

نورم لدراسة مشاريع مياه الشرب

إعداد المهندس:
جهاد سابا

الإشراف:
المهندس محمد الشياح

سوريا - دمشق

نورم لدراسة مشاريع مياه الشرب

إن وضع نورم لدراسة مشاريع مياه الشرب و التي تعتبر مشاريع استراتيجية هامة هو ضرورة ملحة، إذ لابد من أن تكون الدراسة على أسس و قواعد مبنية على قيم و جداول من الدراسات الميدانية و بذلك تعطي الدراسة نتائج قريبة من الواقع و تكون مقبولة من الناحية الفنية و الاقتصادية. إن وضع نورم كدليل للمهندسين الدارسين لتوحيد أسلوب و منهج الدراسة و توفير الجهد و الوقت اصبح ضرورة ملحة تفرضها المشاريع المائية المنفذة أو التي ستنفذ في القطر.

سنوضح في هذه الدراسة بعض النقاط المهمة في المرحلة التحضيرية وفي مرحلة الدراسة والتي لها تأثير كبير على دراسة الشبكة من الناحيتين الفنية و الاقتصادية. الغاية من مشاريع مياه الشرب هي تأمين مياه الشرب بالكمية و الضاغط المطلوبين و النوعية الجيدة لمنطقة المشروع و بأقل تكاليف الإنشاء و الصيانة، و يخدم الفترة التصميمية. ولهذا فالمشروع بحاجة إلى المرحلتين التحضيرية و الدراسة.

١. المرحلة التحضيرية:

نحتاج في هذه المرحلة للمعلومات التالية:

- مخطط تنظيمي للمنطقة قيد الدراسة و التي يفضل أن يساهم في وضعه مهندسو التزويد بالمياه و مهندسو الصرف الصحي و مهندسو الشبكات الكهربائية و الهاتفية، وهذا ما يعطي مخطط تنظيمي متكامل يساعد المهندسين في تصميم خطوط شبكات تؤدي وظيفتها الخدمية بشكل جيد و يسهل مرحلة الدراسة. و أثناء العمل على المخطط التنظيمي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار أماكن الخدمات العامة (المدارس، المراكز الرياضية، المراكز الصحية...) و المناطق الصناعية و التجارية و المناطق التي يوجد فيها آثار أو أماكن سياحية، طرق المواصلات، إضافة إلى أماكن التوسع المستقبلية المستفيدة من المشروع.
- مخطط طبوغرافي: و الذي سيساعد على تحديد مواقع الخزانات، و تقسيم المنطقة المدروسة إلى عدة مناطق بحسب الارتفاعات و ذلك لضمان عدم وصول الضاغط إلى قيم أكبر من حد معين يتعلق بقدرة تحمل الأنابيب و الوصلات و الأجهزة الصحية، أو إلى قيم أصغر من حد معين لا يتوافر عندها الضغط اللازم لإيصال المياه.
- عدد السكان الحالي و معدل التزايد: يفضل أخذ عدد السكان لما لا يقل عن ثلاثة إحصاءات ميدانية تكون كأساس لرسم منحنى نموذج عدد السكان المستقبلي إضافة إلى إمكانية استنتاج خط بياني لمعدل التزايد يساعد على حساب عدد السكان التصميمي.
- المصادر المائية المتوفرة و مخطط وضع حالي للشبكة مبينا عليه مواقع الخزانات الحالية و ساعاتها و ارتفاع اسفل الحلة و صلاحيتها، أطوال و أقطار الأنابيب، نوعها و عمرها و صلاحيتها للاستفادة منها في الشبكة الجديدة.

٢- مرحلة الدراسة:

لدراسة مشروع مياه الشرب يجب:

- تحديد الفترة التصميمية لمنشآت المشروع: و هي الفترة التي تبدأ من دراسة المشروع و حتى ضرورة تجديده أو إجراء التوسع فيه و يلعب في تحديدها العوامل التالية:

- * العمر التصميمي للتجهيزات و الإنشاءات و يقدر العمر التصميمي لأنابيب الفونت المرن و البولي إيتيلين بخمسين عاما.
- * مدى سهولة التوسع بالمنشآت .
- * الزيادة المتوقعة في عدد السكان، وبشكل أساسيسياحية بين العدد المحسوب و العدد الواقعي لسنوات سابقة و حالية و يفضل أن يؤخذ العمر التصميمي بحيث يكون الفارق صغيرا.
- * مع إمكانية إحداث مناطق صناعية أو تجارية أو سياحية .
- * إمكانيات التمويل المتوفرة مع الزمن و معدل الفائدة المدفوعة و تغير الأسعار للمنشآت و العملة.
- * كلفة الصيانة و التشغيل .

في مديرية مياه الشرب تؤخذ الفترة التصميمية - ٣٠ - عاما و هي بحاجة إلى إعادة تدقيق بناء على دراسات نظرية و ميدانية تأخذ بعين الاعتبار العوامل السابقة.

- عدد السكان التصميمي: و يعتبر واحد من أهم العوامل التي تؤثر على نجاح المشروع فنيا و اقتصاديا. إذ يحسب على أساسه الغزارة التصميمية التي تلعب الدور الرئيسي في دراسة المشروع. توجد عدة طرق لمعرفة عدد السكان التصميمي نذكر منها:

- * **الطريقة الحسابية.**
- * **طريقة التزايد بنسبة مئوية.**
- * **الطريقة البيانية** و تعتبر أدق و اكثر وثوقية من الطريقتين السابقتين. إذ تأخذ كمعلومات أولية إضافة إلى العدد الحالي للسكان و نسبة التزايد في الطريقتين السابقتين، عدة إحصاءات للسكان في سنوات متباعدة و بذلك تأخذ ضمنا العوامل الاقتصادية و الاجتماعية و الصحية و الثقافية التي تؤثر على تزايد السكان. و يمكن بطرق الإحصاء حساب المنحني الأمثلي الذي يمر من هذه النقاط و بطريقة Extrapolation يمكن حساب عدد السكان في السنة التصميمية بدقة كافية، و ينصح بتبني هذه الطريقة نظرا لسهولتها و هي تعطي نتائج منطقية.
- * **طريقة حد الإشباع:** يحسب عدد السكان بطريقة النسبة المئوية حتى امتلاء المخطط التنظيمي و بعدها يؤخذ التزايد بالطريقة الحسابية، و أمكن استنتاج هذه الطريقة على أساس المشاهدات و الدراسة الميدانية التي أعطت أجوبة بدقة جيدة لعدة تجمعات سكنية

درست هذه الطريقة عليها. - و هناك طريقة حديثة تأخذ عدد السكان تابع كثير حدود زمني للمتغيرات الاقتصادية و الاجتماعية و الثقافية و الصحية. و رغم صعوبة هذه الطريقة التي تعتمد على دراسات نظرية و ميدانية مكثفة لمعرفة اثر كل من العوامل السابقة على التزايد السكاني، إلا أنها تعطي نتائج اقرب إلى الواقع.

- الاستهلاك المائي:

المسألة الأولى هي الاستهلاك الوسطي للفرد و يعرف بأنه حاصل قسمة الاستهلاك اليومي الوسطي على عدد السكان، و يحسب الاستهلاك اليومي الوسطي على انه الاستهلاك المنزلي إضافة إلى الاستهلاك التجاري و الصناعي الذي لا يتجاوز بأكثر من ٢٥% الاستهلاك المنزلي (حسب الكود الألماني) وإذا تجاوز هذا الحد يعتبر من المستهلكين الكبار حيث يوضع هذا الاستهلاك في العقد مباشرة و يضاف إلى الاستهلاك اليومي الوسطي بعد تحويله إلى الاستهلاك الساعي الاعظمي. يتأثر الاستهلاك الوسطي بعدد السكان و المناخ و مستوى المعيشة و كميات الأمطار، و هو كبير الأثر على نجاح المشروع فنيا و اقتصاديا إذ يماثل تأثير عدد السكان. و هو من اصعب المؤشرات إذ لا يتوافر في المؤسسات معطيات دقيقة عنه، وإذا توافرت بعض المعلومات فهيا تعبر عن كميات مفروضة بحسب سياسة التقنين.

المسألة الثانية هي حساب منحنى الاستهلاك اليومي (تغير الاستهلاك مع الزمن) و الذي يفيد في التحليل الديناميكي و النوعي و حساب حجوم الخزانات.

و هناك مسألة حساب تغير معدل الاستهلاك الساعي و اليومي خلال السنة، وذلك لحساب معاملي عدم الانتظام الساعي و اليومي ومنه لحساب الاستهلاك الساعي الأعظمي.

قامت مؤسسة مياه دمشق بدراسة حقلية و تحليلية لشبكة مدينة دمشق، و قدمت عدة جداول لحساب الاستهلاك الوسطي للفرد حسب المناطق، و جداول لحساب معاملي عدم الانتظام، و مخططات لحساب منحنى الاستهلاك اليومي يمكن الاعتماد عليها مؤقتا. إلا أن هذه الجداول بحاجة إلى المزيد من القياسات الحقلية و التحليل النظري و ذلك بسبب التغير الكبير في عدد المستهلكين و وجود الخزانات المنزلية و سياسة التقنين بسبب ندرة المياه. و هذا ما يستلزم توافر الجهود و الموارد من اجل بناء جداول مشابهة لبقية المحافظات و تدقيق الجداول الحالية و التي ستعتبر أساسا جيدا لدراسة مشاريع مياه الشرب.

٢-١- حساب التصريف الاعظمي:

يحسب الاستهلاك اليومي الوسطي (مقدرًا بـ m^3/day) من العلاقة:

$$Q_{av.day} = p * q / 1000$$

P عدد السكان التصميمي ، q معدل استهلاك الفرد في اليوم (l/day) .

حساب التصريف الساعي الأعظمي (مقدرًا بـ m^3/day) : من العلاقة:

$$Q_{max.h} = Q_{av..d} * k_d * k_h * 1.1 * 1.05$$

حيث k_d معامل عدم الانتظام اليومي ، k_h معامل عدم الانتظام الساعي ، ١.١ معامل التسرب، ١.٠٥ معامل التغير غير المحسوب لعدد السكان .

و لحساب الاحتياج اللازم للصناعات المختلفة، توجد نورمات عالمية تعطي الاحتياج للعمال و المنتج بدلالة عدد العمال، معدل الإنتاج. و تعطي النورمات احتياج المنشآت الخدمية مثل المشافي و المدارس و المراكز الرياضية.

يضاف احتياج المنشآت الصناعية و الخدمية إلى $Q_{max.h}$ لحساب التصريف العظمي. و توصي بعض النورمات بأخذ التصريف التصميمي القيمة الأكبر من: ١- التصريف الساعي العظمي. ٢- التصريف الوسطي + التصريف اللازم للحريق. و في حال كان التصريف الاعظمي هو التصميمي يجري التحقق على الحريق حيث يجب إلا تقل الضواغط عند حدوث الحريق عن الضاغط اللازم لعمل مضخات الحريق. و لمواكبة التطور التقني و ارتفاع احتمال التعرض للحريق لجأت معظم النورمات إلى اعتبار الغزارة التصميمية هي الغزارة الساعية العظمى + تصريف الحريق (المناطق التي يتواجد فيها صناعات). هذا وبسبب الظروف الخاصة للتزويد المتقطع يلزم إعادة دراسة الغزارة التصميمية اعتمادا على قياسات حقلية مع الأخذ بعين الاعتبار توفر الماء و ظروف الاستهلاك و خطط الدولة في التطوير الاقتصادي.

تعطي النورمات العالمية معادلات و جداول لحساب تصريف الحريق، و يستخدم في مديرية مياه الشرب النورم البلغاري. إلا أنه يجب الانتباه إلى أن احتمال حدوث حريق في سوريا ضئيل جدا مقارنة بالدول الأوروبية. إضافة إلى أن معظم الأماكن المعرضة لخطر الحريق يتواجد فيها مطافى خاصة بحسب نوع المنتج و الخدمة. لذلك يجب إعادة النظر بالتصريف اللازم للحريق (بالنسبة للمناطق السكنية)، لأن القيم المرتفعة المستخدمة حاليا تؤثر سلبا على اقتصادية الشبكة. يمكن الاستعانة مؤقتا بالنورم المصري من اجل حساب التصريف اللازم للحريق.

٢-٢- حساب حجم الخزانات:

بتالف حجم الخزان من ثلاث حجوم جزئية:

- تخزين التشغيل و بحسب انطلاقا من منحني الاستهلاك اليومي بحيث يحسب الفارق بين منحني الاستهلاك اليومي و معدل الضخ فيتم امتلاء الخزان عند الاستهلاك الاصغري ليساهم في التغذية عند الاستهلاك الاعظمي.

و هناك حالتان نظاميتان:

- عدد ساعات الضخ ٢٢ ساعة.

- عدد ساعات الضخ ١٢ ساعة حيث يضاف حجم تخزين إضافي.

- تخزين لازم للحريق: كمية الماء اللازمة لإطفاء الحرائق التي تحدث في أن واحد.

- التخزين الاحتياطي: لتخديم الشبكة في حالة الصيانة و حدوث الأعطال. و يقدر بحسب أهمية المنشآت التي تغذى. و يعطى بشكل تقريبي بنسبة ١٥% من الحجمين السابقين.

وإذا لم يتوفر منحنى الاستهلاك فيمكن حساب حجم التخزين بشكل تقريبي كما يلي: ٢٥- ٥٠% من الاستهلاك اليومي الوسطي مقدرا m^3/day للخرانات الأرضية و ١٠- ١٥% للخرانات العالية عندما يكون عدد ساعات الضخ ٢٢ ساعة و ٢٥% لـ ١٢ ساعة ضخ.

٢-٣- تصميم الشبكات:

توجد ثلاثة أنظمة لتصميم الشبكات:

- النظام المفتوح (شجري)
- النظام الحلقي (شجري + محيطي)
- النظام المختلط (حلقي + شجري). و توجد معايير لاختيار نوع النظام: هيدروليكي (يفضل الحلقي المحيطي)، تنفيذي (النظام المفتوح)، اقتصادي (النظام المفتوح، المختلط). إضافة إلى التسهيلات التي يقدمها المخطط التنظيمي المدروس جيدا.

٢-٣-١- حساب الاحتياجات المركزة في المركزة في العقد:

تعتمد معظم الطرق على تركيز السحوبات في العقد مما يسهل كثيرا حساب الشبكة. و توجد طرق حساب شبكة تقبل إضافة إلى السحب المركز في العقد سحوبات نوعي. على طول الأنابيب. و من أجل السحوبات المركزة في العقد توجد عدة طرق:

* **طريقة الطول النوعي .**

* **طريقة المساحة .**

* **الطرق الهندسية .** حيث تفرض معاملات أهمية خاصة بكل حلقة بحسب الكثافة السكانية، متوسط استهلاك الفرد، أهمية المنطقة و المستوى المعاشي. تحمل السحوبات في الطريقتين الأولى و الثانية على الأنابيب و يعاد تحميلها على العقد مناصفة، أما في الطريقة الثالثة، والتي تعتمد على أن البرامج الحديثة تقبل معطيات الشبكة عن طريق الرسم مما يسهل حساب مراكز ثقل الحلقات و حساب المساحات المحملة على كل عقدة لتقسم على المساحة الكلية و تضرب بالجزارة التصميمية و عوامل الأهمية.

٢-٣-٢- حساب الشبكة:

* الحساب في الحالة المستقرة (Steady State): بعد حساب السحوبات في العقد،
توضع معادلات الاستمرار و التوازن:

$$\sum(Q_{in})_i = \sum(Q_{out})_i + D$$
$$\frac{p1}{\gamma} + \frac{V1^2}{2 * g} + Z1 = \frac{P2}{\gamma} + \frac{V1^2}{2 * g} + Z2 + \Delta h$$

إضافة إلى معادلات تساوي الفواقد على المسارات مع فرق منسوب الماء بين الخزانات.

تصنف طرق الحل إجمالاً في مجموعتين:

- طرق المسارات: حيث توضع المعادلات السابقة بدلالة الغزارات.
- طرق العقد: حيث توضع المعادلات السابقة بدلالة الضواغط.

وفي كلا المجموعتين توجد طرق تقريبية تعتمد على التقريبات المتتالية، و لكل طريقة تقريبية مزايا و مساوئ، و يمكن بالجمع بين طريقتين مثل الخطية مع هاردي كروس أو طريقة Mesh Flow . و توجد طرق أكثر شمولية و استقرار تعتمد على حل مجموعة المعادلات باستخدام المصفوفات و طرق الحل التقريبية (طريقة نيوتن- رافسون)، مثل طريقة Gradient Algorithm .

وفي كل الحالات تستعمل إحدى علاقات الفاقد بالجزارة التالية:

$$J = \frac{\lambda * V^2}{2 * g * D} \quad \text{- علاقة دارسي وايسباخ:}$$

$$J = 6.35 * (n * V)^2 * D^{-\frac{4}{3}} \quad \text{- علاقة شيزي مانينغ:}$$

$$J = 6.824 \left(\frac{V}{C_{wh}} \right)^{1.852} * D^{-1.167} \quad \text{- علاقة هازن ويليامز:}$$

- الحساب الديناميكي: تحسب الشبكة خلال فترة زمنية تصل إلى يوم، تحل معادلات الاستمرار و التوازن مع منحنى الاستهلاك اليومي في كل عقدة ومعدل دخول الماء إلى الخزانات و شكل الخزانات. و يمكن العمل على سيناريوهات مختلفة و ذلك بتعديل بارامترات سكورة التحكم بالجزارة - مضخات - منظمات الضغط ، للوصول لمعرفة دقيقة عن الشبكة على مدى اليوم(ضواغط ، سرع وجزارة).

التحليل النوعي للمياه ويشمل ما يلي:

- حساب مساهمة كل مصدر في سحب أي عقدة.
- تحديد عمر المياه.
- تحديد تركيز مادة في أي لحظة في أي عقدة، عند دخولها من مصدر أو عقدة ما.

و المعادلة الأساسية التي تعطي تغير التركيز في الأنابيب مع الزمن هي:

$$C_{ij}(0,t) = \frac{\sum_k Q_{ki} * C_{ki}(L_{ki},t) + M_i}{\sum_k Q_{ki} + Q_{si}}$$

و تحل هذه المعادلة بإحدى الطريقتين:- غاوص. - أويلر.

و باستخدام الحساب في الحالة المستقرة و الديناميكية و التحليل النوعي نصل إلى الغاية من تصميم و دراسة الشبكة بتأمين كمية الماء اللازمة بالضغوط المطلوب و النوعية التي تنص عليها النورمات، إضافة إلى فهم دقيق لكيفية عمل الشبكة.

٣- تعليمات عامه:

- يعتمد تصميم الحلقات الرئيسية على توزيع الشوارع في المخطط التنظيمي و مواضع الخزانات و كثافة السكان و موقع المستهلكين الكبار.
- يفضل أن تمر الخطوط الرئيسية في المناطق عالية الكثافة و ذات الأهمية (اقتصادية، سياحية، أثرية) و التي يتوافر فيها مستهلكين كبار، لضمان توفير كمية المياه المطلوبة و الضواغط.
- عندما يزيد قطر الأنبوب الرئيسي (ناقل، ناقل و مغذي) عن 300 mm ، يوضع قربه أنبوب آخر لتزويد المستهلكين على طرفي الطريق . و بذلك نضمن استقرار هيدروليكي في الشبكة.
- يفضل عند تصميم خطوط الجر أن تمر بمناطق عالية ما أمكن، حيث يمكن توضع الخزانات، و بذلك توفر في أنابيب النقل و المضخات.
- يفصل وضع الخزانات في الوسط ما أمكن من الشبكة لضمان سيطرة افضل على عمل الشبكة و نحصل على الغزارات و الضواغط اللازمة مع توفير في الأنابيب.
- يحدد موقع الخزانات بحيث يمكن إسالة المياه إلى كل الشبكة. و إذا تواجدت بعض المناطق العالية من المفضل تزويدها بواسطة الضخ لتجنب ضخ جميع المياه المستهلكة.
- نظرا للافتراض المتعلق بتركيز السحوبات في العقد يفضل ألا يزيد طول الأنبوب عن

600 m

- تتراوح الضواغط المسموحة في الشبكة بين حد أعلى تتحمله الأجهزة الصحية، وحد أدنى يرتبط بارتفاع المباني. و في قطرنا يفضل ألا يزيد الضاغط الستاتيكي عن 80 m و الحركي عن 60 m .
- تتراوح السرعة المسموحة بحسب الأقطار و عموما يفضل ألا تقل السرعة عن 0.3 m/sec لكي يبقى الكلور المتبقي ضمن الحدود المسموحة بالمواصفة السورية، وإتاحة اقل زمن ممكن للتفاعل بين الماء و مكونات الأنبوب و لا تترسب المواد المحمولة بالماء. و لا تزيد عن 2 m مما يسبب تآكل البطانة و الضجيج. و يسمح في حالات خاصة كحدوث حريق بزيادة السرعة على ألا تزيد عن 3 m .
- يفضل وضع سكورة الحريق في الأماكن المنخفضة للاستفادة منها في التنظيف و أن توضع سكورة هواء لطرد الهواء أو إدخاله حسب الحاجة و تجنب انقطاع الماء أو ظاهرة التكهف أو المطرقة المائية.
- عند الشك بإمكانية حدوث مطرقة مائية تصمم خزانات هواء و توضع سكورة عدم رجوع على الخطوط المعرضة للخطر و خاصة القريبة من الخزان و ذلك لامتناس اثر الصدمة المائية.
- تحدد نوع الأنابيب المناسبة بناء على عوامل اقتصادية، هيدروليكية، توفر الأنابيب، سهولة التنفيذ، نوعية التربة.

أسس دراسة و تصميم خط ضخ أو إسالة

تعتبر دراسة و تصميم خط الضخ أو الإسالة من أكثر المسائل في الهندسة المائية حاجة من المصمم إلى معرفة نظرية متميزة في حقل الجريانات المستقرة و غير المستقرة، و خبرة عملية جيدة في المفاضلة بين الحلول و اختيار الحل الأنسب فنيا و اقتصاديا بعد دراسة جيدة لبيئة المشروع إضافة إلى:

- ❖ دراسة مستفيضة لقياسات الاستهلاك و اختيار الغزارة التصميمية.
 - ❖ الخبرة في وضع البدائل بعد دراسة وافية لبيئة المشروع (طبوغرافية منطقة المشروع و العوائق من جبال ووديان، أماكن توضع الخزانات، محطات الضخ، محطات التصفية، وجود الطرقات و خطوط الطاقة و الهاتف، معرفة جيدة بالأنظمة المفتوحة و المغلقة، ...)
 - ❖ معرفة متميزة في اختيار القطر الاقتصادي، خبرة في معرفة تابعة كلفة العوامل المؤثرة على اقتصادية المشروع لقطر الأنبوب.
 - ❖ معرفة جيدة بالجريانات المستقرة غير المستقرة، تجنب المناطق المرتفعة من الخط التي يتوقع تشكل ضغوط سالبة فيها، أزمنة إقلاع و إطفاء المضخات، أزمنة إغلاق و فتح سكورة التحكم، و تصميم سماكة الأنبوب، وأجهزة الحماية من المطرقة المائية.
- تتكون الدراسة من مرحلتين:

- المرحلة التحضيرية: مرحلة جمع البيانات و تنظيمها والتنسيق لإعداد كافة المعطيات المطلوبة.
 - مرحلة التصميم: إعداد البدائل المختلفة للاختيار بينها - اختيار القطر الاقتصادي و سماكة الأنبوب، إعداد المخططات التفصيلية - تصميم التجهيزات بما فيها تجهيزات الحماية من المطرقة المائية و نظام التحكم.
- و يمكن ضم هاتين المرحلتين في مرحلة تشمل ما يلي:

أولا - إعداد المعطيات الأولية: وهي عادة:

- ١- الغزارة الدنيا و العظمى .
- ٢- إحداثيات نقطة البداية و إحداثيات نقطة النهاية. أي فرق المنسوب مع الأخذ بعين الاعتبار تغير منسوب الماء صيفا شتاء.

ثانيا - خطوات التصميم:

- ١- إعداد مخطط طبوغرافي يربط بين النقطتين البداية و النهاية.
- ٢- انتقاء مسار خط الأنابيب: تعار أهمية خاصة للظروف الصعبة التالية: (وديان - منحدرات - حفريات كبيرة - ردميات كبيرة - توليد ضغوط سالبة - ...) يفضل أن يكون الخط دوما صاعدا.
- ٣- بعد انتقاء المسار يتم تحديد طول خط الضخ.
- ٤- تحديد قطر أنبوب الضخ:
- طريقة تقريبية : تحدد السرعة الاقتصادية (للأقطار الصغيرة) ضمن الحدود $1.5 - 2.5$ م/ثا . و من قانون الاستمرار : $d \leq Q = V * \pi / 4 * d^2$
- تحديد القطر الاقتصادي و نوع الأنبوب: توضع العوامل الأساسية المؤثرة على اختيار قطر و نوع الأنبوب (كلفة الأنبوب - كلفة المضخات و الصيانة و الاستثمار - كلفة الحفر و الردم - كلفة المنشآت و الكتل البيتونية - أجور و نفقات).

كلفة المشروع:

تتضمن كلفة المشروع مجموعة الكلف التالية:

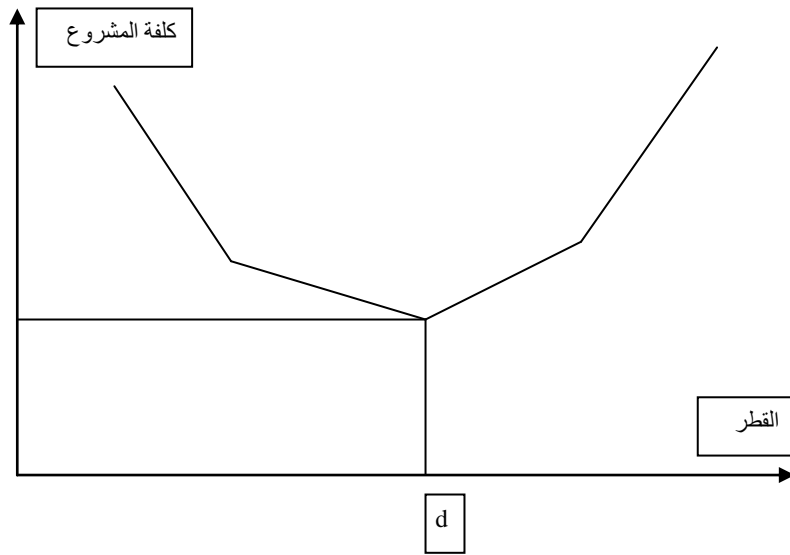
- ١- كلفة الأعمال المدنية : و تشمل:- الدراسات - الحفريات - الموقع العام للمحطة - أبعاد المحطة - أنبوب الضخ و أعماله - الشبكة الكهربائية - الشبكة الصحية - شبكة مياه شرب - شبكة الهاتف - شبكة الطرقات .

- ٢- كلفة التجهيزات و التركيب و التشغيل و التدريب و الصيانة : - كلفة المضخات و محطاتها - كلفة أجهزة التحكم و اللوحات الكهربائية - كلفة أجهزة القياس - كلفة التشغيل التجريبي.
- ٣- كلفة الاستثمار : - كلفة الطاقة عند الاستثمار - كلفة الزيوت و الشحوم - أجور اليد العاملة - كلفة قطع التبديل - كلفة الصيانة.

حساب القطر الاقتصادي:

الكلف	تابع الكلفة للقطر
كلفة الأنابيب	$P1=k1d^2$
كلفة الحفريات	$P2=k2d^2$
كلفة التركيب	$P3=k3L$
كلفة العزل	$P4=k4dL$
كلفة التشغيل	$P5=k5.N.T$

كتوابع بدلالة القطر . للحصول على منحنى تابعي إجمالي يعطي الكلفة الإجمالية بدلالة القطر. و يمكن من المنحنى رؤية مجال للقطر تكون الكلفة أصغرية . و إجمالاً عند اختيار قطر صغير تكون كلفة الخط صغيرة و لكن الفواقد تصبح كبيرة مما يتطلب مضخة بضغوط كبير و هذا ما يرفع ثمن المضخة و تكاليف التشغيل.



- ٥- تحديد السرعة الدنيا و العظمى و عدد رينولدز و الخشونة المطلقة و النسبية (مع الأخذ بعين الاعتبار تقادم الأنابيب و ازدياد خشونته مع الاستخدام) و تحديد ٨ .
- ٦- تحديد ثوابت الفواقد المحلية - الأكواع.
- ٧- حساب ثابت الأنابيب a :

$$a = \lambda * \frac{1}{d} * \frac{1}{\frac{\pi^2}{16} * 2 * g * d} + \sum k * \frac{1}{d^4 * 2 * g * \frac{\pi^2}{16}}$$

٨- حساب الخط المميز للأنبوب : $h = aQ^2 + e$ ورسم المعادلة .

٩- تحديد الضاغط المطلوب لمرور الغازرة :

$$Q_{min} \Rightarrow H = h1$$

$$Q_{max} \Rightarrow H = h2$$

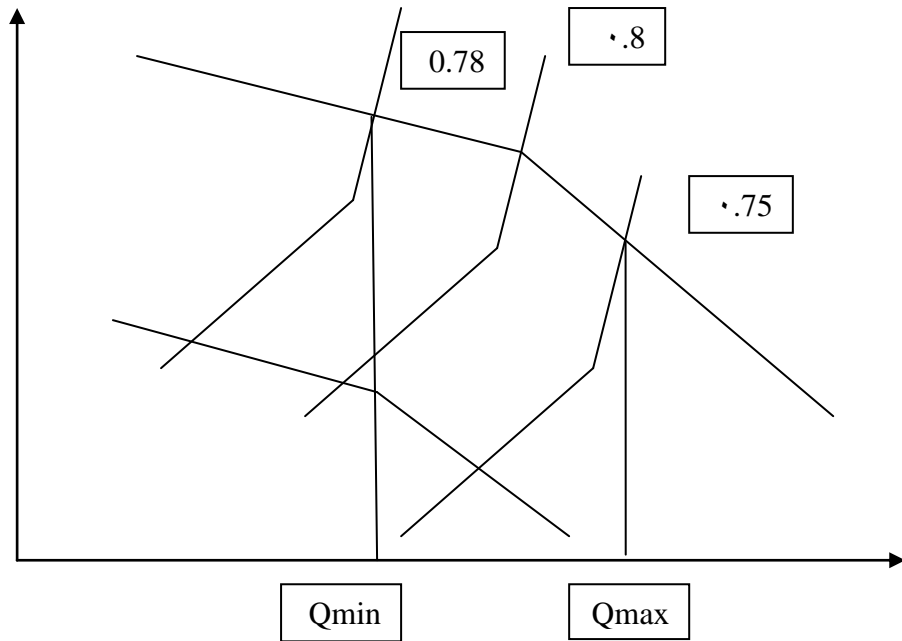
١٠- انتقاء المضخة أو المضخات المناسبة : - مضخة واحدة - وصل على التسلسل -

وصل على التوازي - (عمودية - أفقية) و يجب أن تكون نقطتي العمل , Q_{min}

Q_{max} بالقرب من المرور الأعظمي.

- تحديد نقطة عمل محطة الضخ.

- تحديد استطاعة المضخة و نوعها.



١١- من أبعاد المضخات و نوعها، يمكن تصميم محطة الضخ.

١٢- تحديد أجهزة القياس و الحساسات العدادات اللازمة في محطة الضخ:

$$. ps, pd, n, I, V$$

١٣- حساب الضغط الأعظمي pd و التأكد أن الأنبوب يتحملة :

$$\sigma = p_d \frac{r}{\delta}$$

١٤- حساب توزيع الضغط على طول الأنبوب للتأكد أن الضغط لن ينخفض في أي

نقطة إلى ما دون ضغط التبخر و حدوث التكيف . إضافة إلى انه في منطقة الضغط

المنخفض يمكن أن يحصل تجمد في الأنبوب سيما في أنبوب الامتصاص.

- ١٥- تصمم الدعامات البيتونية و توضع عندما يغير الأنبوب اتجاهه و عند القطع الخاصة لتحمل قوة ضغط الماء النابذة الناجمة عن أي تغير في الجريان.
- ١٦- حساب التمدد الطولي للأنابيب و اختيار التجهيزات المناسبة – وصلات التمدد.
- ١٧- حساب الإجهادات الطولية المؤثرة على الأنبوب و اختيار التجهيزات المناسبة.
- ١٨- تزويد خط الضخ بوسائل الحماية من المطرقة المائية و التأكد من تحمل الأنبوب و التجهيزات للضغط الناتج عن الصدمة.