- ارتفاع منسوب المياه فى خزان المياه المنتجة .
- ارتفاع فى درجة الحرارة مع مرور الوقت ، بحيث تصبح درجة الحرارة ٥٠ درجة مئوية لمدة ساعتين ، أو تصبح ٤٥ درجة مئوية لمدة ٧ ساعات .
- ارتفاع فرق الضغط عبر وحدة التناضح العكسى (أوعية الضغط) وفقا لاشارة من ناقل إشارة فرق الضغط .
- إشارة ارتفاع فى القيمة المقاسة من جهاز (احتمالية الحد من الأكسدة ORP) عن القيمة المضبوط عليها .
- إشارة ارتفاع فى القيمة المقاسة من جهاز (قياس الأس الهيدروجينى PH) عن القيمة المضبوط عليها .
- إشارة ارتفاع فى القيمة المقاسة من جهاز (قياس نسبة العكارة) عن القيمة المضبوط عليها .
- إشارة توقف من مضخة الحقن لمانع التكلس .

٤-١-١٠-٧-٣ أسلوب (فلسفة) التحكم فى غسيل منظومة التناضح العكسى

٤-١-١٠-٧-٣-١ خزان الغسيل

ناقل إشارات المستوى داخل الخزان سيقوم بإرسال الإشارات الاتية :

- إشارة لإيقاف مضخات الغسيل فى حالة انخفاض المستوى داخل الخزان .
- إشارة بناءا على تشغيل مضخات الغسيل أو توقفها .

٤-١-١٠-٧-٣-٢ مضخات الغسيل

ستبدأ مضخات دورة الغسيل عملها أوتوماتيكيا فى الحالات الاتية :

- إشارة ارتفاع فى القيمة المقاسة من جهاز (احتمالية الحد من الأكسدة ORP) عن القيمة المضبوط عليها .
- توقف منظومة التناضح العكسى لأى سبب كان .

الباب الرابع : الجزء الثانى "التحلية الحرارية"

الفصل الأول

٤-٢-١ مقدمة

يتناول هذا الجزء من الكود المصري تقنيات التحلية باستخدام النظم التحلية الحرارية وذلك بهدف توضيح اهم الاساليب المختلفة والطرق الفنية والاسس التصميمية لهذه الطرق.

وفى هذا الباب يتم استعراض عملية التحلية الحرارية ومن ثم شرح اهم اسس ومبادئ عمليات التحلية الحرارية.

٤-٢-١-١ أسس ومبادئ عملية التحلية الحرارية

١ - تعتمد فكرة تحلية المياه على ثلاث نظريات هامة وهم:
- غليان الماء يتناسب طرديا مع ضغط الماء.
- البخار المتصاعد من غليان الماء يكون خالى من الأملاح.
- عند استقبال بخار على أسطح باردة يتكاثف ويتحول الى سائل (ماء) مرة أخرى.

٢ - يوجد اثنين من الطرق الرئيسية لتحلية مياه البحر بالطرق الحرارية وهما التقطير متعدد المراحل (MSF –Multi Stage Flash) أو متعددة التأثير (MED- Multi Effective Distillation). اعتمادا على مدى توافر الطاقة في الموقع، ونوعيته.

٣ - يتم دمج النظام متعدد المراحل (MSF) أو متعددة التأثيرات (MED) مع ضاغط (حراري أو لميكانيكى) من أجل تعزيز أدائها وتحسين متطلبات الطاقة. ويطلق على العمليات التحلية الحرارية ببخار الضغط (TVC - Thermal VapourCompression) والتحلية الميكانيكية ببخار الضغط (MVC - Mechanical VapourCompression).

٤ - العلاقة الطردية بين الضغط ودرجة الغليان للمياه كما يلي:

الضغط	1bar	0.47 bar	0.32 bar	0.25 bar	0.1 bar
درجةغليان الماء	100°C	80°C	70°C	65°C	45°C

٥ - كفاءة الوحدة مرتبطة بمدى الاستفادة من الطاقة المتاحة.

٦ - عدد المراحل فى نظام (MSF) ما بين ١٥ –٢٥ مرحلة بينما فى نظام (MED) عدد المراحل ما بين ٤ وحتى ١٦ مرحلة.

٧ - فى نظام (MSF) يتم اعادة المحلول الملحى (Brine) لا عادة تسخين الماء المغذى للوحدة وتسمى هذه العملية اعادة الدوران.

٨ - محتوى المواد الأملاح الذائبة "TDS" للمياه المحلاة بالنظم الحرارية لا تتجاوز ١٠ جزء من مليون.

٩ - معامل التركيز ما بين١,٣ -١,٥.

١٠- يستخدم نظام معالجة أولية قبل عملية التحلية بالتبخير.

١١- يتم اضافة موانع الترسيب لمنع ترسيب أملاح الكالسيوم والماغنسيوم والحديد والمنجنيز والكربونات والكبريتات داخل المبخرات.

١٢- يتم استخدام المواد المقاومة للصداء فى تصنيع المعدات الميكانيكية.

١٣- يتم استخدام مانع الرغوة في مرحلة المعالجة الاولية.

الفصل الثانى : التحلية الحرارية باستخدام التقطير الوميضى المتعدد المراحل "MSF – Multi stage Flash"

٤-٢-٢ مقدمة

يتناول هذا الباب تقنية التحلية باستخدام نظام التقطير متعدد المراحل" MSF " من حيث وصف عملية التقطير متعدد المراحل وسرد لمكونات النظام مع شرح كل منها وكذلك التعرف على الأسس التصميمية وطرق التصميم. حيث تعد طريقة التبخير الوميضى متعدد المراحل (Multistage Flash Evaporation-MSF) هي اكثر الطرق الحرارية انتشارا ويرجع السبب الرئيسي في اتساع وانتشار هذه التقنية اكثر من غيرها الى قدرتهاعلى الارتباط بمحطات القوى الكهربائية والى اقتصاديات السعات الإنتاجية العملاقة حيث يمكن بناء وحدات بسعات تصل الى اكثر من ٦٠ ألف متر مكعب يوميا.

٤-٢-٢-١ أسس ومبادئ عمليات التقطير متعددة المراحل:

يعتمد اسس ومبادئ عمليات التقطير متعدد المراحل على الحقائق التالية:

٤-٢-٢-١-١ درجة غليان السوائل تتناسب طردياً مع الضغط الواقع عليها فكلما قل الضغط الواقع على السائل انخفضت درجة غليانه . وفي هذه الطريقة تمر مياه البحر بعد تسخينها إلى غرف متتالية ذات ضغط منخفض فتحول المياه إلى بخار ماء يتم تكثيفه على أسطح باردة حيث تجمع وتصبح صالحة للشرب وهي فكرة عمل التقطير متعدد المراحل.

٤-٢-٢-١-٢ تبدأ وحدة التحلية بطريقة التبخير الوميضى متعدد المراحل بوعاء التسخين وتنتهي بأوعية الطرد الحراري. وبين وعاء التسخين وأوعية الطرد الحراري يوجد وحدة للاسترجاع الحراري والتى تتكون من عدد من أوعية التبخير، يتوالى فيها انخفاض الضغط ودرجة الحرارة وينساب فيها الماء المالح المعرض للغليان في اتجاه أوعية الطرد الحراري كما هو موضح بالشكل رقم (٢).

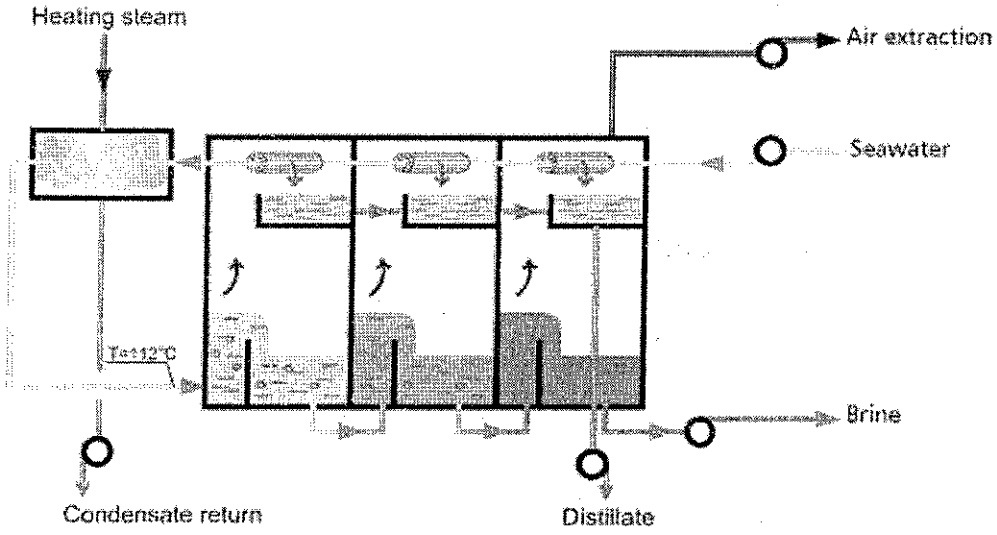
٤-٢-٢-١-٣ يحتوي وعاء التسخين على حزمة أنابيب للتبادل الحراري، يتدفق بداخلها الماء المالح المراد تسخينه ويتكثف على الأسطح الخارجية بخار الماء من الماء شديد الملوحة (Brine) داخل وحدة التبخير وعند تكثف البخار تنتقل الحرارة الكامنة فيه الى الماء المالح فترتفع درجة حرارته الى المستوى المطلوب المعروف بدرجة الحرارة العليا للمحلول الملحي

٤-٢-٢-١-٤ طريقة التقطير الومضي المتعدد المراحل تحتاج لعاملين اساسين لاتمام العملية وهما الطاقة الحرارية اللازمة لإنتاج بخار التسخين والطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل مضخات المياه وأجهزة التحكم وجميع المعدات اللازمة الموجودة بالوحدة.

٤-٢-٢-٢ أنواع التقطير الوميضى متعدد المراحل

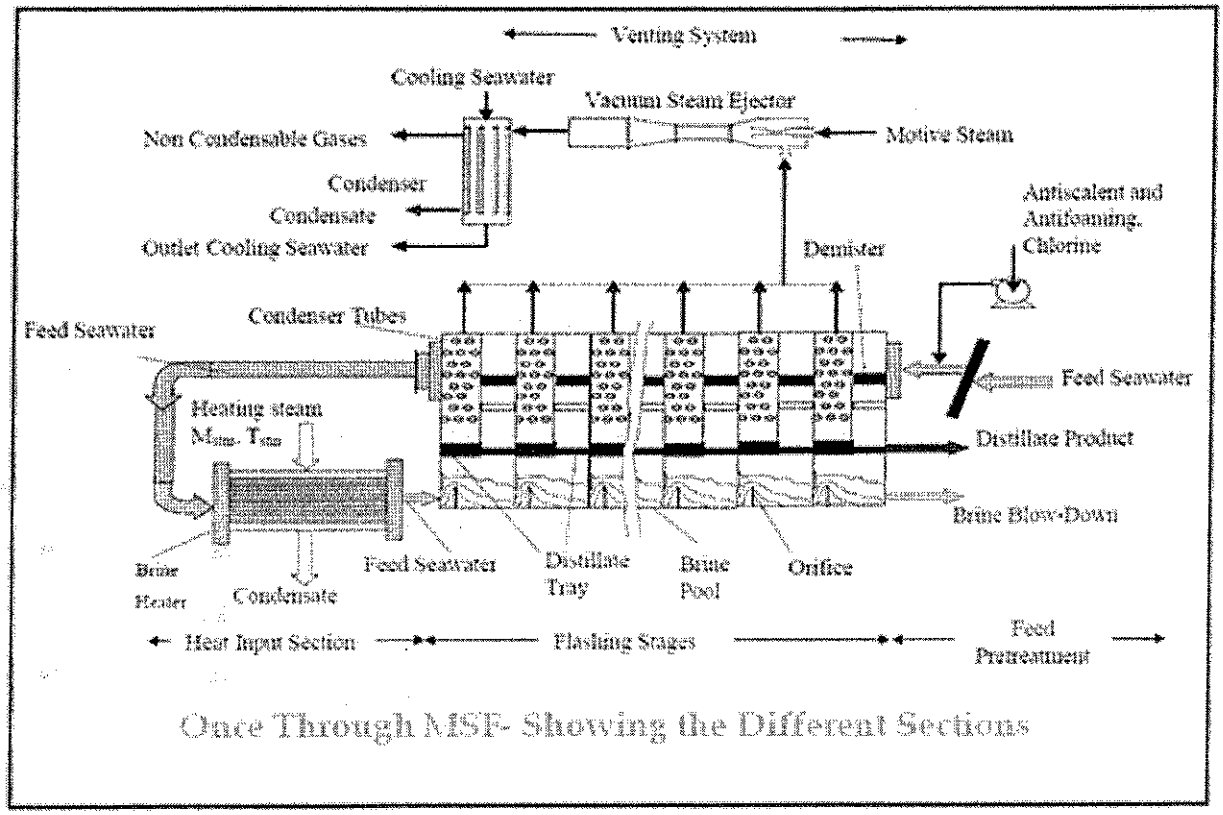
٤-٢-٢-٢-١ النوع ذو الاتّجاه الموحد (MSF one through distiller)

النوع الأول : يمر الماء الداخل الى الوحدة فى اتجاه واحد مار الى الخارج فى صورة مياه شديدة الملوحة حيث يتم طردها الى الخارج فى صورة ماء مطرود وتسمى هذه العملية عملية المرور فى اتجاه واحد (MSF one through distiller)



شكل رقم (١)

وفى هذا النوع من الوحدات يمر ماء البحر فى اتجاه واحد مرة واحدة حيث يمر داخل المكثفات لتبريد البخار الناتج من المياه المالحة داخل غرف التبخير ثم يطرد الى الخارج دون اعادة دورانه أو استغلاله مرة أخرى كما هو موضح بالشكل رقم (١) والشكل رقم (٢) يوضح تفصيل اكثر لعملية التقطير



شكل رقم (٢)

وفى عملية التقطير متعدد المراحل ينقسم ماء التغذية الوارد من البحر او الآبار الى جزئيين كما يلى:

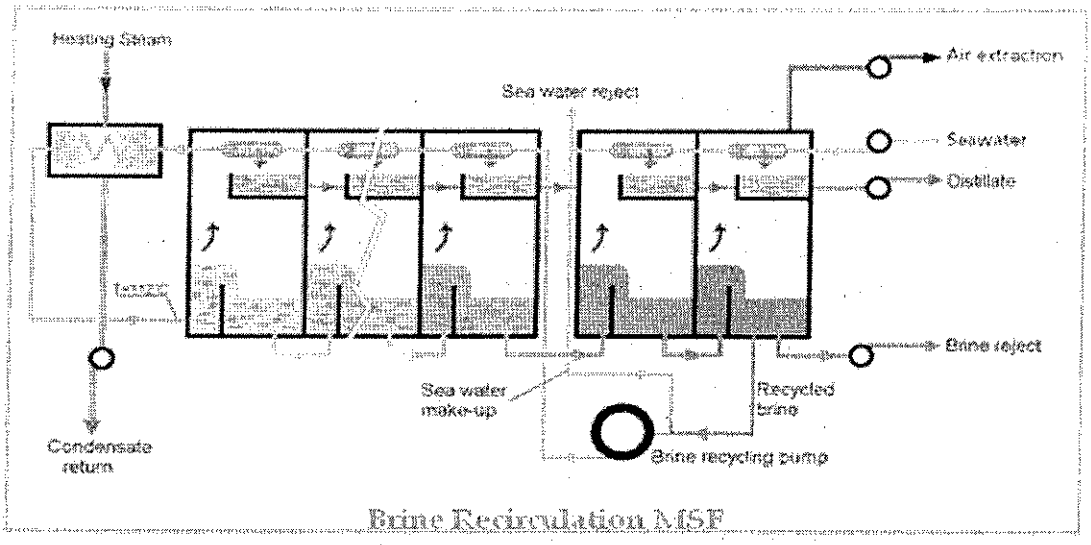
١ – الجزء الأول للتكثيف حيث يمر داخل المكثفات لتكثيف البخار المستخدم الغير متكاثف والخارج من وحده الحاقن (injector) لخفض الضغط داخل المبخرات كما هو موضح بالشكل رقم (٢)

٢ – الجزء الثانى وهو الجزء الرئيسى المستخدم فى انتاج المياه المحلاه والذى يمر بعد المعالجة الأولية داخل مكثفات المرحلة الأخيرة لتكثيف البخار المتصاعد من المبخر وتحويله الى سائل وتجميعه فى صورة مياه منتجة بينما يمر الماء الخارج من المكثف الأخير الى المكثف

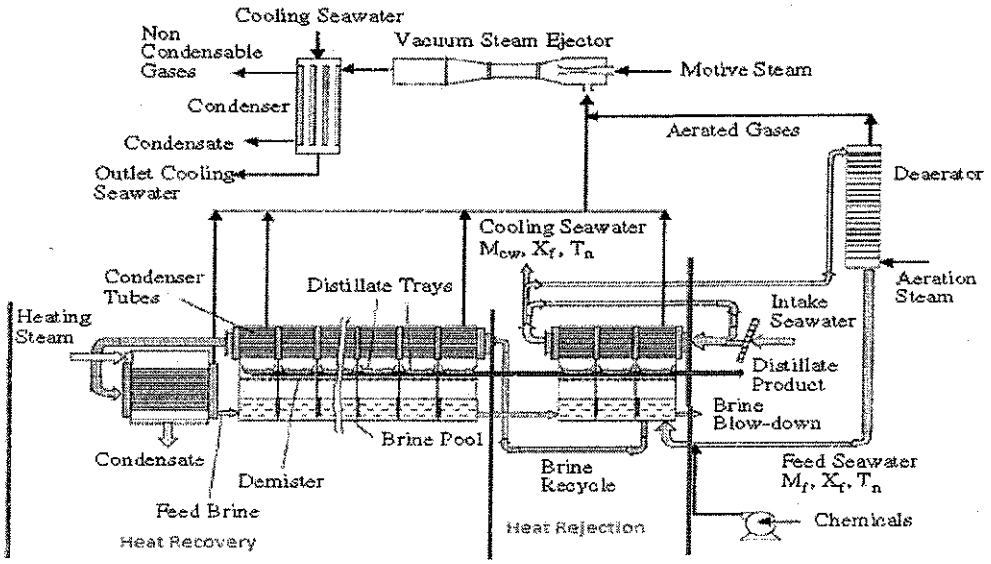
قبل الأخير ليقوم بنفس الغرض الذى قام به فى المكثف الأخير وترفع درجة حرارته ثم ينتقل الى المكثفات الأخر على التوالى حتى يصل الى المكثف الأول مع التزايد فى درجة حرارته ثم يمر داخل المبادل الحرارى لرفع درجة حرارته الى درجة التبخير ثم يمر الى المبخر الأولى لتبخير جزء منه ثم التالى وهكذا حتى يصل الى المبخر الأخير ثم يمر الى الخارج فى صورة مياه شديدة الملوحة كما هو موضح بالشكل رقم (٢)

٤-٢-٢-٢-٢ النوع ذو تدوير الماء المالح (MSF Brine Recirculation)

النوع الثانى : يمر الماء الداخل الى الوحدة فى اتجاه واحد مار الى الخارج فى صوره مياه شديدة الملوحة حيث يتم عودتها مرة أخرى لتغذية المكثفات فى وحدة استرجاع الحرارة كما سوف يتم شرحة لاحقا وتسمى (MSF Brine recirculation) والموضح في شكل رقم (٣) ، (٤).



شكل رقم (٣) يوضح النوع ذو التدوير للماء المالح



شكل رقم (٤)

وهذا النوع هو الأكثر انتشارا فى العالم . الذي يتكون من قسمين أساسين وهما:

١ – قسم الاستخلاص الحرارى (Heat recovery). مطابق تماما لمراحل للنظام السابق MSF one through distiller والذى يحتوى على عدد من المراحل كما هو مبين فى الشكل (٣ ، ٤).

٢ – قسم الطرد الحرارى (Heat Rejection) عادة ما تحتوي على ثلاث مراحل ويهدف إلى التحكم في درجة حرارة مياه البحر وطرد الزيادة منها عند ارتفاع ملوحتها والاستفادة من حرارة المياه المالحة الناتجة من قسم الاسخلاص الحرارى في رفع درجة حرارة المياه الداخلة الى الوحدة مع زيادة كمية المياه المنتجة. كما هو مبين بالشكل رقم (٣ ، ٤) حيث يمر الماء المالح سواء كان المصدر من البحر أو الآبار داخل المكثف الأولى بعد المعالجة الأولية لتكثيف بخار الماء الناتج من ماء Brine ثم يخرج الماء من المكثف الى نازع الهواء لنزع الهواء لنزع ثانى أكسيد الكربون المتكون أو الأكسجين المذاب ثم يخلط مع ماء Brine الناتج من المرحلة الثانية (Heat recovery) وتسمى هذه الوحدة بوحدة الطرد الحرارى نتيجة اكتسابها كمية من الحرارة من Brine ثم أعادة تدوير هذه المياه بعد خلطها مع Brine مرة اخرى الى وحدة (Heat recovery)

يتم طرد جزء من ماء Brine الى الخارج وتدوير الجزء الأخر ليصبح مغذى لوحدة الاستخلاص حيث يمر داخل المكثفات ثم يمر داخل المكثف الرئيسى لرفع درجة حرارته بالتبادل الحرارى مع البخار ثم يعاد الى غرفة Brine فى المبخر الأول ونتيجة لنقص الضغط داخل

المبخر تنخفض درجة الغليان داخل المبخر فيتكاثف البخر متحولا الى ماء وهكذا تتوالى العملية داخل المبخرات الأخرى .

٤-٢-٢-٢-٣ المقارنة بين نوعى التقطير الوميضى :

ويمكن بوجه عام مقارنة نوعى التقطير الوميضى متعدد المراحل وتلخيصها فى الجدول (٤-١٣) كما يلى:

جدول رقم (٤-١٣)

	وجة المقارنة	التبخير الوميضى ذو المرور فى اتجاه واحد	التبخير الوميضى ذو الدوران
1-	أقصى درجة حرارة مئوية للتشغيل	90.6	110
2-	نسبة الاستخلاص %	10 - 15	10 - 20
3-	نسبة الأداء (كجم / مليون جول)	3.44 - 4.30	3.44 - 5.17
4-	معامل الانتقال الحرارى (وات /م٢/كلفن)	2271 - 3407	2207 -3407
5-	تركيز المياه المالحة المطرودة (جزء بالمليون)	58000	62500
6-	استهلاكات الطاقة (ميجا جول/ لتر)		
	فى حالة استخدام الضغط البخاربالعالى	غير مطبق	0.2 - 0.29
	فى حالة استخدام الضغط المنخفض	0.2 - 0.29	غير مطبق
	فى حالة استخدام الكهرباء	0.026	0.026
7-	ملوحة المياه المنتجة (جزء بالمليون)	0.5 - 25	0.5 - 25
8-	مانع الترسيب الاكثر استخدام	بولى فوسفات	حامض – بوليمر
9-	جرعة مانع الترسيب	4- 6	(140 - حامض) (10 - 5 بوليمر)

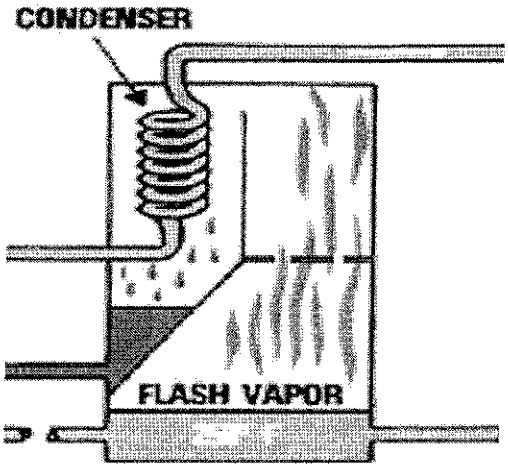
ملاحظة : النظام ذو السريان فى اتجاه واحد تكون عدد الطلمبات الناقلة للمياه أقل نتيجة لعدم الاحتياج لطلمبات لإعادة تدوير المياه المالحة ومياه البحر والتبريد، والتي من شأنها أن تقلل من الطاقة الكهربائية المطلوبة.

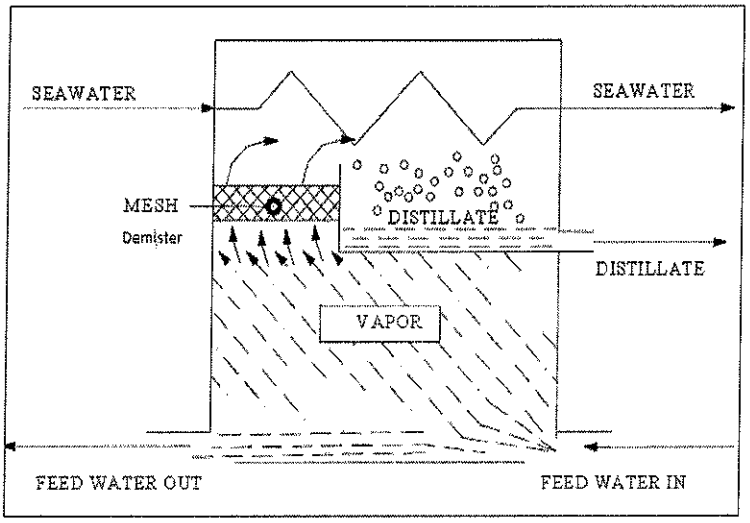
٤-٢-٢-٣ مكونات وحدة التقطير الوميضى :

٤-٢-٢-٣-١ المبخر (Evaporator)

الشكل رقم (٥) يبين صورة لغرف التبخير الوميضى ومكونتها الداخلية ويتكون المبخر من:

- عدد من الغرف التى قد يصل عددها أحيانا الى ٢٥ غرفة
- تحتوى الغرفه على محبس (بوابة) تسمح بدخول الماء المالح الساخن
- تحتوى الغرفة على قاعدة (خزان) تحمل الماء المالح الساخن المراد تبخيرة
- تحتوى الغرفة على فاصل الرزاز (Demister) والذى يسمح لمرور البخر واعادة الماء الى الخزان مرة أخرى
- تحتوى الغرفة على المكثف الذى يقوم بتكثيف البخار وتحويلة من الصورة الغازية الى الصورة السائلة
- تحتوى الغرفة على خزان تجميع المياه المنتجة مع انابيب توزيع المياه المنتجة
- تتصل الغرف بالغرف الأخرى عن طريق مواسير مركبة عليها محابس أو بوابات تسمح بمرور الماء المالح والماء المقطر الى الغرف التالية

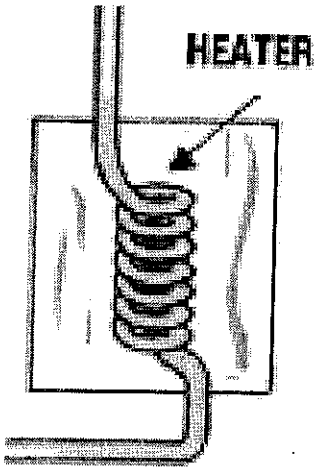




شكل رقم (٥)

٤-٢-٢-٣-٢ سخان الماء المالح (Brine Heater)

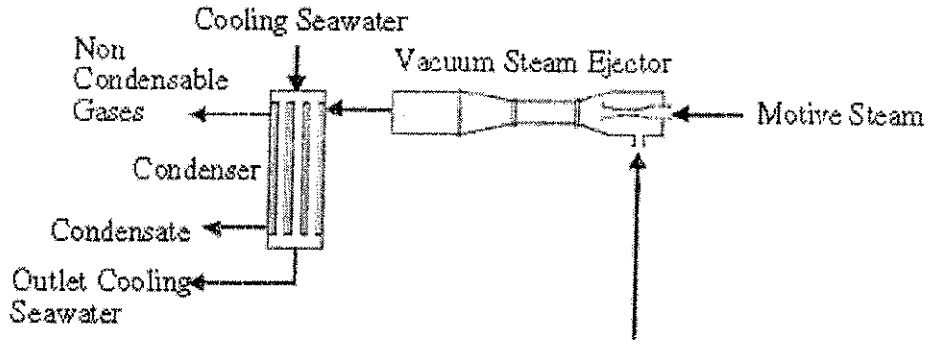
الشكل رقم (٦) يوضح نموذج لهذا المسخن وهو عبارة عن مبادل حرارى يقوم بتسخين المحلول الملحى مقابل تكثيف البخار حيث يعتبر البخار هو مصدر هذه الحرارة وعادة ما يسمى المبادل الحرارى تبعا للاستخدام فى حالة استخدامه لتسخين الماء يسمى مسخن (Heater) وفى حالة استخدامه للتكثيف يسمى مكثف



شكل رقم (٦)

٤-٢-٢-٣-٣ وحدة طرد الهواء (Ejector)

- يستخدم طارد الهواء بغرض سحب الغازات الغير قابلة للتكثيف من داخل المبخر وطردها للخارج حيث تعتبر هذه الغازات هى المسببة للتأكل كما تعمل كعازل حرارى فى حالة تجمعها حول انابيب التكثيف مما يقلل من كفاءة الوحدة
- يستخدم عادة بخار ذو ضغط مرتفع ليمر خلال البوق الخاص بهذا الطارد ليحدث الخلخلة (Vacuum) اللازمة لسحب الغازات من الوحدة
- نظرا لاختلاط الغازات بالبخار فان هذا الخليط يمر أولا على المكثف لاستعاده البخار ثم طرد الغازات كما هو موضح بالشكل رقم (٧)



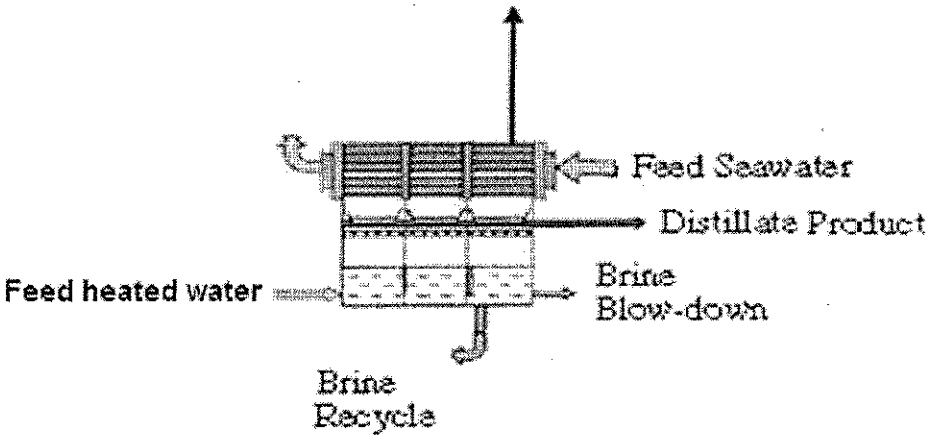
شكل (٧)

٤-٢-٢-٣-٤ مضخات تدوير المياه (Circulating pumps)

- توجد بالوحدة عدة مضخات اساسية لدفع الماء المالح (Brine Pump) بين الوحدات
- توجد بالوحدة عدة مضخات اساسية لدفع ماء الراجع (Blow Down pump)
- توجد بالوحدة عدة مضخات اساسية لدفع الماء المنتج (Product pump)
- توجد بالوحدة عدة مضخات اساسية لدفع الماء المتكاثف (Condensate pump)
- توجد لكل مضخة اساسية مضخة احتياطية

٤-٢-٢-٣-٥ نظام التبريد (Sea Water Cooling System)

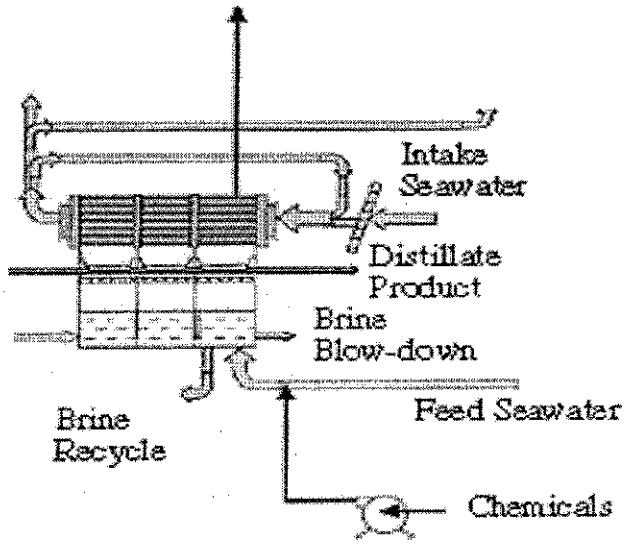
- يدخل ماء البحر لتبريد وطرد الحرارة من قطاع الطرد الحرارى Heat Rejection Section للمبخر ويطرد معظم ماء التبريد للبحر ثانية باستثناء جزء منه يستخدم كماء تعويض
- يستخدم جزء من ماء البحر للتبريد فى مكثف طرد الهواء لتكثيف أى بخار خارج مع البخار المسحوب من الوحدة
- تصمم وحدات التحلية على أساس أعلى درجة حرارة لماء التبريد وذلك لضمان تشغيل الوحدة طوال العام بكفاءة
- يوضح الشكل رقم (٨) نظام التبريد



شكل رقم (٨)

٤-٢-٢-٣-٦ نظام ماء التعويض (Make up System)

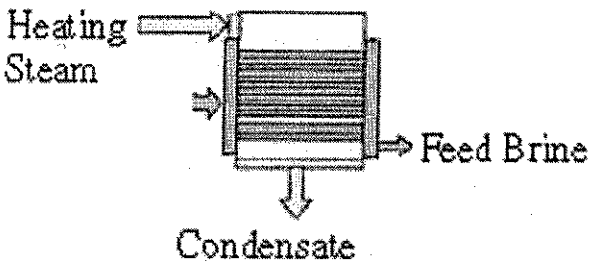
- ماء التعويض المطلوب للوحدة يعادل الماء الخارج منها فى صورة مياه منتج أو مياه مرفوض (Blow down)
- يدخل ماء التعويض للوحدة فى المرحلة الأخيرة
- يتم حقن مانع الترسيب على مياه التعويض الداخل للوحدة لمنع التاكل
- يتم ضبط درجة الحموضة لمياه التعويض قبل الدخول للوحدة
- الشكل رقم (٩) يوضح مكان دخول وحقن الكيماويات على ماء التعويض



شكل رقم (٩)

٤-٢-٢-٣-٧ نظام بخار التسخين (Heating Steam System)

- يتم استخدام البخار لتسخين الماء حيث يتطلب أن يكون درجة حرارة البخار أكبر من الدرجة القصوى لدرجة الحرارة المطلوبة للماء.
- يتم توليد البخار من مصدر خارجى او من غلاية خارجية والتي تصل درجة حرارته الى ٥٠٠ درجة مئوية.
- يتم التحكم فى كمية البخار بالتحكم فى درجة الحرارة القصوى المطلوبة للمياه.
- يخرج الماء المتكاثف ويمر مرة أخرى الى الغلاية.
- الشكل رقم (١٠) يوضح نظام بخار التسخين.



شكل رقم (١٠)

٤-٢-٢-٣-٨ نظام التهوية (Venting System)

الغرض منه هو ازالة الغازات غير القابلة للتكثيف من المبخرات ومسخن المحلول الملحى بالإضافة الى طارد الهواء باستخدام وحدة طارد الهواء Ejector

٤-٢-٢-٣-٩ نظام نزع الغازات (Deaerator System)

- يستخدم لنزع الغازات من الماء الخارج من المكثفات فى وحدة الطارد الحرارى Heat Rejection حيث تحتوى على بعض الغازات مثل ثانى أكسيد الكربون الناتج من البيكربونات الى كربونات أو الأكسجين المذاب الذى يتكون لتكسير جزيئات الماء
- يستخدم الهواء لطرد هذه الغازات
- تتراوح مابين ٢-٢٠م٣ من الهواء لكل متر مكعب ماء
- يتم دفع الهواء من اسفل الى أعلى

٤-٢-٢-٣-١٠ نظام اعادة دوران المحلول (Brine Recirculation System)

- يختلط ماء التعويض فى المرحلة الأخيرة مع ماء المحلول الملحى المركز، ومن ثم يخفف من ملوحته
- يتم اعادة الدوران للمحلول المخفف الى المكثفات فى قطاع استعادة الطاقة (Heat Recover)
- يمتص المحلول الطاقة من البخار المكثف ومن ثم ترتفع حرارته تدريجيا حتى دخوله المسخن الحرارى
- فى المسخن الحرارى ترفع درجة حرارته الى درجة أعلى من درجة حرارة الوحدة ثم يدخل الى المرحلة الأولى من المبخرات

٤-٢-٢-٤ أسس تقيم أداء وحدة التقطير الوميضى المتعدد المراحل

٤-٢-٢-٤-١ التقيم الحرارى للوحدة

٤-٢-٢-٤-١-١ حساب كمية المياه المنتجة

يتم حساب كمية المياه المنتجة من الوحدة كالأتي:

$$\text{كمية الماء المنتج (طن/ساعة)} = \frac{\text{معدل سريان المحلول المالح} \times \text{الحرارة النوعية للماء المالح} \times \text{فرق درجات الحرارة}}{\text{متوسط الحرارة الكامنة}}$$

٤-٢-٢-٤-١-٢ معامل الأداء

يعتبر معامل الأداء (Performance Ratio) من أهم العناصر التى تستخدم فى تقيم كفاءة المحطات الحرارية حيث يمثل النسبة بين كمية المياه المنتجة الى كمية البخار المتكون في المرحلة الأولى الذى يمر ليسخن باقى المبخرات وتتراوح النسبة المثلى ما بين ٤-٦ كجم/كيلو جول/ ثانية

$$\text{نسبة الأداء (كجم/ك.جول)} = \frac{\text{كمية الماء المنتج (كجم/ثانية)}}{\text{كمية الحرارة الداخلة للوحدة(كيلو جول)}}$$

٤-٢-٢-٤-١-٣ نسبة الأستفادة

يجب أن يتراوح معامل الاستفادة ما بين ١ – ١٠ كجم/ثانية

$$\text{نسبة الاستفادة (G.O.R)} = \frac{\text{كمية الماء المنتج (كجم/ثانية)}}{\text{كمية البخار للوحدة (كجم / ثانية)}}$$

٤-٢-٢-٤-١-٤ نسبة تشغيل الوحدة

وهو من العوامل الهامة لتقيم إداء المحطة وهو نسبة عدد الساعات التى تقضيها الوحدة فى العمل خلال اليوم وعادة ما يكون النسبة ٨٥% وتقل النسبة مع قدم عمر الوحدة

٤-٢-٢-٤-١-٥ نسبة الاستخلاص للوحدة (Recovery)

وهى نسبة تحسب عن كفاءه الوحدة ويمكن حساب نسبة الأستخلاص كما يلى:

$$\text{نسبة الاستخلاص (كفاءة الوحدة)} = \frac{\text{كمية المياه المنتجة} \times ١٠٠}{\text{كمية المياه الداخلة}}$$

وتعتمد هذه النسبة على كمية الأملاح الذائبة والكبريتات والكالسيوم وغيرها وتحسب على اساس ان نسبة التشبع لهذه العناصر من ٨٥% - ١٠٠% فى المياه الخارجة من الوحدة

٤-٢-٢-٤-١-٦ الاتزان الحرارى لمسخن المياه

يمكن حساب كمية ماء التسخين أو بخار التسخين اللازم لتسخين الماء المالح حيث أن ما فقده ماء التسخين من حرارة يساوى ما اكتسبه المحلول من حرارة وعليه يكون الاتزان الحرارى كما يلى :

(معدل سريان المحلول المالح X الحرارة النوعية للماء المالحX فرق درجات الحرارة) لماء التسخين = (معدل سريان المحلول المالح X الحرارة النوعية للماء المالحX فرق درجات الحرارة) للماء المالح الماد تسخينه

وفى حالة التسخين بالبخار فانه يمكن حساب كمية البخار المطلوب للتسخين حيث أن

$$\text{كمية البخار اللازمة للتسخين} = \frac{\text{كميةالحرارة (كيلو جول/ثانية)}}{\text{الحرارة الكامنة عند ١٠٠ م°}}$$

حيث يمكن حساب كمية الحرارة من المعادلة السابقة

$$\text{معدل دخول ماء التسخين} = \frac{\text{الحرارة الداخلة}}{\text{الحرارة النوعيه للماء} \times \text{فرق درجات الحرارة}}$$

٤-٢-٢-٤-١-٧ نسبة تركيز المياه شديدة الملوحة Brine Concentration Ratio

$$\text{نسبة تركيز المحلول} = \frac{\text{تركيز المحلول المركز}}{\text{تركيز ماء التغذية}}$$

$$\text{نسبة تركيز المحلول} = \frac{\text{معدل ماء التعويض (معدل دوران المحلول - معدل الإنتاج)}}{\text{معدل الماء المطرود} \times \text{معدل دوان المحلول}}$$

٤-٢-٢-٤-١-٨ معدل معامل التبريد

يدخل ماء التبريد الى المرحلتين الأخيرتين والتى يطلق عليها قسم الطرد الحرارى كما أوضحناه سابقا وحيث أن :

- كمية الحرارة المفقودة من بخار التكثيف = كمية الحرارة المكتسبة لماء التبريد
- معدل البخار المتكاثف × متوسط الحرارة الكامنه = معدل سريان المحلول المالح × الحرارة النوعية للماء المالح × فرق درجات الحرارة
- وهى تقريبا تساوى كمية ماء التسخين

٤-٢-٢-٤-١-٩ حساب المساحة السطحية

تحسب المساحة السطحية لأنابيب كل من مسخن المحلول وانابيب التكثيف فى كل من غرفة التبخير والتكثيف على أساس مبادلات حرارية وعليه يتم حساب المساحة السطحية لتبريد أو التسخين كما يلى:

$$\text{المساحة السطحية لانتقال الحرارة} = \frac{\text{معامل انتقال الحرارة} \times \text{متوسط درجات الحرارة}}{\text{كمية الحرارة المنتقلة}}$$

$$\text{عدد الأنابيب} = \frac{\text{المساحة السطحية}}{\text{طول الأنابيب} \times \text{قطر الأنبوبة (TT)}}$$

ملحوظة : يضاف نسبة أمان لعدد الأنابيب لا تقل عن ٢٥%

٤-٢-٢-٤-١-١٠ معامل الترسيب Fouling Factor

نتيجة وجود بعض المواد الغير ذائبة وبعض العناصر الذائبة فى المياه التى يتم ترسيبها نتيجة تركيزها فى المياه المالحة بعد تبخر جزء من الماء في صورة بخار كما يزيد من تركيز هذه المواد في المياه مسببة تكون قسورة على السطخ وتعرف هذه العناصر باسم Fouling.

٤-٢-٢-٤-٢ التصميم الميكانيكى للوحدة

يستعرض هذا الجزء المعايير الأساسية لتصميم وحدات المعالجة الأولية من كيماويات المعالجة وطلمبات التغذية والتى يمكن الرجوع اليها في الجزء الخاص بالمعالجة الأولية من الكود

٤-٢-٢-٥ فلسفة التحكم Control Philosophy

يعرض هذا الجزء فلسفة التحكم المقترحة لوحدات أعمال تحلية المياه وفقا للتالي:

٤-٢-٢-٥-١ خزان المياه الخام

يجب مراقبة منسوب المياه داخل الخزان عن طريق جهاز قياس منسوب ، والذي يعطى إشارات تتوافق مع لنظام الـ PLC أو نظام التحكم بالمحطة، وذلك للتشغيل الأوتوماتيكي للحالات الآتية:

- عند أقل منسوب داخل الخزان يتم إيقاف تشغيل مضخات تغذية المرشحات وايقاف تشغيل وحده التبخير وطلمبات التدوير وتشغيل بعض طلمبات المياه المالحة الأحتياطيه لرفع منسوب المياه فى الخزان
- عند ارتفاع منسوب المياه فى الخزان يتم ايقاف طلمبات المياه المالحة الاحتياطية

٤-٢-٢-٥-٢ مضخات التغذية:

- يجب التحكم في تشغيل المضخات عن طريق الـ PLC .
- يجب تشغيل المضخات أوتوماتيكيا في حالة تشغيل نظام المبخرات
- يجب إيقاف التشغيل أوتوماتيكيا في حالة أقل منسوب داخل خزان المياه الخام
- يجب تجهيز المضخات بالمحابس اليدوية ومانومتر قياس الضغط وصمام عدم الرجوع على خط الضخ للمضخات

٤-٢-٢-٥-٣ مضخات مياه الغسيل للمرشحات

- وتستخدم فقط في حالة استخدام مرشحات وهذه المرشحات غالبا لا تستخدم الا في حالة ارتفاع نسبة العكارة والمواد العالقة في مياه التغذية.
- يتم تشغيل الطلمبات أوتوماتيكياً عن طريق الـ PLC، وذلك طبقاً لزيادة الفقد في الضغط داخل المرشح وعن طريق مؤقت (تايمر) لتحديد الوقت اللازم لعملية الغسيل أو باستخدام الـPLC عن طريق فرق الضغط على الفلاتر ، يتم إيقاف تشغيل الطلمبات بعدها .
- يجب وقف تشغيل المضخات في حالة أقل منسوب للمياه داخل خزان مياه شديد الملوحة(Brine)

٤-٢-٢-٥-٤ المرشحات الرملية المضغوطة

- يتم الرجوع فيها الى الجزء الخاص بالمعالجة الأولية فى هذا الكود وغالبا ما تستخدم في هذه النوعية من المحطات الا في حالة ارتفاع العكارة والمواد العالقة.

٤-٢-٢-٥-٥ نظام حقن الكيماويات

- يتم الرجوع فيها الى الجزء الخاص بالمعالجة الأولية فى هذا الكود

٤-٢-٢-٥-٦ منظومة التبخير

- المياه المرشحة والمعالجة كيميائياً الخارجة من المرشحات الرملية والكربونية يتم توصيلها إلى مدخل المبخرات ، وصمام الدخول إلى الوحدات يتم التحكم فى تشغيله أوتوماتكيا عن طريق الـ PLC

- فى حالة توقف الوحدة لا يتم ايقاف وحدات التغذية حيث تكون درجة حرارة الوحدات عاليه فيجب تبريدها اولا قبل الإيقاف.

ويجب تزويد الوحدات بالأتي:

- مقياس ضغط السحب على مضخات نقل المياه المالحة والمياه شديدة الملوحة ومياه الدوران.
- جهاز قياس درجة الحرارة
- جهاز قياس الأس الهيدروجينى.
- جهاز قياس التوصيلية الكهربية
- وحدة قياس الضغط.
- جهاز قياس ومفتاح الضغط العالي High pressure switch وجرس إنذار الضغط العالي.
- تزود مضخات التغذية بنظام متعدد السرعات للتحكم في الضغوط الخارجة من المضخات

٤-٢-٢-٥-٧ الأنبوب المجمع للمياه شديد الملوحة يوجد عليها الأجهزة الآتية:

- مانومترات جهاز قياس الضغط .
- جهاز قياس معدل تصرف المياه شديدة الملوحة، والتى ترسل إشارتها إلى الـ PLC.

يجب تركيب الأجهزة / التجهيزات الآتية على الأنبوب المجمع للمياه المحلاة :

- جهاز قياس التوصيلية الكهربية.
- مفتاح الضغط العالي High Pressure switch وجرس إنذار الضغط العالي.
- وحدة قياس الضغط.
- جهاز قياس التصرف وإرسال الإشارات إلى الـ PLC.
- جهاز قياس درجة الحرارة والأسى الهيدروجيني وإرسال الإشارات إلى الـ PLC.
- يجب تزويد أنبوب المياه المحلاة المجمع بمحبس غلق ثنائى الأوجه لتغير مسار المياه ففي حالة بداية التشغيل أو في حالة التوصيلية الكهربية العالية للمياه المحلاة يتم تشغيل المحبس بحيث يتم توجه المياه المحلاة إلى خزان المياه الخام ثم يعاد المنتجة.

٤-٢-٢-٥-٨ نظام تعقيم المياه

يجب ضبط طلمبات حقن الكلور فى المياه بحيث تقوم بتغير جرعة الكلور حسب معدل التدفق للمياه المنتجة ويمكن الرجوع الى الجزء الخاص من هذا الكود بالمعالجة النهائية

٤-٢-٢-٥-٩ خزان تجميع المياه المحلاة

يجب مراقبة مناسيب المياه داخل الخزان يتم مراقبته بجهاز قياس المنسوب ، وهذه الأجهزه ترسل إشارات رقمية إلى الـ PLC والإشارات كالأتي :

- المنسوب العالي للمياه يرسل إشارات لإيقاف وحدات التبخير تدريجيا عند الوصول الى المنسوب الأعلى
- يتم تجهيز الخزان بمحابس غلق وغسيل وتنظيف.

٤-٢-٢-٦ خواص المواد المستخدمة فى تصنيع الوحدات

نظرا لارتفاع درجات حرارة المياه داخل المبخرات ووحدات التكثيف مع اختلاف الضغوط داخل المبخرات مع تصاعد الأبخرة والغازات مما قد تسبب تأكل فى المواد المستخدمة فى التصنيع وللحد من هذا التأكل يتم استخدام بعض المواد الخاصة للتصنيع كما هو موضح بالجدول رقم (٤-١٤)

الجدول رقم (٤-١٤)

Item	Long tube design	Cross tube design
Flash chambers	Carbon steel, 316L stainless steel clad	Carbon steel (first three stages SS 316 clad)
Flash chamber internal supports	Stainless steel, grade 316	Carbon steel
Condensing section walls	Carbon steel, clad with stainless steel grade 316L	Carbon steel, clad with stainless steel grade 316L
Condenser tubing: - Rejection section - Recovery section - Concentrate heater	70-30 copper/nickel 90-10 copper/nickel, to 80 °C 70-30 copper/nickel above 80 °C 70-30 copper/nickel	70-30 copper/nickel 90-10 copper/nickel, to 80 °C 70-30 copper/nickel above 80 °C 70-30 copper/nickel
Interconnecting piping and water boxes	Carbon steel, 90-10 copper/nickel clad	Carbon steel, 90-10 copper/nickel clad
Tube plates: - Rejection section - Recovery section - Concentrate heater	70-30 copper/nickel 90-10 copper/nickel, to 80 °C 70-30 copper/nickel above 80 °C 70-30 copper/nickel	70-30 copper/nickel 90-10 copper/nickel, to 80 °C 70-30 copper/nickel above 80 °C 70-30 copper/nickel
Pumps	Bronze	Bronze
External structural shapes	Carbon steel	Carbon steel
Demisters	Stainless steel, grade 316	Stainless steel, grade 316
Deaerator/decarbonator	Carbon steel, rubber lined	Carbon steel, rubber lined

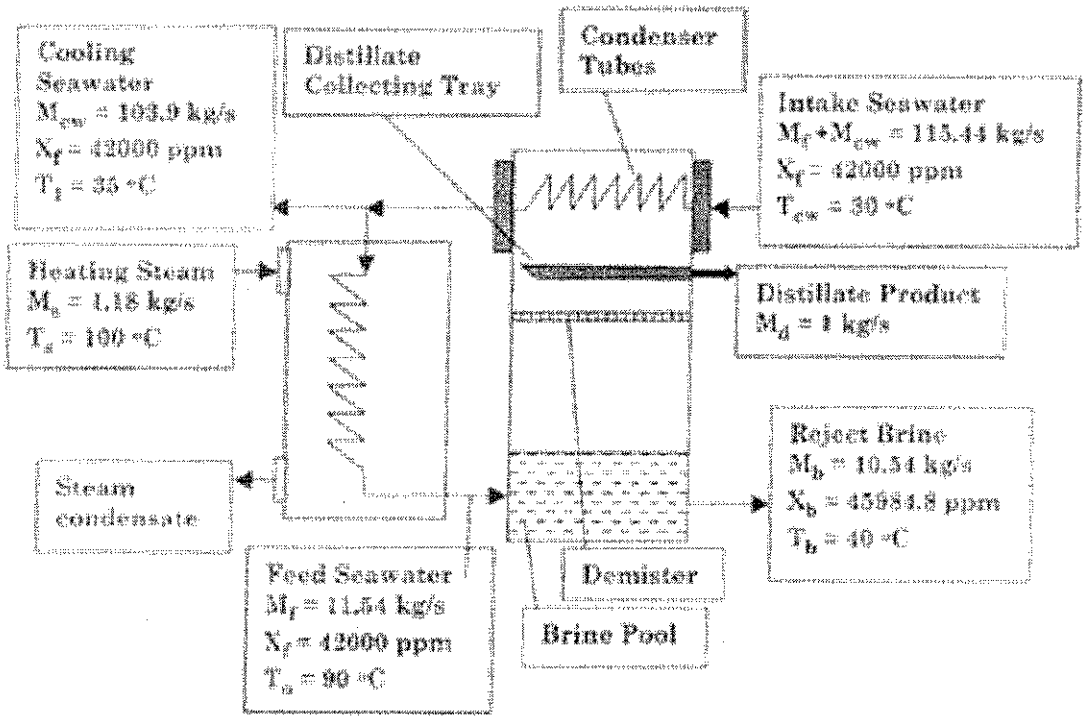
ويوضح الجدول رقم (٤-١٥) مكونات السبائك المستخدمة فى التصنيع عند السرعات المختلفة للمياه داخل كل وحدة وسمك حوائط الوحدة

الجدول رقم (٤-١٥)

Properties of tube materials used in the brine heater and the condenser tubes

Material	Temperature	Thermal Conductivity kW/m °C	Brine Velocity m/s	Wall Thickness mm
Cu/Ni 70/30 (66% Cu, 30% Ni, 2% Fe, and 2% Mn)	Above 80 °C	29×10^{-3}	2-4	1.2
Aluminum Brass (76% Cu, 22% Zn, and 12% Al)	Below 80 °C	32×10^{-3}	1.5-2.5	1.2
Titanium	Below 80 °C	16.5×10^{-3}	3-20	0.5
Cu/Ni 90/10	Below 80 °C	44×10^{-3}	2-4	1.2
High Steel Alloy	Below 80 °C	19.9×10^{-3}	3-10	0.7

٤-٢-٢-٧ نموج الاتزان الحرارى لوحدة لمبخر أحادى



الفصل الثالث : التحلية الحرارية بإستخدام التقطير متعدد التأثيرات " MED "

٤-٢-٣-١ أسس عمليات التقطير متعدد التأثيرات :

٤-٢-٣-١-١ نظام التقطير متعدد التأثيرات هو مجموعة من النظم أحادية التأثير المتعاقبة. تعتمد على اعادة استغلال البخار المتولد من عملية التقطير أحادى التأثير حيث يتم تكثيفه لإنتاج كمية أخرى من المياه

٤-٢-٣-١-٢ ليشكل هذا التسلسل نظام تقطير متعدد التأثيرات والماء الناتج من هذه السلسلة من المراحل يكون ضغطة قليل لأن الماء يغلى عند درجات حرارة منخفضة بتقليل الضغط وهذه هى فكرة عمل هذه الوحدات

٤-٢-٣-١-٣ البخار المتولد من المرحلة الأولى (المبخر الأول) يعمل كوسط تسخين للمبخر الثانى وهكذا على التوالى وزيادة عدد المبخرات يزيد من كفاءة الوحدة على الاستخلاص ورفع نسبة الأداء.

٤-٢-٣-١-٤ يعتمد نظام التقطير متعدد التأثيرات" MED " على إعادة استخدام البخار المتولد مما يحقق بعض المميزات مثل الحد من كمية المياه المتبقية عالية الملوحة Brine وكذلك تقليل درجات الحرارة إلى قيم منخفضة مع منع فقد كميات كبيرة من الطاقة المستخدمة والتى تشكل السلبيات الرئيسية فى نظام التقطير أحادى التأثير.

٤-٢-٣-١-٥ تستخدم هذه التقنية عملية الغليان "Boiling" لتبخير المياه المالحة بدلا من التبخير الوميضى حيث يتكون البخار على أسطح تسخين

٤-٢-٣-١-٦ وتقدر أقصى درجة حرارة للمياه المالحة على أسطح التسخين بحوالى ٧٠°م (درجة مئوية) حتى تقلل من إحتمالات ترسيب الأملاح صعبة الإزالة مثل الكبريتات والسليكات على عكس عملية التقطير الوميضى التى تمتاز بإمكانية رفع درجة الحرارة القصوى حتى ١١٠°م (درجة مئوية).

٤-٢-٣-١-٧ كمية الطاقة الحرارية المستهلكة لإنتاج ١.٧- ٦.٤ كجم من الماء تساوى ١.٠٥٥ مليون جول تبعا لعدد المبخرات حيث يستهلك ١.٠٥٥ مليون جول لإنتاج ٢.٢ كجم من الماء للمبخر الأحادى. اما بالنسبة للمبخرات الرئيسية فتصمم على أعلى معدل كفاءة ٩.٩ كجم/ مليون جول

٤-٢-٣-٢ وصف العملية

٤-٢-٣-٢-١ يتم إنتاج المياه المحلاة بالتقطير داخل غرف التبخير فى مجموعة من المراحل (التأثيرات) وذلك عن طريق خفض الضغط فى كل مرحلة (تأثير) عن ضغط المرحلة (التأثير) السابق له بحيث يتم السماح للمياه المالحة بالغليان والتبخر عدة مرات بدون إضافة طاقة حرارية خارجية بعد أول مرحلة (تأثير).

٤-٢-٣-٢-٢ بزيادة عدد المراحل (التأثيرات) تزداد كفاءة وحدة التحلية بحيث إذا كان المرحلة الواحدة تستهلك ١,٠٥٥ مليون جول لإنتاج ٠,٦ كجم من المياه المحلاة فإن ٣ مراحل (تأثيرات) تنتج حوالي ١,٨ كجم نواتج التقطير بنفس كمية الطاقة المستهلكة.

٤-٢-٣-٢-٣ يتم إنتاج المياه المحلاة بواسطة التبخير والتكثيف معاً (التقطير) فى غرف تبخير (مجموعة من المراحل) إعتماداً على مبدأ خفض الضغط فى كل مرحلة (تأثير) عن المرحلة التى تسبقه.

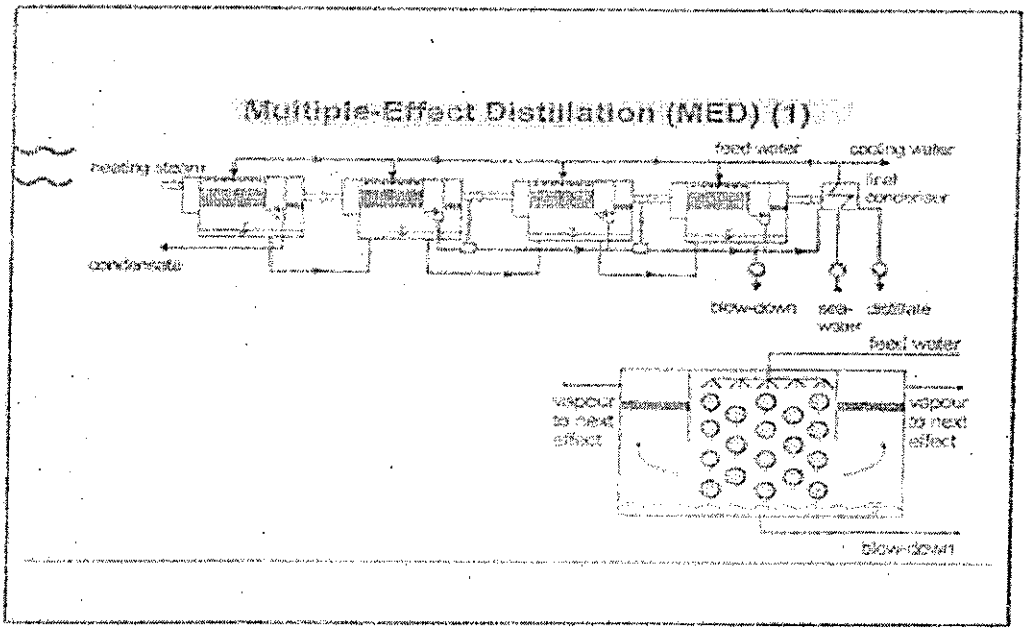
٤-٢-٣-٢-٤ فى الغالب تتكون كل مرحلة (تأثير) من أنابيب أفقية أو رأسية وكذلك تستخدم ألواح للتبخير.

٤-٢-٣-٢-٥ يتم تكثيف البخار خارج انابيب المكثف.

٤-٢-٣-٢-٦ يتم توزيع المياه المالحة على السطح الخارجى للأنابيب فيتبخر جزء منه والذى يتم استخدامه بدورة كمصدر تسخين فى المرحلة التالية.

٤-٢-٣-٢-٧ يستخدم البخار منخفض الضغط (أقل من ٠,٣٥ بار) أو مياه ساخنة من مصدر خارجى فى تسخين المرحلة الأولى.

الشكل (١١) يوضح نموذج لهذا النوع من الوحدات وهى وحدة متعدد التأثيرات بالإضافة الى مكثف حيث تدخل مياه البحر كماء تبريد "Cooling water" إلى المكثف حيث يقوم بتكثيف بخار المكثف ليخرج منه بعد ذلك ويتم طرد معظم مياه التبريد مرة أخرى الخارجة من المكثف إلى البحر مرة ثانية بينما يستفاد من الجزء المتبقى كمصدر تغذية الوحدة (التأثير الأول) حيث يتم تسخينه بواسطة بخار خارجى ليتبخر جزء من الماء ويصعد لأعلى (داخل الوحدةالأولى) ليستفاد منه كمصدر لحرارة الوحدة (التأثير) الثانية، بينما يدخل الجزء المتبقى من ماء التغذية من التأثير الأول إلى التأثير الثانى (من أسفل) وهكذا تكرر العملية فى التأثير الثانى والثالث والرابع (وغيره إن وجد) بينما يخرج الماء المتبقى عالى الملوحة" Brine " خارج الوحدة .



شكل رقم (١١)

٤-٢-٣-٢-٨ فى كل تأثير يتم تكثيف البخار المتولد من التأثير الذى سبقه ليخرج الجميع فى النهاية كمنتج للوحدة متعددة التأثيرات.

٤-٢-٣-٢-٩ يستوجب وجود منظومة للتخلخل " vacuum system"لضمان أن يكون ضغط كل تأثير أقل من الذى يسبقه

٤-٢-٣-٢-١٠ توجد نماذج مختلفة لوحدات التقطير متعدد التأثير تعتمد بشكل عام على شكل وترتيب أنابيب المبادلات الحرارية.

٤-٢-٣-٢-١١ يجب أن تكون كميات المياه المنتجة من هذه التقنية ما بين ٥٠٠ -١٥٠٠٠ متر مكعب يومياً للوحدة الواحدة .

٤-٢-٣-٢-١٢ يجب أن تكون عدد المراحل (التأثيرات) ما بين ٤ وحتى ١٦ مرحلة (تأثير).

٤-٢-٣-٢-١٣ يجب أن الا تزيد درجة حرارة للمياه المتبقية عالية الملوحة "Brine " عن ٧٠ درجة مئوية.

٤-٢-٣-٢-١٤ يجب أن يكون معامل التركيز " CF" : ١,٣ -١,٥ .

٤-٢-٣-٢-١٥ يجب الا يزيد محتوى المواد الصلبة الذائبة "TDS" للمياه المحلاة عن ٢٥ جزء من مليون.

ويوضح الجدول (٤-١٦) خصائص كل عملية من هذه العمليات التقطير متعدد التأثيرات.

جدول (٤-١٦)

Table —Process characteristics of MED systems

Item	Low temperature horizontal tube design	Low temperature vertical tube design	Stacked vertical tube design	High temperature horizontal tube design	High temperature vertical tube design
Maximum operating temperature (°C)	71.7	71.7	110	110	110
Process recovery (percent)	20 to 35	20 to 35	67	20 to 35	20 to 35
Performance ratio (kg/MJ)	3.44 to 5.17	3.44 to 4.30	10.33	3.44 to 6.46	3.44 to 6.46
Heat transfer coefficient (w/m^2-K)	1,703 to 3,407	1,703 to 3,407	4,542 to 11,356	1,703 to 4,259	1,703 to 4,259
Concentrate (mg/l)	54,000	54,000	106,000	54,000	54,000
Electrical consumption (MJ/m^3)	0.00132 – 0.0026	0.00132 – 0.0026	0.000528 – 0.00106	0.00132 – 0.0026	0.00132 – 0.0026
Distillate quality (mg/l)	0.5 to 25.0	0.5 to 25.0	0.5 to 25.0	0.5 to 25.0	0.5 to 25.0
Pretreatment chemical	Polyphosphate	Polyphosphate	Acid or polymer	Polymer	Acid or polymer
Pretreatment dose rate (mg/l)	0.5 to 4.0	0.5 to 4.0	Acid at 140 Polymer at 1 to 2	1.0 to 2.0	Acid at 140.0 Polymer at 5 to 10

Note: MJ/m^3 = Mega joules per cubic meter, w/m^2-K = watts per square meter-Kelvin.

ملاحظة :

قد تعمل وحدات التقطير المتعدد التأثيرات ذو التركيب الأفقي والرأسي في درجات حرارة تصل إلى ١١٠ درجة مئوية (أعلى من المعدلات المذكورة فى الجدول).

٤-٢-٣-٣ الأشكال التصميمية للتقطير المتعدد التأثيرات :

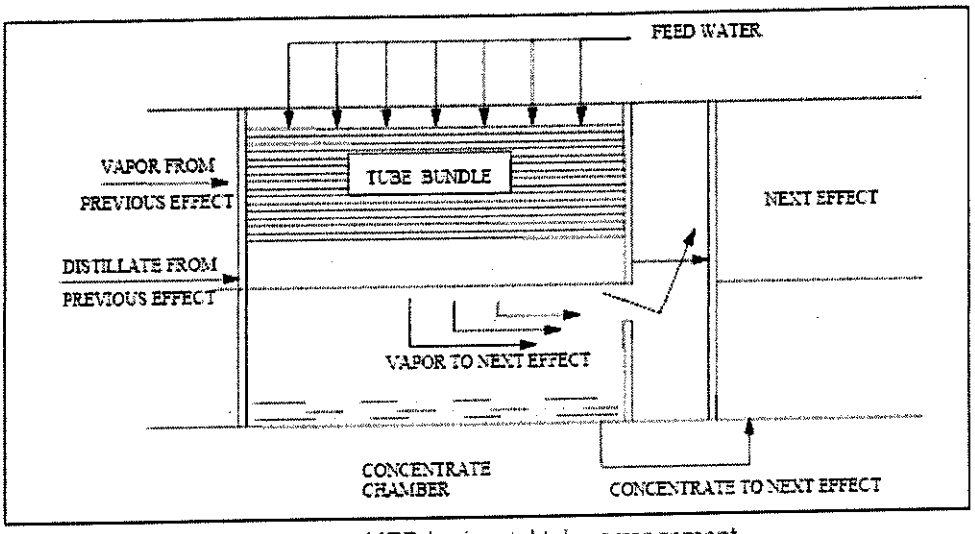
للتقطير المتعدد التأثيرات ثلاثة أشكال تصميمية تعتمد بشكل عام على شكل وترتيب أنابيب المبادلات الحرارية:

- التقطير المتعدد التأثير ذو الترتيب الأفقي للأنابيب
- تقطير المتعدد التأثير ذو الترتيب العمودي للأنابيب
- التقطير المتعدد التأثير ذو مجموعة الأنابيب المكدسة رأسيا

يتم وصف كل من هذه التصاميم في الأقسام الفرعية التالية

٤-٢-٣-٣-١ التقطير المتعدد التأثيرات ذو الترتيب الأفقي للأنابيب :

في هذا النوع يتم ترتيب حزمة الأنابيب أفقيا داخل الوعاء الحاوى لها كما هو مبين في الشكل التالى.

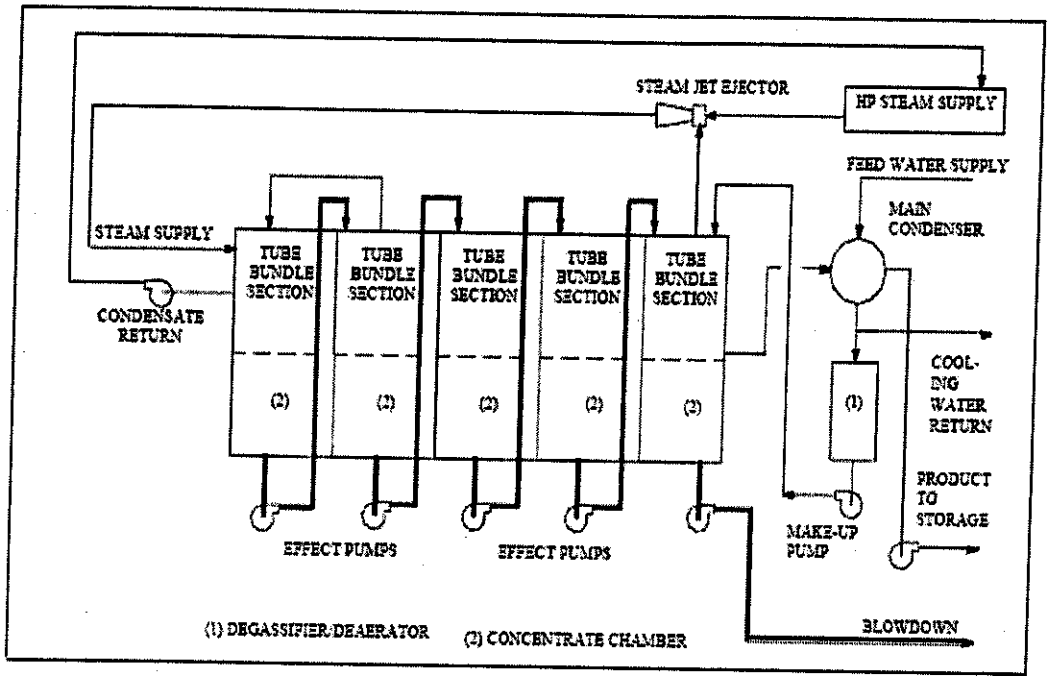


MED horizontal tube arrangement

شكل رقم (١٢)

٤-٢-٣-٣-١-١ التغذية إلى الامام والخلف

حيث يتم دخول المياه الخام على شكل رزاز لينتشر حول الأنابيب على السطح الخارجى بينما يحتوى داخل الأنابيب على حرارة لتبخير المياه على الموجودة على السطح الخارجى للأنابيب وهذه الحرارة تكون إما من مصدر خارجى للبخار أو من المياه الخام بعد تسخينها بمصدر حرارى وينتقل هذا البخار المتولد داخل الوحدة إلى الوحدة الثانية الأقل فى الضغط، كما هو موضح بشكل (١٣) وهو وصف كامل لعملية التقطير المتعدد التأثير ذو الترتيب الأفقي للأنابيب.



MED process schematic—horizontal tube arrangement

شكل رقم (١٣)

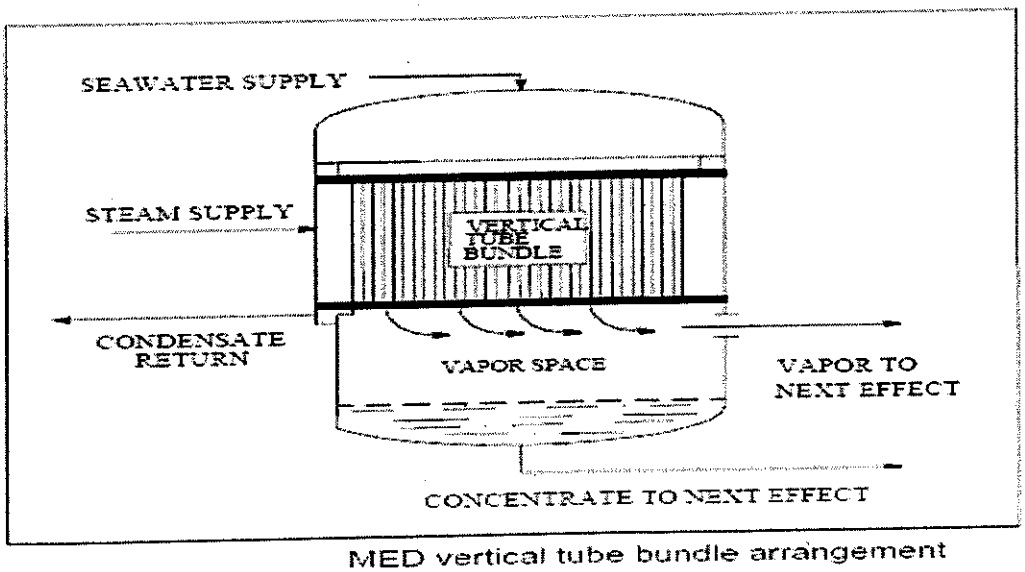
- غلاف المكثف والأنابيب الداخلية مصنوعة من مادة لها قدرة عالية على التبادل الحرارى وغالبا ما يصنع جسم المكثف والمواسير الداخلية من نفس الخامة المصنع منها المبخر .
- تتجه المياه الخام داخل المواسير فى المكثف لتبريده ثم تعود مرة أخرى الى البحر وفى معظم الأحوال فإن كمية من هذه المياه يحتفظ بها وتستخدم كمياه تعويض للنظام حيث يتم ضخها من خلال طلمبه تسمى بطلمبة التعويض نازع الغازات.
- يوجد نوعين من نازعات الغازات أحدهما نازع لثانى أكسيد الكربون الذى يتكون فى حالة إستخدام الحامض لتقليل الكربونات والبيكربونات فى المياه الخام والأخر وهو نازع الهواء أو الأكسجين الذائب فى المياه لتقليل فرصة حدوث أكسدة للأنابيب وكذلك جسم المبخر.
- تضخ هذه المياه الى الجزء العلوى لأخر مبخر حيث يتم التبادل الحرارى بينها وبين البخار المار داخل الأنابيب الموجودة فى المرحلة لتكثيف البخار بينما يتبخر جزء صغير من الماء داخل المرحلة (التأثير).
- يتكاثف جزء من البخار المتولد من الغلاية والمار الى المبخر الأول ويمر الى الغلاية مرة أخرى بينما يمر الباقى الى المكثف وفى نفس الوقت ترتفع درجة حرارة المياه الخام الى درجة الغليان ويتبخر جزء كبير منها ويمر الى المبخر التالى حيث تستغل حرارته فى تسخين المياه

الأخرى فى المبخر الأخر وهكذا . ويتم تجميع الماء المقطر من كل المبخرات ثم يدفع الى المكثف العمومى حيث يخرج على شكل مياه منتجة حيث يتم معالجتها المعالجة النهائية قبل تخزينها.

- يتم التخلص من الغازات الغير المكثفة باستخدام وحدة رفع الهواء " injector " حيث يدفع البخار المتولد من الغلاية بقوه فيسحب البخار الغير متكاثف فى المبخرات واعادته مرة أخرى للاستفادة منه وتقليل الفاقد.
- ويطلق على هذه العملية الموضحة فى شكل (١٣) اسم "التغذية إلى الأمام" (forward Feed system). حيث أن المحلول المركز يرفع الى المبخر حيث يركز ثم ينقل الى التالى بنجاح، ويمكن أيضا أن يسمى هذا التصميم "التغذية الخلفية" حيث يتم ضخ مياه التغذية من الخلف حيث تمر المياه الخام الى كل مبخر وبذلك يتم تركيزها فى كل مبخر.
- تعد أهم عيوب هذا النموذج أن المياه يتم تركيزها من مبخر الى الأخر مع الزيادة فى درجات الحرارة فى كل مبخر مما يدفع لتكوين رواسب كيميائية داخل هذه المبخرات و لهذا يتم حقن مانع ترسيب قبل كل مبخر .

٤-٢-٣-٣-٢ التقطير المتعدد التأثيرات ذو الترتيب العمودي للأنابيب

يتكون هذا النوع من أنابيب مركبة بصورة رأسية داخل المرحلة ويتم التغذية للوحدة من الجزء العلوى حيث تمر المياه على السطح الخارجى للأنابيب أى من خلال الأنابيب وليس خارجها بينما التسخين بالبخار يكون على السطح الخارجى كما هو موضح بالشكل (١٤) .



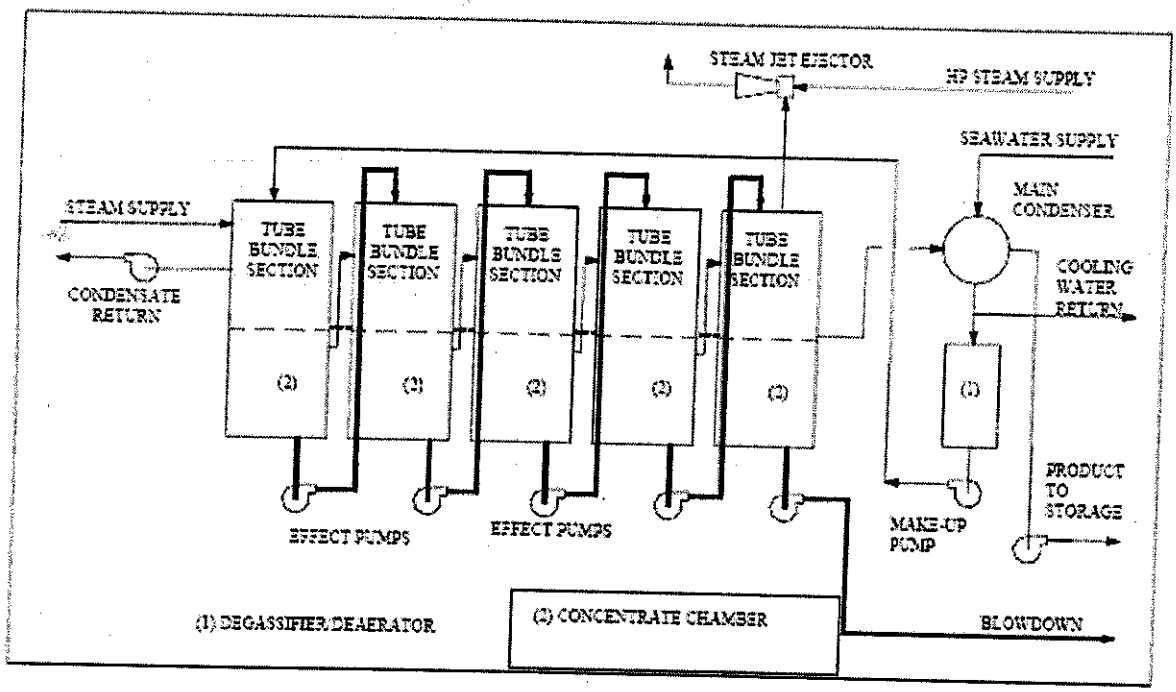
MED vertical tube bundle arrangement

شكل (١٤)

- يتميز هذا النوع بمعدلات عالية لنقل للحرارة وذلك لوجود طبقة رقيقة على كل من داخل وخارج سطح أنابيب المبادلات ، ولكن هناك عيب واحد لهذا النظام وهو صعوبة التأكد من أن المياه موزعة بانتظام داخل الأنابيب وانه لايوجد انسداد داخل الأنابيب.

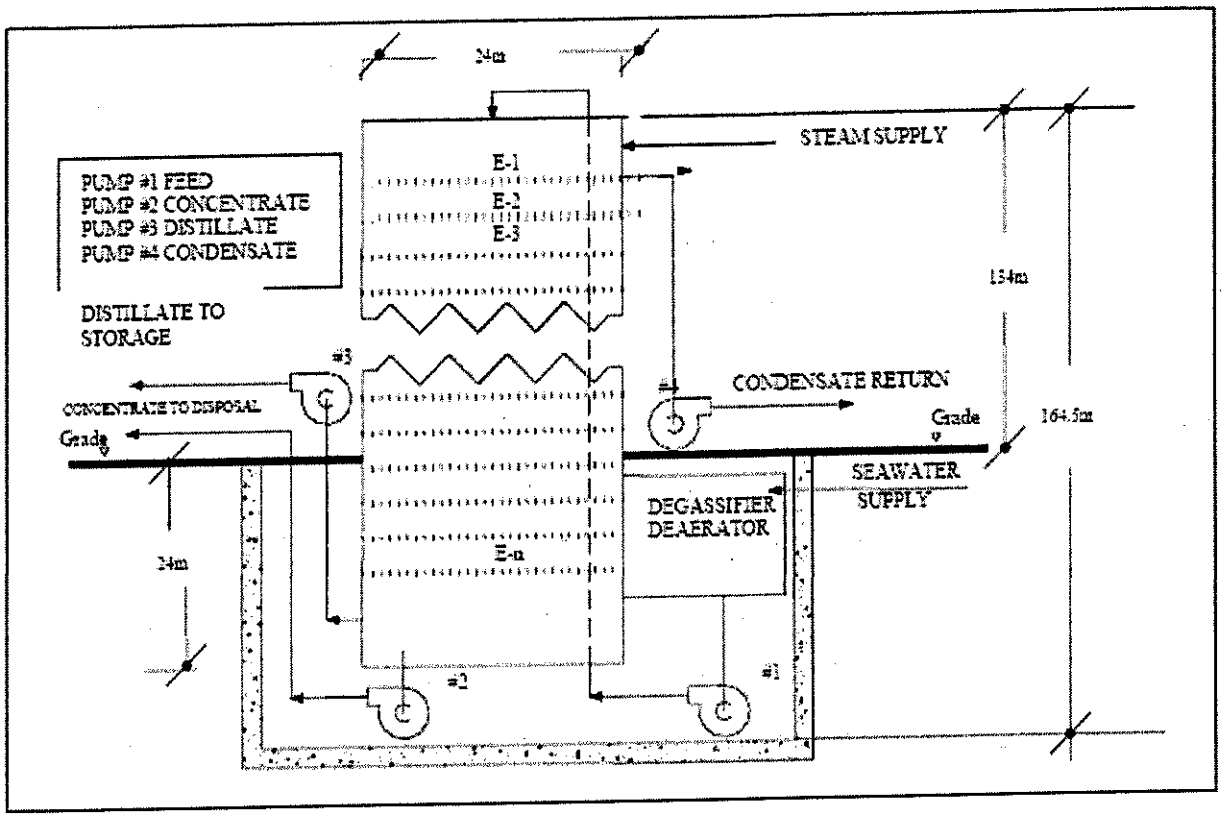
٤-٢-٣-٣-٣ التقطير المتعدد التأثيرات ذومجموعة الأنابيب الرأسية

- يتم ترتيب الأنابيب رأسياً حيث يتم المرور للمياه الخام داخل الأنابيب وينتقل الى المرحلة (التأثير) التالى دون حاجة الى طلمبات.
- ويتم التسخين بالبخار من الخارج لتبخير هو كما هو موضح بالطريقة السابقة .
- يوضح الشكل (١٥) ، (١٦) وحدة تقطير متعدد التأثيرات مكونة من مجموعات الأنابيب المرتبة راسياً .



MED process schematic – vertical tube arrangement

شكل (١٥)



MED process schematic – vertically stacked tube bundles

شكل (١٦)

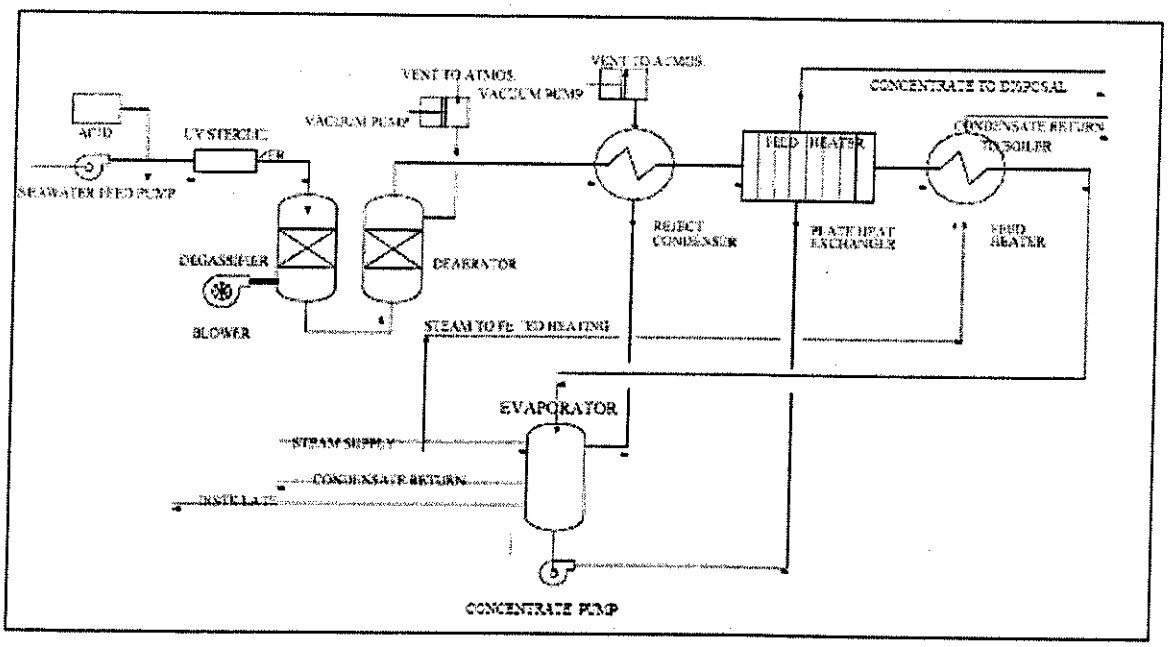
٤-٢-٣-٣-٤ خواص المواد المستخدمة فى تصنيع التقطير المتعدد التأثيرات

- يجب تصميم الأنواع ذات الأنابيب الأفقية والرأسية المكدسة لتعمل عند درجات حراره٧٦درجة مئوية (١٧٠درجة فهرنهايت) كحد أقصى.
- يجب تصميم الوحدة ذات الأنابيب الرأسيه لتعمل عند درجة حرارة ١١٠درجة مئوية
- يجب ان لا تقل أقطار الأنابيب المستخدمة فى الأنواع السابقة عن ٥٠.٨ ملليمتر(٢بوصة).
- يجب ان تكون مواد التصنيع كما هو موضح بالجدول رقم (٤-١٧)

جدول (٤-١٧) يوضح نوع الخامات التى تستعمل فى التقطير المتعدد التأثيرات

Item	Horizontal tube design	Vertical tube design	Stacked vertical tube design
Effect vessels	Carbon steel, epoxy coated	Carbon steel, epoxy coated	Concrete
Effect tubing	Aluminum	Aluminum brass, copper nickel	Aluminum
Effect tube sheets	Aluminum	Aluminum brass, copper nickel	Aluminum
Preheater tubing	Aluminum	Aluminum brass	Titanium
Pumps	Stainless steel, grade 316	Stainless steel, grade 316	Aluminum brass
Deaerator	Carbon steel, epoxy coated	Carbon steel, epoxy coated	Concrete, aluminum
Decarbonator	Carbon steel, epoxy coated	Carbon steel, epoxy coated	Concrete, aluminum
External structural shapes	Carbon steel	Carbon steel	Not required
Internal supports	Carbon steel, epoxy coated	Carbon steel, epoxy coated	Aluminum
Demisters	Stainless steel, grade 316	Stainless steel, grade 316	Stainless steel, grade 316

٤-٢-٣-٣-٥ مكونات وحدة التقطير متعدد التأثيرات



Process schematic, MWD's short tube test unit

شكل (١٧)

- كما هو موضح بالشكل (١٧) تتكون محطة تحلية المياه بنظام التقطير متعدد التأثيرات " MED " من المكونات الأتية :-
- طلمبات المياه الخام
- وحدة إضافة الحامض
- وحدة الأشعة فوق البنفسجية:

لقتل الميكروبات والكائنات الحية التى قد تنمو داخل الوحدة والتى تسبب انسداد للوحدات وكذلك نتيجة لتغذيتها واخراج فضلاتها التى تترسب على سطح المبخرات والمبادلات الحرارية والتى تسبب فى فقد الطاقة لذا يتم التخلص من هذه الكائنات الحية بإستخدام الأشعة الفوق بنفسجية

- وحدة نزع الغازات:

المياه الداخلة للمحطة تحتوى على بعض الغازات وأهمها الأكسجين الذائب والذى يتفاعل مع الماء الداخل الى المحطة مكونا طبقة من أكسيد الحديد على الأنابيب داخل المكثفات والمبخرات وكذلك الجسم الخارجى للمكثفات والمبخرات مما يؤدى الى سرعة تآكل الأنابيب والجسم الخارجى ولهذا يتم نزع الأكسجين من الماء باستخدام نازع الغازات ، حيث عند دخول الماء داخل وحدة النزع يتم تفتيت الماء الى قطرات صغيرة باصطدامها بحواجز داخلية فيتم تفتيت الماء الى قطرات صغيره ليسهل نزع الغازات منها

- مضخات الهواء:

والتى تقوم بضخ الهواء داخل وحدة نازعات الغازات لطرد الغازات الموجودة فى الماء

- المبادلات الحرارية:

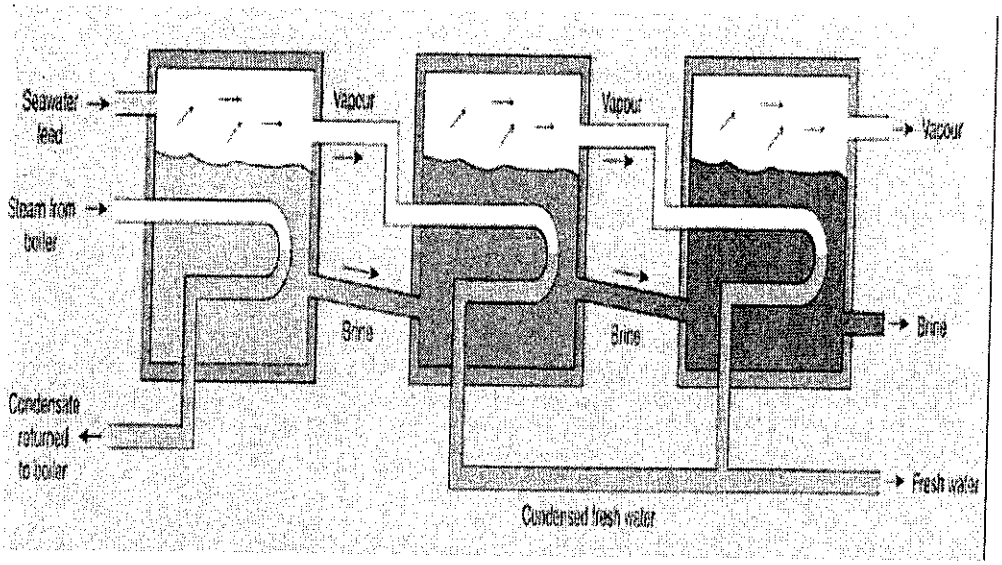
يتم تبادل الحرارة بين الماء الخام ذو درجة الحرارة الأقل مع الماء المنتج من تكثف البخار داخل المكثف وتكون درجة حرارته عالية فيتم عمل تبادل حرارى

- المكثفات الأولية:

تستقبل المكثفات الأولية البخر الداخل الى الوحدة حيث يتم تكثيفه وإعادته الى الغلاية مرة اخرى بينما يتم تسخين المياه الداخلة الى الوحدة بالتبادل الحرارى

- المبخرات:

يتم فيه تبخير جزئ من الماء الداخل الى المبخر بفعل البخار الداخل من المبخر السابق أو الغلاية فيتكثف البخار مكون مياه منتجة وينتقل الماء الساخن (Brine) الى المبخر الأخر كما هو موضح بالشكل (١٨)



شكل (١٨)

- المكثفات الثانوية

يتم تكثيف البخار الناتج من المبخر النهائى فى المكثف الثانوى

- وحدة دفع الهواء (Injector)

يستخدم injectore لتفريغ الهواء داخل المبخرات لتقليل الضغط داخل المبخر

٤-٢-٣-٣-٦ عناصر تقيم أداء وحدات لنظام التقطير المتعدد التأثير

١ - كمية المياه المنتجة

$$\text{كمية المياه المنتجة} = \frac{\text{معدل سريان المياه الخام} \times \text{الحرارة النوعية للماء الخام} \times \text{فرق درجات الحرارة}}{\text{متوسط الحرارة الكامنة للتبخير}}$$

٢ - معامل الأداء Performance Ratio (PR)

يعتبر معامل الأداء من العناصر المهمة لتقيم كفاءة أداء وحدة التقطير المتعدد التأثير حيث ان البخار المتكون فى المبخر الأول يستخدم فى تسخين المبخرات التالية على التوالي فان نسبة المياه المنتجة الى البخار المتكون تمثل معامل الأداء ويجب أن تتراوح هذه النسبة ما بين ١٠- ١٥ كجم ماء منتج/كجم بخار

$$\text{معامل الأداء} = \frac{\text{كمية المياه المنتجة (كجم/ثانية)}}{\text{كمية البخار الداخلة (جم/ثانية)}}$$

٣ – نسبة تشغيل الوحدة

هو نسبة عدد ساعات التى تكون الوحدة متاحة للتشغيل الى عدد الساعات الكلى ويجب الا تقل عن ٩٠%

٤ – معدل استهلاك الكهرباء

وهى كمية الكهرباء المستهلكة لانتاج واحد متر مكعب من المياه وتقدر بحوالى ١.٨ كيلووات ساعة لكل متر مكعب

٥ – معدل استهلاك البخار

وهى كمية البخار المستهلك لا نتاج واحد متر مكعب من المياه وتقدر النسبة المثلى بحوالى ١٢ $م^3$ ماء/$م^3$بخار على الا تقل عن ١٠ $م^3$

٤-٢-٣-٣-٧ أسس تصميم الوحدة

تبنى الحسابات التصميمية لوحدة MED على أساس :

١ – وجود فرق فى درجة غليان المياه فى كل مرحلة أقل من المرحلة السابقة على الأقل بخمس درجات مع زيادة فى الضغط فى كل مرحلة من مراحل

٢ – نسبة الاستخلاص للوحدة

٣ – كمية الطاقة اللازمة للوحدة

٤ – يتم احتساب التوازن الحرارى للوحدة

٥ – معامل الإتاحة

١ – فرق فى درجة غليان المياه فى كل مرحلة

لضمان انتقال المياه من أحد المؤثرات الى الأخرى للحصول على كمية أكبر من المياه عن طريق أنجكتور وبالتالي يزيد الضغط فى المؤثر التالى أعلى من السابق له مما يكون مصحوبا

بنقص فى درجة الغليان مما يصحبة نقص فى درجة حرارة المياه الخام ويكون الفرق بين كل مؤثرين لا يزيد عن ١٠ درجة مئوية

وتكون الحرارة فى كل مؤثر = الحرارة الداخلة – الفقد فى الحرارة

٢ – نسبة الاستخلاص للوحدة

تعتمد نسبة الأداء للمحطة على عدد المؤثرات حيث يتم إستخلاص كمية أكبر من المياه ويمكن حساب نسبة الإستخلاص (كفاءة الوحدة)

$$\text{٣ – نسبة الاستخلاص (كفاءة الوحدة)} = \frac{\text{كمية المياه المنتجة} \times ١٠٠}{\text{كمية المياه الداخلة}}$$

٤ – ويمكن حسابها أيضا تقريبيا = ٠,٨ × عدد المؤثرات

وتعتمد النسبة على كمية الأملاح الذائبة والكبريتات والكالسيوم وغيرها وتحسب على أساس ان نسبة التشبع لهذه العناصر من ٨٥% – ١٠٠% من المياه الخارجة من الوحدة

٥ – كمية الطاقة اللازمة للوحدة

يحسب كمية الطاقة الازمة لانتاج مياه من المعادلة الثابتة وهى أن كل ١٠٥٥ كيلو جول ينتج مياه ٠.٦ كيلو جرام من الماء

$$\text{٦ – كمية الطاقة اللازمة} = \frac{\text{كمية المياه المنتجة} \times ١٠٥٥ \text{ كيلو جول}}{٠.٦}$$

٧ – التوازن الحرارى للوحدة

يبنى التوازن الحرارى للوحدة على اساس فكرة ان الطاقة الداخلة للوحدة يساوى الخارج منها وعلى هذا فإن

كمية المياه المنتجة = كمية البخار المتولد

$$\text{كمية البخار المتولد} = \frac{\text{كمية الحرارة الداخلة للماء}}{\text{الحرارة الكامنة للتبخير}}$$

الحرارة الكامنة للتبخير = معدل سريان المحلول المالح (مياه التغذية) × الحرارة النوعية للماء المالح × مجال التبخير

كمية الحرارة اللازمة للتسخين= معدل سريان المحلول المالح (مياه التغذية) × الحرارة النوعية للماء المالح × مجال التبخير

$$\text{معدل دخول ماء التسخين} = \frac{\text{الحرارة الداخلة}}{\text{الحرارة النوعيه للماء} \times \text{فرق درجات الحرارة}}$$

$$\text{نسبة تركيز المحلول} = \frac{\text{تركيز المحلول المركز}}{\text{تركيز ماء التغذية}}$$

$$\text{نسبة تركيز المحلول} = \frac{\text{معدل ماء التعويض (معدل دوران المحلول – معدل الإنتاج)}}{\text{معدل الماء المطرود} \times \text{معدل دوران المحلول}}$$

$$\text{المساحة السطحية لانتقال الحرارة} = \frac{\text{معامل انتقال الحرارة} \times \text{متوسط درجات الحرارة}}{\text{كمية الحرارة المنتقلة}}$$

$$\text{عددالأنابيب} = \frac{\text{المساحة السطحية}}{\text{طول الأنابيب} \times \text{قطر الأنبوبة} \times (3.14)}$$

يضاف نسبة أمان لعدد الأنابيب ٢٥% كما هو موضح فى جدول رقم (٤-١٨) ، (٤-١٩)

جدول رقم (٤-١٨)

Table 3: Mass and energy balances for the MED plant

Unit		Stream mass balance	Salt mass balance	Energy balance
First cell (N=1)				
Flash		$m_{BRF1} = m_{BRE1}$	$m_{BRF1}X_{BRF1} = m_{BRF1}X_{BRE1}$	$m_{BRF1}h_{BRF1} = m_{BRE1}h_{BRE1}$
Evaporator		$m_{BRE1} = m_{STE1OUT} + m_{BRE1}$	$m_{BRE1}X_{BRE1} = m_{BRE1}X_{BRE1}$	$Q + m_{BRF1}h_{BRE1} = m_{STE1OUT}h_{STE1OUT} + m_{BRE1}h_{BRE1}$
Demister		$m_{STE1OUT} = m_{STD1}$	-	$m_{STE1OUT}h_{STE1OUT} = m_{STD1}h_{STD1}$
Preheater	Outside	$m_{STD1} = m_{STP1} + m_{COD1}$	-	$m_{STD1}h_{STD1} + m_{SWP1}h_{SWP1} = m_{STP1}h_{STP1} + m_{COD1}h_{COD1} + m_{SWP1}h_{SWP1}$
	Inside	$m_{SWP1} = m_{SWP1}$	-	
Steam Mixer		$m_{STP1} = m_{STM1}$	-	$m_{STP1}h_{STP1} = m_{STM1}h_{STM1}$
Next cells (N=2...13)				
Flash		$m_{BRE_{n-1}} = m_{BRF_n} + m_{STE_n}$	$m_{BRE_{n-1}}X_{BRE_{n-1}} = m_{BRF_n}X_{BRE_n}$	$m_{BRE_{n-1}}h_{BRE_{n-1}} = m_{BRF_n}h_{BRF_n} + m_{STE_n}h_{STE_n}$
Evaporator	Outside	$m_{BRF_n} = m_{STE_nOUT} + m_{BRE_n}$	$m_{BRF_n}X_{BRF_n} = m_{BRE_n}X_{BRE_n}$	$m_{BRF_n}h_{BRF_n} + m_{STD_{n-1}}h_{STD_{n-1}} =$ $m_{STE_nOUT}h_{STE_nOUT} + m_{BRE_n}h_{BRE_n} + m_{COD_n}h_{COD_n} + m_{STE_n}h_{STE_n}$
	Inside	$m_{STD_{n-1}} = m_{COD_n} + m_{STE_n}$	-	
Demister		$m_{STE_nOUT} + m_{STE_n} = m_{STD_n}$	-	$m_{STE_nOUT}h_{STE_nOUT} + m_{STE_n}h_{STE_n} = m_{STD_n}h_{STD_n}$
Preheater	Outside	$m_{STD_n} = m_{STP_n} + m_{COD_n}$	-	$m_{STP_n}h_{STD_n} + m_{SWP_{n-1}}h_{SWP_{n-1}} =$ $m_{STP_n}h_{STP_n} + m_{COD_n}h_{COD_n} + m_{SWP_n}h_{SWP_n}$
	Inside	$m_{SWP_{n-1}} = m_{SWP_n}$	-	
Steam Mixer		$m_{STP_n} + m_{STE_n} + m_{STD_n} = m_{STM_n}$	-	$m_{STP_n}h_{STP_n} + m_{STE_n}h_{STE_n} + m_{STD_n}h_{STD_n} = m_{STM_n}h_{STM_n}$
Condensate Mixer		$m_{COD_{n-1}} + m_{COC_{n-1}} + m_{STE_n}$ $(-m_{COC_{n-3}}$ when n = 7,10,13) = $m_{STC_n} + m_{COC_n}(+m_{COC_{n-3}}$ when n = 4, 7, 10)	-	$m_{COD_{n-1}}h_{COD_{n-1}} + m_{COC_n}h_{COC_n} + m_{STE_n}h_{STE_n} =$ $m_{STC_n}h_{STC_n} + m_{COC_n}h_{COC_n}$
Last cell (N=14)				
Flash		$m_{BRE13} = m_{BRF14} + m_{STE14}$	$m_{BRE13}X_{BRE13} = m_{BRF14}X_{BRF14}$	$m_{BRE13}h_{BRE13} = m_{BRF14}h_{BRF14} + m_{STE14}h_{STE14}$
Evaporator	Outside	$m_{BRF14} = m_{STE14OUT} + m_{BRE14}$	$m_{BRF14}X_{BRF14} = m_{BRE14}X_{BRE14}$	$m_{BRF14}h_{BRF14} + m_{STM13}h_{STM13} =$ $m_{STE14OUT}h_{STE14OUT} + m_{BRE14}h_{BRE14} + m_{COD14}h_{COD14} + m_{STE14}h_{STE14}$
	Inside	$m_{STM13} = m_{COD14} + m_{STE14}$	-	
Demister		$m_{STE14OUT} + m_{STE14} = m_{STD14}$	-	$m_{STE14OUT}h_{STE14OUT} + m_{STE14}h_{STE14} = m_{STD14}h_{STD14}$
Steam Condenser	Outside	$m_{STM14} = m_{COC14}$	-	$m_{STM14}h_{STM14} + m_{SW}h_{SW} =$ $m_{COC14}h_{COC14} + m_{SWC14}h_{SWC14} + m_{SWR}h_{SWR}$
	Inside	$m_{SW} = m_{SWC14} + m_{SWR}$	-	
Steam Mixer		$m_{STE14} + m_{STD14} + m_{STD14} = m_{STM14}$	-	$m_{STE14}h_{STE14} + m_{STC14}h_{STD14} + m_{STD14}h_{STD14} = m_{STM14}h_{STM14}$
Condensate Mixer		$m_{COD13} + m_{COC13} + m_{COE14} = m_{STC14} + m_{COC14}$	-	$m_{COD13}h_{COD13} + m_{COC13}h_{COC13} + m_{COE14}h_{COE14} =$ $m_{STC14}h_{STC14} + m_{COC14}h_{COC14}$

جدول رقم (٤-١٩)

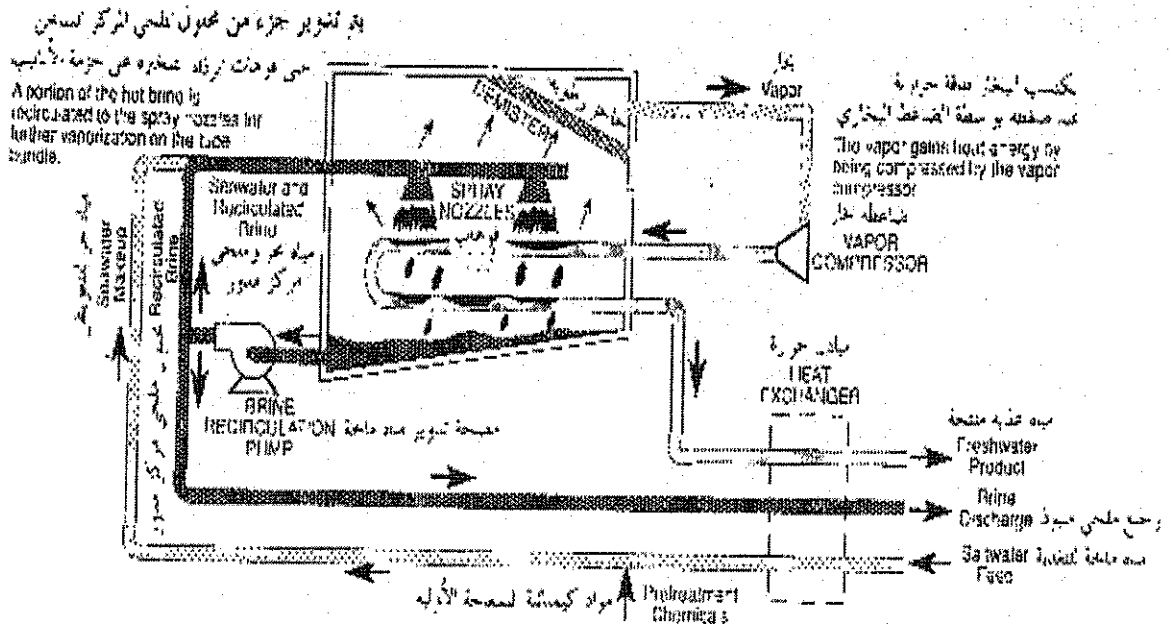
Table 4: Simulation of the MED plant based on the design values presented in Table 1 and Table 2

Cell Number	Operating Temperature	Operating Pressure	Salt Input Conc.	Salt Output Conc.	Conc. Factor In Each Cell	Conc. Factor Overall	Vapour Produced	Vapour Produced cumulative	Water Condensate Outside in Preheater	Water Condensate Inside in Evaporator	Water Condensate in each cell	Water Condensate cumulative
	°C	bar	g/Kg	g/Kg	%		Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/h	Kg/h
1	66.3	0.265	35.00	36.40	3.99	1.04	307.1	307.1	31.6	0.0	31.6	31.6
2	64.5	0.245	36.40	37.40	2.77	1.07	207.3	514.3	31.5	184.0	215.6	247.2
3	62.7	0.226	37.40	38.47	2.84	1.10	206.9	721.2	31.5	183.6	215.1	462.2
4	60.8	0.207	38.47	39.59	2.92	1.13	206.6	927.8	31.4	183.2	214.6	676.8
5	58.8	0.189	39.59	40.78	3.00	1.17	206.3	1134.1	31.3	182.8	214.1	890.9
6	56.8	0.172	40.78	42.04	3.09	1.20	206.1	1340.2	31.2	182.4	213.7	1104.6
7	54.7	0.155	42.04	43.38	3.19	1.24	205.9	1546.0	31.2	182.0	213.2	1317.7
8	52.4	0.139	43.38	44.81	3.29	1.28	205.8	1751.8	31.1	181.6	212.7	1530.4
9	50.1	0.124	44.81	46.34	3.40	1.32	205.7	1957.5	31.0	181.1	212.1	1742.5
10	47.5	0.109	46.34	47.97	3.53	1.37	205.8	2163.4	30.9	180.7	211.5	1954.1
11	44.9	0.095	47.97	49.73	3.66	1.42	206.1	2369.5	30.8	180.1	210.9	2165.0
12	41.9	0.082	49.73	51.62	3.81	1.47	206.6	2576.1	30.7	179.6	210.3	2375.3
13	38.7	0.069	51.62	53.68	3.98	1.53	207.4	2783.5	30.6	179.0	209.5	2584.8
14	35.2	0.057	53.68	55.91	4.17	1.60	208.6	2992.1	0.0	178.2	178.2	2763.0
Cond							0	2992.1				2992.1
Total									405	2358	2763.0	2992.1

الفصل الرابع : تكنولوجيا التحلية بضغط البخار
(Vapor compression)

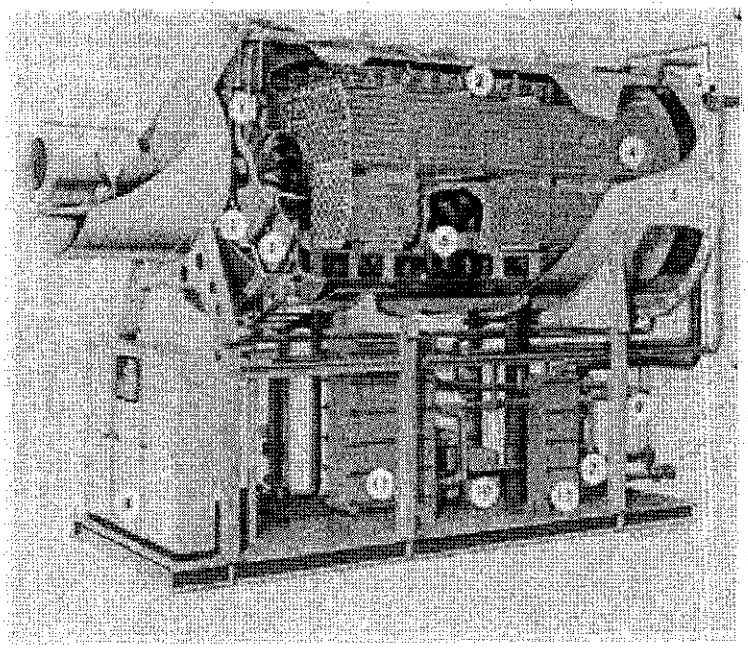
٤-٢-٤ مقدمة

- تعتبر طريقة التحلية بضغط البخار إحدى الطرق المستخدمة للوحدات المتوسطة نسبياً لإنتاج الماء (حتي ٥٠٠٠م^{٣} فى اليوم) .
- يتم الاستفادة من حرارة البخار فى المراحل الأخيرة بعد ضغطه كمصدر للحرارة بدلا من إستخدام بخار خارجي (من الغلايات).
- يسخن ماء البحر مبدئيا في مبادل حراري أنبوبي مستغلا حرارة كل من الماء المطرود والماء العذب الخارجين حيث يتم التبادل الحرارى بينهما وبين الماء الداخل ويغلى ماء البحر المقطر بخفض الضغط داخل أنابيب وتضغط الأبخرة ، ثم تعود الى المقطر حيث تتكثف خارج الأنابيب مما يوفر الحرارة اللازمة لعملية الغليان
- تبنى طريقة التبخير بضغط البخار على أساس نظرية التبادل العكسى بين الضغط ودرجة الغليان حيث كلما زاد الضغط انخفضت درجة الغليان. لذلك فان البخار المنضغط يمكن ان يستخدم في تسخين الماء المالح المراد تبخيره وتصبح الطاقة المستهلكة في عملية ضغط البخار هي مصدر الطاقة اللازمة لتسخين الماء المالح وانطلاق البخار
- الشكل (٢٠) يوضح وحدات التحلية أحادية المراحل (التأثير) حيث يدخل ماء البحر (ماء التغذية) الى غرفة التبادل الحرارى (مسخن ابتدائي Preheater) للاستفادة من حرارة الماء المنتج (PW) (وأحيانا لحرارة المحلول المطرود أيضا) (B/D) حيث يتم تبادل الحرارة بين الماء الداخل الى الوحدة (ماء التغذية) والمياه الخارجة المالحة بالإضافة الى الماء المنتج فيتم التبادل الحرارى حيث ترتفع درجة حرارة المياه الداخلة للوحدة فى حين تنخفض درجة حرارة المياه الخارجة . وفى حالة بداية إنتاج البخار يتم التسخين باستخدام مسخن ابتدائي خارجي ثم ينتقل الماء الداخل الى الوحدة إلي غرفة التبخر حيث يتم رفع درجة حرارة المياه الى درجة الغليان حيث تم حقن الضغط داخل المبخر ليتحول جزء من الماء الى بخار (عن طريق ضاغط) إلى أن ترتفع درجة حرارته بحيث يكون هذا البخار الساخن هو مصدر الحرارة اللازم لتبخير جزء آخر من ماء التغذية.

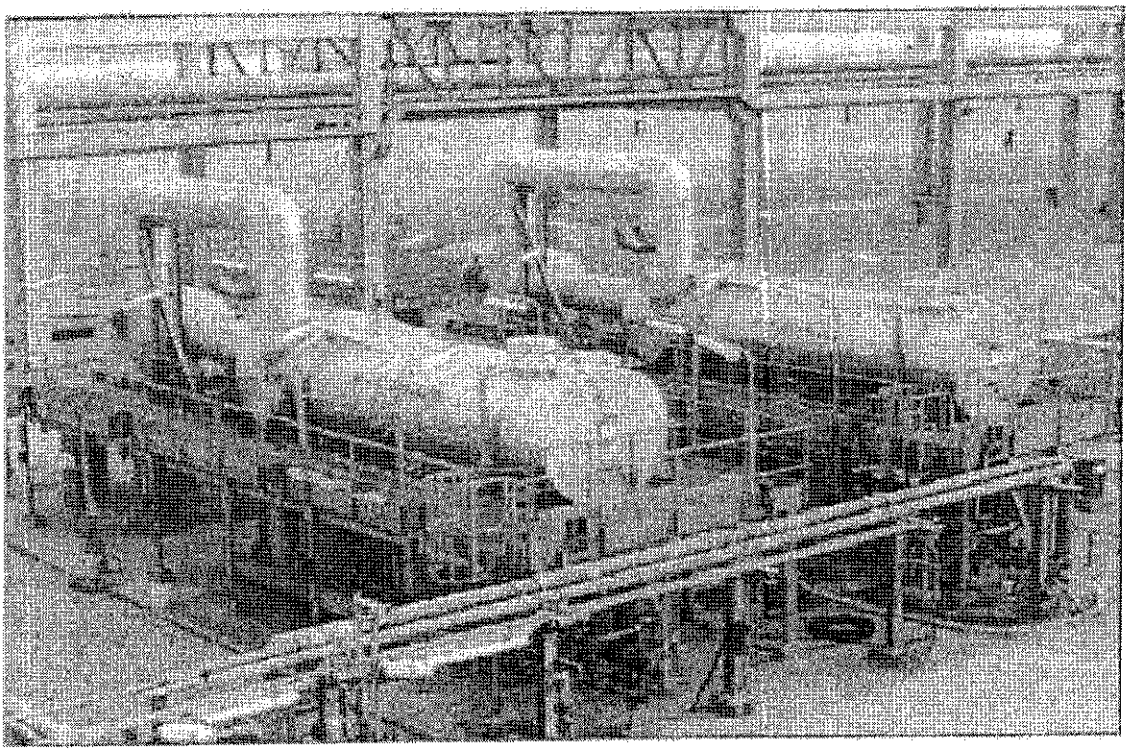


الشكل (٢٠) تكنولوجيا التحلية بضغط البخار احادية التاثير

- يمر البخار الساخن (بعد ضغطه) فى مجموعه من الأنابيب حول الماء المالح ، ويتم تكثيف البخار فى الأنابيب ويستفاد من حرارة المتكثف لغلي الماء المالح خارج الأنابيب ولإنتاج كمية أخري من البخار ، والذي بدوره يتم ضغطه لتعاد الدورة مرة أخري .يخرج الماء المكثف من الوحدة كماء منتج حيث يمر على المسخن الابتدائي ويفقد جزء من حرارته (يبرد الماء) ويعطي هذه الحرارة إلي ماء التغذية المالح الداخل للوحدة للاستفادة منها. وللمحافظة على نسبة الملوحة داخل حيز الماء المالح ، يتم طرد كمية من هذا الماء للخارج (حيث يمر على المسخن ليستفاد من حرارته أيضا). والأشكال (٢١) ، (٢٢) تبين نماذج أخري من الوحدات التجارية المستخدمة لتكنولوجيا ضغط البخار.



الشكل (٢١) مكونات وحدة تجارية مستخدمة لتكنولوجيا التحلية بضغط البخار احادية التاثير



الشكل (٢٢) وحدة تجارية مستخدمة ثنائية التأثير

٤-٢-٤-١ ضغط البخار

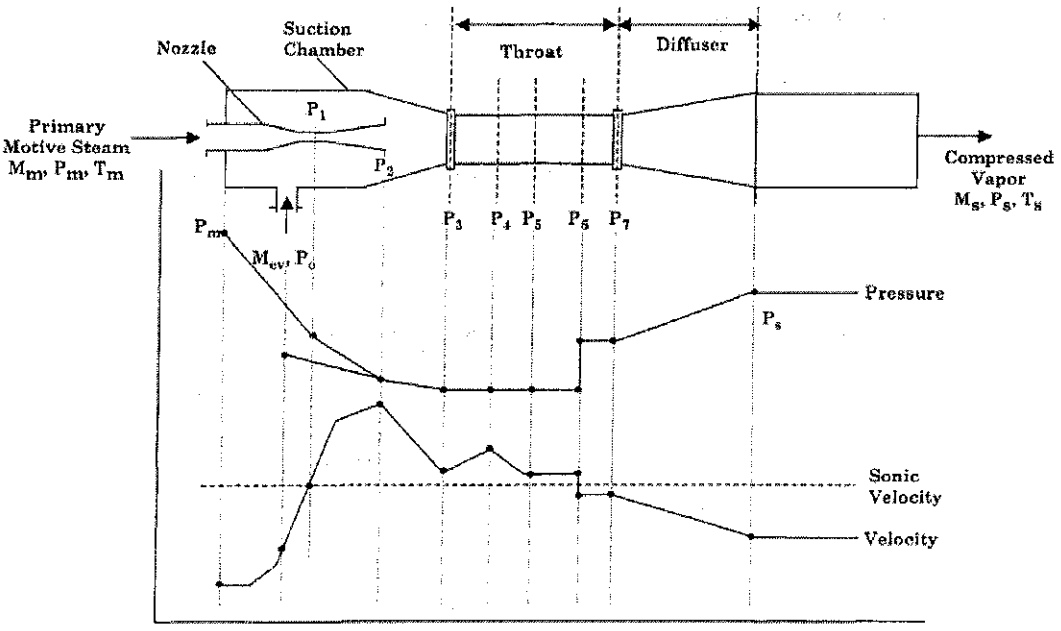
تستعمل طريقتان لضغط البخار هما ضغط البخار الميكانيكي وضغط البخار الحراري :-

أ) **ضغط البخار الميكانيكي (Mechanical Vapor Compression MVC)**

وفيه يستخدم ضغط ميكانيكي يدار بمحرك كهربائي لضغط البخار . ومن ثم تكون القدرة الكهربية لمحرك الضاغط هي المصدر الرئيسى للطاقة لإدارة الوحدة بالإضافة الى الطاقة الكهربية المستهلكة فى طلمبات نقل المياه داخل وخارج الوحدة . حيث يمكن أن يستخدم الضاغط أيضا لإحداث التخلخل داخل غرفة التبخر ، وسحب الغازات من الوحدة وطردها.

ب) **ضغط البخار الحراري (Thermal Vapor Compression TVC)**

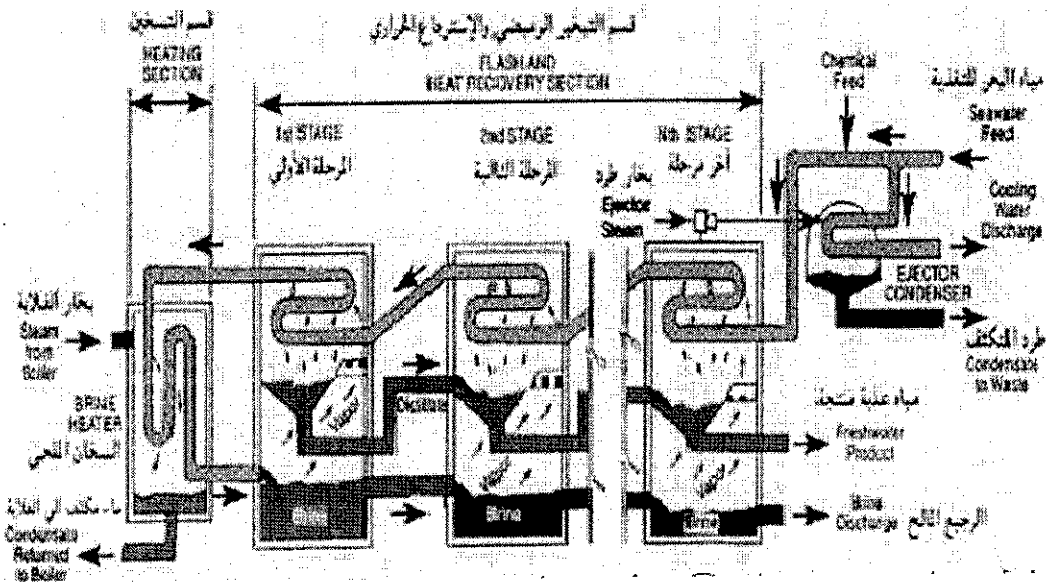
وفيه يستخدم تدفق بخار دافع خارجي (عند ضغط مرتفع نسبيا) خلال بوق Ejector لإحداث التخلخل داخل الغرفة وسحب البخار المنتج من الغرفة من فتحة سحب البخار Suction Pipe وضغطه من فوهة توجه Nozzel ، ثم خروجه مع البخار الخارجي . والشكل (٢٣) يمثل نموذج لأبواق ضغط البخار وهي نفسها المسببة لإحداث التخلخل فى وحدة التبخير من خلال سحب البخار المتكون والغازات معها.



الشكل (٢٣) يمثل نموذج لأبواق ضغط البخار

٤-٢-٤-٢ التقييم الفني لتقنيات ضغط البخار

- تتميز تكنولوجيا التبخر بضغط البخار بأنها من أبسط وأكفأ التكنولوجيات الحرارية.
- تمتاز بإمكانية بناء وحدات صغيرة ومتوسطة بسعتها الإنتاجية من ١٠٠ حتى ٥٠٠٠ م٣/اليوم وتنتج هذه الوحدات مياه نقية بملوحة من ٥ إلي ٢٥ جزء فى المليون . ولا تحتاج إلى مياه تبريد كالتكنولوجيات الحرارية الأخرى لذا يمكن بناؤها بعيداً عن مصدر كبير للمياه (باستثناء ماء التغذية).
- أقصي درجة حرارة للمحلول الملحي حوالى٧٠°م ، مما يقلل من احتمالات ترسب وتآكل أسطح انتقال الحرارة ، وكذلك يسمح بخفض درجات الحرارة باستخدام مواد رخيصة نسبياً مما يخفض السعر الابتدائي للوحدة ورفع معامل الإتاحة والتواجدية .
- العمر الافتراضي للوحدة هو أيضاً حوالي ٢٠ سنة (باستثناء الضاغط الميكانيكي) كما تتميز هذه التكنولوجيا (شأنها شأن التكنولوجيات الحرارية الأخرى) بإمكانية الاستفادة من طاقة العادم الحراري (كطاقة العادم الحرارية من محركات الديزل والتور بينات الغازية وغيرها لتوليد البخار اللازم لعملية الضغط الحراري).
- نسبة ملوحة ماء التغذية غير مقيدة بحدود ، فهي تستخدم لمياه البحار المالحة دون الحاجة إلى معالجة دقيقة لدخول الماء المالح . كما لا تحتاج إلى مهارات غير عادية للعاملين بالتشغيل والصيانة . كما تمتاز بإمكانية جمعها مع تكنولوجيا التبخر متعدد التأثير
- والشكل (٢٤) يوضح وحدة ضغط بخار متعدد التأثير ومن ثم بارتفاع معامل الأداء مع زيادة عدد المراحل.



شكل (٢٤) وحدة ضغط بخار متعدد التأثير

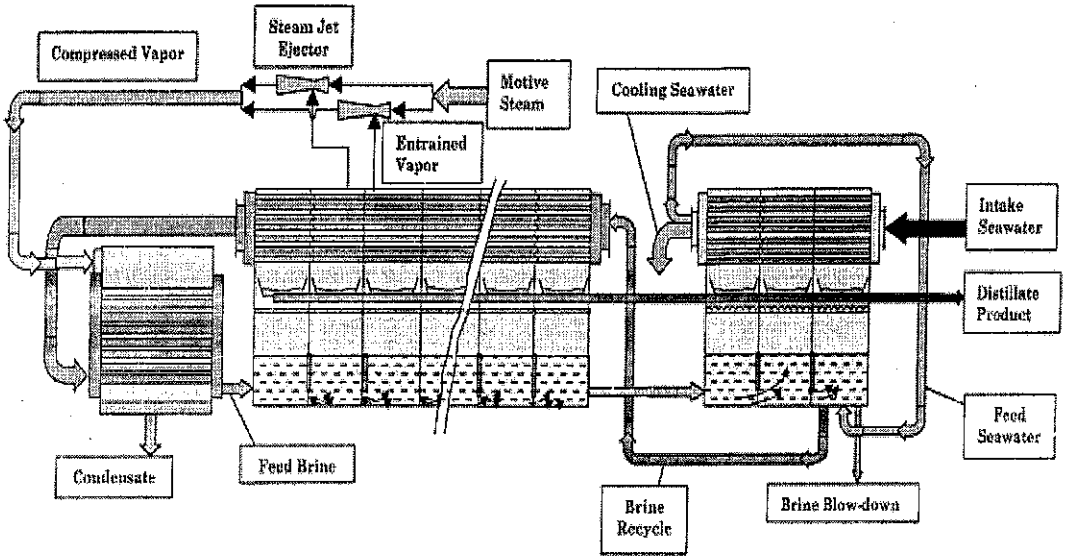
- تحتاج هذه التقنية إلى الكهرباء فقط (إذا استخدام الضغط الميكانيكي) . من ناحية أخري يزداد معدل البخار المستخدم كمصدر للتسخين ٢٥٠% (إذا استخدم الضغط الحراري) حيث يسحب كل كجم بخارجي (Live or Driving Steam) حوالي كجم ونصف من بخار المراحل الأخيرة (Entrained System) ، والجميع يكونان بخار التسخين. كما تمتاز هذه الوحدات بسرعة بدء التشغيل والتوقف لقلة معدلات المياه المعاد إدارتها
- تحتاج هذه التقنية إلى كيماويات منع الترسيب (نظراً لأن التبخر يتم على أسطح انتقال الحرارة) ، وكذلك أحماض التنظيف .
- لا يمكن زيادة درجة الحرارة القصوى للماء المالح عن ٧٠°م حتي نتجنب ترسب الأملاح الصلبة الصعبة الإزالة.
- الطاقة المطلوبة لإنتاج وحدة المتر المكعب من الماء من هذه التكنولوجيا حوالي ٧-٩ ك.و.س (طاقة كهربية) للضاغط وللمعدات المساعدة كما أن معامل الأداء يماثل تكنولوجيا التبخر متعدد التأثير (إذا استخدم الضغط الحراري) بل يزيد بمعدل ٢٥٠% نظراً للاستفادة ببخار المراحل الأخيرة للوحدة.
- تعتبر مشاركة تكنولوجيا ضغط البخار فى اعذاب مياه البحر صغيرة نسبياً ، إلا أنها بدأت تأخذ اهتماماً أكبر فى العقد الأخير خاصة فى الوحدات الصغيرة وأيضا مع دخول تكنولوجيا التبخر متعدد التأثير معها لإنتاج المياه .

٤-٢-٤-٣ وحدة تحلية بالتبخر الومضي مع ضغط البخار

الشكل (٢٥) ، (٢٦) يوضحان نموذجان لوحدات تحلية بالتبخر الومضي مشابهة للوحدة التقليدية. والفرق هو استخدام البخار للتوليد فى المرحلتين الأخيرتين بعد ضغطهما كمصدر لطاقة الحرارة لمسخن المحلول الملحي فى حالتين:-

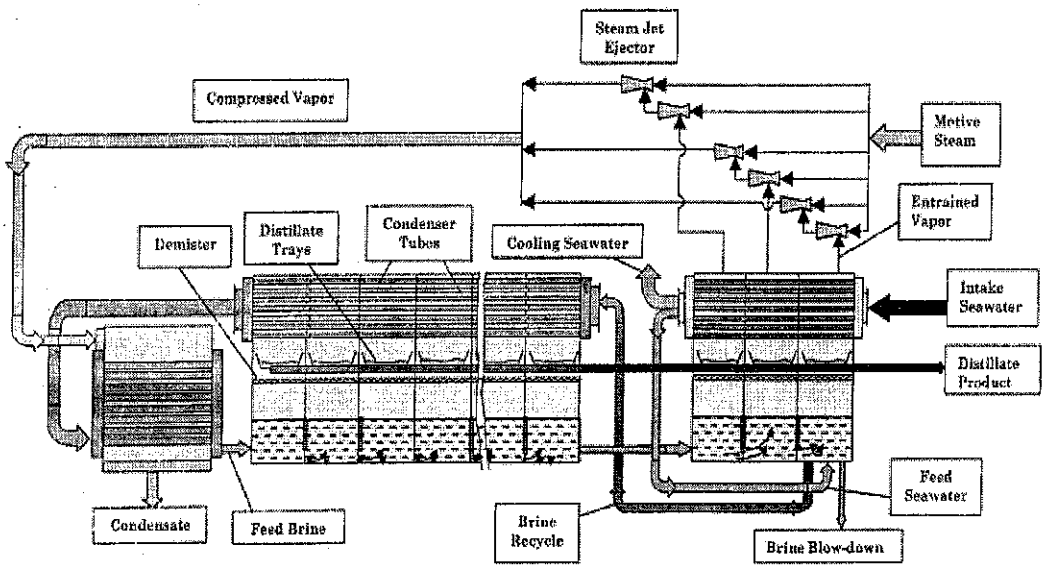
- حالة تولد البخار من طارد الحرارة **(The heat rejection stages)**
- حالة تولد البخار من مراحل استعادة الحرارة **(The heat recovery stages)**

والشكل (٨) يمثل درجات الحرارة داخل الوحدات فى نموذج التقطير الوميضى مع ضغط البخار.



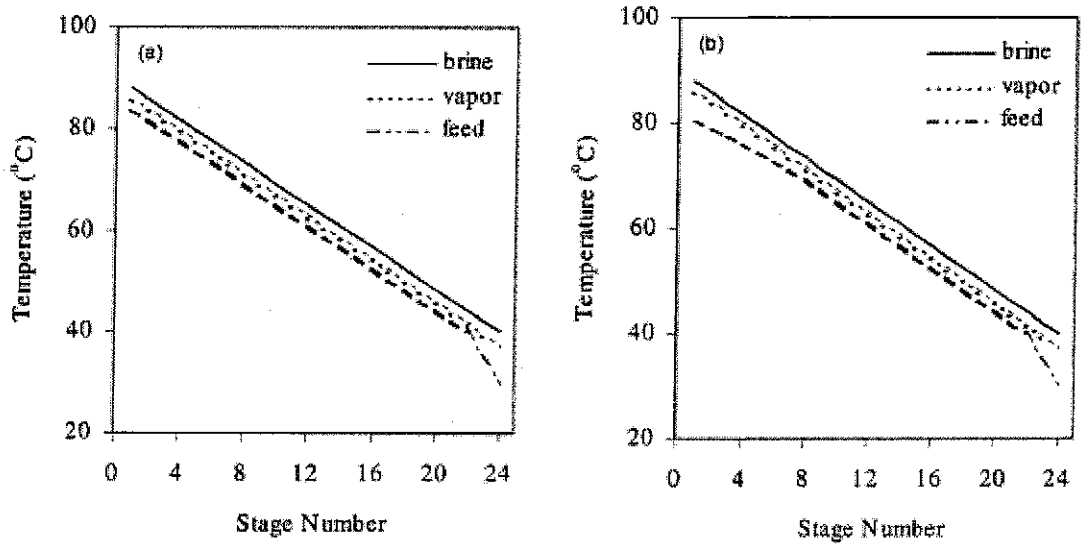
شكل (٢٥) التحلية بالتبخر الومضي مع ضغط البخار- حالة تولد البخار من طارد الحرارة -

(the heat rejection stages)



شكل (٢٦) التحلية بالتبخر الومضي مع ضغط البخار- حالة تولد البخار من مراحل استعادة الحرارة

(Heat recovery stage)



شكل (٢٧) درجات الحرارة فى تقنية التقطير الوميضى مع ضغط البخار الحرارى فى الحالتين السابقتين

Temperature profile in MSF–TVC. (a) Vapor entrainment from the heat rejection section. (b) Vapor entrainment from the heat recovery section.

٤-٢-٤-٤ المقارنة بين تكنولوجيات التحلية الحرارية الثلاثة السابقة

الجدولان (٤-٢٠) ، (٤-٢١) يبينان مقارنة بين تكنولوجيات التحلية التجارية الحرارية الثلاثة (بالإضافة إلى الناضح العكسي والمنافس الأساسي للتكنولوجيا الحرارية والذي سيتم شرحه فيما بعد) وهي :-

أ) تكنولوجيا التحلية بالتبخر الومضي متعدد المراحل (MSF)

ب) تكنولوجيا التحلية بالتبخر متعدد التأثير (ME)

جـ) تكنولوجيا التحلية بضغط البخار (VC)

د) التناضح العكسي (RO)

جدول (٤-٢٠) مقارنة المميزات الأساسية للتكنولوجيات التجارية لتحلية مياه البحر

التكنولوجيا	المميزات
التبخر الوميضي متعدد المراحل MSF	١- مكونات ماء التغذية (الملوحة) لا تؤثر على استهلاك الطاقة لكل م^3 ٢- الماء المنتج ذو ملوحة قليلة جداً ٥ – ٢٥ جزء فى المليون ٣- التكنولوجيا اصبحت معروفة ومنتشرة والخبرة فيها للتشغيل والصيانة عالية. ٤- يمكن بناء وحدات كبيرة السعة تصل الى اكثر من (٦٠٠٠٠م^3/ اليوم) ٥- التبخر بعيد عن اسطح الانتقال الحراري ٦- التكنولوجيا بسيطة
التبخر متعدد التأثير ME	١- مكونات ماء التغذية (الملوحة) لا تؤثر على استهلاك الطاقة لكل م^3 ٢- الماء المنتج ذو ملوحة قليلة جداً ٥ – ٢٥ جزء فى المليون ٣- التكنولوجيا اصبحت معروفة ومنتشرة والخبرة فيها للتشغيل والصيانة عالية. ٤- انخفاض درجة الحرارة القصوي يؤدي إلي أ- خفض نسبة تكوين الرواسب والتآكل ب- رفع قيمة الاتاحة والتواجدية ت- استخدام مواد رخيصة الثمن
ضغط البخار VC	١- يحتاج فقط للطاقة الكهربائية MVC ٢- الماء المنتج ذو ملوحة قليلة جداً ٥ – ٢٥ جزء فى المليون ٣- لا تحتاج تبريد لذا يمكن بناؤها بعيد عن مصدر كبير الماء ٤- من أبسط وأكفأ التكنولوجيا ٥- انخفاض درجة الحرارة القصوي يؤدي إلي: أ- خفض نسبة تكوين الرواسب والتآكل ب- رفع قيمة الإتاحة التواجدية جـ- استخدام مواد رخيصة الثمن

التكنولوجيا	المميزات
التناضح العكسي R.O.	١- لا يحتاج ماء التغذية إلى التسخين لذا يقلل من التآكل والترسبات ٢- ملوحة الماء المنتج من ١٠٠ – ٥٠٠ حسب نوعية المياه الداخلة للمحطة وهي مناسبة لماء الشرب ٣- مرونة في سعة الوحدات من (١٠٠ إلي ٢٥٠٠٠ م٣/اليوم) حسب حجم وعدد الأغشية المستخدمة ٤- تحتاج فقط إلى طاقة كهربية كما يمكن استعادة من ٢٥ – ٣٠٪ من الطاقة باستخدام وحدة استرجاع الطاقة.

جدول (٤-٢١) مواصفات الأداء الأساسية لوحدات التحلية التجارية:

العنصر	التبخر الوميضي	متعدد التأثير	ضغط البخار	الناضح العكسي
أقصي ساعة للوحدة (م٣/اليوم) مليون جالون/اليوم	١٤٠٠٠ م٣/اليوم	٢٤٠٠٠	١٠٠٠	٢٥٠٠٠
معامل الأداء (كجم منتج/كجم بخار)	١-١٠	١٠ – ١٥	لا يوجد	لا يوجد
معدل استهلاك البخار (م٣ بخار/م٣ ماء منتج)	٨	١٢	لا يوجد	لا يوجد
معدل استهلاك الكهرباء (ك و س) / م٣ ماء منتج	٤	١.٨	٧ – ٩	٣ (ماء آبار) ٤.٥ (ماء بحر)
نسبة التواجد فى العالم لوحدات أكبر من ٤٠٠٠م٣/اليوم (٪)	٦٤	٣.٦	٢	٢٥.٧
نسبة التواجد فى العالم لوحدات اكبر من ١٠٠م٣/ اليوم (٪)	٤٨.١	٤	٣٠٩	٣٥.٩

٤-٢-٤-٥ الجمع بين هذه الطرق الحرارية الختلفة

- يوجد محطات تحلية متعددة التاثير تستخدم ضغط البخار كمصدر حرارة لتسخين الماء المالح .كما ان هناك محطات صغيرة تجمع بين طريقة التبخر الومض متعدد المراحل والتبخر متعدد التاثير لذا يمكن الجمع بين طريقتين اواكثر من هذه الطريق الثلاثة .
- الفيصل فى استخدام هذا الجمع هو الفائدة التى تعوض تعقيدات تركيب تكنولوجيات مختلفة .

٤-٢-٤-٦ عوامل اختيار الطريقة المناسبة لتحلية

١- نوعية مياه البحر (تركيز الأملاح الذائبة الكلية)

٢- درجة حرارة مياه البحر والعوامل الطبيعية المؤثرة فيه:

- يجب مراعاة ذلك عند تصميم المحطات حيث أن المحطة تعطي الانتاج المطلوب عند درجة حرارة مختارة للتصميم بحيث لو زات او انخفضت درجة الحرارة عن المعدل المطلوب فذلك يؤثر على كمية المنتج بالزيادة او النقصان اما العوامل الطيعية المؤثرة فتشمل المد والجزر وعمق البحر وعند مأخذ المياه وتلوث البيئة

٣- تكلفة وحدة المنتج من ماء وكهرباء:

وذلك بمتابعة أحدث التطورات العالمية في مجال التحلية وتوليد الطاقة للوصول إلى أفضل الطرق من الناحية الاقتصادية من حيث التكلفة الرأسمالية وتكاليف التشغيل والصيانة

٤-٢-٤-٧ امكانية الاستفادة من حرارة العادم للمحركات لانتاج الماء بالتحلية

تعتبر تكنولوجيا استعادة حرارة العادم لمحركات الديزل والتوربينات الغازية وغيرها من التطبيقات الهامة حيث توفرالطاقة حرارية مجانية (تمثل حوالى ١٠٠٪ او اكثر من طاقة انتاج المحرك نفسه) ويمكن لاستفادة من هذه الطاقة التوليد بخار عند ضغوط منخفضة او متوسطة او تسخين الماء لاستخدامة كمصدر طاقة حرارية لتحلية المياه بالطرق الحرارية المختلفة . كما توجد فعلا وحدات تحلية بالسفن والمراكب لانتاج الماء اللازم للرحلات الطويلة باستخدام ماء تبريد المحرك كمصدر للطاقة لوحدات التحلية و الجدول (٤-٢٢) يبين مواصفات هذا النوع من الوحدات

جدول (٤-٢٢)

المواصفات	حدود القيم
السعة الانتاجية (م^3/يوم)	٩ – ٥٥
الحرارة المطلوبة (سعر/ساعة)	١٠٧ – ١٧.٥
درجة الحرارة المطلوبة (فهرنهيت)	١٦٥ – ١٩٥
معدل ماء التبريد للوحدة (م^3/يوم)	٧٧ – ١.٢
درجة الحرارة الماء التبريد للوحدة (فهرنهيت)	٩٥ – ٣٠
معدل التغذية للمبخر (م^3/يوم)	٤.٥ – ٠.٧٥
قدرة محركات الديزل المستخدمة (حصان)	٢٢٠٠ – ٣٦٥
الطاقة الكهربية المفقودة (ك و)	٣.٧ – ١.٥

الباب الخامس: المعالجة النهائية

٥-١ مقدمة :

تعتمد المعالجة النهائية في تحلية مياه البحر على الاستخدام النهائي للمياه المعالجة حيث يلزم ضبط مكوناتها طبقا للمعايير والمواصفات الواجب توافرها للاستخدامات المختلفة فعلي سبيل المثال يجب أن تتوافر في المياه الصالحة للشرب المعايير الواردة بقرار وزير الصحة رقم (٤٥٨) لسنة ٢٠٠٧ (بشان الحدود القصوي للمعايير والمواصفات الواجب توافرها في المياة الصالحة للشرب والاستخدام المنزلي). وتنتج عملية التحلية (بعد استخدام مرحله واحدة من المعالجة باستخدام الضغط الاسموزى العكسي) مياه تميل إلي الحمضية قليلاً ويتراوح محتوى المواد الصلبة الذائبة بها من ٧٠ إلى ٣٥٠ ملليجرام/ لتر، ومن ٢ إلى ٦ ملليجرام/ لتر لكل من الكالسيوم والماغنسيوم بينما يتراوح تركيز البورون من ٠,٥ إلى ١,٢ ملليجرام/ لتر وذلك يرجع إلي ملوحة ودرجة حرارة المياه الخام.

وتختلف درجة المعالجة النهائية طبقا للمعايير الخاصة بالاستخدامات المطلوبة للمياه المحلاة ويوضح الجدول رقم (٥-١) الحدود القصوي المسموح بها لبعض العناصر الأساسية بالمياه المحلاة في الاستخدامات المختلفة.

جدول رقم (٥-١)

البند	الحد الاقصي المسموح به لمياه الشرب (قرار وزير الصحة رقم ٤٥٨ لسنة ٢٠٠٧)	الحد المسموح به (مياه ري)	الحد المسموح به (مياه صناعية)
كلوريدات	٢٥٠ ملليجرام/ لتر	أعلى نسبه امتصاص للصوديوم حسب نوع المحصول	اقل ما يمكن طبقا لنوعية الصناعة
عسر كالسيوم (كربونات كالسيوم)	٣٥٠ ملليجرام/ لتر		اقل ما يمكن طبقا لنوعية الصناعة
عسر ماغنسيوم (كربونات كالسيوم)	١٥٠ ملليجرام/لتر		
درجة تركيز الهيدروجين	٦,٥ – ٨,٥		
البورون	٠,٥	حسب نوع المحصول المطلوب زراعته	-
التطهير	مطلوب	غير مطلوب	

٥-٢ المعالجة النهائية طبقا للاستخدامات المختلفة للمياه المحلاه

٥-٢-١ مياه الشرب

تتلخص المعالجة النهائية للمياه المحلاة في تعادل درجة تركيز الأس الهيدروجيني مع إضافة بعض المعادن التي يقل تركيزها نتيجة التحلية نظرا لأن الضغط الاسموزى العكسي يعمل على إزالة معظم الايونات من المياه.وفى حالة استخدام مرحلتين من الضغط الاسموزى العكسي لتحليه المياه فإن المياه الناتجة تحتوي على ٥ الى ١٠ ملليجرام للتر من الصوديوم ومن ١٠ الى ٢٠ ملليجرام/ لتر للكلور أما باقي الكلوريدات فهي أقل من (٠.٥) ملليجرام/ لتر.

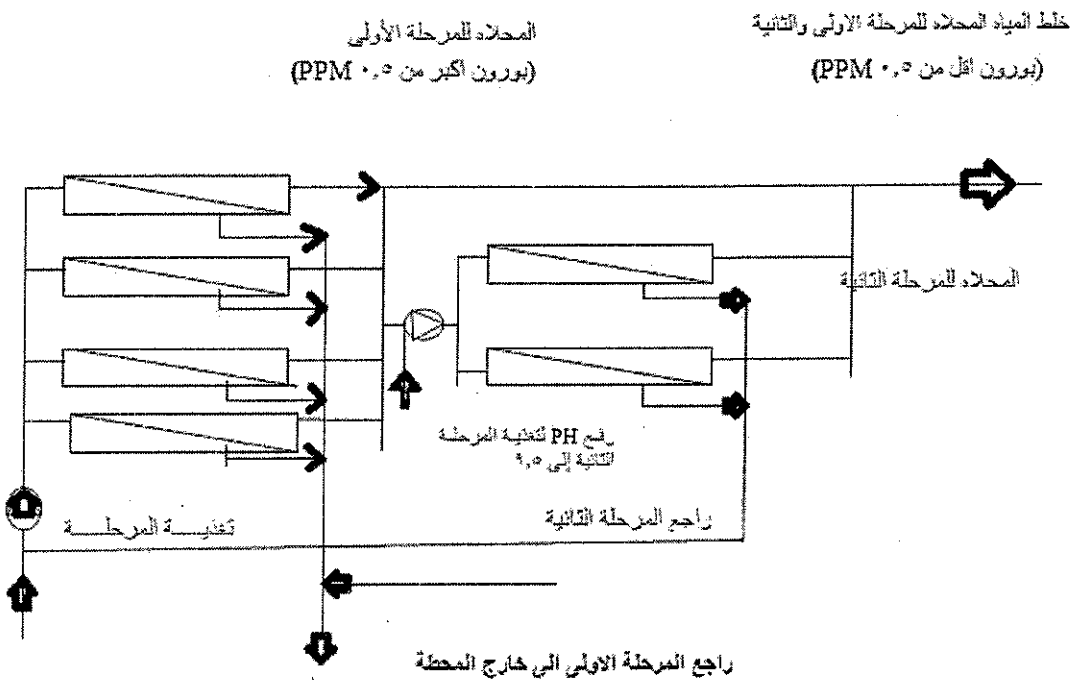
لذا توصى منظمة الصحة العالمية بتركيز ١٠ ، ٣٠ ملليجرام/ لتر لكل من الماغنسيوم والكالسيوم علي التوالي لمياه الشرب وعلى الا يزيد تركيز البورون عن ٠.٥ ملليجرام/لتر والا يزيد الاحماض عن ٢٠ ملليجرام/لتر.

٥-٢-١-١ إزالة البورون من المياه المحلاة بغرض الشرب:

هناك ثلاث طرق لإنتاج مياه الشرب أقل من ٠.٥ ملليجرام/ لتر على أساس ملوحة المياه وتركيز البورون ودرجة الحرارة.

الأولي: استخدام أغشية حديثة متخصصة لإزالة البورون ذات قدرة على إنتاج مياه محلاه تحتوى على نسبة بورون أقل من ٠.٥ ملليجرام/ لتر من خلال مرحلة واحدة فقط

الثانية: استخدام مرحلة ثانيه من المعالجة بالضغط الاسموزى العكسي مع الصودا الكاوية لرفع درجة تركيز الأس الهيدروجين (pH) إلى ٩.٥ مع دخول جزء من المياه المحلاة من المرحلة الأولى إلى المرحلة الثانية حيث يتم خلط الجزء المتبقي من المرحلة الأولى مع المياه المحلاة الناتجة من المرحلة الثانية وفي هذه الطريقة تستخدم أغشيه المرحلة الثانية من نوع منخفض الضغط ذات استهلاك منخفض للطاقة كما هو موضح بالشكل رقم (٥-١).



شكل (٥-١) رسم توضيحى يوضح طريقة الحصول على بورون اقل من ٠.٥ ppm باستخدام مرحلتين RO

الثالثة : استخدام أغشيه الضغط الاسموزى العكسي مع وسط راتينجى وذلك بإمرار جزئي للمياه المحلاة من المرحلة الأولى بأغشية الضغط الاسموزى العكسي وخلطها مع المياه الخارجة من الوسط الراتينجى ويعتمد ذلك على تركيز البورون المتبقي مع ضرورة إعادة تنشيط الوسط الراتينجى في الموقع باستخدام الصودا الكاوية وحمض الهيدروكلوريك كما يلزم وضع الراتينجات في عمودين منفصلين وذلك لضمان استمرارية الإنتاج.

ويوضح الجدول رقم (٥-٢) مقارنة بين الطرق الثلاث لإزالة البورون من المياه المحلاة بغرض الشرب ومميزات كل طريقة.

جدول رقم (٥-٢)

عناصر المقارنة	الطريقة الأولى	الطريقة الثانية	الطريقة الثالثة
تركيز البورون المتبقي ملليجرام/ لتر	٠.٤-٠.٥ ملليجرام/ لتر	٠.٣ – ٠.٥ مجم / لتر	صفر – ٠.٥ مجم / لتر
تكلفة الطاقة	منخفضة الاستخدام مرحلة واحدة	عاليه بسبب استخدام طلمبات ضغط في المرحلة الثانية	منخفضة لاستخدام مرحلة واحدة
التكلفة الاستثمارية	منخفضة لتنفيذ مرحلة واحد	عالية لتنفيذ مرحلتين	عالية (لتنفيذ وحدة راتنجات استخلاص بورون)
تكلفة الكيماويات	قليلة لتنفيذ مرحلة واحد	-	عالية نظراً لان تكلفة الراتينجات عاليه مع إعادة تنشيطها باستخدام هيدروكسيد الصوديوم وحامض الهيدروكلوريك
مساحة المحطة	قليلة	كبيرة	متوسطة
نوعية المياه	تركيز الأملاح اقل من أملاح الأغشية الغير مخصصة للبورون	تركيز منخفض من كلوريد الصوديوم لوجود مرحلة ثانية	عاليه فى المعادن دون أو باستخدام أمرار للمياه خارج الوحدة نظرا لوجود راتينجات وكلوريد صوديوم على
التوصيات	يوصى باستخدامها لانخفاض التكلفة والحصول على تركيزات البورون المطلوبة (٠.٥ (ppm)	لا يوصى باستخدامها الا فى حالة عدم التمكن من تنفيذ المعالجة بالطريقة الاولى المعالجة لارتفاع نسبة البورون في المياه الخام	لا يوصى باستخدامها الا فى حالات الاستخدمات الخاصة او لمياه الرى وللمحاصيل ذات الحساسيه العاليه مع وجود بورون متبقى بتركيز ٠,٥ مجم /لتر الى ١ مجم/لتر

٥-٢-١-٢ إضافة الأملاح والتهوية

عندما تكون المياه المحلاه خالية تماما من الاملاح فان الامر يتطلب معالجة إضافية للمياه والتي من خواصها أنها تكون نشطة كيميائياً، وعند إذابة الهواء في المياه شديدة النقاوة فإن الناتج يكون له خاصية التآكل الشديدة.ويمكن الرجوع إلي دليل لانج للتآكل (lonelier coranon Index) للتنبأ بقابلية المياه لإذابة أو ترسيب كربونات الكالسيوم.

٥-٢-١-٣ المعالجة الإضافية للمياه المقطرة

إن محتوى المياه المقطرة من الأملاح يكون أقل بكثير من المطلوب في المياه الصالحة لأغراض الشرب، ولاستخدام المياه المقطرة في الأغراض المنزلية يجب إضافة الأملاح لها والتهوية اللازمة بما يجعلها صحية ومقبولة المذاق.

قد يكون هناك بعض الذرات المشبعة التي لايتم التخلص منها بالتقطير والتكثيف للحصول علي المياه المقطرة وبالتالي نحتاج إلى معالجة إضافية بإستخدام التبادل الأيوني قبل إستخدام أي معالجة أخرى.

٥-٢-١-٣/١ إعادة التهوية

يتم إعادة التهوية للمياه المقطرة قبل الإستخدام للشرب بإستخدام الهدارات أو خروج المياه على هيئة نافورة أو الترزيز وكلها مقبولة ولكن يجب أن يتبعها تعقيم لمنع التلوث البكتيري.

٥-٢-١-٣/٢ المعالجة الإضافية للمياه الناتجة من التناضح العكسي

وبعكس المياه المقطرة فإن المياه الناتجة من التناضح العكسي ليس من الضروري أن تكون خالية من الغازات الذائبة.

في حالة عدم إستخدام إزالة الغازات كخطوة سابقة لعمليات المعالجة فإن محتوى الغاز الذائب الناتج من التناضح العكسي يكون أشد من المياه المستخدمة الداخلة وحيث أن الأيونات ثنائية وثلاثية التكافؤ تكون سهلة الإزالة بواسطة التناضح العكسي عن الأيونات أحادية التكافؤ، فإن المياه الناتجة من التناضح العكسي تكون معتدلة (soft) ولها عسر يكون صحي في حالة استخدام المياه للشرب.

٥-٢-١-٣/٣ إضافة الأملاح

يجب إضافة بعض من تركيزات الأملاح المختلفة للوصول بالمياه لتكون صالحة للشرب، حيث أوضحت الدراسات الحديثة أن عسر المياه بالتركيز المناسب للمعايير المقررة للشرب هام وضروري لصحة الإنسان .

٥-٢-١-٣/٤ ضبط الاملاح لمياه الشرب

نظرا للمعايير المطلوبة في الجدول السابق لمياه الشرب فإنه يلزم تخفيض كلوريد الصوديوم والبورون بإضافة مرحلة ثانيه من الضغط الاسموزى العكسي سواء مع الأغشية المستخدمة في تحليه مياه الآبار أو مع الأغشية المستخدمة في تحليه مياه البحار.

ونظرا لأن تركيز الكالسيوم والماغنسيوم قد يصل إلى الصفر بمرور المياه خلال المرحلة الثانية من الضغط الاسموزي العكسي، لذا يلزم إضافة بعض المعادن للمياه المحلاة بعد المرحلة الثانية من الضغط الاسموزى العكسي وذلك للحصول على عسر متبقي ١٠٠ ملليجرام/ لتر كربونات كالسيوم وهذه الطريقة تناسب نوعيه مياه الشرب عند المستويات الدنيا من الصوديوم والعالية من الكالسيوم.

ويوضح جدول رقم (٥-٣) طرق إضافة المعادن لتحسين خواص مياه الشرب طبقا للمواصفات كما يوضح الجدول رقم (٥-٤) مقارنة بين الطرق المختلفة لإضافة المعادن لتحسين خواص مياه الشرب طبقا لمواصفات وزارة الصحة في هذا الشأن.

٥-٢-١-٣/٥ التعقيم قبل الضخ بالشبكة

- يجب أن تتم عملية التعقيم بالكلور قبل عملية توزيع المياه بالشبكة مباشرة ،ويجب أن يمتد التعقيم للأجزاء النشطة من شبكة التوزيع.
- يجب ان تنتهي عملية التعقيم بالكلور للمياه شديدة النقاوة بوجود بقايا للكلورين الحر غير المتحد طبقا للمعايير المقررة لذلك من وزارة الصحة.
- من المناسب اقتصاديا استخدام الهيبوكلوريت لضبط الأس الهيدروجيني للمساعدة في التطهير و التعقيم لشبكة التوزيع.
- المياه المالحة المستخدمة في إعادة الخلط يجب أن تبقى على الأقل ٣٠ دقيقة في ملامسة للكلور بأنواعه المختلفة ، وعملية الكلورة هذه لنظام إعادة الخلط هي طريقة ممتازة للكلورة الكلية لشبكة التوزيع.

- عمليات المعالجة الإبتدائية بالكلور لاتؤخذ في الإعتبار حساب وقت التلامس بالكلور حيث ان خزان المياه الخام غالبا ما تكون سعته تكفى لأكثر من ١ ساعة .

٥-٢-٢ مياه الري

تعتبر مياه الري أكثر تعقيدا وتعتمد على الموازنة بين تركيز كل من الصوديوم والكالسيوم والماغنسيوم والتي يطلق عليها مياه الرشح في التربة وهذا الاتزان يتم قياسه بنسبه امتصاص الصوديوم، كما يلزم إزالة البورون من مياه الري حيث يسبب التسمم. وللحصول على أقل توصيل كهربي (٢٠٠ مجم / لتر مواد صلبه ذائبة) يعطي تركيز كافي من الكالسيوم والماغنسيوم فلا تستخدم المرحلة الثانية من التحلية بالضغط الاسموزى العكسي وذلك بمنع دخول مياه الري خلال هذه المرحلة. وللوصول إلى نوعية مثالية لمياه الري يتم استخدام تبادل أيونى لإزالة البورون ثم إضافة المعادن بالتركيزات المطلوبة للحصول على مياه مطابقة للمواصفات.ويوضح الجدول رقم (٥-٣) نوعيه المياه الصالحه للزراعة

جدول رقم (٥-٣) نوعيه المياه الصالحة للزراعة

الطرق المختلفة لاضافه المعادن	EC بعد التحلية بالضغط الاسموزى العكسى وإزالة البورون لمياه الرى	SAR* بعد التحليه بالضغط الاسموزى العكسى وإزالة البورون
الأولى	٠.٨ – ٠.٩	٨
الثانيه	٠.٣ – ٠.٤	٢.٥
الثالثه	٠.٣ – ٠.٤	٢.٥
الرابعه	٠.٦ – ٠.٨	٦.٥

* نسبة امتصاص الصوديوم = SAR

٥-٢-٢-١ تركيز البورن بالمياه المحلاه المستخدمة في الرى

فقد يكون البورون سام عند تركيزات قليله جدا ويكون أساسي لنمو النبات عند تركيز أقل من ١ ملليجرام/ لتر بينما يكون ضار بالنبات الحساس عند التركيز الأعلى ومعظم النباتات لا تتحمل أكثر من ٢ ملليجرام/ لتر.

ويوضح الجدول رقم (٥-٤) التركيزات المختلفة للبورون المسموح بها في مياه الري طبقا لنوع المحصول.

جدول رقم (٥-٤) تركيز البورون وتأثيره على نوعية المحاصيل

مستوى التركيز	تركيز البورون في التربة ملليجرام/ لتر	نوعيه المحصول الزراعي
بالغ التأثير	أقل من (٠.٥)	التوت الأسود
مؤثر	٠.٥ – ١	الخوخ والكريز والعنب والبصل والثوم والبطاطا والقمح والشعير والفراوله وعباد الشمس
تأثير واضح	١.٠٠ – ٢.٠٠	الفلفل الأحمر والفاصوليا والجزر والفجل
عالى التأثير	٢.٠٠ – ٤.٠٠	الخس والكرنب والذره والخرشوف والدخان
مؤثر	٤.٠٠ – ٦.٠٠	الطماطم والبرسيم والارجوانى والبقدونس والبنجر
مؤثر جدا	٦.٠٠ – ١٥.٠٠	الأسبراجوس

٥-٢-٣ مياه الصناعة

تشمل المياه المستخدمة في الصناعة نوعيات مختلفة من المياه والتي لا يلزم تطابقها مع شروط ومواصفات منظمة الصحة العالمية لمياه الشرب، حيث تختلف المواصفات طبقا لاستخدامات المياه المطلوبة في الصناعات المختلفة (مثل المياه المطلوبة للتبادل الحراري أو الغلايات أو مياه التخفيف .... الخ) وفى حالة الصناعة المطلوب فيها التسخين والتبريد تكون مياه الصناعة بها معادن قليله لمنع الترسيب في المواسير أو التآكل من الكلور.

٥-٢-٣-١ التحكم في التآكل

- بمجرد تعرض المياه المقطرة إلى التهوية يكون لها في الحال خاصية التآكل لذلك يجب إهمال عملية التهوية كلما أمكن في حالة استخدام المياه للغلايات.
- يجب التحكم في التآكل بإضافة أملاح سليكات الصوديوم أاو صوديوم ميتا فوسفات مع عملية إضافة الأملاح وقبل عملية توزيع المياه.
- يمكن ضبط التعامل مع دليل لونج للتآكل ليكون إيجابياً وذلك بضبط الأس الهيدروجيني.
- نتيجة لمحتوى المياه الناتجة من التناضح العكسي من الغاز فإن التحكم في التآكل يجب أن يتم في أقرب مكان مناسب لخزان التجميع.
- يتم إضافة سليكات الصوديوم أو هكسا ميتا فوسفات الصوديوم للتحكم في التآكل للمياه الناتجة من التناضح العكسي. وتكون عملية التحكم في التآكل مؤثرة في حالة إستخدام دليل لانج لضبط التآكل.

٥-٢-٣-٢ إعادة المزج لإضافة الأملاح

- الطرق الرخيصة لإضافة الأملاح للمياه المقطرة هي(خلط أو مزج) جزء صغير من المياه الداخلة (شديدة الملوحة) مع المياه المقطرة. وتكون عملية إضافة الأملاح مقبولة في حالة أن يكون التلوث البكتيري قليل جداً والعسر مرتفع.
- في حالة إستخدام إعادة المزج يجب أن تكون المياه المغذية للغلايات بعيدة عن أعلى التيار لنقطة الخلط في النظام.
- ويمكن إستخدام المياه شديدة الملوحة لإنتاج أيون الهيبوكلوريت الذي يستخدم في التعقيم.

٥-٢-٣-٢/١ إضافة املاح فى التناضح العكسي

أحياناً تكون عملية إضافة الأملاح غير ضرورية في التناضح العكسي. حيث أن نسبة الأيونات الأحادية إلى الثنائية تزيد في التناضح العكسي فإن إضافة الأملاح تكون مناسبة.

٥-٢-٣-٢/٢ إعادة المزج

- إن إعادة المزج بالمياه المعالجة إبتدائياً مقبول كوسيلة لإضافة الأملاح إلى المياه المنتجة من التناضح العكسي وذلك لكون العسر للمياه الناتجة بعد الخلط تكون صحية.
- ويجب أن تتلامس المياه بعد الخلط مع الكلورين لمدة نصف ساعة.
- الكائنات الدقيقة الحية لايتم إزالتها خلال عملية .E.D.

٥-٢-٣-٢/٣ إزالة المواد العالقة

- إزالة المواد العالقة خلال المعالجة الاولية هو الإسلوب المفضل في محطات التحلية التي تعمل بنظام .E.D.
- المعالجة الإبتدائية للمواد الصلبة العالقة تزيل الدقائق بما فيها الكائنات الدقيقة التي تكون عُرضة لسد أغشية ال .E.D لذا فإن إزالة المواد العالقة تقلل الوقت لغسيل الفلاتر وتنظيفها.
- عندما تكون عملية إزالة العكارة للمياه الناتجة من E.D لايمكن التحكم فيها إقتصادياً بالمعالجة الإبتدائية فيمكن المحاولة لوقف كل عمليات المعالجة الإبتدائية للمواد العالقة.
- إذا صح ذلك فإن التحكم في المواد العالقة سوف يتم بمعالجة إضافية في محطة .E.D
- وإذا إستحال ذلك بسبب الاعتبارات الاقتصادية، فأنه يمكن تصميم المحطة بكل من المعالجة والمعالجة الإضافية للتحكم في إزالة المواد العالقة.

- في وجود الكثافة العالية فإن.E.D تنتج مياه معتدلة عن طريق التبادل الأيوني لإزالة الأيونات متعددة التكافؤ.
- في وجود الكثافة المنخفضة فإن .E.D يمكن أن تستخدم في ازالة الأيونات أحادية التكافؤ. وفي هذه الحالة فإنها تكون إقتصادية لإزالة أيونات الفلورين أو الايونات الأخرى الموجودة، وأيضاً تستخدم في حالة ماتكون المواد الصلبة الذائبة والأيونات الأخرى لاتسبب مشكلة.

٥-٢-٣-٢/٤ إضافة الأملاح

إن إضافة الأملاح للمياه المنتجة من .E.D نادراً ماتكون مطلوبة. عندما تكون عملية إعادة التكلس مطلوبة فمن الأفضل تدبير إضافة كربونات الكالسيوم.

الباب السادس: نظام التحكم والمراقبة (SCADA)

٦-١ تعريف نظام SCADA :

Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA)

ويمكن اعتبار نظام التحكم والمراقبة (SCADA) :

- هو أحد الأنظمة المختصة بالتحكم والمراقبة عن بعد ونقل كافة البيانات في مختلف العمليات الصناعية.
- هو نظام لتوفير المراقبة والتحكم في أي عملية انتاجية مثل عملية تحلية مياه البحر عن طريق تجميع البيانات من المواقع المختلفة بالشبكة للمراقبة والتحكم.
- يجب استخدام هذا النظام في محطات التحلية ذات طاقة الانتاج العالية (≤ ٢٠٠٠٠ م^{٣}/يوم).
- يفضل استخدام هذا النظام في محطات التحلية ذات طاقة الانتاج المتوسطة (لاقل من ٢٠٠٠٠ م^{٣}/يوم).

٦-١-١ من مهام النظام:

أ - تجميع القراءات والقياسات المسجلة من أماكن مترامية الاطراف جغرافيا بمكان واحد (MSU – وحدة التحكم الرئيسية) والقيام بمعالجة هذه القراءات طبقا لبرنامج تطبيقي معد على الحاسب الآلي الرئيسي لذلك.

ب - التحكم في الأجهزة بالمواقع وإرسال الأوامر من وحدة التحكم الرئيسية (MSU) إلى وحدة التحكم الطرفية (Remote Terminal Unit) بأي موقع للتحكم في الأجهزة الموزعة بالمواقع المختلفة.

٦-١-٢ العناصر الاساسية المكونة لنظام التحكم والمراقبة (SCADA):

١ - وحدة تحكم رئيسية (Master control unit).

٢ - نظام الاتصال بين وحدة التحكم الرئيسية والعديد من وحدات التحكم الطرفية Remote Terminal Unit (RTU).

٣ - عدد من وحدات التحكم الطرفية (RTUs) أو وحدات (PLCs).

٤ - أجهزة القياس والمشغلات والحساسات.

٥ - أجهزة الحاسبات والخوادم المناسبة.

٦ - البرامج المختلفة في كافة المستويات.

٦-٢ مراحل نظام التحكم والمراقبة

هناك ثلاث مراحل أساسية يجب توافرها في أي نظام للتحكم والمراقبة (SCADA):

٦-٢-١ المرحلة الأولى : تجميع البيانات من المواقع المختلفة

حيث يتم تجميع البيانات من المواقع المختلفة مثل المأخذ / الآبار ، المرشحات ، التناضح العكسى ، خزان المياه المحلاة ، الكيماويات ، مرحلة الإنتاج (المياه المنتجة – المياه المالحة شديدة الملوحة) باستخدام:

٦-٢-١-١ أجهزة القياس والحساسات وخصوصاً أجهزة قياس كميات المياه ومواصفاتها قبل وبعد وحدة التناضح العكسى مباشرة ويراعى فيها :

- دقة القياس (Accuracy)
- التكرارية (Repeatability)
- أقل قيمة يمكن قياسها (Resolution)
- درجة الحماية لا تقل عن ٦٧ (IP67 at least) للأجهزة المعرضة للأتربة و الهواء الطلق و احتمال تعرضها للماء.

٦-٢-١-٢ وحده التحكم الطرفية (Remote Terminal Unit) {RTU} ويراعى فيها:

استهلاك قدرة منخفض.

- تتحمل درجات الحرارة المرتفعة (حتى ٦٠ درجة مئوية) و الرطوبة المرتفعة (حتى ٩٠ %).
- تتحمل الأوساط البيئية القاسية (Harsh Environment).
- قابلة للتوسع.
- ذات معالج (Processor) مناسب.
- ذات ذاكرة مناسبة لاحتياجات المحطة (تعادل ٣ أمثال احتياجات المحطة).
- ذات وقت كبير بين الأعطال (MTBF) أي أنها قليلة الأعطال.
- تقبل التعامل مع بروتوكول مناسب للتطبيق.

٦-١-١-٣ المتحكم المنطقى المبرمج (Programmable Logic Control {PLC}) و يراعى فيه:

- أن يكون من النوع المجزأ (Modular) للمشروعات الصغيرة أو من النوع (Rack Mount) للمحطات ذات سعة تحلية عالية (حسب حجم المشروع).
- أن يحتوى على جزء خاص بالاتصالات وخصوصاً (GPRS).
- وصلات مناسبة للاتصالات (RS232, RS 485, RS 422, Ethernet, EDGE , or G3)
- القدرة على التعامل مع مختلف أنواع المتحكمات المنطقية المبرمجة من خلال التقنية ((OPC) المعروفة حديثاً وهي Object Linking and Embedding for Process Control (OPC)).
- يفضل أن تكون أجهزة أحادية دون تكرار أو احتياطي باستثناء مصادر القدرة في حالة وجود عدم خطورة.
- أن يكون مناسباً لأنماط التشغيل (Mode of Operation) اليدوي و الآلي.
- أن يكون مناسباً لحالات المراقبة والتحكم.
- سهولة التواصل مع أجهزة القياس من خلال بروتوكول مناسب.
- أن يكون مناسباً لعدد المدخلات و المخرجات و أنواعها (يغطي ما هو موجود بالإضافة إلى ٢٥% احتياطي).
- أن يكون متوافقاً مع المواصفات العالمية (IEC).
- يمكن أن يكون من المكونات الحديثة (RTU/DCS/PAC) و التي تقوم بنفس الوظائف والتى تتوافر فيها إمكانية التوصيل مع شبكات المتحكمات.

٦-٢-٢ المرحلة الثانية: نقل البيانات من المواقع المختلفة إلى وحدة التحكم الرئيسية

وهي التي تتيح مجال الاتصال {Communication path} بين المواقع المختلفة بنظام التحكم والمراقبة (SCADA) ويراعى أنها قد تكون :

٦-٢-٢-١ داخل المحطة فقط و ذلك في حالة تنفيذ نظام محلى للتحكم والمراقبة (Local SCADA) وفي هذه الحالة يجب أن تستخدم فيه أي نوع من الكابلات (نحاسية أو

ضوئية) مع مراعاة أن كابلات الإشارة تختلف عن كابلات مصادر القوى و كابلات التحكم (مع مراعاة العزل و الحماية لكل منها).

٦-٢-٢-٢ داخل وخارج محطات التحلية في حالة تنفيذ نظام شامل للتحكم والمراقبة (Main SCADA) يجب أن تستخدم فيه أي شبكة مناسبة لنقل البيانات (Telemetry Network) وهي الشبكة المستخدمة حتي يتم التوصيل بين المواقع المختلفة مثل RTUs , MSU ولابد من مراعاة العوامل الاتية قبل اختيار وسط التوصيل (Link media) واقتراح نوع الشبكة:

- المسافة بين RTUs, MSU والمسافة بين RTUs, وبعضها البعض .
- السرعة المطلوبة لنقل البيانات .
- البرامج التطبيقية المستخدمة بنظام SCADA.
- سهولة الحصول على التصاريح المطلوبة للشبكة المقترحة .
- دعم أكثر من بروتوكول (Modbus, Profibus, DNP3 ... etc).
- ومن الشبكات المسموح استخدامها (لا يسمح بشبكات الانترنت لمخاطرها):
- شبكات الألياف الضوئية (Fiber Optics, Single Mode) وهي المفضلة داخل مناطق المحطة.
- الشبكات الهوائية بتقنية (VHF, or UHF)
- الشبكات الهوائية بتقنية (Wimax)
- الشبكات الهوائية بتقنية (GPRS)
- الشبكات الهوائية بتقنية (Wi-Fi) في حالة المسافات القصيرة

٦-٢-٣ المرحلة الثالثة : معالجة البيانات بوحدة التحكم الرئيسية

حيث تتم معالجة البيانات من خلال وحدة التحكم الرئيسية وهى تتكون من:

أ - الحاسب الآلى الرئيسي أو الخادم (Server)

ب - الحاسبات الخاصة بالمراقبة وإصدار التقارير (Workstations).

جـ -ذالطابعات (Printer) و تفضل الطابعات النقطية.

د - لوحة تخطيطية (Mimic Panels) أو شاشة رئيسية (Screen).

يجب أن تلتزم الشركات المنفذة بتنفيذ نظام التحكم و المراقبة (على حسب طاقة المحطة) ليحقق الأهداف الرئيسية وهي : المراقبة والتحكم.

علـى أن يؤخـذ فـي الاعتبـار ربـط النظـام لجميـع وحـدات الـتحكم المنطقـي المبـرمج (PLC/DCS/PAC/RTU) التي قد تكون من موردين مختلفين بوسيلة ربط مناسبة (/Drivers OPC).

٦-٣ المهام التى يغطيها نظام التحكم والمراقبة (SCADA):

يجب من خلال نظام التحكم و المراقبة (SCADA) إجراء المتابعات و إجراءات التحكم التالية:

أ - تسجيل قياسات التحاليل المعملية للمياه المنتجة من المحطات بدقة.

ب - رسومات تصويرية لجميع عناصر مراحل التحلية المرتبطة.

جـ- التحكم في غلق أو فتح المحابس في مراحل التحلية.

د - المتابعة الدقيقة لمنسوب الخزانات.

هـ- قياس كمية الطاقة المستهلكة فى اليوم داخل كل محطة.

و - إصدار التقارير التي تفيد في عملية تطوير أداء انتاج المياه.

ز - إصدار التقارير التي تفيد في عملية تطوير أداء انتاج المياه (شهرية -أسبوعية - يومية - كل ساعة) وتساعد الإدارة العليا في اتخاذ القرار وحساب مراكز التكلفة.

ح - الحصول على كافة المنحنيات لبيان مدى تغير المتغيرات المختلفة في محطات التحلية و ملحقاتها.

ط - الحصول على قائمة مصنفة للإنذارات باستخدام الألوان المختلفة مع تحديد هوية مستقبل الإنذار.

ى - رسومات توضيحية تبين سير عملية التحلية و تصور ديناميكي لها (Visualization) و ليس رسومات للأجهزة و الأنابيب (P & I D).

ك - حفظ السجلات السابقة على خادم خاص لمدة يحددها المالك.

ل - إعداد تقارير بمؤشرات الأداء (على سبيل المثال لا الحصر) :

- مؤشر استهلاك الطاقة الكهربية=كمية الطاقة الكهربية المستهلكة/كمية المياه المحلاة المنتجة
- مؤشر استهلاك الكيماويات = كمية الكيماويات / كمية المياه المحلاة المنتجة

- حساب التكلفة الفعلية للتشغيل لإنتاج واحد متر مكعب من المياه المحلاة المنتجة.

م - بيان بتسجيل جميع قراءات أجهزة القياس بالمحطة في صورة جداول.

ن - بيان جميع القيم التى تسجلها أجهزة القياس (سواء عن طريق التقارير أو المنحنيات).

س - بيان حالة تشغيل كل الطلمبات والمحابس التابعة للنظام (في الواجهات الرسومية و عن طريق التقارير).

ع - بيان حالة الأجهزة العاملة وغير العاملة بالنظام كلياً (في الواجهات الرسومية و عن طريق التقارير).

ف - التحكم في المحطة للحصول على التشغيل الأمثل لمحطة التحلية.

ص- إمكانية التحكم عن بعد.

ق - القدرة على الربط بقواعد البيانات المختلفة مثل قواعد بيانات الفواتير (Billing Systems)

ر - سهولة الربط مع برامج اكتشاف الفاقد (Leak Detection System).

يجب ان تراعى العوامل التالية عند اختيار نظام التحكم والمراقبة (SCADA):

١ - عدد نقاط التحكم (No. of Tags).

٢ - التكرارية (Redundancy).

٣ - قدرة إدارة الملفات.

٤ - عدد التقارير المطلوبة.

٥ - سهولة التوصيل على أجهزة التحكم (PLC/DCS/PAC).

٦ - قابلية النظام للتوسعات المستقبلية.

٧ - قابلية النظام للتحديث في البرامج على مدى عشرين سنة قادمة.

٨ - قاعدة البيانات المستخدمة تناسب التطبيق (يفضل الحديث منها) وسهولة برمجتها باستخدام لغة البرمجة المهيكلة (SQL) للحصول على جميع أنواع التقارير (المفصلة و المجمعة).

٦-٤ مواصفات لوحة التحكم :

٦-٤-١ يجب وضع لوحات التحكم في مناطق محطة التحلية والتي تحتوى على وحدة التحكم المنطقي (PLC/DCS/PAC)، وشاشة الربط البيني مع البشر (HMI) والأجهزة. اللوحات يجب أن لا يقل معامل الحماية للوحات عن IP 54. يجب وضع شاشة

HMI بها وذلك للتحكم وتشير إلى حالة جميع العناصر. يجب أن تكون لوحات التحكم نفسها مجهزة بجميع الأجهزة (مرحلات، والصمامات، ولمبات إشارة، .....)

٦-٤-٢ يتم تشغيل المضخات عن طريق وحدة التحكم المنطقي (PLC/DCS/PAC) وتشمل على سبيل المثال لا الحصر:

- حالة مضخات العملية (وضع الاستعداد أو في وضع الانتظار)
- مستوى المياه فى الخزانات
- لا يجب أن تتعدى الحد الأقصى لعدد مرات البدء / الإيقاف للمضخة
- الضغط الخاص بخطوط المياه في الدخول و الخروج للطلمبات المختلفة في مراحل التحلية.

٦-٤-٣ يجب التحكم في المعدات التالية ومراقبتها من قبل وحدة التحكم المنطقي (PLC/DCS/PAC) وعرضها على شاشة الربط البشري (HMI) وتشمل على الأقل :

- جميع المضخات و المحركات
- جميع الصمامات
- المرشحات
- نظام الكلور
- .....الخ.

٦-٥ مراقبة المعدات من قبل وحدة التحكم المنطقي المبرمج:

٦-٥-١ يجب مراقبة المعدات التالية من قبل وحدة التحكم المنطقي (PLC/DCS/PAC) وعرضها على HMI ويشمل على الأقل :

- حالة المولدات وأجهزة الإنذار
- درجة حرارة الملفات للمحرك
- الضغط ومعدل التدفق من المحطات
- قراءات جميع الأجهزة بالموقع

- حالة جميع المضخات والمحركات
- حالة جميع الصمامات
- حالة المرشحات
- نظام الكلور
- عدادات الطاقة الكهربائية
- أشارة مضخة جاهزة
- درجة الحرارة المضخة
- أشارة حدوث خطا فى تشغيل المضخة
- أمر تشغيل / إيقاف المضخة
- حالة (UPS).
- .....الخ.

٦-٦ أجهزة القياس:

- قياس معدل التدفق
- قياس منسوب المياه
- قياس ضغط المياه
- قياس فرق الضغوط على الغشاء
- قياس فرق الضغوط على المرشح الرملي
- قياس الكلور المتبقي

٦-٦-١ محطة ضخ الكلور

جميع الإشارات ذات الصلة لتحقيق الرصد الكامل وتشغيل جهاز التحكم للمنظومة

٦-٦-٢ مولدات

- أشارة المولد يعمل
- أشارة بدء تشغيل المولد
- أشارة المولد في وضع وقوف
- أشارة تفيد بأن المولد جاهز للتشغيل

٦-٦-٣ مصدر القدرة غير القابلة للقطع (UPS)

- حالة الإنذار

٦-٦-٤ يجب أن تشمل أي لوحة للتحكم ما يلي:

- مفتاح أختيارى للتشغيل فى الوضع الآلي / اليدوى
- أزرار للتشغيل و الإيقاف للمضخات
- أزرار فتح / غلق للصمامات
- لمبات إشارة
- المؤشرات الرقمية
- إنذار سمعي وضوئي
- وحدة التحكم المنطقية (PLC/DCS/PAC)
- أجزاء الربط البيني (Interface Modules)
- شاشة ربط بشري (HMI)
- التبديلات التقليدية، والصمامات، المرحلات (Relays)، نهايات الكابلات، ..... الخ

٦-٦-٧ مواصفات شاشات HMI

- يجب أن تكون شاشة HMI شاشة ملونة و يفضل أن تعمل باللمس مع حجم قطري لا يقل عن ١٥ بوصة
- يجب أن تكون شاشة HMI متصلة إلى وحدة التحكم المنطقي (PLC/DCS/PAC) بوسيلة اتصال مناسبة مثل إنترنت الاتصالات الناقلة ذات معدل نقل البيانات ١٠٠ ميغابت / ثانية على الأقل (على أن يكون الكابل الناقل من نوع Cat 6 على الأقل).
- يجب أن تمكن شاشة HMI المشغل باتخاذ كامل التحكم الآلي واليدوي للمحطة .
- يجب أن تكون شاشة HMI قادرة على عمل إنذارات الأعطال بمستوياتها المختلفة و القدرة على حفظها.
- يجب أن يتم اختيار وحدة HMI من النوع المجهز لكى يعمل فى الأجواء و الظروف الصعبة.

- يمكن تشغيل الجهاز من PLC/DCS/PAC فقط إذا تم وضع مفاتيح شاشة HMI فى وضع التشغيل الأتوماتيكى ويمكن للمشغل يدويا بدء النظام باستخدام أزرار الدفع في شاشة العرض HMI في حالة أن تم وضع مفاتيح شاشة HMI فى وضع التشغيل اليدوي.
- شاشة HMI يجب أن تتحمل الظروف البيئية (الحد الأقصى درجة حرارة التشغيل هو ٥٠ $^{\circ}C$، الرطوبة النسبية تصل إلى ٩٥٪ دون تكثف، ودرجة الحماية IP 54 على الأقل)

٦-٨ غرفة التحكم المركزي

يجب أن تحتوى غرفة التحكم المركزية على نظام (SCADA) يعمل على رصد ومراقبة جميع محطات الضخ التي يتم تضمينها في نطاق العمل و تكون الغرفة مجهزة بجميع الأثاث اللازم لتشغيل متوافق.

ينبغي لأنظمة التحكم والمراقبة (SCADA) تحقيق عملية تحكم أوتوماتيكية كاملة لجميع الأجهزة في المحطات بما في ذلك الوظائف التالية :

- تشغيل (أتوماتيكى / يدوى) لجميع المعدات في المحطة من خلال برنامج ال SCADA.
- الإشراف والرقابة على المحطات حتى لو كانت فى وضع التشغيل اليدوي.
- إغلاق الطلمبات فى حالة الطوارئ.
- إعداد التقارير و الإنذار بوجود أخطار .
- إعداد المنحنيات على فترات زمنية يحددها المالك.

٦-٩ نظام SCADA في غرفة التحكم المركزية الرئيسية

- يجب أن تكون البرمجيات الخاصة بنظام التحكم والمراقبة (SCADA) متوافقة مع نظام التحكم المنطقة المبرمج (PLC/DCS/PAC) فمن الأفضل للبرمجيات الخاصة بنظام (SCADA) ونظام وحدة التحكم المنطقي (PLC/DCS/PAC) أن تكون ذات علامة تجارية واحدة وخلاف ذلك يتم تجميع البيانات من وحدات (PLC/DCS/PAC) عن طريق استخدام واجهة (OPC) إذا اختلف المصنع فى أى منهما.
- يجب أن تكون سرعة الاتصال بين المتحكمات (PLC/DCS/PAC) وبرامج (SCADA) يكون ١٠ ميجابايت/الثانية على الأقل.
- يجب على المقاول توريد نسخ أصلية لبرنامج SCADA تشمل نسخ البرمجة و التشغيل.

- يجب أن يحتوى نظام SCADA على كمبيوتر خادم رئيسي و أخر أحتياطى بنفس المواصفات.
- يتم تحميل برنامج SCADA على جهازي الكمبيوتر.
- يجب أن تكون برامج SCADA مرخصة، وملفات الترخيص يجب أن يكون من السهل استعادتها في حالة فشل القرص الثابت مع إمكانية تحديثها
- يجب أن تكون قاعدة البيانات المستخدمة مع برنامج SCADA واحدة من قواعد البيانات المعروفة (خادم SQL أو ORACLE)
- يجب أن يكون النظام سهل الاستخدام و خصوصاً مع نظام التشغيل Windows ذات الإصدار الحديث.
- يجب استخدام برمجيات SCADA لتأمين مستوى البيانات حيث يتم تحديد القدرة على تعديل نقطة محددة أو قيمة أخرى في قاعدة بيانات التكوين.
- يجب أن لا يقل حجم شاشات العرض عن ٢٩ بوصة على الأقل (نوع LED) أو أحدث.
- سيتم استخدام برمجيات SCADA لرصد كل حالة من محطات الضخ والمعدات والأجهزة.
- يجب أن توضع وحدة UPS احتياطية مع نظام SCADA لتشغيل النظام لمدة ساعاتين على الأقل.
- يجب أن يشمل كل نظام طابعة A3 واحدة و طابعة ليزر A4 واحدة على الأقل و أن تكون الطابعات متصلة من خلال شبكه سلكية محلية أ ولاسلكية.

٦-١٠ مواصفات كمبيوتر تشغيل نظام SCADA

يجب أن تكون مواصفات محطة العمل الخاصة بنظام SCADA لا تقل عن ما يلي:

- المعالج: رباعي القلب (Quad Core) I7 (4GHZ، 8 MB الكاش) على الأقل.
- الشاسية: برج
- التيار الكهربائي: ٢٢٠ فولت، ٥٠ هرتز
- لوحة المفاتيح والماوس: USB
- الذاكرة: ٨ جيجابايت RAM على الأقل
- الرسومات: MB١٢٨ على الأقل.
- محرك القرص الصلب: ٥٠٠ HDD GB
- DVD: DVD + / - RW

- شاشة LED ٢١ " أو أحدث
- نظام التشغيل: ويندوز ٨ أو أعلى

٦-١١ مواصفات خادم نظام التحكم و المراقبة (SCADA)

يجب أن تكون مواصفات الخادم SCADA لا تقل عن ما يلي:

- الهيكل برج أو أحدث
- معالج رباعي النواة (Quad) 2.26 غيغاهرتز أو أعلى.
- ٨ ميجابايت (8 MB) ذاكرة التخزين المؤقت (Cache) .
- ذاكرة الوصول العشوائي ٦٤ جيجابايت (64 GB) على الأقل
- واجهة الشبكة بطاقة منفذ واحد مزدوج مع تجاوز الفشل وموازنة الحمل
- الشاشة تكون من نوع LED ١٩ بوصة على الأقل (يجب أن يكون نفس العلامة التجارية)
- لوحة المفاتيح 102 USB تدعم اللغة العربية – اللغة الإنجليزية (مع علامات التشكيل العربية، لابد أن يكون نفس الماركة)
- ماوس USB 2 – ماوس الميكانيكية زر مع التمرير (يجب أن يكون نفس الماركة)
- شهادة الضمان تكون ثلاث سنوات مع قطع الغيار والعمالة على الأقل ويكون الإصلاح بالموقع.
- طابعة ليزر أبيض وأسود A4:
  - طابعة ليزر A3 / A4 أسود وأبيض (مواصفات الطابعة يجب أن تكون أحدث ما هو موجود بالأسواق).
- طابعة ملونة A4:
  - يجب أن تكون مواصفات الطابعة وفقاً لأحدث ما هو موجود بالأسواق.
- أدوات صيانة المعدات:
  - وينبغي أن يكون جهاز الكمبيوتر المحمول (Lap Top) لنظام SCADA صالح للبرمجة بسهولة في الموقع وينبغي أن يحتوى على أحدث إصدارات للبرامج الخاصة ببرمجة وحدة التحكم المنطقية و نظام التحكم والمراقبة (SCADA).
  - وينبغي أن يكون الكمبيوتر المحمول صالح لسهولة البرمجة والصيانة واستكشاف الأخطاء وإصلاحها
  - يجب أن تكون مواصفات الكمبيوتر المحمول تفي بالغرض المطلوب.

٦-١٢ نظام UPS

- يجب تجهيز أنظمة SCADA المحلية والرئيسية ووحدة التحكم (PLC/DCS/PAC) الرئيسية في كل محطة بأنظمة UPS التي ستوفر الطاقة في حالة فشل مصدر الطاقة الرئيسي ٣٠ دقيقة على الأقل. كما يجب أن يحتوي UPS على نظام حماية من زيادة الجهد (TVSS) ومعدات الحماية اللازمة مع تقديم الكتالوجات الأصلية الخاصة بأنظمة UPS الموردة.
- يجب أن تكون سعة UPS تغطى طاقة فائضة ٢٠٪ مع توفير ٢٠٪ من قطع الغيار وكذلك يجب أن تكون البطاريات مصنوعة من النيكل والكادميوم.
- يجب على نظام UPS الذي سيتم توريده أن يسجل إنذاراً في حالة فشل وحدة UPS .
- يجب تمكين نظام التحكم و المراقبة (SCADA) من مراقبة نظام UPS.

المواصفات الفنية لنظام ال UPS (الحد الأدنى) حيث يجب أن يكون:

أ - مدعوماً بتكنولوجيا IGBT أو أحدث.

ب - مستوى الضوضاء أقل من ٦٥ ديسيبل في ١ متر.

جـ- نطاق درجة حرارة التشغيل ٠-٤٠ درجة مئوية.

د - الرطوبة (الحد الأدنى) تصل إلى ٩٥٪ دون تكثف.

هـ- مدخلات الطاقة (AC) مرحلة واحدة.

و - مدخلات الجهد ٢٣٠/٢٢٠ فولت AC.

ز - نطاق الإدخال الجهد (الحد الأدنى) - ٢٠٪ إلى +١٥٪ (الحد الأقصي).

ح - مدخلات التردد ٥٠ هرتز.

ط - إدخال نطاق التردد (الحد الأقصى/الأدنى) ±١٠٪.

ى - حماية خاصة لإشارة الدخل والإفراط في الجهد.

ك - إنتاج الطاقة مرحلة واحدة AC.

ل - الجهد الناتج ٢٣٠/٢٢٠ فولت AC.

م - تغير الخرج يجب أن يكون في ± ١٪.

ن - خرج التردد ٥٠ هرتز.

س - إشارة حماية الإفراط في الجهد للخرج.

ع - الكفاءة: الكفاءة العامة (تيار متردد AC) - أكثر من أو يساوي ٨٥٪

٦-١٣ الاختبارات

يجب تنفيذ الاختبارات التالية لجميع المكونات :

- اختبار القبول بالمصنع (FAT)
- اختبار القبول بالموقع (SAT)

٦-١٤ أجهزة القياس:

يجب أن يتم توفير جميع الأجهزة مع جميع الملحقات المناسبة.

٦-١٤-١ جهاز قياس المنسوب بالموجات فوق الصوتية:

يجب أن يحتوى الجهاز على ما يلي:

- يكون إشارة مخرج الإرسال ٤-٢٠ مللي أمبير DC تتناسب مع مستوى الماء في الخزان.
- يتضمن الجهاز أشارة رقمية للإنذار للمستوى العالي والمنخفض.
- نطاق القياس ٠-١٠ متر على الأقل (وهذا العامل بالاعتماد على التطبيق في كل موقع).
- دقة جهاز الإرسال يجب أن يكون أفضل من ± ١٪ FS.
- يكون الجهاز مناسباً للعمل في درجة الحرارة المحيطة تصل إلى ٥٠ $^{\circ}C$.
- وصلة الجهاز على الجهد الكهربائي ٢٢٠ فولت AC مع ± ١٠٪، ٥٠ هرتز.

٦-١٤-٢ جهاز قياس الأس الهيدروجيني pH Transmitter

- مدى القياس : ٠-١٤ pH (- ٥ - ٦٠ درجة مئوية)
- أشارة الخرج : 4-20mA
- التغذية : ٢٣٠ فولت / ٥٠ هرتز
- المبين : رقمى
- أقصى حرارة تشغيل : ٨٠ درجة مئوية
- درجة الحماية : IP67

- الدقة : من 0.1 إلى 0.3

٦-١٤-٣ جهاز قياس جهد الأكسدة والأختزال ORP Transmitter

- مدى القياس : 400/400 mv (- ٥ - ٦٠ درجة مئوية)
- أشارة الخرج : 4-20mA
- التغذية : ٢٣٠ فولت / ٥٠ هرتز
- المبين : رقمى
- أقصى حرارة تشغيل : ٨٠ درجة مئوية
- درجة الحماية : IP67
- الدقة 0.5%

٦-١٤-٤ العوامات :

يجب أن تكون العوامات زئبقية ومن النوع الذي يتحمل ظروف تشغيل عالية و بها إمكانية إرسال إشارات رقمية للإنذار في حالة مستويات المياه العالية و المنخفضة.

٦-١٤-٥ أجهزة قياس الضغط التى تعتمد على حركة المؤشر

يجب أن تكون عدادات الضغط ذات قطر ١٠٠ مم على الأقل و يجب أن يكون سائل القياس من النوع الخامد مثل الجلسرين وتركب معها محبس للعزل وعلى المورد توريد كل ما يلزم لتركيبها على خط المياه و يكون قياس المؤشر ٠-١٠ بار على الأقل .

٦-١٤-٦ أجهزة قياس الضغط وفرق الضغط

يجب أن يحقق جهاز قياس الضغط ما يلي:

- مؤشرات رقمية وتكون وحدة القياس بالبار.
- تحمل الضغط أكثر من ٢٠٠ في المائة على الأقل من الحد الأقصى للضغط في الأنابيب.
- إرسال إشارة ٤-٢٠ مللي أمبير إلى نظام المراقبة.
- دقة من 0.2 إلى 1% أو أفضل.
- المادة مناسبة لظروف التشغيل

- الجسم المركزي: st.st 316
- الأجزاء المبللة (الديافرام): st.st 316
- غطاء جسم معدني: st.st ٣١٦
- قطر وصلة الاتصال: ½ بوصة.
- معامل الحماية IP 65 على الأقل

٦-١٤-٧ الجهاز الكهرومغناطيسي لقياس تدفق المياه :

- قطر الماسورة يكون وفقا للمواصفات.
- أقل قدر من الضغط يتحملة الجهاز ١٠ بار.
- مادة القطب HASTELLOY C.
- أنبوب القياس يكون مصنوع من الفولاذ المقاوم للصدأ AISI ٣٠٤
- الحد الأقصى لدرجة الحرارة البيئية ٥٠ ^{o}C
- مادة الفلا نشات تكون من مادة الكربون الصلب.
- بطانة الحساس تكون مصنوعة من المطاط الصلب.
- درجة الحرارة السائل ٥٠ ^{o}C.
- دقة القياس ± ٠.٥٪.
- أشارة الخرج ٤-٢٠ مللي أمبير.
- إمدادات الطاقة ٢٢٠ VAC.
- معامل حماية المحولات IP 68.
- معامل حماية جهاز الإرسال IP 67
- درجة حرارة التخزين ٠-٦٠ ^{o}C.
- الرطوبة ٩٠٪

٦-١٤-٨ جهاز الموجات فوق الصوتية لقياس تدفق المياه:

يجب أن يتألف نظام قياس التدفق بالموجات فوق الصوتية من أجهزة الاستشعار، الارسال مع العرض الرقمي وأن يكون طول الكابل مناسباً. و يفضل أن يكون المنتج حاصلاً على شهادة ISO 9001.

يجب أن يراعى نظام توظيف مبدأ قياس المسافة من أجهزة الاستشعار لتدفق السائل. ويتحقق ذلك عن طريق استخدام وانتشار الموجات الصوتية في الهواء وقياس الفاصل الزمني بين إرسال واستقبال الموجات المنعكسة من البداية. يجب أن تكون دقة الخطأ لا تزيد عن ± ٠.٥٪ من نطاق العمل.

يجب مراعاة العوامل التالية:

- حدود درجة حرارة التشغيل: -٢٠ إلى +٥٠ C°
- درجة الحرارة المحيطة: -٥ إلى +٥٠ C°
- الرطوبة النسبية: ٩٥٪
- الحماية: IP68

جهاز الإرسال يجب أن يكون الحد الأدنى للمواصفات كالتالي:

- قياس عدم اليقين: ١٪ من الحد الأقصى لنطاق القياس
- الدقة القصوى: ٠.١٪ من الحد الأقصى لنطاق القياس

٦-١٤-٩ جهاز قياس نسبة العكارة

جهاز قياس نسبة العكارة يجب على الأقل أن يكون متضمناً المواصفات التالية:

- المدى: ٠.٠١، ١٠٠-١٠٠ وحدات العكارة (NTU).
- الدقة: (2 ±٪ من القراءة أو ± ٠.٠١٥ NTU (أيهما أكبر).
- درجة حرارة التشغيل لنظام الاستشعار واحدة: من ٠ إلى ٥٠ درجة مئوية (٣٢ إلى ١٢٢ درجة فهرنهايت)
- رطوبة ٥ إلى ٩٥٪ دون تكاثف
- متطلبات الطاقة ١٠٠-٢٣٠ فولت، ٥٠/٦٠ هرتز،
- أشارتين للتنبية و الأنذار SPDT
- درجة حماية غطاء الجهاز: IP٦٨

٦-١٤-١٠ المبينات الرقمية:

يجب أن يكون لها المواصفات التالية:

- ٤ أرقام عرض إما LCD أو LED وكل رقم يكون من ١٤ مم طول مع ارتفاع القرار.
- قبول دخول للإشارات mA, mV , V , RTD.
- عرض وتخزين قراءات الحد الأقصى والحد الأدنى.
- يوجد خرجين للإنذار وتكون من نوع NO و NC.
- إمدادات الطاقة ٩٠-٢٦٥ ACV، 50HZ.
- درجة حماية الصف (IP40) على الأقل
- إشارة خرج ٢٤ VDC.

٦-١٤ -١١ الجهاز الألكتروني لقياس القدرة المستهلكة :

يجب على المقاول تزويد جهاز قياس الطاقة في وحدة التغذية الرئيسية الواردة الى كل محطة، ويجب أن يكون متصلاً من خلال نظام التحكم (PLC/DCS/PAC) الذي يتعين بيان قراءاته على لوحة التحكم الرئيسية من كل محطة وعلى شاشات نظام SCADA المحلية والرئيسية لحساب استهلاك الطاقة لكل محطة .

يجب أن يكون الجهاز بالمواصفات التالية:

البرمجة:

- اختيار كلمة المرور لقفل الجهاز
- اختيار النظام: ٣ اطوار ٤ أسلاك / ٣ اطوار ٣ أسلاك / احادي الطور ٢ و ٣ و ٣ أسلاك التوازن المرحلة
  - PT: 1-5000
  - CT: ١-٢٬٠٠٠٬٠٠٠
- التحكم في عرض قراءات
- ٤ أرقام / فحص السيارات أو دليل اختيار / المسح الضوئي الوقت
- الاتصالات ١٢٠٠/٢٤٠٠/٤٨٠٠/٩٦٠٠/١٩٢٠٠ (خانة لكل ثانية)
- إعداد عنوان ١-٢٥٤
- منفذ الاتصالات المتوالية
  - RS485، RS232، MODBUS أو بروتوكول الاتصال مناسب
- عرض LCD 0.4 "العرض، ٣ صفوف من ٨ هجائيات عددية

- استقرار
- نطاق درجة الحرارة تصل إلى ٥٠ درجة مئوية، والحد الأقصى ١٠٠ جزء في المليون/درجة مئوية
- الاستقرار على المدى الطويل نطاق الرطوبة النسبية ٠.١٥٪ كحد أقصى للانحراف سنويا حالة التشغيل نطاق درجة حرارة تصل إلى +٥٠ ° C، 95 - 20 RH٪ غير مكثف حالة التخزين نطاق درجة حرارة تصل إلى +٥٠ ° C 95 - 20 RH٪ غير مكثف.
- إمدادات الطاقة 260V - 80 AC، 70 - 40 هرتز، 330V - 80 DC 60V - 20 DC (أختيارى)

٦-١٤-١٢ جهاز قياس التوصيلية :

- مدى القياس : من صفر و حتى ١٠٠٠٠٠ ppm
- أشارة الخرج : 4-20mA
- التغذية : ٢٣٠ فولت / ٥٠ هرتز
- المبين : رقمى
- أقصى حرارة تشغيل : حتى ٨٠ درجة مئوية
- درجة الحماية : IP67
- الدقة : 0.5 %

٦-١٤-١٣ جهاز قياس درجة الحرارة:

- مدى القياس : من صفر و حتى ١١٠ درجة مئوية
- أشارة الخرج : 4-20mA
- التغذية : ٢٣٠ فولت / ٥٠ هرتز
- المبين : رقمى
- درجة الحماية : IP67
- الدقة :0.5 %

٦-١٥ اعتبارات مهمة عند تقديم العطاء:

٦-١٥-١ يجب أن تشمل لوحات تحكم القدرة أجهزة تحسين معامل القدرة بالمحطة لتكون بين ٠.٩٤ و٠.٩٥

ويفضل أن يكون جهد التشغيل على المستوى المنخفض (٤٠٠ فولت).

٦-١٥-٢ يجب على المتقدمين لأي عطاء في هذا المجال استخدام جدول الأجهزة الموضح في (Appendix A).

ولحسابات القدرة المطلوبة في عملية تحلية المياه بالتناضح العكسي يتم الرجوع للجدول في الملحق (Appendix B). و لحساب كفاءة الطلمبات مع المحركات الكهربائية يستعان بالجدول في الملحق (Appendix C).

٦-١٥-٣ يجب الالتزام بالاختبارات المدرجة في نهاية الباب الأول بالإضافة إلى اختبارات المصنع (FAT) و اختبارات الموقع (SAT) و يراعى المخطط الاسترشادي للأجهزة والمواسير المبين في الملحق (Appendix D).

٦-١٥-٤ يجب استخدام التقنيات الحديثة مثل (مبادلات الضغط) لإنتاج المياه المحلاة بأقل استهلاك للطاقة.

ويؤخذ هذا الأمر في الاعتبار عند مقارنة العروض في لجان البت الفني.

الباب السابع: الشروط الواجب توافرها عند تصميم الاعمال المعمارية والانشائية

٧-١ الأعمال المعمارية

يراعي الالتزام بالأكواد المصرية المنظمة لهذا الشأن مع التأكيد علي الا يقل عرض الطرق الرئيسية للمحطة عن ٣٠ متر.

٧-١-١ الورش والمخازن

يتم الرجوع للأكواد المصرية المنظمة لهذا الشأن مع الالتزام بألا يقل عدد المخازن عن ثلاثة:

١ - مخزن الاغشية والفلاتر ويزود بنظام تكييف ولا تقل سعتة عن استيعاب رصيد ٦ أشهر.
٢ - مخزن قطع الغيار ولا تقل سعتة عن استيعاب رصيد ١٢ شهر.
٣ - مخزن المواد الكيماوية ولا تقل سعتة عن استيعاب رصيد ٣ أشهر تبعا للاستهلاك.

٧-١-٢ المعمل

يجب إتباع الشروط والمعايير الخاصة بإنشاء المعامل مع مراعاة الآتي:

- توافر المساحات اللازمة والمناسبة لوضع الأجهزة المختلفة وتوفير مصادر الطاقة والمياه اللازمة لتشغيلها.
- مكان خاص بالموازيين الحساسة.
- تخصيص مكان لحفظ المحاليل والمواد الكيماوية.
- وجود فتحات علوية جانبية لتركيب شفاطات لطرد الابخرة بحيث يكون منسوب هذه الفتحات اقل من منسوب سقف المعمل بمسافة لا تزيد على ٥٠سم.
- استخدام مواد التشطيبات للارضيات من السيراميك المقاوم للاحماض والاحتكاك وتبطين الحوائط من القيشاني.
- مراعاة توافر توصيلات المياه والصرف للاحواض والاجهزة التي تحتاج تلك التوصيلات (مياه - صرف صحى).
- يجب تكسية قواعد البنشات بالسيراميك أو المواد المقاومة للأحماض والاشتعال وتزويدها بالأحواض اللازمة.

- يزود المبنى بحساسات للحريق مع نظام اطفاء الحريق اتوماتيكيا.
- يزود المبنى بنظام التكييف.
- يتم الفصل بين معمل التحليل الكيميائى والبكتريولوجى على الأقل بحاجز.

ويراعي الالتزام بالأكواد المصرية المنظمة لهذا الشأن.

٧-١-٣ مبني الكلور(الغاز)

في حالة استخدام غاز الكلور، يتم الرجوع للأكواد المصرية المنظمة لشروط استخدام غاز الكلور في محطات المياه ومراعاة الالتزام بالقوانين البيئية والصحية المعنية.

٧-٢ الاعمال الإنشائية:

٧-٢-١ الشروط العامة والخاصة:

"بما لا يتعارض مع الاكواد المصرية المنظمة للأعمال الانشائية للمشروع".

- يجب أن يقوم المصمم بالتنسيق التام مع التخصصات الاخرى بالمشروع خاصة الاعمال الميكانيكية والكهربائية.
- يجب أن يقوم بالتصميم مهندس نقابي ذو خبرة كافية في تصميم المنشأت المائية (Water structure).
- يجب الالتزام بما هو وارد بالكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشات الخرسانية عند تصميم المنشات الخرسانية بالمشروع.
- يجب الالتزام بالقيم الدنيا للاحمال الواردة بالكود المصرى لحساب الاحمال على المنشات وعلى ألا تقل عن القيم المذكورة باللوحات الميكانيكية للمشروع.
- يجب الالتزام بكافة توصيات الكود المصرى لميكانيكا التربة والاساسات عند تصميم أساسات منشآت المحطة.
- يجب الالتزام بمتطلبات الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشات المعدنية فى حالة وجود منشات معدنية بالمشروع.

- يجب الالتزام بما جاء بالكود المصرى لأسس التصميم لأنظمة وتصنيفات المواد العازلة للرطوبة والمياه.
- يجب أن يقدم المصمم للمستخدم وصفاً تفصيلياً للعناصر الانشائية التى ينبغى معاينتها بشكل دورى ودوريه إجراء ذلك الفحص على أن تشمل المعاينه فحص لاى شروخ ظاهرة أو تسرب للسوائل أو تدهور فى حالة السطح الخرسانى أو أى علامات تدل على حدوث هبوط لطبقات التأسيس. وذلك ضمن اعمال الصيانة الوقائية لضمان ديمومة هذه المنشأت وسلامتها.
- يجب على المصمم أن يحدد بدقة وبوضوح نوعيات مواد وطرق العزل التى سوف يتم استخدامها مع ضرورة أن يتم تدعيم ذلك بالقطاعات التفصيلية اللازمة.
- يجب الالتزام بما هو وارد بالكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية فيما يخص الاعمال الخرسانية للمنشآت المائية.

الباب الثامن : شروط التنفيذ (الاختبارات) وتجارب الآداء والإستلام

٨-١ الإختبارات

يجب اختبار كافة المواد الواردة للمشروع طبقا لما تنظمه الاكواد المختلفة في هذا الشأن.

تخضع جميع المواد والمهمات والخردوات الداخلة فى إنشاء محطات التحلية للإختبارات اللازمة لتأكيد مدي صلاحيتها للاستخدام فى الأغراض المطلوبة لها ، وتنقسم هذه الأختبارات الى قسمين أحدهما يجري داخل مواقع إنتاجها والأخر يجري فى مواقع التنفيذ وفيما يلي توضيح لأنواع المواد المهمات والادوات المراد إختبارها داخل مواقع الإنتاج وداخل مواقع التنفيذ.

٨-١-١ المواد (المستخدمة في المنشآت المعمارية)

يتم الرجوع للأكواد المصرية المنظمة لأعمال المنشآت المعمارية والالتزام التام بها.

٨-١-٢ المهمات والخامات المستخدمة في محطات التحلية:

المحركات والطلمبات والمولدات – الكابلات – لوحات التوزيع والتحكم – الصمامات (المحابس) – الأوناش – أجهزة القياس والأنذار — طلمبات حقن الكيماويات – الأغشية – المحولات – طلمبات نقل الكيماويات– المصافي – أجهزة التقليب وخزانات الكيماويات – أجهزة التعقيم (الكلوره) بمشتملاتها – أسطوانات الكلور – أجهزة الوقاية – العدد – أجهزة التحكم والتشغيل – نوافخ وضواغط الهواء المستخدمة في الغسيل العكسي للمرشحات – آلات الورش – أجهزة مقاومة الحريق– المرشحات – الخراطيم.

٨-٢ تجارب الأداء والأستلام:

٨-٢-١ تجارب الأداء للمعدات:

يجب إجراء تجارب الاداء للمعدات طبقا للاكواد أو كما تنص عليه بنود التعاقد ويشمل في حده الادني شهادات تجارب المعدات بالمصنع أو الموقع.

٨-٢-٢ تجارب الأستلام الإبتدائى:

يجب إجراء تجارب اداء الاستلام الابتدائي طبقا للاكواد أو كما تنص عليه بنود التعاقد ويشمل في حده الادني التطابق التام بين معطيات التصميم (كما بالتعاقد) وواقع التنفيذ.

وتشمل تجارب الأداء لجميع المعدات الميكانيكية والكهربية الموردة والمكونة لوحدات المحطة عند بدء تشغيل المعدات وقبل التشغيل الدائم لها بغرض تأكيد أدائها الصحيح والتأكد من إمكانية الاعتماد عليها فى التشغيل المستمر للمحطة وتكون فى حدود المعايير والقياسات المحددة فى القوانين واللوائح والقرارات الوزارية واللوائح الخاصة ، ووزارتي الصحة والبيئة ومختلف الجهات المعنية فى هذا الشأن.

٨-٣ الاشتراطات الواجب مراعاتها عند تنفيذ الأعمال الميكانيكية والكهربية:

يراعى عند تنفيذ المراحل المختلفة من الاعمال الميكانيكية والكهربائية لمحطات التحلية الأخذ فى الاعتبار ما يلى:

٨-٣-١ قبل تركيب المهمات:

أ - يجب مراجعة الاعمال المدنية المنفذه للتأكد من الأبعاد التصميمية الموجودة بالرسومات التنفيذية والمناسيب والميول وكافة عناصر التشطيبات المدنية المذكورة بالرسومات والمواصفات الخاصة بهذه الاعمال ، كما يجب مراجعة أبعاد ومحاور الفتحات ومناسيبها والمتطلبات اللازم تحقيقها لتركيب المهمات الميكانيكية خلال هذه الفتحات وذلك طبقاً للرسومات التفصيلية التنفيذية للأعمال الميكانيكية.

ب - يجب تنفيذ المعدات طبقاً للأبعاد المحددة بمعرفة الصانع حسب الكتالوجات والرسومات المعتمده ومراعاة استخدام الخامات طبقاً للتعليمات وضبط الأفقية واستواء الأسطح.

جـ- يجب تنظيف خزانات المياه الخام والمياه المحلاة والقواعد وجميع الوحدات المدنية من أي بقايا أعمال الانشاء والبناء أثناء التنفيذ.

د - يجب مراجعه المهمات الميكانيكية (نوعية وكمية) ومطابقتها على أمرالتوريد من حيث الطراز وأرقامها المسلسله وشهادة المنشأ وشهادات التفتيش والإختبار والتأكد من مكونات وأجزاء المهمة ومطابقتها على قائمة المحتويات والرسم التفصيلي الميكانيكي.

هـ- يجب مراجعة المهمات ظاهرياً للتأكد من عدم وجود كسر أو تلف نتج أثناء أعمال النقل.

و - يجب أن تخزن الاغشية في الموقع في منطقة محمية، سواء من التجمد، أشعة الشمس المباشرة أوالحرارة الشديدة، ومختومة كما تم شحنها. و حتى تكون جاهزة للاستخدام. يجب أن يكون التخزين بعيدا عن أشعة الشمس المباشرة وعند درجة حرارة ٥-٣٠ درجة مئوية (٣٩-٨٦ درجة فهرنهايت) ، كما لا يجب تخزينها لفترة أطول من ٦ أشهر من تاريخ الانتاج.

٨-٣-٢ عند تركيب المعدات الميكانيكية والكهربائية:

تشمل المعدات الميكانيكية لمحطة تحلية مياه البحر مايلي:

١ - طلمبات الابار.
٢ - وحدات التعقيم الابتدائي.
٣ - منظومة الترشيح ونظام الغسيل العكسي لها.
٤ - منظومة الترويق والترسيب.
٥ - منظومة حقن االكيماويات.
٦ - منظومة التخلص من الكلور الزائد.
٧ - المرشحات النهائية.
٨ - طلمبات الضغط العالي.
٩ - وحدة التحلية بالأغشية.
١٠- منظومة غسيل الأغشية.
١١- منظومة إضافة الجير والصودا.
١٢- وحدات التعقيم االنهائي.
١٣- منظومة التخلص من المياه شديدة الملوحة (Reject).

المكونات التالية لمحطات تحلية مياه البحر (خاصة المعالجة الابتدائية) هى للاسترشاد وليست الحصر. والمصمم مسئول عن تصميم وحدات المعالجة الابتدائية طبقا لمعطيات التصميم وشروطه آخذا في الاعتبار تحاليل المياه الخام وشروط الشركات المنتجة للمعدات لسريان الضمان.

٨-٣-٢-١ طلمبات الابار:

- يجب مراعاة وضع الطلمبة (مستوي التركيب) بالنسبة لمنسوب مياه السحب (خاصة طلمبات الابار) وأن تستخدم الخراطيم بالاضافة الي المواسير مع طلمبة بئر لسهولة الرفع والصيانة.
- يجب أن تتماثل مادة الصنع لكل من الطلمبة مع وصلة رباط خط المواسير (أو خرطوم رفع المياه) لتفادي الصدأ.
- الاجزاء المغمورة من طلمبات البئر لا بد وأن تصنع من الصلب غير قابل للصدأ (ST.ST 316 L) أو درجة أعلي من درجات التوصيف.
- يجب عند تركيب الطلمبات بالبئر التغلب علي تأثير الدوران المحتمل للطلمبة عند بدء الدوران (Torsion Arristor).
- يجب التأكد من أن تزييت طلمبات الابار سيتم بالماء المرفوع وليس بأي ملوث لمياه البئر الخام.
- يجب التأكد من وجود صمام عدم الرجوع علي مخرج طلمبة البئر وأن يصنع من الصلب غير قابل للصدأ (ST.ST 316 L) أو درجة أعلي من درجات التوصيف.

٨-٣-٢-٢ وحدات الكلورة الابتدائية:

في حالة استخدام الكلور في التعقيم فيجب مراعاة ما يلي:

الكلور السائل : ويستخدم هيبوكلوريد الصوديوم أو هيبوكلوريت الكالسيوم (البودرة) وفي كل الحالات يجب الالتزام بحقن كمية المحلول التي ينتج منها مالا يتجاوز ٥ ملج/لتر من الكلور الحر (أو طبقا للتصميم).

خزان تحضير الكلور: يجب التأكد من وجود خزان التحضير ذو سعة مناسبة ويستخدم لتحضير الكلور المستخدم للمعالجة الابتدائية والنهائية حيث لا تقل سعة الخزان عن ٣ أيام تشغيل مع مراعاة التالي:

- يجب أن يصنع الخزان المذكور من البلاستيك المقوي بالفيبرجلاس GRP.
- يجب أن يزود الخزان بقلاب ميكانيكي رأسي يعمل بمحرك كهربائي.
- يجب ان يكون المحرك الكهربائي والقلاب مقاومين للصدأ.
- يجب تزويد الخزان بنظام قياس المنسوب.

- يجب تزويد الخزان بنظام إيقاف طلمبات نقل الكلور عند مستوي معين.
- يجب وجود طلمبة نقل الكلور السائل من خزان التحضير الي الخزان اليومي.
- يجب أن تكون طلمبة نقل الكلور السائل مخصصة لنقل الكيماويات (وليست طلمبة مياه) وتصنع من أي مادة غير قابلة للصدأ.
- يفضل أن تتم إدارة طلمبات نقل الكلور بواسطة المجال المغناطيسي Magnetic Drive Pumps لتفادي مشاكل العازل الميكانيكي Mechanical seal عند التشغيل.

٨-٣-٢-٣ خزان الكيماويات اليومي (يسري هذا علي كافة الخزانات المماثلة في المحطة):

ويراعى فيه الأتي:

- يجب وجود خزان الكلور المستخدم لحقن الكلور اليومي.
- يجب أن يصنع الخزان من البلاستيك المقوي بالفيبرجلاس GRP أو مقاوم للكيماويات.
- يجب وجود قلاب ميكانيكي رأسي يعمل بمحرك كهربائي.
- يجب ان يكون المحرك الكهربائي والقلاب مفاومين للصدأ.
- يجب تزويد الخزان بنظام قياس المنسوب.
- يجب تزويد الخزان بنظام إيقاف طلمبات حقن الكلور عند مستوي معين لحمايتها من التلف.
- يجب أن تكون طلمبة حقن الكلور من نوع الازاحة الموجبة (Positive displacement pump).
- التأكد من ان الطلمبة تعمل بواسطة رداخ (Diaphragm) سواء تم الدفع بواسطة ذراع يدار بمحرك كهربائي أو يتم الحركة بواسطة التردد الكهربائي (Solenoid Pump).
- التأكد من ان الرداخ مصنع من مادة التيفلون أو أي مادة مقاومة للكيماويات.

٨-٤ إختبار المهمات:

٨-٤-١ وحدات الأغشية Membranes

أ - التأكد من مطابقة الاغشية موضوع الاختبار لما تم إعتماده في التصميم طبقا لما يلي:

- يجب أن يتم إجراء تحليل كامل للمياه التي تدخل وحدة الغشاء.

- يجب التأكد من أن المعالجة الأولية تعمل وفقا للمواصفات قبل تحميل الأغشية في أوعية الضغط وقبل بدء تشغيل الوحدة.
- يجب التأكد من عدم وجودالكلورفى المياه الخام ، كما يجب التاكد من وجود نظام للايقاف الطارئ في حالة وجود كلور وقبل خط تغذية وحدات الاغشية مباشرة..

ب - يجب أن تكون مواصفات المياه الخام في الحدود التصميمية وتشمل:

- التأكد من أن جميع الخامات للمواسير والمعدات متوافقة مع كل من الضغط التصميمى للوحدة والأس الهيدروجيني pH أثناء التشغيل.
- التأكد من أن عدد ونوعية الخراطيش الميكرونية مناسبة للتشغيل.
- التأكد من أن جميع الوصلات ومضخات حقن الكيماويات تم توصيلها.
- التأكد من أن جميع الأجهزة تعمل باحكام كما ان وحدة التحكم تعمل بصورة جيدة.
- يتم التحقق من شهادات معايرة الأجهزة.
- التأكد من وجود صمامات الفتح والاغلاق وانها تعمل بصورة جيدة.
- وجود محابس عينات المياه الخام والمياه المنتجة والمياه شديدة الملوحة.

جـ - يجب التأكد من أن جميع الأغشية محفوظة داخل الأكياس والأكياس مازالت مغلقة.

د - التركيب : قبل البدء فى تحميل الأغشية في أوعية الضغط

- تراجع قائمة الأجزاء والتأكد من أن جميع العناصر موجودة وبالكميات الصحيحة.
- يتم تنظيف أوعية التناضح العكسى بعناية وازالة الأتربة والمواد الغريبة منها.
- ضخ المياه النظيفة داخل أوعية الضغط لإزالة أي غبار أو أى بقايا داخل الأوعية ولتساعد على دخول الأغشية داخل الأوعية.

هـ- الاجزاء المعدنية:

- يجب مراجعة شهادات المواد المصنعة.(خاصة مواسير وأجزاء .ST.ST).
- يجب فحص اللحامات بصرياً ومراجعة أبعادها.
- يجب فحص ١٠٪ من اللحامات الاورجون.
- يجب الفحص الظاهري للمصنعات ومراجعة أبعادها.

- يجب فحص معالجة الأسطح ضد المؤثرات الخارجية.

و - الأجزاء المجمعة الكاملة (Complete assemble):

- يجب الفحص الظاهري للاجزاء المجمعة ومراجعة أبعادها.

ز - لأجزاء المجمعة لمنظومة المعالجة المبدئية:

- يجب الفحص الظاهري للأجزاء المجمعة لوحدات المعالجة المبدئية ومراجعة أبعادها.
- يجب اختبار الاجزاء الكهربائية والميكانيكية من تشغيل وضبط وتحكم قبل التحميل.

ح - المحرك الكهربي وصندوق التروس:

- يجب اجراء الاختبارات الاولية للمتغيرات التصميمية للوحدات لمطابقتها بشهادات الاختبار.

ط - أجهزة القياس والتحكم:

- يجب مراجعة شهادات التصنيع والأداء والمعايرة.

ى - مرشحات الميديا:

قبل البدء في تركيب المرشحات يجب مراجعة ما يلي:

- في حالة جسم الفلتر من الصلب المعزول يجب التأكد من أن المادة العازلة ذات سطح أملس منتظم وغير ذات شروخ.
- يجب أن تتطابق شبكة التوزيع السفلية والعلوية مع التصميم.
- يجب أن تكون شبكة التوزيع السفلية والعلوية مصنوعة من مواد غير قابلة للصدأ.
- يجب أن تكون شبكة التوزيع السفلية والعلوية مثبتة بما لا يؤدي الي تحركها أو كسرها أثناء التشغيل والغسيل العكسي.
- يجب أن يكون الوسط الترشيحي (الميديا)نظيفا وخالي من الشوائب وحبيباته متجانسة وفي حدود التصميم.
- يجب ان يراعي عند إنزال الوسط الترشيحي الي قاع الفلتر الحرص الشديد ويفضل رصه باليد وحسن تسويته طبقة بعد الاخرى.

- يجب التأكد من وجود فتحة تفريغ الهواء مزودة بمحبس يدوي وصمام أمان لتفريغ الهواء.
- يجب التأكد من أن مجموعة التحكم (Face-Piping) تعمل بانتظام – سواء يدوية او اوتوماتيكية.
- يجب التأكد من ان ماسورة التفريغ (والغسيل العكسي) ذات قطر يتناسب مع معدل التدفق (معدل الغسيل العكسي يصل الي 1.3 من معدل الترشيح) أو طبقا للتصميم.
- في حالة جسم الفلتر من GRP يجب التأكد من عدم وجود أي شروخ أو خدوش أثناء النقل والتنزيل.

٨-٤-٢ منظومة الترويق والترسيب:

٨-٤-٢-١ كيماويات التخثير (Coagulants):

يسري علي منظومة كيماويات التخثير ما تم توصيفه لنظام حقن الكلور السائل من خزانات وطلمبات.

٨-٤-٢-٢ وحدات الترويق والترسيب:

فى حالة اللجوء الي نظام للترويق والترسيب سواء لضبط نسبة العكارة أو العسر يجب الرجوع الى الكود المصرى لمحطات المياه والصرف والاجزاء المختصة بهذا النظام.

٨-٤-٣ منظومة حقن الاحماض:

يسري علي منظومة حقن حامض الكبريتيك أو الهيدروكلوريك (أو أي أحماض يستخدمها التصميم) لازالة العسر من الماء الخام ويسري ما تم توصيفه لنظام حقن الكلور أو المخثرات.

٨-٤-٤ منظومة التخلص من الكلور الزائد:

- باستخدام نظام حقن كيماويات الصوديوم باي سلفيت bisulfate Sodium يسري عليها ما تم توصيفه للكلور او المخثرات.
- باستخدام فلاتر الكربون المنشط Activated carbon filters . يسري عليها ما جاء بتوصيف المرشحات.

٨-٤-٥ مرشحات الخرطوش (المرشحات النهائية):

مرشحات الخرطوش هي خط الحماية الاخير (المرشحات النهائية) قبل دخول الماء الخام الي الأغشية وقبل البدء في تركيب المرشحات يجب مراجعة مايلي:

- يجب التأكد من أن جسم الفلتر مصنع من الصلب غير القابل للصدأ مقاوم لماء البحر (316 L أو تصنيف أعلي) أو من اللدائن عالية الصلادة ومقاوم لماء البحر.
- يجب تثبيت الخراطيش بما لا يؤدي الي تحركها أو كسرها أثناء التشغيل والغسيل (في حالة قابليتها للغسيل).
- يجب أن تكون الخراطيش ذات نفاذية في حدود التصميم (٥ ميكرون مالم يصمم لغير ذلك).
- يجب تزويد فتحة تفريغ الهواء بمحبس يدوي وصمام أمان لتفريغ الهواء.
- يجب التأكد من أن محابس التشغيل تعمل بانتظام – سواء يدوية او اوتوماتيكية.
- يجب التأكد من ان ماسورة التفريغ (والغسيل) ذات قطر يتناسب مع معدل التدفق– أو طبقا للتصميم (سواء للفلاتر المعدنية أو البلاستيكية).
- يجب التأكد من عدم وجود أي شروخ أو خدوش أثناء النقل والتنزيل.

٨-٤-٦ طلمبات الضغط العالي ووحدات استعادة الضغط:

من المؤكد أن طلمبات الضغط العالي لوحدات التحلية تكون مثبتة الي مجموعة الاغشية أثناء التصنيع ، إلا ان ماسبق توصيفه فيما يخص الطلمبات في هذا الباب يسري عليها ويضاف:

- يجب أن تكون خامات تصنيع الطلمبة من أعلي درجات الصلب غير قابل للصدأ.
- يجب التأكد من قدرة الطلمبة علي مقاومة ملوحة البحر والاملاح عالية التركيز (Brine).
- يجب التأكد من وجود نظام لإيقاف الطلمبة عند إنخفاض ضغط السحب عن المدي التصميمي وكفاءة تشغيله (إذا حدث إنسداد في خراطيش المعالجة الابتدائية).

ويراعي ما ورد بأجزاء أخري من هذا الاصدار.

٨-٤-٧ اختبارات المهمات الميكانيكية للمحطة:

٨-٤-٧-١ مضخات المآخذ (بحرى، شاطئ، آبار):

- يجب إجراء الاختبار الجاف أولا وذلك بإجراء اختبار للمحرك الكهربى فقط بدون المضخة للتأكد من اتجاه الدوران ومطابقة اختبار الموقع مع شهادة اختبار المصنع.
- يجب إجراء اختبار للمضخة والمحرك الكهربى معاً لبيان مدى تحقيق المضخة لمعدلات الأداء من تصرف ورفع مانومترى مع الإستهلاك الكهربى المقنن لها.
- يجب إجراء اختبار تتابع التشغيل لجميع المضخات عن طريق لوحات التحكم (PLC) لضمان استمرار عملية ضخ المياه الخام فى حالة حدوث عطل بإحدى المضخات.

٨-٤-٧-٢ مضخات الكيماويات:

يجب اختبار جميع مضخات الكيماويات كلاً على حدة لبيان مدى مطابقتها لمعدلات الأداء من تصرف وضغط التشغيل ومطابقة خامات التصنيع الخامات المعتمدة المقاومة للكيماويات.

٨-٤-٧-٣ المرشحات:

- يجب إجراء عملية تشغيل كاملة لكل مرشح على حده.
- يجب تحديد مدى مطابقة معدلات التشغيل للمعدلات التصميمية من تصرف وفقد فى الضغوط من الناحية الهيدروليكية مع التشغيل الفعلي.
- يجب إجراء قياس كثافة الطمى (SDI) للتأكد من مطابقة كميات حقن الكيماويات الحقيقية للمعدلات المعملية المعتمدة مع الحصول على أفضل نتائج للـ (SDI) طبقا لتعليمات مصنع الأغشية.
- يجب إجراء تشغيل كامل لجميع الفلاتر لاختبار مدى الوصول للمعدلات التصحيحية وفى نطاق المسموح به من مصنع أغشية التناضح العكسى.

٨-٤-٧-٤ المرشحات الخرطوشية:

- يجب إجراء عملية تشغيل للمرشحات الخرطوشية لبيان مدى مطابقتها لمعدلات التصرف والفقد فى الضغط ومدي قدرتها علي تحسين قياس كثافة الطمى (SDI).

٨-٤-٨ أجهزة القياس:

يجب إجراء معايرة واختبار عملى بالموقع على جميع أجهزة القياس بالمحطة لبيان مدى صلاحيتها.

يجب مطابقة نتائج الاختبار للمواصفات وبيان قراءاتها للعوامل التشغيلية المختلفة ثم نقل هذه البيانات بطريقة صحيحة إلى وحدات التحكم المركزية (Scada) (أو ما يتضمنه التصميم من نظام التحكم).

٨-٤-٩ المكونات الكهربية للمحطة:

تتم اختبارات المكونات الكهربية المشار اليها طبقا للكود المصري المنظم لاعمال الكهرباء.

٨-٤-٩-١ مضخات الضغط العالى:

يجب إجراء اختبار لمضخات الضغط العالى على مرحلتين:

٨-٤-٩-١-١ اختبار جاف (Dry test):

ويكون بفصل المحرك عن المضخة وإجراء اختبار للمحرك فقط لبيان اتجاه الدوران الصحيح ثم مطابقة الاستهلاك الكهربى للمحرك لشهادة اختيار المضخة المعتمدة.

٨-٤-٩-١-٢ اختبار تشغيل:

يكون للمحرك والمضخة معاً وذلك عند تشغيل وحدة الـ (R.O) ويتم فيه مطابقة معدلات التشغيل للمعدلات التصميمية المعتمدة من تصرف ورافع مانومترى ويتم مراجعة الإهتزازات وارتفاع درجات حرارة كراسى المحاور ويتم معه اختبار محابس السحب والطرد واختبار التحكم فيها للحصول على نسب التصرف والاستخلاص فى وحدة التناضح العكسى.

٨-٤-١٠ وحدة التناضح العكسى (R.O):

يجب إجراء بدء التشغيل لوحدة الـ R.O بجميع معداتها من مضخات وفلاتر وأجهزة قياس ومضخة الضغط العالى بحيث يكون النظام متكاملاً ويتم فيه:

- مراجعة ظروف التشغيل ومطابقتها مع المعدلات التصميمية من إنتاج للمياه ونسبة استخلاص وملوحة المياه المنتجة واستهلاك كهربى واستهلاك للمواد الكيمائية ونقل بيانات من أجهزة القياس.
- بعد التأكد من صلاحية التشغيل لجميع مكونات محطة يتم إجراء اختبارات الأداء التالية:

أ - اختبار الأداء (Performance test).

ب - اختبار التشغيل (Run Test).

جـ- اختبار الاعتماد (Reliability Test).

٨-٤-١٠-١ اختبار الأداء:

يجب تشغيل جميع معدلات ووحدات محطة التحلية بكامل طاقتها لمدة ٢٤ ساعة متصلة والقيام بقياس معدلات الاستهلاك الكهربية والكيمائية وقياس معدلات الإنتاج ومطابقتها مع المواصفات المعتمدة.

فى حالة حدوث خلل أثناء اختبار الأداء لأى سبب من الأسباب الأتية يتم امتداد فترة الاختبار لفترة مماثلة مع منح النظام فترة اضافية للوصول الى حالة الثبات وهذه الحالات هى:

١ - قطع التيار الكهربى لفترة تزيد عن ٦٠ دقيقة.

٢ - عطل ميكانيكى فى النظام.

٣ - أى مؤثرات خارجية او تغير فى قراءات التشغيل والتى تكون خارج الحدود المسموح بها.

عندما يتم الوصول عند الانتهاء من اختبار الأداءوالوصول الى القياسات التصمبمية ونجاح اختبار الأداء تعتبر المحطة جاهزة للتشغيل.

٨-٤-١٠-٢ اختبار التشغيل:

ويكون بتشغيل جميع وحدات محطة التحلية لمدة ٥ – ٢٠ يوم متتالية مع القيام بعملية التبادل بين المضخات والفلاتر وإجراء عملية التشغيل العكسى لها بحيث تستمر المحطة فى التشغيل دون تأثر بهذه العمليات مع المحافظة على معدلات الإنتاج والمواصفات التصميمية وبالتالي تكون جاهزة للاعتماد.

٨-٤-١٠-٣ اختبار الاعتماد:

ويكون بتشغيل وحدات محطة التحلية جميعها لمدة ١٥ يوم متصلة دون توقف لضمان الوصول بإنتاج المحطة للطاقة التصميمية وجودة المياه المنتجة مع التشغيل الكامل لوحدات المحطة والتبادل بينها دون تأثير على عملية الإنتاج.وباجتياز إختبار الاعتماد تكون المحطة جاهزة للتشغيل المستمر.

٨-٥ مستندات التسليم يجب أن تشمل:

- عمل رسومات تفصيلية بما تم تنفيذه بالطبيعة (As built drawings) شاملا أي تعديلات بالإضافة أو النقص لما صدرت به تعليمات سواء من الإستشاري أو ممثل المالك ويتم إعتمادها من إستشاري المشروع.
- التحقق من إستلام قطع الغيار الموردة لكل معدة بكشف تفصيلي والتأكد من سلامة وصلاحية تلك القطع وتخزينها حسب الأصول الفنية.
- تقديم الكتيبات التفصيلية لتعليمات التشغيل والصيانة المثلي للوحدات (Manual).