برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل المتدرب

البرنامج التدريبي مهندس تشغيل مياه

تصميم محطات مياه الشرب والشبكات – الدرجة الثالثة

تم اعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
قطاع تنمية الموارد البشرية - الادارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي V1 1-7-2015

الفـــــهـــــرس

تصميم محطات مياه الشرب والشبكات ٤
أولا تصميم محطات مياه الشرب ٥
١. المأخذ (Intake) ٥
مأخـذ الماسورة Pipe Intake ٥
مأخـذ الشاطئShore Intake ٥
أسس التصميـم: ٦
مانعة الأعشاب الواسعة او المصافي الكبيرة Coarse Screen ٦
مانعة الأعشاب الميكانيكية او المصافي الدقيقةMechanical Weed Screen ٧
٢. بيـارة طلمبات الميـاه العكـرة ٨
انشـاء البيـارة ٨
التصميم الميكانيكي ٨
٣. التصميمات الخاصة بتركيب المضخات ٩
أ. فتحـة الدخول لخط السحب (Entrance Eye) ١٠
ب. خـط السـحب (SUCTION PIPE) ١٠
ج. مسـلوب السـحب (NOZZLE) ١١
د. مسـلوب الطـرد (DIFFUSER) ١١
ه. مصـافي خـط السـحب (STRAINER) ١٢
و. الأكـواع (ELBOWS) ١٣
ز. خـط الطـرد (DELIVERY PIPE) ١٤
ح. خـط الطـرد العمومـي (HEADER) ١٤
ط. مستوي تركيب المضخات (Pumps Level) ١٤
ي. تصميـم الخطـوط الناقلة (Arterial mains) ١٤
ك. اختيـار المضخات (Pump Selection) ١٥
٦.٢. المنحنى المميز للمضخة (Characteristic curve) ١٧
ل. تركيـــــب المضخات (Erection) ١٨
٤. بئـر التوزيـع (Distribution Shaft) ١٩
التصميـــم: ١٩
٥. الخلـط السـريع (Flash Mix) ٢٠
التصميم الهيدروليكى ٢١

القـلاب الســريع Rapid (flash) mixer	٢١
٦. أحواض الترويب والترويــق	٢٣
حوض الترويب (Flocculator):	٢٣
التصميـــم:	٢٣
حوض الترسيب (Clarifier):	٢٤
نظريـة الترسيب Sedimentation Theory	٢٤
التصميـــم:	٢٥
أحواض الترويب والترويق المشتركة (Clariflocculators)	٢٥
التصميـــم:	٢٦
منطقة الترسيب:	٢٦
٧. المرشحات (Filtration)	٢٦
مرشحات الرمل السريعة Rapid Sand Filter	٢٧
التصميـــم:	٢٧
نظام التصريف التحتي Under Drainage System	٢٨
سرعة المياه بالمواسير Flow Velocity	٢٨
مضخات غسيل المرشحات Washing Pump	٢٨
هواء الفسـيل المضغوط Compressed Air System	٢٩
٨. الكلـورة Chlorination	٢٩
٩. الخزانات الأرضية (Ground reservoirs)	٢٩
١٠. محطة طلمبات المياه المرشحة Treated Water Pumping Station	٣٠
ضــخ الميــاه المنتجــة من المحطة	٣١
التصرف التصميمي لمحطة الطلمبات	٣١
وحـدات الرفــع Pumping Unit	٣١
١١. السـرعة النوعية للمضخات Specific Speed	٣٢
١٢. المنحنيات المميزة للمضخة من واقع السرعة النوعية	٣٣
منحنى ضغط السحب الموجب الصافي (NPSH)	٣٤
منحنـى القـدرة (Power)	٣٥
تصنيف الطلمبات طبقا للسرعة الدوران	٣٥
القــدرة Power	٣٥
١٣. المطرقة المائية Water Hammer	٣٦
١٤. الطلمبات الترددية موجبة الازاحة (للكيماويات) Reciprocating Pumps	٣٨

١٥. المواسـير Piping	٣٨
ثانيا تصميم شبكات المياه	٣٩
اختيار أنواع المواسير	٤٠
الضغوط العالية	٤١
مقاومة عدوانيه التربة	٤١
النقـل والتشوين للمواسير	٤١
١. سهولة التركيب والفـك	٤١
٢. مقاومة الأحمال الخارجية	٤١
٣. مقاومة الوصلات لضغط المياه	٤٢
المواسيـــر مزاياها وعيوبها	٤٢
أ. الزهر المرن	٤٢
ب. المواسير الصلب	٤٢
جـ. المواسير الخرسانية سابقة الإجهاد	٤٣
د- المواسير البولي أستر المسلح بألياف الزجاج (.G.R.P)	٤٤
١٦. أنواع الخزانات Water Tanks	٤٤
خزان المياه المرشحة (الخزان الأرضي)	٤٤
الخزانات العالية	٤٥
سـعة التخزين	٤٧
اختيار مكان الخزان العالي	٤٨

أهداف البرنامج

فى نهاية البرنامج يكون المتدرب قادر على :-

- ذكر أسس تصميم مكونات المحطة المختلفة .
- ذكر أسس تصميم الخطوط الداخلية للمحطة .
- شرح منحنيات أداء الطلمبه (القدره – التصرف – الكفاءة – NPSH) .
- شرح نظرية الطرف المائى وذكر طرق تقليل تأثيرها .
- ذكر أسس تصميم شبكات الأمداد بالمياه .
- شرح مزايا وعيوب أنواع المواسير المختلفة .
- شرح الهدف من أنواع الخزانات المختلفة .

تصميم محطات مياه الشرب والشبكات

أولا تصميم محطات مياه الشرب

١. المأخـــذ (Intake)

ينشأ بغرض سحب المياه من مصدرها سواء أنهار أو تُرع أو بحيرات وضخها إلي محطة المعالجـــة بالاحتياجات الكمية المطلوبة.

هنـــاك أنواع متعـــددة من المآخـــــذ أشـــهرها:

- مأخذ ماسورة Pipe Intake.
- مأخذ شاطئ Shore Intake.

مأخـــــذ الماسورة Pipe Intake

يتكون من ماسورتين أو أكثر يمتدان من الشاطئ إلي مسافة كافية في النيل أو الترع بعيداً عن الشاطئ للحصول علي اجود ما في المجري من مياه وتكون هذه المواسير محمولة علي منشآت حديدية أو خرسانة مسلحة.

مأخـــــذ الشاطئ Shore Intake

يتكون من حائط أو أجنحة تبني علي شاطئ المجري المائي مباشرة من الخرسانة المسلحة أو الطوب لوقاية مداخل مواسير المياه التي تكون ماسورتين أو أكثر، وتمتد المواسير تحت جسر المجري المائي وتنتهي في بيارة طلمبات المياه العكرة.

شكل رقم (٢) مأخـــذ شاطئي من نـــوع (Outdoor)

وتراعى الخصائص التاليـــة:

- ألا يقل ميل الماسورة عن ١% في اتجاه عنبر الطلمبات.
- استقامة خطوط مواسير السحب.

- تزويد المأخذ بالشبك المانع للأعشاب والأجسام الكبيرة في الجزء الأمامي من مكان السحب.
- عمل الحماية اللازمة لمواسير المأخذ طبقاً للاشتراطات والمواصفات الفنية لخطوط المواسير المُستخدمة في كود أسس تصميم وشروط تنفيذ شبكات مياه الشرب والصرف الصحي.

أسس التصميـــــم:

١. سرعة المياه في مواسير المأخذ لا تقل عن ٠.٦ م/ ث لمنع الترسيب بالخطوط (sedimentation) ولا تزيـــد عن ٣ م/ ث لمنع التآكل وعدم نشوء فرق منسوب يؤثـــــر علي تدفـــق الميـــاه.

٢. حساب الفواقـــــد في الخطوط

- الفاقـــــد في الضغط نتيجـــــة الاحتكـــــاك بالمواسير

(يطبق معادلة "هازن وليم")

$$H = \frac{6.78L}{d.^{1.165}} \left(\frac{V}{C}\right)^{١.٨٥}$$

- V: سرعة المياه م/ث.
- d: قطر الماسورة م.
- C: معامل هازن وليم.
- L: طول الماسورة م.
- H: الفاقد في الضغط م.

- الفاقد في الضغط للكيعان والمحابس

(تُطبق المعادلة الآتية)

$$H = K.\frac{V2.}{2g}$$

ويؤخذ K (معامل الفقد) حسب كل حالة من جداول

مانعة الأعشاب الواسعة او المصافي الكبيرة Coarse Screen

- تستعمل في مأخذ المياه لحجز المواد والأجسام الكبيرة الطافية في مجرى المياه وتمنعها من الدخول إلى مواسير التوصيل الرئيسية لبيارة أو لطلمبات رفع المياه الخام إلى عملية التنقية.

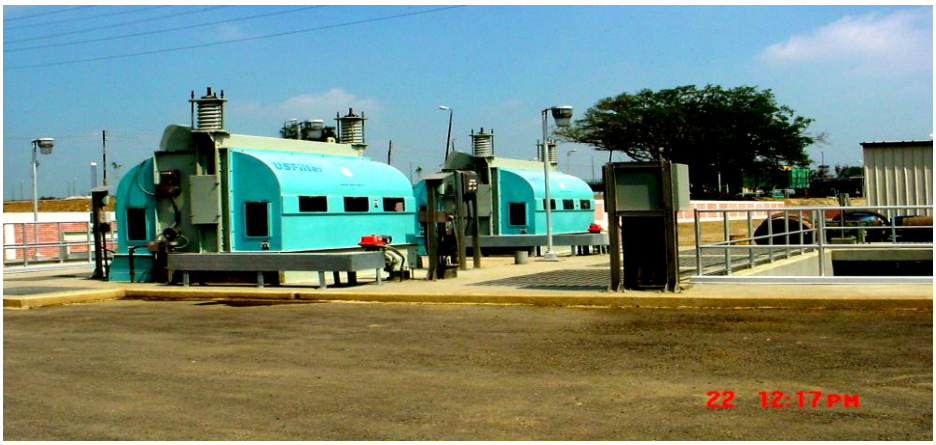
- تتكون من مجموعة من القضبان الصلب المطاوع Mild Steel ذات قطاعات دائرية قطر ١الى ١.٥ بوصة (٢٥ إلى ٤٠ مم) أو قطاعات مستطيلة مقاس ٢/١ × ٢ بوصة (١٥ × ٥٠ مم) والمسافات البينية تكون (١٠٠مم) في مأخذ الماسورة وتصل إلى (٢٥مم) في مأخذ الشاطئ.
- تثبت على بداية الهيكل الخرساني أو الصلب الحامل لمواسير مأخذ الماسورة pipe intake أو داخل برواز صلب مائل على الأكتاف الخرسانية لمأخذ الشاطئ Shore Intake.
- يتم تنظيفها يدوياً وعلى فترات يومية تجنباً لتراكم الأجسام الطافية مثل ورد النيل وخلافة ومنعها من سد منافذ دخول المياه إلى المحطة.

مانعة الأعشاب الميكانيكية او المصافي الدقيقة Mechanical Weed Screen

- تستخدم مانعة الأعشاب لحجز وإزالة الأعشاب والأجسام الصلبة الدقيقة والتي مرت من مانعة الأعشاب الثابتة الواسعة وتجميعها للتخلص منها بعيداً عن مسار خط أنتاج وتنقية مياه الشرب.
- تتكون من مجموعة من الألواح panels أو السلال Baskets المصنعة من الشبك الصلب المجلفن أو الذي لا يصدأ أو الشبك (البولي استر) داخل براويز من الصلب الذي لا يصدأ مثبتة بالتالي على سير مفصلي من الصلب.
- تكون ذات حركة رأسية Vertical Band أو دائرية Rotary.
- الفتحات الصافية Clear Opening للشبك تتراوح بين ٣ × ٣ مم إلى ١٠ × ١٠ مم وقطر أسلاك الشبك تتراوح بين ٢ إلى ٢.٥ مم.
- الخلوص بين براويز السلال أو الألواح وبعضها لا يتجاوز ٣ مم.
- مساحة المصفاه المغمورة

= معـــدل الانســـياب (متر٣/ ثانية)× سرعة المياه (متر/ ثانية) × الكفاءة

حيث تحسب سرعة المياه لتكون حوالي ٠.٦ م/ث.



شكل رقم (٣) المصافي الدقيقـــة

٢. بيـــــارة طلمبات الميـــاه العكـــرة

والغرض منها استقبال المياه القادمة من المجري المائي ومنها تُسحب بواسطة الطلمبات لرفعها إلي بئر التوزيع (Distribution shaft) الذي يقوم بالتحكم في كميات المياه الداخلة الي مراحل المعالجة التالية ان كان هناك اكثر من مسار (Module) بالتوازي

انشـــــاء البيـــــارة

تنشأ البيارة من الخرسانة المسلحة بحيث تكون مستطيلة أو دائرية الشكل وذلك حسب عدد طلمبات المياه العكرة أي التصرف الاسمي للمحطة وطبيعة التربة.

التصميم الميكانيكي

١. مدة المكث من ٥ ــ ١٠ دقيقة.

٢. يتوقف اختيار ابعاد البيارة على سرعة المياه داخل خط المواسير المغذى للبيارة V_p.

٣. يوضح الجدول الاتي السرعة في ماسورة السحب V_p مقابل الرفع المطلوب من الطلمبة:

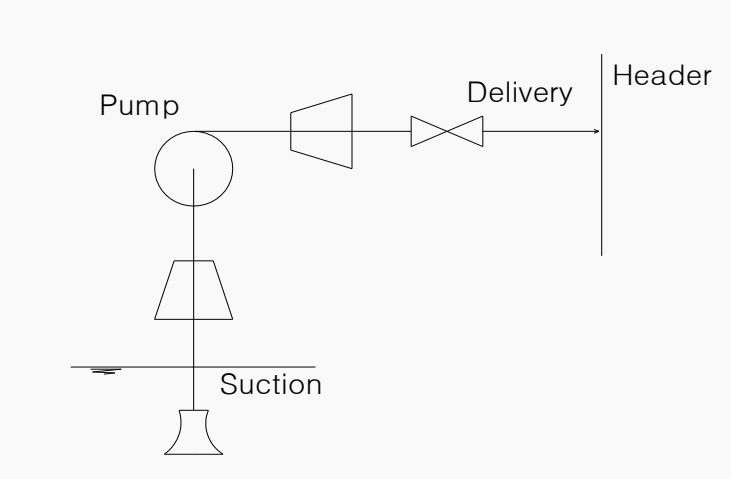
رفـــــع المضخـــــة	السرعة في ماسورة السحب
٤.٥ متر	**٠.٧٦ متر / ثانية**
حتى ١٥ متر	**١.٢ متر / ثانية**
اكبر من ١٥ متر	**١.٦٧ متر / ثانية**

٤. سرعة الاقتراب المثلى للمياه في بيارة السحب من مواسير سحب الطلمبات ٣٠ سم / ثانية، ويجب الا تزيد عن ٥٠ سم / ثانية لأقصى تصرف مطلوب لجميع الطلمبات وقت الذروة أي ما يعرف بالتصرف المركب.

شكل رقم (٤) بيـــارة الميـــاه العكـــرة

٣. التصميمات الخاصة بتركيب المضخات

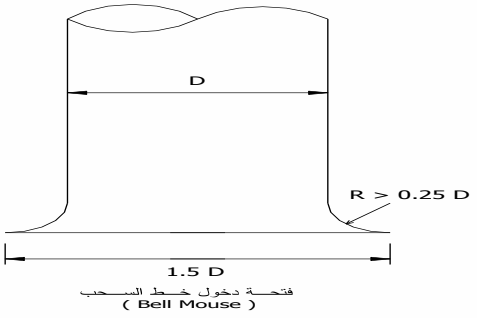
تعتبـر مرحلـة التصميمات من أهـم المراحـل التنفيذيـة الخاصـة بمحطـات الرفـع ومن الواجـب أن يصمـم كل جـزء حسـب المعاييـر الفنيـة الصحيحـة حتي يكون الفاقـد بجميـع أنواعـه أقـل ما يمكـن وبالتـالي يكون استهلاك الطاقـة عنـد الحـدود الاقتصـادية وبالنظـر إلي الشـكل رقـم (٢) والذي يمثـل مضخـة مركبـة علي مسـتوي أعلي من مسـتوي السـحب ويلاحـظ وجـوب تركيـب التجهيـزات التاليـة علي خطي السـحب والطـرد:



شـكل تخطيطي لمكونات وحـدة ضـخ

أ. فتحـــة الدخول لخط السحب (Entrance Eye)

يجب ان تكون علي هيئـــة فوهـــة جـــرس (BELL MOUTH) وأن تكـــون أبعـــادها كما في الشـــكل التالي



فتحـــة دخـــول علي هيئـــة فوهـــة جـــرس

ويلاحـــظ أن فتحـــة دخـــول خـــط الســـحب يصـــل قطـــرها إلي (١.٥) قطـــر الخـــط علـــي أن يكون نصـــف قطـــر دوران فتـــحة الجـــرس أكبـــر من (٠.٢٥) من قطـــر الخـــط.

ب. خـــط الســـحب (SUCTION PIPE)

خـــط الســـحب يجـــب أن يكون بقطـــر بحيـــث لا تزيـــد ســـرعة الســـريان فيـــه عن (٢) متـــر/ ثانيـــه. ويمكن حســـاب القطـــر (بالبوصة) بمعلومية التصرف (باللتـــر/ ثانيـــة) من العلاقـــة التاليـــة:

القطـــر(بالبوصـــة) = التصرف (اللتر/ ثانية).

- **مثال ١:**

احسب قطر سحب مضخة إذا كانت السعة الخاصة بها هي ١٠٠ لتر / ثانية

- **الحـــــل**

القطـــر= ١٠٠ (اللتر/ ثانية).

= ١٠ بوصة

- **مثال ٢:**

احسب قطـــر ســـحب مضخـــة إذا كانت ســـعتها ١٥٠ لتر/ ثانية.

- **الحـــــل**

القطـــر = ١٥٠ (اللتر/ ثانية).

= ١٢.٢٤ بوصة

≈ ١٢ بوصة

ج. مسلوب السحب (NOZZLE)

تلاحظ في بعض الأحيان عدم تركيب مسلوب أمام فتحة سحب المضخة وهذا خطأ يزيد من الفاقد الذي يتحول إلي زيادة في معدل استهلاك الطاقة فمن المفترض أن يكون قطر خط السحب أكبر من فتحة المضخة وإذا لم يكن الوضع كذلك فإن خط السحب غير مطابق للمعايير الفنية الصحيحة.

وفائدة المسلوب أنه يعمل علي تسارع المائع أو السائل عند دخوله لفتحة المروحة الخاصة بالمضخة (IMPELLER) فلا يحدث تغير فجائي في سرعة السائل وبالتالي لا تحدث مفاقيد ناتجة من الاضطراب وهو ما يعرف بوجود إجهادات قص (SHEAR STRESS) تؤدي إلي فقد في الطاقة ويجب أن يكون المسلوب بمواصفات خاصة فلا يجب أن تزيد زاوية رأس المسلوب (CONE ANGLE) عن (١٠°) عشر درجات حتي لا يتسبب في إعاقة السريان ويشكل نقطة فاقد.

وهناك معيار أخر لمواصفات المسلوب وهو طوله الذي يحدد بالعلاقة:

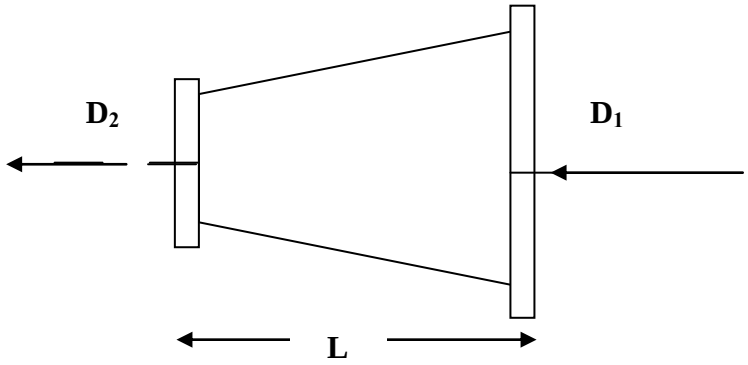
$$L > ٥ (D_١ - D_٢)$$

وحري أن تذكر في حال ما إذا كانت المضخة في مستوي أعلي من مستوي السحب فإن شكل المسلوب يختلف عما إذا كانت المضخة أسفل السحب ففي الحالة الأولي يكون المسلوب متماثلا حول محوره شكل رقم (ج – ١) أما في الحالة الثانية يكون الراسم العلوي مستو شكل رقم (ج – ٢) حتي لا تتكون جيوب هواء بخط السحب تؤدي الي مشاكل هيدروليكية تؤثر علي كفاءة الضخ أو التكاليف الممثلة في زيادة استهلاك الطاقة

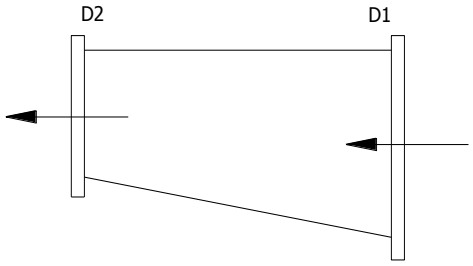
د. مسلوب الطرد (DIFFUSER)

كما ذكر آنفاً من وجوب أن تكون زاوية رأس المسلوب لا تزيد عن (١٠°) درجات لأنه في حال زيادتها يحدث انفصال (SEPARATION) للسائل عن جدران المسلوب الذي يمثل دليلا له وتتولد دوامات تؤدي إلي ضياع جزءً من الطاقة. وتجدر الإشارة إلى أن مسلوب الطرد يكون دائما متماثلا حول محوره – شكل رقم (ج – ١).

ويتصف مسلوب خط الطرد بكون قطرة الأصغر مركباً علي طرد المضخة وبزيادة القطر تقل سرعة السريان ومن ثم تتحول طاقة الحركة إلي طاقة ضغط (زيادة الضغط الإستاتيكي) وهذا يقلل فاقد الاحتكاك أي يقلل الطاقة المستهلكة لضخ وحدة الحجوم.



شكل رقم (ج – ١)



شكل رقم (ج – ٢)

ه. مصافي خط السحب (STRAINER)

إذا كانت المضخة تعمل علي مياه تحتوي علي عوالق ومن المحتمل دخول تلك العوالق إلي المضخة وإحداث مشاكل فلابد من تركيب مصافي علي فتحة السحب. وبتراكم العوالق علي هذه المصافي قد ينشأ هبوط بالضغط بخط السحب مرجعه عدم كفاية فتحات السحب لإمرار المياه بالقدر المتوافق مع سعة المضخة.

ويلاحظ أن يكون متوسط سرعة انسياب السائل من فتحات المصافي صغيرا قدر الإمكان ويفضل ألا تزيد عن (٠.٦) متر/ ثانية حيث أن زيادة السرعة تعني زيادة الفاقد في الطاقة.

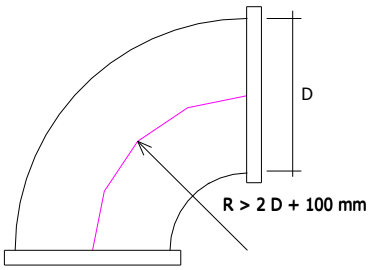
و. الأكــواع (ELBOWS)

من أهم الأجــزاء التي يتوقـــف عليها الهبــوط في الضغــط وبالتالــي زيــادة الفاقــد من الطاقــة هي الأكــواع حيــث يفضــل أن تكون مصنعــة بالســحب لكي لا تحــدث اضطراب بالســائل المــار خلالهــا ولكن في أغلــب الأحيــان تصنــع الأكــواع من المواســير حيث تصنــع من قطــع تجمــع باللحــام لتشــكل الكــوع المطلوب.

ويتوقــف كفــاءة الكــوع علي نصف قطــر دورانــه فكلما زاد نصــف قطــر الدوران زادت كفاءتــه والعكــس بالعكــس والمواصفات الألمانيــة تحــدد نصــف القطــر بالعلاقــة التاليــة:

$$R > ٢D + ١٠٠ \text{ mm}$$

وهــذا الكــوع له ميــزات – متعـــددة شــكل رقــم (٥)

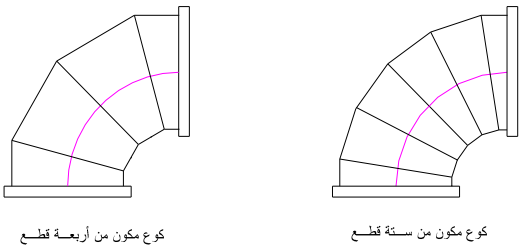


شــكل رقــم (٥)

أما المواصفات المعمول بها في مصــر فهي تحدد نصف القطر بالعلاقــة:

$$R = D$$

وفي حــال تصنيــع كــوع (٩٠°) من قطــع مواســير فإن عــددها لا يجــب أن يقــل عن ســتة حتــي لا تكــون هنــاك زوايــا تؤثــر علي الانسياب لكــن من المعتــاد أن تصنــع الأكــواع من أربــع قطــع فقــط شــكل رقــم (٦) وهــذا عــرف مبنــي علي خطــأ له تبعــات غيــر مطلوبــة خاصــة بزيــادة تكاليــف التشــغيل.



شكل رقم (٦)

ز. خط الطرد (DELIVERY PIPE)

نتيجة لضرورة تركيب مسلوب علي خط الطرد للأسباب الموضحة سابقاً فإن خط الطرد يجب أن يكون بقطر أكبر من قطر فتحة طرد المضخة حيث أن المعايير التصميمية تحدد أقصي سرعة للسريان بـ (٣) ثلاثة أمتار/ ثانية ومن الواجب ألا يكون خط الطرد طويلاً خاصة إذا كان هناك خط طرد رئيسي (Header) تصب فيه مجموعة من وحدات الضخ. أما إذا لم يكن هناك خط رئيسي فيراعي ألا تزيد السرعة عن (١.٥) متر/ ثانية.

ح. خط الطرد العمومي (HEADER)

إذا كان هناك مجموعة من المضخات المركبة علي التوازي كما هو معتاد في محطات مياه الشرب وكذا الصرف الصحي فإن خط الطرد يجب ألا تزيد سرعة السريان به عن (١.٥) متر / ثانية ويفضل أن تكون (١) واحد متر/ ثانية فقط.

ط. مستوي تركيب المضخات (Pumps Level)

هناك مستوي أو منسوب يجب أن تركب عليه المضخات بالنسبة لمستوي المياه في بيارة السحب ودون الدخول في تعقيدات من الحسابات يجب أن لا يزيد أبدا عن (٥) خمسة أمتار في أي حالة من حالات التشغيل وذلك لأن كفاءة الضخ تقل بدرجة كبيرة إذا ما وصل المنسوب الي هذا القدر ، ويفضل أن يكون الفرق في حدود (٣) ثلاثة أمتار.

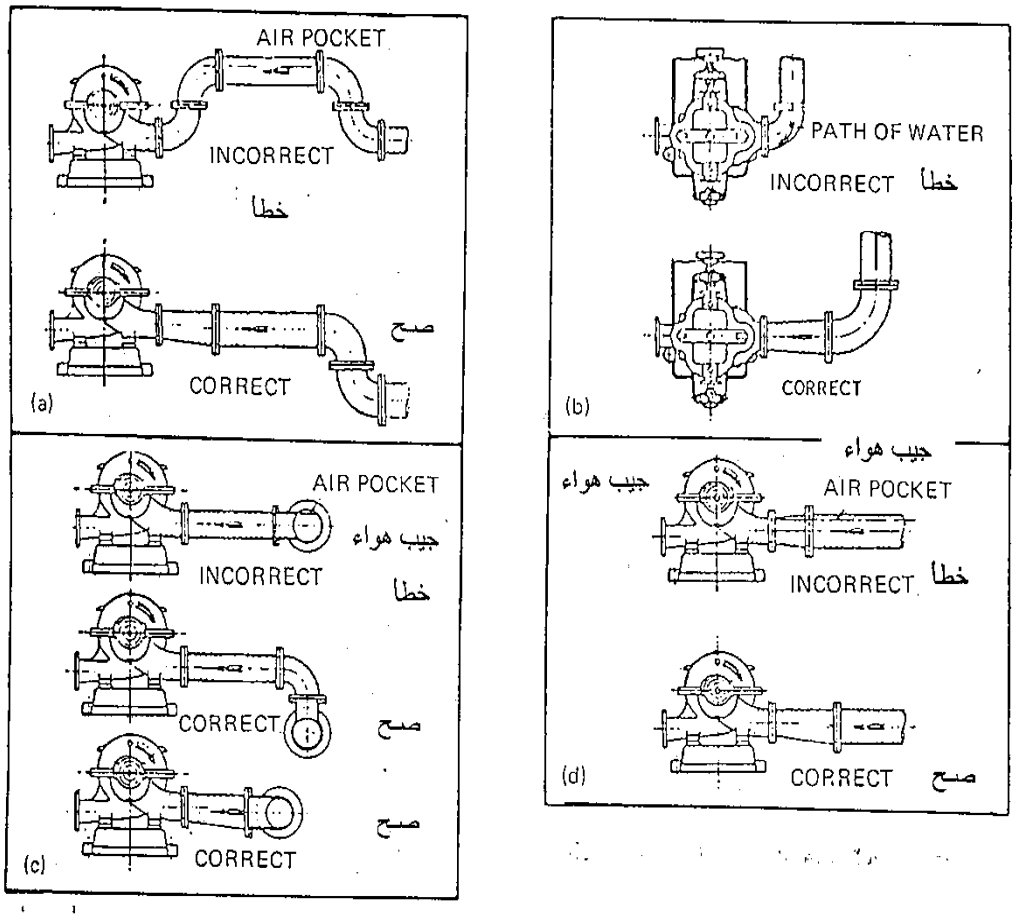
ومن المعروف أن زيادة التفريغ بخط السحب يؤدي الي زيادة تكلفة الضخ.

ي. تصميم الخطوط الناقلة (Arterial mains)

قد لا يتخيل أحد منا أن الطاقة الكهربية من الممكن أن تضيع في الخطوط الناقلة.

ولكن في الواقـــع فإن الأنظمـــة الهيدروليكيـــة بمكوناتها المختلفـــة عبـــارة عن مواضـــع من الممكن أن تكون بـــؤرة للفـــاقد مثل الخطـــوط والمســـاليب والتفريعـــات والمحابـــــس بأنـــواعها والأكـــواع وغيـــرها.

الشـــكل التالـــي يوضـــح بعض الملحوظـــات علي تركيب الخطوط الواجب تجنبها



شكل رقم (٧)

ك. اختيـــار المضخات (Pump Selection)

- **كيف يتم اختيار المضخة؟**

لكى تتم عملية الاختيار بدقة فلابد من معرفة كل ظروف استخدام تلك المضخة وخاصةً من حيث التصرف والرفـــع المطلوبين وما إذا كانت ســـتعمل ضمن نظـــام ضخ (محطة) أو ســـتعمل منفـــردة، ومن حيث التصرف والرفـــع فتحدد قيمتهما طبقاً للحاجـــة برقمين أحدهـــما يمثل التصرف باللتر / ثانية أو بالمتر المكعب / ساعة والثاني يمثل الرفـــع الكلى أو الضغـــط الكلى المطلوب بالمتر أو بالبـــار أو بغير ذلك من وحـــدات، ثم يُحـــدد نوع المضخة المطلوبة ويُحـــدد ما إذا كانت ذات مروحة مفردة الســـحب (Single Suction) أو مزدوجة السحب (Double Suction) وهل هي مشـــقوقة طولياً أو

أفقياً أم غير ذلك كأن تكون برميلية (Barrel type) (وخاصة في المضخات متعددة المراحل) أو من النـــوع ذو الجســـم الحلزوني (Volute pump) وغالباً ما تفضـــل ماركة أو صناعـــة على ســـواها وعنـــدها نلجـــأ إلى كتالـــوج الإنتـــاج الخاص بالشـــركة المنتجـــة للمضخات لاختيار الطراز المناسب. والشكل بعده يوضح هذه الطرز من إنتـــاج شركة (SARLIN)، وللإيضاح نفرض أن المطلوب مضخة غاطســـة بالمواصفات التالية:

Q (التصرف) = ٣ لتر / ثانية

H (الرفع) = ٧ أمتار

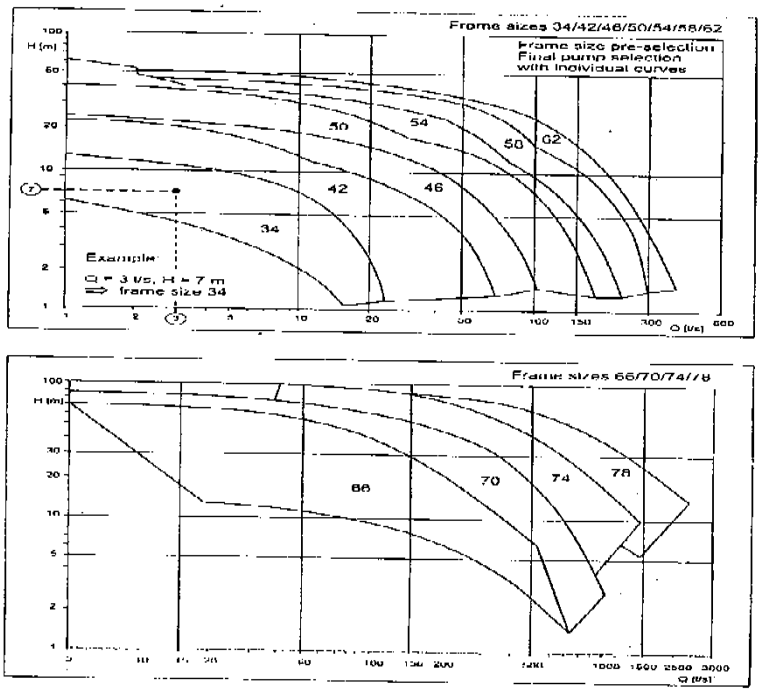
نقوم بتحديد التصرف على المحور الأفقي ثم نرســـم خطـــاً رأســـياً يتقابل مع الخط الأفقي المار بقيمة الرفـــع على المحور الرأسي فنجـــد أنه يقـــع في نطاق الرقم ٣٤ الذى يمثل الطراز المطلوب من هذه الماركة.

مثال آخر: المطلوب مضخة بالمواصفات:

Q (التصرف) = ٢٠٠ لتر / ثانية

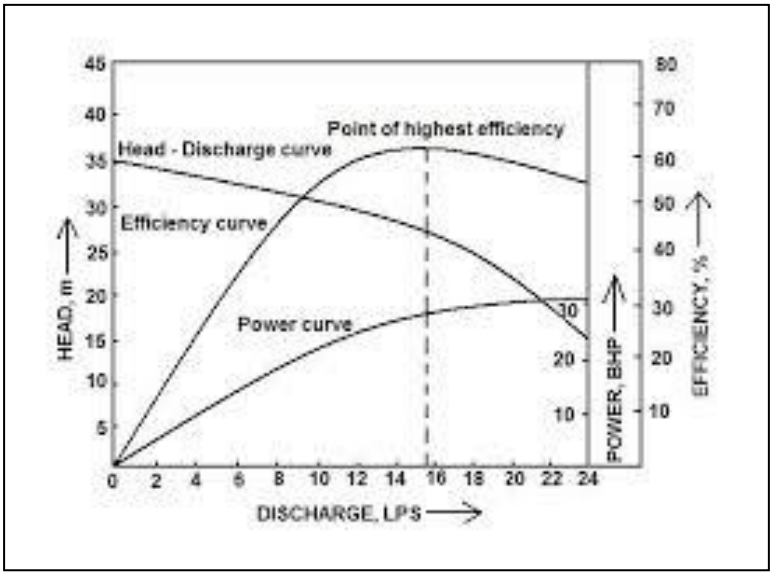
H (الرفع) = ٦٠ متر

نجـــد أن الطراز المناســـب هو رقـــم ٧٤ كما أنه من المهـــم جداً وكما ســـلف معرفته، إذا كانت المضخة ستعمل ضمن محطة أو مع مجموعة أخرى من المضخات، في هذه الحالة لابد أن يكون ضغط التشغيل مســـاوياً لضغوط تشـــغيل المضخات الأخرى لأنه الممكن ألا تعمل المضخة بمعدلاتها إذا كان هناك اختلافا في الضغـــط. بل من الممكن ألا تضخ الســـائل على الإطلاق وربما يتســـرب منها الي خزان الســـحب مرةً أخرى، ولإيضاح ذلك أنظر توصيل المضخات على التوازي والتوالي الذى سيأتي ذكره فيما بعد.



٦.٢. المنحنى المميز للمضخة (Characteristic curve)

إن المنحنى المميز للمضخة هو منحنى يرســـم ليبين قيمة التصرف (Q) والرفع الكلى (H) والقدرة الخاصة بالوحدة (P) وكذا الكفاءة (η) وما يعرف بضغط السحب الموجب



شكل رقم (٨) منحني اداء المضخة

ل. تركيـــــــــــب المضخات (Erection)

ل.١. الموقـــــــــع

هناك مجموعة من العوامل التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند اختيار موقع أو مكان تركيب وحدة الضخ (مضخة – محرك – وسيلة اتصال) وذلك لسهولة مراقبة التشغيل والصيانة وكذا تجهيز المكان بونش علوى أو اسرى وسائل رفع أخرى. ومن الواجب أن تكون وحدة الضخ قريبة قدر الإمكان من مصدر السائل كي يكون خط السحب قصيراً ومباشراً قدر المستطاع ٠ ويجب أن يكون الموقع محققاً لهدفٍ هامٍ وهو استخدام أقل

عدد من الأكواع والتجهيزات المشابهة على خط الطرد كي تكون مفاقيد الاحتكاك عند أقل قيمة لها ٠ ومن المهم أيضاً حماية الوحدة من الطفح وخاصةً إذا كان منسوب السحب أعلى من منسوب المضخة.

ل.٢. التأسيس (Foundation)

يجب أن يكون تأسيس وحدة الضخ كافياً ومحققاً لامتصاص الاهتزازات الناتجة عن التشغيل وأن يشكل تثبيتاً جاسئاً (Rigid) لفرش الوحدة (كمر التثبيت) (Baseplate) وعادةً ما يكون التأسيس من الخرسانة إلا أنه قبل عملية الصب يجب تحديد أماكن مسامير التثبيت مع وضع جرش (زلط) بقطر حوالى (٢.٥) سم بين القاعدة والفرش (الكمر) حتى يكون السطح العلوى للقاعدة الخرسانية خشن لإمكان تثبيت الجرش به (خرسانة حول الفرش المعدني

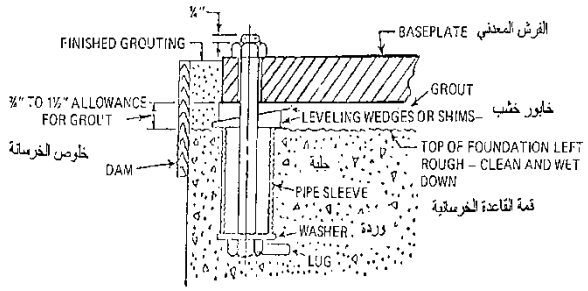
ل.٣. التركيـــب (Erection)

تحذيـــــــــــر

لا يجب محاولة رفع وحدة الضخ عن طريق التعليق للصندوق الحاوي، لأنه ربما ينكسر وبالتالي تتحطم المحتويات أو يصاب أحد بضرر شخصي بل ترفع عن طريق الإحاطة للفرش بواسطة كابلات (Wire)

يجب أولاً فك نصفي الكوبلن (Coupling) عند تركيب وحدة الضخ على القاعدة مع وضع خوابير خشب بجوار كل مسمار(كما في شكل ٩). وكذا في المسافات بين المسامير حتى لا يحدث التواء أو ترخيم للفرش.

يتم ضبط الخوابير برفع وخفض الوحدة لكى تستقيم أو تتزن فلنجات الوحدة مع خطى السحب والطرد وفي ذات الوقت الفرش ثم يتم ربط الصواميل وصب الخرسانة حول الكمر بعد تمام التثبيت وتشغيل الوحدة حوالى أسبوع . راجع الاتزان – ثم أعد تصحيح الاتزان. غَفَر المضخة والمحرك على القاعدة.



شكل رقم (٩) تثبيت المضخة علي القاعدة

٤. بئر التوزيع (Distribution Shaft)

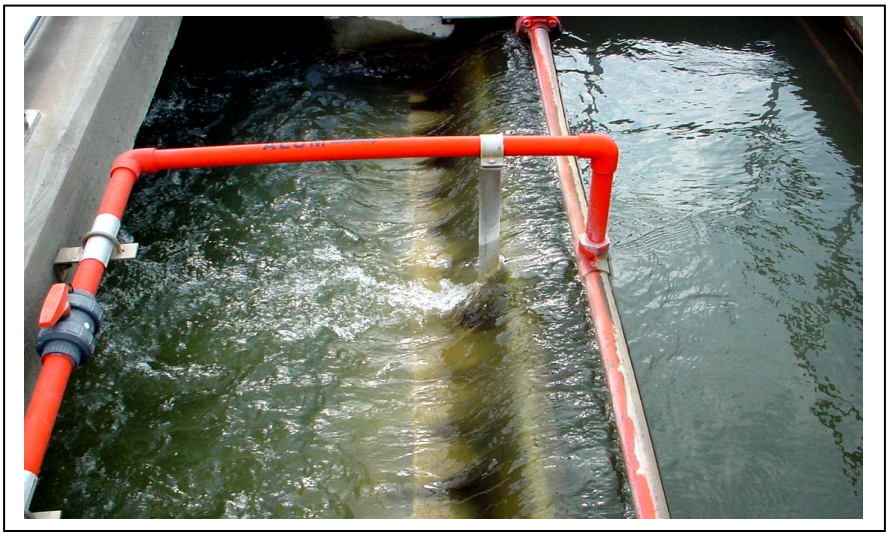
يستقبل المياه من محطة طلمبات المياه العكرة ليتم توزيعها علي المروبات وما تلاها من مروقات ووظيفة بئر التوزيع متعددة منها التحكم في كميات المياه ان كان هناك أكثر من مسار (Module) للمعالجة.

وبئر التوزيع عبارة عن غرفة من الخرسانة المسلحة تكون أسطوانية أو مربعة الشكل ومقُسمة من الداخل بعدد فتحات مساوي لعدد مواسير دخول المروبات أو المروقات وذلك عن طريق هدارات ذات منسوب واحد مع الأخذ في الاعتبار عدد الفتحات اللازمة للتوسعات المُستقبلية بالمحطة.

التصميم:

-اذا كان البئر دائريا فان القطر لا يجب أن يزيد عن ٥ أمتار.

-سرعة المياه في المواسير الخارجة من البئـــر الي المروقات يجب الا تصـــل الي (١) متر وهي في العـــادة تتراوح بين (٠.٥ – ٠.٩) متر/ ثانية.



شكل رقم (١٠) هـــدار بئـــر توزيـــع مربـــع الشـــكل

٥. الخلـــــط الســـريع (Flash Mix)

الخلـــــط الســـريع يهدف الي خلط محلول الشب مع المياه العكرة ويكون الخلط إما في حوض مجهز بقلاب ميكانيكي قبل دخوله إلي أحواض الترويب، أو بحقن محلول الشبة في مواسير طرد المياه العكرة قبل دخولها إلي الموزع.

يتكون النظام من حوض مربع أو مستطيل الشكل من الخرسانة المسلحة مركب أعلاه قلاب لتقليب محلول الشـــب لإتمام عملية الإذابة المتجانســـة والخلط ثم يؤخـــذ المحلـــول من هذا الحوض اما بقعل التثاقـــل أو الجاذبية أو بواسطة مضخـــة حقـــن ليصـــل المحلـــول الي موضـــغ الحقـــن بخـــط الميـــاه الخـــام الداخـــل الي بئـــر توزيـــع المحطـــة

شكل رقم (١١) مضخات حقـــن محلـول الشـــب

التصميم الهيدروليكى

- مدة المكث تتراوح بين (١/٢ – ١) دقيقة.
- قدرة محرك الخلاط (٢ – ٥) كيلو وات.
- سرعة القلاب تتراوح بين (٦٠ – ١٢٠) لفة في الدقيقة.

القـــلاب الســـريع Rapid (flash) mixer

يستعمل القلاب السريع في الخلط السريع Flash mixer والتوزيع المتساوي للكيماويات المجلطة Flocculants في المياه العكرة والذي يتم في وقت قصير جداً قـد لا يتعـدى عدة ثوان وهو خاص بتكسـير الروابـط الكهربية للمركبات الكيماوية.

- وهو يتكون من مجموعة اجـزاء من محرك كهربائي وصندوق تروس وعامود من الصلب المقاوم للصدأ ورفاص او مروحـة ذات ريش مسطحة مصنعة من الزهر المرن أو من الصلب الذي لا يصدأ.
- يتم التقليـب بمدخـل المروق السـريع عـادة في حوض يوفـر فتـرة مكث (Retention Time) تتراوح بين ٣٠ إلى ٦٠ ثانية.
- القـلاب الميكانيكي السريع يشـمل رفاص (Impeller) ذات ريش مسـطحة (Flat bladed propeller) يوفر تدرج في سرعة المياه بمنطقة التقليب (Velocity gradient) تتراوح قيمتـه بين حولـي (٣٠٠ إلى ٧٠٠)(ثانية)$^{-1}$.

ويلاحـــــظ التالـــي:

- يتراوح سرعة دوران القلاب ما بين ٦٠ إلى ١٢٠ لفة/دقيقة.
- يتراوح قطر الرفاص ما بين ١/٣ إلى ١/٢ قطر الحوض.
- يصل عمق الرفاص إلى ٢/٣ عمق المياه بالحوض.
- يراجع رقم رينولدز للتحقق من الانسياب المضطرب Turb. flow

حيـــــث أن رقم رينولدز يعطي من العلاقة

$R_n = \frac{d\rho n}{\mu}$. **Where**

R_n = Reynolds Number.

D = Propeller Dima. In (Meters).

ρ = Mass Density Of Water (١٠٠٠ Kg/M٣).

N = Revs/Sec للرفاص

μ = Dynamic Viscosity = ١.١٥ × ١٠$^{-٣}$ kg / m. sec. at ١٥ C.

حساب القدرة النظرية المطلوبة

$P = K\ \rho\ N^{٣}\ d^{٥}$ Kw Where:

K = drag coefficient depending to propeller shape = ١

ρ = mass density of water (١٠٠٠ kg/m^{٣}).

d = propeller diam. In (meters).

N = propeller velocity (rps)

يراجع حساب قيمة تدرج السرعة

$G = (P / \mu V)^{½}$ Where

P = theoretical power in j/sec (w).

V= Tank volume (m^{٣}).

٦. أحواض الترويب والترويـــــق

قد تكون كل من مرحلتي الترويـــب والترســـــيب يضمهما حـــوض واحـــــد او يكون كل حـــوض علي حـــدة

حوض الترويب (Flocculator):

الهدف من هذه المرحلة هو تكوين الندف نتيجة تفاعل المواد المروبة مع القلوية الطبيعية أو المُضافة حيث تتشابك الندف وتكبر في الحجم أكبر فيسهل ترسيبها في قـــاع حوض الترسيب. يتكون حوض من الخرسانة المسلحة حيث يتم التقليب داخله بأحدي الطرق التالية:

أ. هيدروليكياً داخل مسارات تنشأ بحوائل داخلية إما رأسية أو عرضية وهي تعمل علي تكوين دوامات تؤدي الي الخلط.

ب. ميكانيكيا باستخدام القلابات ذات العجلات البدالة الأفقية، أو الرأسية. أو قلابات توربينية.

وتزود القلابات الميكانيكية بمحركات كهربائية ذات سرعات متغيرة، للتحكم في سرعة التقليب المطلوبة لتكوين الندف.

التصميـــــــم:

-مدة المكث من ٢٠- ٤٠ دقيقة.

-عمق المياه بالحوض من ٢ – ٣ متر.

-السرعة بين الحوائط الحائلة في حدود ٠.٣ متر/ ثانية.

-المسافة بين الحوائط يتم حسابها بحث يكون السريان بالسرعة المحددة آنفـــــا

-السرعة المحيطية في حالة التقليب الميكانيكي في حدود ٠.٣ متر/ ثانية.

-يحتوي الحوض المستطيل ذو التقليب الميكانيكي علي ثلاثة صفوف من القلابات حيث تكون المساحة الصافية للصف الأول ٣٥% من المساحة المائية و ٢٥% للصف الثاني من المساحة المائية و ١٥% للصف الثالث من المساحة المائية.

-تُصمم القنوات المتعارضة بحيث تتراوح سرعة المياه بها ما بين ٠.١٥ إلي ٠.٤٥ م/ث ولتحقق تدرج للسرعة G يتراوح بين ٢٠ إلي ٣٥ ث$^{-١}$ ويكون الانسياب أفقي أو رأسي ويتم حساب معادلاتها كالآتي:

$$G = \sqrt{g\rho h / \mu t}$$

g = gravity constant = ٩.٨١ m/sec^{٢}

ρ = mass density = ١٠٠٠ kg./m^{٣}.

h = head loss (m).

μ = absolute viscosity = kg/m sec.

t = retention time (sec).

$h = L V^{٢} / C^{٢} R$

حيـــث أن:

L = length of mixing channel (m).

C = chezy coefficient.

R = Hydraulic radius = Area /wet circumference.

V = mean flow velocity (m/ sec).

حوض الترسيب (Clarifier):

وهو الحيز الذي تترسيب الندف فيه الندف المتكونة في أحواض الترويب وعلي سطحها المواد العالقة إلي قاع الحوض.

نظريـــة الترسيب Sedimentation Theory

ويعتمد علي أن سرعة هبوط المواد العالقة أعلي من سرعة سريان المياه من أسفل إلي أعلي ويتوقف ذلك علي حجم وكثافة المواد العالقة. وتكون ميول قاع حيز تكوين الرواسب بين ٤٥ – ٦٠ درجة لكي تسمح بخروج الروبة باستمرار أو بالنظام المتقطع إلا أن التغير في درجة حرارة مياه الدخول عن المياه بالحوض تؤدي إلي تيارات تعاكس الترسيب.

وقد تستعمل ألواح أو أنابيب الترسيب الترسيب في أحواض الترويق (Tube or Plate Settler) بإضافة ألواح أو أنابيب متكررة في الأحواض وذلك لتحســين عملية الترسيب ويزيد من كفاءة المياه المروقة بنفس السرعة من أسفل إلي أعلي.

التصميـــــــم:

الأحواض المستطيلة

-لا يقل عدد الأحواض عن أثنين.

-طول الحوض يتراوح بين (٣ –٥) العرض.

-العرض يتراوح بين (٢ – ٤) العمق.

-عمق المياه من (٢– ٤) متر.

-مدة المكث من (٢–٣) ساعة.

-معدل التحميل علي الهدار

- يبدأ من ١٥٠ متر^{٣} / متر / يوم ولا يزيد عن ٢٠٠ متر^{٣} / متر / يوم وفي حالة الهدار ذو الفتحات (v notch) لا يزيد عن ٣٠٠ متر^{٣} / متر / يوم.
- لا تزيد السرعة الأفقية عن ٣٠ سم/ دقيقة.
- لا يزيد طول الحوض عن ٥٠ متر.
- ميل القاع يكون في حدود ١–٢% ويكون اتجاه الميل ناحية حيز تجميع الرواسب في اتجاه المدخل لسريان المياه.
- سرعة المياه في المواسير الخارجة تتراوح بين ٠.٥ –٠.٧ متر/ ثانية.
- معدل التحميل السطحي (٢٠– ٤٥) متر^{٣} / متر / يوم.
- لا يقل قطر ماسورة خروج الرواسب عن ١٥٠مم ويجب خروج الرواسب بمعدل منتظم.

أحواض الترويب والترويق المشتركة (Clariflocculators)

في هذه الحالة يتم عمليتي الترويب والترويق داخل حوض دائري واحد يجمع بين حيز الترويب الداخلي وحيز الترويق الخارجي. يتكون من حوض دائري من الخرسانة ويحتوي علي الآتي:

- زحافة لكسح الروبة.
- كوبري.
- قلابات ميكانيكية.
- هدارات.
- ماسورة دخول المياه.
- ماسورة خروج المياه.

- ماسورة خروج الروبة.

التصميـــــــم:

- مدة المكث من ٢٠ – ٤٠ دقيقة.
- عمق المياه من ٢ – ٣ متر.
- السرعة المحيطية للتقليب الميكانيكي تكون في حدود ٠.٣ متر/ ثانية.
- سعة حيز الترويب من ١٥ –٢٥% من السعة الكلية.

منطقة الترسيب:

- لا يزيد قطر الحوض عن ٤٠.٠٠ متر.
- مدة المكث من ٢–٣ ساعة.

شكل رقم (١٢) حوض الترويب والترويق المشتركة

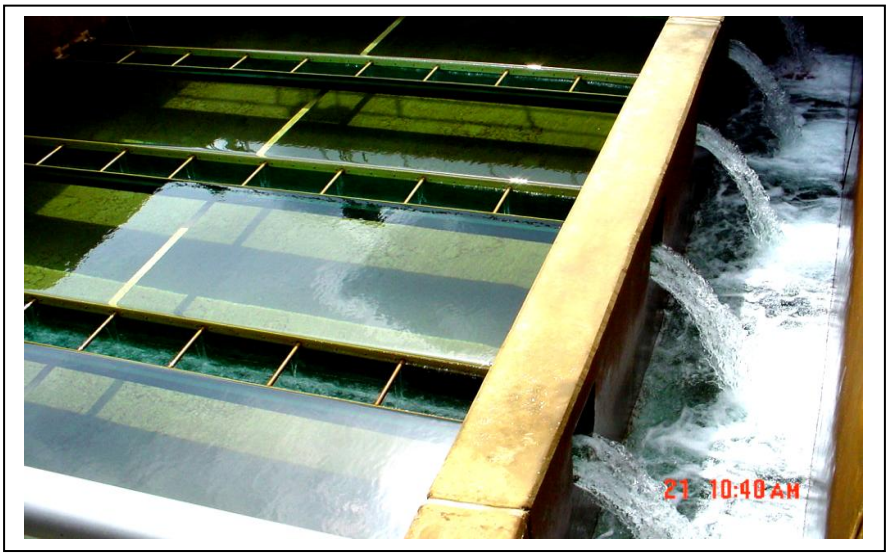
٧. المرشحات (Filtration)

تقوم المرشـــحات علي ازالة ما تبقي من مواد عالقـــة من مرحلة الترسيب المسئولة عن ازالة (٩٠%) منها ويتبقى النسبة الباقية للمرشـــحات حيث يتم التصاق المواد العالقة الموجودة في المياه المروقة علي سطح حبيبات الرمل الموجودة في المُرشح – بسبب المواد المروبة في حالة استخدامها – وبالتالي ترسيبها حيث تتكون طبقة هلامية علي سطح الرمال من المواد العالقـــة الدقيقـــة (Dirty Skin)، وما يحتمل وجوده من كائنات حية دقيقة. وهناك انواع كثيرة من المرشحات من حيث الشـــكل والتكوين الا ان ما يستخدم بالمحطات السطحية الكبيرة هو المرشحات الرملية السريعـــة.

مرشحات الرمل السريعة Rapid Sand Filter

يتكون المرشح من حوض خرساني ويحتوي علي طبقة من الرمل ذا حجم خاص وتحته طبقة من الزلط المتدرج الأحجام ويوجد تحت الزلط شبكة من المواسير المُثقبة الموزعة توزيعاً منتظماً في جميع نقط المرشح – أو بلاطات خرسانية مثقبة مُثبت عليها مصافي (فواني) من البلاستيك موزعة توزيعاً منتظماً في جميع نقط المرشح – لكي تجمع المياه المُرشحة في حوض لتخزين المياه. يُستخدم في ترشيح المياه السابق معالجتها بالمواد المجلطة (الشبة).

يتم غسيل الرمل بتمرير ودفع مياه مرشحة في اتجاه عكس الترشيح بعد تفكيك طبقة الرمل إما بالهواء المضغوط أو بالغسيل السطحي.



شكل رقم (١٣) المرشح الرملي السريع اثناء عملية الغســـــيل

التصميـــــــم:

- اذا كان الوســـط الترشيحي من الرمـــل والزلـــط فان ســـمك طبقـــة الرمل تتراوح بين (٥٠-٧٠) سم وحبيبات الرمل ذات قطر فعال بقيمة (٠.٦ -١.٥) مم ومعامل انتظام (١.٣٥ -١.٥٠). وسمك طبقة الزلـــط المتدرج تتراوح بين (٣٠-٦٠) سم.
- اذا كان الوســـط الترشـــيحي من الرمـــل فقـــط فان ســـمك طبقـــة الرمـــل يكون حوالـــي (١٠٠ – ١٢٠٠) ســـم.
- مساحة المرشح في العادة تتراوح بين (٤٠-٦٠) متر^{٢}.
- مساحة المرشح لا تتعدي ١٥٠ متر مربع.
- أقل عدد من المرشحات = ٠.٠٤٤ (تصرف المحطة)$^{٢/١}$ (متر^{٣}/ يوم).

- معدل الترشيح من (١٢٠ – ٢٠٠) متر^{٣}/ متر^{٢}/ يـــوم.
- نسبة العرض: الطول (١: ١.٢٥) أو (١: ٢).

نظام التصريف التحتي Under Drainage System

- البلوكات الخرسانية حرف M أو N ذات الفراغات الجانبية أو المواسير المثقبة الإسمنتية أو البلاستيك، أو البلاطات الخرسانية المثبت عليها المصافي او الفواني البلاستيكية.
- فترة الترشيح من (١٢– ٣٦) ساعة مع مراعاة أقصى فاقد ضغط خلال المرشح مسموح به طبقا للطراز.
- معدل كمية مياه الغسيل حوالـــي (١٥ – ٣٥) متر^{٣} / متر^{٢} / ساعة
- معدل كمية هواء الغسيل حوالـــي (٣٥ – ٧٥) متر^{٣} / متر^{٢} / ساعة.
- ضغط هواء الغسيل حوالـــي (٠.٣ – ٠.٥) كجم / سم^{٢}

سرعة المياه بالمواسير Flow Velocity

- الدخول الي المرشح حوالـــي (٠.٥ – ٠.٧٥) متر/ ثانية بمتوسط (٠.٦) متر/ ثانية.
- خروج الميـــاه المرشـــحة حوالـــي (٠.٦ – ١.٥) متر/ ثانية بمتوسط (١) متر/ ثانية.
- خط ميـــاه الغسيل حوالـــي (١.٥ – ٣) متر/ ثانية (للعمومي) بمتوسط (٢) متر/ ثانية.

مضخات غسيل المرشحات Washing Pump

تستخدم الطلمبات الطاردة المركزية في نظام الغسيل العكسي (Filter backwash) لمرشحات الرمل السريعة ومرشحات الضغط وهي مماثلة في النوعيات والمواصفات والأداء لطمبات المياه العكرة حيث ان ضغطها صغير القيمة.

يحدد تصرف الطلمبة طبقاً لمعدل الغسيل الذي يتم اختياره والذي يتراوح بين حوالـــــي (١٥–٣٥) متر^{٣} / متر^{٢} / ساعة لمرشحات الضغط وطبقاً لنوعية ونظام تشغيل أي منها مضروباً في مسطح الرمل داخل المرشح.

يحدد الرفع الديناميكي للطلمبة بحساب الرفع الأستاتيكى الكلى بين أدنى منسوب للمياه في الخزان الأرضي أسفل المرشحات ومنسوب المياه فوق الهدار.

هواء الفســـــيل المضغوط Compressed Air System

يستعمل الهواء المضغوط في محطات تنقية مياه الشرب في أحد مراحل غسيل المرشحات والتي تتطلب أن يكون معدل استخدام الهواء المضغوط من (٣٥ – ٧٥) متر^{٣} / متر^{٢} / ساعة ويضغــط يتراوح بين (٠.٣ – ٠.٥) كجم / سم٢. وبسرعة من (١٠– ٢٥) متر/ ثانية في مواسير دخول هواء الغسيل للمرشح.

٨. الكلـــــورة Chlorination

يتحـــدد الغرض من عملية الكلورة في أكسدة الطحالب وقتـــل الكائنات الحية الدقيقـــة الضارة المُسببة للأمراض مثل البكتريا والميكروبات العادية وذات الحويصلات (Shells).

بجرعات محددة من الكلـــور تحقـــن في اماكن معينـــة بمراحل عملية المعالجـــــة المتتابعـــــة بحيث لا تسبب أي أضرار بصحة الإنسان أو الحيوان وبدون إحداث تغيير في طعم ولون ورائحة المياه، ويعتبر الكلور أسهل وأرخص واعم المواد المُستخدمة في هذا الصدد في جميع محطات تنقية مياه الشرب.

ان جرعـــة الكلـــور يجب الا تؤدي الي زيادة المتبقي بالمياه المنتجة منه عن (٥) جزء في المليون طبقا لمعايير جودة ميـــاه الشـــرب المصرية الا ان هناك من التوصيات ما يوجب الا تزيد القيمة عن (٢) جزء حتي لا يحدث تفاعلا مع المواسير البلاستيكية المستخدمة في الشبكات

شكل رقم (١٤)أجهـــزة حقـــــن الكلـــور

٩. الخزانات الأرضية (Ground reservoirs)

حجـــم التخزين يحـــدد بالعلاقة التقريبية التالية

الحجـــــم= (أقصى استهلاك يومي – أقصى استهلاك شهري) + ٨٠% من التصرف اللازم للحريق.

ويلاحـــــظ أن حجم التخزين = ١٥ %- ٤٠% من طاقة المحطة للمياه المرشحة في حالة تنفيذ محطة التنقية على مرحلتين يفضل إنشاء خزان أرضي لكل مرحلة. ومن الملاحظ أيضـــا أن التخزين الارضي بالمحطات التي تقوم علي انشـــائها الهيئة القوميـــة لمياه الشرب تحـــدد بالعلاقة التالية:

- ســـــعة التخزين = تصرف المحطة (لتر/ ثانية) × ١٠ متر^{٣}
- بينما في النظـــام الأمريكي

ســـــعة التخزين= تصرف المحطة (لتر/ ثانية) × ٢٠ متر^{٣}

١٠. محطة طلمبات المياه المرشحة Treated Water Pumping Station

بيارة سحب المياه المرشحة Treated Water Sump

بيـــارة ســـحب المياه المرشـــحة تتصف بالاتـــي:

- مدة المكث داخـــل البيـــارة من (٥-١٠) دقائق
- حجم البيارة = التصرف × مدة المكث
- طول البيارة = عدد الطلمبات × المسافة بين محوري الطلمبتين
- عرض البيارة لا يقل عن (٢.٠٠) متر
- لا يقـــل عمق الراسم العلوي لمواسير سحب الطلمبات من البيارة في حالة أدنى منسوب للمياه بها عن (١.٥) قطر مدخل مواسير السحب.

شكل رقم (١٥) طلمبات المياه المرشحة

ضـــخ الميـــاه المنتجـــة من المحطة

هناك اعتبارات خاصة لمحطة ضـــخ الميـــاه المنتجـــة مثل:

١. اختيار موقع الطلمبات.
٢. التصرف التصميمي لمحطة الطلمبات.
٣. ضغط تشغيل الطلمبات.

- **اختيار موقع**

يجب اختيار موقع عنبر طلمبات الضغط العالي أقرب ما يكون إلى خزان المياه المرشحة على أن تتوافر فيه الشروط المطلوبة، ويفضل في كثير من الأحوال أن يكون التخطيط العام لمحطة التنقية، بما فيها من طلمبات، بحيث تكون طلمبات الضغط العالي وطلمبات الضغط المنخفض (العكرة) في مبنى واحد مما يسهل الإشراف والتشغيل والصيانة والاقتصاد في عدد العمال والمشرفين والفنيين.

التصرف التصميمي لمحطة الطلمبات

يتوقف التصرف الذي تصمم عليه محطة الطلمبات على العوامل السابق ذكرها مع محطة طلمبات المياه العكرة ويفضل أن يكون التصرف التصميمي لمحطة الطلمبات مساوياً للتصرف اليومي أثناء فترة الصيف مع الأخذ في الاعتبار إضافة وحدات رفع احتياطية في حدود (٣٠-٥٠%) من الوحدات الأساسية.

وحـــدات الرفـــع Pumping Unit

- يتم اختيار الطلمبات لتغطي أقصى تصرف مطلوب للمحطة.

- في حالة تنفيذ محطة المعالجـــة على مرحلتين يتم تحديد عدد وحدات الطلمبات على أساس وجود وحدات احتياطي بنســبة (١٠٠%) في المرحلة الأولى ونســـــبة (٥٠ %) في المرحلة الثانية.
- ســـرعة الميـــــاه بمواسير سحب المضختين أن لا يجـــــب تزيـــد قيمتـــه عن (١.٥) متر/ ثانيـــة وفي خطوط طرد الطلمبات لا تزيد عن (١.٨) م/ث وفي خط الطرد المجمع (Header) لا تزيد عن ١.٥٠ متر/ ثانيـــة.
- لا يـــزيد فرق المنسوب بين أدنى مستوى سطح المياه في البيارة من محـــور مروحة (Impeller)المضخـــة عن (٤) اربعـــة أمتـــار.

١١. الســـرعة النوعية للمضخات Specific Speed

السرعة النوعية من اهم المصطلحات في هالم المضخات وما يتعلق بها من محددات الاختيار وهو يعرف العلاقة التالية.

$$Ns = \frac{N.\sqrt{.Q}}{H^{3/4}}$$

Where

Ns = specific speed (unitless)

n = pump rotational speed (rpm)

Q = flow (gallons per minute)

H = head (feet)

وفي حالة اســـتخدام الوحدات الدولية (SI) او المتريـــة

Ns = specific speed (unitless)

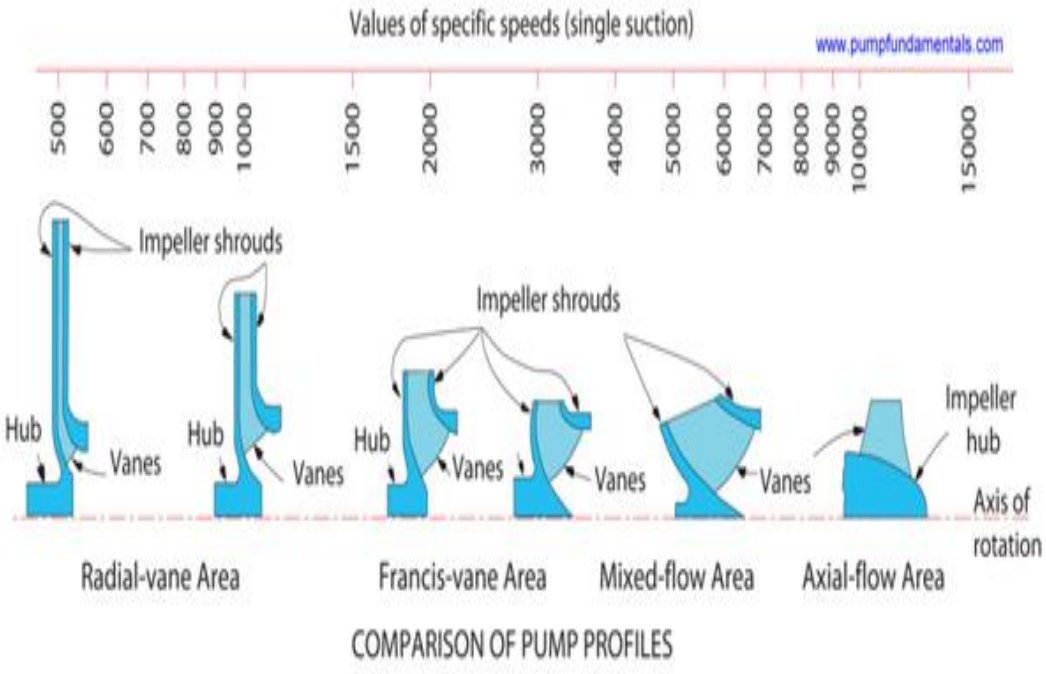
n = pump rotational speed (rpm)

Q = flow (meter cube per minute)

H = head (meter)

الشكل التالي يبين حدوده لكل شكل من مراوح (Impeller) المضخات التي يتزقف عليها شكل السريان داخل المضخة ان كان سريان قطري (Radial) او مختلط (Mixed) أو محـــوري (Axial).

وتجدر الاشارة الي ان السرعة النوعية كلما زادة زادت كفاءة المضخة لكن حالة الاستخدام هي المعيار الاول للاختيار.

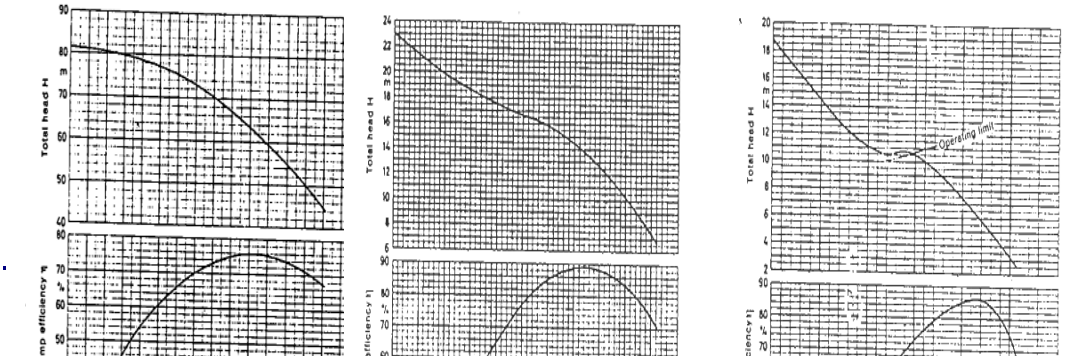


شكل (١٦)السرعة النوعية وعلاقتها بشكل مروحة المضخة ونوع السريان

١٢. المنحنيات المميزة للمضخة من واقع السرعة النوعية

إن المنحنى المميز للمضخة هو منحنى يرسم ليبين قيمة التصرف (Q) والرفع الكلى (H) والقدرة الخاصة بالوحدة (P) وكذا الكفاءة (η) وما يعرف بضغط السحب الموجب الصافي (NPSH) للمضخة الطاردة المركزية.

وكما هو موضح بشكل رقم (١٧) استخدام الوحدات الدولية (SI) او المترية فقد تم رسم ثلاث منحنيات الأول لمضخة سرعتها النوعية تبلغ (٢٠) أى سريان قطرى والثانية (٨٠) وهذا يعني أن السريان مختلطاً والثالثة (٢٠٠) وتمثل سرياناً محورياً ٠ ومن المهم معرفة أن شكل المنحنى المميز يعتمد أساساً على نوع المضخة أو المروحة (من حيث السرعة النوعية) وثانياً تأثير ضغط السحب الموجب الصافي وخصائص السائل الذى ستعمل عليه المضخة والمقصود بذلك لزوجة السائل التي لم تؤخذ في الإعتبار في هذه الأشكال.



ومن الأشكال يلاحظ ما يلى :

منحنـــى التصرف / الرفـــع (QH)

شكل (١٧)السرعة النوعية وعلاقتها بمنحنيات الاداء لمضخات الطرد المركزي

إذا كانت الســـرعة النوعية صغيرة يكون المنحنى مســـطحاً إلى حدٍ ما وكلما زادت هذه الســـرعة فإن المنحنى ينحدر بشـــكل كبير، وهذا الانحدار يزيد بدرجة كبيرة مع مراوح السريان المحوري حيث لا يجب تشـــغيل المضخة عند حد معين من التصرف (محدد على الشكل) وذلك لخطورة التشـــغيل عند تلك الظروف.

منحنـــى الكفـــاءة (η)

يكون المنحنى متجانـــس التغيـــر مع الســـرعة النوعية الصغيرة ثم يزيد معدل تغيـــره كلما زادت الســـرعة.

منحنى ضغط الســـحب الموجب الصافي (NPSH)

هذا المنحنى يحدد الضغط المطلوب ناحية الســـحب كي تعمل المضخة دون اضطراب أو مشـــاكل هيدروليكية وهذا الضغط يزيد كلما زاد تصرف المضخة وفي حالة استخدام مضخات قطرية ومختلفة السريان ولكنه يختلف في حالة الســـريان المحوري حيث يقل إلى أدنى قيمة له عندما تكون المضخة في حالة عمل عند نقطة التشـــغيل (أعلى كفاءة) وإذا زادت قيمة هذا الضغط تحدث مشـــاكل كبيرة على

المضخة من جراء التشـــغيل تحت تلك الظروف منها حدوث ما يعرف بالتكهف (Cavitation) وبالتالي زيادة اهتزاز المضخة وتآكل أجزائـــها وما يعقب ذلك من مشـــاكل.

منحنـــى القـــدرة (Power)

يعتبر منحنى القدرة هو المنحنى الاقتصادي لتشغيل المضخة وهو مؤشر على كفاءتها وكلما قلت القدرة المطلوبة لوحدة الضخ كلما كان التشغيل اقتصاديا وفي حالة المضخة القطرية كلما زاد التصرف زادت القدرة في علاقة شـــبه مســـتقيمة، بينما في حالة السريان المختلط تكون القدرة ما بين ارتفاع وانخفاض مع تغير التصرف ، أما السريان المحوري فتكون القدرة المطلوبة أعلى قيمـــةً عندما تكون المضخة منعدمة التصرف وذلك لنشوء قوى دفـــع تعاكس حركة دوران المروحة . وتقل قيمة القـــدرة بزيادة التصرف كما هو واضح بالشـــكل.

علي ما تقدم يتوجب علي القائم بالتصميم مراعاة اختيار نوع المضخة قبل البت في اختيارها في اطار التكاليف خلال عمر تشغيل المشروع وهو ما يعرف بـــ (Life Cycle Cost)

تصنيف الطلمبات طبقا للسرعة الدوران

تستخدم الطلمبات الطاردة المركزية ذات مدخل السحب المفرد أو المزدوج للرفع المتوسط والعالي وتستخدم الطلمبات المختلفة والمحورية للرفع المنخفض.

السرعة:

السرعة المنخفضة ٥٠٠ – ٧٥٠ لفة / دقيقة.

السرعة المتوسطة ١٠٠٠– ١٥٠٠ لفة / دقيقة.

السرعة المتوسطة ٣٠٠٠ لفة / دقيقة.

القـــــــدرة Power

القدرة المائية المستفادة من الطلمبة

$$\text{Water H.P} = \frac{W.Q.H}{75}$$

حيـــــث

Q التصرف (لتر / ثانية).

H الرفع الكلى (متر).

W الرفع الكلى للمرحلة (متر مياه).

H.P القدرة بالحصان وتساوى ٧٥ كجم. متر/ثانية.

القدرة على عمود الإدارة Shaft H.P

$$\text{Shaft (H.P)} = \frac{waterH.P}{\eta_H}$$

حيـــــث η_H الكفاءة الهيدروليكية للطلمبة.

القدرة الميكانيكية (Mechanical Power)

$$\text{Mech. (H.P)} = \frac{ShaftH.P}{\eta_m}$$

حيث η_m = الكفاءة الميكانيكية للنقل خلال كراسي محاور الاحتكاكات المختلفة للطلمبة.

القدرة الكهربائية المطلوبة (Mechanical Power)

$$\text{Elect. Power H.P} = \frac{Mech.H.P}{\eta_{mot}} \quad \text{hp}$$

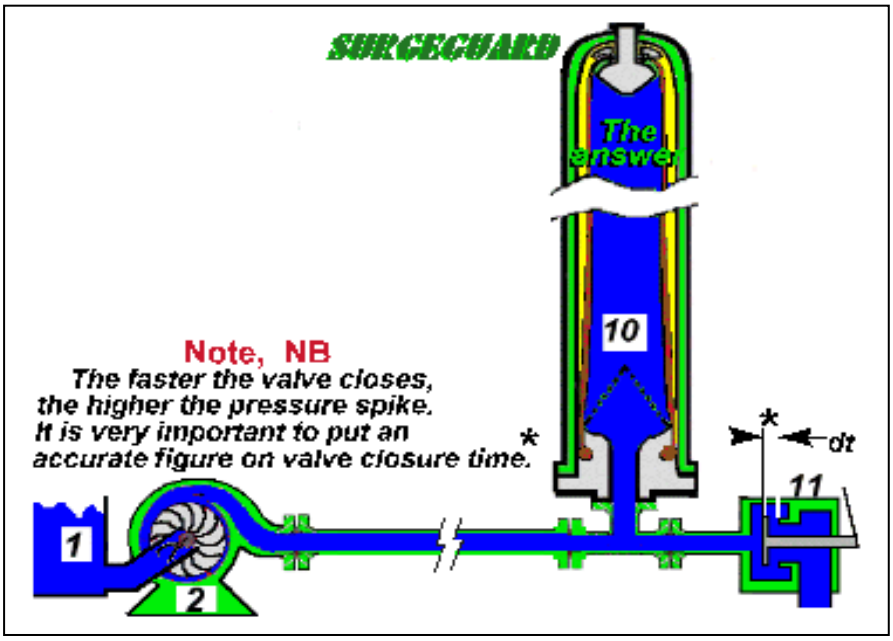
$$\text{Elect. Power Kw} = \frac{Mech.H.P}{\eta_{mot}} \times \text{KW} \qquad ٠.٧٤٦$$

١٣. المطرقة المائية Water Hammer

وهي تحدث عند تغير مفاجئ في سرعة سريان المياه في الخط نتيجة فتح أو قفل المحابس فجأة أو نتيجة تغير كميه التصرف فجأة أو بسبب التوقف أو التشغيل الفجائي للطلمبات كما يحدث في حالات انقطاع التيار وعودته.

وتسبب المطرقة المائية حدوث موجات من التضاغط والتخلخل على طول خط المواسير تصل في قوتها أضعاف ضغط التشغيل وتنتقل الموجه في خط المواسير بسرعة عالية تصل إلى سرعة الصوت ثم ترتد

ثانية في الاتجاه العكسي وهكذا يستمر ترددها محدثه صوت ومشاكل عدة اخطرها انفجار الخط أو عطل معدات الضخ الأمر الذي يتحتم معه ضرورة استخدام السبل والتدابير الوقائية ذات الاستجابة السريعة لتخفيف حده هذه الموجات وذلك للمحافظة على سلامة الخط.



شكل رقم (١٨) مركم المطرقة المائية

وهناك عدة طرق لتخفيض قوة الموجة الناشئة وبالتالي الصدمة التي تحدثها المطرقة ولما كانت قوة تأثير الموجة يتناسب طردياً مع تقليل سرعة سريانها فإن تقليل سـرعة الانسـياب سوف يكون مؤثراً ويقلل من قيمة (V) ويتم تحقيق ذلك بتقليل كمية التصرف لقطر معين أو زيادة القطر لتصرف معين.

كما توجد عدة طرق أخرى لمقاومة فعل المطرقة المائية وتقليل تأثيرها إلى أقل حد ممكن نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر:

أ. استخدام خزان الهواء " Air Vessel " الذي يملأ جزء منه بالماء ليعمل الهواء كمخدة لامتصاص موجة المطرقة (Surge Cushion) وتخفيف تأثيرها على خط المواسير بالإضافة آلي تركيب محابس تصرف هواء لإخراج تجمعات الغاز بالخط.

ب. تجهيز الخط بتوصيلات أو تحويلات لتخفيف ضغط موجة التضاغط وموازنة التخلخل.

ج. تركيب محابس تخفيف الضغط سريعة الاستجابة بالسرعة المناسبة لتقليل تأثير موجة التضاغط.

د. صمامات الهواء وهي عبارة عن صمامات تعمل على إخراج الهواء أو السائل من الخط في حاله تعرض هذا الجزء من الخط لضغوط موجبه أعلى من ضغط التشغيل وكذلك إدخال الهواء إلى الخط

في حاله تعرض هذا الجزء من الخط لضغوط سالبة عالية القيمة ويوجد فيها أنواع كثيرة كلاً منها وظيفة معينة.

١٤. الطلمبات الترددية موجبة الازاحة (للكيماويات) Reciprocating Pumps

تُستخدم الطلمبات الترددية في نقل محاليل الكيماويات المُذابة (شبة – هيبوكلورايت) وهذه الطلمبات ذات سرعة ثابتة وعزم ثابت، وهي إما أفقية أو رأسية وتحتوي هذه الطلمبات إما علي مكبس واحد أو عدة مكابس أو ذات رق (Diaphragm) وقد تحتوي علي رأس واحدة (Simplex) أو متعددة الرؤوس (Multiplex) والمكبس إما ذو تأثير مفرد أو مزدوج (Double acting) اي أن الانضغاط يتم بواسطة وجهي المكبـــس.

يتم اختيار الطلمبات طبقاً للتصرف والضغط المطلوبين فالتصرف هو التصرف المطلوب ضخه من المحلول اللازم لتحقيق الجرعة المحددة لأعمال التنقية أو التطهير وتحسب باللتر/دقيقة كالآتي:

أقصي تصرف مطلوب لمضخة حقن المحلول (لتر / ساعة)

اقصي تصرف للمياه العكرة (متر^{٣}/ ساعة) × اقصي جرعة (جم/ متر^{٣})

تركيز المحلول (جم / لتر)

١٥. المواســـــير Piping

يتكون اي مشروع محطة مياه شرب من عناصر مختلفة ولكل منها عمرا افتراضيا معروفا بالتقريب والجدول التالي يبين ذلك:

العنصـــــــر	العمر الافتراضي (ســـــنة)
المنشآت الخرسانية والمائية	٥٠
المهمات الميكانيكية	١٥ – ٢٠
المهمات الكهربائية	١٥ – ٢٠
أجهزة القياس والعدادات	١٥

المواسير وملحقاتها	**٣٠ – ٥٠**

ثانيا تصميم شبكات المياه

أ. خطوط المواسير الرئيسية الحاملة للمياه والتي تنقل المياه من محطات التنقية أو الرفع وحتى شبكات التوزيع يستخدم في تصميمها المعادلة الأساسية في علم الهيدروليكا وهي معادلة الاســتمرارية(١) ومعادلة كول –بروك (٢) ومعادلة هازن – وليامز (٣) لاستنتاج القطر المناسب

معادلة الاستمرارية (١) $Q = A \times V$

معادلة كول–يروك (٢) $$1/\sqrt{F} = -2\log\left(\frac{K}{3.71D} + \frac{2.51}{\mathrm{Re}\sqrt{F}}\right)$$

معادلة هازن – وليامز(٣)

$$V = ٠.٣٥٥\ C\ (D^{٠.٦٣})\ \ (H/L)^{٠.٥٤}$$

حيــث

Q = التصرف المار في الماسورة.

A = مساحة مقطع الماسورة الداخلي.

V = سرعة المياه في الماسورة.

F = معامل الاحتكاك للماسورة.

K = خشونة الجدار للأنواع المختلفة للمواسير.

D = القطر الداخلي للماسورة.

Re = رقم رينولد وقيمته.

(H/L) = الفاقد في الضغط.

شكل رقم (١٩) تشوين المواسير

- سرعة المياه داخل المواسير لا تزيد عن (١.٥) متر/ ثانية.
- خطوط مواسير المياه الافقية بل يجب أن يكون بها ميل حتى يمكن سحب الهواء المتواجد من النقاط العالية وتفريغ الخطوط من المياه من النقاط المنخفضة لإجراء عمليات الصيانة والتعقيم بحيث لا يقل هذا الميل عن:
  - **% في الصعود**
  - **٠.٢ % في الهبوط**
- تركب محابس الهواء في النقاط العالية من خطوط مواسير المياه.
- تركب محابس الغسيل في النقاط المنخفضة من خطوط مواسير المياه.
- تركب على خطوط المواسير محابس تحكم (قفل) عند نقاط الاتصال مع المواسير الأخرى وعلى مسافات تتراوح بين ٥٠٠م –١٠٠٠ م.
- جميع المحابس اقطار ٣٠٠ مم فاكبر تركب داخل غرف من الخرسانة المسلحة.
- درجة تحمل الضغط داخل المواسير يجب معرفتها بعد إجراء التصميم الهيدروليكي لتحديد درجة تحمل المواسير وكذلك نوعيتها.
- الردم فوق ظهر الماسورة لا يقل عن ١.٢ متر ويجب مراعاة عمق الماسورة عند غرف المحابس المختلفة.

اختيار أنواع المواسير

يتم اختيار أنسب أنواع المواسير طبقا لعده عوامل ورغم إنه من الصعوبة أن يجمع نوع معين جميع المزايا التي تحقق كل المطالب إلا إنه يمكن اختيار النوع الذي يحقق أغلب المميزات ويفي بالمتطلبات التاليـــة:

الضغوط العالية

تختلف أنواع المواسير في قوة تحملها للضغوط الواقعة عليها من محطات الضخ والتي تتمثل في الضغوط اللازمة للتغلب على:

١. الضغط الإستاتيكى الناتج من فرق المنسوب بين بداية الخط وحتى نهايته.
٢. فواقد الضغط نتيجة الاحتكاك في خط المواسير والقطع الخاصة والمحابس وكذلك الضغوط الناتجة عن تغيير الاتجاهات.... الخ.
٣. موجات الضغط الإضافية التي تحدث نتيجة المطرقة المائية التي يسببها التوقف الفجائي لطلمبات الضخ أو الفتح أو القفل الفجائي للمحابس هذه الضغوط التي قد تصل إلى أضعاف ضغط التشغيل بالخط في حالة الاتزان.

مقاومة عدوانيه التربة

اختبار مادة المواسير بحيث تقاوم إلى أقصى حد عدوانية التربة التي ستركب فيها وكذلك.

النقـــــل والتشوين للمواسير

يجب أن تتحمل الصدمات التي قد تحدث أثناء التحميل والنقل والتفريغ والتشوين وكذلك عند إنزال المواسير إلى الخنادق عند التركيب إذ أن بعض الأنواع يحدث بها شروخ شعريه نتيجة الصدمات يصعب اكتشافها أحياناً قبل التركيب مما يستلزم تغيرها عند إجراء التجارب ويجب ان تمتاز المواسير بالاتي:

١. سهولة التركيب والفـــــــك

مراعاة أن تكون أوزان المواسير وأطوالها مما يسهل معه إنزالها في الخنادق عند التركيب ويسهل عملية ضبط استقامتها Alignment كما يسهل عملية إخراجها من الخنادق عند استبدالها في أعمال الصيانة كذلك مراعاة أن تكون وسيلة توصيل المواسير مع بعضها سهلة وسريعة التركيب والفك وتتميز بقسط من المرونة.

٢. مقاومة الأحمال الخارجية

يجب أن تكون المواسير لها القدرة المناسبة كي تتحمل الأحمال الخارجية التي تتعرض لها نتيجة حركة المرور بالإضافة إلى أوزان الردم عليها كما يجب أن تكون على درجة من الصلابة لتقاوم حدوث انبعاج بها نتيجة هذه الأحمال خاصة وأن مواسير المياه تركب على أعماق ليست كبيرة.

٣. مقاومة الوصلات لضغط المياه

يتوقف جزء كبير من مقاومة خطوط المواسير للضغط الداخلي على مقاومة الوصلات ومدى إحكامها ومنعها للتسرب وتحملها للضغط الداخلي للسوائل المنقولة.

ومن أنسب أنواع المواسير التي يمكن استخدامها للأقطار الكبيرة هي الزهر المرن والصلب والخرسانة المسلحة سابقة الإجهاد والمواسير البوليستر المسلح بألياف الزجاج (G.R.P.) ونورد فيما يلي مزايا وعيوب كل نوع.

المواسيـــــــــر مزاياها وعيوبها

أ. الزهر المرن

- **مميزاتهـــا**

١. تصنع محلياً حتى قطر ١٠٠٠ مم فقط.

٢. مناسبة أوزانها بالنسبة للمواسير الأخرى.

٣. تتميز بالمزايا الميكانيكية للصلب بينما يحتفظ بميزة الزهر المقاومة للأكسدة والتآكل Corrosion

٤. معمل مرونتها عالي نسبياً مما يزيد قدرتها على تحمل الضغوط العالية والمفاجئة الناتجة عن المطرقة المائية والأحمال الخارجية العالية.

٥. قوة تحملها للصدمات وطول عمرها الافتراضي.

٦. سهولة تركيب القطع المخصوصة والمحابس.

٧. في التربة العدوانية Aggressive يمكن كسوتها بالبولي إيثلين لحمايتها وكذلك من التيارات الشاردة.

- **عيوبهـــــا**

١. تنتج محلياً بأقطار حتى ١٠٠٠مم فقط والاضطرار للاستيراد للأقطار الأكبر من ذلك.

٢. ارتفاع سعرها بدرجة ملحوظة بالنسبة لكافة أنواع المواسير المحلية.

٣. طول الوقت اللازم لتوريد المواسير من المصانع المحلية والأجنبية.

ب. المواسير الصلب

- **مميزاتها**

١. إنتاجها محلياً بأقطار حتى ١٢٠٠ مم وبمقاسات مختلفة للبدن.

٢. متانتها وقوة تحملها للضغوط والصدمات.

٣. تمتعها بمجال مرونة عالية Tensile Strength مما يزيد قدرتها على التشكيل الانسيابي بالنسبة لزوايا تغير الاتجاه الصغيرة ويجعلها قادرة على تحمل الضغوط العالية والمفاجئة والتي تنشأ عن المطرقة المائية.

٤. خفة وزنها بالنسبة للأنواع الأخرى ورخص أسعارها.

٥. سهولة وسرعة تركيبها وكذلك القطع المخصوصة والمحابس.

٦. عدم حاجتها إلى أساسات مكلفة.

- **عيوبهـــــــا**

١. إنتاجها محلياً بأقطار حتى ١٢٠٠ مم والاضطرار للاستيراد للأقطار الأكبر من ذلك

٢. ضعيفة المقاومة للأكسدة والتآكل Corrosion واحتياجها إلى حماية كاثودية Cathodic Protection .

٣. احتياجها إلى معاملات خاصة جداً للعزل الخارجي لمقاومة عدوانية الأرض.

جـــ. المواسير الخرسانية سابقة الإجهاد

- **مميزاتهـــا**

١. إنتاجها محلياً بأقطار حتى ٢٠٠٠ مم.

٢. صلاحيتها لأنواع التربة الغير عدوانية بشرط مراعاة احتياجات التأسيس وتربة الردم والدعامات.

٣. أرخص تكلفة من الأنواع الأخرى للأقطار أكبر من ٦٠٠ مم وخاصة بالنسبة للضغوط الكبيرة.

- **عيوبهـــا**

١. الزيادة الكبيرة في الوزن لكبر مقاسات غلاف بدن المواسير وخاصة في الأقطار الكبيرة مما يسبب صعوبة في التركيب وضبط الاستقالة Alignment واحتياجها لفرشه خاصة للتأسيس بتخانة كافيه لمنع الهبوط الغير منتظم نتيجة زيادة الوزن وخاصة في الأراضي الضعيفة Soft Soils

٢. مرونتها محدودة Modulus of Elasticity وخاصة عند الوصلات مما يقلل من قوة تحملها للضغوط المفاجئة الناتجة عن المطرقة المائية.

٣. تعرض غلافها الخرساني الخارجي للشروخ بسبب التمدد والانكماش الجزئي بين الخرسانة وحديد التسليح تحت تأثير الضغوط الداخلية الكبيرة وخاصة الناشئة عن المطرقة المائية.

٤. الانحراف المحدود في التركيب والذي لا يتجاوز ٥ درجات.

د- المواسير البولي أستر المسلح بألياف الزجاج (.G.R.P)

- **مميزاتها**

١. إنتاجها محلياً بأقطار حتى ١٠٠٠ مم وضغوط تشغيل حتى ١٢ جوى.
٢. نعومة السطح الداخلي مما يقلل من معدل الفقد نتيجة الاحتكاك.
٣. لا تتأثر بالتربة والتيارات الكهربائية الشاردة وبالتالي لا يحتاج إلى أي نوع من الحماية الخارجية أو الكاثوديه.
٤. خفه وزنها بالنسبة للأنواع الأخرى مما يوفر في تكاليف النقل والتركيب دون الاستعانة بمعدات ثقيلة.

- **عيوبهـــــــا**

١. أفادت الشركة أنه يمكن إنتاجها بصفة خاصة بأقطار أكبر من ١٠٠٠ مم إلا إنها ستكون غير اقتصادية.
٢. احتياجها إلى دقة خاصة في التركيب مع مراعاة احتياطات التأسيس وتربه الردم وزيادة تكلفة أعمال التأسيس مما يزيد التكلفة الكلية زيادة ملموسة.
٣. قله تحملها للصدمات واحتياجها إلى احتياطات خاصة عند النقل والتركيب والردم.

١٦. أنواع الخزانات Water Tanks

تنقسم الي ثلاثة انواع هي الخزانات الأرضية والخزانات الســطحية والخزانات العالية، وتكلفة لخزانات الســطحية أقل من الأرضية والعلوية.

خزان المياه المرشحة (الخزان الأرضي)

- الغرض منه هو استقبال المياه بعد خروجها من المرشحات، وتغذية محطات الضغط العالي بها لدفعها في الشبكات، ويبنى هذا الخزان عادة تحت سطح الأرض بالقرب من مبنى المرشحات، على أن تكون سعته كافية لاستيعاب استهلاك المدينة لمدة (٦ – ٨) ساعات، وقد تبنى خزانات المياه تحت المرشحات مباشرة، إلا أن هذا غير مفضل

شكل رقم (٢٠) خزان عالي وخزان سطحـــــي

نظراً للصعوبات الإنشائية التي تعترض التنفيذ، وقد تبنى الخزانات فوق سطح الأرض في المناطق المرتفعة، بالقرب من التجمعات السكنية، للاستفادة من فرق المنسوب.

- ويبنى الخزان بحيث تتدفق المياه فيه بانتظام في كامل قطاعه، وذلك ببناء حوائط حائلة توجه المياه من المدخل إلى المخرج وتحول دون وجود مناطق تركد فيها المياه، وتبنى الخزانات غالباً من الخرسانة المسلحة ويكون سقفها مزوداً بفتحات للتهوية مغطاة بالسلك الدقيق العيون أو بغطاء من الألومنيوم له شكل معين، بحيث يسمح بمرور الهواء ويمنع دخول الأتربة والحشرات، وتكسى الحوائط والأرضية بطبقة عازلة من مونة الإسمنت المخلوطة بمادة تمنع نفاذ المياه أو أي مادة عازلة أخرى، وينحدر القاع إلى مواسير الصرف لإمكان تنظيف الخزان، كما يفضل أن تمر المياه عند دخولها إلى الخزان على هدار أو حائط حائل، وبذلك يمكن تفريغ الخزان إلى منسوب الهدار فقط، في حالة إصلاح ماسورة أو محبس المدخل، أما ماسورة المخرج فتوضع على ارتفاع ٢٥سم من القاع بينما توضع ماسورة الغسيل على القاع مباشرة، حتى يمكن تفريغ الخزان منها.

الخزانات العالية

- وهي من الوحدات الهامة في أعمال توزيع المياه، وهي تبنى من الخرسانة أو الصلب، وتستخدم أساساً في حفظ ضغط كاف في شبكة التوزيع، ولتخزين المياه في حالة معدلات الاستهلاك المنخفضة من أجل استخدامها في حالة معدلات الاستهلاك الكبيرة (للموازنة)، ولإطفاء الحرائق، ويتم تحديد سعة الخزان حسب الغرض من استخدامه.

- للموازنة أو للتخزين، ويتصل الخزان العالي بشبكة التوزيع بواسطة ماسورة رأسية لتغذيته بالماء وكذلك تغذية شبكة التوزيع بالماء منه.
- ويعتبر الخزان العالي أرخص من الخزان الأنبوبي Stand pipe لكل وحدة حجوم من السعة التخزينية، كما أنه يفي بمتطلبات الضغط التي تستلزم وجود مباني مرتفعة في منطقة الخدمة وماسورة المياه المغذية للخزان تكون عادة هي نفسها الماسورة المغذية للشبكة من الخزان "في حالة خزانات الموازنة"، أي أنها صاعدة وهابطة في آن واحد، ويزود الخزان بالصمامات (المحابس) والوصلات التالية:

أ. صمام حجز (Sluice Valve) في أسفل الماسورة الصاعدة يقفل عندما يراد حجز الماء عن حلة التخزين للتنظيف أو الإصلاح.

ب. صمام عوامة (Float Valve) أعلى الماسورة، حيث تدخل المياه إلى الحلة عندما يزيد معدل ضخ الطلمبات عن معدل استهلاك الماء في المدينة، والغرض من هذا الصمام هو تنظيم دخول الماء بحيث يقفل الصمام تماماً إذا ما وصل الماء في الحوض إلى منسوب معين.

ج. صمام مرتد (Non – return Valve) مركب على فرع مابين الماسورة الرأسية وقاع الخزان، ويسمح هذا الصمام بخروج الماء من الحوض إلى الماسورة الرأسية (وليس بالعكس) عندما يزيد معدل استهلاك الماء من معدل ضخ الطلمبات (في حالة خزانات الموازنة).

د. صمام حجز (Sluice Valve) مركب على نفس الفرع ويقفل عندما يراد إيقاف صرف الماء من الحلة إلى شبكة التوزيع عن طريق الماسورة الرأسية، كما هو الحال عند غسيل الحلة بعد إصلاحها.

ه. كما يتصل الخزان، عن طريق ماسورة رأسية أخرى تسمى بماسورة العادم، بشبكة الصرف في المدينة (Sewerage System) لإمكان صرف المياه من الحوض بعد غسيله، ومركب على هذه الماسورة ما يلى:

١. هدار مخرج للماء الفائض، والغرض منه خروج المياه الزائدة عن منسوب معين عند حدوث خلل في صمام العوامة السابق ذكره، وهذا الهدار موجود في أعلى الماسورة.

٢. صمام حجز مركب على فرع ما بين ماسورة العادم وقاع الخزان، وهذا الصمام يظل مغلقاً مادام الخزان مستعملاً، ويفتح فقط لصرف الماء من الحوض عند غسيل الحوض.

٣. كما تتصل الماسورتان الرأسيتان: ماسورة التغذية وماسورة العادم بواسطة فرع أفقي مركب عليه صمام آمن يفتح آلياً إذا زاد الضغط في الماسورة الرأسية المغذية عن حد معين نتيجة مطرقة مائية أو تشغيل الطلمبات فجأة، وكلتا الماسورتين الرأسيتين وفروعهما من الصلب، ووصلاتهما من نوع

المواسير مكشوفة ومعرضة للتقلبات الجوية، فإنه يجب تركيب وصلة تمدد على كل منهما لمقاومة الإجهادات الناتجة عن اختلاف درجات الحرارة من وقت لآخر.

ســـــعة التخزين

يتم تحديد السعة التخزينية بغرض الموازنة خلال دورة من الملء والتفريغ وذلك على أساس:

١. الفرق بين أعلى وأقل احتياج (التغير في الاستهلاك).
٢. التخزين الاحتياطي المطلوب لإطفاء الحرائق.
٣. سعة الضخ الاحتياطي.

ويتم التخزين عادة باستخدام الخزانات الأرضية والعلوية معاً بحيث يغطى كل منها جزءاً من التخزين الكلى المطلوب.

يتم حساب حجم التخزين الأرضي حتى يفي بالاحتياجات التالية:

١. الفرق بين أقصى استهلاك يومي وأقصى استهلاك شهري (التصرف التصميمي).
٢. حجم تخزين للطوارئ من أربع إلى عشر ساعات من الإنتاج اليومي.
٣. الزمن اللازم للتلامس بين الكلور والماء للتعقيم (٣٠ دقيقة).
٤. ٨٠% من كمية التخزين للحريق.

حيث تضاف كمية التخزين للحريق إلى أكبر كمية من الثلاث كميات الأخرى.

وطبقاً للمواصفات المصرية، فإن كمية الحريق يمكن تقديرها على أساس احتياج (٦٠) متر مكعب/ساعة للحريق الواحد لمدة ساعتين، وذلك لكل ١٠٠٠٠ نسمة.

كمية المياه المطلوبة للحريق = $\frac{٦٠ \times ٢ \times \text{عدد السكان}}{١٠٠٠٠}$ متر٣

ولحساب سعة الخزان بدقة لابد من دراسة معدل استهلاك المدينة للمياه والتغييرات التي تحدث فيه من ساعة إلى ساعة في نفس اليوم ورسم منحنى تجميعي (Mass Curve) لهذا المعدل، كما يرسم على نفس الشكل المنحنى التجميعي لضخ الطلمبات، فإذا كان معدل الضخ منتظماً كان المنحنى التجميعي للضخ عبارة عن خط مستقيم، أما إذا كان معدل الضخ متغيراً، وكذلك في حالة عمل الطلمبات لساعات محدودة كل يوم يكون المنحنى التجميعي للضخ عبارة عن خط منكسر.

اختيار مكان الخزان العالي

يتم الاختيار طبقا لما يلي:

- أن يكون في موقع متوسط بالنسبة للمدينة، ويمتاز هذا الاختيار بحفظ ضغط يكاد يكون ثابتاً في المواسير في المدينة إلا في الجزء الواقع ما بين محطة الطلمبات والخزان العلوي.
- أن يكون الموقع في الجانب الآخر للمدينة بالنسبة لمحطة الطلمبات، ويمتاز بإمكانية إمداد المدينة بالمياه من جانبيها عند زيادة الاستهلاك إلا أن الضغط في المواسير بالقرب من محطة الطلمبات يكون متغيراً تغييراً كبيراً فيكون أقصاه عند عمل الطلمبات ويكون أدناه عند توقف الطلمبات وإمداد المدينة بأكملها من الخزان العلوي.
- أن يكون الموقع بالقرب من محطة الطلمبات إلا أن عيب هذا الاختيار يتمثل في ارتفاع الضغط شبكة المواسير باستمرار بالقرب من الخزان وانخفاض الضغط باستمرار في الجانب الآخر من المدينة الأمر الذي يستدعى إنشاء محطة ضغط مساعدة (Booster).
- بناء أكثر من خزان علوي في المدينة، وهذا يستدعى دراسة أعمق لتوزيع استهلاك المياه في المناطق المختلفة للمدينة ودراسة ارتفاع هذه الخزانات وطريقة توصيلها مع بعضها وطريقة رفع المياه إلى كل منها ونتيجة لهذه الدراسات تتبع إحدى الطريقتين الآتيتين:

أ. إنشاء خزان علوي رئيسي بالقرب من محطة الطلمبات، على أن تقسم المدينة إلى مناطق لكل منها خزان علوي فرعى يستمد مياهه من ماسورة رئيسية من الخزان الرئيسي مباشرة أو من خزان فرعى مجاور، ويعيب هذه الطريقة تعرض الأجزاء الأولى للشبكة القريبة من الخزان العلوي الرئيسي لضغوط عالية، مما يستدعى استعمال مواسير مرتفعة الثمن تتحمل هذه الضغوط.

إنشاء مجموعة من الخزانات المستقلة عن بعضها، على أن تنشأ بجوار كل خزان محطة طلمبات تسحب المياه من ماسورة المياه الرئيسية وترفعها إلى الخزان المجاور لها، ومن ثم تخرج المياه من الخزان لتغذية المنطقة المحيطة به.

المراجع

- **تم الإعداد بمشاركة المشروع الألماني GIZ**
- **و مشاركة السادة :-**

- مهندس / محمد غنيم شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالبحيرة
- مهندس / محمد صالح شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالبحيرة
- مهندس / يسري سعد الدين عرابي شركة مياه الشرب القاهرة
- مهندس / عبد الحكيم الباز محمود شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
- مهندس / محمد رجب الزغبي شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
- مهندس / رمضان شعبان رضوان شركة مياه الشرب والصرف الصحي بسوهاج
- مهندس / عبد الهادي محمد عبد القوي شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزة
- مهندس / حسني عبده حجاب شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزة
- مهندسة / إنصاف عبد الرحيم محمد شركة مياه الشرب والصرف الصحي بسوهاج
- مهندس / محمد عبد الحليم عبد الشافي شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالمنيا
- مهندس / سامي موريس نجيب شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالغربية
- مهندس / جويدة علي سليمان شركة مياه الشرب بالأسكندرية
- مهندسة / وفاء فليب إسحاق شركة مياه الشرب والصرف الصحي ببني سويف
- مهندس / محمد أحمد الشافعي الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
- مهندس / محمد بدوي عسل شركة مياه الشرب والصرف الصحي بدمياط
- مهندس / محمد غانم الجابري شركة مياه الشرب والصرف الصحي بدمياط
- مهندس / محمد نبيل محمد حسن شركة مياه الشرب بالقاهرة
- مهندس / أحمد عبد العظيم شركة مياه الشرب القاهرة
- مهندس / السيد رجب محمد شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالبحيرة
- مهندس / نصر الدين عباس شركة مياه الشرب والصرف الصحي بقنا
- مهندس / مصطفي محمد فراج الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
- مهندس / فايز بدر المعونة الألمانية (GIZ)
- مهندس / عادل أبو طالب المعونة الألمانية (GIZ)