المحتويـــات

م	الموضـــــوع	الصفحة
١	الوحـــــدات	٢
٢	١ ـ مقدمــة معالجة المياه السطحية	٤
٣	٢ ـ التصميم الهيدروليكي	٦
٤	٢ـ ١ المأخذ	٦
٥	٢ ـ ٢ بيــارة طلمبات الميـاه العكـرة	٩
٦	٢ ـ ٣ التصميمات الخاصة بتركيب المضخات	١٠
٧	٢ ـ ٤ بئـر التوزيــع	٢١
٨	٢ ـ ٥ الخلـط السـريع	٢١
٩	٢ ـ ٦ أحواض الترويب والترويــق	٢٤
١٠	٢ ـ ٦ ـ ١ أحواض الترسيب	٢٥
١١	٢ ـ ٦ ـ٢ أحواض الترويب والترويــق المشنركة	٢٦
١٢	٢ ـ ٧ المرشحات	٢٧
١٣	٨ ـ الكلــورة	٢٩
١٤	٢ ـ٩ الخزانات الأرضية	٣٠
١٥	٢ ـ ١٠ محطة طلمبات المياه المرشحة	٣١
١٦	٢ ـ ١١ ضـخ المرشحة	٣٢
١٧	٢ ـ ١٢ السـرعة النوعية للمضخات	٣٣
١٨	٢ ـ ١٣ المطرقة المائية	٣٧
١٩	٢ ـ ١٤ الطلمبات الترددية موجبة الازاحة	٣٨
٢٠	٢ ـ ١٥ المواســير	٣٩
٢١	٢ ـ ١٦ أنواع الخزانات	٤٤
٢٢	٣ ـ التصميم الهيدروليكي للخطوط	٥٠
٢٣	٤ ـ تصميم الشبكات باستخدام الحاسب	٥٤
٢٤	خنام	٧٠

المباديء الهيدروليكية
لمحطات تنقية مياه الشرب السطحية

الوحـــــدات (Units)

** وحـــدات الطـــول (length Units)

المتـر (meter)	=	١٠٠	سـم
	=	١٠٠٠	مـم
	=	١,٠٩٤	ياردة
	=	٣,٢٨١	قـدم
	=	٣٩,٣٧٢	بوصـة
	=	٣١٥	لينيـة
اليـاردة (Yard)	=	٣	قـدم
	=	٣٦	بوصـة
	=	٩١,٤٤	سـم
البوصـة (Inch)	=	٢,٥٤	سم

** وحـــدات الحجـــوم (Volume Units)

المتر المكعب (meter cube)	=	١٠٠٠	لتـر
	=	٣٥,٣١٧	قدم ٣
اللتـر (Litre)	=	١٠٠٠	سـم ٣

الجالون الإنجليزي (Eng Gallon.) = ٤,٥٤٣ لتر
الجالون الأمريكي (American Gallon) = ٣,٧٨٥ لتر

** وحـــدات القـــدرة (Power Units)

الحصان (hp)	=	٧٤٦	وات
الكيلو وات (Kw)	=	١٠٠٠	وات
	=	١,٣٤	حصان

** وحـدات الــوزن (Weight Units)

الكيلو جرام (Kg) = ١٠٠٠ جـرام
الرطل (lb) = ٤٥٤ جـرام

** وحـدات التصــرف (Discharge Units)

جالون أمريكي / دقيقة (USG / min) = ٢٢٧ لتر / ساعة
= ٠,٠٦٣٠ لتر / ثانية

** وحــدات الضغــط (Pressure Units)

الضغط الجـوي = ١,٠١٣ كيلو جرام / سم^{٢} (Kg / cm^{٢})
(عند منسوب سطح البحر) = ١,٠١٣ كيلـو بونـد / سم^{٢} (Kp / cm^{٢})
= ١,٠١٣ بـار (bar)

الضغط الجوي (القياسي) = ١,٠٠٠ كيلو جرام / سم^{٢}
البسكال (Pascal) = ١ نيـوتن ÷ ١ متـر^{٢}
= ٠,١٠٢ كيلو جرام / سم٢
النيـوتن = وزن كيلو جرام / ٩,٨٥٥ (عجلة الجاذبية الأرضية)

الكيلو بسكال (Kpa) = ١٠٠٠ بسكال
= ٠,١٤٢٢ رطـل / بوصة^{٢} (PSI)

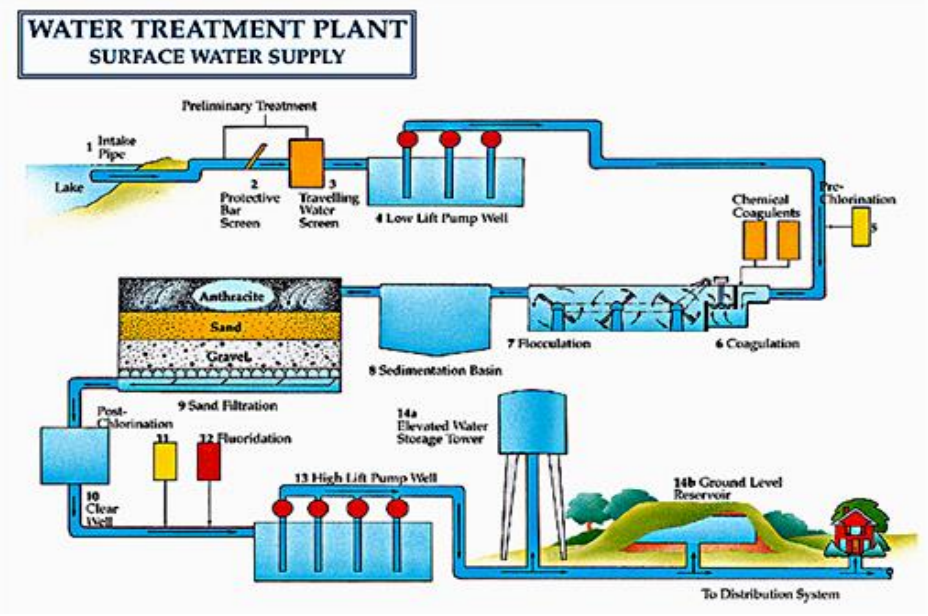
البـار (bar) = ١٠^{٥} بسكال
= ١٠٠ ٠٠٠ بسكال
= ١٤,٢٢ رطـل / بوصة^{٢} (PSI)

المباديء الهيدروليكية

١ - مقدمـــة

معالجة المياه السطحية

تحتوي المياه السطحية على نسبة قليلة من الأملاح مقارنة بالمياه الجوفية التي يحتوي بعضها على نسب عالية من الاملاح، وهي بذلك نعد مياه يسرة (غير عسرة) حيث تهدف عمليات معالجتها بصورة عامة إلى إزالة المواد العالقة التي تسبب ارتفاعا في العكر وتغيرا في اللون والطعم والرائحة ، وعليه يمكن القول أن معظم طرق معالجة هذا النوع من المياه اقتصر على عمليات الترسيب والترشيح والتطهير. وتتكون المواد العالقة من مواد عضوية وطينية، كما يحتوي على بعض الكائنات الدقيقة مثل الطحالب والبكتيريا. ونظرا لصغر حجم هذه المكونات وكبر مساحتها السطحية مقارنة بوزنها فإنها تبقي معلقة في الماء ولا تترسب. إضافة إلى ذلك فإن خواصها السطحية والكيميائية يمكن تغييرها باستخدام عمليات الترويب وهي الطريقة الرئيسية لمعالجة المياه السطحية،



شكل رقم (١) خطوات معالجة المياه

حيث تستخدم بعض المواد الكيمائية لتقوم بإخلال اتزان المواد العالقة وتهيئة الظروف الملائمة لترسيبها وإزالتها بأحواض الترسيب.ويتبع عملية الترسيب عملية ترشيح باستخدام مرشحات رملية لإزالة ما تبقى من الرواسب، ومن المروبات المشهورة كبريتات الألمنيوم

وكلوريد الحد يديك، ويمكن أيضا استخدام الكربون المنشط لإزالة العديد من المركبات العضوية التي تسبب تغيرا في طعم ورائحة المياه وكذا بعض المواد الناشئة من تفاعل الكلور مع بعض المواد الموجودة بالمياه.
وهناك وعدة مراحل لمعالجة المياه السطحية كما في الشكل هي:

١ – مواسير سحب المأخذ
٢ – قضبان المصافي الحامية (المصافي الكبيرة)
٣ – المصافي المتحركة (المصافي الدقيقة)
٤ – بئر سحب مضخات الرفع المنخفض
٥ – اضافة الكلور المبدئي
٦ – اضافة المروب (الشب) والخلط
٧ – عملية الترويب
٨ – حوض الترسيب (المروق)
٩ – الترشيح السريع
١٠ – خزان المياه المرشحة
١١ – اضافة الكلور النهائي
١٢ – اضافة الفلور (لا يضاف في مصر لعدم الحاجة)
١٣ – بئر سحب مضخات الضغط العالي
١٤ – التخزين
أ - خزان مياه عالي
ب - خزان مياه أرضي

٢ – التصميم الهيدروليكي

٢ - ١ المأخذ (Intake)

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

هناك أنواع متعددة من المآخذ أشهرها :

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

– مأخذ 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 .

– مأخذ 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) مأخذ شاطئي من نوع (Outdoor)

وتراعي الخصائص التاليـة :

- 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 التصميـم :

١. سرعة المياه في مواسير المأخذ لا تقل عن ٠,٦ م/ ث لمنع الترسيب بالخطوط (sedimentation) ولا تزيد عن ٣ م/ ث لمنع التآكل وعدم نشوء فرق منسوب يؤثر علي تدفق المياه .

٢. حساب الفواقد في الخطوط

- الفاقد في الضغط نتيجة الاحتكاك 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 ١,٥بوصة (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 الشاطى.
- تثبت على بداية الهيكل الخرساني أو الصلب الحامل لمواسير مأخذ الماسورة pipe intake أو داخل برواز صلب مائل على الأكتاف الخرسانية لمأخذ الشاطى 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

= معدل الانسياب (متر٣/ ثانية)× سرعة المياه (متر/ ثانية) × الكفاءة

حيث ، تحسب سرعة المياه لتكون حوالي ٠,٦ م/ث.

شكل رقم (٣) المصافي الدقيقـة

٢ ـ ٢ بيــارة طلمبات الميـاه العكـرة

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

انشــاء البيــارة

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

التصميم الميكانيكى

١ـ مدة المكث من ٥ ـ ١٠ دقيقة
٢ـ يتوقف اختيار ابعاد البيارة على سرعة المياه داخل خط المواسير المغذى للبيارة V_p .

٣- يوضح الجدول الاتى السرعة فى ماسورة السحب V_p مقابل الرفع المطلوب من الطلمبة :

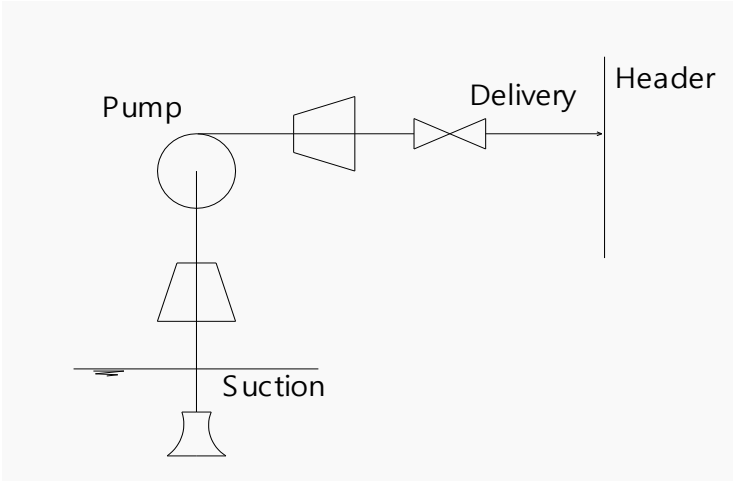
رفع المضخة		السرعة فى ماسورة السحب	
٤,٥	متر	٠,٧٦	متر / ثانية
حتى ١٥	متر	١,٢	متر / ثانية
اكبر من ١٥	متر	١,٦٧	متر / ثانية

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

شكل رقم (٤) بيارة المياه الغكرة

٢ – ٣ التصميمات الخاصة بتركيب المضخات .

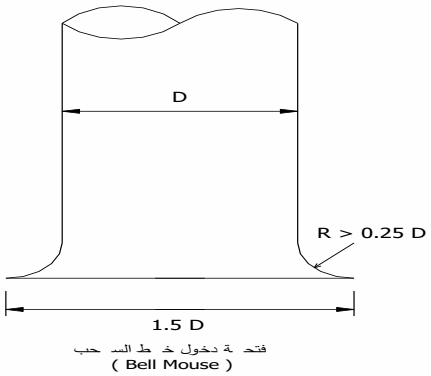
تعتبر مرحلة التصميمات من أهم المراحل التنفيذية الخاصة بمحطات الرفع ومن الواجب أن يصمم كل جزء حسب المعايير الفنية الصحيحة حتي يكون الفاقد بجميع أنواعه أقل ما يمكن وبالتالي يكون إستهلاك الطاقة عند الحدود الاقتصادية وبالنظر إلي الشكل رقم (٢) والذي يمثل مضخة مركبة علي مستوي أعلي من مستوي السحب ويلاحظ وجوب تركيب التجهيزات التالية علي خطي السحب والطرد :



شكل (٥) تخطيطي لنكونات وحدة ضخ

أ- فتحة الدخول لخط السحب (Entrance Eye)

يجب ان تكون علي هيئة فوهة جرس (BELL MOUTH) وأن تكون أبعادها كما في الشكل التالي



شكل (٦) فتحة دخول علي هيئة فوهة جرس

ويلاحظ أن فتحة دخول خط السحب يصل قطرها إلي (١,٥) قطر الخط علي أن يكون نصف قطر دوران فتحة الجرس أكبر من (٠,٢٥) من قطر الخط .

ب- خط السحب (*SUCTION PIPE*)

خط السحب يجب أن يكون بقطر بحيث لا تزيد سرعة السريان فيه عن (٢) متر/ ثانيه . ويمكن حساب القطر (بالبوصة) بمعلومية التصرف (باللتر/ ثانية) من العلاقة التالية :

القطر (بالبوصة) = $\sqrt{\text{التصرف (اللتر/ ثانية) .}}$

- مثال ١ :

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

الحـل

القطر = $\sqrt{١٠٠ \text{ (اللتر/ ثانية) .}}$

= ١٠ بوصة

- مثال ٢ :

احسب قطر سحب مضخة إذا كانت سعتها ١٥٠ لتر/ ثانية .

الحـل

القطر = $\sqrt{١٥٠ \text{ (اللتر/ ثانية) .}}$

= 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 إستهلاك 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 الإضطراب 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 :

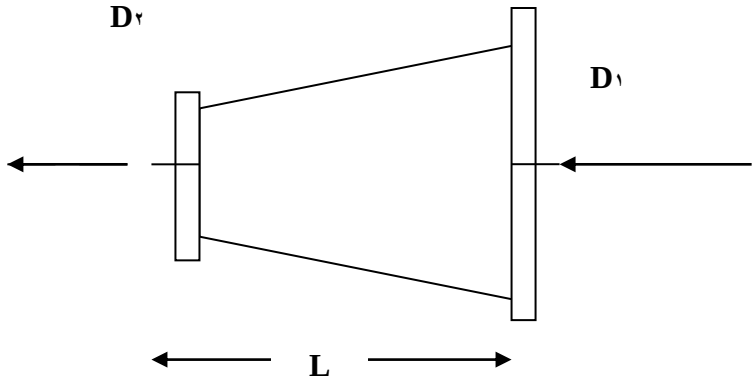
$$L > ٥ (D_١ - D_٢)$$

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 (٧) أما في الحالة الثانية يكون الراسم العلوي مستو شكل رقم (٨) حتي لا تتكون جيوب هواء بخط السحب تؤدي الي مشاكل هيدروليكية تؤثر علي كفاءة الضخ أو التكاليف الممثلة في زيادة استهلاك الطاقة

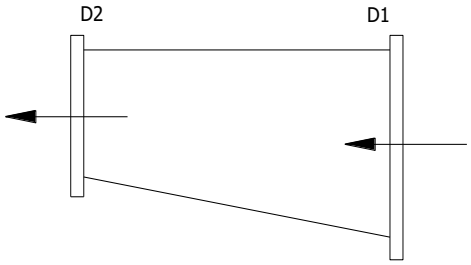
د - مسلوب الطرد (DIFFUSER)

كما ذكر آنفاً من وجوب أن تكون زاوية رأس المسلوب لا تزيد عن (١٠°) درجات لأنه في حال زيادتها يحدث إنفصال (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 (٧) .

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 (٧)



شكل رقم (٨)

هـ - 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 .

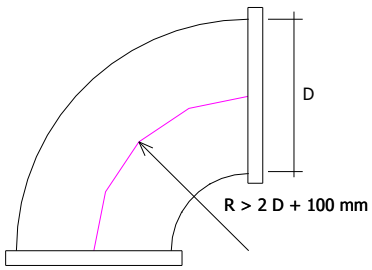
ويلاحظ أن يكون متوسط سرعة إنسياب السائل من فتحات المصافى صغيرا قدر الإمكان ويفضل ألا تزيد عن (٠,٦) متر/ ثانية حيث أن زيادة السرعة تعني زيادة الفاقد في الطاقة .

و - الأكواع (ELBOWS)

من أهم الأجزاء التي يتوقف عليها الهبوط في الضغط وبالتالي زيادة الفاقد من الطاقة هي الأكواع حيث يفضل أن تكون مصنعة بالسحب لكي لا تحدث إضطراب بالسائل المار خلالها ولكن في أغلب الأحيان تصنع الأكواع من المواسير حيث تصنع من قطع تجمع باللحام لتشكل الكوع المطلوب .
ويتوقف كفاءة الكوع علي نصف قطر دورانه فكلما زاد نصف قطر الدوران زادت كفاءته والعكس بالعكس والمواصفات الألمانية تحدد نصف القطر بالعلاقة التالية :

$$R > ٢D + ١٠٠ \text{ mm}$$

وهذا الكوع له ميزات ـ متعددة شكل رقم (٩)

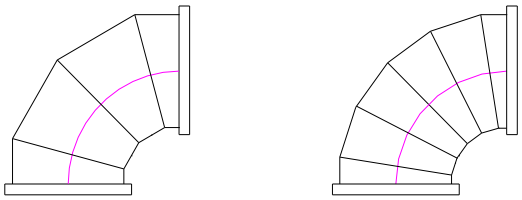


شكل رقم (٩)

أما المواصفات المعمول بها في مصر فهي تحدد نصف القطر بالعلاقة :

$$R = D$$

وفي حال تصنيع كوع (٩٠°) من قطع مواسير فإن عددها لا يجب أن يقل عن ستة حتي لا تكون هناك زوايا تؤثر علي الإنسياب لكن من المعتاد أن تصنع الأكواع من أربع قطع فقط شكل رقم (١٠) وهذا عرف مبني علي خطأ له تبعات غير مطلوبة خاصة بزيادة تكاليف التشغيل.



شكل رقم (١٠)

ل - 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 .

س - 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

ص - مستوي تركيب المضخات (Pumps Level)

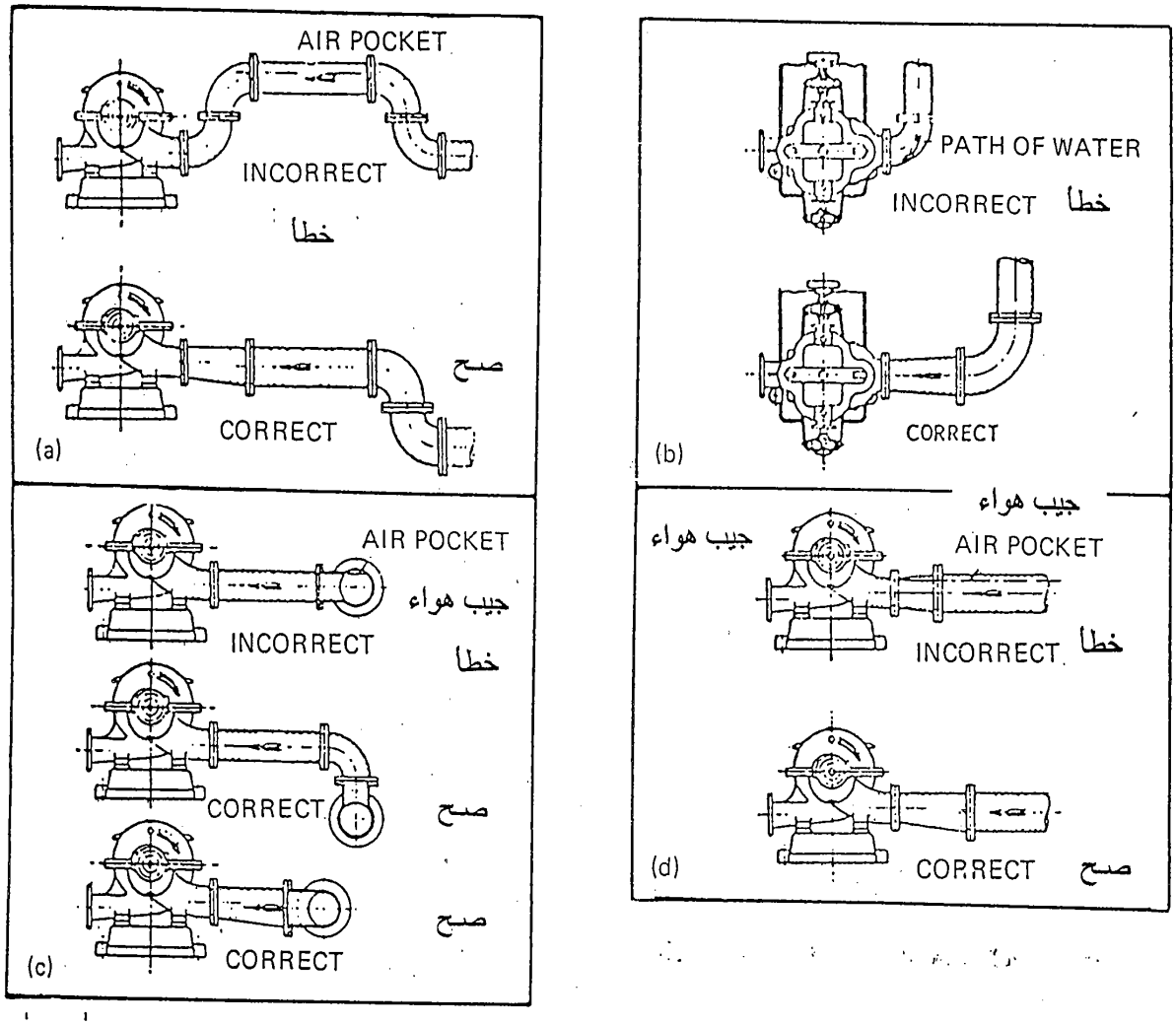
هناك مستوي أو منسوب يجب أن تركب عليه المضخات بالنسبة لمستوي المياه في بيارة السحب ودون الدخول في تعقيدات من الحسابات يجب أن لا يزيد أبدا عن (٥) خمسة أمتار في أي حالة من حالات التشغيل وذلك لأن كفاءة الضخ تقل بدرجة كبيرة إذا ما وصل المنسوب الي هذا القدر , ويفضل أن يكون الفرق في حدود (٣) ثلاثة أمتار ومن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

ط – تصميم الخطوط الناقلة (Arterial mains)

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

ولكن في الواقع فإن الأنظمة الهيدروليكية بمكوناتها المختلفة عبارة عن مواضع من الممكن أن تكون بؤرة للفاقد مثل الخطوط والمساليب والتفريعات والمحابس بأنواعها والأكواع وغيرها .

الشكل (١٠) يوضح بعض الملحوظات علي تركيب الخطوط الواجب تجنبها



شكل رقم (١١)

ظ - اختيار المضخات (Pump Selection)

****** كيف يتم إختيار المضخة ؟***

لكى تتم عملية الإختيار بدقة فلابد من معرفة كل ظروف إستخدام تلك المضخة وخاصةً من حيث التصرف والرفع المطلوبين وما إذا كانت ستعمل ضمن نظام ضخ (محطة) أو

ستعمل منفردة ، ومن حيث التصرف والرفع فتحدد قيمتهما طبقاً للحاجة برقمين أحدهما يمثل التصرف باللتر / ثانية أو بالمتر المكعب / ساعة والثانى يمثل الرفع الكلى أو الضغط الكلى المطلوب بالمتر أو بالبار أو بغير ذلك من وحدات ، ثم يُحدد نوع المضخة المطلوبة ويُحدد ما إذا كانت ذات مروحة مفردة السحب (Single Suction) أو مزدوجة السحب (Double Suction) وهل هى مشقوقة طولياً أو أفقياً أم غير ذلك كأن تكون برميلية (Barrel type) (وخاصة فى المضخات متعددة المراحل) أو من النوع ذو الجسم الحلزونى (Volute pump) وغالباً ما تفضل ماركة أو صناعة على سواها وعندها نلجأ إلى كتالوج الإنتاج الخاص بالشركة المنتجة للمضخات لإختيار الطراز المناسب ٠ وشكل رقم (١٢) يوضح هذه الطرز من إنتاج شركة (SARLIN) ، وللإيضاح نفرض أن المطلوب مضخة غاطسة بالمواصفات التالية :

Q (التصرف) = ٣ لتر / ثانية
H (الرفع) = ٧ أمتار

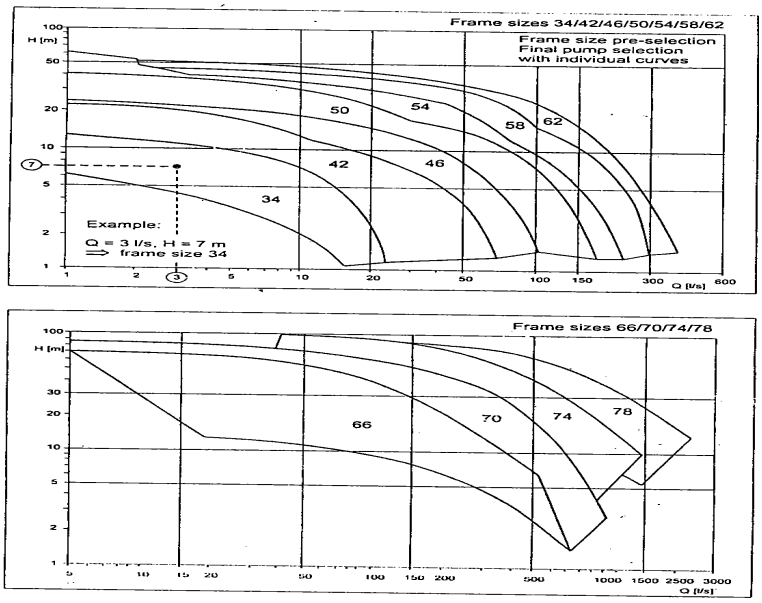
نقوم بتحديد التصرف على المحور الأفقى ثم نرسم خطاً رأسياً يتقابل مع الخط الأفقى المار بقيمة الرفع على المحور الرأسى فنجد أنه يقع فى نطاق الرقم ٣٤ الذى يمثل الطراز المطلوب من هذه الماركة ٠

مثال آخر : المطلوب مضخة بالمواصفات :

Q (التصرف) = ٢٠٠ لتر / ثانية
H (الرفع) = ٦٠ متر

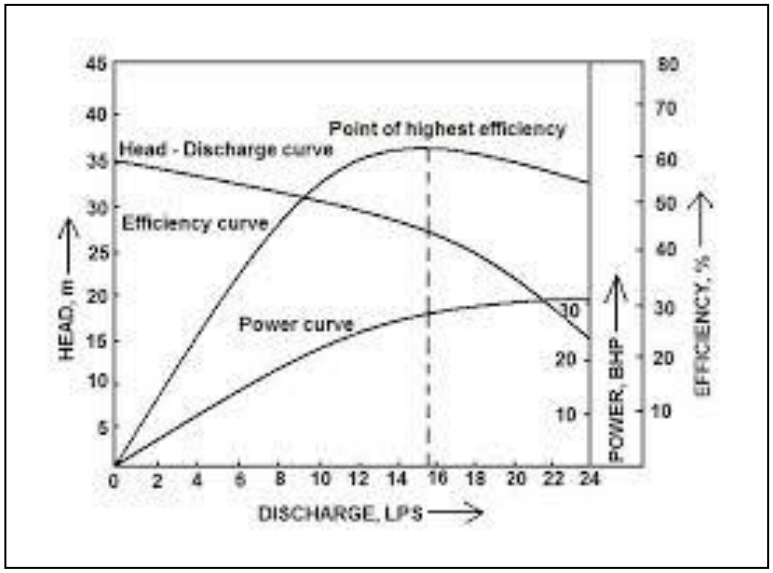
نجد أن الطراز المناسب هو رقم ٧٤

كما أنه من المهم جداً وكما سلف معرفته ، إذا كانت المضخة ستعمل ضمن محطة أو مع مجموعة أخرى من المضخات ، فى هذه الحالة لابد أن يكون ضغط التشغيل مساوياً لضغوط تشغيل المضخات الأخرى لأنه الممكن ألا تعمل المضخة بمعدلاتها إذا كان هناك إختلافاً في الضغط . بل من الممكن ألا تضخ السائل على الإطلاق وربما يتسرب منها الي خزان السحب مرةً أخرى ، ولإيضاح ذلك أنظر توصيل المضخات على التوازى والتوالى الذى سيأتى ذكره فيما بعد ٠



شكل (١٢) المنحنى المميز للمضخة (Characteristic curve)

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



شكل رقم (١٣) منحني اداء المضخة

ع - تركيـــــب المضخات (Erection)

ع – ١ الموقـــع

هناك مجموعة من العوامل التى يجب أن تؤخذ فى الإعتبار عند إختيار موقع أو مكان تركيب وحدة الضخ (مضخة – محرك – وسيلة إتصال) وذلك لسهولة مراقبة التشغيل والصيانة وكذا تجهيز المكان بونش علوى أو اى وسائل رفع أخرى . ومن الواجب أن تكون وحدة الضخ قريبة قدر الإمكان من مصدر السائل كى يكون خط السحب قصيراً ومباشراً قدر المستطاع ٠ ويجب أن يكون الموقع محققاً لهدفٍ هامٍ وهو إستخدام أقل عدد من الأكواع والتجهيزات المشابهة على خط الطرد كى تكون مفاقيد الإحتكاك عند أقل قيمة لها ٠ ومن المهم أيضاً حماية الوحدة من الطفح وخاصةً إذا كان منسوب السحب أعلى من منسوب المضخة ٠

ع – ٢ التأسيس (Foundation)

يجب أن يكون تأسيس وحدة الضخ كافياً ومحققاً لإمتصاص الإهتزازات 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 (٥ , ٢) سم بين القاعدة والفرش (الكمر) حتى يكون السطح العلوى للقاعدة الخرسانية خشن لإمكان تثبيت الجرش به (خرسانة حول الفرش المعدنى

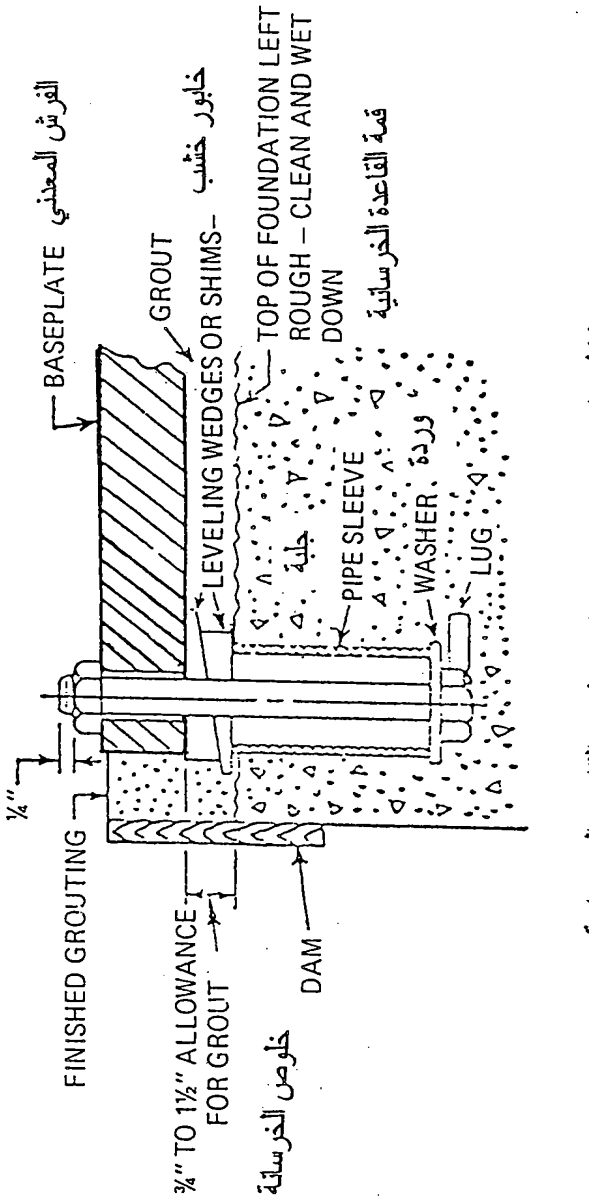
ع – ٣ التركيب (Erection)

تحذيـــر

لا يجب محاولة رفع وحدة الضخ عن طريق التعليق للصندوق الحاوى ، لأنه ربما ينكسر وبالتالى تتحطم المحتويات أو يصاب أحد بضرر شخصى بل ترفع عن

يجب أولاً فك نصفى الكوبلن (Coupling) عند تركيب وحدة الضخ على القاعدة مع وضع خوابير خشب بجوار كل مسمار(كما فى شكل ١٤) . وكذا فى المسافات بين المسامير حتى لا يحدث إلتواء أو ترخيم للفرش ٠

يتم ضبط الخوابير برفع وخفض الوحدة لكى تستقيم أو تتزن فلنجات الوحدة مع خطى السحب والطرد وفى ذات الوقت الفرش ثم يتم ربط الصواميل وصب الخرسانة حول الكمر بعد تمام التثبيت وتشغيل الوحدة حوالى أسبوع ٠ راجع الإتزان - ثم أعد تصحيح الإتزان ٠ غَفَر المضخة والمحرك على القاعدة ٠



شكل رقم (١٤) تثبيت المضخة علي القاعدة

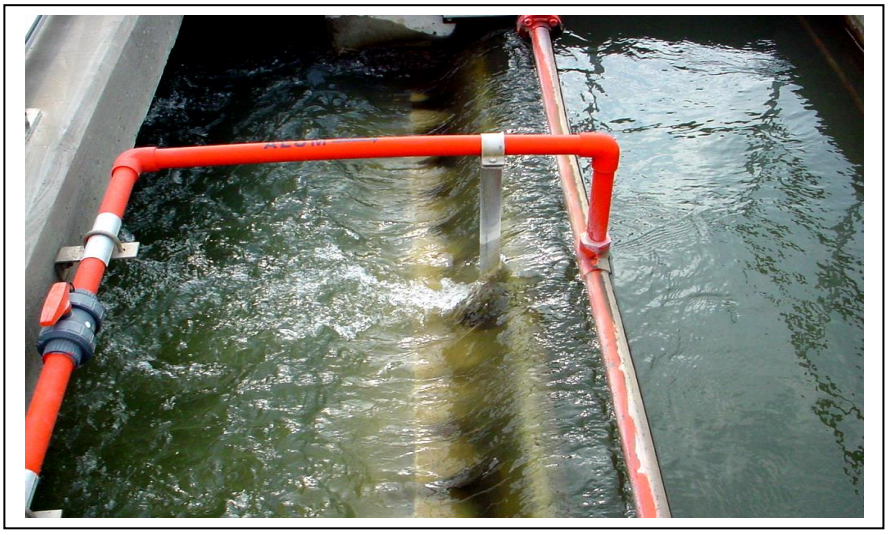
٢ - ٤ بئـر التوزيــع (Distribution Shaft)

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

وبئـر التوزيـع 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 .

التصميــم :

- اذا كان البئر دائريا فان القطر لا يجب أن يزيد عن ٥ أمتار .
- سرعة المياه في المواسير الخارجة من البئر الي المروقات يجب الا تصل الي (١) متر وهي في العادة تتراوح بين (٠,٥ – ٠,٩) متر/ ثانية .



شكل رقم (١٥) هدار بئر توزيع مربع

٢ - ٥ الخلـط السريع (Flash Mix)

الخلــط السـريع 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 الشب لإتمام عملية الإذابة المتجانسة والخلط ثم يؤخذ المحلول من هذا الحوض اما بقعل التثاقل أو الجاذبية أو بواسطة مضخة حقن ليصل المحلول الي موضع الحقن بخط المياه الخام الداخل الي بئر توزيع المحطة

شكل رقم (١٦) مضخات حقن محلول

التصميم الهيدروليكى

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

القلاب السريع 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 قد لا يتعدى عدة ثوان وهو خاص بتكسير الروابط الكهربية للمركبات الكيماوية.

- وهو يتكون من مجموعة اجزاء من محرك كهربائي وصندوق تروس وعامود من الصلب المقاوم للصدأ ورفاص او مروحة ذات ريش مسطحة مصنعة من الزهر المرن أو من الصلب الذي لا يصدأ.
- يتم التقليب بمدخل المروق السريع عادة في حوض يوفر فترة مكث (Retention Time) تتراوح بين ٣٠ إلى ٦٠ ثانية.

- القـــلاب الميكـــانيكي الســـريع يشـــمل رفـــاص (Impeller) ذات ريـــش مســـطحة (Flat bladed propeller) يـوفر تـدرج فـي سـرعة الميـاه بمنطقة التقليب (Velocity gradient) تتراوح قيمتـه بين حولـي (٣٠٠ إلى ٧٠٠(ثانية)-١.

ويلاحـظ التالـي:

* يتراوح سرعة دوران القلاب مابين 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

حيـث أن رقم رينولدز يعطي من العلاقة

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

R_n = Reynolds number.
d = propeller diam. 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

$P = K \rho N^3 d^5$ Kw حيث

:

K = drag coefficient depending to propeller shape = ١
ρ = mass density of water (١٠٠٠ kg/m٣).
d = propeller diam. In (meters).
N = propeller velocity (rps)

يراجع حساب قيمة تدرج السرعة

$G = (P / \mu V)^{½}$ حيث

P = theoretical power in j/sec (w).
V= Tank volume (m٣).

٢ – ٦ أحواض الترويب والترويـق

قد تكون كل من مرحلتي الترويب والترسيب يضمهما حوض واحد او يكون كل حوض علي حدة

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 قاع حوض الترسيب . يتكون حوض من الخرسانة المسلحة حيث يتم التقليب داخله باحدي 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 .

التصميم :

- 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 آنفا
- 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 و٢٥% للصف الثاني من المساحة المائية و١٥% 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$^{-1}$ ويكون الانسياب أفقي أو رأسي ويتم حساب معادلاتها كالآتي :

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

g = gravity constant = ٩,٨١ m/sec^{2}

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

حيث أن:

L = length of mixing channel (m).
C = chezy coefficient .
R = Hydraulic radius = Area /wet circumference .
V = mean flow velocity (m/ sec).

٢ – ٦ – ١ حوض الترسيب (Clarifier) :

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

نظرية 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 لتحسين عملية الترسيب ويزيد من كفاءة المياه المروقة بنفس السرعة من أسفل إلي أعلي .

التصميم :

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 .

٢ – ٦ – ٢ 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 .

التصميـــم :

- 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 (١٧) حوض الترويب والترويق المشتركة

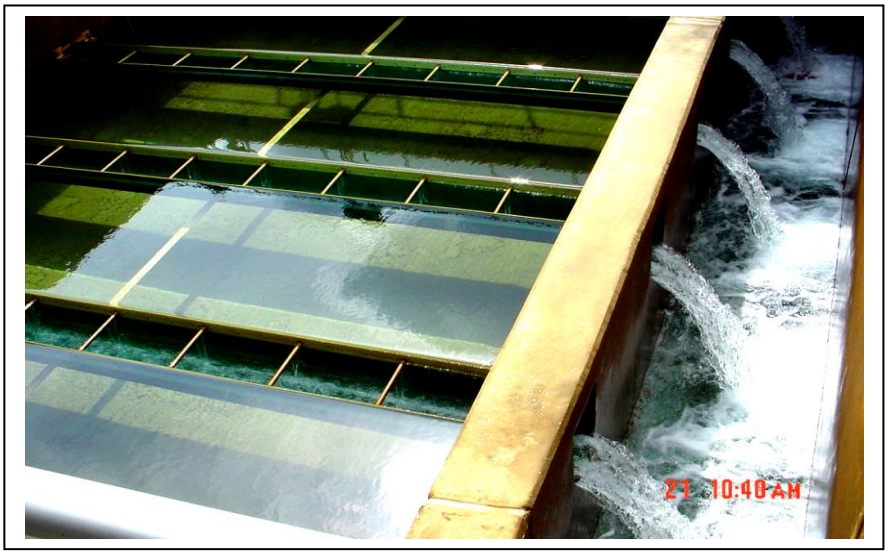
٢ ـ ٧ المرشحات (Filtration)

تقوم المرشحات علي ازالة ما تبقي من مواد عالقة من مرحلة الترسيب المسئولة عن ازالة (٩٠%) منها ويتبقي النسبة الباقية للمرشحات 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 العالقة الدقيقة (Dirty Skin) ، وما يحتمل وجوده من كائنات حية دقيقة. وهناك انواع كثيرة من المرشحات من حيث الشكل والتكوين الا ان ما يستخدم بالمحطات السطحية الكبيرة هو المرشحات الرملية السريعة.

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 (١٨) المرشح الرملي السريع اثناء عملية الغسيل

التصميم :

- **اذا كان الوسط الترشيحي من الرمل والزلط فان سمك طبقة 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 الزلط المتدرج تتراوح بين (٣٠-٦٠) سم .**
- **اذا كان الوسط الترشيحي من الرمل فقط فان سمك طبقة الرمل يكون حوالي (١٠٠ – ١٢٠٠) سم.**
- **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}/ يوم .**
- **نسبة العرض : الطول (١ : ١,٢٥) أو (١ : ٢) .**

نظام التصريف التحتى Under drainage System

- **البلوكات الخرسانية حرف M أو N ذات الفراغات الجانبية أو المواسير المثقبة الأسمنتية 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 حوالي (١٥ – ٣٥) متر^{٣} / متر^{٢} / ساعة
- معدل كمية هواء الغسيل حوالي (٣٥ – ٧٥) متر^{٣} / متر^{٢} / ساعة
- ضغط هواء الغسيل حوالي (٠,٣ – ٠,٥) كجم / سم^{٢}

سرعة المياه بالمواسير Flow Velocity

* الدخول الي المرشح حوالي (٠,٥ – ٠,٧٥) متر/ ثانية بمتوسط (٠,٦) متر/ ثانية.
* خروج المياه المرشحة حوالي (٠,٦ – ١,٥) متر/ ثانية بمتوسط (١) متر/ ثانية.
* خط مياه الغسيل حوالي (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 وهى 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 حوالي (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 الفسيل 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 ويضغط يتراوح بين (٠,٣ – ٠,٥) كجم / سم٢. وبسرعة من (١٠- ٢٥) متر/ ثانية في مواسير دخول هواء الغسيل للمرشح.

٢ – ٨ الكلورة Chlorination

يتحدد الغرض من عملية الكلورة في أكسدة الطحالب وقتل الكائنات الحية الدقيقة الضارة المُسببة للأمراض مثل البكتريا والميكروبات العادية وذات الحويصلات (Shells)

بجرعات محددة من الكلور تحقن في اماكن معينة بمراحل عملية المعالجة المتتابعة 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 جرعة الكلور يجب الا تؤدي الي زيادة المتبقي بالمياه المنتجة منه عن (٥) جزء في المليون طبقا لمعايير جودة مياه الشرب المصرية الا ان هناك من التوصيات ما يوجب الا تزيد القيمة عن (٢) جزء حتي لا يحدث تفاعلا مع المواسير البيلاستيكية المستخدمة في الشبكات

شكل رقم (١٩)أجهزة حقن الكلور

٢- ٩ الخزانات الأرضية (Ground reservoirs)

حجم التخزين يحدد بالعلاقة التقريبية التالية

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

ويلاحظ 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 أيضا أن التخزين الارضي بالمحطات التي تقوم علي انشائها الهيئة القومية لمياه الشرب تحدد بالعلاقة التالية:

** سـعة التخزين = تصرف المحطة (لتر/ ثانية) × ١٠ متر٣

بينما في النظام الأمريكي

** سـعة التخزين = تصرف المحطة (لتر/ ثانية) × ٢٠ متر٣

٢ - ١٠ محطة طلمبات المياه المرشحة Treated Water Pumping Station

بيارة سحب المياه المرشحة Treated Water Sump

بيـارة سـحب المياخ المرشـحة تتصف بالاتـي :

- مدة المكث داخـل البيـارة 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 يقـل عمق الراسم العلوي لمواسير سحب الطلمبات من البيـارة في حالـة أدنى منسوب للمياه بها عن (١,٥) قطر مدخل مواسير السحب .

شكل رقم (٢٠) طلمبات المياه المرشحة

٢ – ١١ ضـخ الميـاه المنتجـة من المحطة

هناك اعتبارات خاصة لمحطة ضخ المياه المنتجة 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 فى كثير من الأحوال أن يكون التخطيط العام لمحطة التنقية ، بما فيها من طلمبات ، بحيث تكون طلمبات الضغط العالي وطلمبات الضغط المنخفض (العكرة) فى مبنى واحد مما يسهل الإشراف والتشغيل والصيانة والاقتصاد فى 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 فى الاعتبار إضافة وحدات رفع احتياطية فى حدود (٣٠-٥٠%) من الوحدات الأساسية .

وحدات الرفـع Pumping Unit

- يتم اختيار الطلمبات لتغطي أقصى تصرف مطلوب للمحطة .
- في حالة تنفيذ محطة المعالجة على مرحلتين يتم تحديد عدد وحدات الطلمبات على أساس وجود وحدات احتياطي بنسبة (١٠٠%) في المرحلة الأولى ونسبة (٥٠ %) في المرحلة الثانية .
- سرعة المياه بمواسير سحب المضخ،،تن أن لا يجب تزيد قيمته عن (١,٥) متر/ ثانية وفي خطوط طرد الطلمبات لا تزيد عن (١,٨) م/ث وفي خط الط،رد المجمع (Header) لا تزيد عن ١,٥٠ متر/ ثانية .
- لا يزيد فرق المنسوب بين أدنى مستزي سطح المياه في البيارة من محور مروحة (Impeller)المضخة عن (٤) اربعة أمتار.

٢ – ١٢ السرعة النوعية للمضخات Specific Speed

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

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

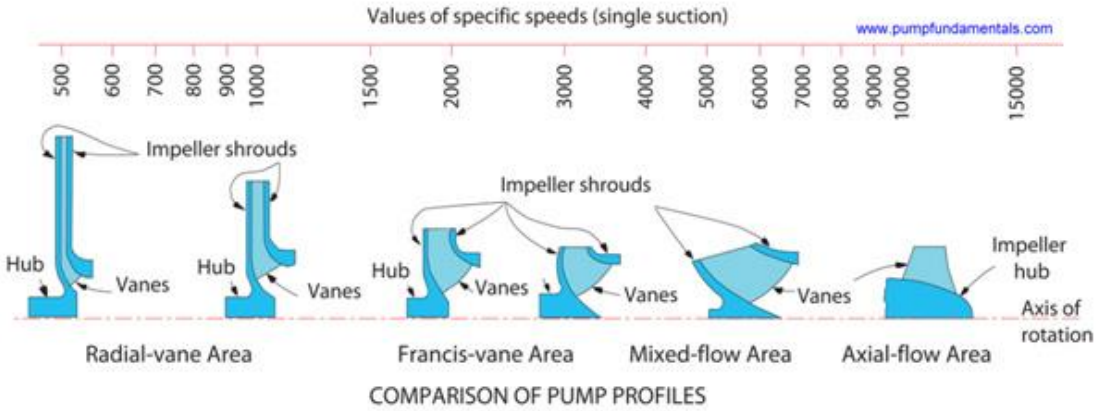
حيث

Ns = specific speed (unitless)
n = pump rotational speed (rpm)
Q = flow (gallons per minute)
H = head (feet)

وفي حالة استخدام الوحدات الدولية (SI) او المترية

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

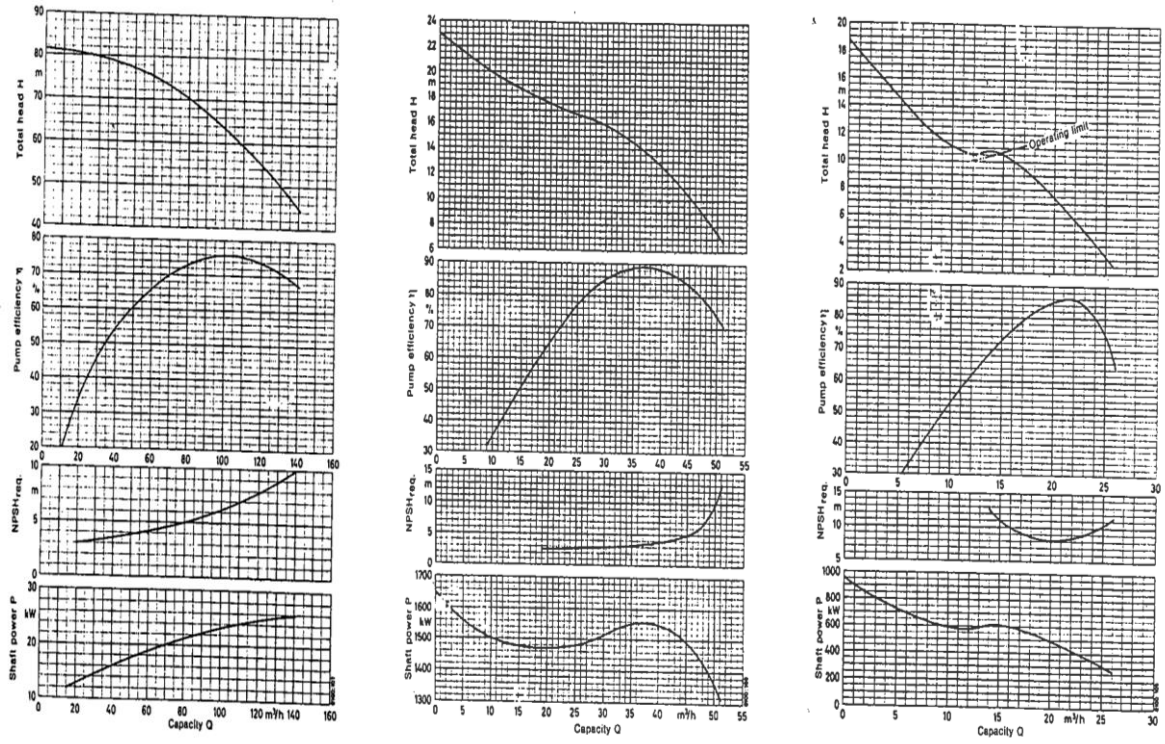


شكل (٢١)السرعة النوعية وعلاقتها بشكل مروحة المضخة ونوع السريان

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 الصافى (NPSH) للمضخة الطاردة المركزية ٠

وكما هو موضح بشكل رقم (٢٢) باستخدام 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 الصافى وخصائص السائل الذى ستعمل عليه المضخة والمقصود بذلك لزوجة السائل التى لم تؤخذ فى الإعتبار فى هذه الأشكال ٠



Characteristic curves of a radial centrifugal pump, specific speed $n_q \approx 20\ min^{-1}$

: Characteristic curves of a mixed flow centrifugal pump. specific speed $n_q \approx 80\ min^{-1}$

.: Characteristic curves of an axial pump, specific speed $n_q \approx 200\ min^{-1}$

شكل (٢٢)السرعة النوعية وعلاقتها بمنحنيات الاداء لمضخات الطرد

إذا كانت السرعة النوعية صغيرة يكون المنحنى مسطحاً إلى حدٍ ما وكلما زادت هذه السرعة فإن المنحنى ينحدر بشكل كبير ، وهذا الإنحدار يزيد بدرجة كبيرة مع مراوح السريان المحورى حيث لا يجب تشغيل المضخة عند حد معين من التصرف (محدد على الشكل) وذلك لخطورة التشغيل عند تلك الظروف ٠

^^ منحنى الكفاءة (η)

يكون المنحنى متجانس التغير مع السرعة النوعية الصغيرة ثم يزيد معدل تغيره كلما زادت السرعة ٠

^^ منحنى ضغط السحب الموجب الصافى (NPSH) ٠

هذا المنحنى يحدد الضغط المطلوب ناحية السحب كى تعمل المضخة دون إضطراب أو مشاكل هيدروليكية وهذا الضغط يزيد كلما زاد تصرف المضخة وفى حالة إستخدام مضخات قطرية ومختلفة السريان ولكنه يختلف فى حالة السريان المحورى حيث يقل إلى أدنى قيمة له عندما تكون المضخة فى حالة عمل عند نقطة التشغيل (أعلى كفاءة) وإذا زادت قيمة هذا الضغط تحدث مشاكل كبيرة على المضخة من جراء التشغيل تحت تلك الظروف منها حدوث ما يعرف بالتكهف (Cavitation) وبالتالى زيادة إهتزاز المضخة وتآكل أجزائها وما يعقب ذلك من مشاكل ٠

^^ منحنى القدرة (Power)

يعتبر منحنى القدرة هو المنحنى الإقتصادى لتشغيل المضخة وهو مؤشر على كفاءتها وكلما قلت القدرة المطلوبة لوحدة الضخ كلما كان التشغيل إقتصادياً وفى حالة المضخة القطرية كلما زاد التصرف زادت القدرة فى علاقة شبه مستقيمة ، بينما فى حالة السريان المختلط تكون القدرة ما بين إرتفاع وإنخفاض مع تغير التصرف ٠ أما السريان المحورى فتكون القدرة المطلوبة أعلى قيمةً عندما تكون المضخة منعدمة التصرف وذلك لنشوء قوى دفع تعاكس حركة دوران المروحة ٠ وتقل قيمة القدرة بزيادة التصرف كما هو واضح بالشكل ٠

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 بـ (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 ـ ٧٥٠ لفة / دقيقة.
السرعة المتوسطة ١٠٠٠ ـ ١٥٠٠ لفة / دقيقة.
السرعة المتوسطة ٣٠٠٠ لفة / دقيقة.

القـــدرة Power

القدرة المائية المستفادة من الطلمبة

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

حيـث

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

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

حيـث 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)

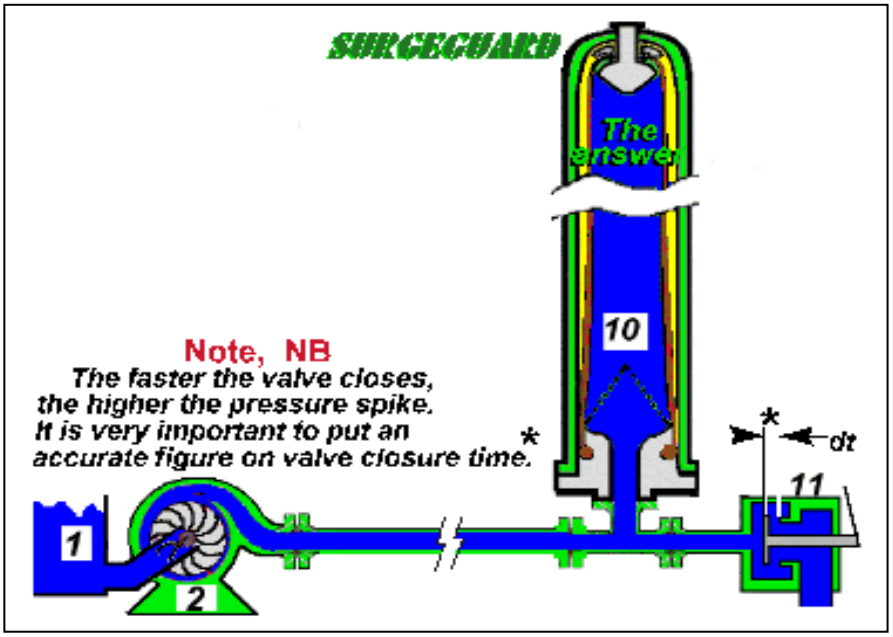
$$\text{Elect. Power H.P} = \frac{Mech.H.P}{\eta_{mot}} \quad \text{hp}$$

$$\text{Elect. Power Kw} = \frac{Mech.H.P}{\eta_{mot}} \times ٠,٧٤٦ \quad \text{KW}$$

٢ - ١٣ المطرقة المائية Water Hammer

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

وتسبب المطرقة المائية حدوث موجات من التضاغط والتخلخل على طول خط المواسير تصل فى قوتها أضعاف ضغط التشغيل وتنتقل الموجه فى خط المواسير بسرعة عاليه تصل إلى سرعة الصوت ثم ترتد ثانية فى الإتجاه العكسي وهكذا يستمر ترددها محدثه صوت ومشاكل عدة أخطرها انفجار الخط أو عطل معدات الضخ الأمر الذي يتحتم معه ضرورة استخدام السبل والتدابير الوقائية ذات الإستجابه السريعة لتخفيف حده هذه الموجات وذلك للمحافظة على سلامة الخط .



شكل رقم (٢٣) مركم المطرقة المائية

وهناك عدة طرق لتخفيض قوة الموجة الناشئة وبالتالي الصدمة التى تحدثها المطرقة ولما كانت قوة تأثير الموجة يتناسب طردياً مع تقليل سرعة سريانها فإن تقليل سرعة الانسياب 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 كمخده 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 .
جـ- تركيب محابس تخفيف الضغط سريعه الاستجابة بالسرعة المناسبة لتقليل تأثير موجة التضاغط.
د- صمامات الهواء وهى عبارة عن صمامات تعمل على إخراج الهواء أو السائل من الخط فى حاله تعرض هذا الجزء من الخط لضغوط موجبه أعلى من ضغط التشغيل وكذلك إدخال الهواء إلى الخط فى حاله تعرض هذا الجزء من الخط لضغوط سالبة عالية القيمة ويوجد فيها أنواع كثيرة كلاً منها وظيفة معينة.

٢ - 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 المكبس .

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 (متر٣/ ساعة) × اقصي جرعة (جم/ متر٣)

تركيز المحلول (جم / لتر)

٢ ـ ١٥ المواسـير Piping

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

العنصـر	العمر الافتراضي (سنة)
المنشآت الخرسانية والمائية	٥٠
المهمات الميكانيكية	١٥ ـ ٢٠
المهمات الكهربائية	١٥ ـ ٢٠
أجهزة القياس والعدادات	١٥
المواسير وملحقاتها	٣٠ ـ ٥٠

التصميم الخطوط الحاملة للمياه

أ- خطوط المواسير الرئيسية الحاملة للمياه والتى تنقل المياه من محطات التنقية أو الرفع وحتى شبكات التوزيع يستخدم في تصميمها المعادلة الأساسية فى علم الهيدروليكا وهي معادلة الاستمرارية(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)

$$V = ٠,٣٥٥\ C\ (D^{٠,٦٣})\ \ (H/L)^{٠,٥٤}$$

حيث

Q = التصرف المار فى الماسورة.
A = مساحة مقطع الماسورة الداخلي.
V = سرعة المياه فى الماسورة.
F = معامل الاحتكاك للماسورة.
K = خشونه الجدار للانواع المختلفه للمواسير.
D = القطر الداخلي للماسورة.
Re = رقم رينولد وقيمته.
(H/L) = الفاقد في الضغط .

شكل رقم (٢٤) 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 :

* ٠,١ % في الصعود
* ٠,٢ % في الهبوط

** تركب محابس الهواء في النقاط العالية من خطوط مواسير المياه .
** -تركب محابس الغسيل فى النقاط المنخفضة من خطوط مواسير المياه .
** تركب على خطوط المواسير محابس تحكم (قفل) عند نقاط الاتصال مع المواسير الاخري وعلى مسافات تتراوح بين ٥٠٠م -١٠٠٠ م.
** جميع المحابساقطار 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 التى تحقق كل المطالب إلا إنه يمكن اختيار النوع الذي يحقق أغلب المميزات ويفى بالمتطلبات التالية:

الضغوط العالية

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

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

مقاومة عدوانيه التربة

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

النقـل والتشوين للمواسير

يجب أن تتحمل الصدمات التى 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 ـ سهولة التركيب والفـك

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

٢ ـ مقاومة الأحمال الخارجية

يجب أن تكون المواسير لها القدره المناسبه كى تتحمل الأحمال الخارجية التى تتعرض

لها نتيجة حركة المرور بالإضافة إلى أوزان الردم عليها كما يجب أن تكون على درجة من الصلابه لتقاوم حدوث إنبعاج بها نتيجة هذه الأحمال خاصة وأن مواسير المياه تركب على أعماق ليست كبيرة .

٣ ـ 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 :

المواسيـــر مزاياها وعيوبها

أ- الزهر المرن

* مميزاتها

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. فى التربة العدوانية Aggressive يمكن كسوتها بالبولي إيثيلين لحمايتها وكذلك من التيارات الشاردة .

* عيوبها

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 Strengh مما يزيد قدرتها على التشكيل الانسيابي بالنسبة لزوايا تغير الإتجاه الصغيرة ويجعلها قادرة على تحمل الضغوط العالية والمفاجئة والتى 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 .

* عيوبهـــا

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. إحتياجها إلى معاملات خاصة جداً للعزل الخارجى لمقاومة عدوانية الأرض .

جـ - المواسير الخرسانية سابقة الإجهاد

* مميزاتهـا

١. إنتاجها محلياً بأقطار حتى ٢٠٠٠ مم .
٢. صلاحيتها لأنواع التربة الغير عدوانية بشرط مراعاة إحتياجات التأسيس وتربة الردم والدعامات.
٣. أرخص تكلفة من الأنواع الأخرى للأقطار أكبر من ٦٠٠ مم وخاصة بالنسبة للضغوط الكبيرة .

* عيوبهـا

١ . الزيادة الكبيرة فى الوزن لكبر مقاسات غلاف بدن المواسير وخاصة فى الأقطار الكبيرة مما يسبب صعوبة فى التركيب وضبط الاستقالة Alignment واحتياجها لفرشه خاصة للتأسيس بتخانة كافيه لمنع الهبوط الغير منتظم نتيجة زيادة الوزن وخاصة فى 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 الخرسانى الخارجى للشروخ بسبب التمدد والانكماش الجزئي بين الخرسانة وحديد التسليح تحت تأثير الضغوط الداخلية الكبيرة وخاصة الناشئة عن المطرقة المائية .
٤. الانحراف المحدود فى 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 فى تكاليف النقل والتركيب دون الاستعانة بمعدات ثقيلة .

* عيوبهـــا
١. أفادت الشركة أنه يمكن إنتاجها بصفة خاصة بأقطار أكبر من ١٠٠٠ مم إلا إنها ستكون غير اقتصادية .
٢. إحتياجها إلى دقة خاصة فى 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 .

٢ ـ ١٦ أنواع الخزانات Water Tanks

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

خزان المياه المرشحة (الخزان الأرضي)

الغرض منه هو استقبال المياه بعد خروجها من المرشحات ، وتغذية محطات الضغط العالي بها لدفعها فى 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 نظراً للصعوبات الإنشائية التى تعترض التنفيذ ، وقد تبنى الخزانات فوق سطح الأرض فى المناطق المرتفعة ، بالقرب من التجمعات السكنية ، للاستفادة من فرق المنسوب.

شكل رقم (٢٥) الخزان الارضي

- ويبنى الخزان بحيث تتدفق المياه فيه بانتظام فى 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 الأسمنت 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 ، فى 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 السطحية

وهي خزانات تنشأ علي سطح الارض وتكون في الغالب ذات سعات تخزين صغيرة وأوضح مثال لها هي خزانات محطات المياه النقالي وهي في العادة تصنع من الصلب

الخزانات العالية

- وهى من الوحدات الهامة فى أعمال توزيع المياه ، وهى تبنى من الخرسانة أو الصلب ، وتستخدم أساساً فى حفظ ضغط كاف فى شبكة التوزيع ، ولتخزين المياه فى حالة معدلات الاستهلاك المنخفضة من أجل استخدامها فى 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 التى تستلزم وجود مباني مرتفعة فى منطقة الخدمة وماسورة المياه المغذية للخزان تكون عادة هي نفسها الماسورة المغذية للشبكة من الخزان " في حالة خزانات الموازنة " ، أي أنها صاعدة وهابطة فى آن واحد ، ويزود الخزان بالصمامات (المحابس) والوصلات التالية :

أ- صمام حجز (Sluice Valve) فى 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 فى المدينة ، والغرض من هذا الصمام هو تنظيم دخول الماء بحيث يقفل الصمام تماماً إذا ما وصل الماء فى 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 (فى 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.
هـ -كما يتصل الخزان ، عن طريق ماسورة رأسية أخرى تسمى بماسورة العادم ، بشبكة الصرف فى 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 فى صمام العوامة السابق ذكره ، وهذا الهدار موجود فى أعلى الماسورة.
٢. صمام حجز مركب على فرع مابين 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 فى الماسورة الرأسية المغذية عن حد معين نتيجة مطرقة مائية أو تشغيلالطلمبات 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.

شكل رقم (٢٦) خزان عالي
وخزان سطحـي

سـعة التخزين

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

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

ويتم التخزين عادة بإستخدام 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) مترمكعب/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 التى تحدث فيه من ساعة إلى ساعة فى 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 فى 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 فى موقع متوسط بالنسبة للمدينة ، ويمتاز هذا الاختيار بحفظ ضغط يكاد يكون ثابتاً فى المواسير فى المدينة إلا فى الجزء الواقع ما بين محطة الطلمبات والخزان العلوي.
- أن يكون الموقع فى الجانب الآخر للمدينة بالنسبة لمحطة الطلمبات ، ويمتاز بإمكانية إمداد المدينة بالمياه من جانبيها عند زيادة الاستهلاك إلا أن الضغط فى 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 فى المدينة ، وهذا يستدعى دراسة أعمق لتوزيع استهلاك المياه فى 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.

ب- 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.

٣ التصميم الهيدروليكى لخطوط النقل والتوزيع لمياه الشرب

١. أسس التصميم الهيدروليكى.

وهي تشمل :

أ ـ التصرف أي كمية المياه المطلوبة
ب ـ الضغوط اللازمة لاحداث السريان
ج ـ السرعات الاقتصادية بالخطوط

أ ـ التصرف التصميمى

يختلف معدل إستهلاك المياه فى أى تجمع سكنى، من شهر لآخر (إختلاف موسمى)، ومن يوم لآخر، بل وخلال ساعات اليوم الواحد، لذا يكون تصميم مشروعات المياه مصممة بحيث يمكن لمرفق المياه مواجهة الإحتياجات المائية المختلفة للسكان، طبقا للتصرفات التصميمية لشبكات توزيع مياه الشرب بالتخطيط الشبكى.

١ـ تصمم خطوط المواسير الرئيسية (Arterial mains) وهي الخطوط الناقلة للمياه من محطة المعالجة حتى بداية الشبكة داخل المدينة أو القرية ,ويجب ان تحقق أقصى تصرف يومى مضافا إليه تصرف الحريق.

٢ـ تصمم خطوط مواسير التوزيع الرئيسية داخل التجمع السكنىعلى أساس أقصى إستهلاك فى الساعة أو معدل الإستهلاك اليومى مضافاً إليه تصرف الحريق، أيهما أكبر.

٣ـ تصمم خطوط التوزيع الفرعية على أساس التصرف المطلوب لإطفاء الحرائق، وهو تصرف يختلف بإختلاف عدد السكان،

فيما يلـي معدلات التصرفات المطلوبة لإطفاء الحرائق طبقاً للمواصفات المصرية.

- **يختلف التصرف اللازم لمكافحة الحريق في كل مدينة طبقاً لتعداد هذه المدينة والتصرف اللازم لمكافحة الحريق لا يقل عن ٢٠ لتر/ثانية وبضغط لا يقل عن ١,٤ كجم/سم^{٢} عند حنفية الحريق.**
- **يجب وضع حنفيات الحريق للمواسير قطر ١٠٠ مم فأكبر في مكان واضح وسهل الوصول إليه وبعيد عن الأشجار وأعمدة الكهرباء أو أي عوائق أخرى قد تكون سبباً في تعطيل عمليات الإطفاء.**

التصرفات المطلوبة لإطفاء الحرائق

م	عدد السكان (ألف نسمة)	التصرفات المطلوب لإطفاء الحريق (لتر/ثانية)
١	حتى ٥	٢٠ ~ ٣٠
٢	٥ ~ ١٠	٢٥ ~ ٣٥
٣	١٠ ~ ٢٠	٣٠ ~ ٤٠
٤	٢٠ ~ ٣٠	٣٥ ~ ٤٥
٥	٣٠ ~ ٥٠	٤٠ ~ ٥٠
٦	٥٠ ~ ١٠٠	٤٥ ~ ٧٥
٧	أكثر من ٢٠٠	٥٠ ~ ١٠٠

فيما يلي قيم معامل الذروة لحساب التصرفات التصميمية لمناطق الحضر والريف

م	عدد السكان (ألف نسمة)	قيم معامل الذروه	
		حضر	ريف (قرية واحدة أو مجموعة قرى)
١	حتى ٥٠	٢,٠ _ ٢,٥	٢,٥ _ ٣,٠
٢	٥٠ _ ١٠٠	١,٦ _ ٢,٠	١,٧ _ ١,٩
٣	١٠٠ _ ٥٠٠	١,٧ _ ١,٨	١,٦ _ ١,٧
٤	٥٠٠ _ ١٠٠٠	١,٤-١,٦	لا توجد قرى بهذا الحجم
٥	١٠٠٠ فأكثر	١,٤ - ١,٢	لا توجد قرى بهذا الحجم

ب - الضغوط التصميمية

خطوط مواسير توزيع مياه الشرب تتوافق عادة مع طبيعة سطح الأرض، حيث يتم إنشاؤها قريبة منه، بعمق يتراوح بين (١,٠ و٣,٠) متر طبقا لقطر الماسورة، وفى جميع الحالات يجب ألا يقل ضغط التشغيل عند أبعد وأعلى مكان بالشبكة وأعلى طابق بالمبنى (في حدود ٦ طوابق) عن أربعة أمتار.

ونتيجة للإعتبارات الإقتصادية يتم إختيار الضغوط التصميمية لشبكات التوزيع على النحو التالى :

١- بالنسبة للمدن والتجمعات السكنية التى يتراوح متوسط إرتفاع مبانيها بين ثلاثة وأربعة أدوار (حوالى ١٥ متراً)، لا يقل الضغط المتبقى فى الشبكة عادة عن (٢٥) متراً فوق أعلى وأبعد منسوب للأرض فى ساعات الإستهلاك الأقصى وهو ما يعرف بالضغط الحرج (Critical Pressure) ،

٢- بالنسبة للتجمعات السكنية التى تتكون معظم مبانيها من دور واحد أو دورين، عادة لا يقل الضغط المتبقى فى الشبكات عند أقصى معدلات إستهلاك فوق أعلى منسوب لسطح الأرض عن (١٥) متراً.

٣- بالمناطق التجارية والصناعية، يفضل ألا يقل الضغط عن (٣٠) متر

ج - السرعة التصميمية

تتراوح قيمة السرعة عند التصرفات التصميمية من (٠,٦ ~ ١,٥) متر/ ثانية، ويفضل الا تزيد عن (١,٢) متر/ ثانية في نخاية عمر الخط التصميمي . وهناك علاقات بين التصرف، والسرعة، وقطر الماسورة ومعدل الفاقد فى الضغط نتيجة سريان الماء من أهمها ما يلى :

١. معادلة إستمرارية Continuity Equation

$$Q = A \times V$$

حيث

Q = التصرف التصميمى المطلوب (متر^3/ ثانية)

V = سرعة سريان المياه (متر/ ثانية)

$$A = \text{مساحة مقطع الماسورة} = \frac{\pi D^2}{4}$$

٢ - معادلة هازن – ويليامز Hazen Williams Formula

من أكثر المعدلات شيوعا في الاستخدام لعدة أسباب منها

- ذات صيغة مناسبة و سهلة في الاستخدام.
- حققت نتائج عملية مناسبة تتفق مع الصيغة الرياضية

المعادلة على الصورة

$$H_f = ١٠,٧٠٦ \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{١,٨٥} \times D^{-٤,٨٧} \times L$$

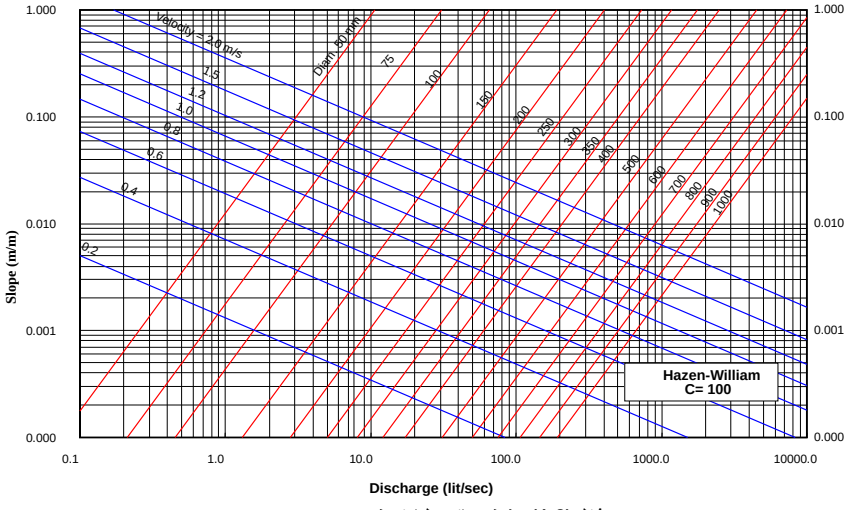
و منها يمكن استنتاج معادلة السرعة

$$V = ٠,٣٥٥ \times C \times D^{٠,٦٣} \left(\frac{H}{L}\right)^{٠,٥٤}$$

حيث : C: معامل الاحتكاك لهازن - ويليامز وقيمة موضحة بالجدول التالي:

م	نوع الماسورة	معامل C
١	سبستوس أسمنتي	١٤٠
٢	لاستيك	١٥٠ ــ ١٥٥
٣	ولستر مسلح بألياف الزجاج	١٥٠ ــ ١٥٥
٤	خرسانة سابقة الإجهاد	١٤٠ ــ ١٤٥
٥	خرسانة عادية	١٣٠ ــ ١٤٠
٦	خرسانة مسلحة	١٣٠ ــ ١٤٠
٧	هر مرن	١٤٠ ــ ١٤٥
٨	سلب	١٤٠ ــ ١٤٥
٩	خار مزجج	١٣٠

الشكل التالي يوضح المنحنيات الخاصة بمعادلة هازن – وليامز. عندما C = ١٠٠



شكل رقم (٢٧)

٣ ـ معادلة دارسي Darcy Equation

$$h_l = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

حيث

h	فاقد الضغط في المواسير بالمتر
f	معامل الاحتكاك
v	سرعة السريان بالمتر / ثانية
L	طول الخط بالمتر
D	قطر الخط بالمتر
g	عجلة الجاذبية

هذه المعادلة تمتاز ببساطتها وتغطي نتائج جيدة

٤- تصميم الشبكات بإستخدام الحاسب (مقتبس من مؤلفات أد. سعيد الخولي)

يستخدم الحاسب الآلى فى تصميم شبكات توزيع مياه الشرب بواسطة إستخدام برامج الحاسب الآلى المتخصصة فى هذا المجال ومنها برنامج الـ "CYBERNET" ، Water "Cad" وأساس جميع برامج الحاسب تتبع الخطوات التاليه :

أ- إدخال البيانات الأساسية للحاسب.
ب- إستقراء النتائج الخارجة من الحاسب.
ج- تحليل النتائج.

إدخال البيانات الأساسية إلى الحاسب

هناك تسعة مجموعات من البيانات التى يتم إدخالها لتصميم الشبكة ، وهى:

١- نموذج الشبكة المقترحة.
٢- بيانات نقاط الإتزان.
٣- بيانات المواسير.
٤- بيانات مصدر المياه (الطلمبات).
٥- الخزان الأرضى.
٦- الخزان العالى فى الشبكة.
٧- مواقع محابس التحكم.
٨- معدلات الذروة.
٩- بيانات تصرفات الحريق.

٤-١ نموذج الشبكة المقترحه (Computer model)

يتم عمل نموذج للشبكة المقترحة على الحاسب يعبر عن شبكة التغذية بما فيها من مواسير ونقاط إتزان (Nodes) ، وما يتصل بها من أعمال محطات الضخ والخزانات الأرضيه والعاليه والمحابس الرئيسية وخلافه ، ويعبر هذا النموذج عن النظام المقترح للإمداد بمياه الشرب.

٤-٢ بيانات نقاط الإتزان (Node Date)

يتم إدخال بيانات نقاط الإتزان بالشبكة ، ونقطة الإتزان هى نقطة التقاطع بين ماسورتين أو بداية ماسورة ، والبيانات التى يتم إدخالها هى :

١. الرقم المسلسل – (J-١, J-٢, ...).
٢. مستوى سطح الأرض.
٣. الإحداثيات.
٤. التصرفات المطلوبة عند النقطة ونوعه وقد تم إستخدام أقصى تصرف وإستنتاج باقى التصرفات.
٥. التصرف بكل نقطة إتزان ، وهو تساوى
= المساحة المخدومة بكل نقطة × الكثافة السكانية × متوسط إستهلاك مياه الشرب للفرد.

٤ – ٣ بيانات المواسير (Pipe Date)

يتم إدخال بيانات المواسير بالشبكة مثل :

٢. الرقم المسلسل لكل ماسورة. (P-١, P-٢, ...)
٣. نوع الماسورة.
٤. أطوال المواسير (بالمتر).
٥. أقطار المواسير المبدئية (بالسنتيمتر).
٦. معامل الإحتكاك لقطاع الماسورة (يعتمد على نوع الماسورة وعمرها) - (معادلة هازن ويليامز "C").

٤-٤ بيانات مصدر المياه (Water Source Date)

يتم إدخال بيانات مصدر المياه مثل محطات الضخ والخزانات كالتالى :

١. الرقم المسلسل – (PMP١, PMP٢, ...).

٢. الإحداثيات.
٣. منسوب محور الطلمبه.
٤. نوع الطلمبه وقيمة التصرف والرفع على منحنى الطلمبه.

٤-٥ الخزانات الأرضية (Ground tank)

يتم إدخال الخزانات الأرضية كما يلى :
١. الرقم المسلسل – (R-١, R-٢, ...).
٢. منسوب سطح المياه فى الخزان.
٣. الإحداثيات.

٤-٦ الخزانات العالية (Elevated tank)

يتم إدخال الخزانات العالية كما يلى :
١. الرقم المسلسل – (T-١, T-٢, ...).
٢. قطر الخزان إذا كان مستدير.
٣. أقصى وأدنى منسوب للمياه بالخزان.
٤. حجم الخزان الغير فعال.
٥. منسوب قاع الخزان.

٤-٧ مواقع محابس التحكم (Control Valves Locations)

يتم إدخال مواقع محابس التحكم مثل محابس تخفيض الضغط أو محابس تثبيت الضغط أو محابس التحكم فى التصرف..... الخ.
١. الرقم المسلسل – (V-١, V-٢, ...).
٢. قطر الماسورة الصمام.
٣. قيمة الفواقد الثانوية.
٤. نوع المحبس (PRV, PSV, PBV, ...).

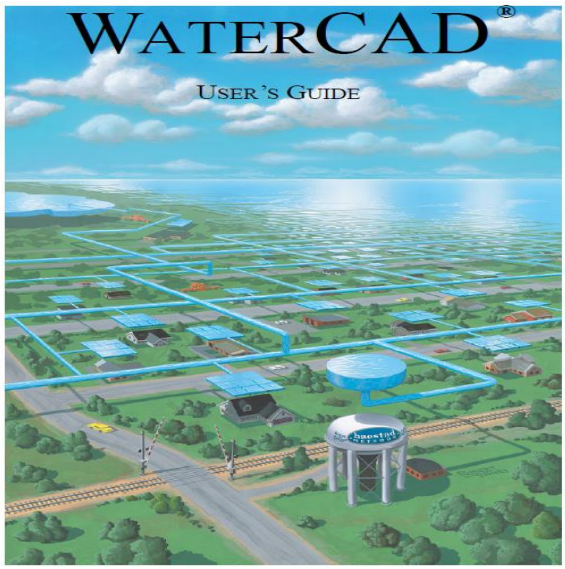
٤-٨ معدلات الذروة (Peak Factors)

يتم إدخال بيانات التصرفات المتوسطة عند كل نقطة إتزان، على أن يتم إدخال منحنى التصرف اليومى للفرد بما فيه من معاملات ذروة قصوى ودنيا وذلك لكى يناسب التحليل الهيدروليكى (ظروف التشغيل على مدار اليوم).

٤-٩ بيانات تصرفات الحريق (Fire Flows)

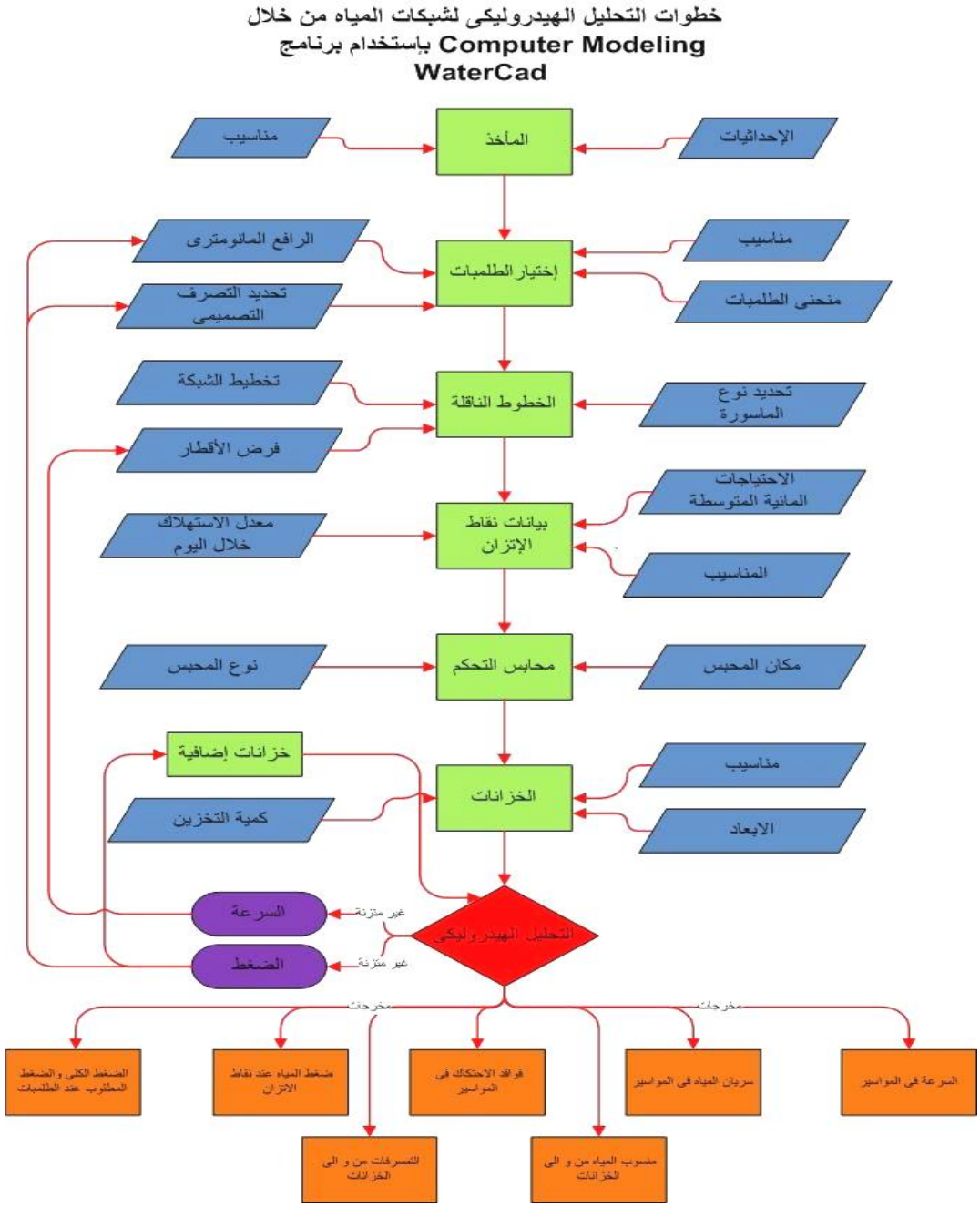
يتم إدخال بيانات تصرفات الحريق عند بعض النقاط المختارة بحيث تعبر عن إحتماليه حدوث حالات فى أماكن متفرقة وذلك لدراسة شكل وإتزان الشبكة فى تلك الحالات.

٤ - ١٠ خطوات إدخال البيانات بإستخدام برنامج الـ Water CAD



يهدف الشرح التفصيلي لكيفية إستخدام برنامج الـ Water CAD لتحليل وتصميم شبكات التغذيه بمياه الشرب وتشمل إدخال بيانات شبكات التغذيه بالمياه (Analysis Input Data) , مثل الأقطار والأطوال ومواد خطوط المواسير ثم إستعراض نتائج المخرجات (Output Data) ومقارنه قيم التصرفات والسرعات ومقدار الفواقد بكل ماسورة مع تحديد مناطق الإختناقات وكذلك أعمال تصميم شبكات المياه الجديدة التي تشمل تحديد أقطار ومواد المواسير والتكلفه التقديريه طبقاً لقيم الإستهلاكات المتوقعه لكل منطقه حتى سنه الهدف ولذلك سنتناول توضيح تلك البنود كما هو موضح بالشكل رقم (٨-١) والذى يوضح خطوات التحليل والتصميم الهيدروليكى لشبكات توزيع مياه الشرب بإستخدام برنامج Water Cad كما يلي :

١- كيفيه تشغيل البرنامج.
٢- خطوات إدخال البيانات. (١st Input Data)
٣- إجراء التحليل الهيدروليكي.
٤- إستعراض وتقييم النتائج الأولية (١st Output Data).
٥- خطوات تعديل البيانات وإعاده التحليل الهيدروليكي.
٦- إستعراض وتقييم النتائج النهائية (Final Output Data).



شكل رقم (٢٨)

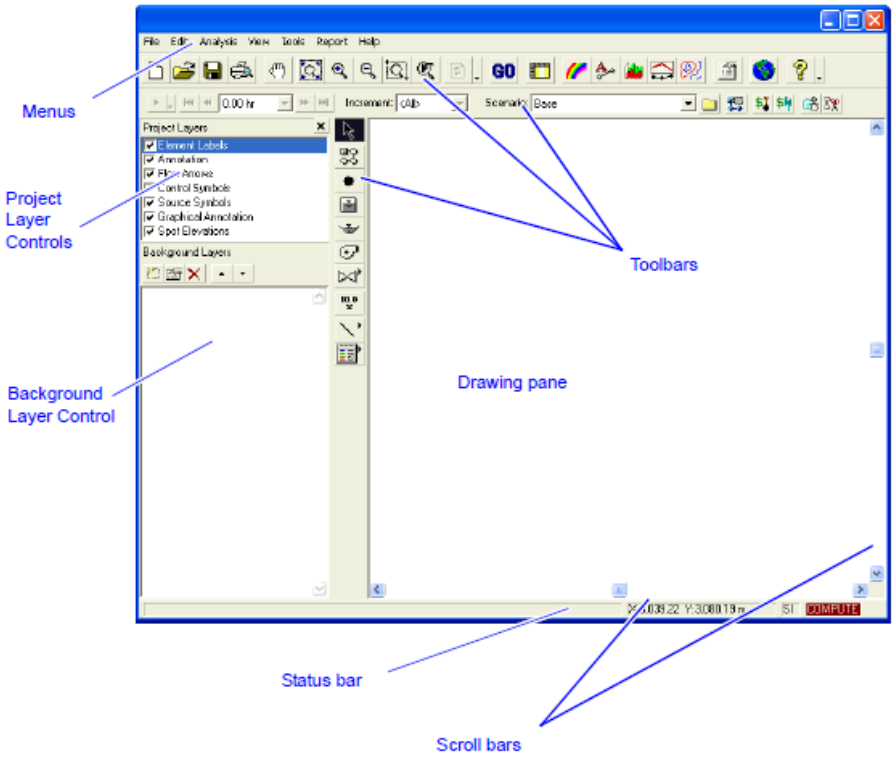
ويعتبر البرنامج (Water CAD) هو أحد برامج تصميم شبكات التغذيه بالمياه المتخصصه والمتميزه نظراً لتشغيل البرنامج بإستخدام نظام (Windows) وهو برنامج هام لكل مهندس تصميم للمشاريع في مجال شبكات المياه وهو قادر على إختصار الكثير من الوقت في عمليه تدقيق عناصر الشبكه وإختيار التصميم كما أنه يعطينا تقارير هامه عن عناصر الشبكة

وعمليه التعديل على التصميم ومن الأمور التي يسهل التعامل معها بواسطة هذا البرنامج أنه يمكننا التعديل في عنصر ما ورؤية تأثيره على باقي العناصر بشكل بسيط وسريع.
شكل رقم (٨-١) خطوات التحليل والتصميم الهيدروليكى لشبكات توزيع مياه الشرب بإستخدام برنامج Water Cad

كيفية تشغيل البرنامج

عند تشغيل البرنامج تظهر الشاشه الإفتتاحيه , وتتكون الشاشه الإفتتاحيه من الآتي :

١. مجموعة الأوامر (Main Menu).
٢. شريط الأدوات (Toolbar).
٣. مجموعة النوافذ المساعدة (Secondary Menus).



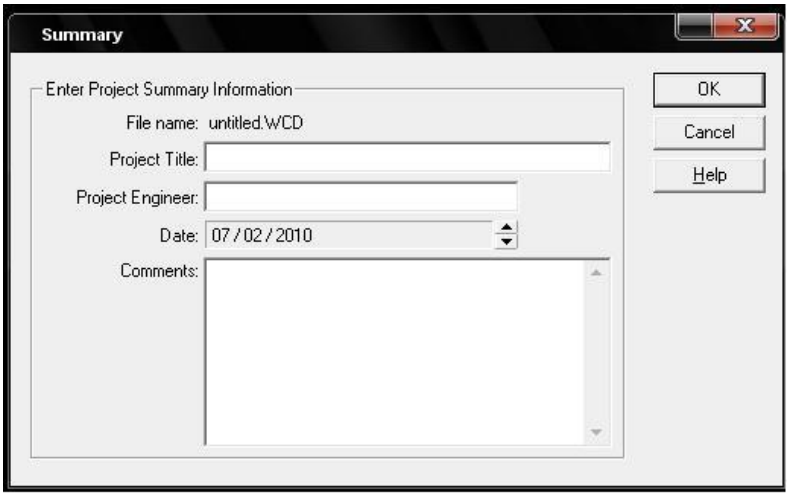
شكل رقم (٢٩)

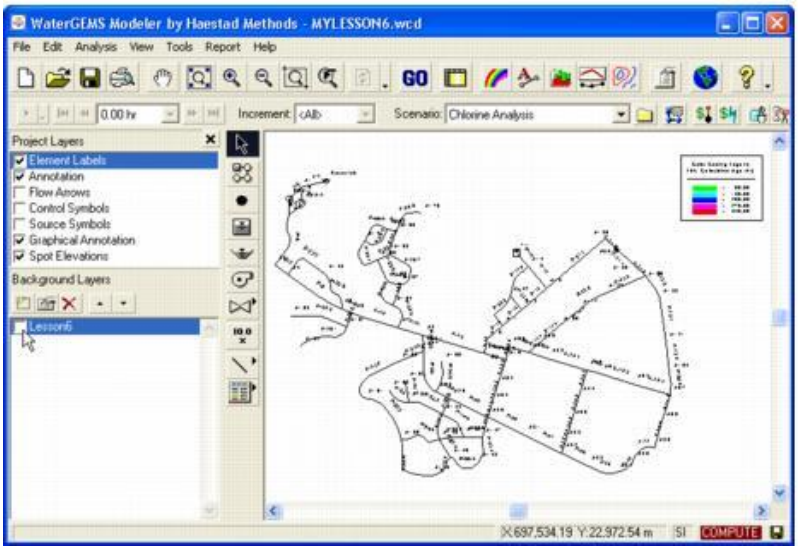
خطوات رسم الشبكة

يرسم النموذج بالشبكه للمشروع المراد التحليل الهيدروليكي ، ويجب عند البدء في تصميم شبكة توزيع جديدة ,مراعاة وتطبيق التالى :

١. كتابة أسم المشروع والمهندس المصمم والتاريخ.

٢. في الصفحة التاليه يسأل البرنامج عن أي تغيير في الثوابت المدخله مثل (المعادلات المستخدمة في الحساب – نوع السائل المستخدم – تقريب الأطوال للمواسير) والأفضل هو ترك الإعدادات التقليدية للبرنامج.
٣. يجب إدخال مقياس الرسم وإرتفاع وحجم الخط المستخدم بالمشروع.
٤. يجب رسم الشبكه بالأدوات المتاحه للرسم ببرنامج الـ Auto Cad.





شكل رقم (٣٠)

خطوات إدخال البيانات

إن عمليه إدخال البيانات أو تعديلها لأي عنصر من الشبكه عمليه بسيطه حيث بعد الإنتهاء من رسم النموذج نبدأ في عملية إدخال البيانات وهناك عدة طرق لإدخال البيانات لأي من مكونات الشبكة , والبيانات هي كما يلي :

١. طريقة النقر بإستخدام الفأرة.

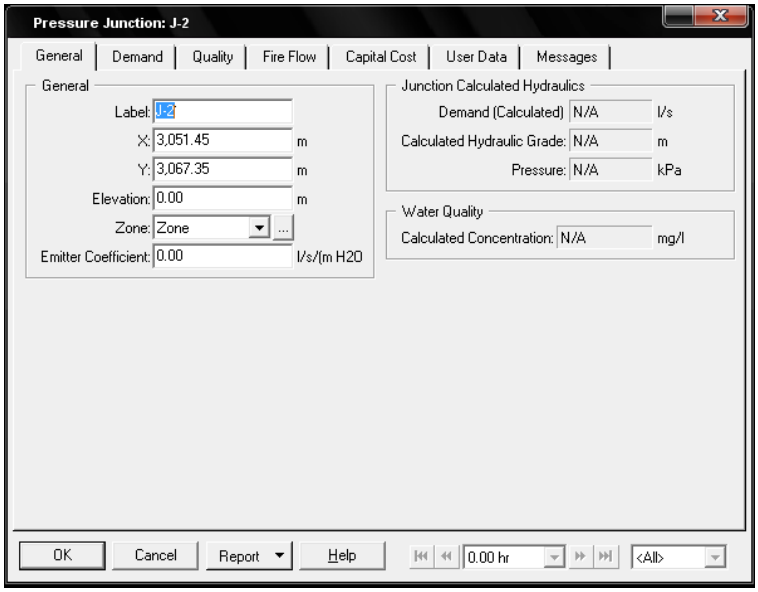
طريقة النقر بإستخدام الفأرة هي الأسهل حيث يمكننا النقر مرتين على العنصر المراد إدخال البيانات له للدخول إلي خصائصه والتعديل عليها ويعيب هذه الطريقه أنها بطيئه حيث نضطر للدخول على خصائص كل عنصر لكل مكون من مكونات الشبكه على حده لإدخال بياناته.

٢. طريقة الجداول المرنة (Flexible Tables).

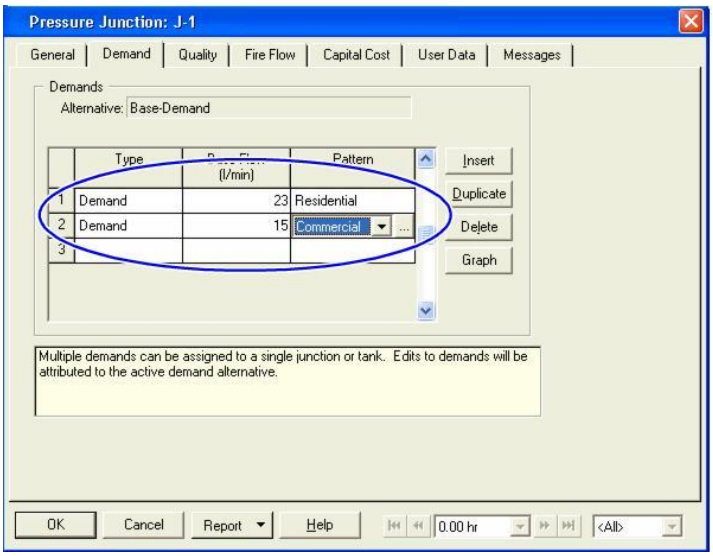
هذه الطريقه هي الأفضل والأسرع لإدخال بيانات وخصائص مكونات الشبكه لكل عنصر على حده أو لمجموعة عناصر متماثله في البيانات عن طريق ملئ جداول التقارير لكل عنصر من مكونات الشبكة , هذه الجداول هي طريقة أكثر مرونه حيث يمكن إدخال البيانات لأكثر من عنصر من مكونات الشبكه في وقت واحد.

نقـاط الإتـــزان

١. يتم تحديد موقع نقاط الإتزان بإستخدام الفأرة وتحديد (X&Y Coordinates).
٢. يجب إدخال كل البيانات المتعلقة نقاط الإتزان (الإستهلاك) وإدخال الرقم المسلسل (J١ - J٢ - .), ومنسوب سطح الأرض وأقصى إستهلاك يومي وفقا لسنة الهدف.



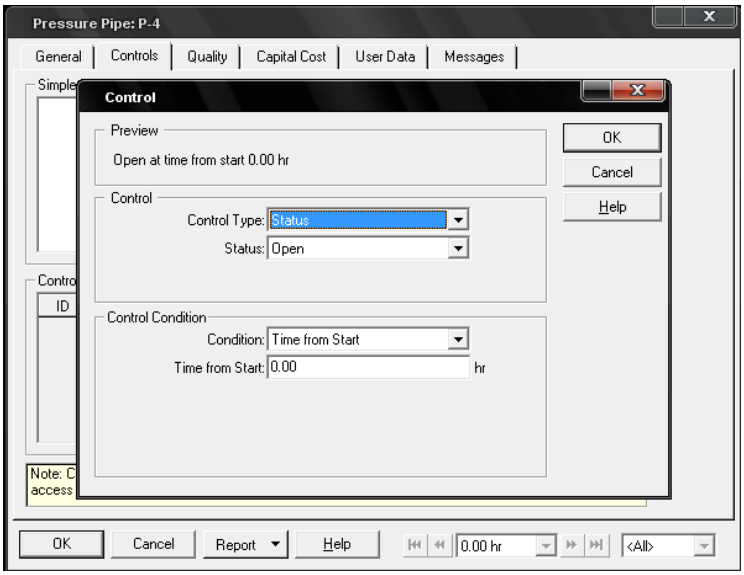
شكل رقم (٣١)



شكل رقم (٣٢)

خطوط المواسير

بعد إستيفاء بيانات الـ (Nodes) كما سبق , يتم توقيع خطوط المواسير (Pipes) بين نقاط الإستهلاك (Node) حيث يعطي البرنامج قطر إفتراضي لكل المواسير عن رسمها ويتم تغيير هذا القطر في الخطوات الأخيرة من البرنامج بعد الحصور على نتائج التحليل الهيدروليكي. ويجب إدخال بيانات المواسير وفيها إدخال الرقم المسلسل (P١,P٢,....), مع بيان نوعها وقطرها وطولها.

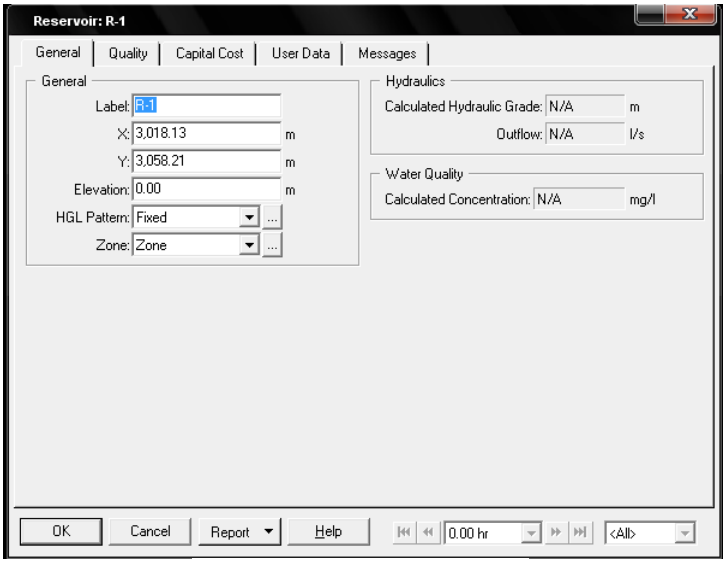


شكل رقم (٣٣)

مصدر التغذيـه

خطوات تحديد مصدر التغذيه كما يلى :

١. **يتم توقيع مصدر التغذيه بالمياه (Reservoir) وهو يمثل بئر جوفي أو خزان أرضي يتم سحب المياه منه بإستمرار بإستخدام طلمبات رفع.**
٢. **يتم تحديد موقع الخزان بإستخدام الفأرة ثم تحديد (X & Y Coordinates).**
٣. **يجب إدخال كل البيانات المتعلقة بالـ (Reservoir) ومنها (R١, R٢,...) , مع بيان منسوب سطح الأرض عندها.**



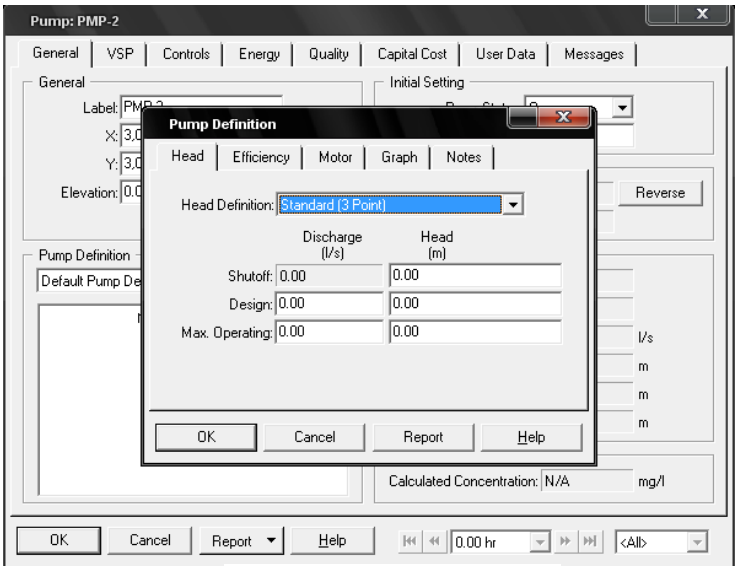
شكل رقم (٣٤)

طلمبات مصدر التغذيه

الطلمبات لها شكل خاص في إدخال البيانات حيث نقوم أولا بتعريف الطلمبة من حيث التصرف والرافع المانومتري.

تعريف الطلمبه

١. **يتم تعريف الطلمبة بعدة طرق أشهرها هو طريقة الثلاث نقاط لإدخال منحنى الطلمبة وهو بإدخال قيم التصرف والرافع المانومتري للطلمبة عند النقاط الأتيه :**
   - **١- Q=٠;**
   - **٢- Q design;**
   - **٣- Q max.**
٢. **يجب التأكد من توافر مصدر مائي (Reservoir) لكل طلمبه.**



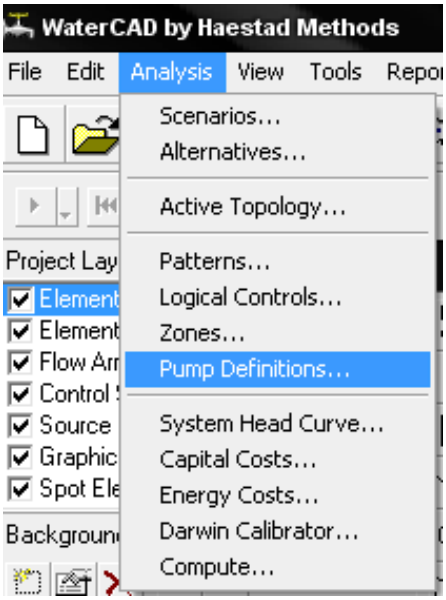
شكل رقم (٣٥)

يمكن تلخيص خطوات إدخال بيانات الطلمبات :

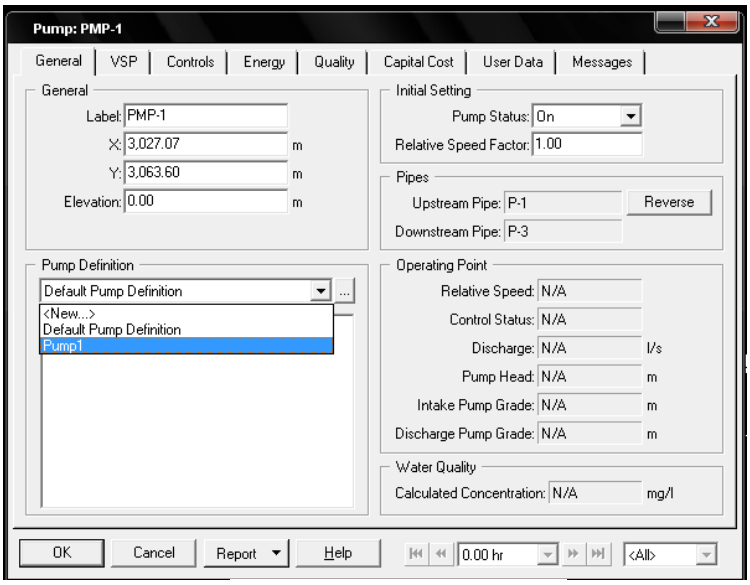
١- بعد إستيفاء بيانات مصدر التغذيه (Reservoir), يتم توقيع طلبمات الرفع بجوار تلك المصدر.

٢- يتم تحديد موقع الطلمبات بإستخدام الفأرة ثم تحديد (X & Y Coordinates).

٣- يجب إدخال جميع بيانات الطلمبات منها الرقم المسلسل (PMP-١, PMP-٢, ...) , ومنسوب سطح الأرض عندها مع بيان منحنى تشغيلها.



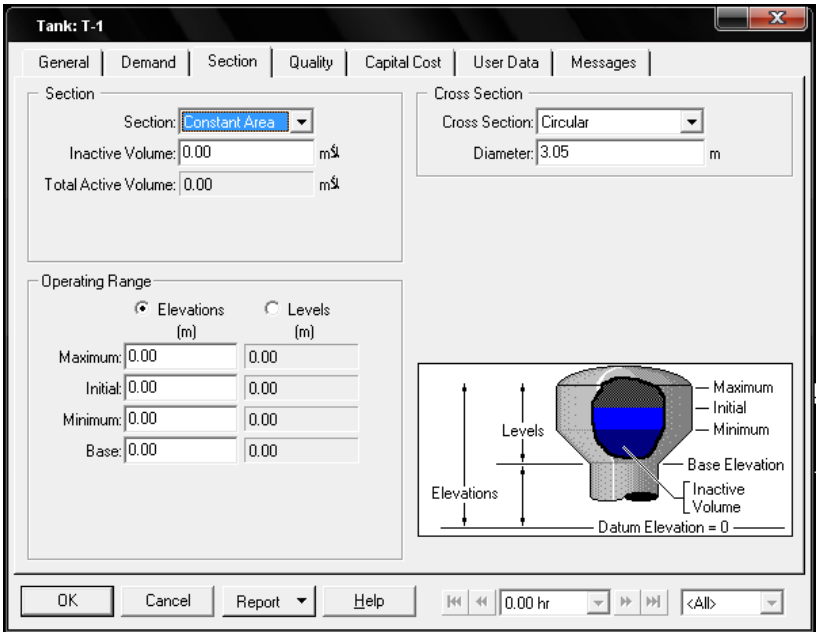
شكل رقم (٣٦)



شكل رقم (٣٧)

الخزانات العاليه

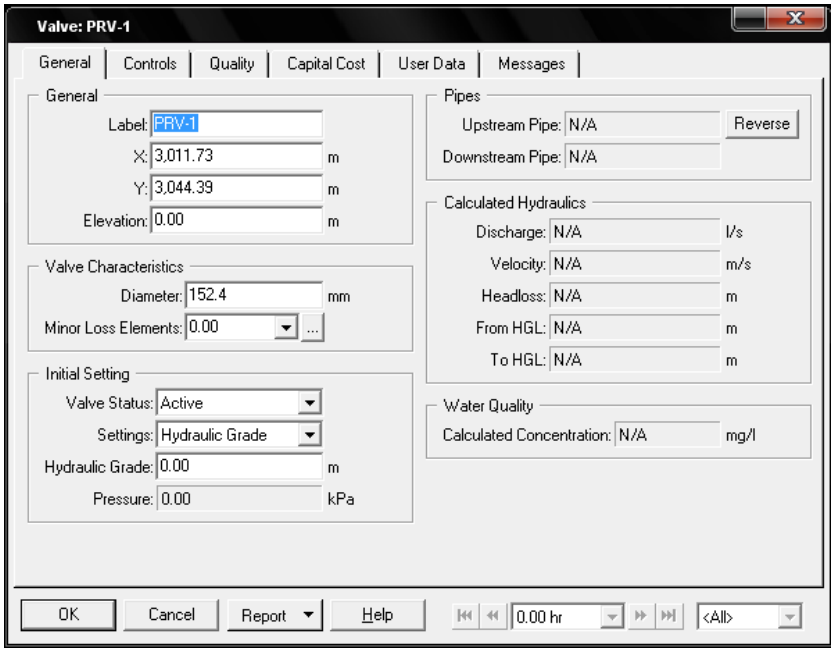
١. يتم تحديد موقع لخزانات العاليه بإستخدام الفأرة وتحديد (X & Y Coordinates).
٢. يجب إدخال جميع البيانات المتعلقه بالخزانات العاليه ومنها : الرقم المسلسل (ET-١, ET-٢,..) , مع بيان منسوب الأرض , وإرتفاع حلة التخزين , ونصف قطر الحلة.



شكل رقم (٣٨)

المحابـــس

١. يتم تحديد موقع المحابس بإستخدام الفأرة, ويجب تحديد إتجاه (١st node, ٢nd node) لكل محبس.
٢. إدخال جميع البيانات المتعلقه بالمحابس ومنها الرقم المسلسل (V-١, V-٢,...), وقطر الماسورة, ومقدار الفاقد, ونوع كل محبس (PRV, PSV, PBV, FCV, TCV).

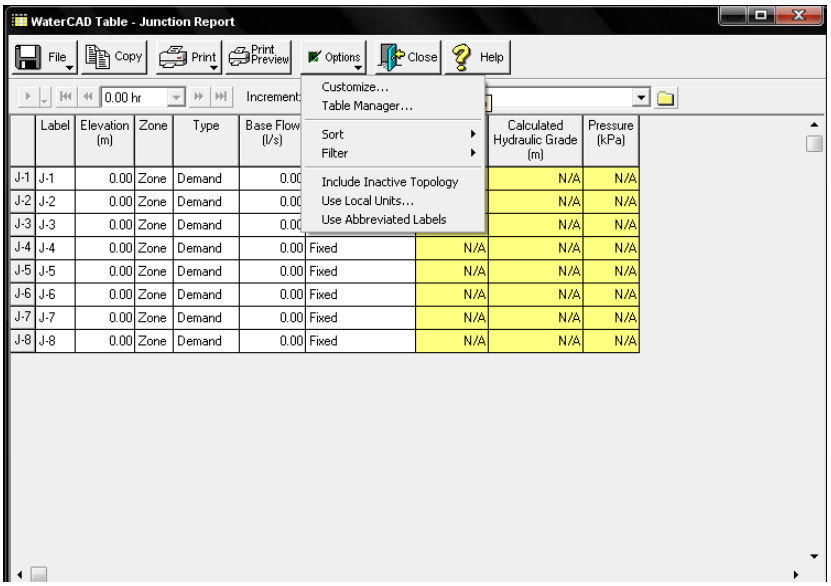


شكل رقم (٣٩)

إستقراء النتائج الخارجة من الحاسب

يقوم الحاسب الآلى بعمل التحليل الهيدروليكى للبيانات المختلفة التى تم إدخالها ثم يعطى نتائج تتمثل فيما يلى :

١- السرعات فى المواسير.
٢- إتجاه السريان فى كل ماسورة.
٣- الفواقد فى الإحتكاك فى المواسير.
٤- ضغط المياه عند كل نقطة إتزان.
٥- التصرف الكلى والضغط المطلوب عند الطلمبات.



شكل رقم (٤٠)

تحليل النتائج

بعد إستقراء النتائج يتم تحليلها بواسطة المهندس الهيدروليكى، الذى يقوم بتعديل أقطار المواسير وبيانات الطلمبات للوصول إلى أنسب الحلول لحدوث إتزان للتصرفات والضغوط بالشبكة. ويقوم المهندس الهيدروليكى بتحليل النتائج الخارجة من الحاسب الآلى لكل حالة من حالات التشغيل المختلفة وتعديل التصميم تبعاً لذلك.

<u>وتشمل حالات التشغيل المختلفة حالتين هما:</u>

١- حالة التصرف الأقصى (Peak Demand).

٢- حالة التصرف الأقصى + تصرف الحريق (Peak demand + Firedemand)

التشغيل فى حالة التصرف الأقصى

وفى هذه الحالة يتم إمداد الحاسب الآلى بالبيانات فى حالة أقصى تصرف. وتشمل النتائج الخارجة من الحاسب الآلى البيانات الآتيه :

١ – التصرف الأقصى.
٢ – أقصى ضغط للماء عند نقاط الإتزان.
٣ – أقل ضغط للماء عند نقاط الإتزان.
٤ – أقطار مواسير التغذية بالمياه.

٥- يحدد الحاسب الآلى ما إذا كان سيتم طلمبة واحدة أو مجموعة طلمبات فى حالة أقصى تصرف.

التشغيل فى حالة التصرف الاقصى + تصرف الحريق

فى هذه الحالة يتم إمداد الحاسب الآلى بالبيانات فى حالة أقصى تصرف + تصرف الحريق ، وتشمل النتائج الخارجة من الحاسب الآلى البيانات الآتيه :

١- التصرف الأقصى + تصرف الحريق.
٢- أقصى ضغط عند نقاط الإتزان.
٣- اقل ضغط للماء عند نقاط الإتزان.
٤- أقطار مواسير التغذية بالمياه وهى نفس أقطار المواسير المستخدمة فى حالة أقصى تصرف.
٥- يحدد الحاسب الآلى ما إذا كان سيتم إستخدام طلمبة واحدة أو أكثر على التوازى فى هذه الحالة.

الضغط فى شبكات التوزيع

تنص المواصفات المصرية على أنه يجب حفظ الضغط فى شبكات توزيع مياه الشرب بحيث يكون كافياً لرفع المياه إلى الستة طوابق فى المساكن بأبعد مكان فى المدينة على أن يكون عند وصوله إلى نقاط الإستخدام (الصنابير والحنفيات وسخانات الغاز) بالطابق السادس تحت ضغط قدره أربعة أمتار على الأقل ولذلك يجب ألا يقل عامود الضغط فى خطوط المواسير عن ثلاثون متراً موزعة كالأتى :

- ١٨ متراً إرتفاع ستة طوابق للمبنى.
- ٥ متر فاقد فى الإحتكاك بمواسير (العمود القائم) التوزيع داخل المنزل.
- ٤ ـ ٥ متر عامود على الصنابير بأعلى طابق.
- ٢ متر فاقد فى عداد قياس إستهلاك المياه.

= ٣٠ متراً للمجموع

وتنص أيضاً المواصفات المصرية على ألا يقل الضغط فى خطوط المواسير الرئيسية فى المدينة عن ٤٠ رطل على البوصة المربعة أى ثلاثة كيلو جرام على السنتيمتر المربع – أما الضغط فى خطوط المواسير الفرعية فيجب ألا يقل ١,٥ كليو جرام على السنتيمتر المربع.

أى أن عامود ضغط الماء يجب ألا يقل عن ثلاثين متراً فى خطوط المواسير الرئيسية ولا يقل عن خمسة عشر متراً فى خطوط المواسير الفرعية.

كما ينص فى بعض الأحوال على ألا يقل الضغط فى المواسير (٤-٥) كليو جرام على السنتيمتر المربع وذلك لضمان ضغطاً كافياً لمقاومة الحرائق. ألا أن حفظ هذا الضغط فى الشبكة يستلزم مواسير خاصة لا تتسرب منها المياه تحت هذا الضغط العالى نسبياً وذلك يفضل ألا يتجاوز ثلاثة كيلو جرام

تم بحمد الله

المباديء الهيدروليكية
لمحطات تنقية مياه الشرب السطحية

اعداد

محمد رجب الزغبي
شركة الدقهلية

سبتمبر ٢٠١٤م