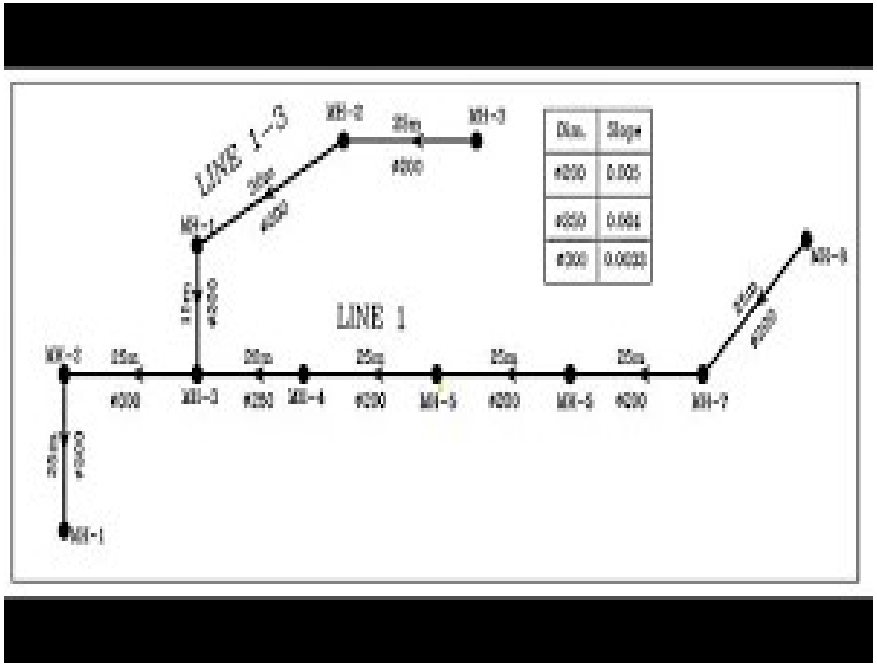
بسم الله الرحمن الرحيم
وجعلنا من الماء كل شيء حي

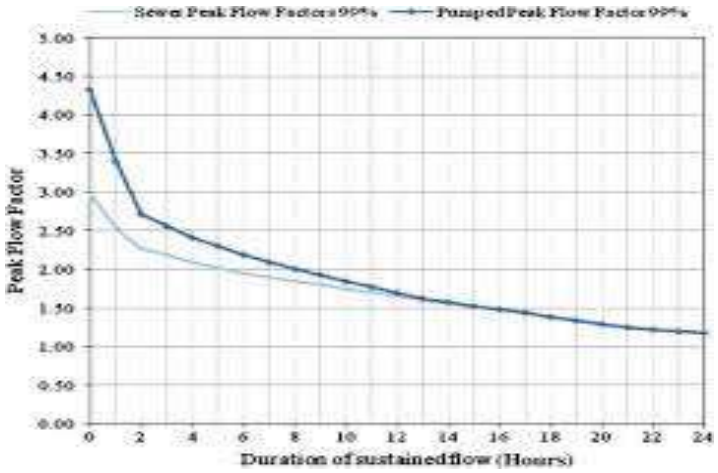
Course Terminologies

مصطلحات الكورس

Conventional Gravity Sewers شبكات الانحدار



Design Peak Flow اقصى تصرف



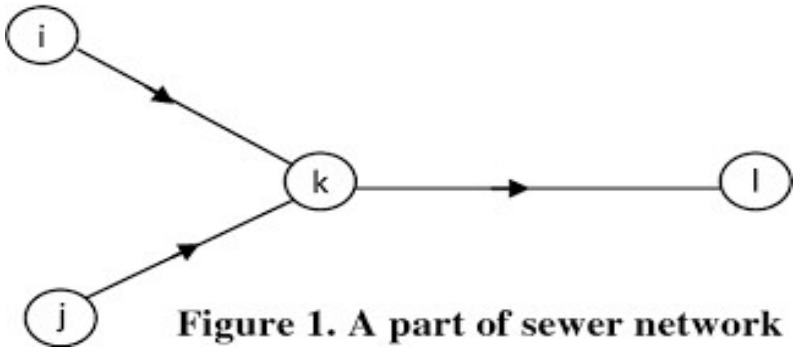


Figure 1. A part of sewer network

SEWAGE PUMP STATION

محطة الرفع

DELIVERY PIPELINE
Sewerage rising mains
خط الطرد

Waste Water Treatment Plant
محطة تنقية الصرف الصحى

Seawater Desalination Plant
تحلية مياه البحر

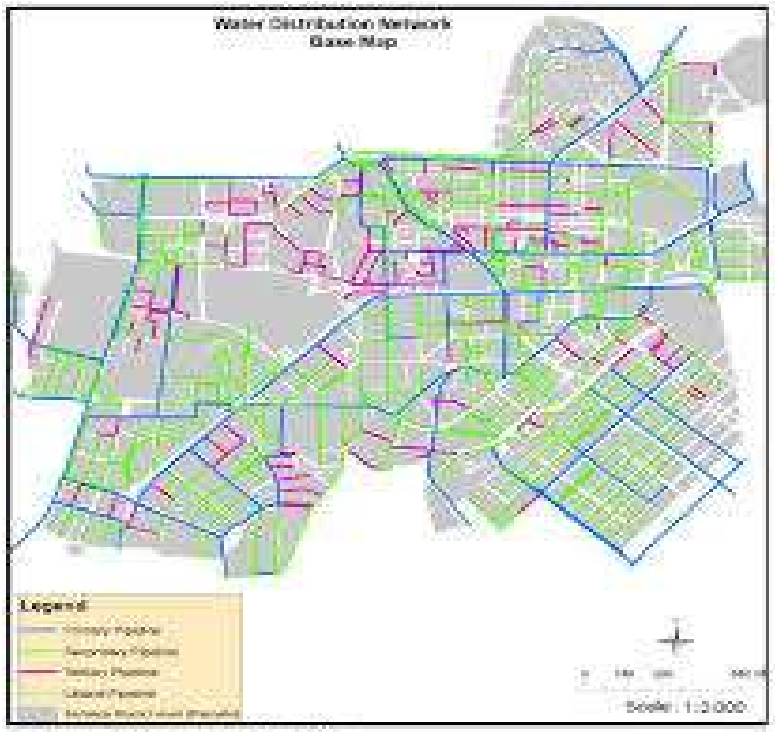
Transmission line

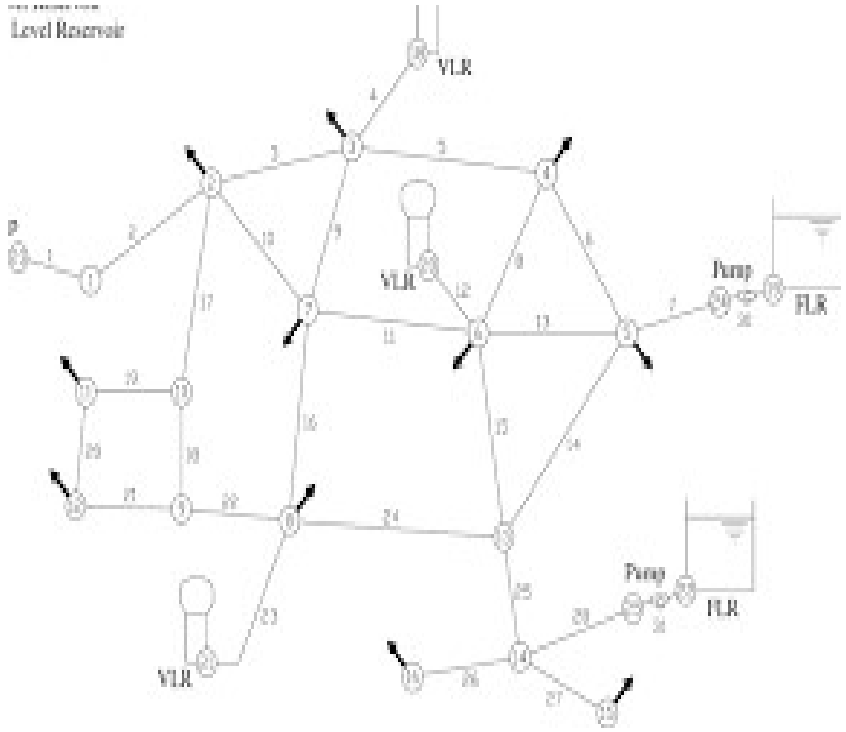
خطوط نقل المياه كحجم

Reservoir Pump Station
محطة رفع مياه شرب من الخزان

Water Distribution network

توزيع مياه الشرب





D_T

مواصفات تصميم المحطات الجديدة
New Modern Design Criteria

Sustainability الاستدامة
Real-ability الموثوقية
Integrity الحوكمة

Foot print البصمة الكربونية
ZLD صفر تسريب

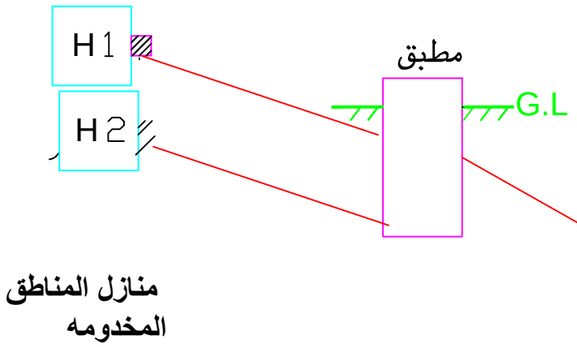
تقييم التصميم والمصمم
Designer/Design Evaluation

Competent	متمكن من ادواته
Confident	ويمكنه اتمام العمل
Struggling	متخبط ومهزوز

Waste Water System كروكى يوضح منظومة الصرف الصحى

١-شبكة الانحدار

Conventional Gravity Sewers

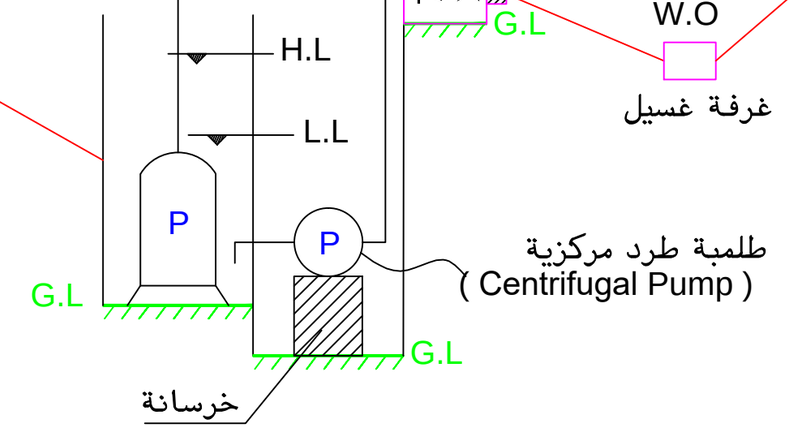


منازل المناطق المخدومه

ميول (تعمل بقوة الجاذبية الارضية)

٢-محطة الرفع

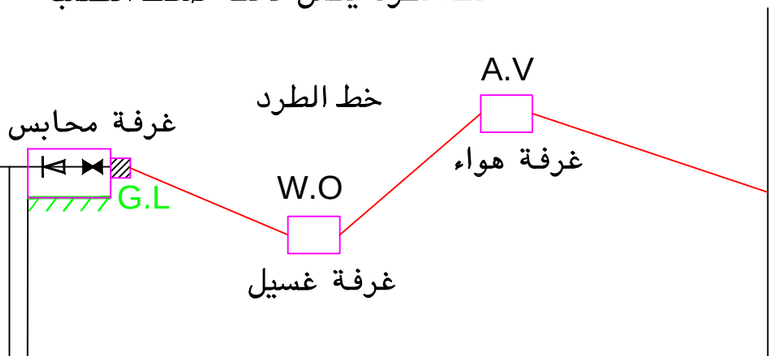
Sewage Pump Station



٣-خط الطرد

Rising Main

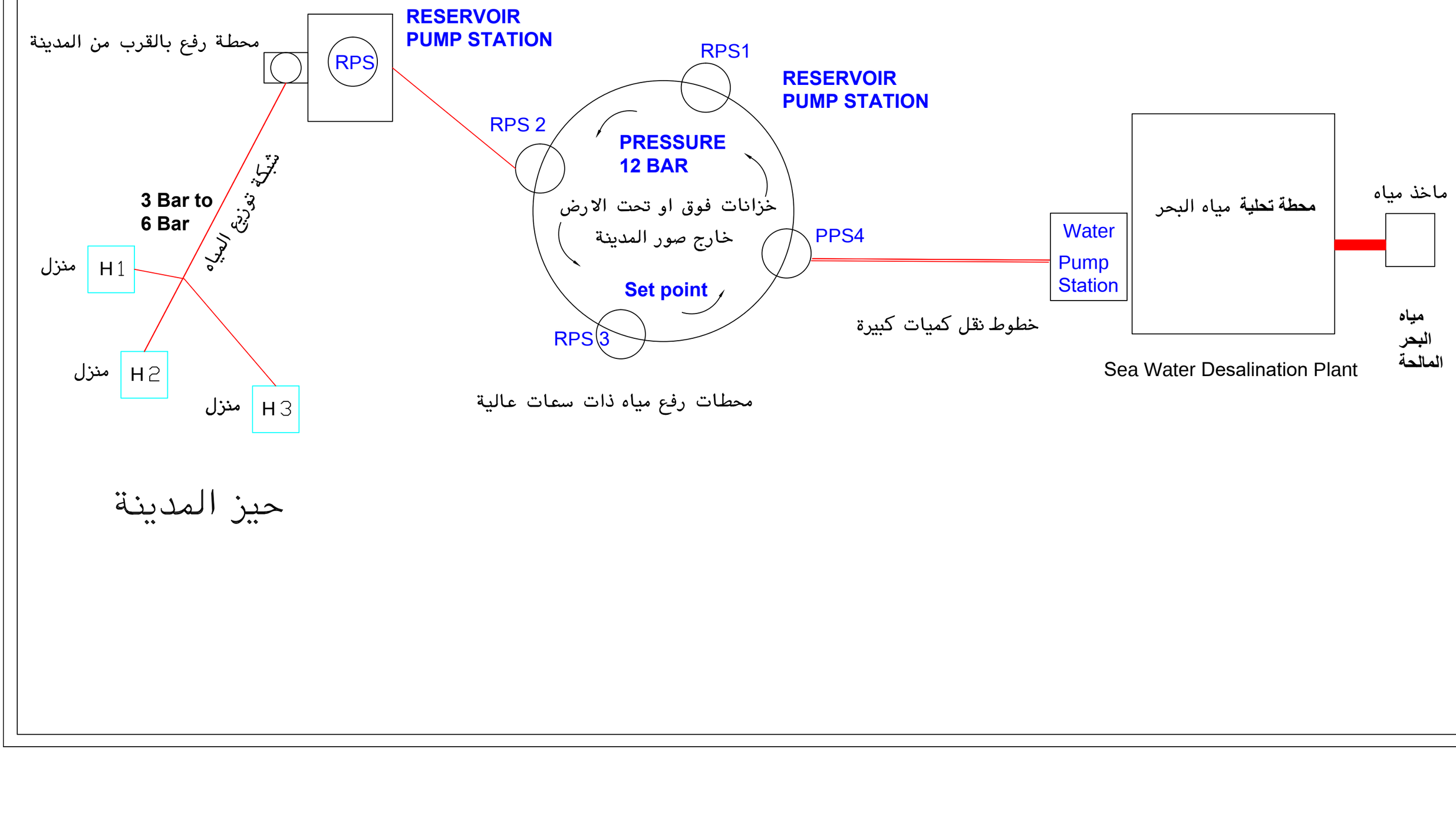
خط الطرد يعمل تحت ضغط الطلمبة



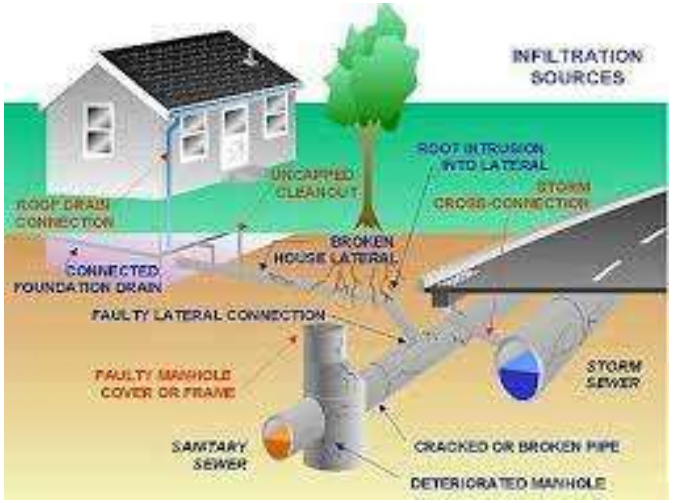
٤-محطة التنقية

Waste Water Treatement

كروكى يوضح منظومة مياه الشرب لمدينة



بسم الله الرحمن الرحيم
وجعلنا من الماء
كل شيء حي

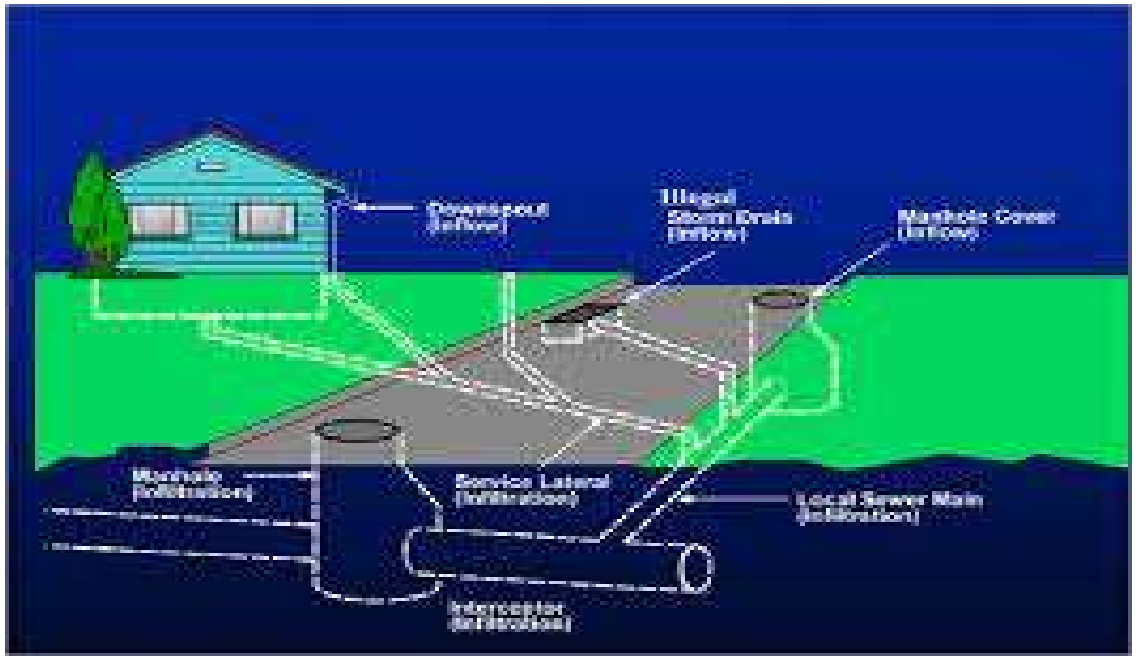


البيانات الأساسية اللازمة لتصميم شبكات الصرف الصحى

ما الذى تتوقعه من المحاضر فى هذه الدورة

اهداف المحاضرة

يستطيع الدارس بعد هذا المحاضرة فهم وبناء الصورة الذهنية لمكونات شبكة الانحدارو الصرف والتعامل مع مكوناتها وفهم ارتباطها



مقدمة

من علامات التقدم الحضارى فى منطقة ما وجود شبكات لتجميع المياه الملوثة بها يحقق صرف المخلفات السائلة لسكانها ومنشآتها صرفاً صحياً.

تزداد أعمال الصرف الصحى نتيجة للزيادة المستمرة فى معدلات استهلاك المياه، والتى ترتبط بعوامل كثيرة منها

- زيادة تعداد السكان وكثرة الاحتياجات من المياه.
- التقدم فى الصناعة.

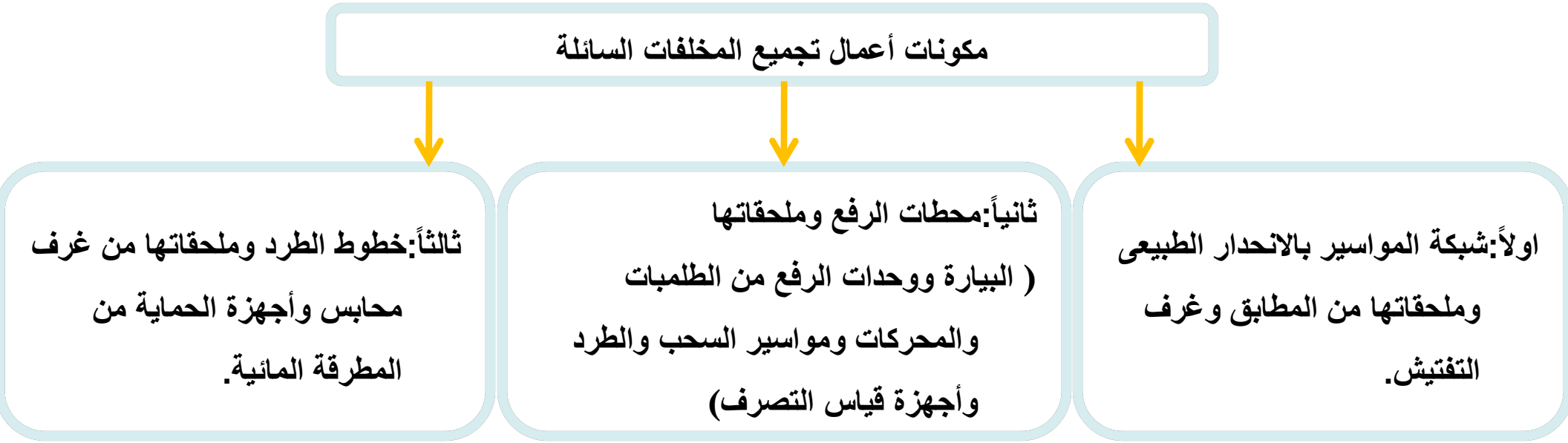
وكل هذه العوامل جعلت من المخلفات السائلة مشكلة كبيرة تتفاقم آثارها. ويعتبر الصرف الصحى للمخلفات السائلة من أهم العمليات اللازمة لضمان توفر البيئة الصحية الصالحة للأفراد فى المجتمعات السكنية.

أسباب إنشاء شبكات تجميع وصرف مياه الصرف الصحى

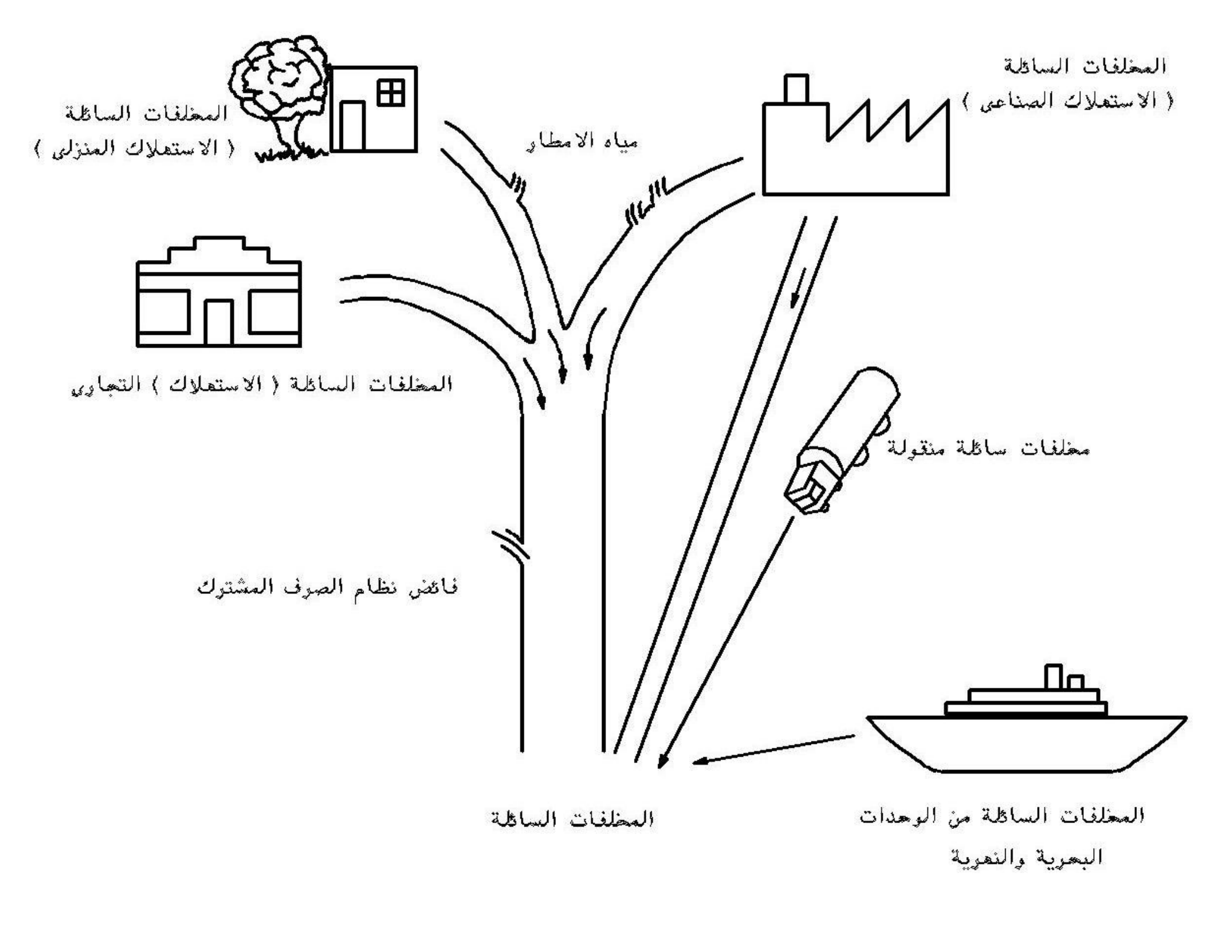
1. حماية أساسات المبانى والمنشآت.
2. حماية المجارى المائية ومصادر المياه الجوفية من التلوث.
3. ضمان إجراء عمليات الصرف للمياه الملوثة على أسس صحية وسليمة، مما يوفر وسائل الراحة والرفاهية بالتجمعات السكانية.
4. الاستفادة من مياه الصرف الصحى بعد معالجتها وإعادةاستخدامها.
5. الاستفادة من الرواسب الناتجة من وحدات معالجة مياه الصرف الصحى، وذلك بعد معالجتها.
6. حماية البيئة المحيطة من التلوث (مياه - تربة - هواء - نبات - حيوان).

أعمال تجميع مياه الصرف

1. يتم تجميع مياه الصرف الصحى والمخلفات السائلة بواسة شبكة من المواسيرتسير فيها المياه الملوثة بالإنحدار.
2. تسير المخلفات السائلة فى هذه الشبكة بحيث تصب المواسير الصغرى فى مواسير أكبر إلى أن تصب فى النهاية فمجمع رئيسى يصف فى بيارة محطة الرفع التى تدفع النخلفات السائلة تحت ضغط إلى موقع وحدات المعالجة.

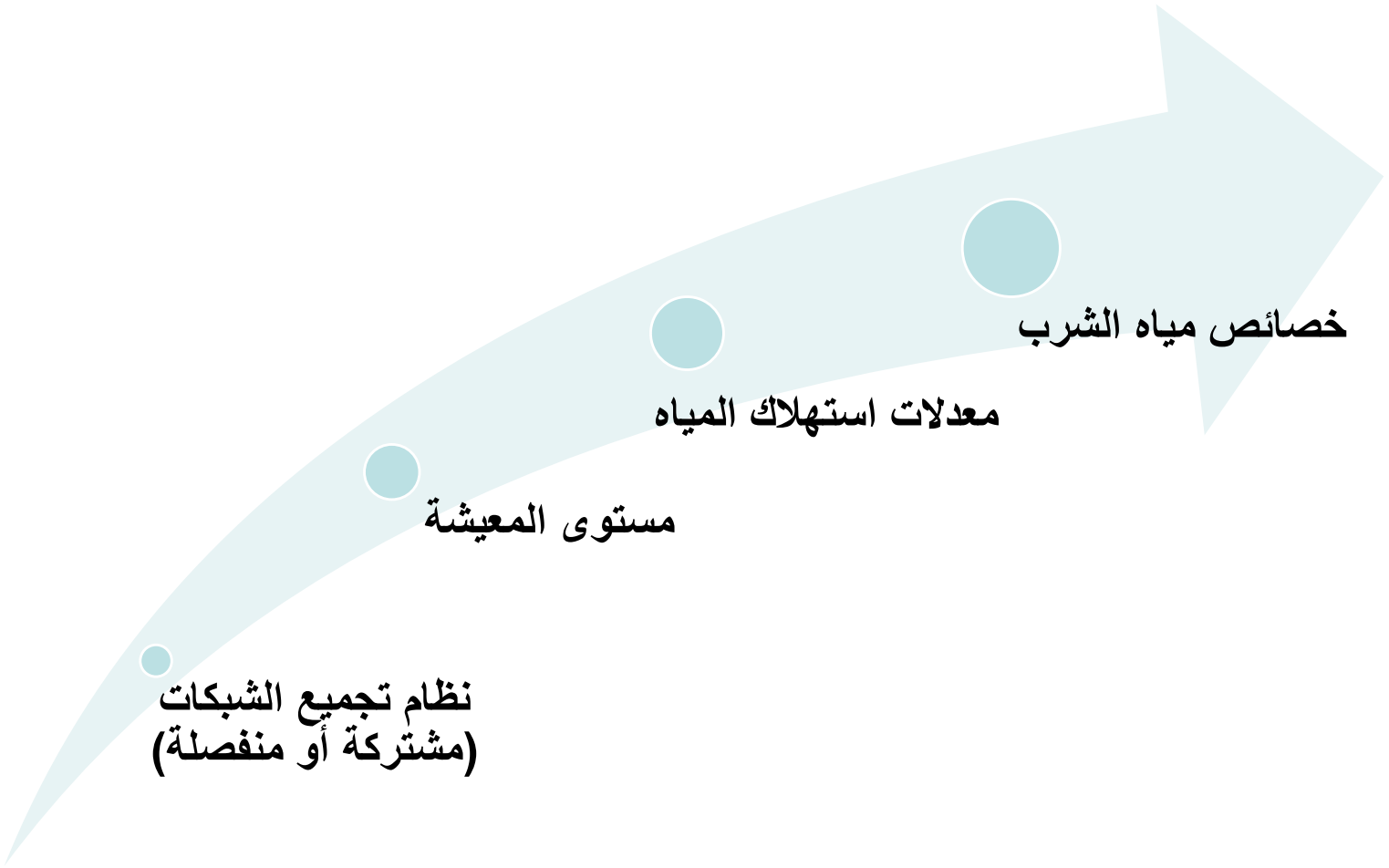


مصادر مياه الصرف الصحى


المخلفات السائلة
(الاستهلاك الصناعى)
المخلفات السائلة
(الاستهلاك المنزلى)
مياه الامطار
المخلفات السائلة (الاستهلاك) التجارى
مخلفات سائلة منقولة
فائض نظام الصرف المشترك
المخلفات السائلة
المخلفات السائلة من الوحدات
البحرية والنهرية

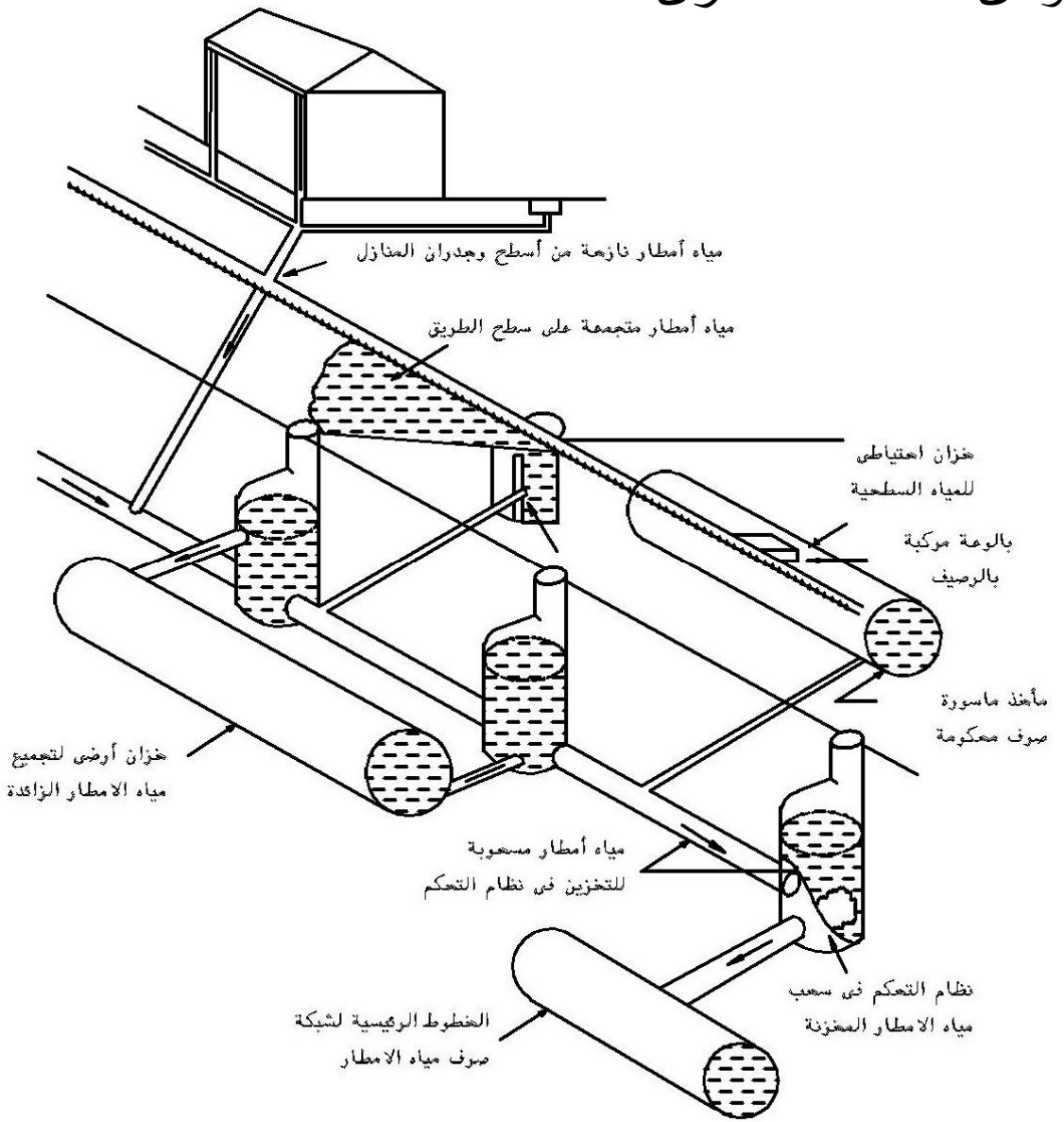
مياه الصرف المنزلى

تختلف نوعية مياه الصرف الصحى المنزلى طبقا للعوامل الآتية



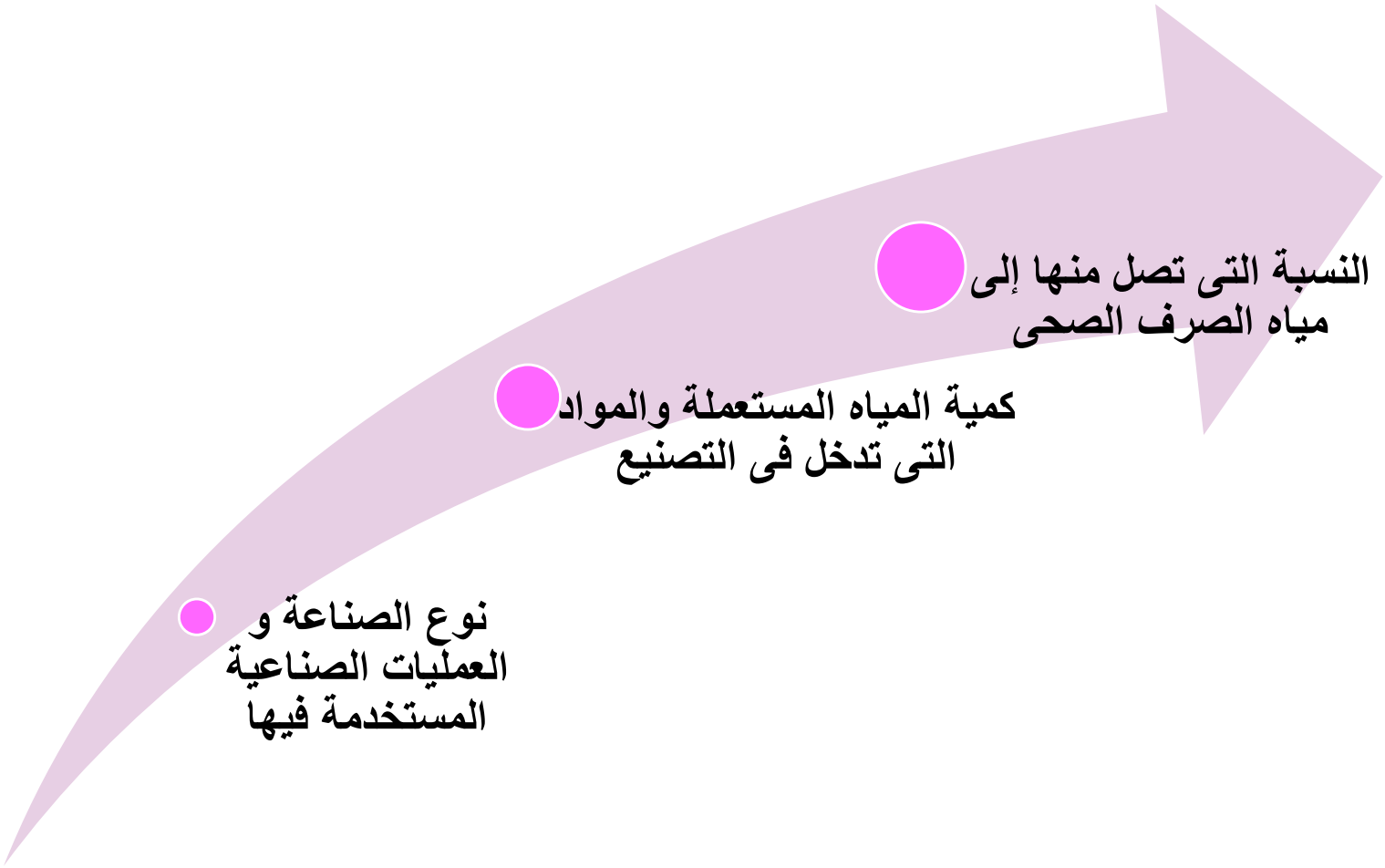
مياه الأمطار

يفضل انشاء شبكات منفصلة لتخزين مياه المطار فى البلاد شحيحة المياه لاستخدامها فى أعمال الرى او أى استخدامات أخرى



المخلفات الصناعية السائلة

تختلف مكونات المخلفات الصناعية السائلة وخصائصها حسب ما يلى

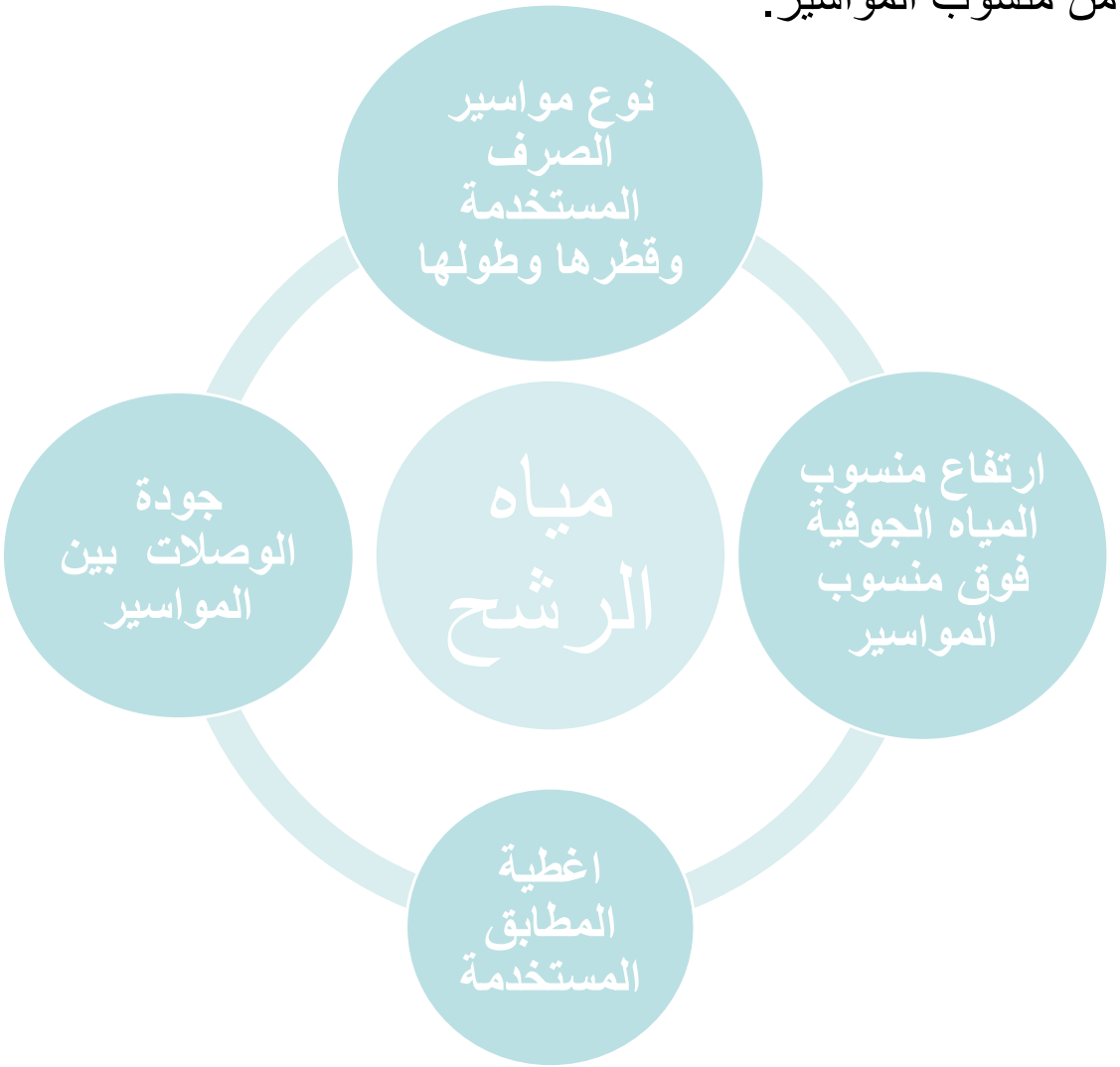


التسريب والتسلل إلى أنظمة الصرف الصحي

- المياه الجوفية / المياه المتسربة في باطن الأرض التي تدخل نظام الصرف الصحي من خلال:
- - مواسير معيبة
- - وصلات مواسير تسريب
- - اتصالات ضعيفة
- - تشقق جدران المطابق

مياه الرشح

هى المياه التى تدخل إلى شبكة الصرف الصحى من المياه السطحية أو المياه الجوفية من باطن الأرض اذا كان منسوبها أعلى من منسوب المواسير.



تشمل اسس التصميم والمراجع المختلفة تحديد كميات مياه الرشح فالمواسير قطر 200 مم تتراوح مياه الرشح من 10-30 م3/يوم،المواسير قطر 600 مم من 20-80 م3/يوم وكذلك كمية المياه المتسربة لكل مطبق تقدر بحوالى من 1,3 – 4,7 لتر/ثانية وتتوقف هذة الكمية على عدد ومساحة الفتحات فى غطاء كل مطبق

مياه غسيل الشوارع

هذه المياه الملوثة تصرف فى البالوعات ومنها إلى شبكة الصرف.

مكونات وخصائص المخلفات السائلة

تتغير مكونات مياه الصرف الصحى السائلة من وقت لأخر على مدار السنة والشهر واليوم أسوة بتغيير كمياتها الا أنه يمكن القول أن المخلفات السائلة تتكون فى المتوسط من 99,9 ماء ،0,1 مواد صلبة سواء كانت عالقة أوذائبة ،عضوية أو غير عضوية كما تحتوى على الكثير من البكتريا الهوائية أو اللاهوائية

العوامل التى تؤثر على محتويات وخصائص المخلفات السائلة

عمر المخلفات السائلة

- الوقت الذى يمضى منذ صبها فى شبكة الصرف إلى وقت أخذ العينة

وقت جمع العينة

- تتغير كمية المياه المستعملة وكذلك الغرض من استعمالها من وقت لآخر فمن البديهى ان تختلف محتويات العينة وتركيزها من وقت لآخر حيث أن أكثر العينات تركيزا هى التى تؤخذ فى الساعات الأولى من الصباح

تعرض المخلفات السائلة للهواء

- فى حالة الاتصال الدائم بالهواء تنشط البكتريا الهوائية ويحدث تحلل هوائى للمواد العضوية
- فى حالة عدم الاتصال بالهواء تنشط البكتريا اللاهوائية ويحدث تحلل لاهوائى

العوامل المؤثرة فى التحلل الهوائى

درجة حرارة المخلفات

- ويظهر تأثير درجة الحرارة فى زيادة نشاط البكتريا سواء الهوائية أو اللاهوائية مع ارتفاع درجة الحرارة إلى درجة معينة يأخذ بعدها نشاط البكتريا فى الهبوط

العوامل الميكانيكية

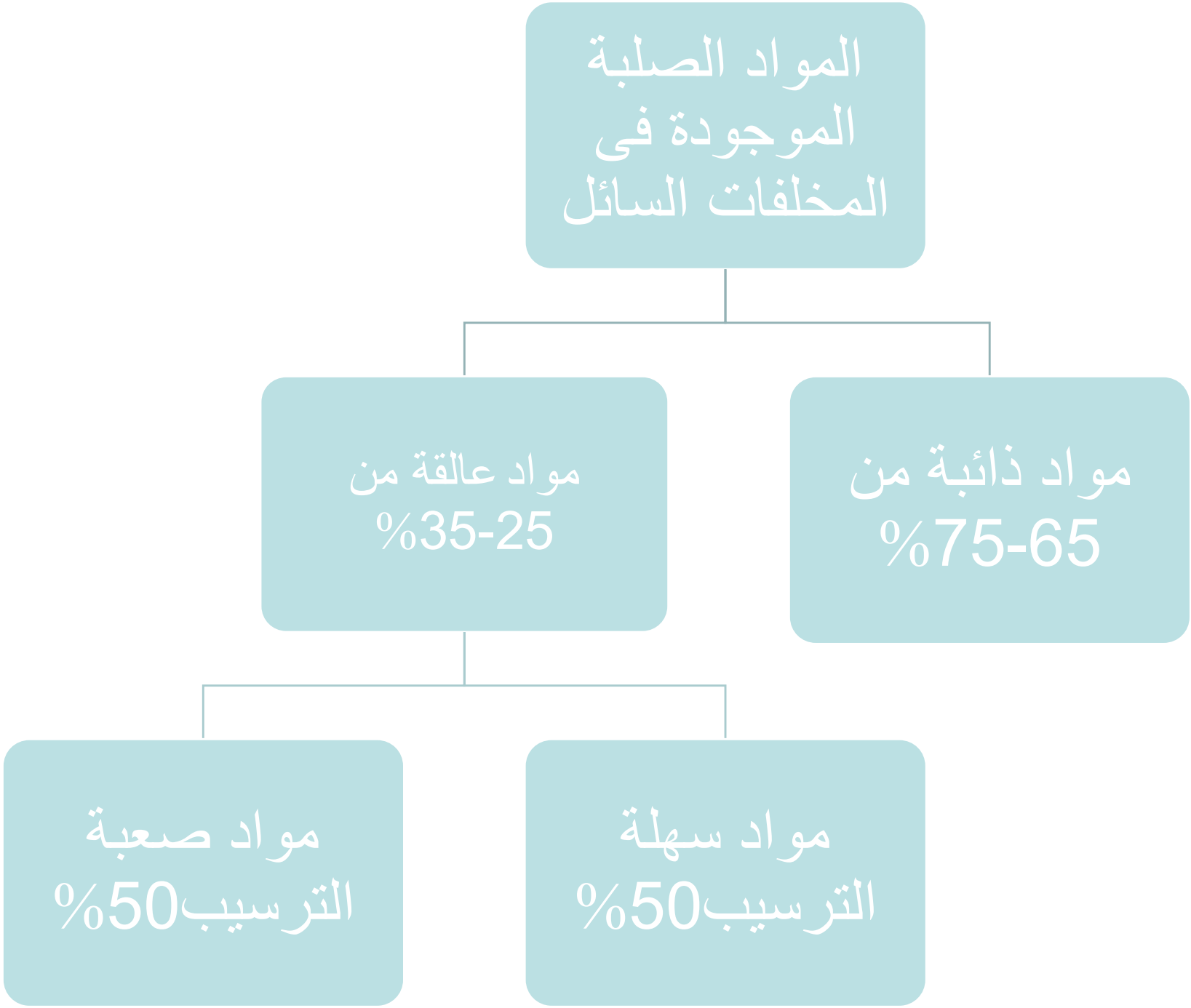
- مثل مرور المخلفات السائلة على هدارات أو فى منحدرات أو فى وحدات الطلمبات، إذ أن مثل هذه العوامل تساعد على تفتت المواد العالقة الكبيرة الحجم نسبياً إلى مواد أصغر حجماً

كمية المياه المستخدمة

- مياه الشرب)فى المدينة وكذلك محتويات هذه المياه وكمية مياه الرشح وكمية مياه المطر، وهذه تؤثرعلى درجة تركيز المواد الصلبة عالقة كانت أو ذائبة، كما أن مياه الرشح بما قد تحتويه من أملاح ذائبة تؤثر على درجة تركيز المواد الذائبة

المواد الصلبة الموجودة فى المخلفات السائل

- تتواجد المواد الصلبة فى المخلفات السائلة إما عالقة أو ذائبة، فإذا أخذنا عينة من المخلفات السائلة ووضعناها فى فرن تجفيف لتبخير ما فيها من ماء أمكننا تحديد كمية المواد الصلبة فى العينة سواء كانت ذائبة أوعالقة، أما إذا رشحنا العينة قبل التجفيف ثم جففنا السائل الذى مر فى ورقة الترشيح فإنه يمكننا تحديد كمية المواد الصلبة الذائبة.


المواد الصلبة الموجودة فى المخلفات السائل
مواد ذائبة من 65-75%
مواد عالقة من 25-35%
مواد سهلة الترسيب 50%
مواد صعبة الترسيب 50%

مكونات مياه الصرف الصحى (من المدن السكنية)

مياه الصرف الصحى						
١٠٠٠ جزء فى المليون مواد صلبة						٩٩٩ × ١٠٠٠ جزء فى المليون ماء
٣٠٠ مواد عالقة				٧٠٠ مواد ذائبة		
١٥٠ قابل للترسيب		١٥٠ غير قابل للترسيب				
١٠٠ عضوى	٥٠ غير عضوى	١٠٠ عضوى	٥٠ غير عضوى	٣٠٠ عضوى	٤٠٠ غير عضوى	

المواد الصلبة
الموجودة فى
المخلفات السائل
مواد عضوية
طيارة أو غير ثابتة
%50
مواد غيرعضوية مواد
معدنية أو ثابتة
%50

الكائنات الحية الميكروسكوبية فى المخلفات السائلة

- تحتوى المخلفات السائلة بالإضافة إلى المواد الصلبة العالقة والذائبة على العديد من أنواع الكائنات الحية الميكروسكوبية والبكتريا، والتى يتواجد كل نوع منها بالآلاف فى كل ملليلتر من المخلفات إلا أن غالبية هذه الكائنات غير ضارة وبعضها ضرورى لعمليات المعالجة لتثبيت المواد العضوية وتحويلها إلى مواد ثابتة غير ضارة.
- إلا أن بعض هذه الكائنات ضارة وتسبب أمراضاً خاصة إذا وصلت إلى الطعام أو إلى مياه الشرب، ومن أمثلة ذلك: البكتريا التيفودية، الباراتيفويد، الدوسنتاريا، الكوليرا، الأمراض المعدية الأخرى

وتجرى على المخلفات السائلة الاختبارات

- ✓ الاختبارات البكتيريولوجية.
- ✓ الاختبارات الكيميائية.

✓الاختبارات البكتيريولوجية

1. العد الكلى للبكتريا عند درجة حرارة 30درجة مئوية، ويتراوح بين نصف مليون إلى خمسة مليون فى الملليلتر.
2. العد الكلى للبكتريا عند درجة حرارة 37درجة مئوية، وهو يقل قليلاً عن العد الكلى عند 20درجة مئوية.
3. عدد بكتريا القولون ويتراوح بين 30000-200000فى الملليلتر وبديهى أن هذا التراوح الواسع فى عدد البكتريا يكون بسبب اختلاف وقت وظروف أخذ العينة وكذلك نوع المخلفات وما تحتويه من مركبات.

✓الاختبارات الكيميائية

تُجرى بعض الاختبارات الكيميائية لفحص عينة من المخلفات السائلة بغرض تقدير درجة تركيزها قبل المعالجة، كما تجرى نفس الاختبارات على عينة من المخلفات السائلة أثناء وبعد المعالجة، وبالمقارنة يمكن الاستدلال على كفاءة عملية المعالجة وتشمل هذه الاختبارات ما يلى:

1. اختبارالأزوت النوشادرى (Ammonia-nitrogen)، حيث تقل كمية النوشادر بمضى الوقت لتحولها إلى نيترات ونيتريت.
2. اختبار الأزوت على هيئة نترات ونيتريت (Nitrites and nitrates)، حيث تزيد كمية النترات بمضى الوقت ويدل تواجد الأزوتات بكثرة على اقتراب كفاءة المعالجة من الكمال.
3. اختبار الكلوريدات (Chlorides)، ويستفاد من هذا الاختبار للدلالة على تلوث الماء بالمخلفات السائلة نظراً لارتفاع تركيز الكلوريدات فى المخلفات السائلة عنه فى الماء.
4. اختبار كبريتور الهيدروجين (Hydrogen sulphide)، إذ يدل تواجد هذا الغاز فى عينة المخلفات على نشاط البكتريا اللاهوائية وعدم تواجد الأكسجين فى العينة.

5. اختبار الأكسجين الكيميائى المستهلك (COD - Chemical oxygen demand) ويستدل منه على مدى تركيز المواد الكربونية العضوية فى العينة، إلا أنه ليس بالدقة الكافية.
6. اختبار الأكسجين الحيوى الممتص (BOD - Biological oxygen demand) وهو من التجارب الهامة فى اختبار عينات المخلفات السائلة باعتباره طريقة لقياس تركيز المواد العضوية فى العينة، إذ بإجرائها يتم تقدير كمية الأكسجين اللازمة لنشاط البكتريا لأكسدة المواد العضوية الموجودة فى العينة عند حفظها لفترة محددة وتحت ظروف معينة، وتجرى التجربة بتخفيف العينة بكمية معينة من المياه المهواة (Aerated water). ويتم قياس تركيز الأكسجين فى الخليط فى بداية ونهاية مدة حفظه ومن ثم يمكن حساب كمية الأكسجين المستهلك خلال هذه الفترة وتقديرها بالجزء فى المليون. **وتتوقف كمية الأكسجين الحيوى على العوامل الآتية:**

- تركيز المواد العضوية فى العينة، فكلما زاد تركيزها زاد الأكسجين المستهلك أى الأكسجين الحيوى الممتص (BOD)حيث يتناسب معدل استهلاك الأكسجين أثناء إجراء تجربة واحدة طردياً مع كمية المواد العضوية التى لم تتأكسد بعد.
- درجة الحرارة أثناء فترة الحفظ (Incubation)إذ كلما زادت درجة الحرارة إلى حد معين زاد نشاط البكتريا فى أكسدة وتثبيت المواد العضوية.
- الزمن أو الفترة التى تُحفظ أثناءها العينة أى التى يقاس تركيز الأكسجين فى العينة فى بدايتها ونهايتها

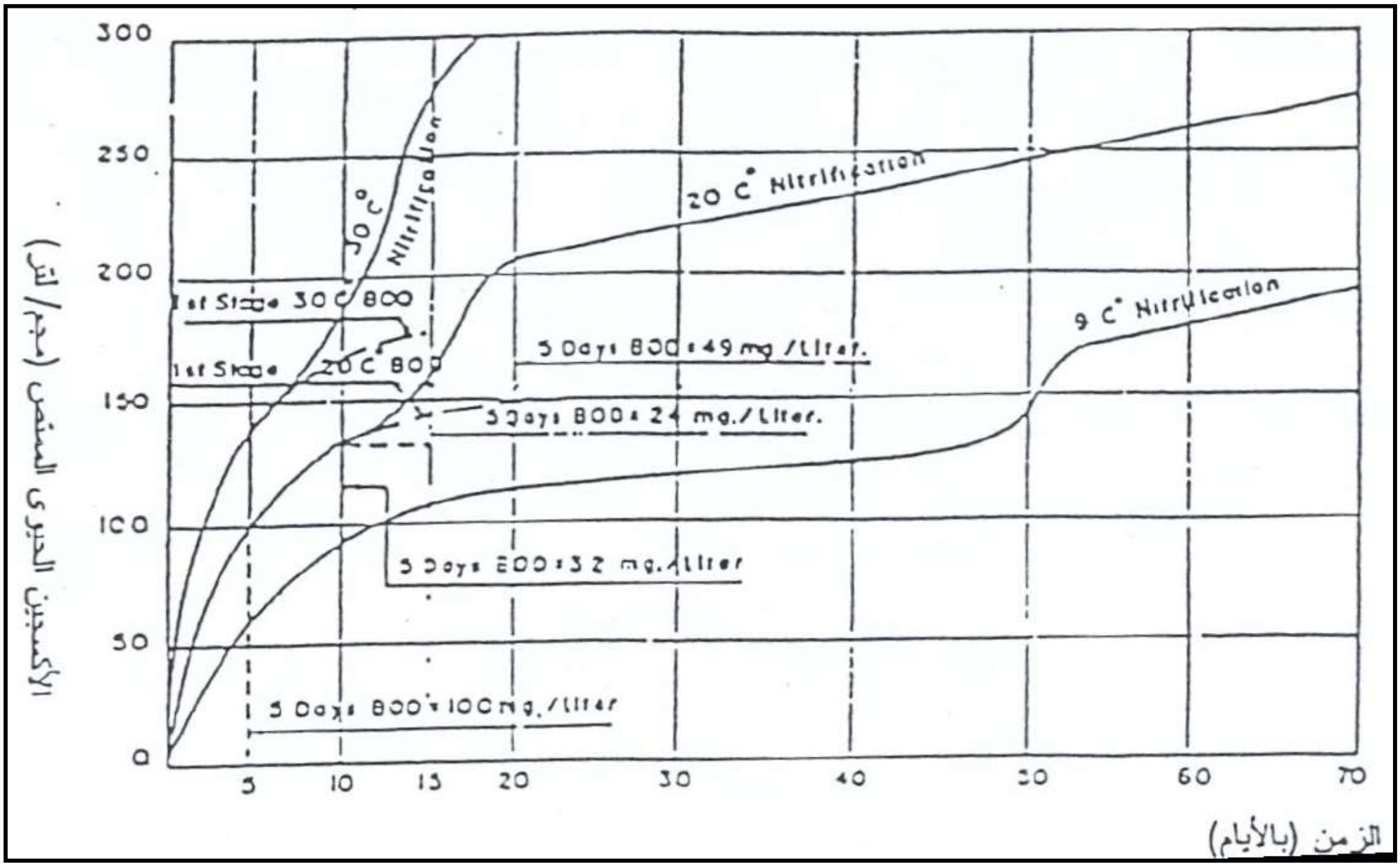
ولتقنين التجربة (Standardization) وحتى يمكن مقارنة النتائج على عينات مختلفة فى أماكن وأوقات مختلفة تم الاتفاق على أن تبقى درجة الحرارة طوال هذه الفترة 20 درجة مئوية وأن يكون زمن حفظ العينة خمسة أيام .ويبين الشكل رقم (1-3) المنحنيات الموضحة للعلاقة بين المتغيرات الثلاثة وهى : (BOD)، زمن أو فترة الحفظ ، درجة الحرارة، ويتبين من هذا الشكل أنه يمكن تقسيم أى منحنى إلى ثلاث مراحل:

أ- المرحلة الأولى:وتستمر لفترة 10 الى 15 يوما أو أكثر وفيها تتأكسد المواد العضوية الكربونية الأصل، ويتميز هذا الجزء من المنحنى بأن معدل استهلاك الأكسجين يتناسب مع كمية المواد العضوية التى لم تتأكسد بعد.

ب-المرحلة الثانية:وهى فترة انتقال بين المرحلة الأولى والثالثة، وتتميز هذه المرحلة بثبات معدل استهلاك الأكسجين مع ارتفاع فى قيمة هذا المعدل، وتستمر هذه المرحلة حوالى ثلاثة أيام.

ج- المرحلة الثالثة:يتم فيها أكسدة المواد العضوية الأزوتية الأصل، وتتميز بأن معدل استهلاك الأكسجين يكاد يكون ثابتاً إلا أنه أقل من المعدل فى المرحلة الثانية، وتستمر هذه المرحلة حتى يتم أكسدة المواد العضوية التى قد تستغرق شهوراً.

ويوضح الشكل رقم (1-4) العلاقة بين الأكسجين الحيوى الممتص (BOD) وزمن الحفظ ودرجة الحرارة ونوع المادة العضوية، ويتضح من هذا الشكل أن معدل استهلاك الأكسجين يتناسب مع كمية المواد العضوية التى لم تتأكسد بعد.



فيضان الصرف الصحي الهندسيOverflow

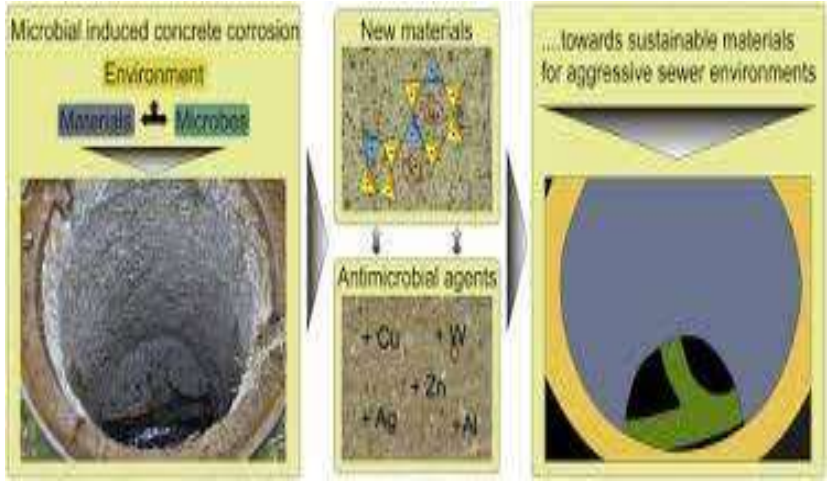
- **هطول أمطار غزيرة تفرط في تحميل النظام من خلال التدفق والتسلل إلى الشقوق والمفاصل غير الملائمة وفتحات التطهير.**
- **لمنع الحمل الزائد الهيدروليكي لمحطات المعالجة ، فإن مياه الصرف الصحي الزائدة تتجاوز المحطة ويتم تصريفها دون معالجة.**

Overflow تأثير الفيضان

- المغذيات والمواد السامة قد تسبب تكاثر الطحالب وتضر بالحياة البرية. تزيل أزهار الطحالب الأكسجين من الماء ، مما يؤدي إلى اختناق الحياة المائية.
- انخفاض جودة المياه يقلل من عدد ونطاق النباتات والأسماك
- يمكن أن يؤدي التلامس المباشر مع المياه التي تحتوي على مياه الصرف الصحي إلى التهابات الجلد والأذن والتهاب المعدة والأمعاء والتهاب الجروح.
- •تنجم الأمراض عن أكل الأسماك / المحاريات التي تسبح في مياه الصرف الصحي الملوثة.
- الاستنشاق وامتصاص الجلد يمكن أن يسبب المرض أيضًا.

تآكل المجاري هو سبب مهم لفشل الصرف الصحي

- عادة ما تتلامس مياه الصرف الصناعي مع هيكل الصرف الصحي الخرساني.
- يمكن التعرف على التآكل بسهولة بسبب قدرته على الهجوم تحت مستوى المياه العادمة أو في أي مكان تلامس فيه مياه الصرف الصحي هيكل الأسمنت بشكل منتظم.



تآكل المجاري - كبريتيد الهيدروجين

- هجوم الكبريتيد ، تآكل كبريتيد الهيدروجين أو ببساطة تآكل كبريتيد.
- - مشكلة مكلفة للغاية.
- - يرتبط ارتباطًا وثيقًا بالهجوم الحمضي من حيث أنهما يشتملان على حمض الكبريتيك الذي يهاجم الهياكل.
- - ومع ذلك ، يمكن العثور على تآكل كبريتيد الهيدروجين فوق سطح المياه العادمة ، عادة في تاج الأنبوب وينتج بشكل أساسي عن العمليات البيولوجية.
- - تسمح مياه الصرف الصحي بطيئة الحركة للبكتيريا اللاهوائية بتقليل أيونات الكبريتات إلى أيونات الكبريتيد.
- - يحدث التآكل عندما يتكثف غاز H2Sالناتج على تاج المجاري.
- - يتكثف يتأكسد بالبكتيريا الهوائية ويتحول إلى .H2SO4
- -يدمر حامض الكبريتيك الناتج الخرسانة فوق مستوى مياه الصرف العادي في الأنبوب.

مشاكل تآكل المجاري

- **- أكبر مشكلة: فقدان السلامة الهيكلية. عندما تتآكل الخرسانة أكثر فأكثر بمرور الوقت ، يمكن أن تصبح الجدران رقيقة جدًا ، بل وتختفي في بعض الحالات.**
- **• تسمح خطوط التجميع سيئة البناء / التي تتم صيانتها بكميات كبيرة من المياه الجوفية بالتسرب.**
- **• كمية المياه الجوفية المتسربة تكفي في كثير من الأحيان لزيادة التحميل على محطات المعالجة.**
- **• أثناء العواصف ، يؤدي تدفق مياه الأمطار أيضًا إلى زيادة الحمل على النظام.**
- **• الارتفاع المفاجئ في حجم المياه العادمة من هذه التدفقات في كثير من الأحيان بما يكفي لزيادة تحميل الأنظمة حتى عندما يكون التسرب منخفضًا نسبيًا.**
- **• قد تؤدي التأثيرات المجمعة إلى تدفقات مستدامة أعلى بكثير مما صُممت للتعامل مع تدفقات الذروة عدة مرات.**

التأكل Corrosion

- • زيادة خشونة الأنبوب يمكن أن تقلل بشكل كبير من معدل تدفق تصميم الأنبوب ، وخلال فترات الاستخدام الكثيف ، يتسبب في دعم النظام.
- • في أوقات الاستخدام العادي ، يمكن أن تتسبب السرعات المنخفضة في حدوث المزيد من التآكل لأن البكتيريا سوف تزدهر في ظروف الركود. في هذه الحالة يستمر التآكل حتى يتم اتخاذ بعض الإجراءات الوقائية أو تنهار المجاري وفشلها.

مواد أنابيب الصرف الصحي

- الدكتايل الحديد
- خرسانة مسلحة
- الخرسانة سابقة الإجهاد
- البولي فينيل كلورايد
- الفخار

Ductile Iron Pipe الدكاتيل

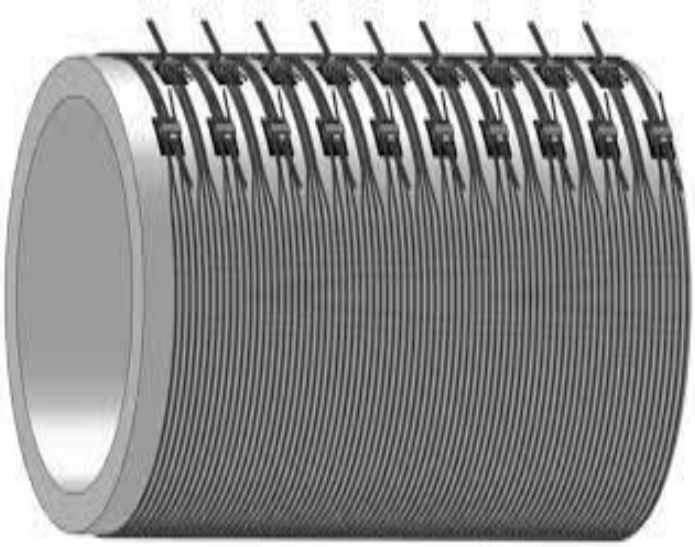
- الأحجام المتوفرة: 4 - 54 بوصة (100-1350 ملم)
- غالبًا ما يستخدم في معابر الأنهار وحيث يجب أن يتحمل الأنبوب أحمالًا عالية بشكل غير معتاد
- مفيد عندما تكون هناك حاجة إلى مجاري غير عادية مانعة للتسرب أو حيث من المحتمل أن تتطور مشاكل جذرية غير عادية
- عرضة للتآكل الحمضي وهجوم كبريتيد الهيدروجين
- بشكل عام لا ينبغي أن تستخدم في الأماكن التي تكون فيها المياه الجوفية قليلة الملوحة

Reinforced Concrete Pipe خرسانة مسلحة

- الأحجام المتوفرة: 12-144 بوصة (300-3600 ملم)
- متوفر بسهولة في معظم المناطق
- عرضة للتآكل الداخلي إذا كان الغلاف الجوي فوق مياه الصرف يحتوي على كبريتيد الهيدروجين ، أو من الخارج إذا دفن في بيئة حمضية أو عالية الكبريتات

Pre-Stressed Concrete Pipe الخرسانة سابقة التجهيز

- الأحجام المتوفرة: 16-144 بوصة (400-3600 ملم)
- مناسب بشكل خاص لأنابيب النقل الطويلة بدون وصلات بناء وحيث يلزم اتخاذ احتياطات ضد التسرب.
- القابلية للتآكل كما في الخرسانة المسلحة



Polyvinyl Chloride Pipe بلاستيك

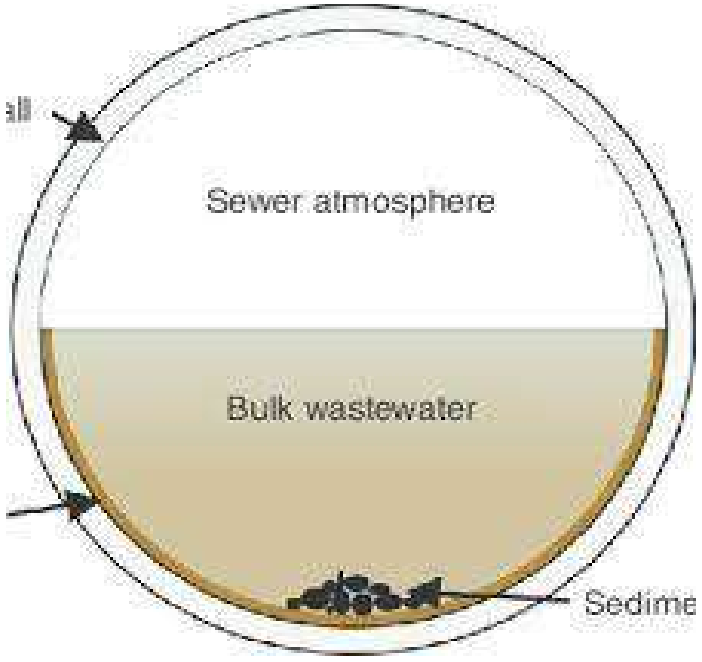
- الأحجام المتوفرة: 4-15 بوصة (100-375 ملم)
- تستخدم كبديل للأسمنت الأسبستي وأنابيب الطين المزجج.
- خفيف الوزن ولكنه قوي
- مقاومة عالية للتآكل

Vitrified Clay Pipe الفخار

- **الأحجام المتوفرة: 4-36 بوصة (100-900 ملم)**
- **لسنوات عديدة أكثر الأنابيب استخدامًا لمجارير الجاذبية**
- **لا تزال تستخدم على نطاق واسع في الأحجام الصغيرة والمتوسطة**
- **مقاومة للتآكل بفعل الأحماض والقلويات**
- **غير عرضة للتلف من كبريتيد الهيدروجين**
- **هش وعرضة للكسر**

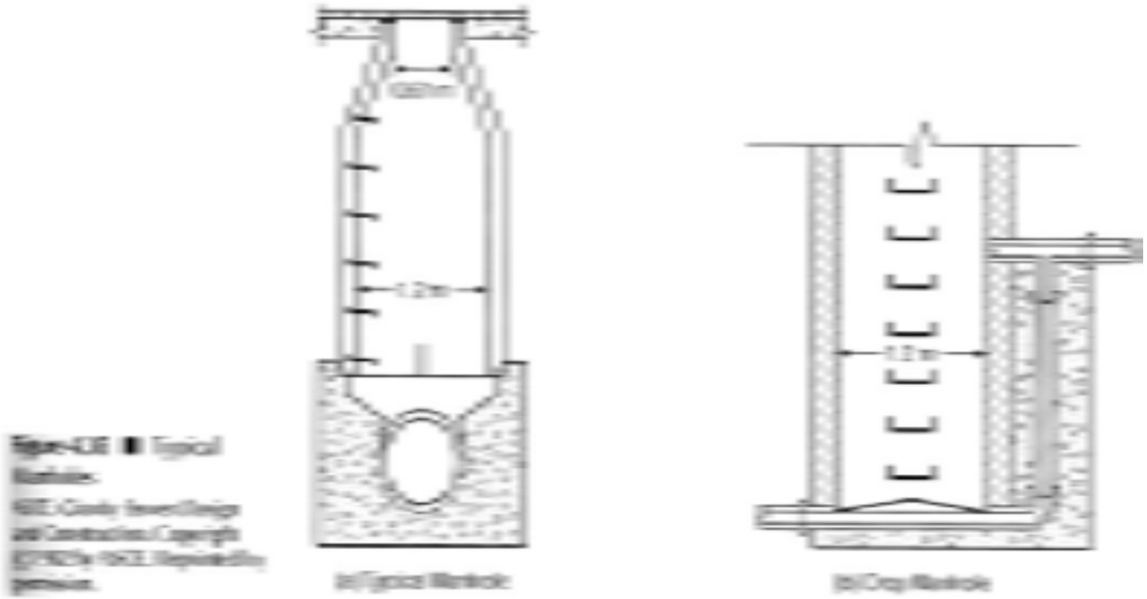
Velocities سرعات

- السرعة الدنيا)0.6 م / ثانية(مع التدفق
- الحد الأقصى لمتوسط السرعات من 2.5 الى 3 م / ثانية
- يمكن تحديد السرعات الدنيا والقصوى طبقا الى الكود المصرى



المطبق

- يجب أن يكون عدد غرف التفتيش متباعدة بشكل مناسب بحيث يسهل فحص المجاري وصيانتها.
- بالنسبة لمجاري الصرف الصحي المتوسطة القطر، يجب تحديد مواقع غرف التفتيش بتغييرات في الحجم أو الانحدار أو الاتجاهات.
- بالنسبة للمجاري الكبيرة ، يمكن إجراء هذه التغييرات بدون تركيب فتحة.



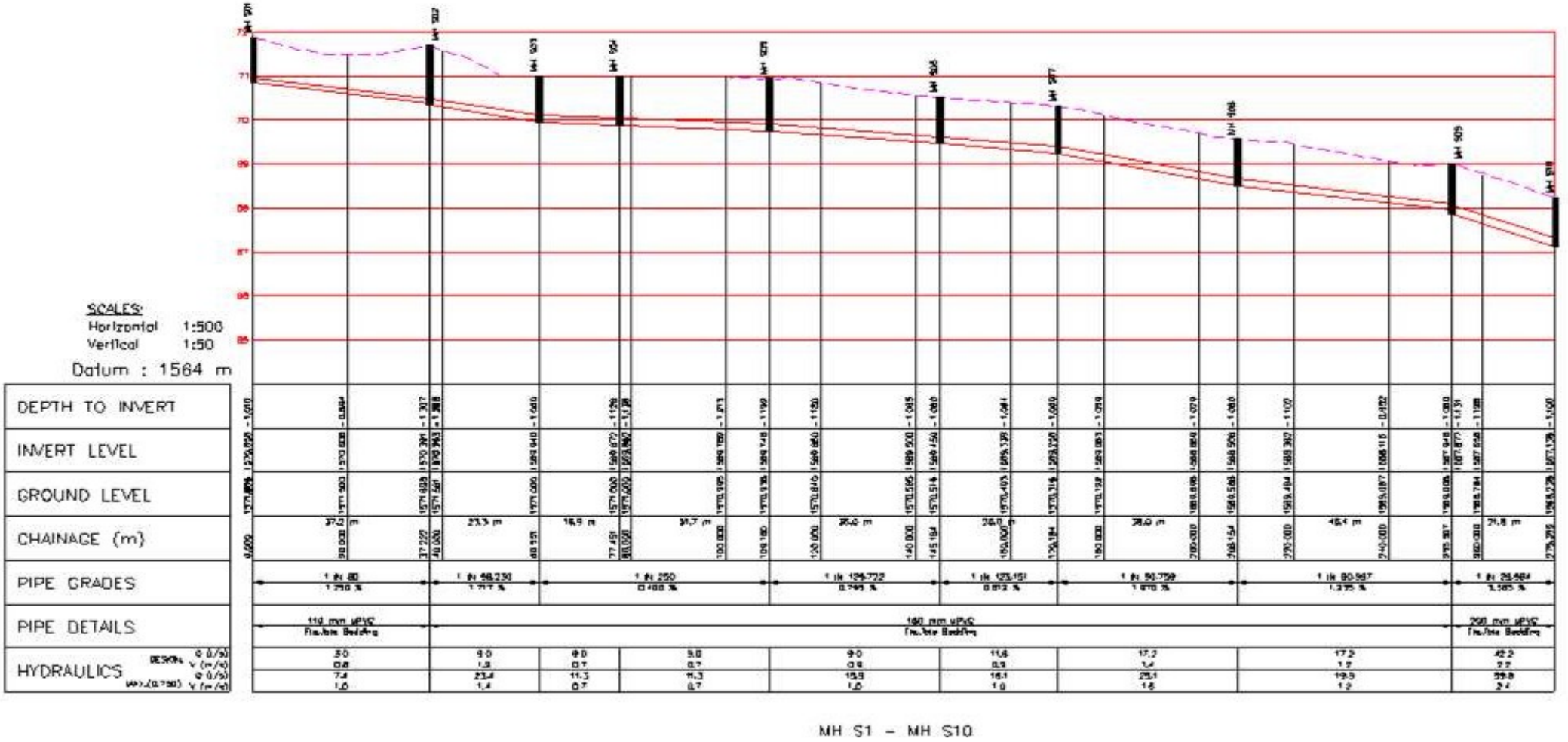
حجم المطبق

- ـ كبيرة بما يكفي لتوفير وصول سهل إلى المجاري
- ـ مساحة لعامل بكوريك
- ـ عادة ما تكون القاعة السفلى خرسانية ، وتنحدر باتجاه قناة مفتوحة وهي امتداد للماسورة التى تلى
- يجب أن يوفر الجزء السفلي قاعدة قدم لشخص يعمل في غرفة التفتيش
- ـ يبلغ قطر غرف التفتيش في المجاري الصغيرة حوالي 1.5 متر عندما يكون للمجاري مقاطع عرضية دائرية
- ـ في المجاري الكبيرة ، قد تكون هناك حاجة إلى فتحات أكبر لاستيعاب أجهزة التنظيف الأكبر

أماكن المطابق

- تقاطعات المجارى
- التغيرات المفاجئة في الاتجاه الأفقي أو المنحدر
- مواقع تغيير حجم الأنابيب
- فترات منتظمة على طول المسارات المستقيمة للصيانة
- أقل من أو يساوي 100 متر- أقصى تباعد 500 متر
- عدد المطابق وطريقة توزيعها يوضح مسار المجارى

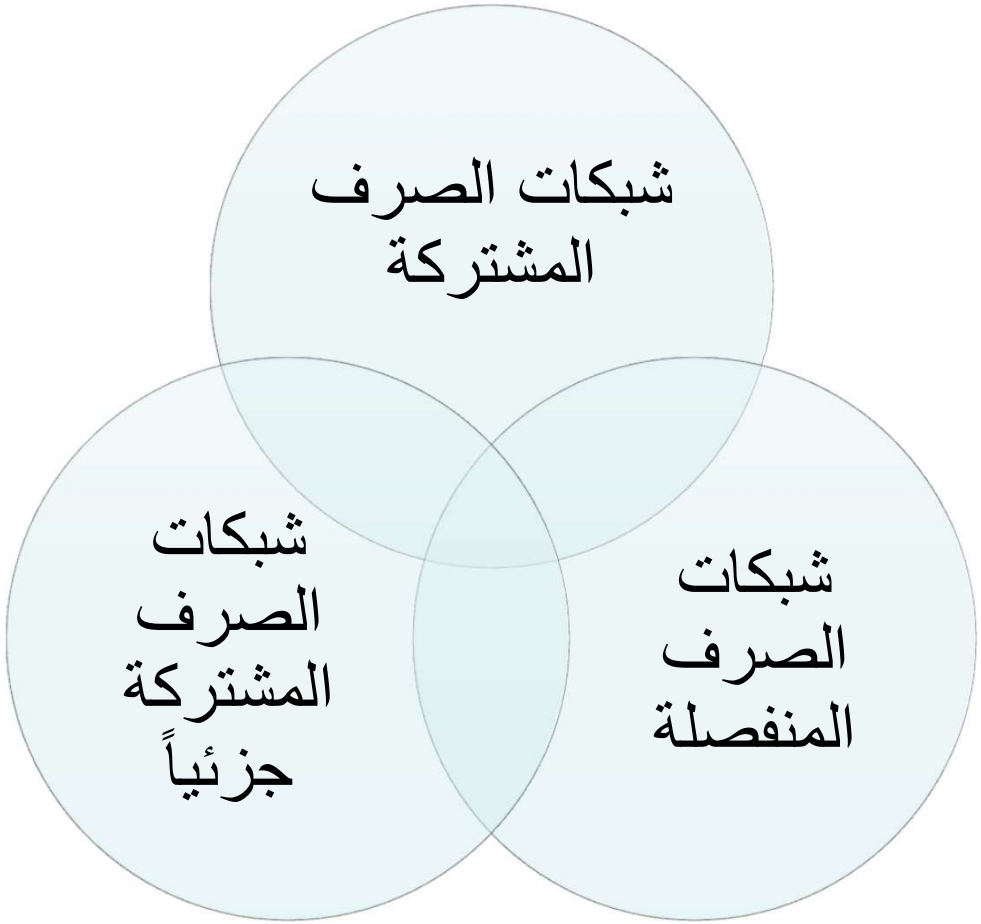
بروفيل خطوط الصرف الصحى



تخطيط شبكات تجميع مياه الصرف الصحى

أنواع شبكات تجميع مياه الصرف الصحى

يتم تقسيم شبكات تجميع مياه الصرف الصحى تبعاً لمصادرها وكمياتها وأيضاً طبقاً لطبوغرافية المدينة وكذلك للظروف المناخية والبيئية كالتالى:



شبكات الصرف المشتركة

- شبكات الصرف المشتركة وهى الشبكات التى تستقبل كل المخلفات السائلة بجميع أنواعها سواء كانت مخلفات منزلية أو صناعية أو مياه أمطار أو مياه رشح.وهذا النظام هو المستخدم فى تجميع المخلفات السائلة من معظم المدن المصرية

شبكات الصرف المنفصلة

- وهى الشبكات التى تستقبل المخلفات السائلة المنزلية والمخلفات الصناعية ، وتنشأ فى نفس الوقت شبكة أخرى لاستقبال مياه الأمطار كما

شبكات الصرف المشتركة جزئياً

- وتستخدم لتجميع المخلفات المنزلية والصناعية وصرف المياه المتجمعة فوق بعض الأسطح والممرات الداخلية وتنشأ فى بعض الأحيان شبكات لتجميع المخلفات السائلة ثم تنشأ هدارات على مواسير التجميع الرئيسية فى نقط محددة لتحويل الزيادة فى التصرفات أثناء العواصف الممطرة الشديدة إلى أماكن صرف مثل مخرات السيول أو المسطحات المائية مثل البحيرات أو البحار أو المجارى المائية المجاورة

شبكات الصرف المشتركة

- فى الشوارع والطرقات المزدحمة بالخدمات العامة الأخرى كمواسير شبكات توزيع مياه الشرب وكابلات الكهرباء والتليفونات وشبكة مواسير توزيع الغاز
- إذا كان سقوط الأمطار نادراً ويخشى أن تبقى شبكة مياه الأمطار خالية دون استعمال معظم أيام العام

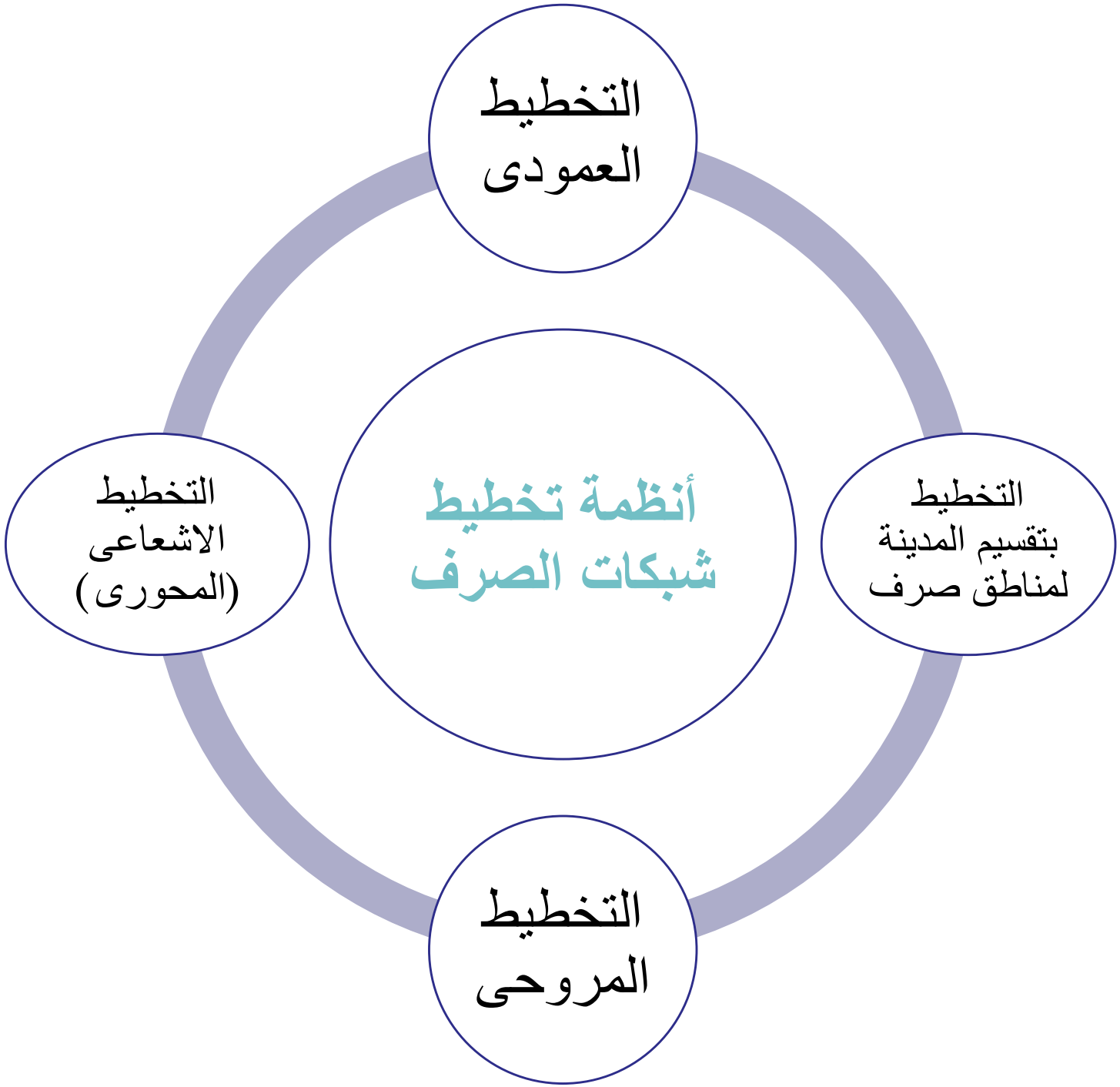
شبكات الصرف المنفصلة

- إذا أمكن صرف مياه الأمطار بالانحدار الطبيعى فى مصرف زراعى أو مجرى مائى مثل الأنهار والترع أو المسطحات المائية مثل البحيرات فيمكن فى هذه الحالة إنشاء شبكة صرف منفصلة لمياه الأمطار
- إذا كانت تكاليف معالجة المخلفات السائلة مرتفعة، ففى هذه الحالة يستحسن فصل مياه الأمطار عن المخلفات الأخرى للتخلص منها دون معالجة، وذلك اقتصاداً فى تكاليف إنشاء وحدات المعالجة

مميزات وعيوب أنظمة شبكات تجميع مياه الصرف الصحى

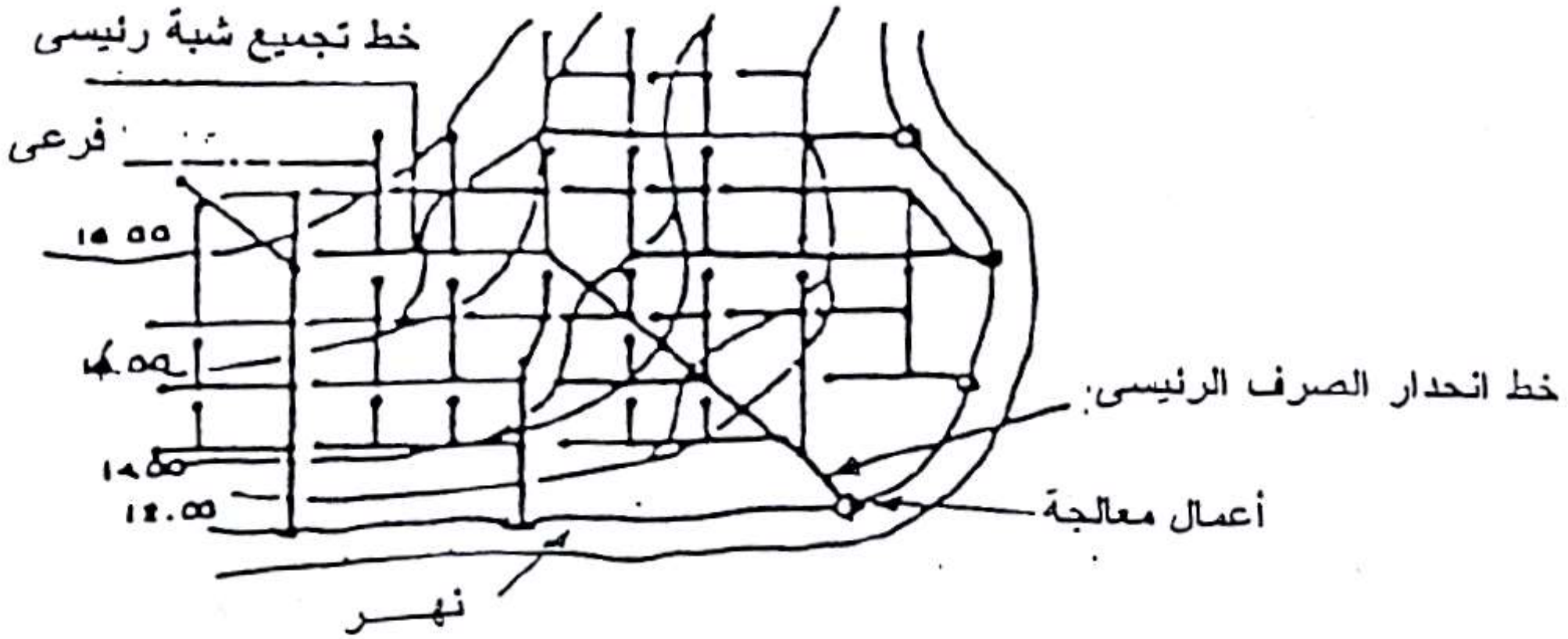
النظام	المميـــزات	العيـــــوب
الشبكـــــة المنفصلـــــة	أقطار المواسير صغيرة وبالتالى فهـــى أقل تكاليفاً وأسهل تصميماً.	عدم تحقيق سرعة التنظيف الذاتية، ولذلك لابد من اســـتخدام أحواض الدفق الأرضية إلى المطابق.
	ضمان عدم تلوث المسطحات المائيـــة المجاورة لشبكة التجميع المنفصلة.	مضاعفة إنشاء الوصلات المنزلية، وكذلك تنفيذ شبكتين ومـــا يترتب عليه من تكاليف باهظة لإنشاء أعمال تفادى تقاطعات الشبكتين.
	كمية مياه الصرف الصحى المطلـــوب معالجتها محـــدودة، وبالتـــالى أعمـــال المعالجة والتخلص من الفائض محدودة.	تكاليف التشغيل والصيانة لشبكتين سوف تكـــون أكبـــر مـــن تكاليف تشغيل وصيانة شبكة واحدة.
	تكاليف رفع ميـــاه الصـــرف الصـــحى سوف تقل إلا إذا تطلب الأمر رفع مياه العواصف والأمطار كذلك.	
الشبكـــــة المشتركـــة	خلط مياه الأمطار مع ميـــاه الصـــرف الصحى يجعلها سهلة المعالجة وبالتالى تكون تكاليف المعالجة اقتصادية.	كمية مياه الأمطار الكبيرة تتطلب أعمال حفر وردم وإنشاءات مما يزيد التكاليف.
	خلط مياه الأمطار مع ميـــاه الصـــرف الصحى يخفف مـــن درجـــة التلـــوث وبالتالى قد لا تحتاج المياه المختلطة إلى معالجة ابتدائية ويقتصر الأمـــر علـــى المعالجة البيولوجية.	نظراً لصغر التصرف الجاف وكبر أقطـــار المواســـير قـــد تترسب المواد العالقة بالمياه الملوثة مما يتطلب أعمال نظافة مستمرة للشبكة فى موسم الجفاف. كما أن تراكمها قد يســـبب تعفنها اللاهوائى ويتصاعد غاز ثانى أكسيد الكبريت، الـــذى يتحد مع بخار الماء الموجود على الجزء العلـــوى الـــداخلى الغير ممتلئ من المواسير مكوناً حامض الكبريتيك مما يسبب تآكل الجزء العلوى من المواسير.

مميزات وعيوب أنظمة شبكات تجميع مياه الصرف الصحى		
النظام	المميـــزات	العيـــــوب
"تابع" الشبكة المشتركة	خلط مياه الأمطار مع ميـــاه الصـــرف الصحى يتطلب أقطار مواســـير كبيـــرة وبالتالى يسهل عمليات التنظيف.	تكاليف التشغيل والصيانة للشبكة ومحطات الرفع وخطـــوط الطرد ووحدات المعالجة تكون كبيرة.
	الوصلات المنزلية واحـــدة ممـــا يقلـــل التكاليف.	فى الحالات الحرجة يحدث فيضان للشبكة مما يسبب خطورة على الصحة العامة.
الشبكة المشتركة جزئياً	الوصلات المنزلية بسيطة.	السرعات المنخفضة لسريان مياه الصرف الصـــحى أثنـــاء موسم الجفاف تسبب تراكماً للمواد العضوية المترسبة.
	شبكة تجميع مياه الصرف الصحى تكون متوسطة الحجم وبالتالى تكون اقتصادية فى التكاليف.	احتمال حدوث فيضان للشبكة الأمر الذى قد يســـبب خطـــراً على الصحة العامة.


التخطيط العمودى
التخطيط بتقسيم المدينة لمناطق صرف
التخطيط المروحى
التخطيط الاشعاعى (المحورى)
أنظمة تخطيط شبكات الصرف

التخطيط العمودى

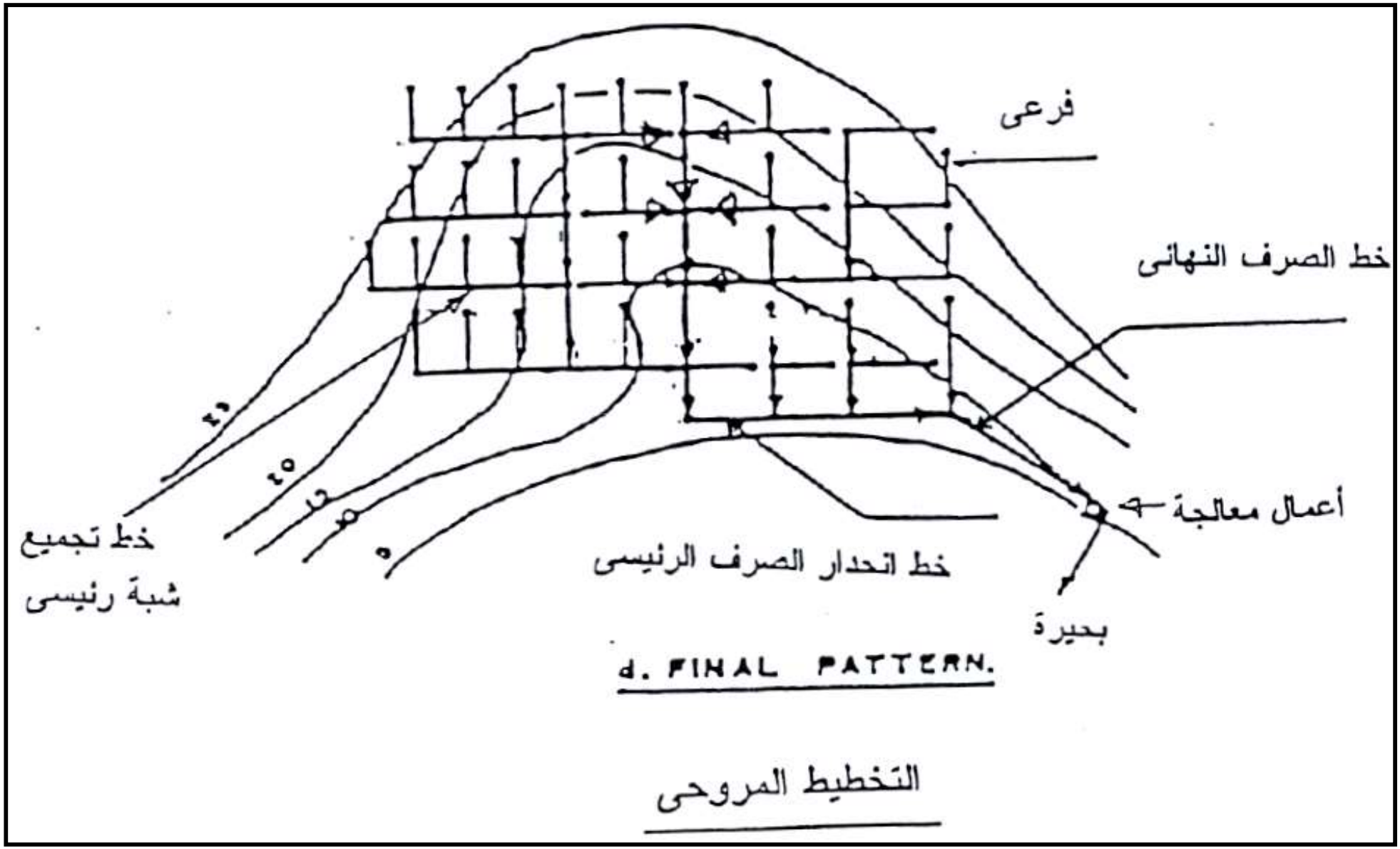
يستعمل هذا النظام عندما تكون طبوغرافية المدينة ذات ميل واحد وفى هذه الحالة يتم إنشاء خط انحدار الصرف الرئيسى (المجمع الرئيسى) فى اتجاه المنسوب المنخفض



التخطيط العمودى

التخطيط المروحى

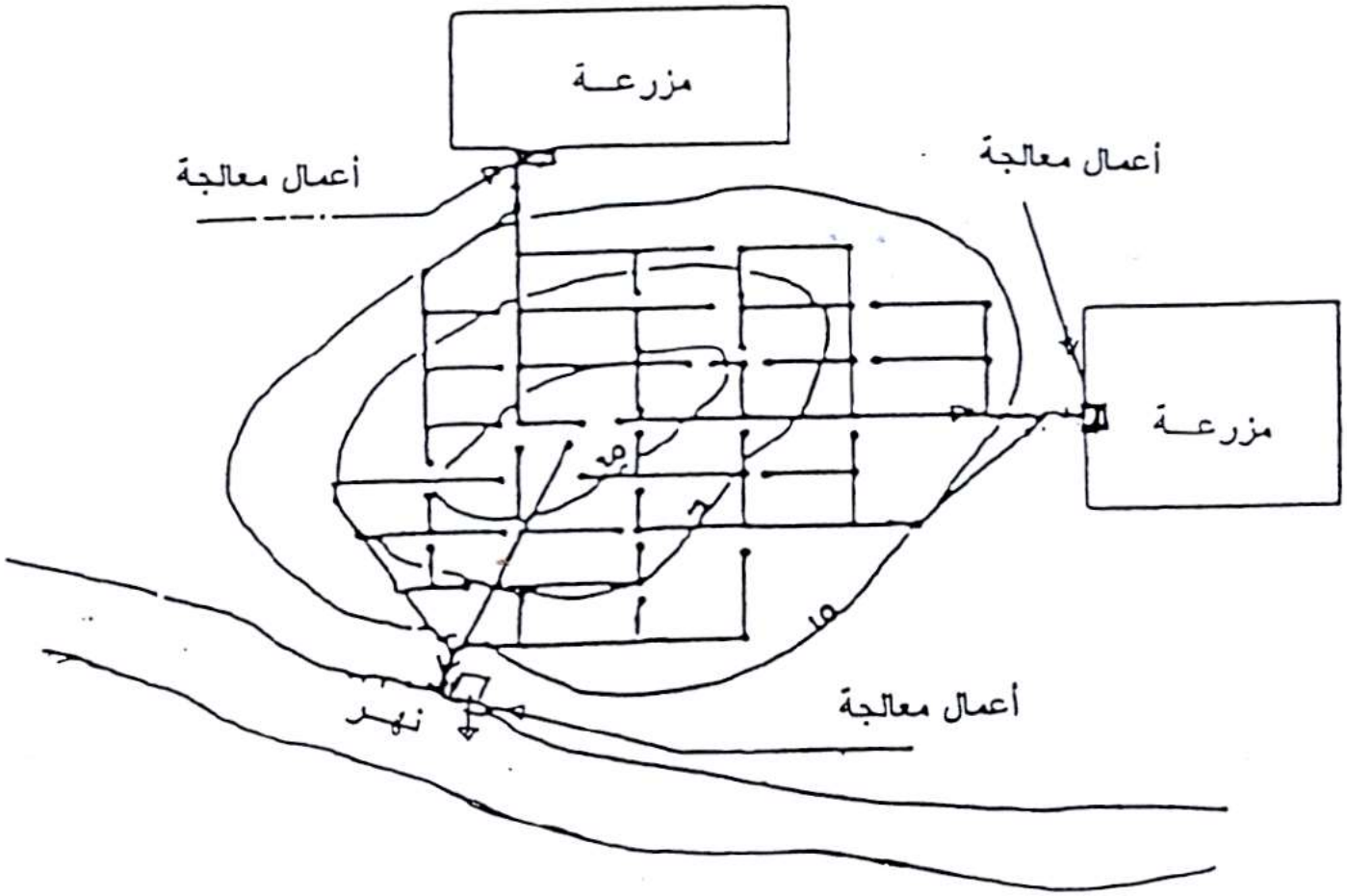
يعتمد التخطيط المروحى فى الأساس على طبوغرافية المدينة أو أجزاء منها



التخطيط المروحى

التخطيط الإشعاعى

فى التخطيط الإشعاعى أو المحورى يتم تجميع مياه الصرف الصحى من مركز المدينة إلى محيطها،وتكون هناك حاجة فى هذه الحالة إلى عدة محطات لمعالجة مياه الصرف الصحى وفى حالة طبوغرافية المدينة الموضحة بالشكل يتم تجميع مياه الصرف الصحى من الحدود الخارجية إلى مركز المدينة المنخفض المنسوب، ويتم إنشاء محطة رفع رئيسية فى مركز المدينة، ومنها تضخ مياه الصرف الصحى المتجمعة إلى موقع وحدات المعالجة عبر خطوط الطرد



التخطيط الاشعاعى

خطوات تخطيط شبكة الصرف الصحى فى منطقة المشروع

يتم تخطيط شبكة تجميع مياه الصرف الصحى فى منطقة المشروع طبقاً للخطوات التالية :

1. بعد انتهاء أعمال الرفع المساحى يتم إنتاج مساقط أفقية لمنطقة المشروع بمقياس رسم 1:500 أو 1:1000 موقعاً عليها المناسيب المساحية كل 25متر تقريباً، وموضحاً عليها كل الشوارع والمنشآت والكبارى والأنفاق والترع والسكك الحديدية والطرق السريعة
2. يتم توقيع مسارات مواسير الصرف الصحى على المساقط الأفقية بداية من المناطق ذات المناسيب الأعلى وذلك حتى المناطق المنخفضة المنسوب.
3. تحدد مواقع محطات الضخ المختلفة.
4. يتم تحديد مسارات خطوط الطرد من مواقع محطات الضخ وذلك حتى موقع محطة معالجة مياه الصرف الصحى
5. يتم التنسيق مع الجهات الرسمية والجهات المختلفة للحصول على موافقتها على مواقع محطات الضخ وموقع محطة المعالجة وأيضاً مسارات خطوط الطرد.
6. يتم تحديد المجمعات الرئيسية للصرف الصحى وتسميتها.
7. توقع أماكن المطابق على خطوط الصرف الصحى الصغيرة (Sewer Line)وأيضاً المجمعات الرئيسية.
8. يتم ترقيم المطابق على كل خط
9. يتم تحديد منسوب سطح الأرض عند كل مطبق

ويجب أخذ الملاحظات الفنية التالية فى الاعتبار عند التخطيط :

1. يفضل أن تكون المواسير الفرعية عمودية على خطوط الكنتور أى أن تكون مع الانحدار الطبيعى للأرض وذلك نظراً للانحدارالكبير لها، أما الخطوط أو المجمعات الرئيسية فيمكن أن تكون موازية لخطوط الكنتور حيث أن ميلها صغير وذلك لتجنب زيادة مكعبات الحفر والردم .
2. تجنب اختيار مسار المواسير فى الأراضى الصخرية أو ضعيفة التربة أو مرتفعة مناسيب المياه الجوفية (مياه الرشح) .
3. تلافى عبور خطوط السكك الحديدية أو الشوارع المزدحمة قدر الإمكان، وكذلك تجنب اختيار مواقع محطات الرفع الفرعية بالشوارع الضيقة أو المقام على جوانبها مبانى ضعيفة الإنشاء.
4. الاعتماد على سير المياه بالانحدار الطبيعى فى الشبكة .
5. يجب أن تصل المخلفات السائلة بالشبكات فى أقصر وقت إلى مواقع محطات الرفع وبالتالى إلى موقع وحدات المعالجة.
6. اختيار موقع محطة المعالجة.

يلزم أن يتوفر فى موقع محطة المعالجة الشروط التالية:

1. أن يكون الموقع بعيداً عن الحيز العمرانى للمدينة أو القرية بمسافةتتراوح بين 1- 3 كم .
2. تفادى الأراضى الزراعية بقدر الإمكان ويفضل فى الأراضى البور أو الصحراوية.
3. أن يكون هناك طريق للوصول إلى محطة المعالجة بعرض وحمولة مناسبة.
4. أن يكون الموقع قريباً ما أمكن من مكان التخلص النهائى من المياه المعالجة (مصرف - أراضى للاستزراع).
5. أن يكون الموقع تحت الرياح السائدة لتجنب الروائح المنبعثة منه.
6. دراسة التربة لاختيار الموقع المناسب للتأسيس الاقتصادى.
7. الأخذ فى الاعتبار التوسع المستقبلى للمحطة.
8. عدم وجود عوائق بالموقع خطوط كهرباء ضغط عالى أنابيب بترول أو غاز مواسير صرف مغطى مخرات للسيول.

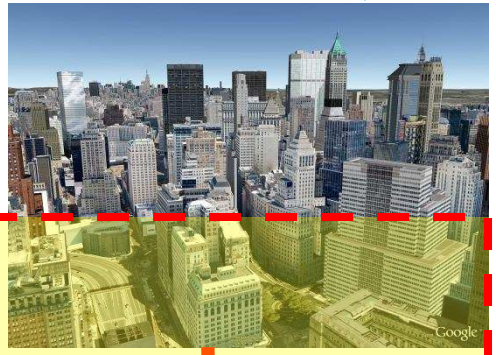
بسم الله الرحمن الرحيم
وجعلنا من الماء
كل شيء حي

شبكات المجاري والصرف الصحي
تصميم بناء صيانة

RAW WATER

WATER TREATMENT PLANT

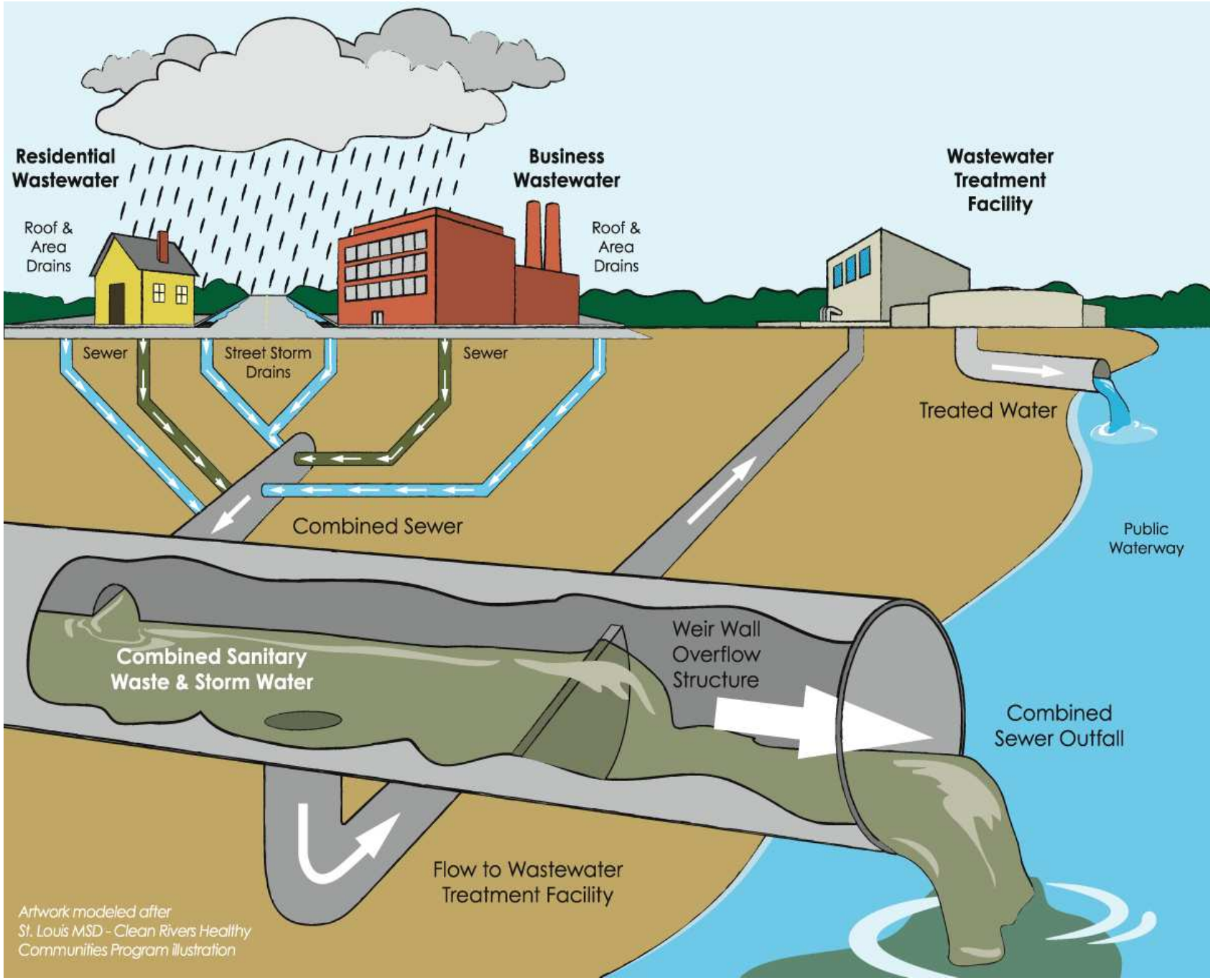
TREATED WATER



WASTEWATER TREATMENT PLANT

TEATED WASTEWATER

WASTEWATER


Residential Wastewater
Business Wastewater
Wastewater Treatment Facility
Roof & Area Drains
Roof & Area Drains
Sewer
Street Storm Drains
Sewer
Treated Water
Combined Sewer
Public Waterway
Combined Sanitary Waste & Storm Water
Weir Wall Overflow Structure
Combined Sewer Outfall
Flow to Wastewater Treatment Facility
Artwork modeled after St. Louis MSD - Clean Rivers Healthy Communities Program illustration

Classification of Sewers

- المجاري المنزلية أو الصناعية

وهي مصممة لنقل المياه العادمة المتولدة من المنشآت المنزلية أو المنشآت الصناعية الصغيرة والمتوسطة الحجم في منطقة البلدية ولكن ليس مياه الأمطار

- مجاري العاصفة

- مجاري مجمعة

وهي مصممة لنقل مياه الأمطار ومياه الصرف المنزلية والصناعية

Advantages and Disadvantages of Combined Sewers

- من الاقتصادي في البداية إنشاء شبكة مجاري مشتركة بدلاً من تركيب المجاري المنزلية ومجاري مياه الأمطار بشكل منفصل

- خلال موسم الجفاف ، يؤدي نقص مياه الأمطار إلى انخفاض معدل التدفق. يؤدي معدل التدفق المنخفض إلى انخفاض سرعة التدفق. عند السرعات المنخفضة ، وبسبب الاضطرابات الأقل ، يكون ترسب مواد الصرف الصحي الصلبة أكثر. والنتيجة هي ترسب الطمي وما يترتب عليه من تولد رائحة كريهة بسبب تحلل المواد الصلبة المستقرة.
- على النقيض من ذلك ، خلال المواسم الرطبة أو الممطرة ، يكون معدل التدفق مرتفعًا جدًا. لذلك ، فإن تكاليف الضخ أعلى ، مما يتسبب في ارتفاع تكلفة التشغيل والصيانة.
- المضخات المصممة للعمل بمعدل تدفق مرتفع لمعالجة تدفق موسم الأمطار ، تعمل في حالة تدفق منخفض في موسم الجفاف وهي عملية غير فعالة وتستهلك طاقة أكثر من المعتاد.

‘

Estimation of Quantity of Sanitary Sewage

The sewers are designed to carry:

- المياه المستنفدة من المجتمع
- بعض المياه الجوفية
- جزء من مياه الأمطار
- مياه الصرف الصناعي للمنشآت الصغيرة

تم تصميم مجاري الصرف الصحي لنقل المياه العادمة من المصادر المذكورة أعلاه إلى محطات معالجة مياه الصرف الصحي / مياه الصرف الصحي

تعتمد القدرة الاستيعابية للصرف الصحي على: 1. الكميات الحالية والمستقبلية لمعدل التدفق المتوقع.

من المهم تقدير معدل التدفق التصميمي لمجاري الصرف الصحي التي سيتم بناؤها ، وبالتالي.

Estimation of Sewage Flowrate

Two Parameters:

السكان ا لمساهمة
معدل تدفق مياه الصرف الصحى للفرد

كل من هذه الكميات تعتمد على فترة التصميم

.فترة التصميم: يُطلق على طول الفترة الزمنية التي ستكون فيها سعة المجاري كافية فترة التصميم

عادةً ما تعتبر فترة التصميم لنظام الصرف الصحي 30 عامًا

لكن المعدات الدوارة الميكانيكية مثل المضخات مصممة لمدة 15 عامًا

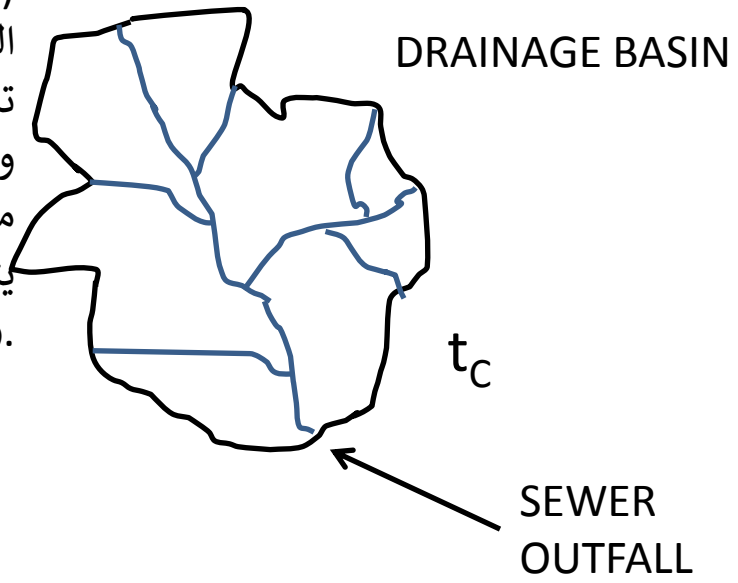
اكتشاف الجريان السطحي Finding Out of Runoff

Runoff quantity depends on:

- **خصائص هطول الأمطار (الكثافة والمدة وتوزيعات الفترات الزمنية**
- **خصائص سطح مستجمعات المياه (الطبيعة ، والنفاذية ، والمنحدر ، والمناظر الطبيعية)**
- **وقت التركيز (الوقت اللازم لوصول التدفق إلى المجاري)**

تم تصميم مجارى العواصف لسقوط الأمطار بتواتر معين أو فترة عودة. تم إصلاح تصميم هطول ألأمطارفي منطقة ما بعد الاعتبارات الاقتصادية التي تتضمن منحنيات مدة الشدة والتردد يجب أن يكون التصميم مناسبًا لنقل الحد الأقصى من الجريان السطحي الناتج عن هطول الأمطار التصميمي من حوض أو مستجمعات المياه
.

(tC) وقت التركيز
الفترة الزمنية التي بعدها بكاملها
تبدأ منطقة الحوض المساهمة في الجريان السطحي يسمى
وقت التركيز. يختلف من
من 3 إلى 30 دقيقة
يتم الحصول على الجريان الأقصى من مطر له مدة تساوي
.وقت التركيز

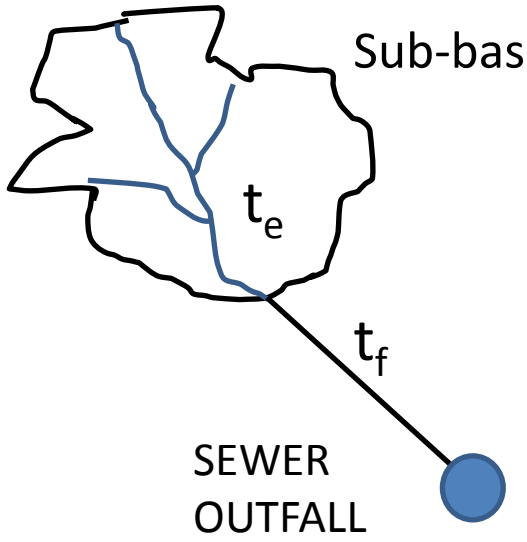


تسمى مدة مثل هذا هطول الأمطار المدة الحرجة لهطول الأمطار وتعرف شدة هذا هطول الأمطار
.بكثافة هطول الأمطار الحرجة

$$t_c = t_e + t_f$$

t_e= time of entry

t_f= time of flow



HYDRAULIC DESIGN OF SEWERS

يتم تصميم المجاري بافتراض ظروف الحالة المستقرة. تعني الحالة المستقرة أن التفريغ أو معدل التدفق عند نقطة ما يظل ثابتًا بمرور الوقت.

Objectives:

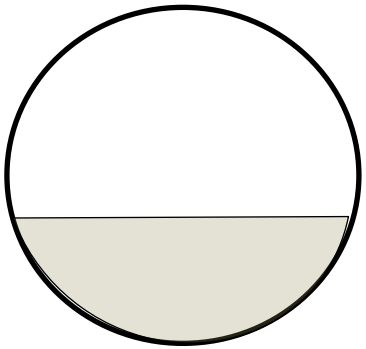
- احمل معدل تدفق الذروة الذي تم تصميم المجاري من أجله

يرتبط هذا ارتباطًا مباشًرا بأقصى سرعة يمكن تحقيقها في المجاري. لا نريد أن تتآكل مواد
أنابيب الصرف الصحي. يوصي دليل مياه الصرف الصحي بسرعة قصوى تبلغ 3 م / ث

- نقل المواد الصلبة العالقة بطريقة تجعل الطمي في المجاري أقل ما يمكن

تعطينا هذه الحالة فكرة عن الحد الأدنى للسرعة التي يجب الحفاظ عليها داخل المجاري خلال فترة التدفق المنخفض.

Sewers versus Treated Water Conduits



شبكات المجارى SEWER

لم يتم تصميمها أبدًا لتعمل بشكل كامل ؛ هناك دائمًا مساحة .1
.فارغة متوفرة في الأعلى

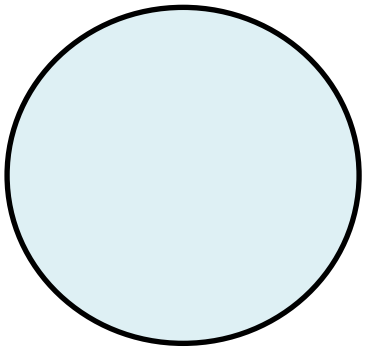
الأسباب: أ) أسباب التحلل البيولوجي

توليد غازات مثل الميثان وكبريتيد الهيدروجين والأمونيا وما إلى ذلك التي يمكن الحصول عليها

.يذوب إذا كان يعمل تحت الضغط

ب) عند نفس المنحدرات ، تكون السرعة والقدرة الاستيعابية أكبر .عندما تعمل بشكل كامل جزئيًا

غير مضغوط. يحافظ على تدفق الجاذبية. يتم وضعه في .2
.التدرجات أو المنحدرات



WATER CONDUITS شبكات المياه

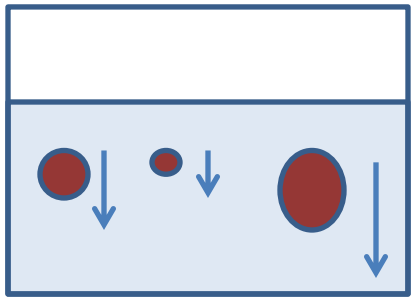
وهي مصممة دائمًا لتعمل بشكل .1
.كامل

إنه مضغوط. في العادة ، لا نقلق .2
بشأن منحدر أنابيب المياه الرئيسية
.أو الخطوط عندما نضعها

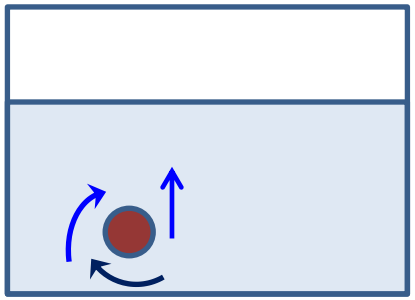
السرعة الدنيا في المجاري

يجب أن تكون السرعة على النحو التالي

أ) لن تسمح للجسيمات بالاستقرار في الداخل المجاري



ب) حتى لو كان هناك ترسب ، فإنه سيعزز تجفيف الجسيمات حتى تتمكن من التطهير الذاتي بحد ذاتها

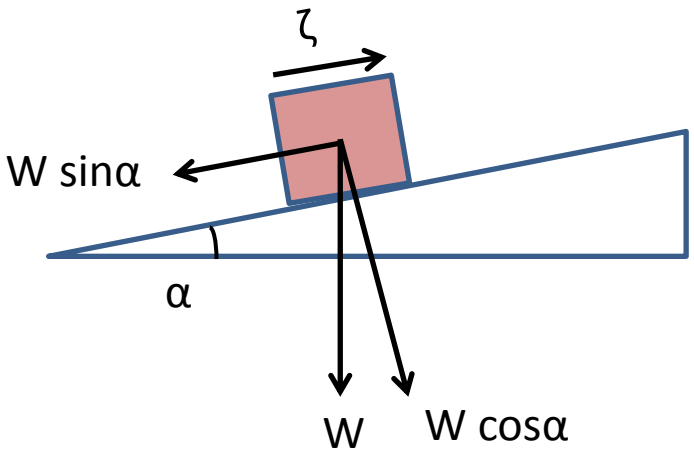


يجب أن يحدث توليد سرعة التطهير الذاتي داخل المجاري مرة واحدة على الأقل في اليوم.

Self-Cleansing Velocity

سرعة التطهير الذاتي

$$V_S = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} \sqrt{k(S_S - 1)D_p}$$



n = roughness coefficient

R = Hydraulic Mean Radius = $\frac{A}{P}$

A= Area of the channel

P= Wetted perimeter of the channel

S_s = Specific gravity of the particle

k = Dimensionless constant, 0.04 for granular particles, 0.8 for organic matters

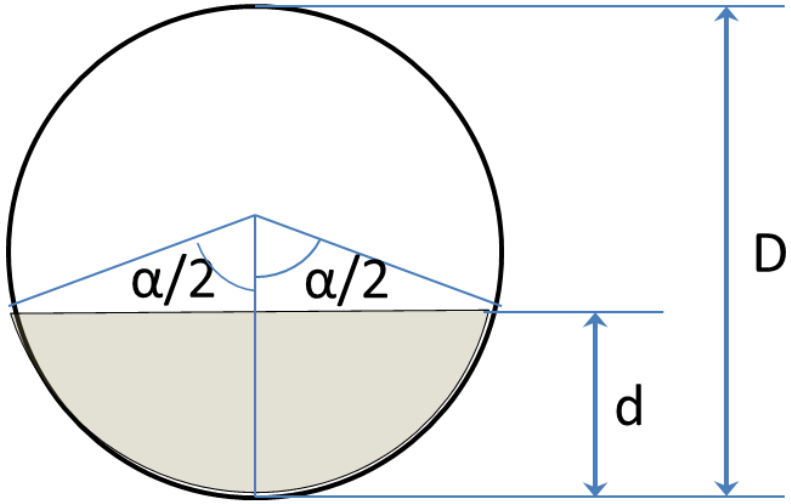
D_P = Diameter of the particle for which the sewer will be designed, this is the maximum particle size the sewer can safely carry

تم تصميم المجاري دائمًا لتحقيق سرعات التطهير الذاتي

JAPAN

السرعة القصوى

d/D	a/A	v/V	q/Q
1.00	1.00	1.00	1.00
0.9	0.949	1.124	**1.066**
0.8	0.858	**1.140**	0.988
0.7	0.748	1.120	0.838
0.5	0.5	1.000	0.500
0.4	0.373	0.902	0.337



تشير الأحرف الكبيرة إلى الحالة عندما تكون المجاري ممتلئة

يتم تحقيق السرعة القصوى عندما يتم تصميم المجاري لتعمل عند 80٪ من العمق الكامل.

Designing Sewer Systems

.تم تصميم المجاري مع مراعاة 30 عامًا

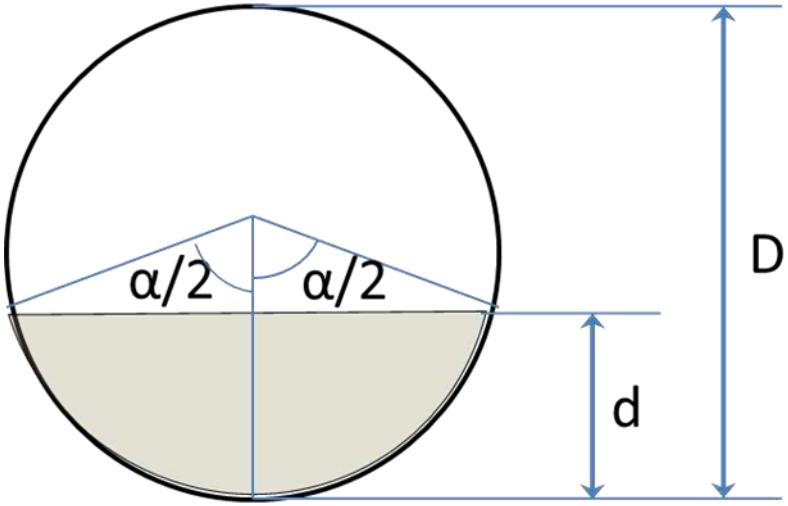
عدد السكان في السنوات الأولى من فترة التصميم منخفض مقارنة بمجموعة التصميم في نهاية فترة التصميم

معدل تدفق الذروة في السنوات الأولى منخفض مقارنة بمعدل تدفق الذروة المصمم (ذروة التدفق النهائي)

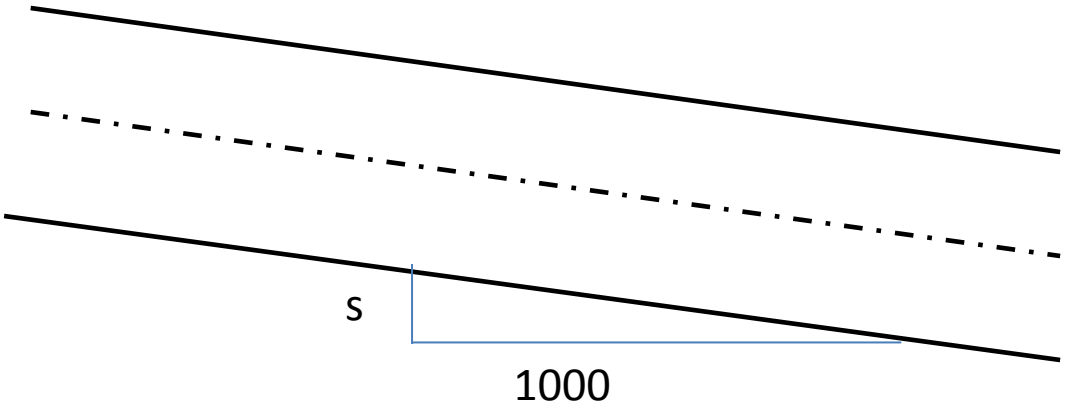
يجب أن يكون التحجيم من النوع الذي سيحقق سرعة التنظيف الذاتي بمتوسط معدل تدفق التصميم أو على الأقل عند الحد الأقصى لمعدل التدفق في بداية فترة التصميم.

تاثير ميل المواسير على التدفق

$$v = \frac{1}{n} r^{2/3} s^{1/2}$$



$$r = \frac{a}{p} = \frac{D}{4}\left[1 - \frac{360 \sin\alpha}{2\pi\alpha}\right]$$



Velocity at partially full flow → v

Velocity at full flow → V

$$\frac{v}{V} = \left[1 - \frac{360 \sin\alpha}{2\pi\alpha}\right]^{2/3}$$

بالنسبة للتدفق الجزئي الكامل ، لا يتأثر التدفق الجزئي بقطر الأنبوب ، بل يتأثر بدرجة كبيرة بميل القناة

ما هو اقل ميل للمواسير

RECOMMENDED SLOPES FOR MINIMUM VELOCITY

Present peak flow in lps	Slope per 1,000
2	6.0
3	4.0
5	3.1
10	2.0
15	1.3
20	1.2
30	1.0

بعد إيجاد الحد الأدنى للانحدار المطلوب ، يتم تحديد حجم الأنبوب على أساس معدل تدفق الذروة للتصميم النهائي وعمق التدفق المسموح به. سيضمن اعتماد المنحدرات أعلاه سرعة تدفق دنيا تبلغ 0.6 متر / ثانية

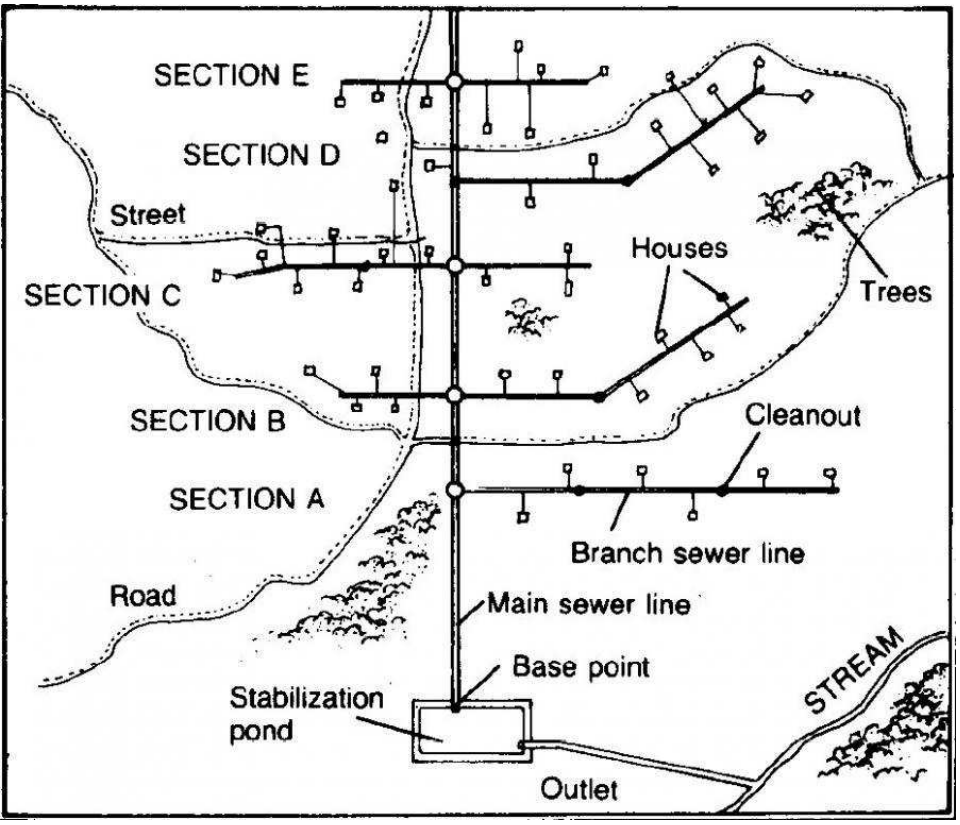
الحد الأدنى لحجم المجاري العامة هو 150 مم

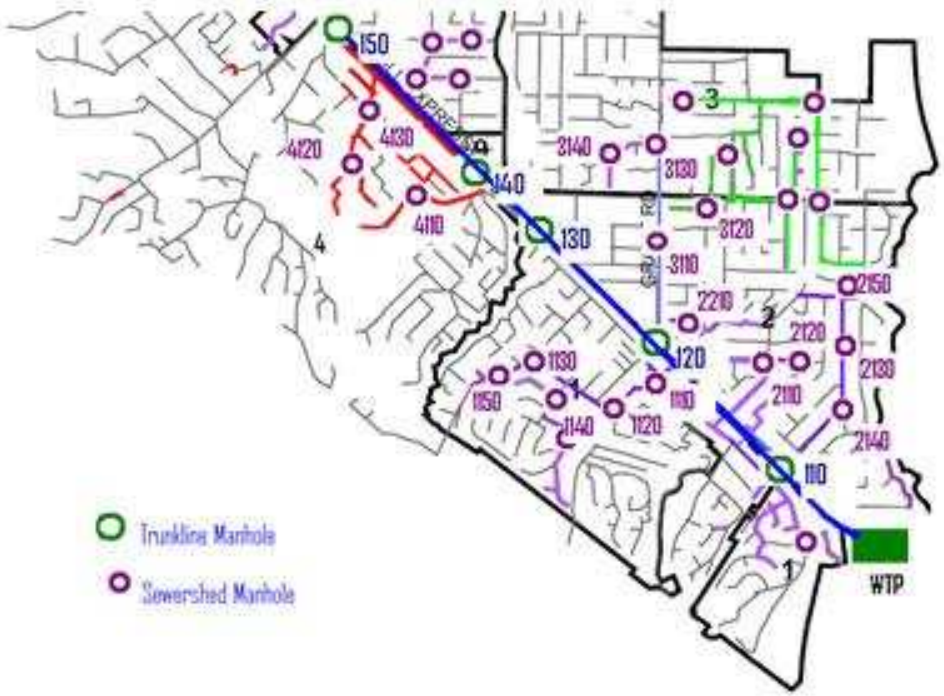
الحد الأدنى لحجم المجاري العامة في المناطق الجبلية قطرها 100 مم

المتطلبات الأولية Preliminary Requirements

- الغرض منه هو نقل مياه الأمطار والمياه العادمة من نقطة التوليد إلى محطة المعالجة. لذلك يجب أن توضع على عمق أكبر قدر ممكن بحيث يمكن جمع ونقل كل مياه الصرف الصحي أو تدفق مياه الأمطار.
- مقاومة التآكل والتآكل. يجب أن تكون قوية من الناحية الهيكلية بما يكفي لمقاومة أحمال الصدمات أو التحميل الزائد والأحمال الحية
- يتم تصميم الحجم والمنحدر لتحمل الحمل الأقصى وكذلك لتحمل متوسط التدفق بطريقة تقلل الترسب إلى أدنى حد.
- يجب أن تكون الصيانة سهلة واقتصادية وآمنة للعمال.

أهداف التصميم هي: أ) جعل النظام يعمل و ب) اقتصاديًا للبناء و ج) جعل النظام متينًا طوال فترة تصميمه بالكامل


SECTION E
SECTION D
Street
SECTION C
Houses
Trees
SECTION B
Cleanout
SECTION A
Branch sewer line
Road
Main sewer line
Base point
Stabilization pond
STREAM
Outlet


150
4120
4130
4110
140
130
120
110
3140
3130
3120
3110
2210
2150
2120
2130
2110
2140
1130
1150
1140
1120
1110
3
2
1
4
Trunkline Manhole
Sewershed Manhole
WTP

Layout of Sewer Lines

Steps followed for making the layout:

اختيار منفذ أو نقاط التخلص

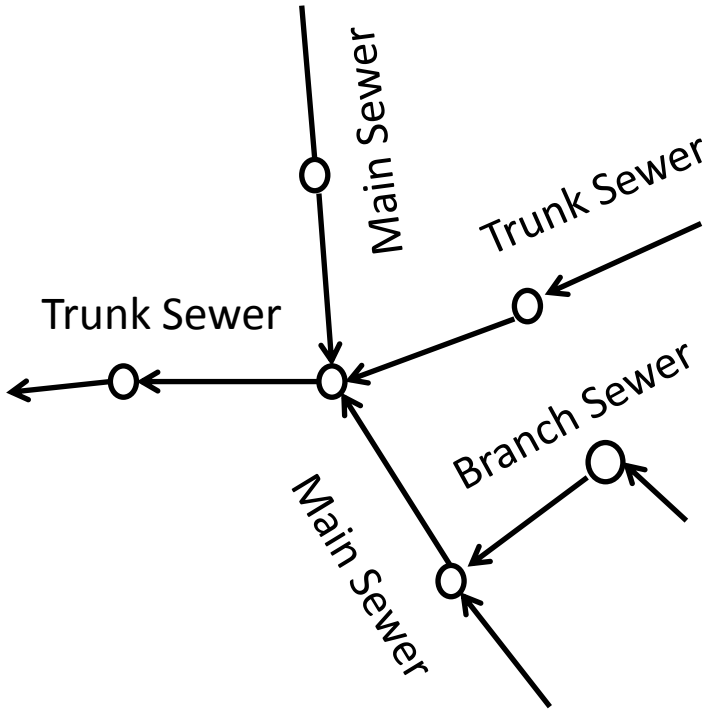
تحديد حدود منطقة الصرف أو حدود المنطقة

الانتهاء من وضع المجاري الرئيسية والصناعية

الانتهاء من تحديد مواقع محطات الضخ عند الضرورة

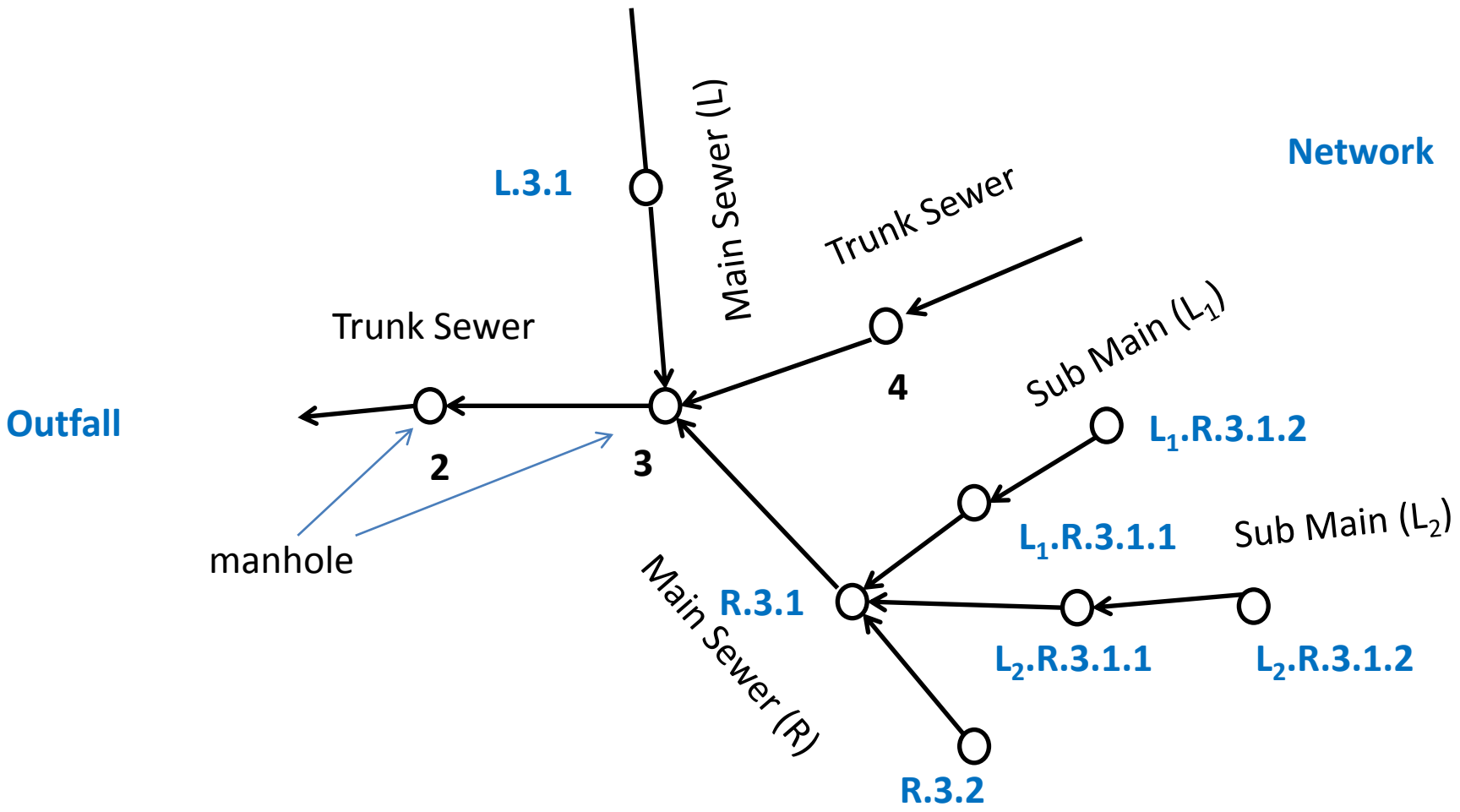
الصرف الصحي الجذع هو المجاري في الشبكة ذات القطر الأكبر الذي يمتد إلى أبعد ما يكون عن مصب الصرف الصحي

تعتبر جميع المجاري الأخرى بمثابة فروع

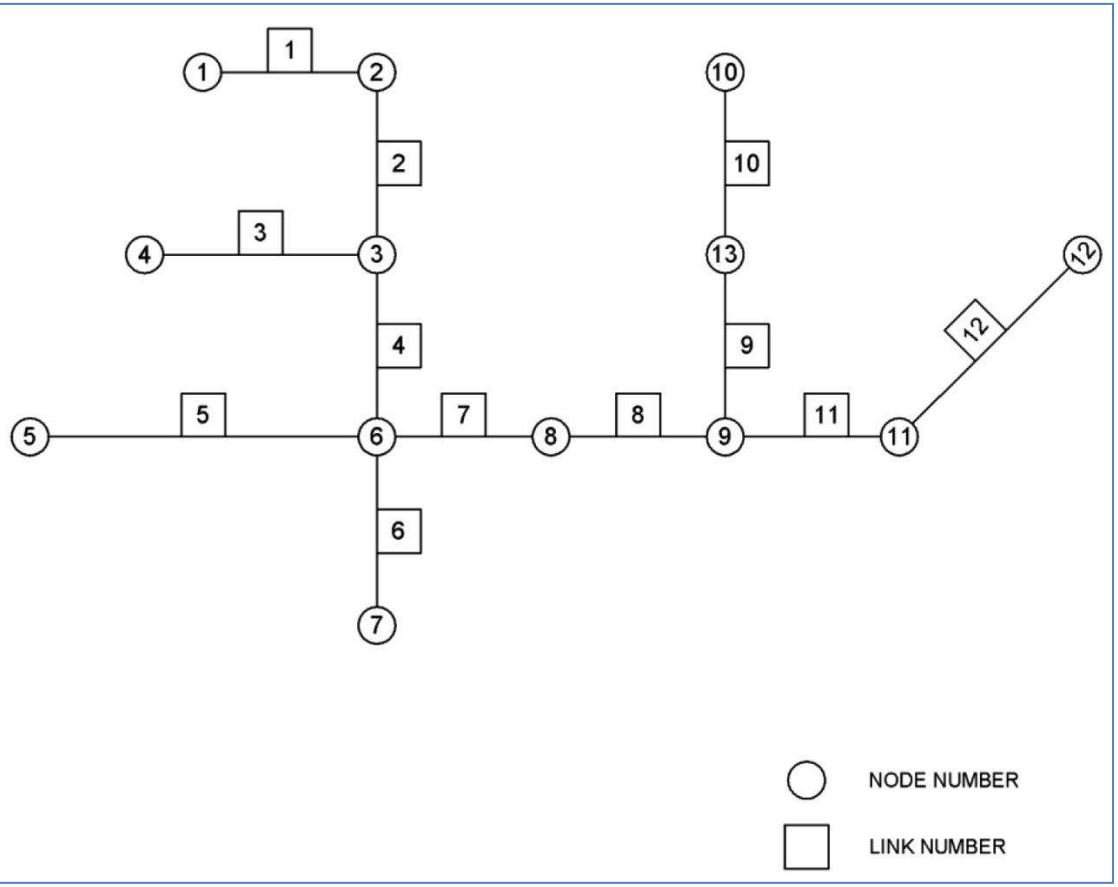


عندما يلتقي مجاريان عند نقطة ما ، فإن المجاري القادمة ذات القطر الأكبر تسمى المجاري الرئيسية.

Nomenclature System Followed in Sewer Systems



NOMENCLATURE IN CASE OF DESIGN OF SEWER NETWORK USING COMPUTER PROGRAMME

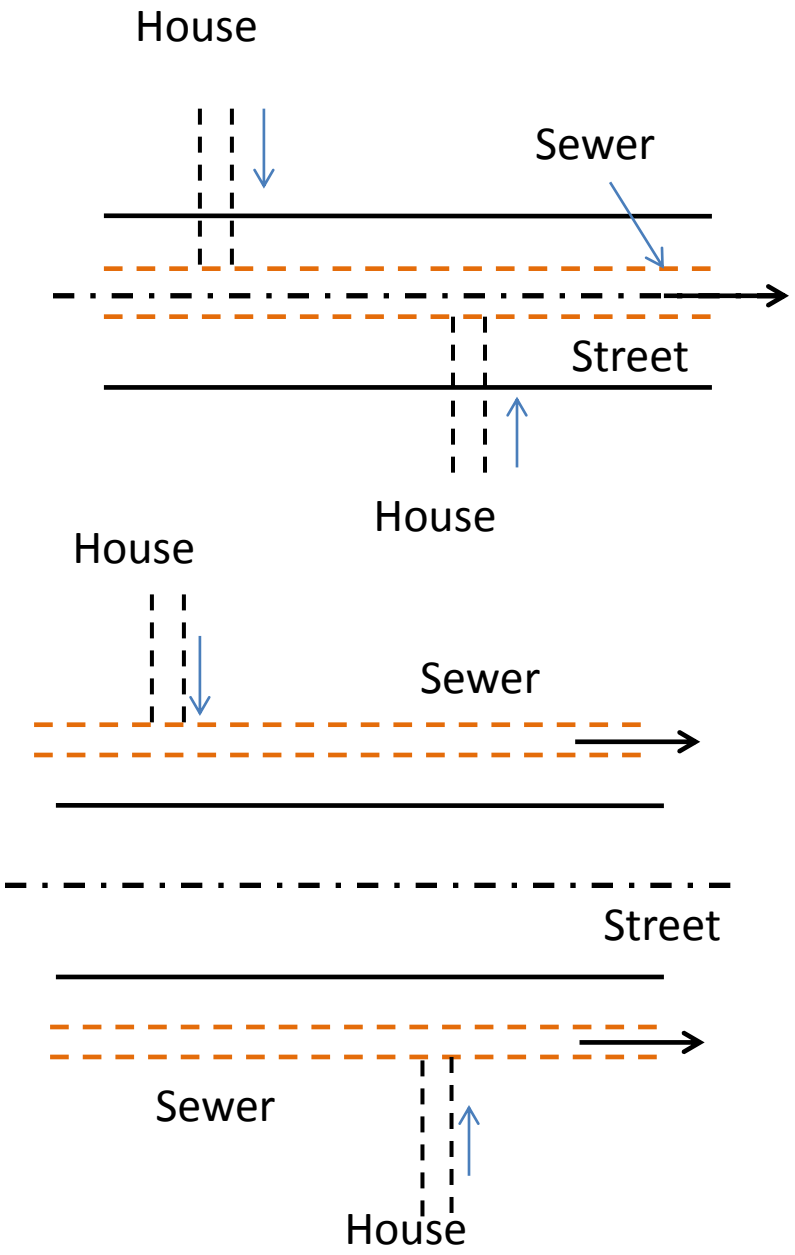


في حالة تصميم شبكة الصرف الصحي باستخدام برنامج الكمبيوتر ، لا توجد قيود في تسمية المجاري وغرف التفتيش كما هو مطلوب للتصميم اليدوي.
يكفي إعطاء أرقام العقد وكذلك الأنبوب

رابط) الأرقام بأي شكل من الأشكال في المجاري

شبكة لتصميم الشبكة لاستخدام برامج الكمبيوتر.

الموقع الأكثر شيوعًا لوضع المجاري الصحية هو
على طول وسط الشوارع
يمكن أن تكون الاتصالات المحلية الفردية من أي
جانب من الشوارع
يتبع منحدر المجاري عمومًا المنحدر الطبيعي
للأرض أو الشارع
بالنسبة للشوارع الواسعة جدًا ، يتم وضع
المجاري على كل جانب من الشوارع في الرصيف
أو تحت الرصيف
لتجنب أي تلوث الصرف الصحي
لا يتم وضع الخطوط بالقرب من أنابيب المياه.
إذا كان لا مفر منه ، فإن المجاري مغطاة
بالخرسانة



Design Approach

1. على خريطة المنطقة ، حدد موقع جميع خطوط الصرف الصحي وقم بقياس المنطقة المساهمة لكل من خطوط أو نقاط الصرف الصحي.

2. أيضا ، ارسم المقطع الطولي أو الملامح لخطوط الصرف الصحي. ضع علامة في الملف الشخصي على عرض النقاط الحرجة مثل أسس المنازل المنخفضة ، ومستويات المجاري الموجودة ، ونقاط التخلص ، وما إلى ذلك.

3. تصميم جميع المجاري الفرعية والمجاري الرئيسية والمجاري الرئيسية ابتداء من أبعد نقطة في الشبكة واستنادا إلى الاعتبارات التالية:

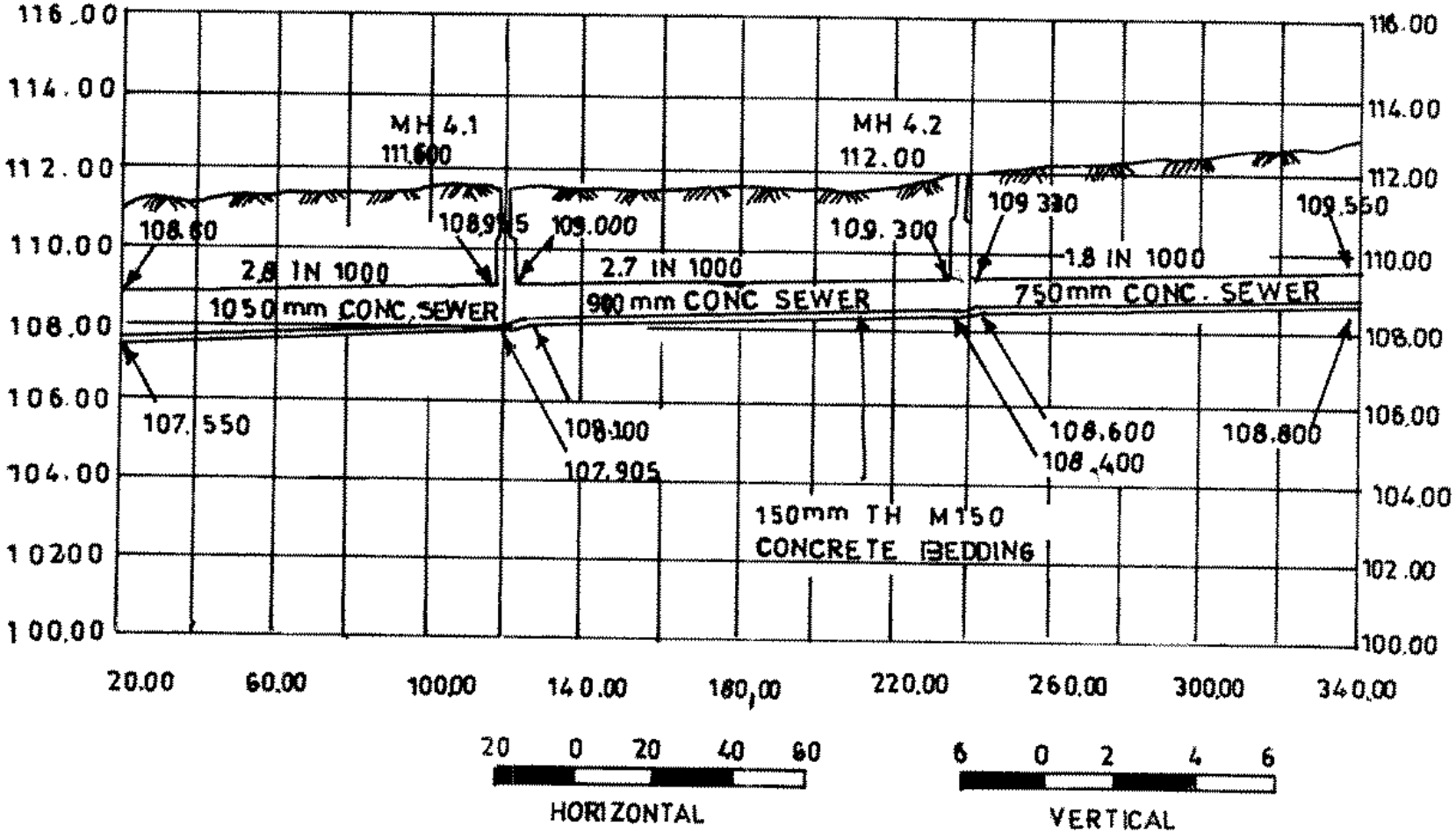
أ) يتم الحفاظ على سرعة التطهير الذاتي في ذروة التدفق الحالي

ب) يجب تشغيل المجاري 0.8 ممتلئة عند ذروة التدفق النهائي للتصميم

ج) يتم الحصول على السرعة الدنيا 0.6 م / ث

د) يجب ألا تتجاوز السرعة القصوى 3 م / ث

Example of a Profile of a Sewer Line

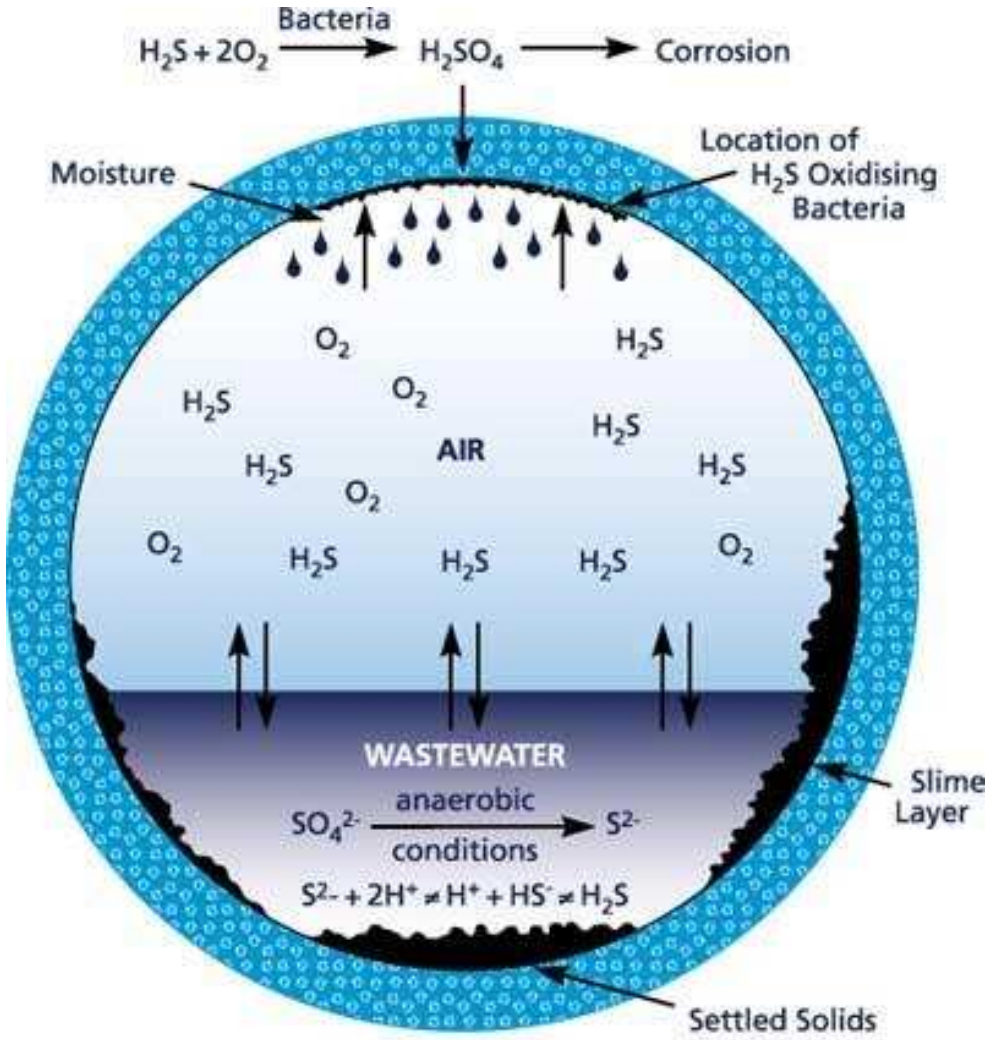


Sewer lines

Brickwork sewer line

HDPE sewer pipe

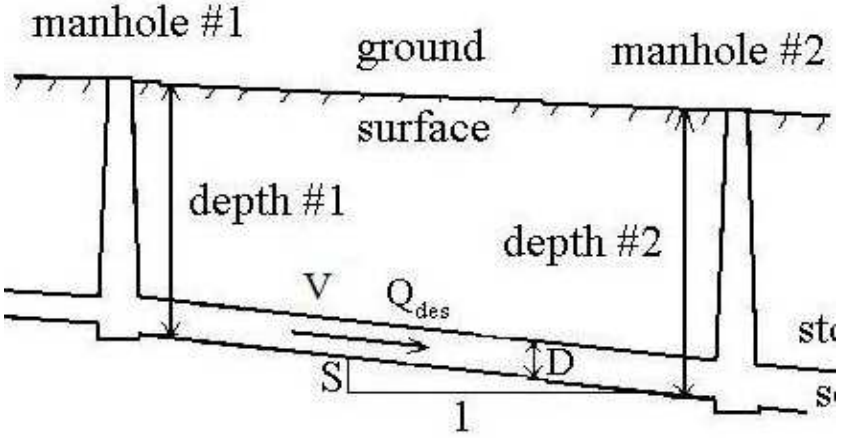
RCC sewer pipes


Bacteria
$H_2S + 2O_2$
H_2SO_4
Corrosion
Moisture
Location of H_2S Oxidising Bacteria
O_2
H_2S
AIR
WASTEWATER
Slime Layer
anaerobic conditions
SO_4^{2-}
S^{2-}
$S^{2-} + 2H^+ \rightleftharpoons H^+ + HS^- \rightleftharpoons H_2S$
Settled Solids

MANHOLES

المطابق عبارة عن غرف حجرية أو غرف بناء ، يتم بناؤها على فترات مناسبة على طول خطوط الصرف الصحي ، لتوفير الوصول إلى داخل المجاري.

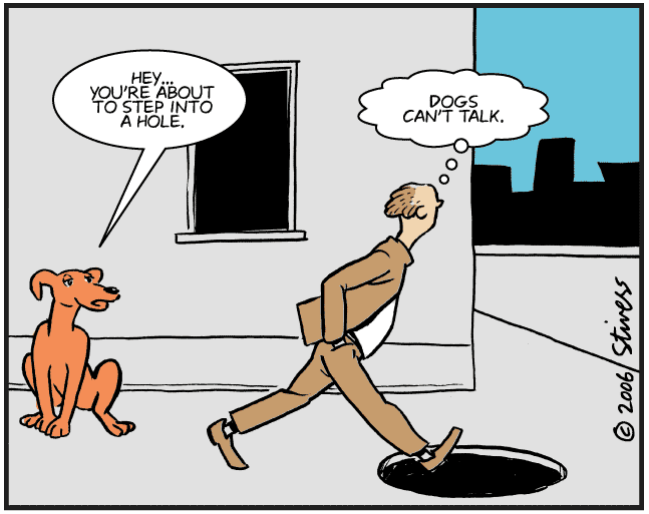
يساعد في: أ(ربط أنابيب الصرف الصحي. ب(فحص وتنظيف الأنابيب. ج(الصيانة. د(التهوية إذا كانت غرف التفتيش مثقبة

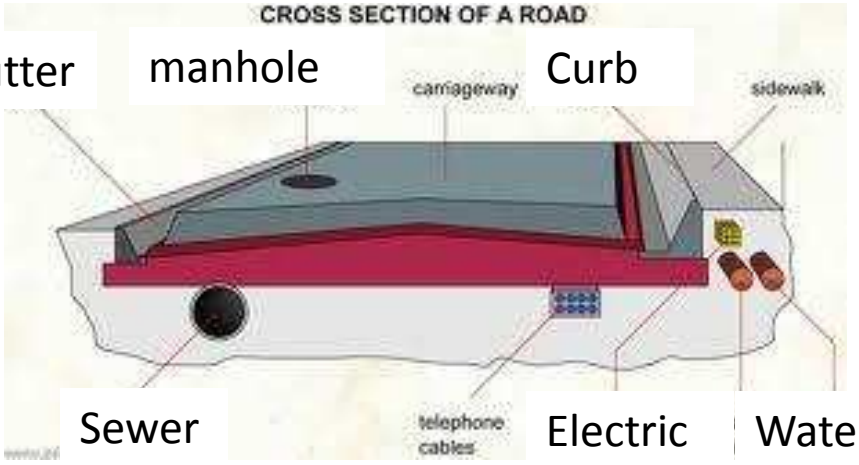


بين فتحتين متجاورتين ، المجاري

يمتد الخط بشكل مستقيم مع ميل ثابت

يتم توفير غرف التفتيش في كل نقاط الانتقال: تقاطع الانحناء التغيير في التدرج التغيير في قطر المجاري على فترات منتظمة

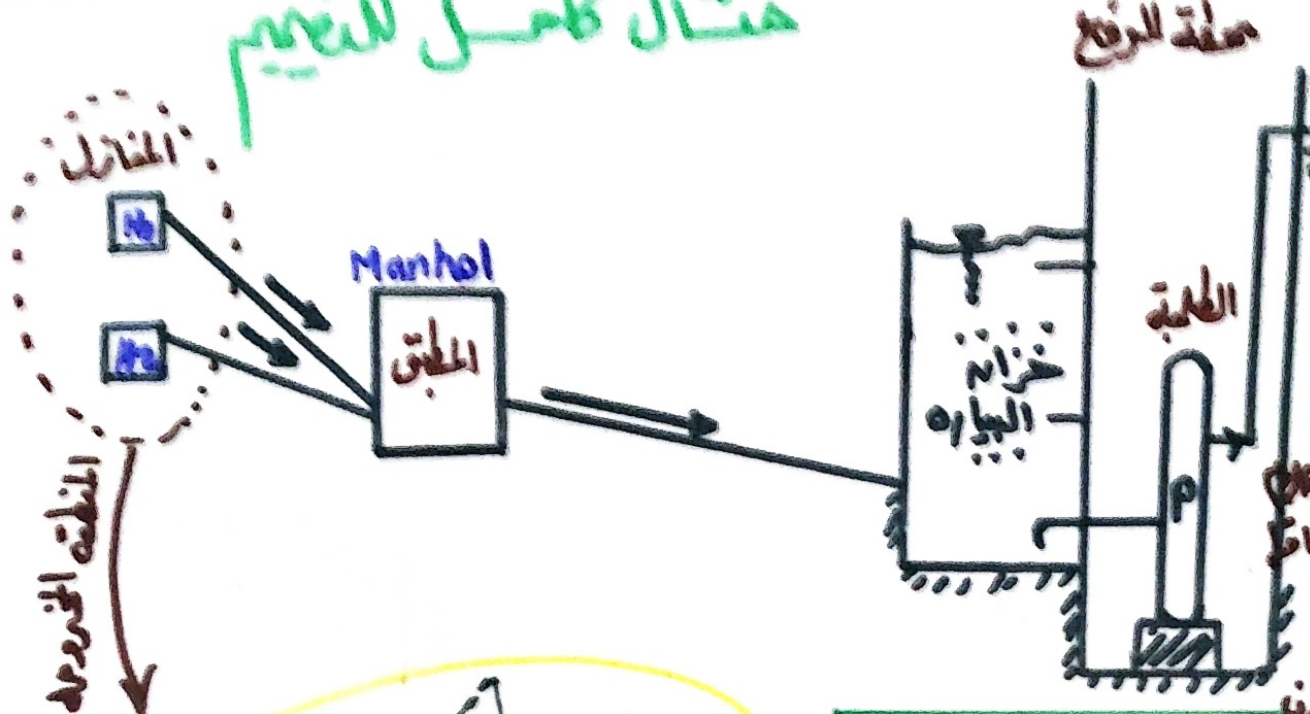




بسم الله الرحمن الرحيم

وجعلنا من الماء كل شيء حي

مثال كامل للتقييم



Data معطيات

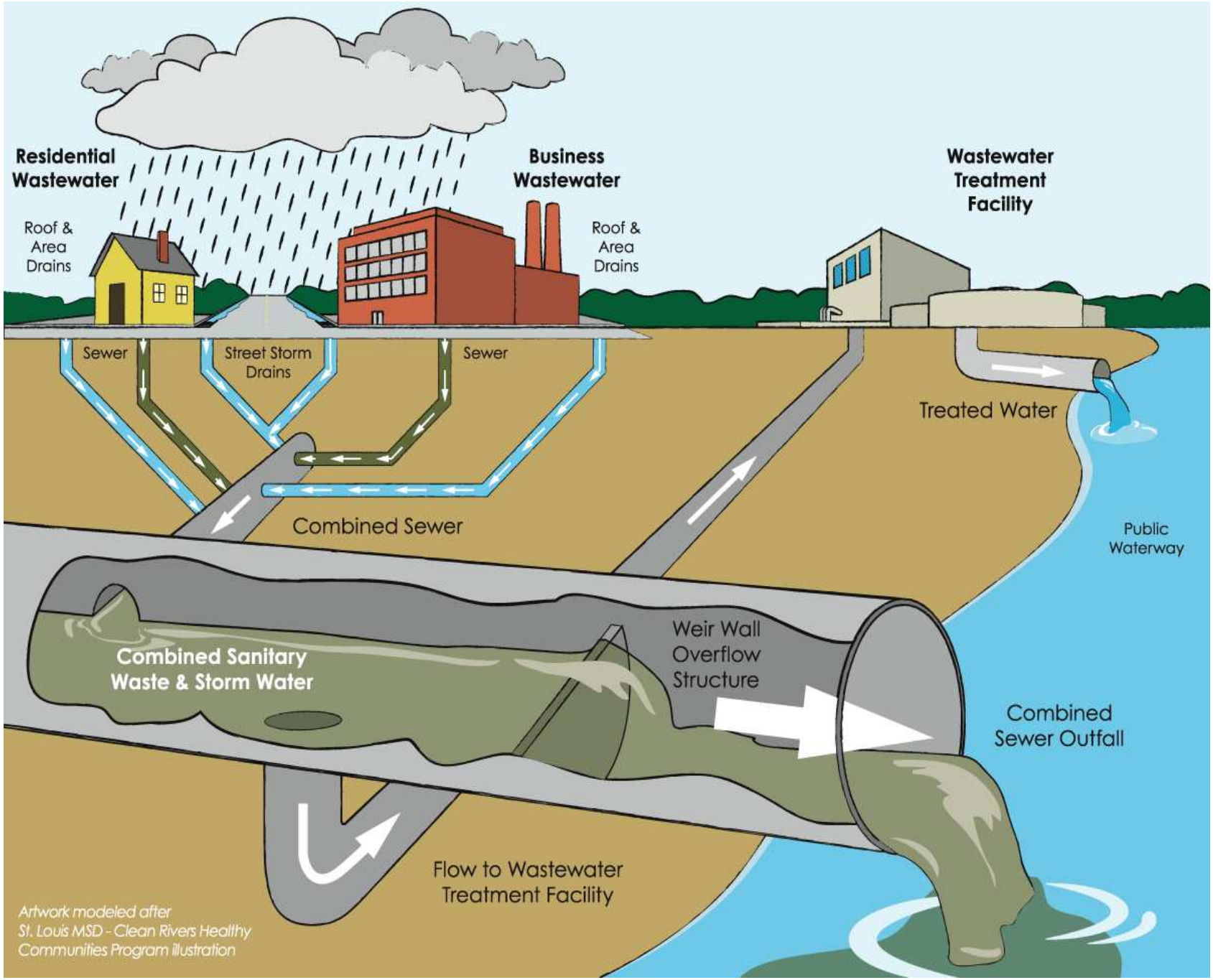
1. الخرائط للمناطق / الكنتورية
2. الكثافة السكانية population density
   ٤٠ شخص / فدان
3. معدل تسرب infiltration rate
   ٦٠٠ جالون / فدان / اليوم
4. تصرف مياه الصرف
   ١٠٠ جالون / فرد / يوم

المطلوب

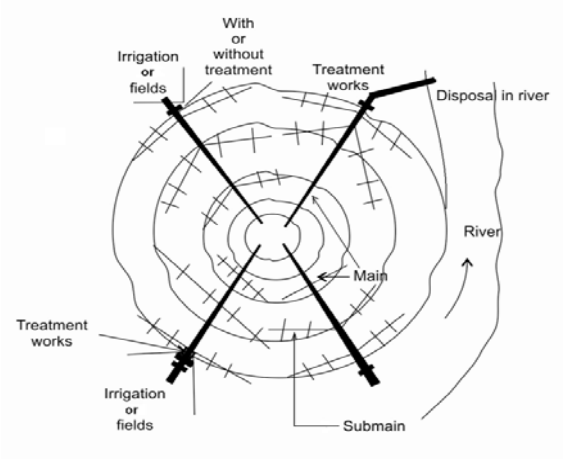
1. أماكن المطابقة
2. مناسيب تلاقي الطرق
3. الأقطار مابين المطابقة
4. حساب ميول الشوارع / slopes = $\frac{\Delta elev}{length}$
5. أتبع المطلوبات السابقة بالترقيم
6. احسب معدل التسرب (٦٠٠ جالون/فدان/يوم)
7. احسب كمية التسرب لكل مأمورية زمامية
8. احسب تعداد السكان (٤٠)
9. احسب التصرف اليومي لمياه المنزل (١٠٠)
10. احسب المياه كل مأمورية زمامية
11. احسب peaking factor (٣)
12. التصرف الجاف المصمم
13. معامل الأمان (٢)
14. التصرف مأخوذ في الحساب
15. تصرف كل مأمورية
16. ترتيب الأقطار بالتقدم الأمامي للمحطة
17. احسب التصرف الأعلى الأقل
18. احسب سرعة كل قطر full
19. Design Q / Q full
20. d/D , V/V full
21. العمق depth

تم التسليم في ٢٠٢٣/١٢/٢٠

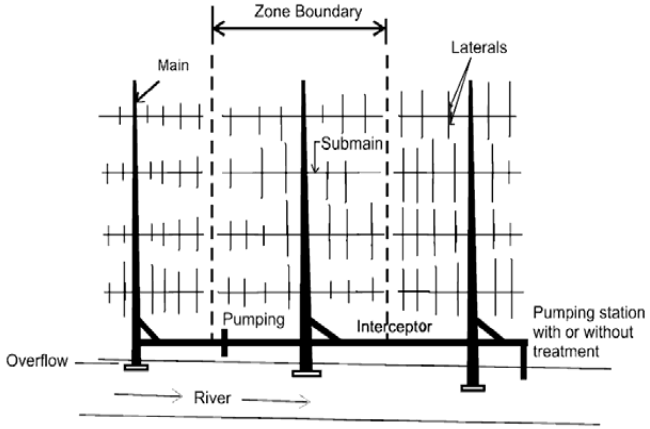
تصميم شكبات انحدار المجاري والصرف الصحي


Residential Wastewater
Business Wastewater
Wastewater Treatment Facility
Roof & Area Drains
Roof & Area Drains
Sewer
Street Storm Drains
Sewer
Treated Water
Combined Sewer
Public Waterway
Combined Sanitary Waste & Storm Water
Weir Wall Overflow Structure
Combined Sewer Outfall
Flow to Wastewater Treatment Facility
Artwork modeled after St. Louis MSD - Clean Rivers Healthy Communities Program illustration

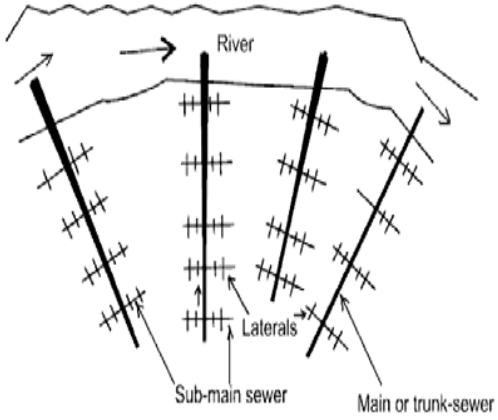
PATTERNS OF COLLECTION SYSTEM أنماط نظام التجميع



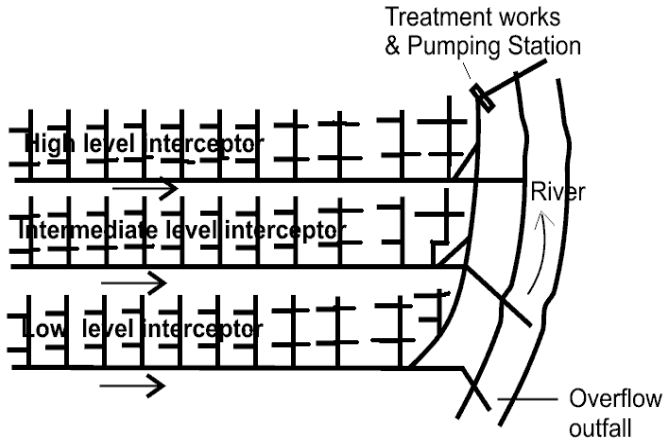
Radial pattern شعاعي



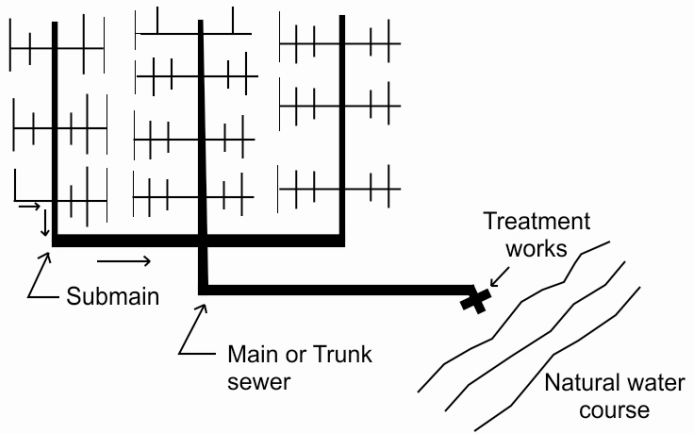
Interceptor pattern المتقاطع



Perpendicular pattern عمودي

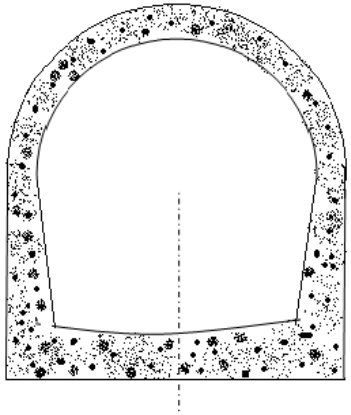


Zone pattern نمط المنطقة

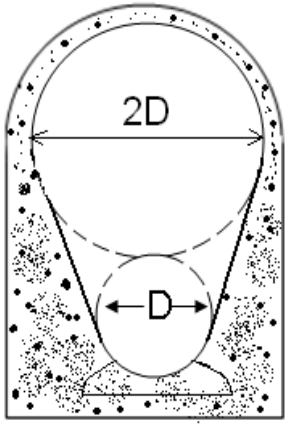


Fan pattern المروحة

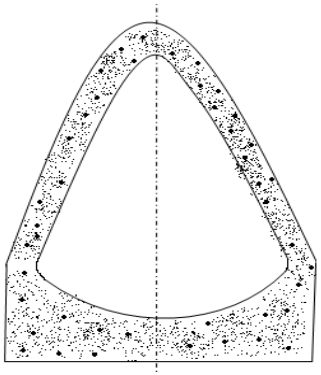
Shapes of Sewer Pipes أشكال أنابيب الصرف الصحي



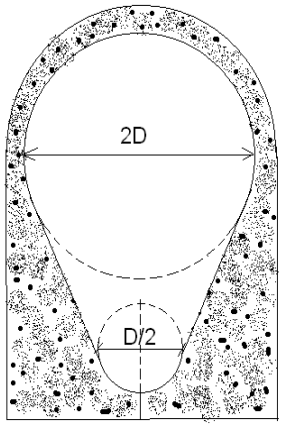
(c) Horse



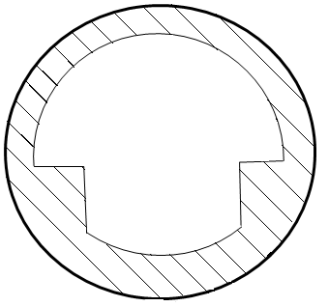
(a)Egg Shaped



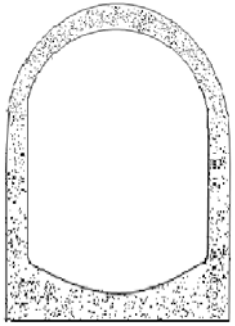
(d) Par



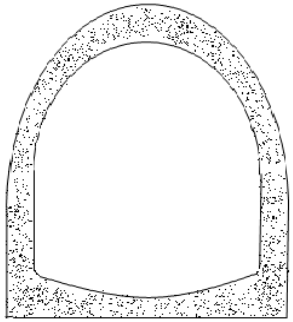
(b) NewEgg shaped



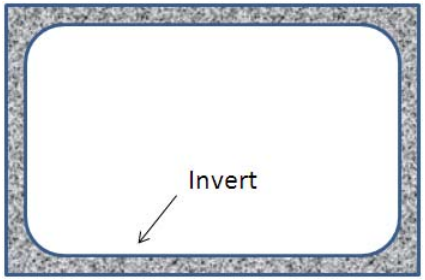
(i) Bas et



(h) i-circular Section

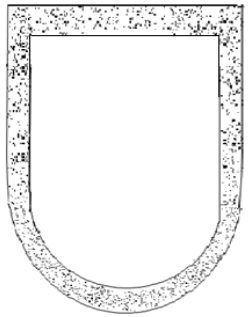


(g) U-shaped section



(f) Recta

(e) i-elliptical section



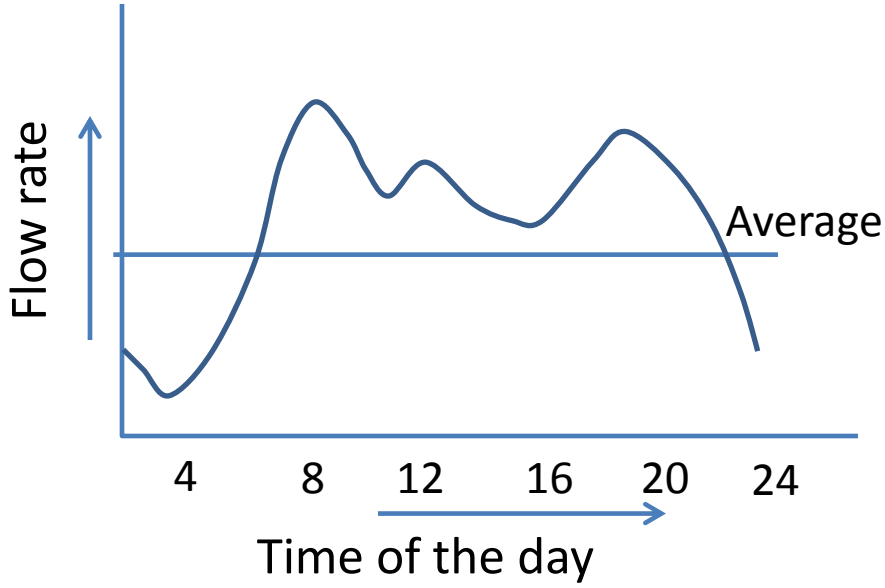
Net quantity of sewage: The net quantity of sewage production can be estimated by considering the addition and subtraction الكمية الصافية لمياه الصرف الصحي: يمكن تقدير الكمية الصافية لمياه الصرف الصحي من خلال أخذ الجمع والطرح في الاعتبار

Net quantity of sewage	=	Accounted quantity of water supplied from the water works	+	Addition due to unaccounted private water supplies	+	Addition due to infiltration	−	Subtraction due to water losses	−	Subtraction due to water not entering the sewerage system

بشكل عام ، يعتبر 75 إلى 80٪ من إمدادات المياه المحسوبة كمية من مياه الصرف الصحي المنتجة.

Variations in Flow and Peak Factor الاختلافات في التدفق وعامل الذروة

يختلف استهلاك الماء من ساعة إلى أخرى. إلى جانب الاختلافات اليومية ، هناك أيضًا اختلافات موسمية.
لغرض التصميم ، تم تصميم المجاري دائمًا لتحمل معدلات التدفق القصوى أو الذروة ، بدلاً من تصميمها لمتوسط معدل التدفق.



$$\text{Peak Factor (PF)} = \frac{\text{Maximum wastewater flow rate}}{\text{Average flow rate of wastewater}}$$

Population	Peak factor
< 20,000	3.0
20,000 – 50,000	2.5
50,000 – 7,50,000	2.25
> 7,50,000	2.0

Problem

A city has a projected population of 60,000 spread over area of 50 hectare. Find the design discharge for the separate sewer line by assuming rate of water supply of 250 LPCD and out of this total supply only 75 % reaches in sewer as wastewater. Make necessary assumption whenever necessary.

Solution:

Given data

Q = 250 lit/capita/day

Sewage flow = 75% of water supply = 0.75* 250 = 187.5 LPCD لتر / فرد / يوم

Total sewage generated = 187.5*60000/(24*3600) = 130.21 lit/sec

= 0.13 m3/s

Assume peak factor = 2 Total design discharge = 0.26 m3/s

مثال

يبلغ عدد سكان المدينة المتوقع 60.000 نسمة موزعين على مساحة 50 هكتارًا. ابحث عن تصريف التصميم ومن إجمالي هذا العرض يصل LPCD لخط الصرف الصحي المنفصل بافتراض معدل إمداد بالمياه يبلغ 250 75٪ فقط إلى مياه الصرف الصحي في المجاري. اتخذ الافتراضات الضرورية عند الضرورة

Example **توقع عدد السكان للعام 2021 و 2031 و 2041 من البيانات السكانية التالية**

Predict the population for the year 2021, 2031, and 2041 from the following population data.

Year	1961	1971		1991	2001	2011
Population	8,58,545	10,15,672	12,01,553	16,91,538	20,77,820	25,85,862

Solution

Year	Popula	Increment
1961	8858545	-
1971	1015672	157127
1981	1201553	185881
1991	1691538	489985
2001	2077820	386282
2011	2585862	508042

Average increment = 345463

Population forecast for year 2021 is, $P_{2021} = 2585862 + 345463 \times 1 = 2931325$

Similarly, $P_{2031} = 2585862 + 345463 \times 2 = 3276788$

$P_{2041} = 2585862 + 345463 \times 3 = 3622251$

طريقة الزيادة الحسابية $Pn = P + n.C$

STEP 1. Find out the average flowrate and maximum flow rate at present and after the design period

Time	Average flowrate	Peak factor	Peak flowrate
Present	50,000* 130*0.8 L/d=0.06 cum/s	2.5	0.15 cum/s
Design	100,000* 180*0.8 L/d= 0.167 cum/s	2.25	0.375 cum/s

STEP 2. Find out the optimum slope to be provided

Slope to be provided = s=0.8 in 1000 = 0.8/1000 = 0.0008 (from the table)

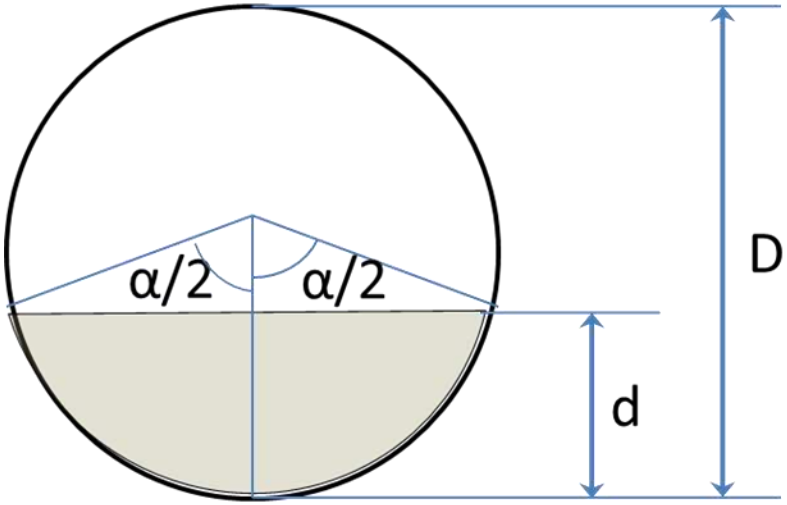
STEP 3. Find out the size based on the ultimate peak flowrate.

We want the sewer to run 80% full at its ultimate peak flowrate so that maximum possible velocity can be attained).

From the chart q/Q = 0.988 when d/D =0.8

Q = 0.375/0.988 = 0.380

Q = A.V



$$A = \pi\left(\frac{D}{4}\right)^2 \qquad V = \frac{1}{n}R^{2/3}s^{1/2}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{\frac{\pi D^2}{4}}{\pi D} = \frac{D}{4}$$

$$Q = AV = \frac{\pi D^2}{4} * \frac{1}{n}\left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} * s^{1/2}$$

Q=0.380 m^3/s S= 0.0008 n =0.015

$$Q = AV = \frac{\pi D^2}{4} * \frac{1}{n} * \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} * s^{1/2}$$

$$\frac{\pi D^2}{4} * \frac{1}{0.015} * \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} * (0.0008)^{1/2} = 0.380$$ ➡ D = 849 mm

Take D = 900 mm (next available size)

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} s^{1/2} = \frac{1}{0.015} (0.900/4)^{2/3} (0.0008)^{1/2} = 0.697 \text{ m/s}$$

$$Q = AV = \frac{\pi (0.85)^2}{4} * 0.697 = 0.395 \text{ cum/s}$$

At ultimate peak flow,

$$\frac{q}{Q} = \frac{0.375}{0.395} = 0.949 \qquad \frac{d}{D} = 0.77 \qquad \frac{v}{V} = 1.135$$

$$v = 1.135 * 0.697 = 0.791 \text{ m/s}$$ >0.6 m/s [OK]

For a circular channel running under gravity,

Velocity is maximum when the depth of flow d = 0.8 D

At d/D = 0.8, ν/V = 1.140

Hence, v_{max} = 1.140*0.697 m/s = 0.794m/s < 3 m/s (Maxm. Velocity allowable) O.K.

At the ultimate average flow rate q,

q/Q =(0.167/0.395)=0.42

From the proportionality chart, extrapolating, v/V = 0.97

Hence, v = 0.97* 0.697 m/s = 0.676 m/s >0.6 m/s O.K.

At the peak present flowrate q_1,

q_1/Q =(0.15/0.395)=0.38

From the proportionality chart, extrapolating, v/V = 0.93

Hence, v = 0.93* 0.697 m/s = 0.65 m/s >0.6 m/s OK

NOTE: If the velocity at the present peak flow rate is found to be below 0.6 m/s, then a slight increase in the slope with the same diameter may help attain the minimum required velocity of 0.6 m/s

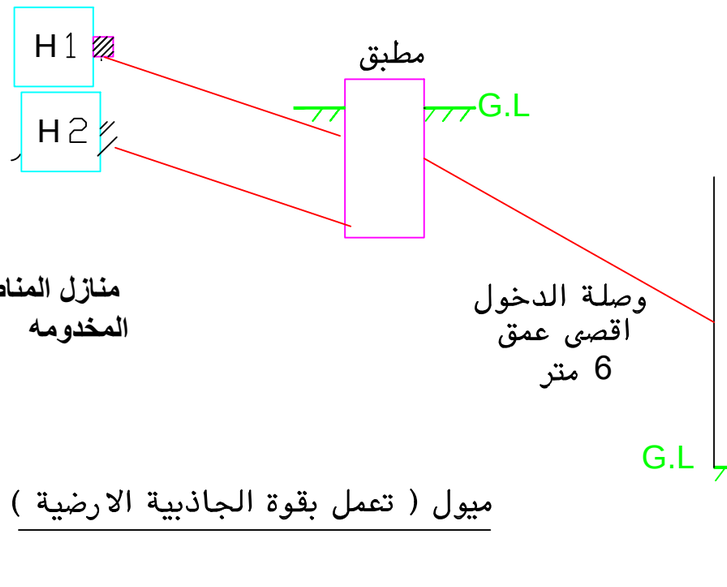
وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ

كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ

كروكى يوضح منظومة الصرف الصحى Waste Water System

١-شبكة الانحدار

Gravity Sewers Network



ميول (تعمل بقوة الجاذبية الارضية)

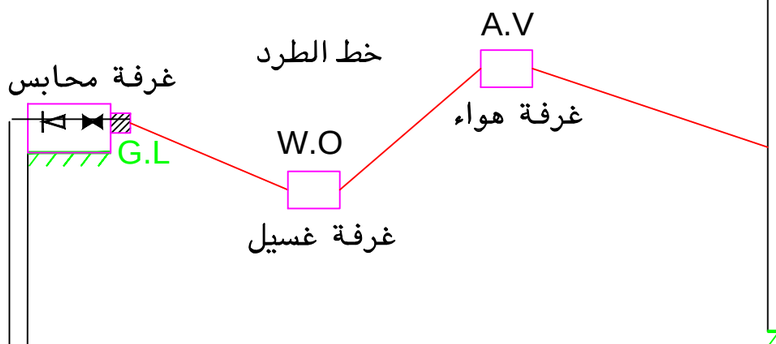
٢-محطة الرفع

Sewage Pump Station

٣-خط الطرد

Rising Main

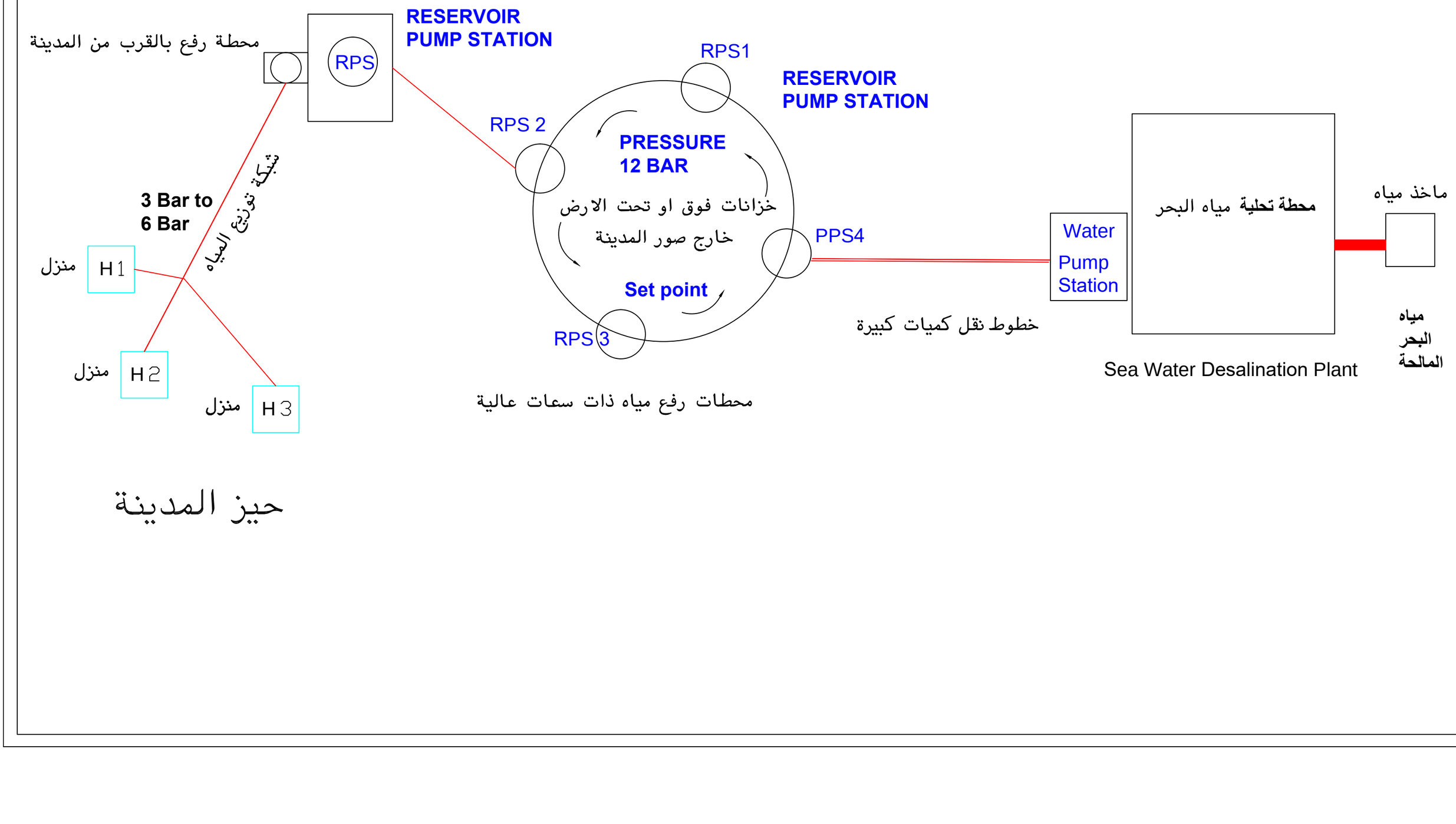
خط الطرد يعمل تحت ضغط الطلمبة



٤-محطة التنقية

Waste Water Treatement

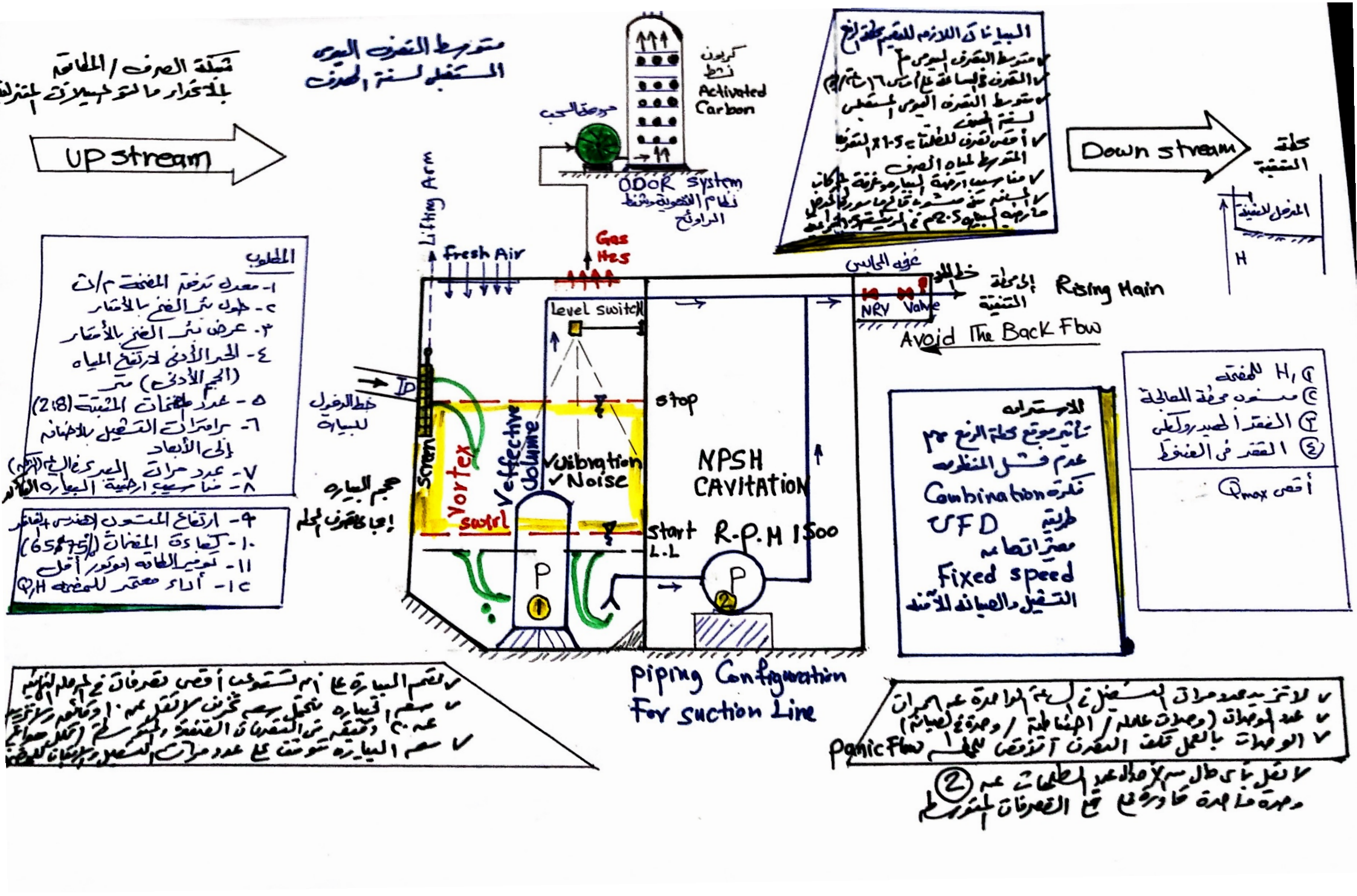
كروكى يوضح منظومة مياه الشرب لمدينة



معايير التصميم الحديث
New Modern Design Criteria

Sustainability الاستدامة
Real-ability الموثوقية
Integrity الحوكمة

Foot print البصمة الكربونية
ZLD صفر تسريب


مستوطن التصرف البيوي المستقبل لسنة الهدف
UP stream
Down stream
كربون نشط Activated Carbon
مروحة السحب
ODOR system نظام التهوية وشفط الروائح
Lifting Arm
Fresh Air
Gas Hes
غرفة الجالسين
خط المرور
إلى محطة التنقية
Rising Main
NRV Valve
Avoid The Back Flow
Level switch
خط الدخول للبيارة
ID
stop
Vortex
Effective Volume
Vibration ✓ Noise
NPSH CAVITATION
start L.L
R.P.M 1500
Screen
suction
piping Configuration For suction Line
البيانات اللازمة للتصميم محطة الرفع
مستوطن التصرف البيوي المستقبل لسنة الهدف
أقصى تصرف للمحطة = 1.5 × التصرف المتوسط لمياه الصرف
مناسيب أرضية البيارة وغرفة الجالسين
المحطة على مسافة تقاطعية مع الطريق
مناسيب البيارة 2.5 م تحت الأرض
المطلوب
١- معدل تدفق المضخة م٣/ث
٢- طول بئر الضخ بالأمتار
٣- عرض بئر الضخ بالأمتار
٤- الحد الأدنى لارتفاع المياه (الحجم الأدنى) متر
٥- عدد المضخات المثبتة (2+8)
٦- برامترات التشغيل بالأحذية إلى الأبعاد
٧- عدد مرات الصرف في اليوم
٨- مناسيب أرضية البيارة
٩- ارتفاع المتعون الهندسي + الضاغط
١٠- إعادة المضخات (65%75%)
١١- توفير الطاقة (موتور أقل)
١٢- أداء معتمد للمضخة Q,H
الاستراتيجية
تأثير موقع محطة الرفع
عدم قبول المنظومة
فكرة Combination
طريقة CFD
معيار اتصاله
Fixed speed
التشغيل والصيانة الآمنة
H, Q للمضخة
مستوى حماية المعالجة
الفقد الصيدرولي
الفقد في الضغوط
أقصى Qmax
✓ يتم البيارة على أن تستوعب أقصى تصرفات في أحلام النهار
✓ سعة البيارة تتحمل سعي تخزين لا تقل عن 10 دقائق
✓ سعة البيارة تتوقف على عدد مرات التشغيل
✓ لا تزيد عدد مرات التشغيل في الساعة الواحدة عن 6 مرات
✓ عدد الموتورات (وحدات عاملة / احتياطية / وحدة في الصيانة)
✓ الموتورات بالعمل تخلف التصرف الأقصى للمحطة
Panic Flow
لا تقل بأي حال من الأحوال عدد المضخات عن (2) وحدة واحدة خارج نطاق التصرفات المتوسطة

قياس المستوى او المنسوب داخل البيارة

Continuous Level Measuring

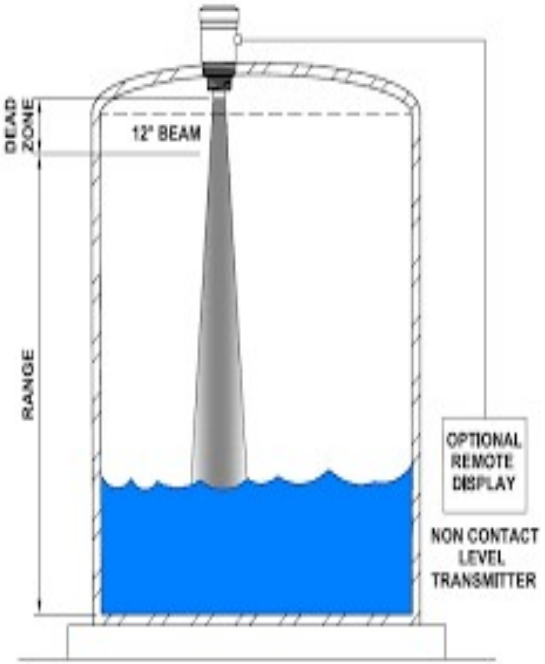
float switch level sensor

العوامه

- لا توفر قياسًا كاملًا للمدى ويجب وضع العديد منها
- غير موثوقة لأنها تحتاج إلى غمرها
- مناديل الأطفال الدهون والصابون تمنع الطفو
- الشحوم ممكن تسبب تاكل
- خطرة جدا للمنسوب المنخفض فى حالة فشلها

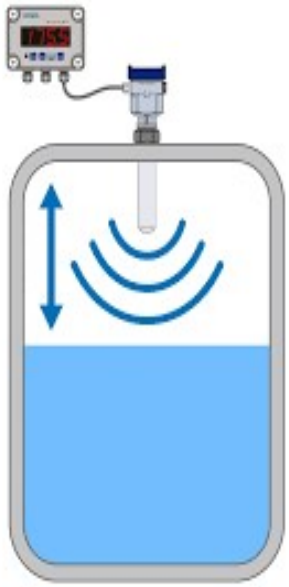
Ultrasonic Level الموجات فوق الصوتية

- مقياس مستمر بدون تلامس افضل من الهيدروستاتيكية المغمورة
- حساسة للتكثيف/التراكم/ الرغوة/تغييردرجة الحرارة/الغازات
- تفشل فى حالة الموثوقية



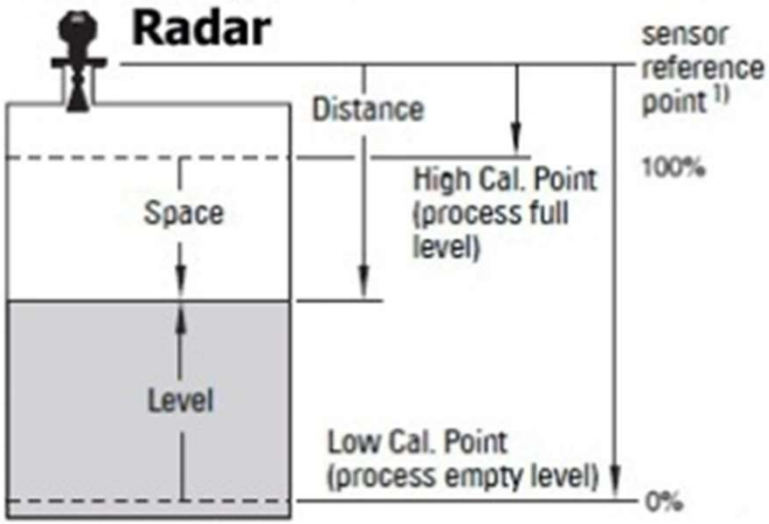
Radar level transmitter الرادار

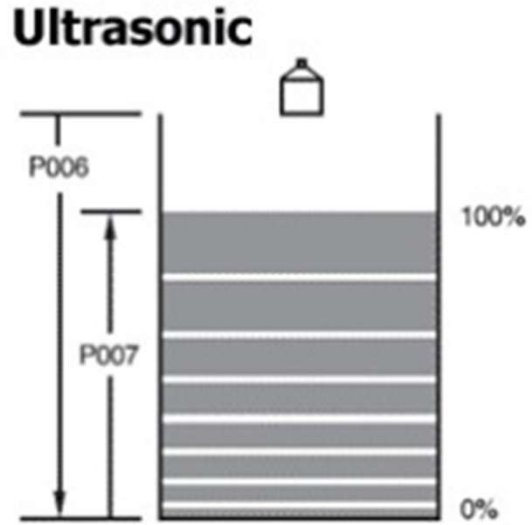
- بقياس مستوى الماء دون ملامسة ، بدقة وموثوقية.
- لا تتأثربوجود الغازات أو بالتغيرات في درجة الحرارة
- دقة القياس عالية جدًا في جميع الأوقات
- يضمن التحكم الأمثل في المضخات

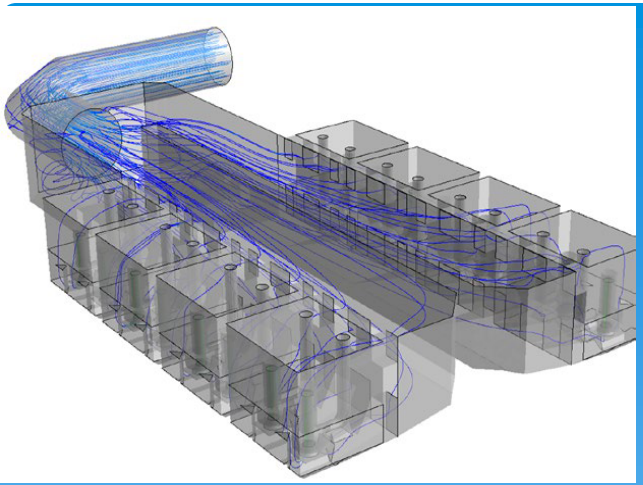


Radar vs Ultrasonic Level Calibration Points

Calibration Point	Ultrasonic	Radar
0% or 4mA	Reference from the top down	
100% or 20 mA	Reference from bottom up	Reference from top down.

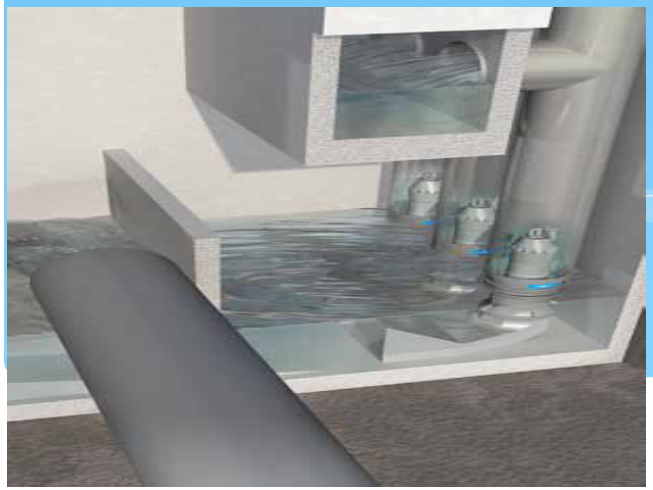






DESIGN OF PUMPING STATIONS

تصميم محطات الضخ



TOPICS:

TRODUCTION

- المقدمة

Potable Water Pump Station

محطات رفع مياه الشرب

Storm Pumping Station

محطات رفع مياه الامطار

Sewage Pumping Station

محطات رفع الصرف الصحى

- CHARACTERISTICS OF PUMPING STATIONS
- DESIGN OF THE PUMPING STATIONS
- CONFIGURATION
- ADDITIONAL CONDITIONS

- خصائص محطات الضخ
- تصميم محطات الضخ
- الانماط
- شروط إضافية

Cavitation

Vorticity

Submergence

التكهف

الدوامات

الغمر

- CONFIGURATION

Multiple basins

one basin

أحواض متعددة

حوض واحد

- OPERATION OF PUMPING STATIONS

تشغيل محطات الضخ

INTRODUCTION

Potable Water Pump Station
Storm Pumping Station
Sewage Pumping Station

تزايد الطلب على المشاريع والأعمال المتعلقة بمحطات الضخ الحاجة
إلى وجود سلسلة من أدوات الحساب والتصميم التي تجعل من الممكن ضمان
.سلوك آمن للأعمال في مرحلتها التشغيلية
الغرض من هذه الملاحظات هو تسليط الضوء على المشاكل الرئيسية التي تتطلب
استجابات فنية واضحة ، والأدوات المتاحة لتحليلها والمعايير العامة التي ينبغي أن
.تشكل أي مشروع من هذا النوع
المشاكل التي يجب مواجهتها لها نمو مرتبط بشكل مباشر بحجم الأعمال والضمان
الذي يطلبه السكان من حيث الصحة (مياه الشرب) والأمن (أنظمة الأمطار)
.(والصرف الصحي (المياه السوداء

Potable Water Pump Station

ينتج عن متطلبات مياه الشرب بأدنى مستويات الجودة والكمية بانوراما للأعمال المستقبلية تتميز بأبعاد وتكاليف كبيرة. هذه الأبعاد مرتبطة بواسطة التدفقات التي حيث توجد العديد من المناطق ، سيتم نقلها حسب طول الأنابيب. في بلد مثل بلدنا تقريبًا في كل مرة يجب فيها نقل ، منحدرات منخفضة الحضرية في مناطق ذات المياه ، من الضروري الاعتماد على مساهمة محطات الرفع التي تسمح بجريانه.

Storm pump stations

تشكل محطات الامطار أنظمة توصيل المياه السطحية التي تحولها عمومًا نحو أنظمة الأنهار الحالية والتي يفترض أنها أكبر. تظهر المشاكل في سياق تكون فيه اللوائح تنمو أعمال الرصف ، التي تنظم النمو الحضري غير كافية)أو يتم تجاهلها ببساطة(البلدية بمعدل أعلى بكثير من أعمال الصرف ، مما يؤدي إلى خلق حالات معقدة للغاية

تتطلب دراسة الفيضانات وتوفير الامان.

sewage pumping stations

فى أنظمة توصيل مياه الصرف الصحي. يختلف نوع المضخات التي سيتم استخدامها عن وجهات النظر نظرًا لتكوين السائل ، على الرغم من معالجتها على أنها مياه. يتطلب التخلص النهائي من النفايات السائلة متطلبات زيادة الطاقة بحيث يتم تصريفها أو توفير شبكة الصرف الصحي لمدينة معينة ، مما يسمح لمحطة الرفع بالتخلص نهائيًا من النفايات السائلة

Re-pumping stations-online PS

تُستخدم عندما يكون من الضروري زيادة ضغط كل المياه التي تصل ، ، PS هناك فئة رابعة من دون تراكمها أو إنتاجها يسمى هذا النوع من التركيب بمحطة الضخ اون لاين ويختلف عن سابقيه .لأنه يفتقر إلى بئر ضخ. لذلك ، يجب أن يكون تدفق الخروج مساويًا للتدفق الوارد

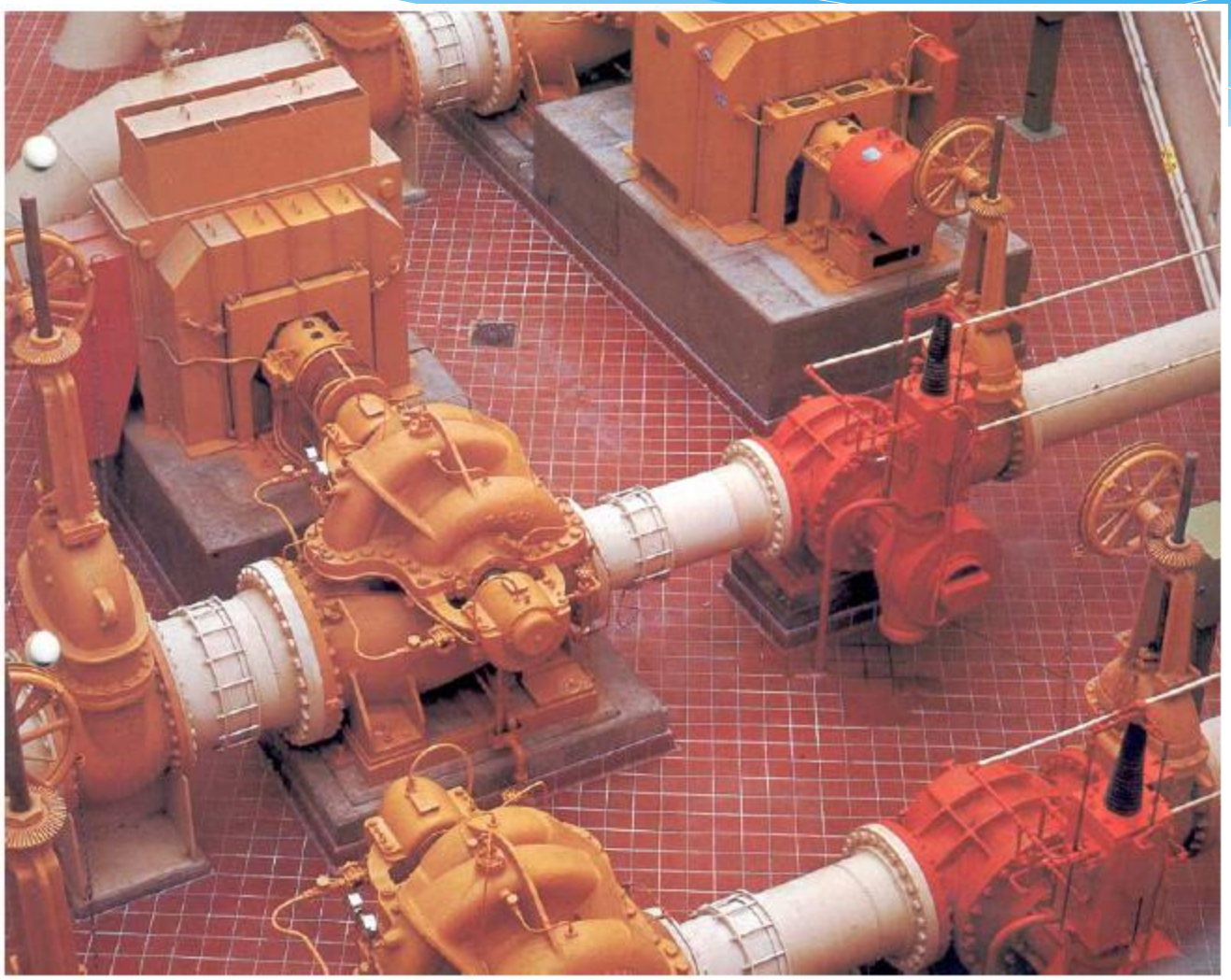
لذلك قمنا بتضمين العديد من المفاهيم والاختلافات التي سنشير إليها

- Inflow / Outflow
- pumping basin / without basin
- Wet Chamber / Dry Chamber
- Civil works according to water quality
- There are other concepts that we will see later

• CHARACTERISTICS OF PUMPING STATIONS

تتميز خصائص محطات الضخ باختلاف استخداماتها التي يمكننا تصنيفها إليها ، وفقًا لوظائفها سواء إخلاء مصارف مياه الأمطار ومحطات ضخ مياه الصرف الصحي.

بشكل عام ، تستجيب محطات ضخ تصريف مياه الأمطار لطريقة واحدة: تقع المضخات داخل حوض الضخ حيث سيتم نقل المياه. في هذه الحالة ، يتم استخدام المضخات المرتبة وفقًا لتكوينين محتملين: مضخات بمحرك مغمور أو مضخات بمحرك جاف. إما بشكل مشترك أو بالتناوب وفقًا لشروط الضخ

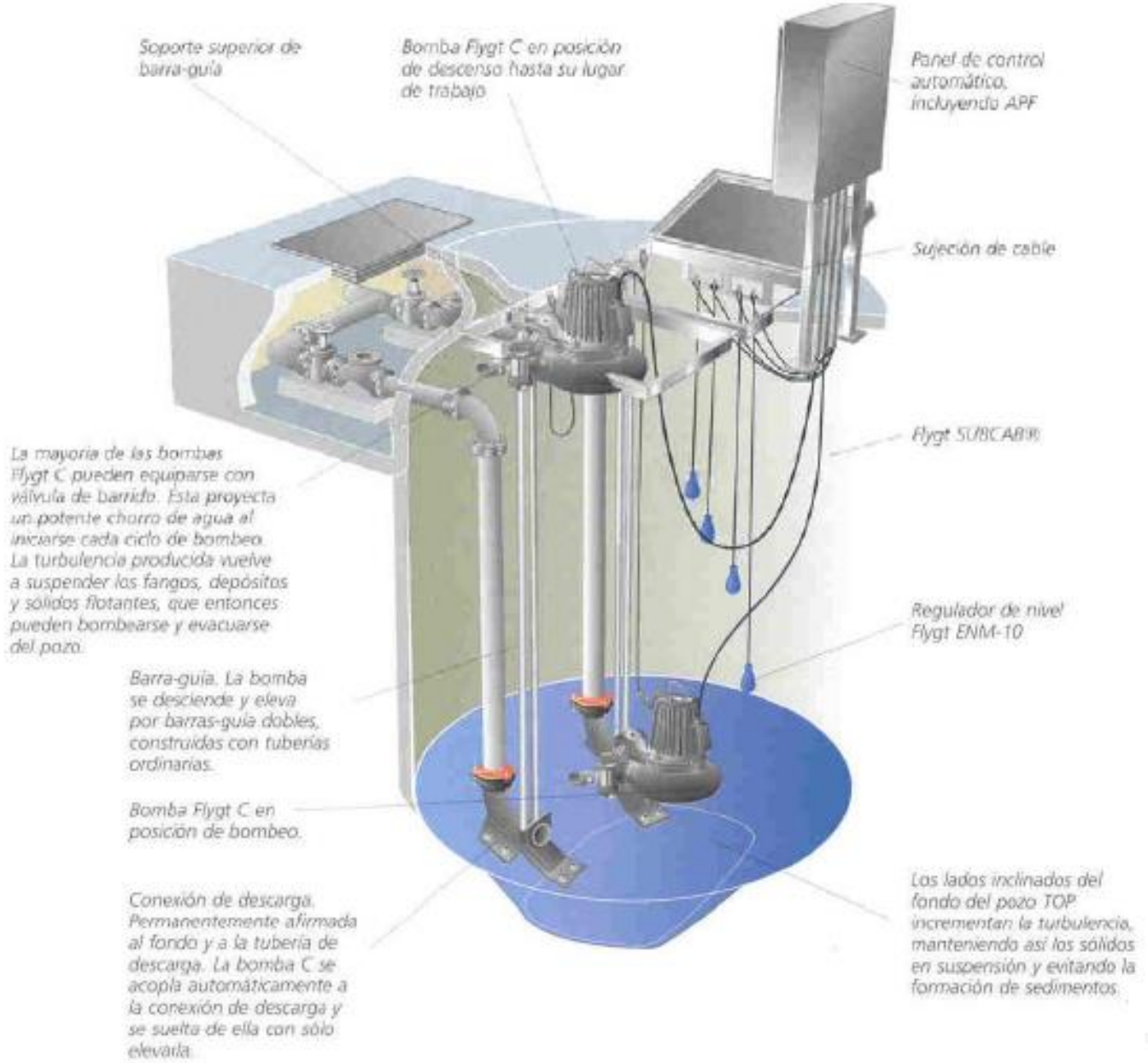


• CHARACTERISTICS OF PUMPING STATIONS

من ناحية أخرى ، ومهما كان أسلوب التشغيل المتبع ، فإن محطات الضخ هذه

تتدخل بشكل متقطع ، استجابة لضرورة إخلاء السيول الناتجة عن الفترات هطول أمطار غزيرة.يجب أن يأخذ المصمم في الاعتبار هذا الطابع الخاص بالعملية غير المستمرة

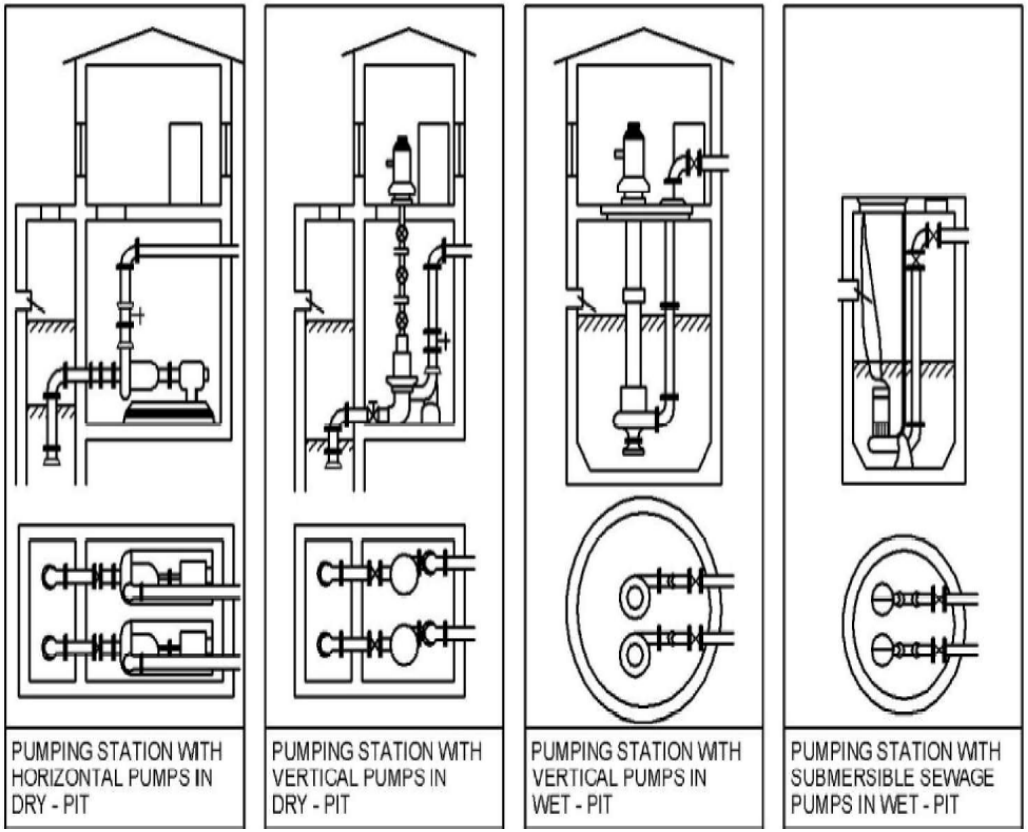
تعمل محطات الضخ المياه بشكل عام بشكل مستمر ، أي أنها تقود تدفقًا معينًا طوال الوقت ، بخلاف حقيقة أنه من تغير معدلات الضخ تتغير عدد الساعات التى تعمل فيها المضخات


Soporte superior de barra-guía
Bomba Flygt C en posición de descenso hasta su lugar de trabajo
Panel de control automático, incluyendo APF
Sujeción de cable
Flygt SUBCAB®
La mayoría de las bombas Flygt C pueden equiparse con válvula de barrido. Esta proyecta un potente chorro de agua al incorporarse cada ciclo de bombeo. La turbulencia producida vuelve a suspender los fangos, depósitos y sólidos flotantes, que entonces pueden bombearse y evacuarse del pozo.
Regulador de nivel Flygt ENM-10
Barra-guía. La bomba se desciende y eleva por barras-guía dobles, construidas con tuberías ordinarias.
Bomba Flygt C en posición de bombeo.
Conexión de descarga. Permanentemente afirmada al fondo y a la tubería de descarga. La bomba C se acopla automáticamente a la conexión de descarga y se suelta de ella con sólo elevarla.
Los lados inclinados del fondo del pozo TOP incrementan la turbulencia, manteniendo así los sólidos en suspensión y evitando la formación de sedimentos.

• CHARACTERISTICS OF PUMPING STATIONS

يمكن تصنيف محطات الضخ هذه وفق معيارين

يتعلق أولهما بالمنشآت التي ترتبط فيها محطات الضخ بخزان البيارة والذي بدوره يمكن أن يكتسب شكلين محتملين



يتم تحديد هذه الأنماط مع المضخات إذا كانت داخل البيارة أو الخزان حيث تتراكم المياه

المعيار الثاني يرتبط بالمكان الذي توجد فيه محطة الضخ. من الشائع استخدام وضعين مختلفين جيدًا

ا لضخ من الخزان

الضخ من نفس مسار خط الانحدار من مطبق

في الحالة الأخيرة ،يسمى ضخ اون لاين ، في إشارة إلى حقيقة أنهم يقودون مباشرة على خط توصيل المياه للصرف :إعادة الضخ

• DESIGN OF THE PUMPING STATIONS

* **Minimum cost of operation and work**

Maximum pumping flow
Volume of the basin or pumping chamber

تتضمن التكلفة الاقل تفعيل فكرة التصميم على الحد الأدنى لعدد المضخات (أقل الأعمال المدنية) والحد الأدنى من تكلفة التشغيل.

سيعتمد الحد الأقصى للتدفق على وظيفة محطة الضخ.

سيكون حجم البيارة دالة فى عدد المضخات الموضوعة فى محطة الضخ .

- DESIGN OF THE PUMPING STATIONS

1- RELIABILITY:

تعتبر محطات الضخ واحدة من أكثر النقاط ضعفًا في التركيب الهيدروليكي. يمكن أن يتسبب فشلها الذي يتجلى في انقطاع الخدمة في إلحاق ضرر كبير ليس فقط بتثبيت المكونات ، ولكن أيضًا للمستخدمين أنفسهم

على سبيل المثال ، قد يتسبب انقطاع تصريف محطات تصريف الامطار العواصف في وقت حدوث ظروف قصوى في حدوث أضرار فيضان للمنازل المجاورة في ذلك الحوض ، وانقطاع الخدمات العامة الأساسية الأخرى (الكهرباء والغاز والهاتف والماء وما إلى ذلك) وحتى المخاطرة من الحوادث المميتة

وبنفس الطريقة ، فإن محطة مياه الصرف الصحي التي تتوقف عن العمل بسبب عطل يمكن أن تغمر منطقة بأكملها بالقرب من المحطة بالسوائل المتبقية ، مع وجود مخاطر تلوث معينة

وباختصار ، فإن الافتقار إلى الموثوقية في تشغيل ما صمم من اجلها محطة الضخ يتفوق على جميع الفوائد التي كان المقصود من مشروع التركيب الصحي أو الهيدروليكي أن يجلبها إلى هؤلاء السكان. وبالتالي ، فإن الاعتبار الأول الذي يجب أخذه في الاعتبار عند تصميم محطة الضخ على وجه التحديد - موثوقيتها التشغيلية

2.- ECONOMY:

على الرغم من أن تكلفة محطات الضخ صغيرة بشكل عام مقارنة بالتكلفة الإجمالية للتركيب فإن هذا لا يعني أنه لا ينبغي أخذها في الاعتبار في وقت التصميم
من المهم هنا التمييز بين الخدمة التي يجب أن تمتثل لمحطات الضخ إذا كانت الخدمة مستمرة كما هو الحال في مياه الصرف الصحي أو مياه الشرب يسود معيار الأداء الأفضل لمعدات الضخ
لكن إذا كانت محطة مياه الأمطار ، حيث يكون تواتر تشغيلها منخفضًا جدًا (تعمل فقط عندما تمطر) ، فإن معيار الأداء الأقصى ليس سمة متفوقة على البقية.
على الرغم من ذلك ، تجدر الإشارة إلى أنه حتى في محطة مياه الأمطار ، يمكن أن يؤدي الأداء الجيد للمضخات إلى تقليل الطاقة المطلوبة لمحركاتها ، وبالتالي تقليل الطاقة الكهربائية المركبة للمحطة. هذا مهم بشكل خاص عند تحديد معدلات استهلاك الكهرباء.

3.- ADAPTABILITY:القدرة على التكيف

جانب آخر لا يقل أهمية في تصميم لمحطات الضخ هو إمكانية تكيفها مع التغييرات الوظيفية بمرور الوقت وهذا يفرض الحاجة إلى معرفة ظروف التشغيل في نهاية العمر الإنتاجي للمشروع التدفق بشكل أساسي). بناءً على هذه البيانات ، يمكن تحديد أبعاد نظام معياري يدمج الوحدات تدريجياً مع زيادة الطلب

وبهذا المعنى ، فإن أنسب شيء هو تحديد أبعاد الأعمال المدنية للحالة القصوى من السعة القصوى والمعدات الكهروميكانيكية بناءً على الاحتياجات الفورية

فيما يتعلق بالأخير ، هناك احتمالان

تم تصميم عنبرالمضخات لاستيعاب (على سبيل المثال) ست قطع من المضخات ، ولكن تم تركيب أربعة منها فقط ، وترك المساحات المتبقية فارغة. بعد وقت معين ، يتم وضع مضخة خامسه مماثلة تماما وبعد ذلك يتم وضع السادسة

فى الحالة الثانية يتم تصميم أربعة معدات ذات قدرات تصميمية ذات تدفق معين

في البداية يتم تركيب مضخات ذات معدل تدفق أقل. بعد فترة زمنية معينة ، يتم استبدال هذه المعدات بتلك التي تم التخطيط لها في الأصل

• DESIGN OF THE PUMPING STATIONS

4.- SECURITY:

هذا جانب آخر يشير إلى سلامة التشغيل ويرتبط ارتباطًا وثيقًا بالموثوقية المشار إليها أعلاه معيار الأمان الذي يجب على المصمم اعتماده هو الذي يشار إليه باسم "السعة الاحتياطية". أي: كمية المعدات الاحتياطية التي يجب أن يمتلكها محطة الضخ ، من أجل ضمان أنه في حالة المغادرة المبكرة أو المجدولة لأحد المعدات ، هناك مضخة آخرى في وضع يمكنه من استبداله يعتمد هذا المقدار من المعدات الاحتياطية على كمية المعدات القابلة للتشغيل ، والتي يحددها المصمم

يوضح الجدول التالي عدد المضخات الاحتياطية

N° Máq. Operables (n)	N° Eq. Reserva (Nr)
1 a 5	1
6 a 12	2
12 a 25	3
más de 25	Consultar c/fabr

CONFIGURATION OF PUMP STATION

لتحديد الأبعاد الكلية ، من الضروري معرفة البرامترات التالية:

أ) منسوب قاع محطة الضخ ؛
ب) عدد المضخات.
ج) مساحة التخزين لمحطة الضخ.

من أجل معرفة ارتفاع قاع محطة الضخ يجب أن نعرف مستويا ت التشغيل ؛ على وجه الخصوص المستوى الأدنى الذي يشكل الموقف الأكثر خطورة فيما يتعلق بـ سلامة المضخا ت فيما يتعلق بـ شرطين أحدهما متربط بـ التكهف والآخر بـ تكوين دواما ت

الشروط الت ي يجب أن تؤخذ ف ي الاعتبار فيما يتعلق بـ التكهف والدوامة شائعة ف ي جميع محطا ت الضخ.

CONFIGURATION OF PUMP STATION

عند تحديد عدد المضخات لمحطات ضخ تصريف مياه الأمطار ، ينبغي للمرء أن يأخذ في الاعتبار مدى توفر المضخات التي يمكن الحصول عليها للمشروع المعني إذا كان هناك احتمال أن تصل المضخة إلى الحد الأقصى للتدفق ، فيجب مراعاة عواقب فشلها. بشكل عام ، في محطات الضخ للمناطق الحضرية ، قد ينطوي ذلك على مخاطر فيضانات خطيرة للغاية ، والتي ستؤثر تكاليفها الاقتصادية بشكل كبير على تحليل جدوى محطة الضخ

كل هذا يشكل الأسباب التي تجعل عددالمضخات لا يقل عن اثنتين

ADDITIONAL CONDITIONS

CAVITATION:

يجب اختيار الحد الأدنى من غمر شفط المضخة بهدف تجنب تكوين الدوامات والتكهف لذا يكون مستوى ارضية البيارة يتحدد ليس فقط من خلال الحد الأدنى لمستوى مياه السحب ولكن أيضًا من خلال الحد الأدنى من متطلبات الغمر.

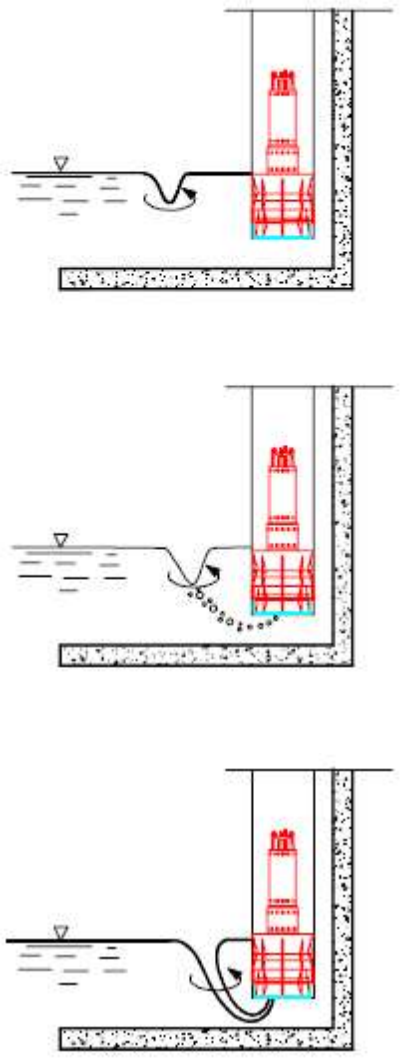
تحدد ظروف التركيب الحالية للمواسيروالطلمبات في محطة الضخ ، NPSH ، في ضوء ظاهرة التكهف

$$H_S = ANPA_{req.} - H_{atm} + H_v + J_{1-2}$$

ADDITIONAL CONDITION

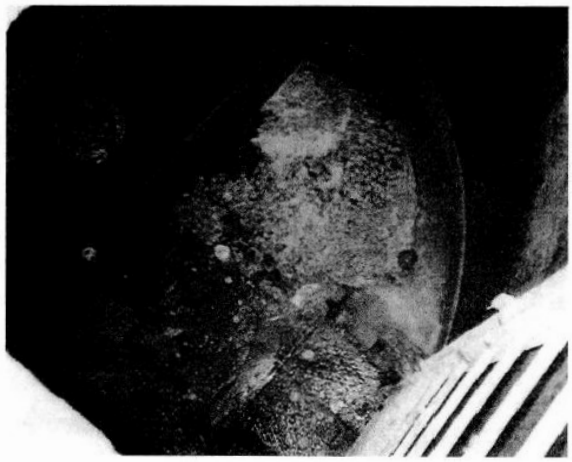
VORTICITY:

- A reduction in the performance of the pump below the test values provided by the manufacturers, a fall in the head-flow characteristic curve and an increase in the power consumed by the pump;
- Cavitation, even if the pump is operating nominally within the limit for a given application;
- An increase in noise and vibration inside the station with possible damage to the pump components.



Pumping Station 4 – Small Sewage Station

Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering



Intake Hydraulic Design - for Efficient Operation of the Pumps

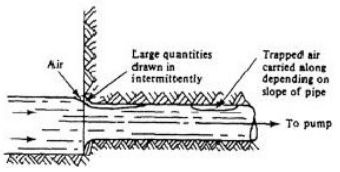
Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering

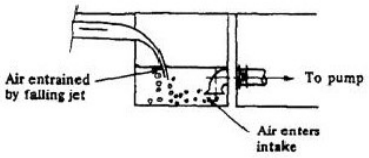
- Adequate volume for control of pumps
- Adequate NPSH
- No or little pre-swirl of the flow into pumps
- No vortices present around the pump intakes
- No air carried through to the pumps
- In sewage/ drainage stations –
  - sediment deposition is minimised and the material is carried through and into the pumps
  - no build up of floating solids or potential for ragging
  - potential for grease build up is minimised

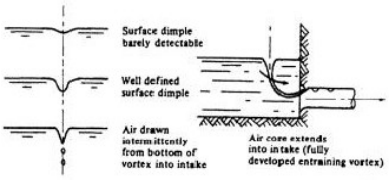
Undesirable conditions - air

Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering

- Reduction of discharge, head, efficiency
- Vibration, damage
- ~7-10% air leading to air lock



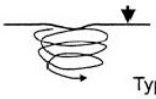




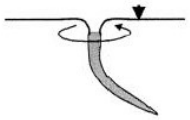
Surface Vortices Classification

Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering

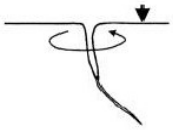
Type 1: surface swirl



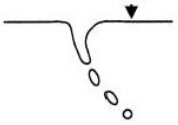
Type 2: surface dimple; coherent swirl



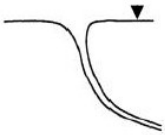
Type 3: dye core to intake; coherent swirl throughout water column



Type 4: vortex pulling in floating trash but not air



Type 5: vortex pulling air bubbles to intake

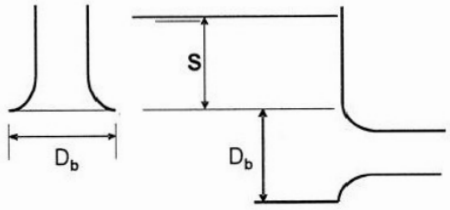


Type 6: full air core to intake

Submergence to minimise surface vortices

Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering

One way of reducing swirl and possibly vorticity is to increase the depth of submergence above the intake:-



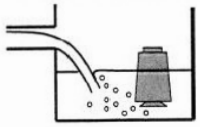
ANSI recommendation is that $S/D_b \geq 1 + 2.3F_b$ **where** D_b **is the bellmouth diameter and** $F_b = V_b/(g.D_b)^{0.5}$. $V_b = Q/(\Pi D^2/4)$.

BUT this criterion applies to a well designed sump. It won't solve the problems of a poor one!

Air Movement and mitigation

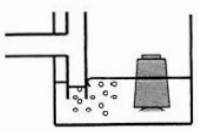
Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering

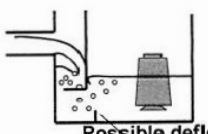
- **Avoid plunging flow onto or near to pumps:-**



Remember: Compared to model tests, more air is entrained in full size installation and is less easily released.

- **If flow dropping into sump then possibly use drop pipe or baffle wall and encourage air movement to surface before reaching pump:-**

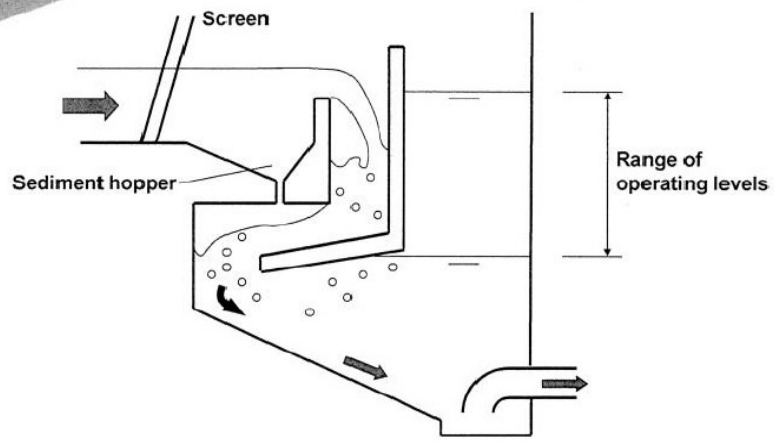




Possible deflector to encourage upward movement of bubbles

Arrangement to minimise air

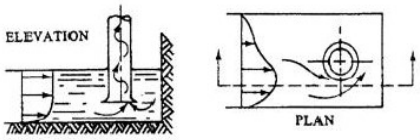
Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering

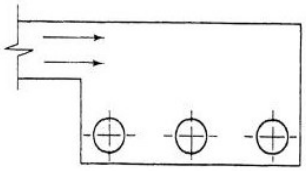


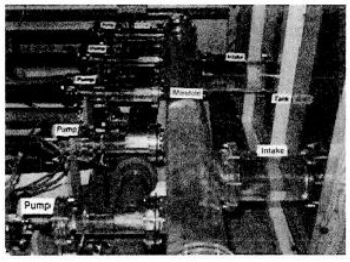
Undesirable conditions - Swirl

Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering

- Swirl leads to flow breakdown and thus loss performance
- Bulk swirl intensifies approaching the intake
- 5 deg (?) at pump inlet







Swirl (pre-swirl)

Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering

Swirl or 'pre-swirl' refers to the mass rotation of the flow as it approaches the pump.

Most pumps are designed for flow to approach the impellor at right angles.
Pre-swirl opposing the impellor rotation increases the head, the absorbed power and reduces the efficiency. Extra loads on the pump impeller and bearings. In extreme cases motor overload could result.

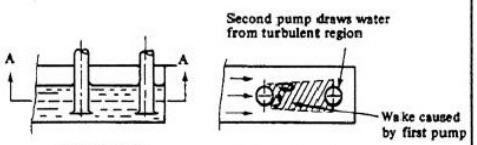
Pre-swirl in the direction of the pump impeller then there is likely to be a reduction of flow, efficiency and power. Cavitation and excessive bearing wear may result

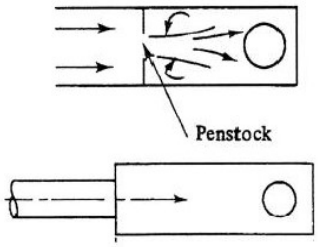
Most manufacturers accept a value of no more than 5 degrees in line with the ANSI recommendations.

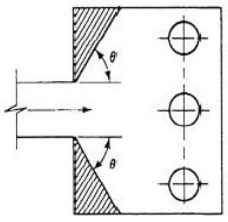
Undesirable conditions - Turbulence

Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering

- Large scale turbulence
- High velocity jet





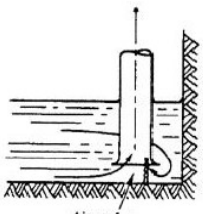


Not recommended
For $\theta > 20^{\circ}$
($\theta = 60^{\circ}$ as shown)

Undesirable conditions - Vortices

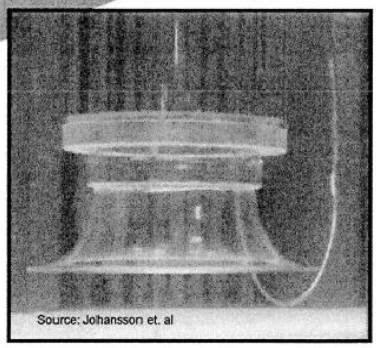
Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering

- Air, cavitation
- Fluctuating load

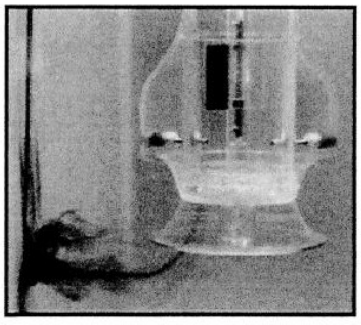


Vortices I

Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering


Source: Johansson et. al

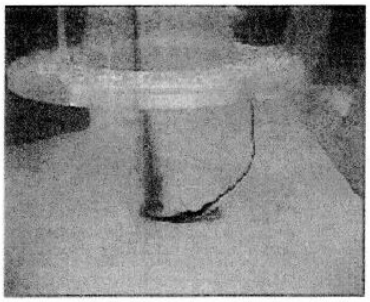
Air–cored surface vortex



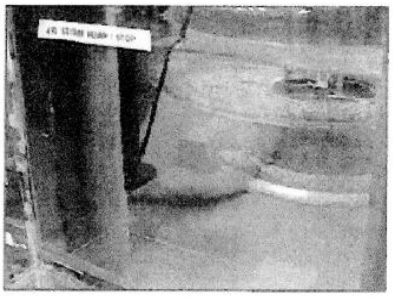
Vortex attached to side wall of sump

Vortices II

Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering



Vortex attached to floor of sump



Vortex attached to side wall of sump

Vortices

Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering

Vortices must be differentiated from swirl. They are local tight swirling flow with high rotation. They may be originated from the water surface in the sump or be attached to the walls or floor.

If they enter the pump intake they can put high uneven loads on the pump impeller and not only reduce the pump efficiency but damage the pump bearings.

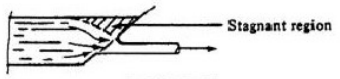
Strong surface vortices may even entrain a core of air and carry that down into the pump.

Weak vortices may be tolerable but string vortices must be eliminated.

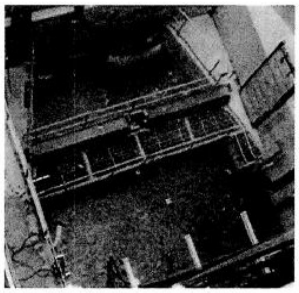
Undesirable conditions - Stagnant region

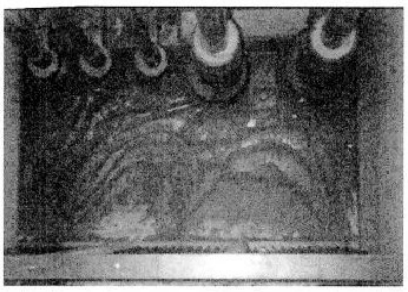
Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering

- Sediments, floats, grease, septicity



ELEVATION





Good sump design 1

Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering

- Maximum sump inlet velocity (1-1.2m/s) else baffle plate
- Energy dissipated before final approach to pump
- Average velocity in sump low (0.3m/s for clean water, 0.7m/s for sewage)
- No obstruction or streamlined
- Divergence < 20 deg
- Slope < 10deg for clean water
  45-60 deg for sewage

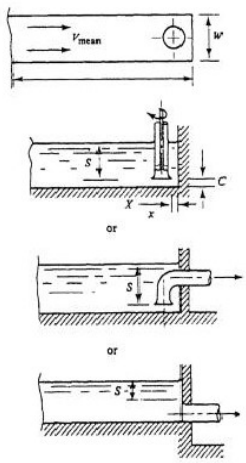
Good sump design 2

Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering

- Adequate submergence and clearance

Clearance from sump floor C = 0.5 D
Proximity to rear wall X = 0.25D
Width between pump bay W = 2 – 3 D

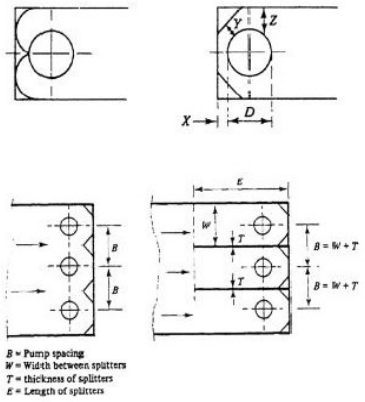
Divergence < 20deg
Downslope < 10 deg (clean sump only)



Good sump design 3

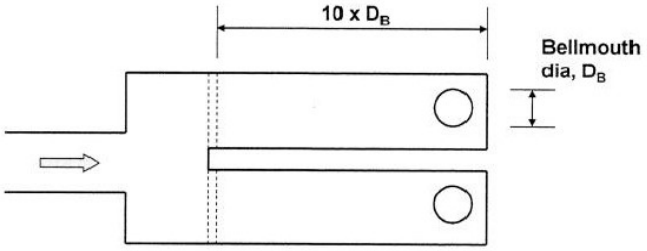
Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering

- Corners filled in to minimise stagnant region
- Suction not too small compared with the size of sump or partition



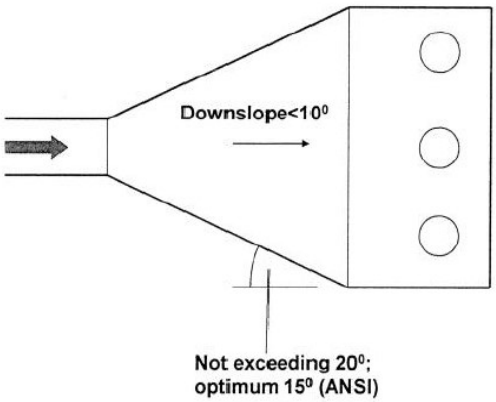
Possible solutions – long approach bays

Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering



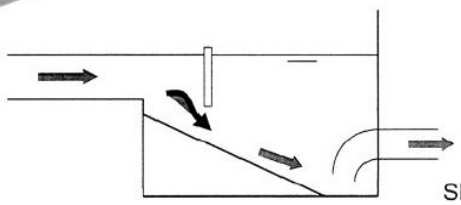
Possible solutions – gradual expansion

Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering

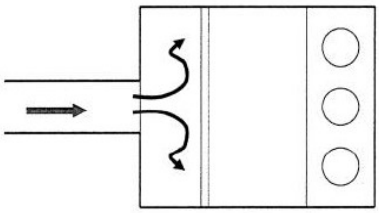


Another possible solution – a baffle across the incoming flow

Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering



SECTION



PLAN

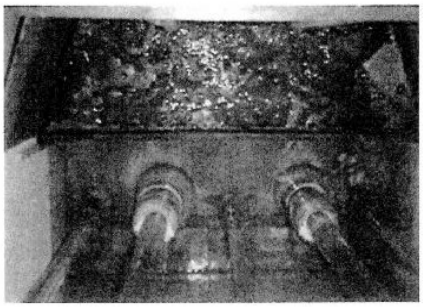
Possible solution – energy dissipation and flow conditioning

Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering

Stage reduction of turbulence using:

- Energy dissipation blocks
- Curtain wall (watch out for scum)

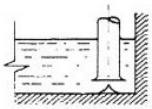
Benching (to reduce discontinuity)



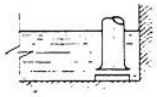
Possible solution – flow splitter/straightener

Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering

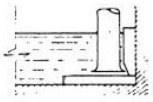
- Flow splitter to reduce swirl and vortex



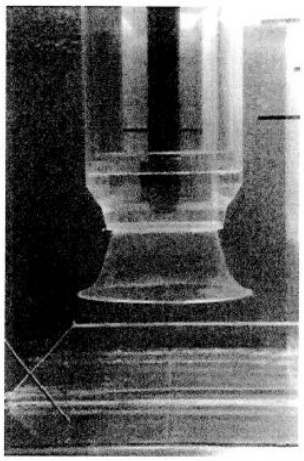
Cones



Short splitters or cross

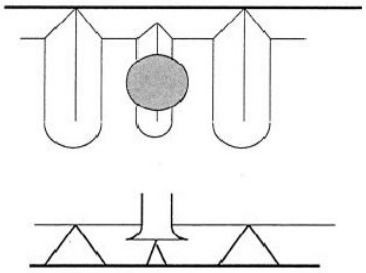


Long splitter; splitter behind pump casing



Possible solution - Benching

Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering



Vortices generally can be eliminated by careful design of benching and flow straighteners around intake but likely to need physical model tests to identify and for benching design.

Look out for RAGS!

Most pump manufacturers have developed their own details which will work in a well designed sump.

Pump Sumps and Intakes

Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering

A lot of time and effort is expended on designing and model testing pump sumps.

Why?

What are we concerned about?

Pump Sumps and Intakes

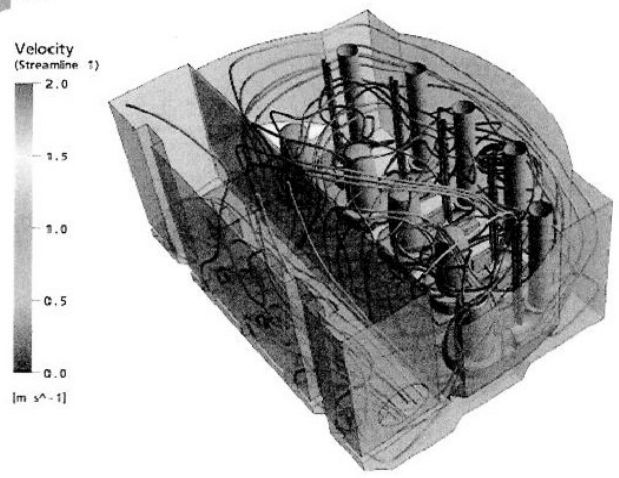
Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering

Needs to ensure

- **Efficient operation of the pumps**
- **No air carried into the pumps**
- **NPSH requirements met**
- **In sewage and drainage stations, good screening conditions**
- **Sediment carried through to the pumps**

CFD modelling

Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering



CFD modelling

Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering

Computational Fluid Dynamics is used in many high technology industries such as aero-space, turbine and jet engine design, combustion thermodynamics and Formula 1 racing car design.

Flow space is divided up into small elements and then solves the energy and mass conservation equation.

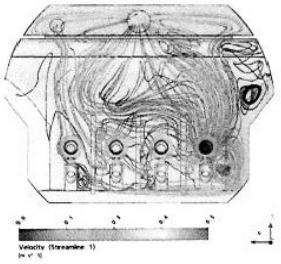
It is used in the water industry, particularly in the design of process units within a treatment works where it is important to ensure good hydraulic performance.

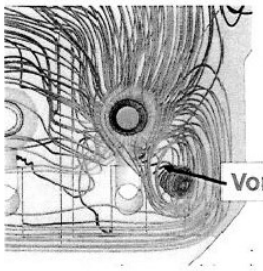
It is beginning to be used for pumping station design but cannot yet model the fine structures of vortices.

Cranfield UNIVERSITY

Process Systems Engineering

- Bottom water level below minimum submergence criteria.
- Potential for vortex formation:
  large unrestricted space in back area (>>0.75D)
  and side clearance greater than (>0.5D)





CFD modelling

Cranfield UNIVERSITY

Process Systems Engineering

- With the right boundary conditions CFD can model the general flow patterns in the sump and can predict the swirl into the pumps with reasonable accuracy.
- For critical major stations physical modelling is still the best approach. For smaller stations, particularly if of fairly standard design, then CFD offers a much cheaper and quicker analysis though with greater risk of vortices being present at full scale.

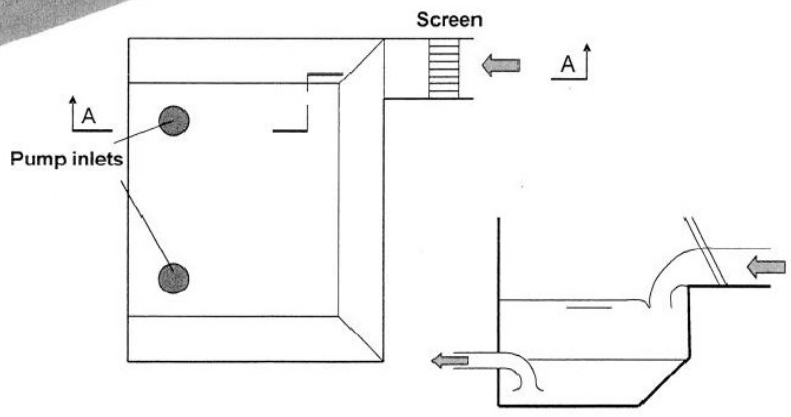
Hydraulic model test

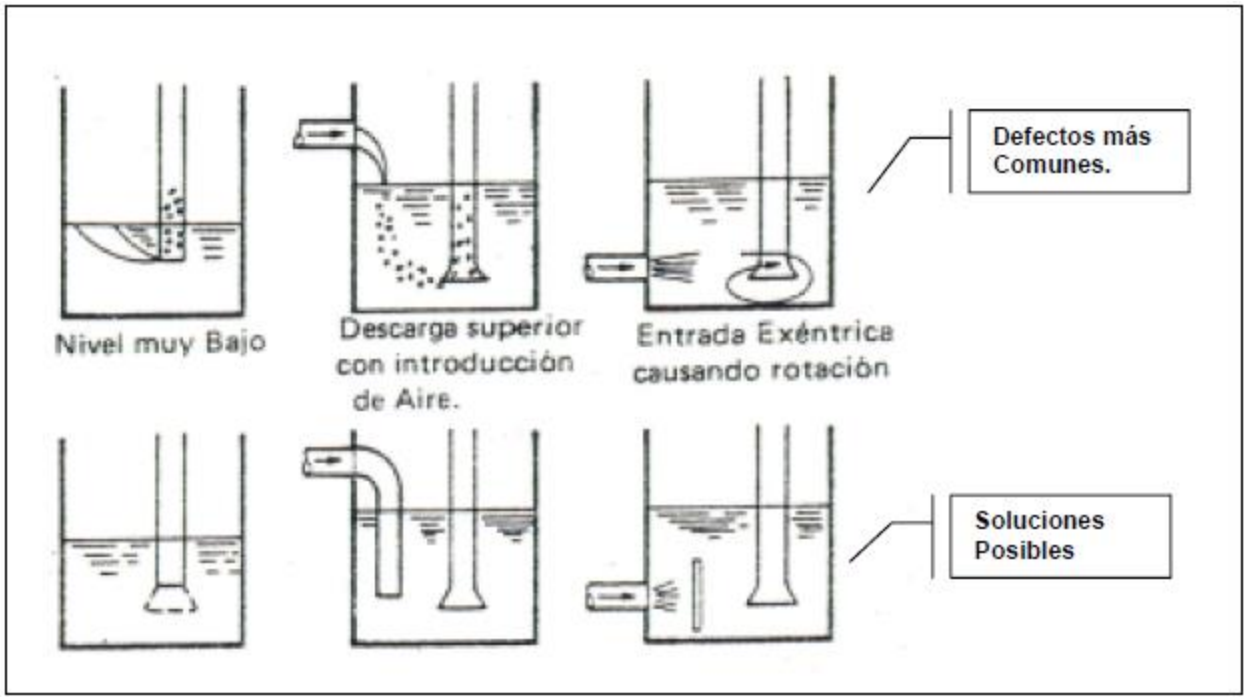
Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering

• When?	• When beyond present knowledge (cannot copy previous design)
• Cost?	• Worth while when cost of model test comparable with cost of the sump
• Timing?	• Consulting engineer - before pump selected • Contractor - too late

What is Wrong

Cranfield UNIVERSITY
Process Systems Engineering




Nivel muy Bajo
Descarga superior con introducción de Aire.
Entrada Exéntrica causando rotación
Defectos más Comunes.
Soluciones Posibles

at the inlet. Some common types of such devices are shown in Figure A.12.

As an alternative, a cage type vortex suppressor may be used, as illustrated in Figure A.12, example 6. The cubic cage may be made of standard 38 mm (1.5 inches) deep (or deeper) floor grating (or its equivalent). The length, width and height of the cubic cage, each with a characteristic length termed Lv should be about 3 inlet pipe diameters, and the top of the cage should be submerged about 150 mm (6 inches) below the minimum liquid level. Non-cubic cage shapes are also effective if the upper (horizontal) grating is at least 3 inlet pipe diameters on each side and is also submerged 150 mm (6 inches) below the minimum liquid level. A single horizontal grating meeting these guidelines may also be effective. Tests on such cage type vortex suppressors have demonstrated

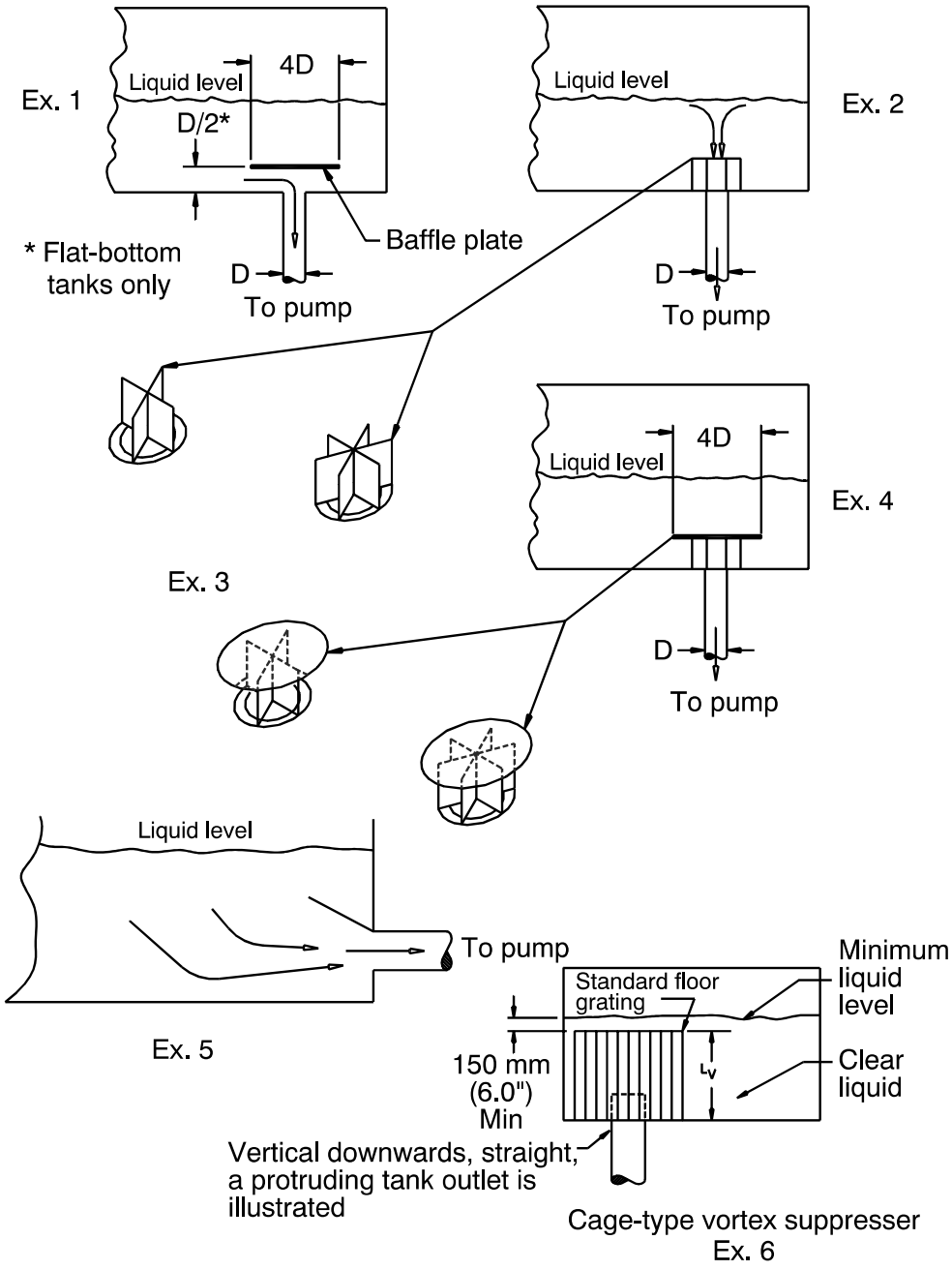


Figure A.12 — Anti-vortex devices

Hydraulic Institute Standards, Copyright © 1997-2009, All Rights Reserved

Provided by : www.spic.ir

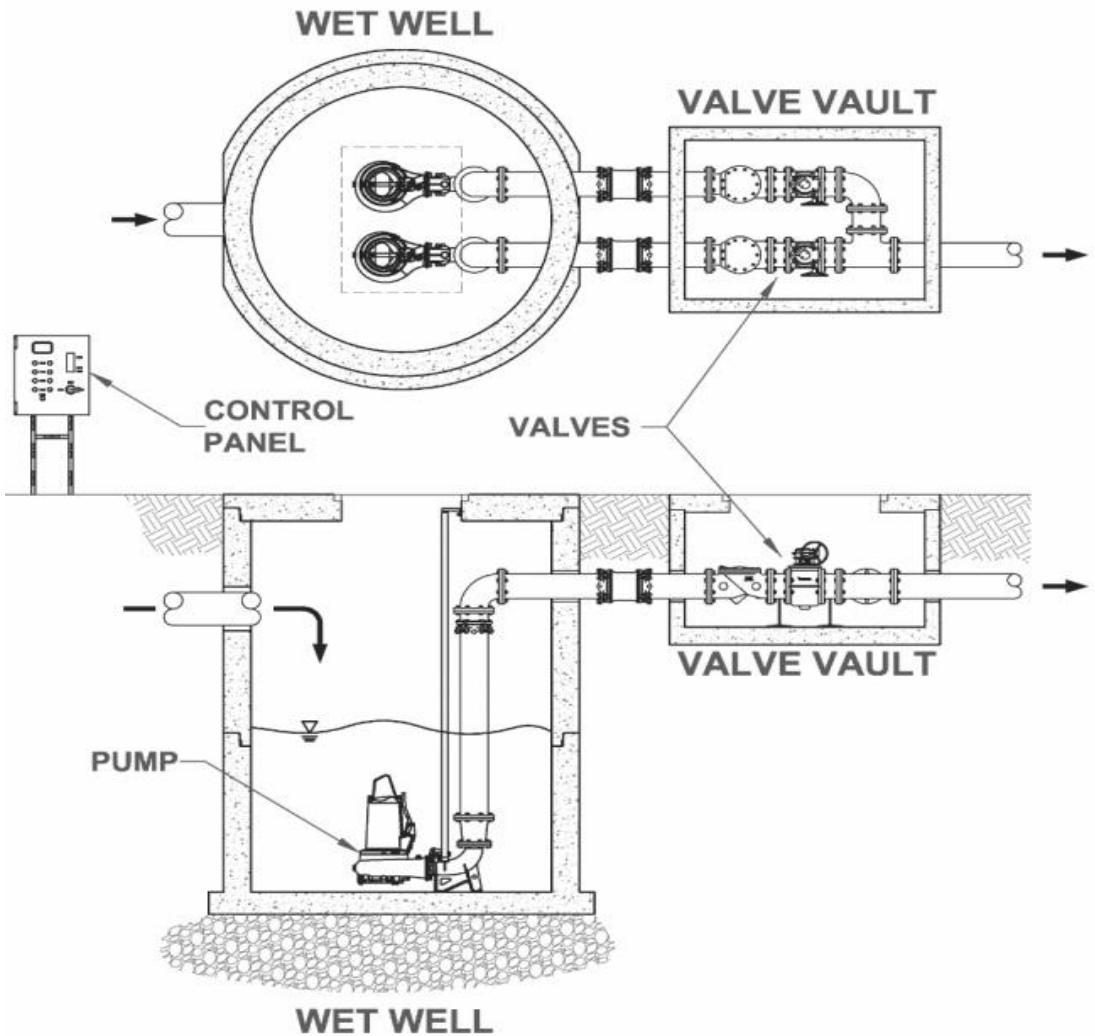
وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ

كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ

SUBMERSIBLE LIFT STATION

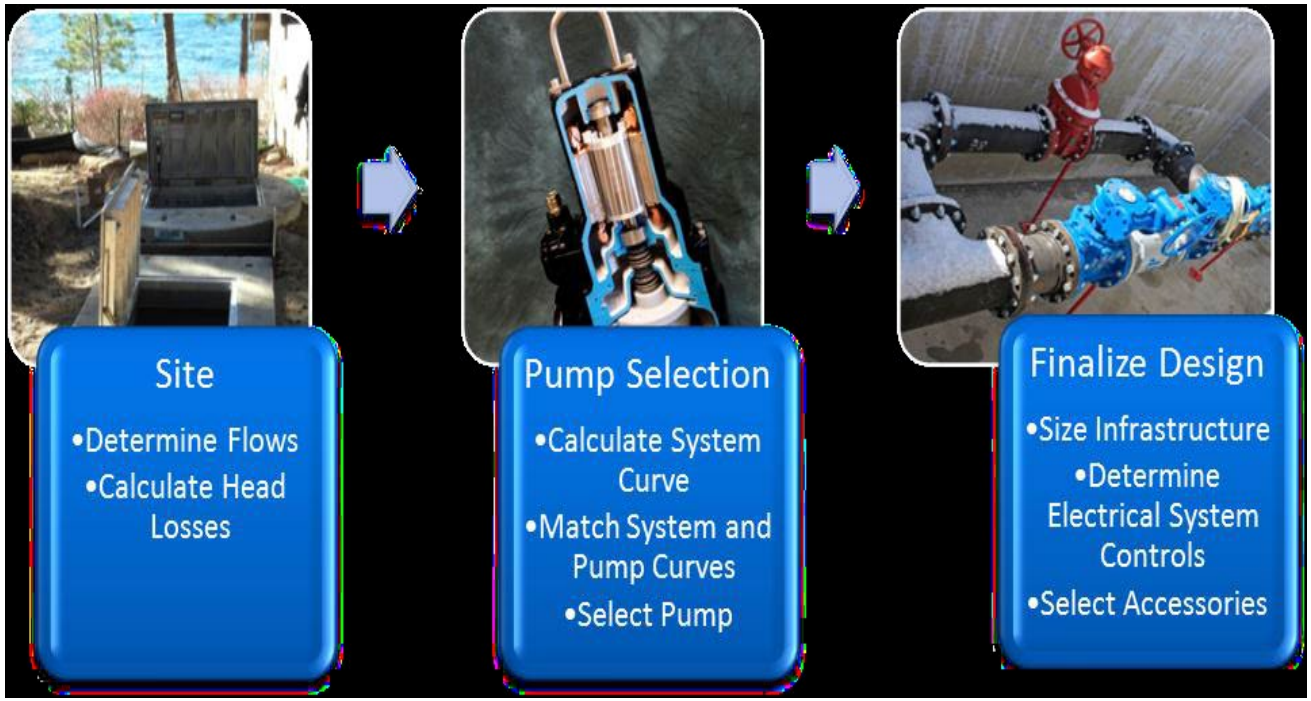
General Configuration

OVERVIEW OF A TYPICAL SUBMERSIBLE LIFT STATION



تشتمل محطة الرفع الغاطسة النموذجية بواسطة على بئر رطب ومضخات غاطسة مزدوجة وصمامات ونظام تحكم إلكتروني في المضخة. في المحطات الأصغر ، غالبًا ما يتم تركيب الصمامات في البئر الرطب لتوفير تكاليف البنية التحتية. في الأنظمة الأكبر ، يوصى بتحديد غرفة صمام منفصل لتوفير وصول سهل في حالة الحاجة إلى الصيانة.

DESIGN PROCESS



ضرورة تحديد معدلات التدفق بشكل صحيح ، فضلاً عن توفير فهم جيد لحدوث هذه التدفقات وكيفية ارتباطها بمحطة الضخ.

الخطوات التالية في التصميم هي اعتبارات الموقع. إلى أي مدى تحتاج محطة الرفع إلى الضخ؟ ما الارتفاع الذي يحتاجه السائل للارتفاع؟ هذه الأسئلة ، عندما تقترن مع معدل التدفق ، ستحدد في النهاية حجم المضخة التي سيتطلبها النظام. ستلعب اعتبارات الموقع الإضافية ، مثل ما إذا كانت محطة الرفع تقع على طريق أم لا ، في معايير التصميم الأخرى المختلفة. كلما كان فهم الموقع أفضل ، كان تصميم محطة الرفع أسهل.

بمجرد تحديد التدفق وأخذ اعتبارات الموقع في الاعتبار ، يمكن تطوير منحنى النظام. يتطابق منحنى النظام مع منحنيات مختلفة للمضخة في عملية تكرارية لتحديد المضخة التي تناسب متطلبات المشروع بشكل أفضل. بمجرد اختيار المضخة ، يمكن تحديد حجم جميع المكونات الإضافية ، مثل البئر الرطب ، وغرفة الصمام ، والأنابيب ، ونظام التحكم ، وما إلى ذلك.

BASIC PUMP SELECTION

THE SYSTEM CURVE

The most important part of any pump selection is first determining the system curve. This means, at the very least,the flowrate and head that will be required of the pump must be identified. Often this is the first mistake made in the selection process.

In many potable water booster stations, the flowrate is determined by a downstream demand. In a typical application, the purpose of the lift station is to simply move water from one location to another. Therefore, the flow is typically governed by the inflow to the station, and not an outflow demand. Once the flow rate into the station is found, the amount of head required by the pump can be determined by calculating the system losses in the piping network.

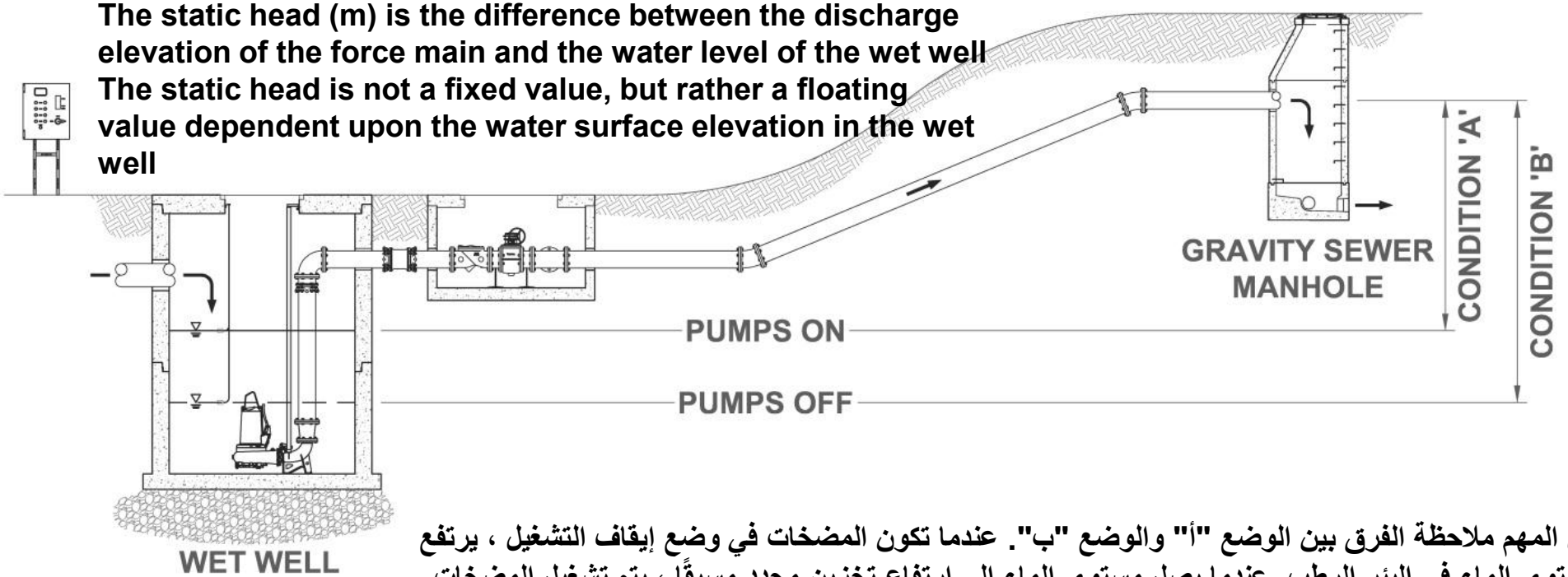
The friction losses will lead to poorly sized equipment that will have a poor efficiency and reliability.

Calculation of the system losses at several different flow rates will yield a system curve. System curves represent a loss of energy in systems with a variation in the flow rate.
Or, stated differently, the amount of energy the pump must generate to operate at a given flowrate.
System losses come in two forms that are outlined below

BASIC PUMP SELECTION

STATIC LOSSES

The static head (m) is the difference between the discharge elevation of the force main and the water level of the wet well The static head is not a fixed value, but rather a floating value dependent upon the water surface elevation in the wet well



من المهم ملاحظة الفرق بين الوضع "أ" والوضع "ب". عندما تكون المضخات في وضع إيقاف التشغيل ، يرتفع مستوى الماء في البئر الرطب. عندما يصل مستوى الماء إلى ارتفاع تخزين محدد مسبقًا ، يتم تشغيل المضخات وينخفض ارتفاع السطح حتى يصل إلى المضخات.

The system curve itself can fluctuate. Therefore, the system curve is not a single point set – It is a range of curves. This will become more apparent when developing a system curve is discussed later in this manual

FRICTION LOSSES

سنستخدم معادلة هازن ويليامز نظرًا لسهولتها النسبية وهناك بعض القيود على معادلة هازن ويليامز والتي سيتم مناقشتها

هناك بعض مزايا استخدام معادلة هازن ويليامز.

بسيطة وسهلة الاستخدام معادلة هازن ويليامز مقيدة إلى حد ما لأنه يجب أن يكون هناك تدفق مضطرب داخل الأنبوب ، ويجب أن يكون نوع السائل ماء في درجة حرارة الغرفة أو بالقرب منها. بالإضافة إلى ذلك ، يجب أن تكون سرعة السائل بين 1 إلى 3 م / ثانية. هذا القيد الأخير يفسح المجال بشكل جيد لتصميم رفع المياه العادمة لأنه إذا كانت سرعة مياه الصرف الصحي أقل من ذلك، فلن تكون هناك طاقة كافية لتنظيف أنبوب المواد الصلبة. على العكس من ذلك ، يتدفق الماء فوق 3 م/ ثانية. يمكن أن تتلف مادة الأنبوب القيد الأخير هو أنه لا ينبغي استخدام معادلة هازن ويليامز في أنابيب القوة التي يزيد قطرها عن 60 بوصة.

HAZEN WILLIAM EQUATION

$$v = 0.849 c R^{0.63} S^{0.54}$$

v = velocity m/sec
C = Hazen Williams friction coefficient
R = hydraulic radius m
S = head loss m

Hazen Williams Coefficient, C

Pipe Material	Design C
PVC	150
Asbestos Cement	140
Welded Steel	100
Concrete	100
Cast Iron	100
Copper or Brass	130
Vitrified Clay	100
Corrugated Steel	60

Hazen Williams formula

تعد معادلة هيزن- وليمز من اكثر المعادالت استخداما في تصميم شبكات االسالة وتاخذ المعادلة الشكل التالي:

$$v = 0.849cR^{0.63}S^{0.54}$$

V= velocity ($^{m}/_{sec}$)
R= hydraulic radius (m)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{Cross\ sectional\ area}{Wetted\ perimeter} = \frac{\pi D^2/4}{\pi D} = \frac{D}{4}$$

S= hydraulic gradient C= Coefficient depended on the type of pipe

وبالتعويض في معادلة االستمرارية نحصل على الشكل التالي لمعادلة هيزن- وليمز

$$Q=A\times V=\frac{\pi D^2}{4}\times 0.849\times C\times\left(\frac{\frac{\pi D^2}{4}}{\pi D}\right)^{0.63}\times S^{0.54}$$

$$\mathbf{Q=0.278\times C\times D^{2.63}\times S^{0.54}}$$

مالحظات:

- قيمة C لأللنبوب تقل مع الزمن.
- يستعمل النموغرام Nomogram لحل مسائل الجريان في االنابيب.
- ان األلخطاء الناتجة عن قراءة النموغرام ال تكون أكبر من تلك الناتجة عن تخمين قيمة يعتمد الشكل المبين على قيمة C=100 ويمكن استعماله ألي أنبوب.

يستعمل النومغرام لحل معادلة هيزن- وليمز وهو مصمم على اساس ان قيمة C=100

وتحسب السرعة او الجريان بعد معرفة قطر االنبوب وانحدار الخط الهيدروليكي وبعد معرفة الجريان او السرعة وقطر االنبوب)يحسب قطر االنبوب(المطلوب بعد معرفة الجريان وضائع الشحنة.

اما لحالة االنابيب التي لها قيم C تختلف عن 100 يتم استخدام العالقات التالية.

MINOR LOSSES

- هناك خسائر في الطاقة بسبب الاحتكاك الداخلي للسائل ، وكذلك الاحتكاك بين الماء وجدار الأنبوب. يتم مواجهة خسائر طاقة إضافية عندما يمر السائل عبر الانحناءات والقيود والصمامات وما إلى ذلك. يشار إلى هذه الخسائر الطفيفة الطريقتان النموذجيتان لحساب الخسائر الطفيفة هما تقديرات قيمة الطول المكافئ
- *والتي تحدد معاملات للتركيبات والصمامات المختلفة. يمكن استخدام القيم التالية لتقدير الخسائر الطفيفة.* ***K*** في هذا المثال ، يتم استخدام طريقة تقدير قيمة *يجب التحقق من هذه القيم مقابل توصيات الشركات المصنعة المحددة.*

Entrance	Bellmouth	0.005
	Rounded	0.25
	Sharp-Edged	0.5
	Projecting	0.8
Exits		1.0
90° Bend		0.25
45° Bend		0.18
Tee, line flow		0.30
Tee, branch flow		0.75
Cross, line flow		0.50
Cross, branch flow		0.75
Wye, 45°		0.50

	Ball	0.04
Check Valves	Ball	0.9-1.7
	Rubber flapper (v < ft/s)	2.0
	Rubber flapper (v > ft/s)	1.1
	Swing	0.6-2.2
Gate	Double Disc	0.1-0.2
	Resilient seat	0.3
Knife Gate	Metal seat	0.2
	Resilient seat	0.3
Eccentric Plug	Rectangular (80%) opening	1.0
	Full bore opening	0.5

K Values for Pumping Station Design

$$h_m = \Sigma K \frac{v^2}{2g}$$

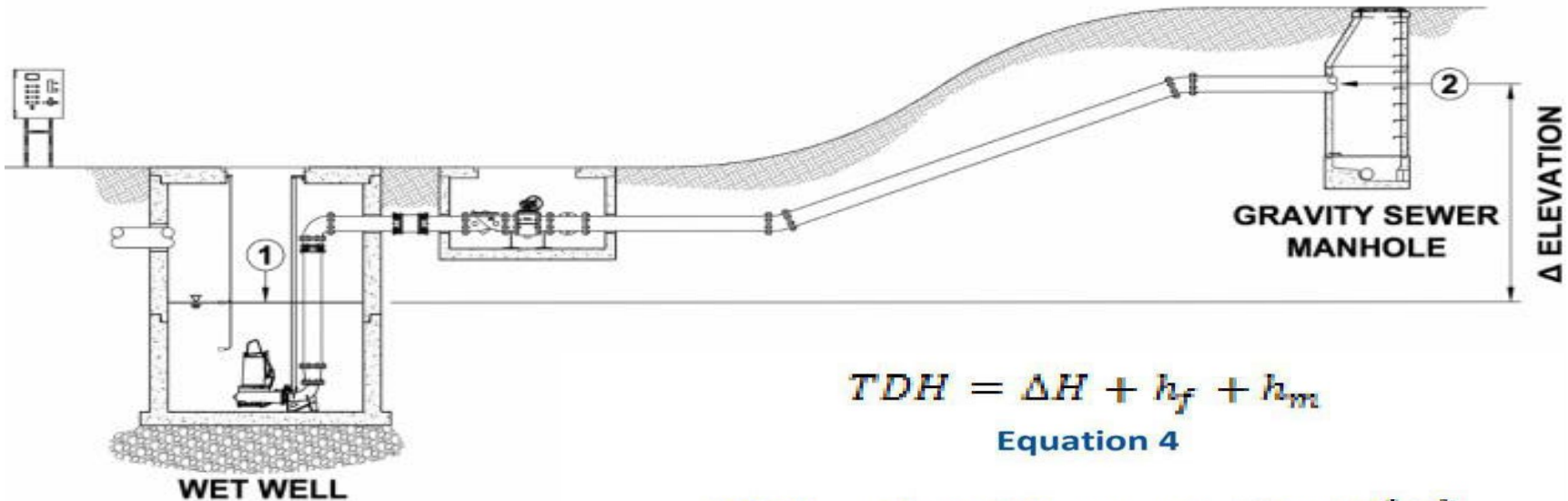
$h_m = Minor\ headloss\ (ft)$

$K = K\ coefficient\ (unitless)$

$$v = velocity\ of\ fluid\ in\ pipe\ (ft/s) = \frac{Flow\ (cf/s)}{Cross\ sectional\ area\ of\ pipe\ (sf)}$$

$g = gravity = 32.2\ ft/s$

TOTAL DYNAMIC HEAD



$$TDH = \Delta H + h_f + h_m$$

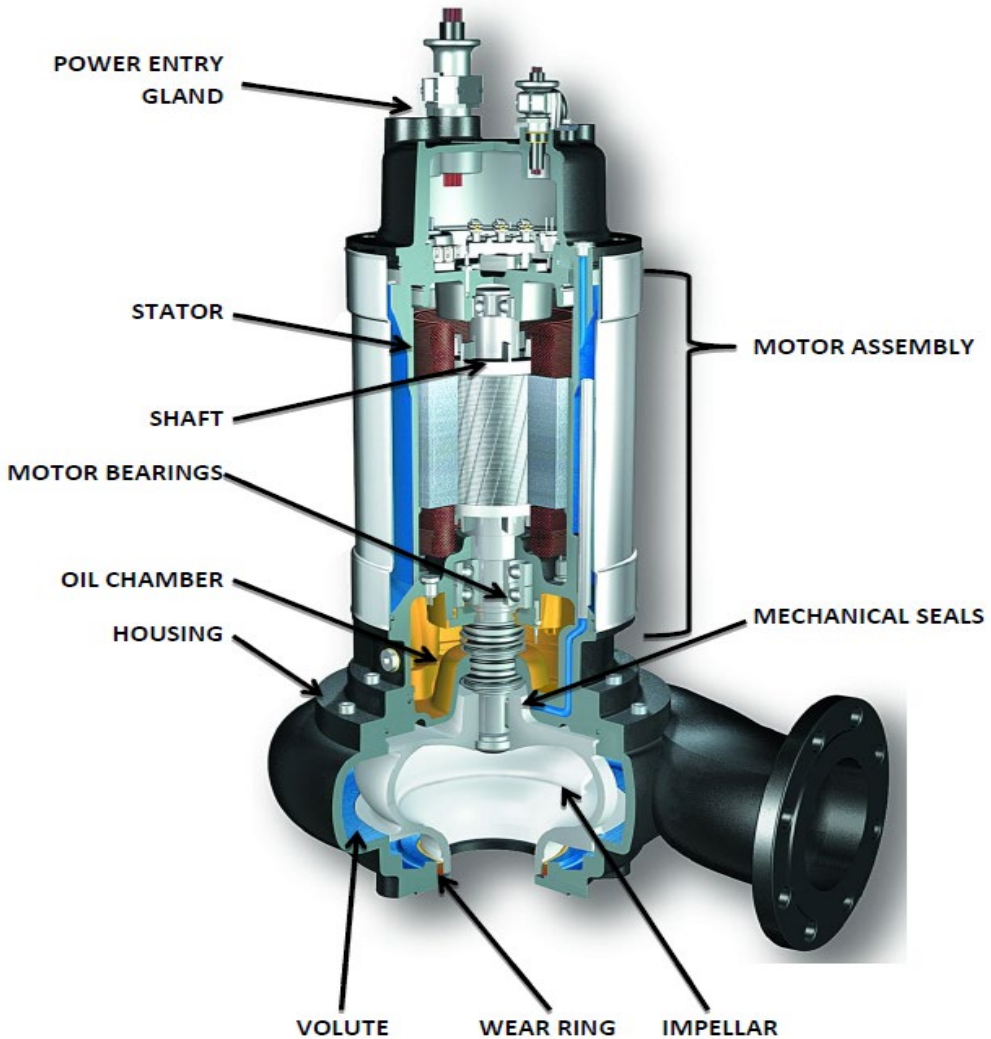
Equation 4

$$TDH = Total\ Dynamic\ Head\ (ft)$$

$$\Delta H = Static\ head = elev_2 - elev_1\ (ft)$$

$$TDH = \Delta H + (L)10.5\left(\frac{Q}{C}\right)^{1.85} D^{-4.87} + \Sigma K \frac{v^2}{2g}$$

HOW PUMPS WORK



الانمبلرهو قلب المضخة والجزء الوحيد الذي يضيف الطاقة إلى السائل. ببساطة ، تُضاف الطاقة عن طريق تسريع السائل من نصف القطر الأصغر عند مدخل الدافع إلى نصف قطر أكبر عند مخرج الانمبلر. يمكن زيادة كمية الطاقة المدخلة في المائع عن طريق زيادة القطر الخارجي للمروحة ، أو زيادة السرعة التي يعمل بها.

THE CASING

$$\frac{P_1 * 2.31}{sg} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2 * 2.31}{sg} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

Equation 6

P = Pressure (psi)

sg = Specific gravity (unitless)

V = Velocity of the fluid (ft/s)

G = Acceleration due to gravity (32.16 ft/sec^2)

Z = Elevation of the centerline of the liquid path

Subscripts:

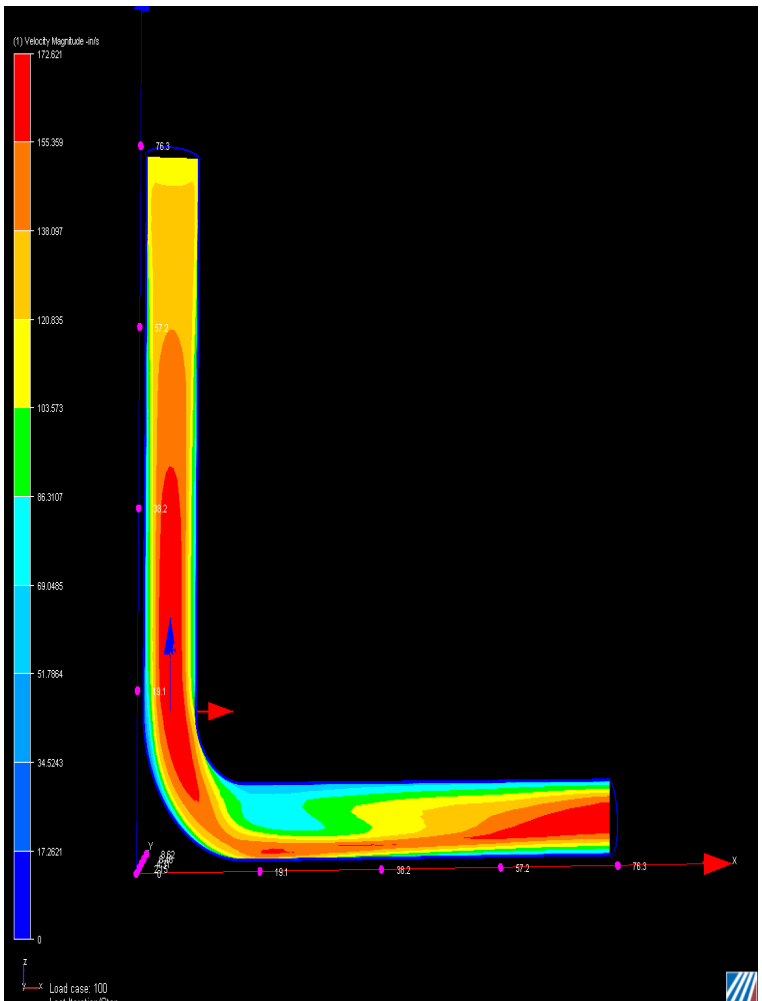
1 = Upstream condition

2 = Downstream condition

الهدف هو زيادة الضغط ولتحويل الطاقة عالية السرعة إلى ضغط وطاقة. انظر معادلة برنولي

only the change in pressure and velocity is left to be considered. In order for the two sides of the equation to balance, decrease in velocity from point 1 to point 2 must have a corresponding increase in pressure from point 1 to point 2. Bernoulli's Equation is a simplified representation of this process. Technically, it only applies to flows along a streamline and neglects friction, but it is sufficient to understand the basic principle.

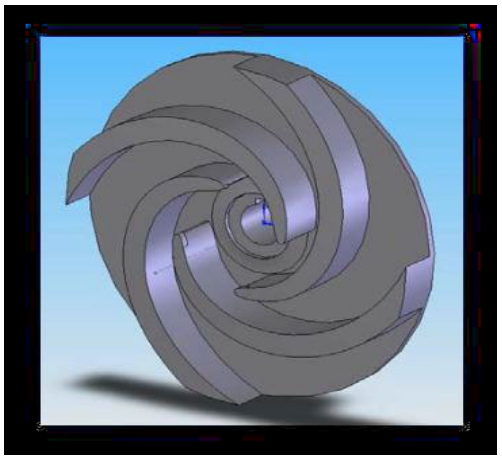
THE INLET



المناقشة التالية بشأن المداخل أقل أهمية في تصميم محطة الرفع الغاطسة لأنه لا توجد أنابيب مدخل قبل الانمبلر. ومع ذلك ، يجب أن تؤخذ هذه الاعتبارات في الاعتبار عند تصميم محطة رفع عنبر جاف. تتمثل وظيفة المدخل في نقل السائل من أنبوب الإدخال إلى مدخل الانمبلر بطريقة لا تفرض خسارة أقل ويخلق ملف تعريف السرعة الأكثر اتساقًا عند مدخل الانمبلر. لذلك ، فإن هندسة المدخل المثالية هي مدخل أنبوب مستقيم مع تفتق طفيف من حافة الأنبوب إلى عين الانمبلر

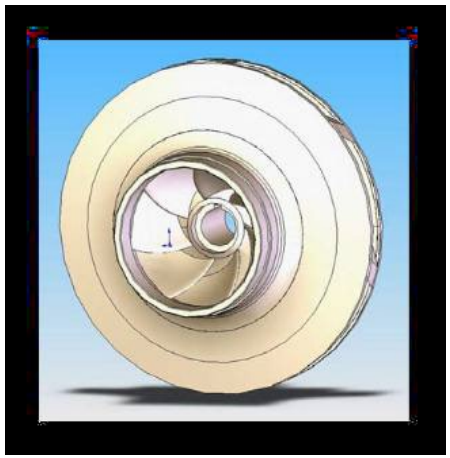
عين الانمبلر. مع المضخات الغاطسة ، يتم تخطيط تكوين المدخل من قبل الشركة المصنعة بناءً على

IMPELLER TYPES



SEMI-OPEN IMPELLERS

more efficient than fully open impeller designs



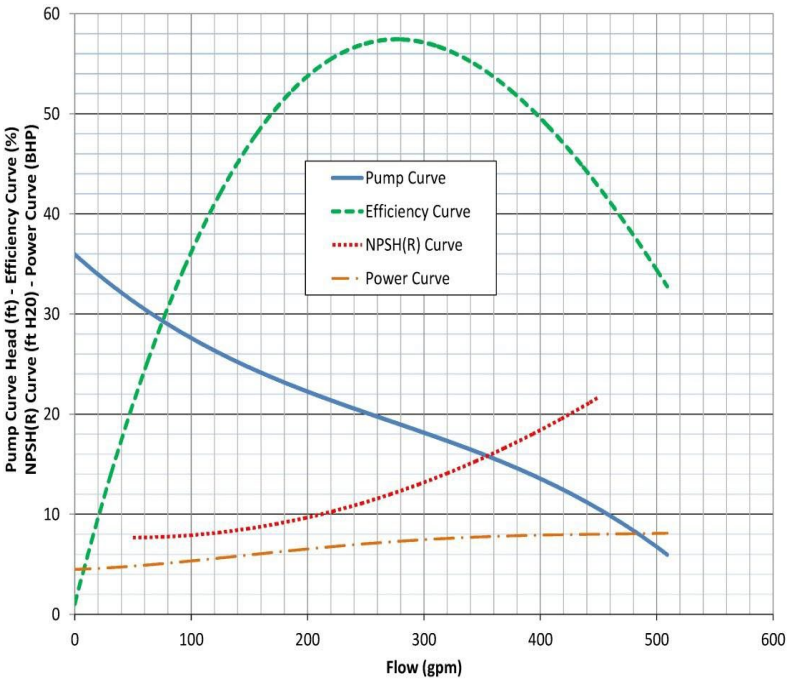
CLOSED IMPELLERS

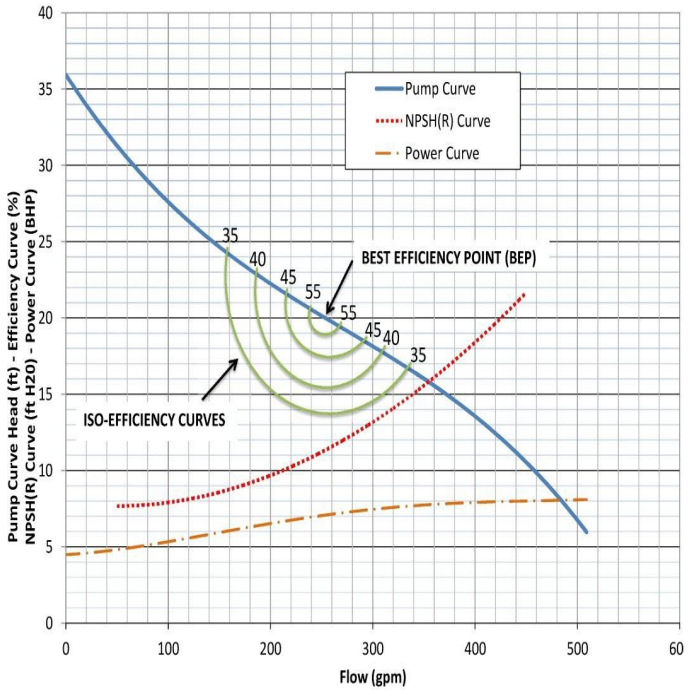
The disadvantage of closed impellers is that any debris entering the vanes

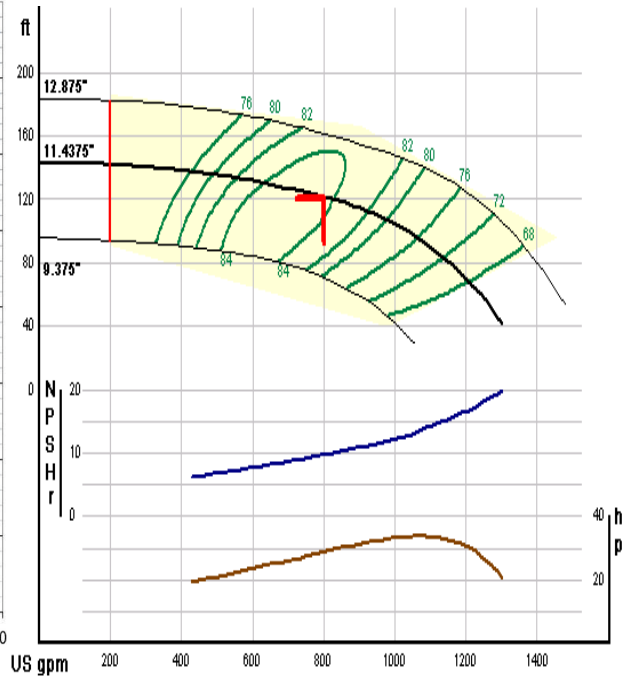
OPEN IMPELLERS

less expensive

PUMP CURVES





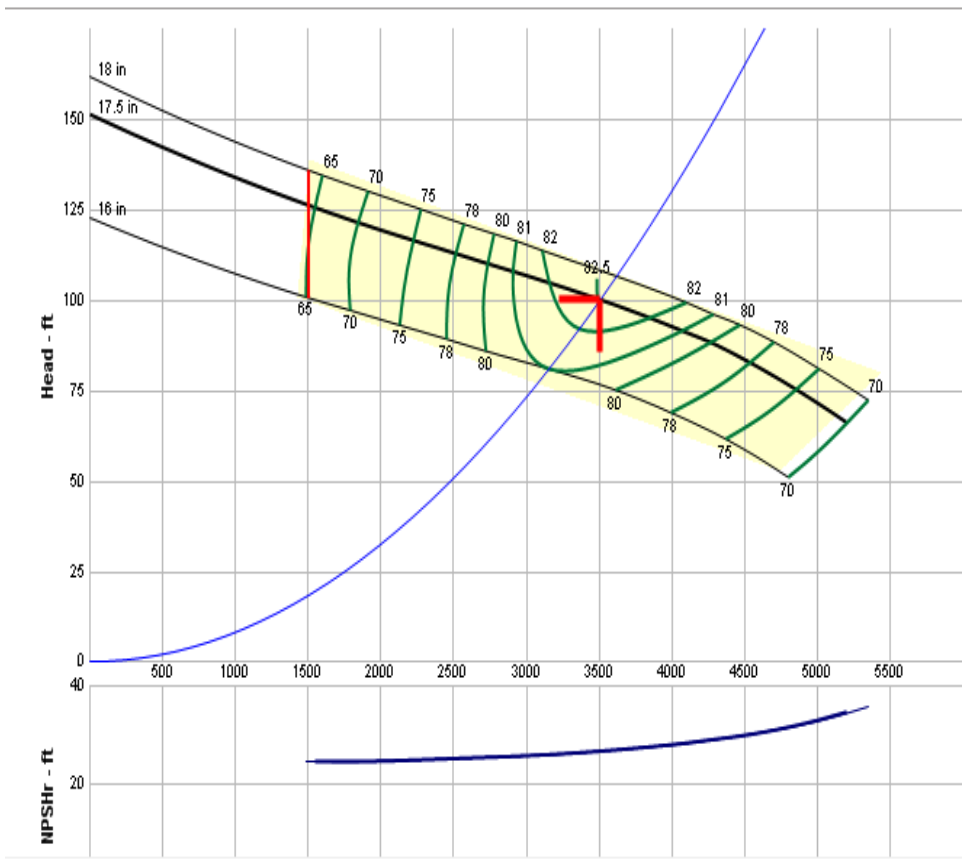


As the impeller diameter decreases in size, the performance is reduced. This allows the pump performance to be modified to meet specific application requirements.

Additionally, a reduction in diameter reduces the pump power requirement.

A reduction of only 10% in the impeller diameter can result in a 27% reduction in power requirements

INTERACTION OF THE SYSTEM CURVE WITH THE PUMP CURVE



Pumps operate where the pump curve meets the system curve. Ideally, pumps should be sized to run as closely as possible to its best efficiency flowrate. This not only makes the pump more efficient, but also improves its reliability.

Correct sizing requires that both pump curves be fairly accurate. Minor variances of the manufacturer's tolerances may affect the pumps performance, but all curves have a tolerance of approximately ±3%. System curves have a much wider range of inaccuracy due to variations in pipe and fitting friction losses between various manufacturers.
The note at the bottom of the Cameron Hydraulic Data book of pipe tables advises that a 15% to 20% increase in loss should be used above the loss levels shown in their tables. This inaccuracy, and the rising cost of power, make it imperative that larger pumps be field tested to determine actual flowrate.
Excessive flow causes excessive friction thus driving up power consumption and operating costs. Field testing allows the system
calculations to be confirmed, and the pump to be modified, to meet the actual system conditions.

NET POSITVE SUCTION HEAD

While Net Positive Suction Head (NPHA) analysis is not a concern with submersible pump design, when designing a dry pit, a NPSH analysis is critical.
The following discussion demonstrates why NPHA analysis is not necessary in submersible pump design.
There are two forms of NPSH. Net Positive Suction Head Required (NPSHR) is provided by the manufacturer, and net positive suction head available (NPSHA) is the amount of energy available at the inlet of the pump in relation to the system layout. NPSHA is calculated using the formula below:

$$NPSHA = h_{atm} \pm Z_s - h_{vp} - h_f$$

Equation 7

h_{atm} = Atmospheric pressure at the surface of the liquid (ft)

Z_s = Suction Static Head (ft)

h_{vp} = The liquids vapor pressure at the pumped temperature (ft)

h_f = The friction losses in the pipe and fittings from the suction tank to the pump inlet (ft)

NPSHR is provided on the manufacturers curve. The most important thing to know about NPSH is that the NPSHA must be greater than the NPSHR. Typically, a factor of safety of 1.3 is used. Thus:

$$NPSH\ Margin = \frac{NPSHA}{NPSHR} \geq 1.3$$

The purpose of a net positive suction head analysis is to ensure that the impeller of the pump is submerged with liquid.
For example, in a dry pit design the water is stored in a wet well, and the pump is stored in a separate structure and is not submerged.
If the layout was such that, at some point, the water level in the wet well dropped low enough that it was not being forced into the pump impeller, the pump would begin to cavitate.
In a submersible pump station with proper design of the control elevations, the pump is always submerged and forcing the fluid into the impeller thus eliminating this concern.

NPSH formula

$$NPSH_a = (p_e + p_b - p_v)/(\varrho \cdot g) + v_e^2/2g - H_{L,s} - H_{s\,geo} \pm s' \qquad \textbf{(29)}$$

where

p_e	Gauge pressure in suction tank in N/m^2
p_b	Absolute atmospheric pressure in N/m^2 (Table 13: consider effect of altitude!)
p_v	Vapour pressure in N/m^2 (in Table 12 as absolute pressure!)
ϱ	Density in kg/m^3
g	Gravitational constant, 9.81 m/s^2
v_e	Flow velocity in the suction tank or sump in m/s
$H_{L,s}$	Head loss in the suction piping in m
$H_{s\,geo}$	Height difference between the fluid level in the suction tank or sump and the centre of the pump inlet in m
s'	Height difference between the centre of the pump inlet and the centre of the impeller inlet in m

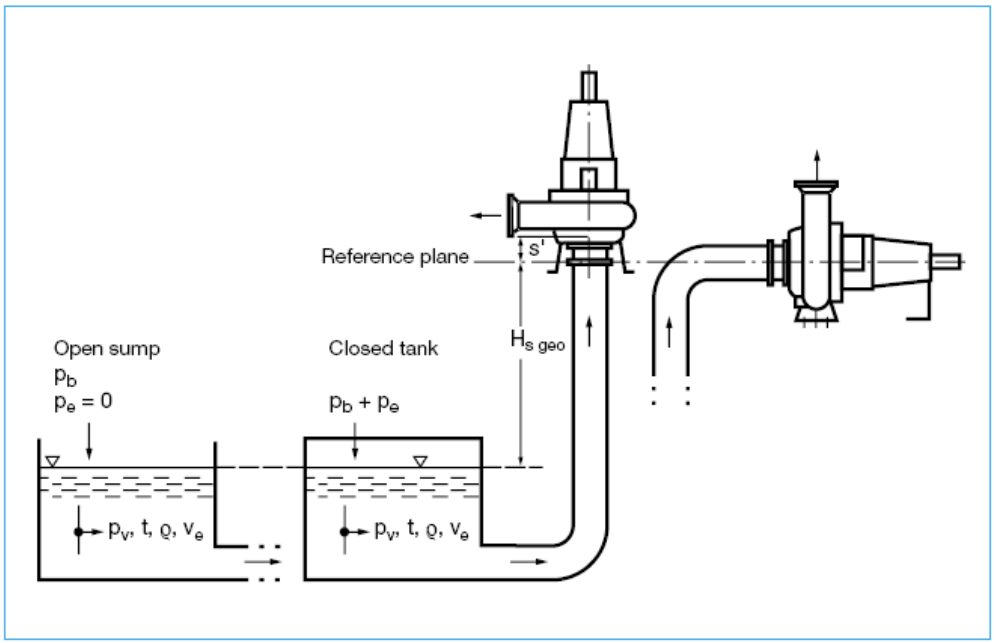
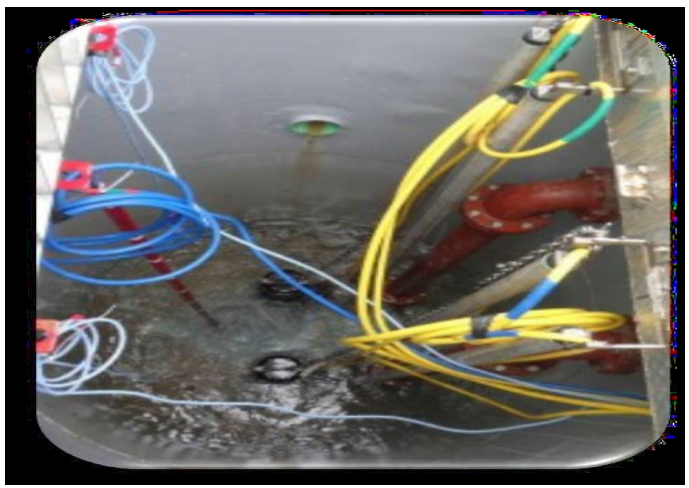
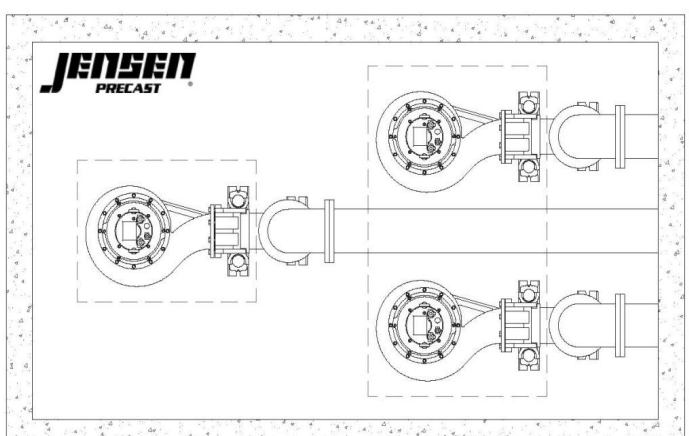


Fig. 36: Calculation of the $NPSH_a$ for suction lift operation for horizontally or vertically installed pumps

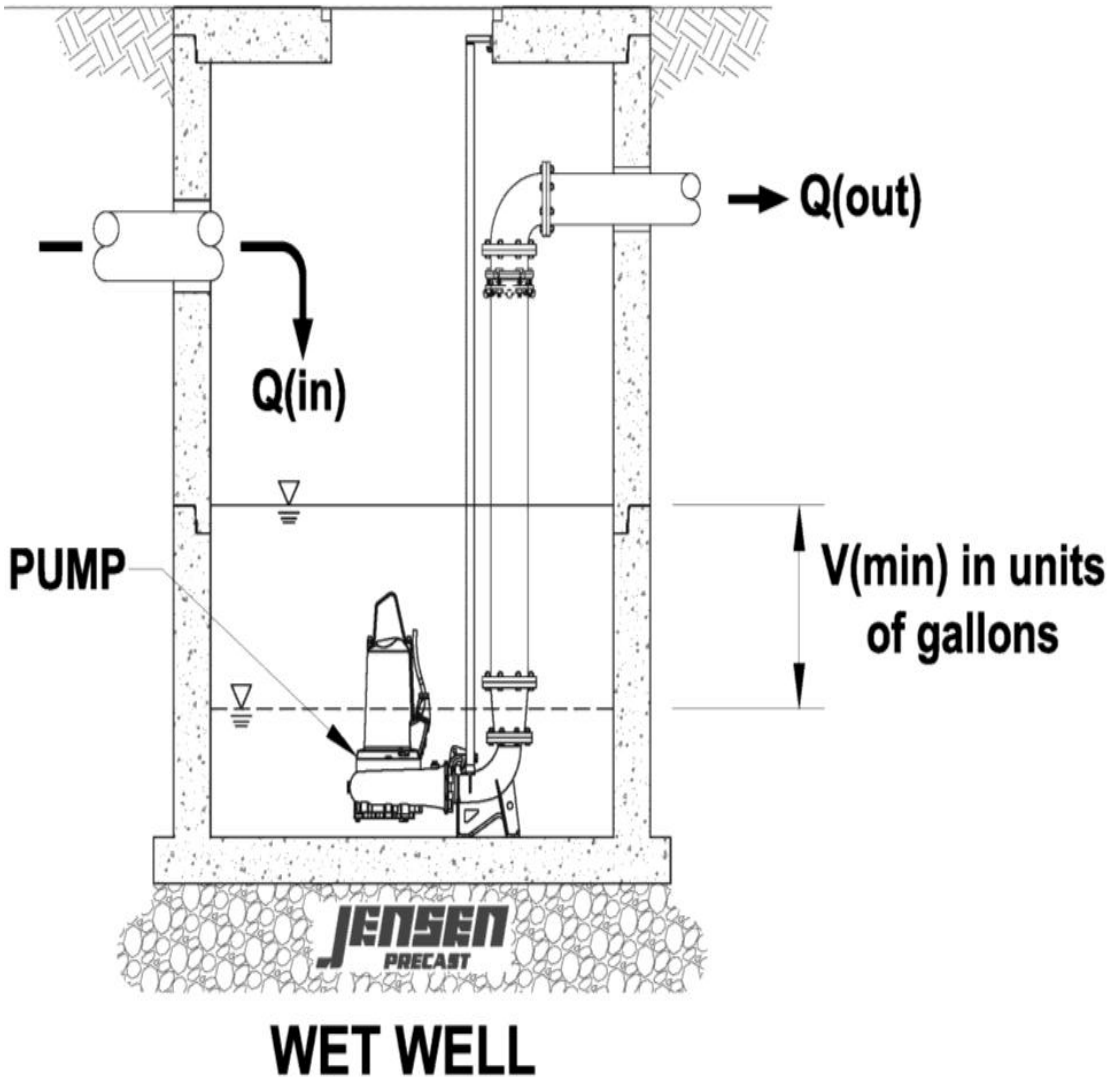
INTRODUCTION TO WET WELL DESIGN





تستخدم معظم محطات الرفع للطلمبات الغاطسة بئر- بيارة مستديره وذلك لانخفاض تكاليف المواد ، وحجم أصغر ، وخصائص قوة الهيكل الدائري.

اذا كان التدفق عالى والمضخات كبيرة الحجم نصمم البئر المستطيل



MINIMUM STORAGE VOLUME

معايير التصميم الأولى التي يجب تحديدها هي إجمالي معدل تدفق النظام والتدفق الذي ستخرج فيه المضخات يمكن العثور على تدفق التفريغ عند تقاطع منحنى النظام ومنحنى أداء المضخة. سيتم تحديد هذه التدفقات على أنها:

QIN = Inflow rate into wet well

QOUT = Discharge flow rate out of wet well

عادة يجب أن يكون الحد الأدنى الموصى به للوقت بين بدء تشغيل المضخة من ثماني إلى عشر دقائق ، أو ما يقرب من ست مرات بدء في الساعةسيتم تمثيل هذه القيم على النحو التالي:

TMIN = Minimum cycle time between pump starts (minutes)

VMIN = Minimum storage volume of wet well to hold/gather fluid during pump off

MINIMUM STORAGE VOLUME

V(min) can be determined by starting with the following equation which relates the inflow, storage volume, and outflow to T(min):

$$T_{MIN} = \frac{V_{MIN}}{Q_{IN}} + \frac{V_{MIN}}{Q_{OUT} - Q_{IN}}$$

Hydraulic Institute Intake Design – 1998 Equation B.1

Assuming the flows entering the wet well have been properly estimated, and an appropriate pump has been selected for the demand, the worst case scenario is that the inflow is twice the rate as the outflow. Or:

$$Q_{IN} = Q_{OUT} / 2$$

Equation V.1

The result of plugging this into the Q_{IN} component of equation 1 and rearranging for V_{MIN} is:

$$T_{MIN} = \frac{V_{MIN}}{Q_{IN}} + \frac{V_{MIN}}{Q_{OUT} - Q_{IN}} = \frac{4 * V_{MIN}}{Q_{OUT}}$$

Equation V.2

Therefore:

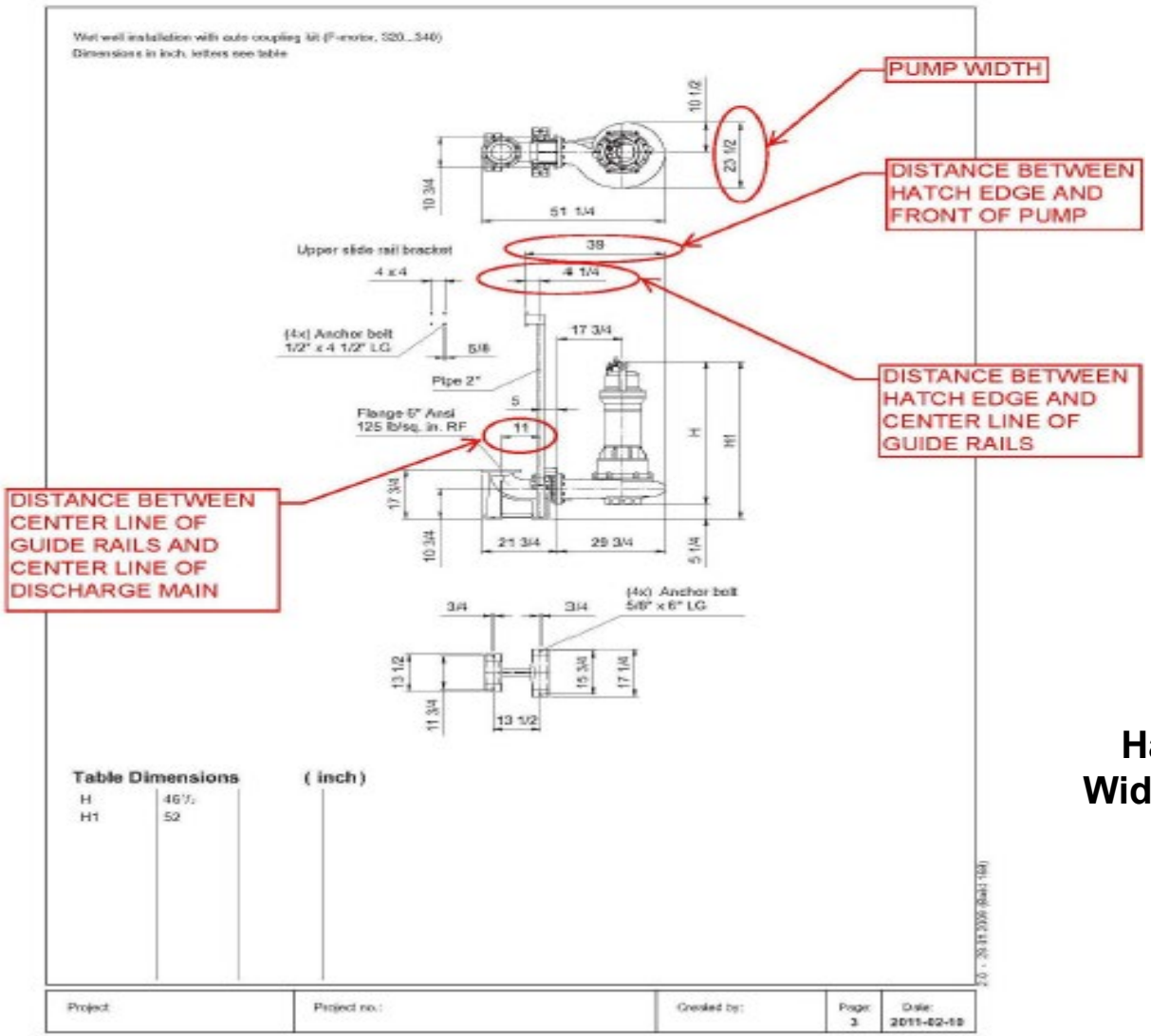
$$V_{MIN} = \frac{T_{MIN} * Q_{OUT}}{4}$$

Equation V.3

HOMA

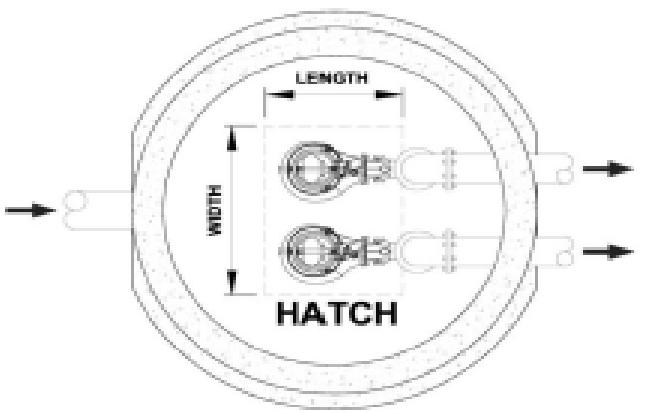
Dimensions

AK636-320/26F/C

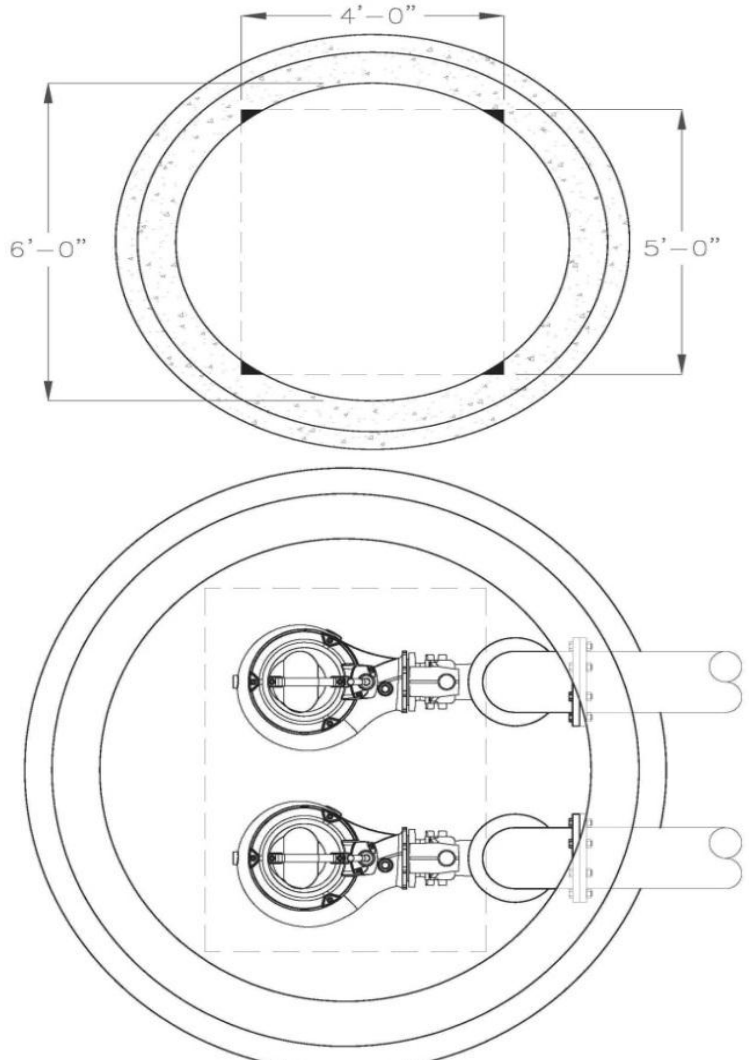


SIZE OF WELL

أولاً ، حدد الأبعاد الأفقية للمضخات بالرجوع إلى أوراق المعلومات الفنية للمضخة المختارة. يتم عرض بعض الأبعاد المهمة في المثال الموجود في الصفحة التالية.



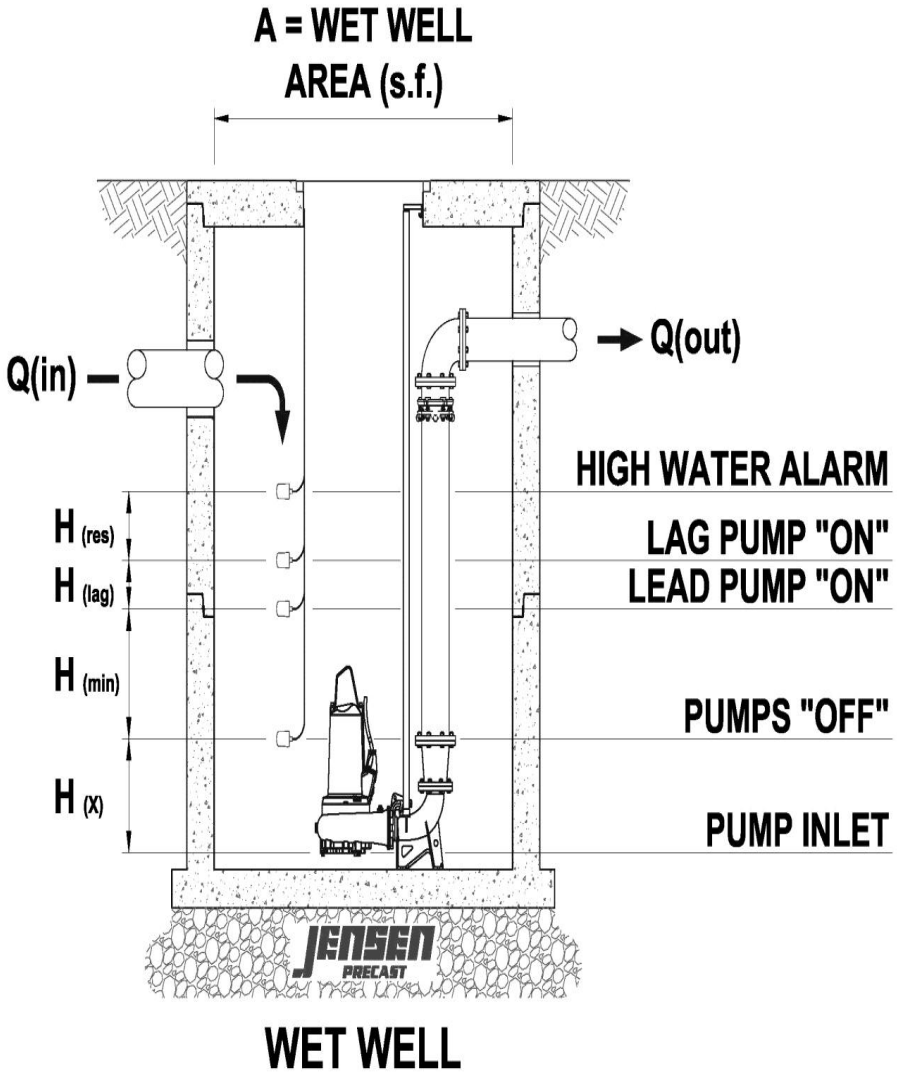
Hatch Width = (Number Of Pumps * Pump Width) + [(Number Of Pumps - 1) * Minimum Pump Spacing]



DIAMETER OF WELL

كقاعدة عامة ، من الأفضل الخطأ مع فتحة أكبر. أحد الأسباب هو مواسير الطرد في كثير من الأحيان يتم تعين الحجم ولكن يتم نسيان أنابيب الطرد في المثال التالي ، يتم تحديد حجم الفتحة بشكل صحيح وتباعد المضخات بشكل صحيح. ومع ذلك ، مع وجود كوع 90 ، فلن تتناسب الحافة داخل البئر ، لذا يجب استخدام فتحة أكبر. أيضًا ، ضع في اعتبارك مخاوف التثبيت مثل التأكد من أن لدى المقاول مساحة عمل كافية لربط الفلنجات في كوع 90. بعض الاعتبارات النهائية عند تحديد حجم قطر البئر الرطب هي قيود الموقع مثل: هل هناك قيود على العمق الذي يمكن أن يكون عليه البئر الرطب ، مثل نوع التربة أو ارتفاع المياه الجوفية؟ قيود الموقع التي من شأنها أن تجبر البئر على أن يكون لها

small footprint

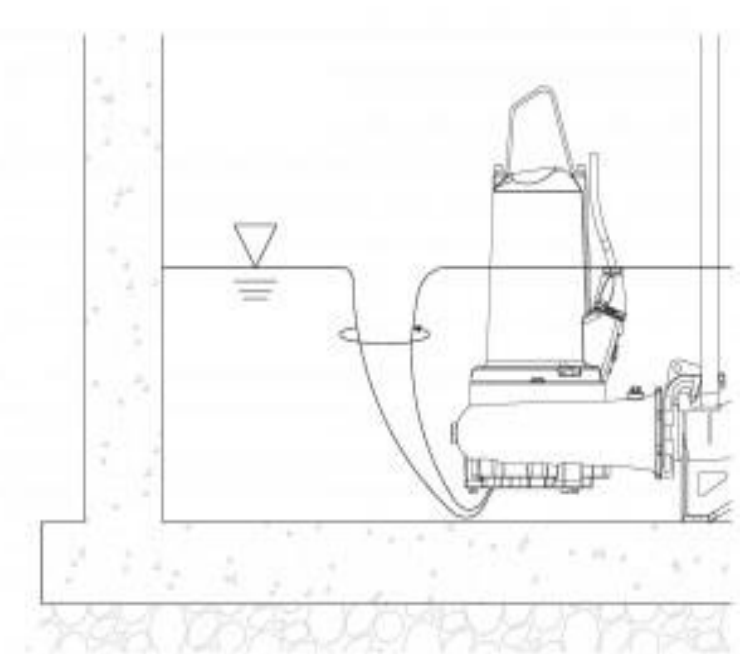


CONTROL ELEVATIONS

الآن بعد أن أصبح حجم التخزين الأدنى معروفًا ، بالإضافة إلى حجم البئر الرطب ، يمكن تحديد ارتفاعات التحكم في النظام. يوجد في نظام الضخ المزدوج 5 ارتفاعات أساسية حرجة

HX = Pump Inlet to the Pumps "Off" Elevation
HMIN = Pumps "Off" to the Lead Pump "On" Elevation
HLEAD = Lead Pump "On" to the Lag Pump "On" Elevation
HRES = Lag Pump "On" to the High Water Alarm Elevation

HX – MINIMUM SUBMERGENCE



الغرض من الحد الأدنى من الغمر هو منع دخول الهواء إلى المضخة. سيؤدي الافتقار إلى الحد الأدنى من الغمر إلى حدوث ما يُعرف باسم "الدوران المسبق" والذي يمكن أن يؤدي إلى دوامة. لمنع حدوث دوامة ، تم تطوير المعادلة التالية وهي الحد الأدنى للمسافة بين مدخل المضخة وارتفاع سطح الماء. في بعض الأحيان ، يُشار إلى H (x) وفي كلتا الحالتين ، يكون الحد الأدنى من الغمر. .Sباسم

$$H_X = D(1 + 2.3F_D)$$

$$F_D = \frac{V}{(gD^{0.5})}$$

D = Inlet Diameter (ft)

g = gravity (32.2 ft/s^2)

V = Velocity (ft/s) of fluid at the inlet and is determined by:

Q = Pump Discharge Flow (cfs)

A = Area of inlet (ft^2)

$$V = Q / A$$

HMIN – MINIMUM STORAGE

H(min) is the distance between the pumps "off" and lead pump "on" elevations. It is determined by the following equation.

$$H_{MIN} = V_{MIN} / A$$

V min = Minimum storage volume (gallons)
A = Cross sectional area of wet well (sq.ft.)

HLAG – LAG STORAGE

Duplex submersible pump stations should be sized so that one pump will be able to handle peak flow events. During events where the inflow exceeds the predicted max flow, the second pump can be used to handle the additional flows. This is where H(lag) comes into play. It is an arbitrary factor of safety set by the engineer. Typically, in smaller flow stations of less than 200 gpm, an H(lag) of at least six inches is recommended. The larger the engineer makes H(lag), the more conservative the system, but material and construction costs will increase.

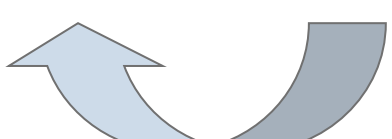
HRES – RESERVOIR STORAGE

As with H(lag), H(res) is a factor of safety built into the submersible pump station. In the event the actual inflow far
exceeds the max predicted inflow, or a pump fails, an alarm is triggered. This alarm signals station operators that
there is a problem. For smaller flow stations (less than 200 gpm) an H(lag) of at least twelve inches is recommended. However, this should be a decision made by the engineer on a system by system basis.

2. Technical specification

Cavitation

- disruption of flow and head
- noise emission increase
- vibration increase
- damage of impeller
- interruption to lubricate (medium lubricated) bearings
- malfunction of axial thrust balancing



NPSH – Net positive suction head

- NPSH is (beside operation flow, - head and required power) one of the most important operating data.

NPSH is related to cavitation

NSPH definition

- NPSHavailable = given NPSH by the design of the system
- NPSHrequired = NPSH, given by the design of the pump

1) **NPSHavailable > NPSHrequired**

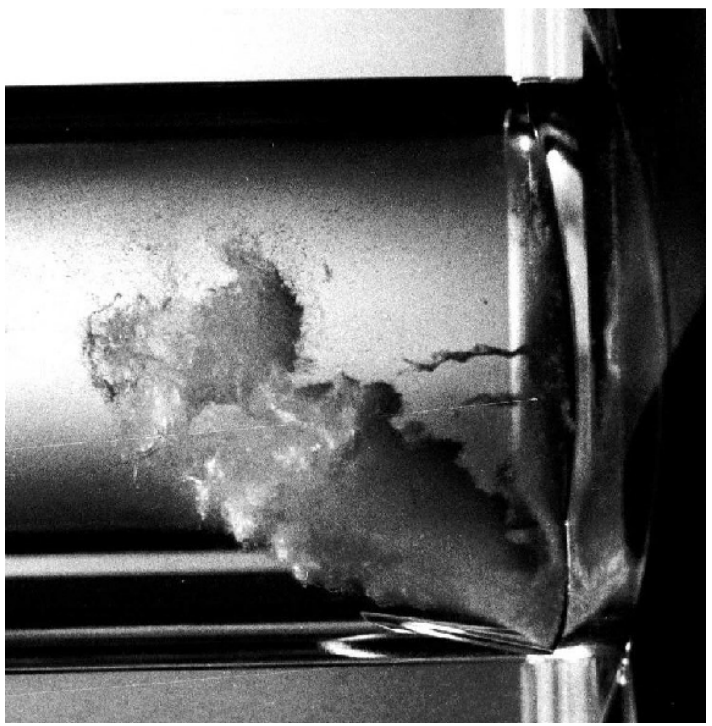
to guarantee the pump operation relliability (= to guarantee that the pumps don´t run into cavitation)

e.g:

What happen in case of a situation where NPSHavailable = 3m and NPSHrequired = 4 m

Cavitation

-gas/vapour bubble (depending to pressure and temperature) and implode on surfaces (micro – jet up to 10^5 bar).



وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ

كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ

معايير التصميم الحديث
New Modern Design Criteria

Sustainability	الاستدامة
Real-ability	الموثوقية
Integrity	الحوكمة
Foot print	البصمة الكربونية
ZLD	صفر تسريب

Pipeline Concept & Design

Bend
90, 45, 22.5
11.25

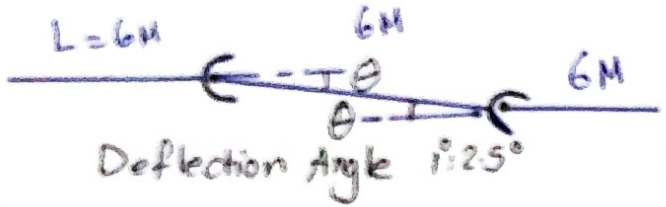
Tee
All socket
or All flange

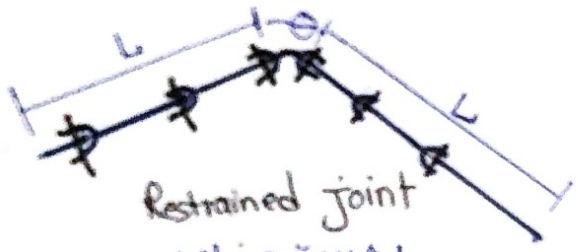
Socket T/W
Flanged branch

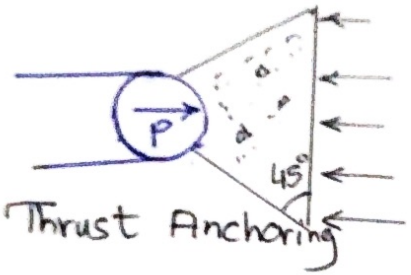
Collar

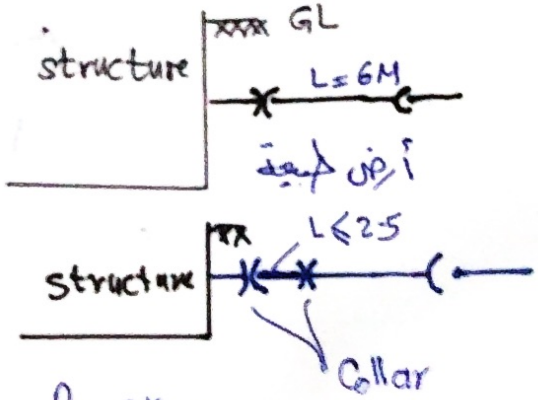
Flanged socket

Flanged spigot









Taper

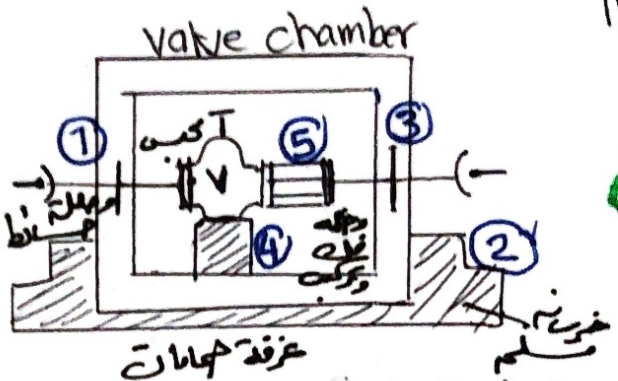
invert level
Tee

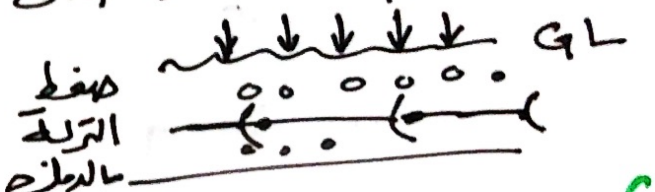
Blank Flange

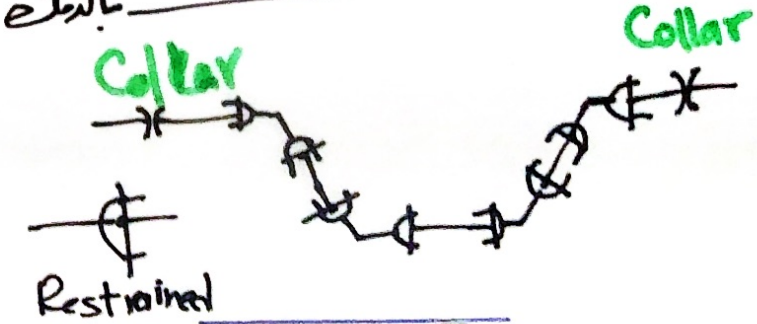
Flanged Cover

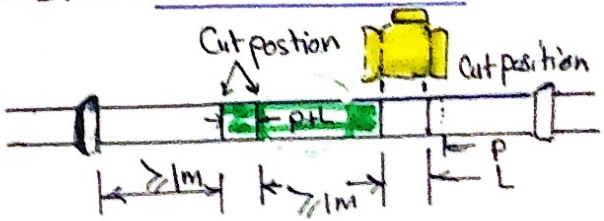
Flange adaptor

Restrained joints

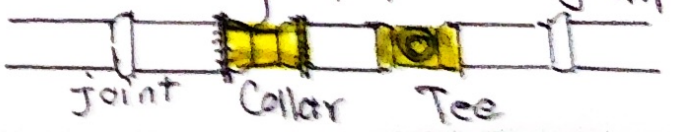








Insertion of Tee into Exisiting pip line



Material of the pipeline

GRP
DI
STEEL
PLASTIC

Type of pipeline

Water supply pipelines
Sewage pipelines
Industrial water pipelines
Agricultural water pipelines

Ductile iron pipe is highly accepted because of its excellent strength, durability and laying workability.يتم قبول أنابيب حديد الدكتايل بشكل كبير بسبب قوتها الممتازة ومتانتها وقابليتها للتشغيل

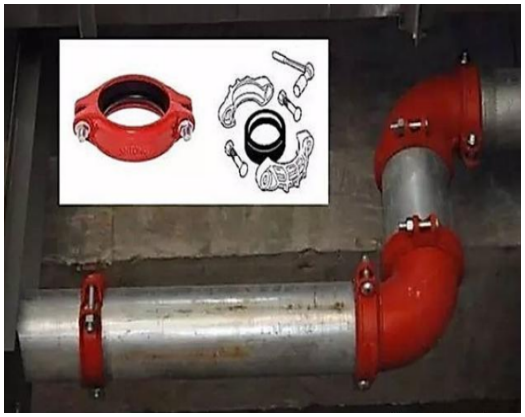
Common Connection Method of Pipeline

Threaded

Spigot and Socket

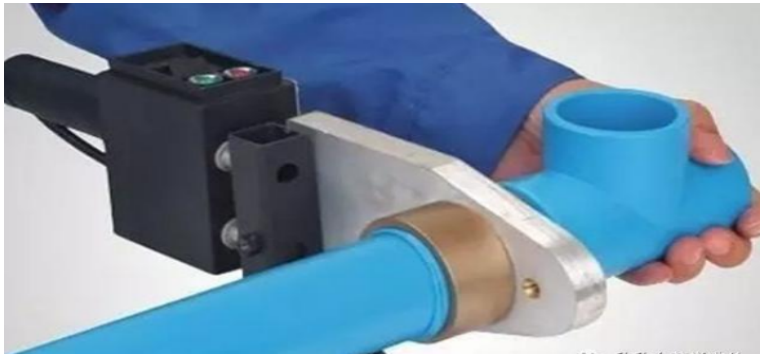
FLANGED

Card sleeve



Clamp

Welding



Hot melt

Compression

PIPELINE COMPONANTS

Air Valve

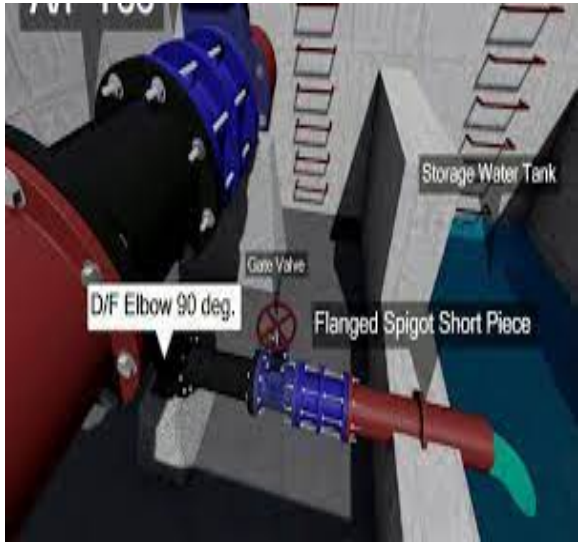
NRV

THRUST BLOCK

Soil Compaction

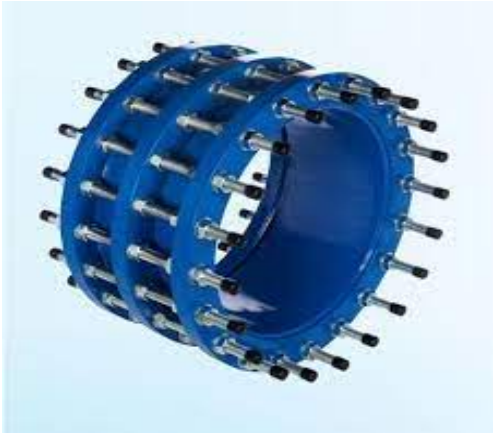
AIR VALVE CHAMBER

VALVE CHAMBER



WASHOUT CHAMBER

PIPELINE FITTINGS AND ACCESSORIES



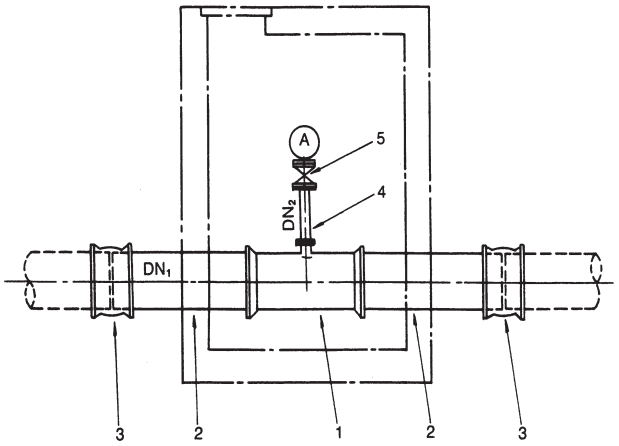
Dismantling Joints

Ductile Iron MJ Collar

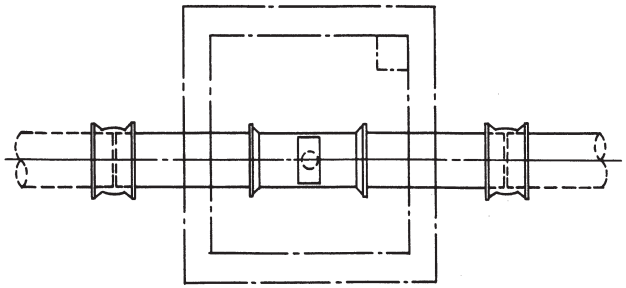
BUTTERFLY VALVE

Flange Adaptor

Pipe Arrangement in Chambers



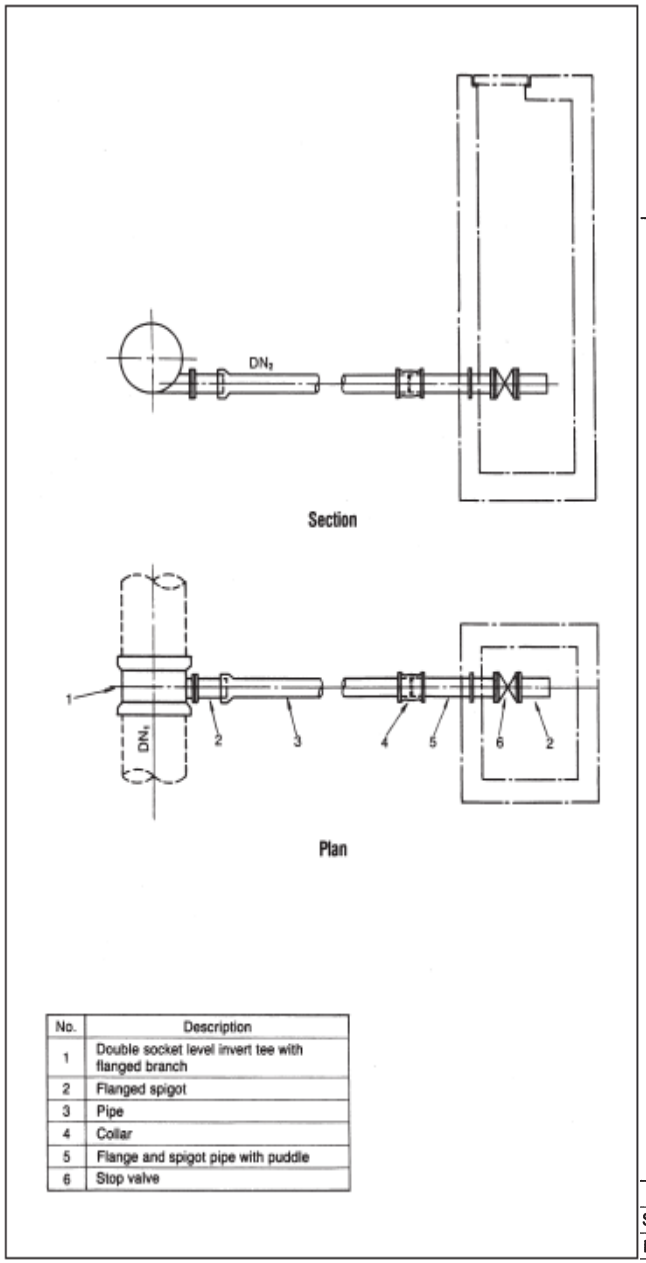
Section



Plan

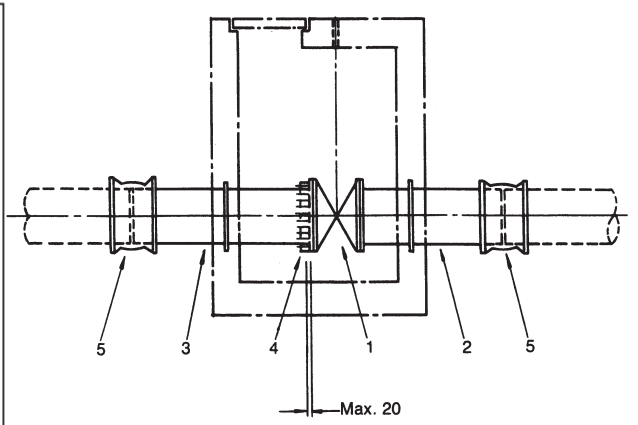
No.	Description
1	Double socket tee with flanged branch
2	Double spigot pipe
3	Collar
4	Double flanged pipe
5	Stop valve

Air Relief Valve Chamber

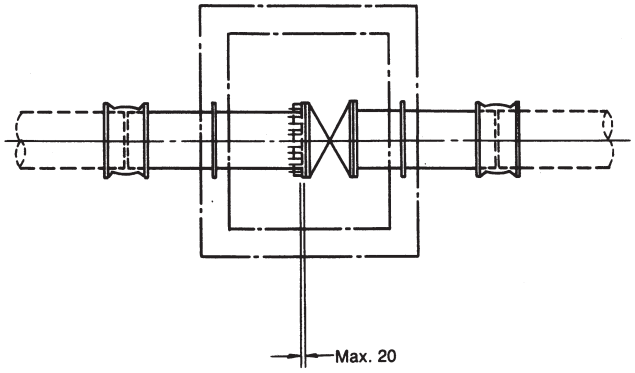


No.	Description
1	Double socket level invert tee with flanged branch
2	Flanged spigot
3	Pipe
4	Collar
5	Flange and spigot pipe with puddle
6	Stop valve

Washout Chamber



Section



Plan

	Description
	Stop valve
	Flange and spigot pipe with puddle
3	Double spigot pipe with puddle
4	Flange adapter
5	Collar

Valve Chamber

Pipeline Integrity Management Practices

Leak detection
Visual inspection of pipe

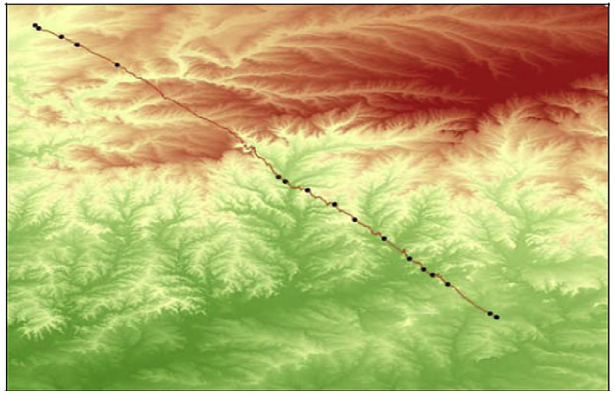
Remote sensing by satellites
Line patrols flying over pipeline
Daily checking of pumps running

Checking of pressure regulators

pressure-relief valves.

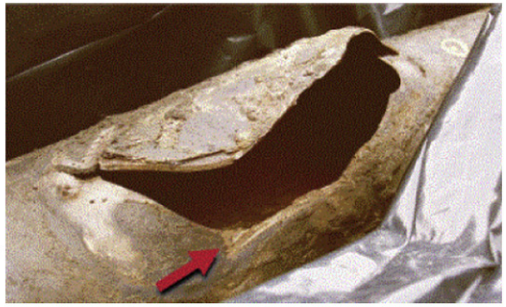
Checking of control valve

Inspection tools and pressure testing



Pipeline Integrity Management Practices

Metal loss tools (corrosion tools)
Magnetic flux leakage (MFL):
Ultrasonic:



Images taken from OPS website: ops.gov.com

Crack detection tools

Ultrasonic crack detection:

Transverse magnetic flux leakage:

Elastic wave tool:

Geometry tools

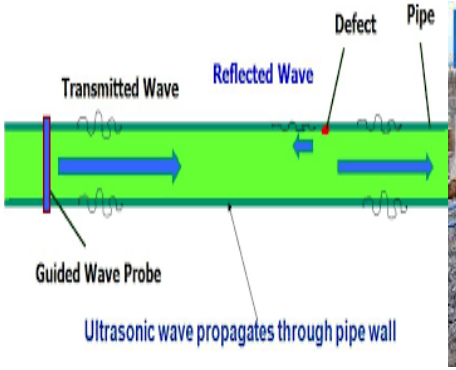
Caliper tools:

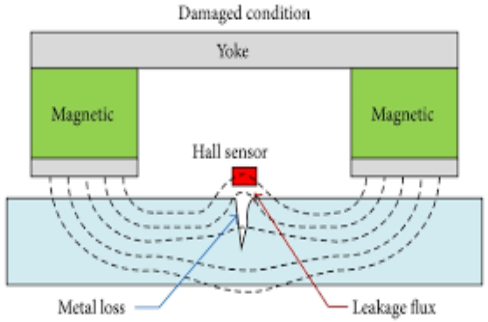
Pipe deformation tools:

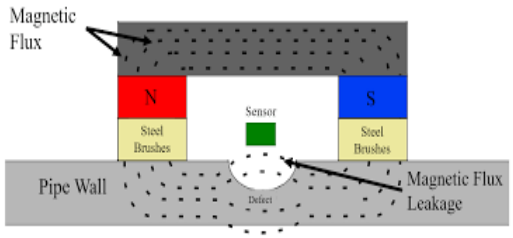
Mapping tools

Long range guided waveinspection

Hydrostatic testing

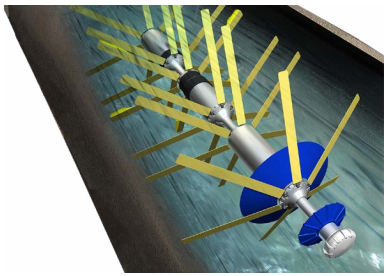






Pipeline Condition Assessment Services

Technologies and expertise to detect leaks, gas pockets and structural weaknesses in pipes and prevent network failure, Xylem can help you to find the exact location of problem areas, to detect and fix weaknesses before they cause a major shutdown.



PipeDiver®

Pipeline condition assessment

Xylem's pipeline condition assessment services can shed more light on the health of your most critical pipe infrastructure.

Xylem's solutions can address the needs of both metallic and concrete pipes in water main networks and sewer rising mains.

The assessment approach includes a preliminary analysis for the selection of the specific technology, the pipe assessment for the detection of defects and gas pockets that are sources of failure, and finaly a risk assessment for the evaluation of main failure and its consequences.

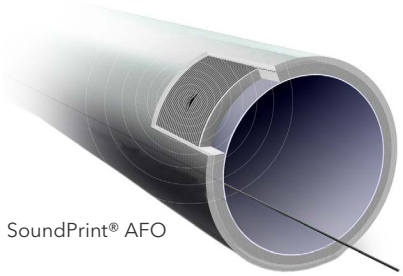
Sahara® , SmartBall®

Inline leak detection

Xylem's inline leak detection solutions can accurately locate leaks in your water transmission mains by bringing the sensor at the source of the leak.

Identifying leaks and their severity can help prioritize the most critical sections in need of urgent attention as operators cannot afford to shut down the service completely and excavate large portions of a city street to search for suspected leaks.

The accuracy of inline leak detection can effectively reduce shutdown and excavation times, allowing operators to carry out fiscally responsible and efficient repair projects.



SoundPrint® AFO

24x7 pipe condition monitoring

Xylem's acoustic fiber optic technology allows for continuous monitoring of prestressed concrete cylinder pipes (PCCP) to identify critical issues in real-time, thereby enabling network operators to take prompt corrective action to prevent failures.

The monitoring system is able to identify wire wrap breaks, alerting asset managers when there is an unacceptable increase in activity that could lead to pipe failure.

Xylem's transient pressure monitoring analyses the operating pressure in a pipeline to understand the system hydraulics and the effect of pressure surges.

	SmartBall® Leak Detection	Sahara® Leak Detection	PipeDiver® Ultra
Tool Type	Free-Swimming	Tethered	Free-Swimming
Pipe Materials	All	All	Steel, Ductile Iron and Cast Iron
Pipe Diameter	250 mm and larger	250 mm and larger	450 mm to 1320 mm
Typical Location Accuracy	± 2 m	± 0,5 m	50 mm by 20% wall loss
Insertion point size	100 mm or larger	50 mm or larger	≥ 300/400 depending on the insertion
Inspection Length	Up to 24 hours	0,8-1,5 km per insertion	Up to 14 hours
Pipeline Mapping	Yes	Yes	Yes
Inline video	No	Yes	Yes

LESONS LEARNED

نظام توزيع المناطق والكتل السكانية

تستخدم معظم المياه اليابانية هذا النظام خدمات. إنه فعال للغاية في تقليل التسرب والحفاظ على الاستقرارالإمداد عن طريق تحسين ضغط المياه في خطوط أنابيب التوزيع

قياس التدفقات في مناطق صغيرة للسماح بالكشف المبكر عن الحالات غير الطبيعية

تحديد موقع الأنابيب المكسورة بسرعة

السماح للمشغلين بإجراء تعديلات فورية على التوزيع

.الطريق والتبديل إلى مصدر احتياطي

الكتل الكبيرة والصغيرة تسمح الكتل الكبيرة بالتبديل بين الماء

مصادر ومحطات معالجة المياه. الكتل الصغيرة هي مناطق منفصلة داخل كتلة كبيرة لتبديل مسار التوزيع أثناء صيانة

.شبكة الاتصال

تعديل جذري في شبكة إمدادات المياه غير المنظمة وتحسينها

التشغيل والصيانة بإدخال نظام محوسب

يجعل النظام من السهل التعرف على أنابيب التوزيع المعطلة وتوفيرإمدادات احتياطية لتقليل تعليق الخدمة

ربط متقدم بين مصادر المياه وخزانات التوزيع

تحويل مصادر المياه بالتحكم عن بعد في تشغيل الصمام

تقليل التسرب في وحدات البلوك. نظام جاف تماما

مركز إدارة المياه ونظام الخرائط المتقدم جدا

.فعال في تقليل التسرب

أنظمة التوزيع على أساس الخصائص الطبوغرافية (بما في ذلك موقع مصادر المياه ومحطات المعالجة) يساهم في عمليات تزويد المياه بكفاءة.

DESIGN OF CIRCULAR LINER PIPE TO RESIST EXTERNAL HYDROSTATIC PRESSURE

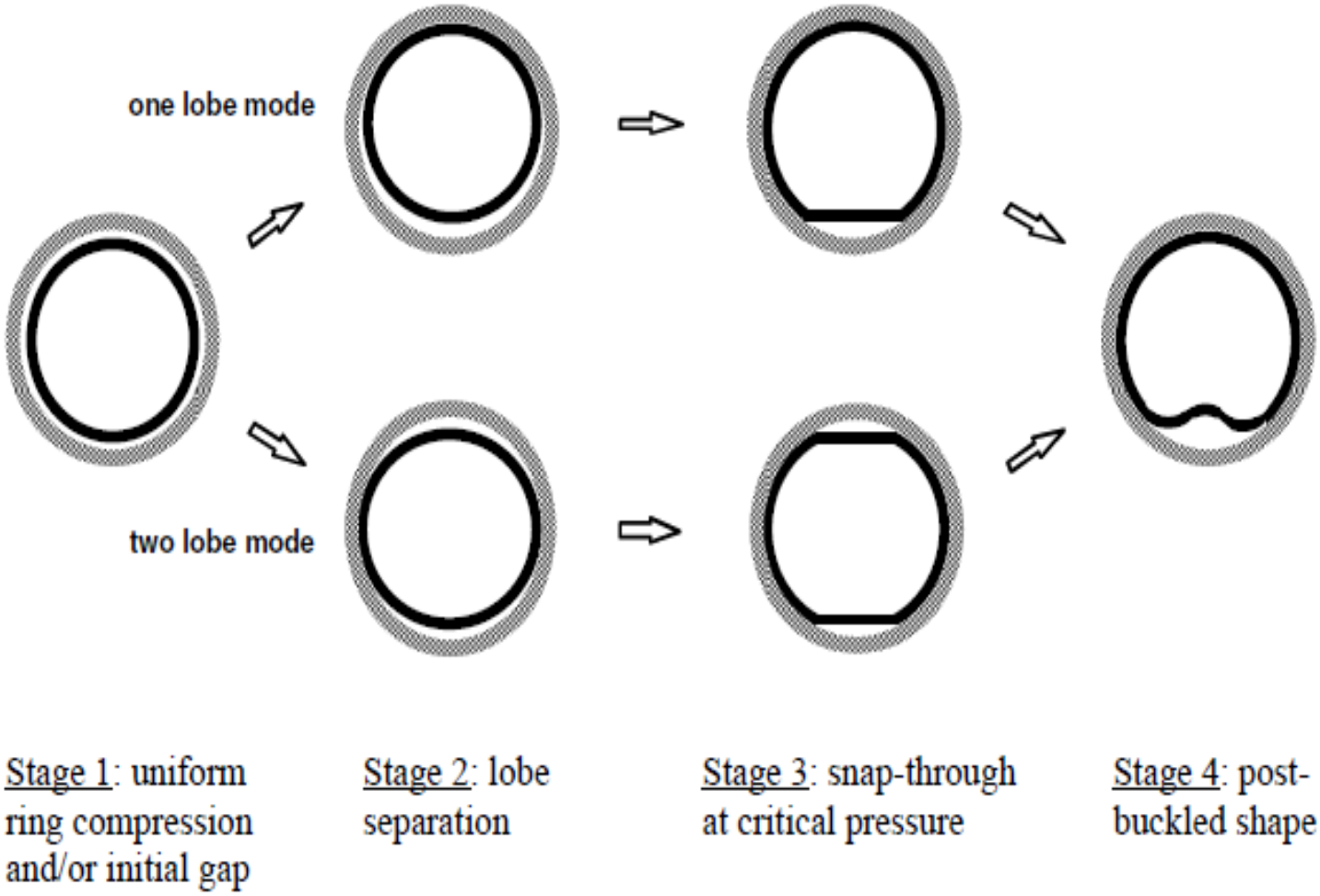
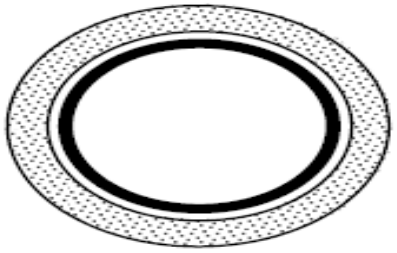
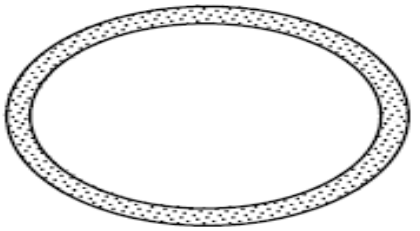


Figure 4 Steps in non-linear hydrostatic buckling of encased circular liner pipe (liner deformations fully consistent with boundary conditions)

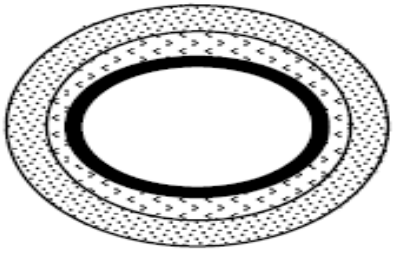
DESIGN OF CIRCULAR LINER PIPE TO RESIST EXTERNAL HYDROSTATIC PRESSURE



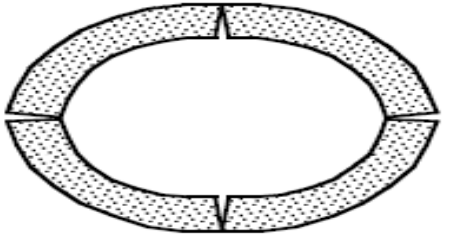
Gap (e.g. due to thermal shrinkage of liner)



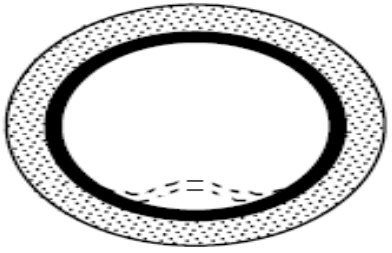
Ovality — elliptical (deformed flexible pipe)



Ovality (e.g. deformation of grouted slip-lined pipe)

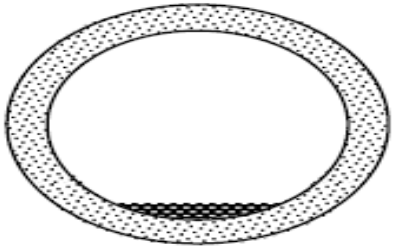


Ovality — 4-hinge (deformed rigid pipe)



Longitudinal (e.g. original fold line of close-fit pipe)

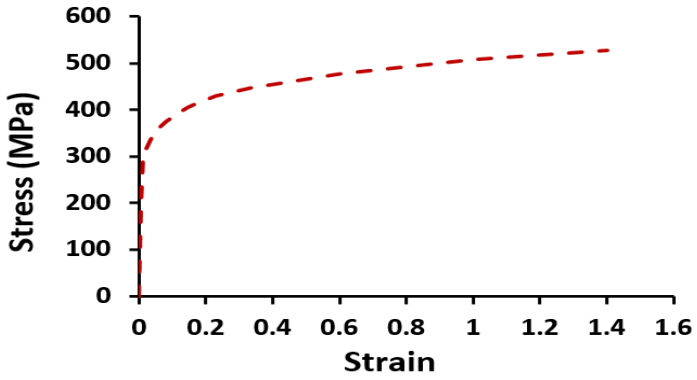
a) CHARACTERISTIC



Longitudinal (e.g. flat invert due to residual sediment)

b) SYSTEM

Figure 7 Examples of characteristic (renovation technique) and system (host pipe) imperfections affecting liner buckling resistance



Stress-strain curve of material.

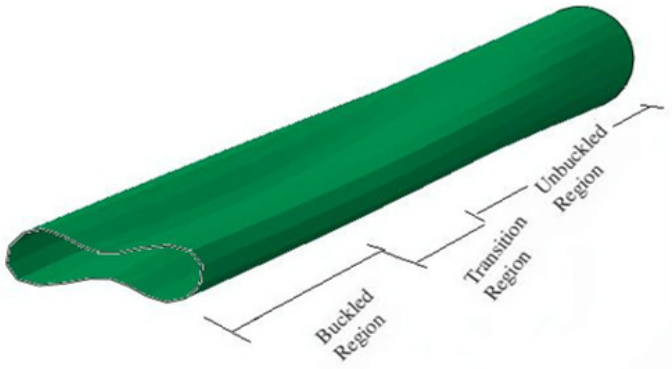
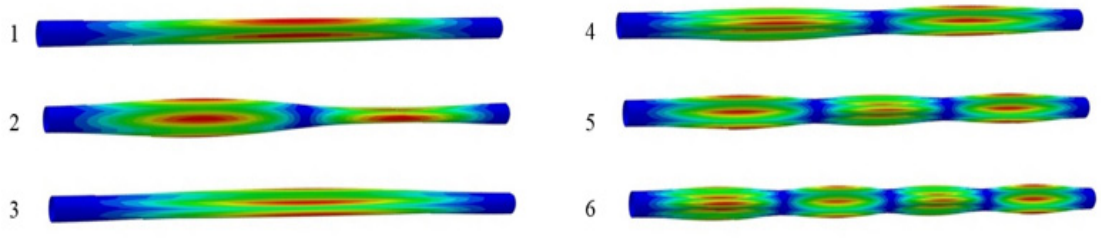


Figure 1: Shape of deformation caused by local buckling and its propagation.



Buckling modes resulting from buckling analysis for steel pipe specimens.

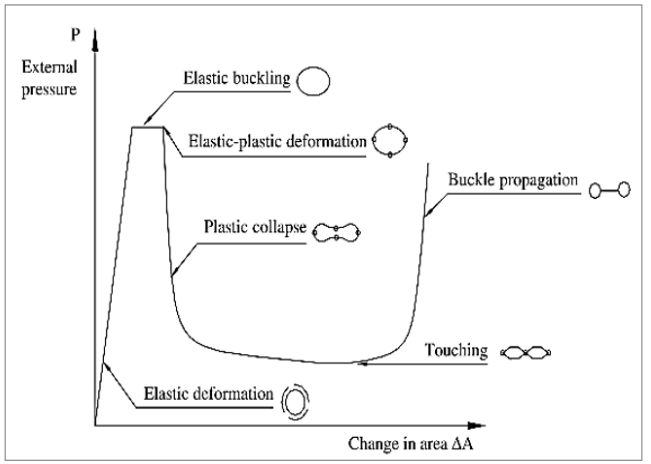
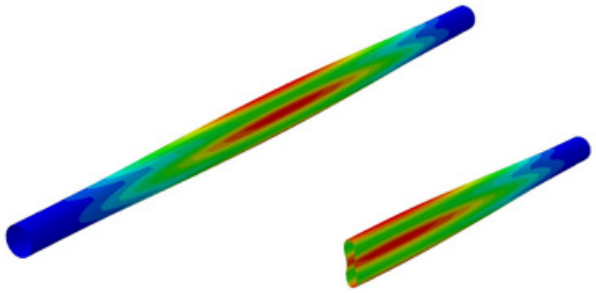


Figure 2: Elastic, elasto-plastic, and plastic behaviors of the pipeline [11].



The large deflection collapses of the pipeline in response to external pressure.

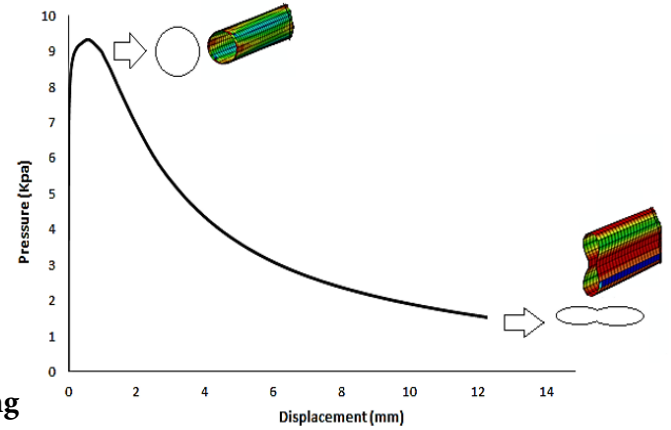


Figure 3: Development of yield lines with buckling propagation during the post-buckling stage [11].

تأثير نسبة القطر إلى السماكة على خط الأنابيب المعرض للضغط الخارجي

The major factors affecting the failure load are the environmental conditions (type of loading and load history) geometry of the pipe (diameter to thickness ratio; D/t) mechanical properties of the pipe material, presence of initial geometric imperfections.

يمكن للأنبوب ، (D / t) وجدت هذه الدراسة أنه بالنسبة للقطر الثابت لنسبة السماكة الذي له قطر وسمك أعلى أن يحافظ على أحمال أكبر بنسبة 10 إلى 22 في المائة في نهاياته ، مما يشير إلى التأثير المباشر للقطر والسمك على الإجهاد الناجم في الأنبوب. إلى انخفاض ضغط الانهيار المحلي للأنبوب. D / t بشكل عام ، يؤدي الانخفاض في ينتشر التواء عند ضغوط منخفضة تصل إلى 20 إلى 25 في المائة من ضغط الانهيار.

Contents

General Pipeline Design

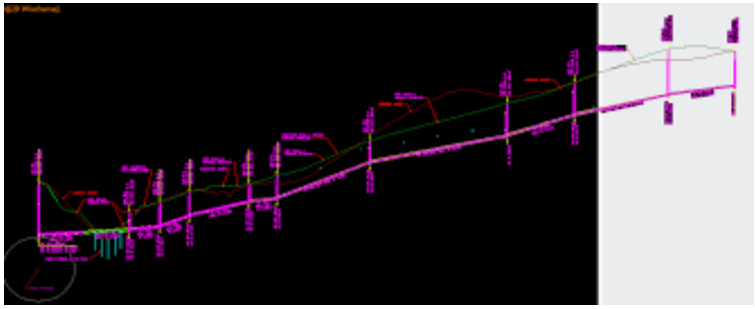
Layout of Pipeline

Water Hammer

Design of Ductile Iron Pipe

Thrust Anchoring

Corrosion Protection



PIPELINE DESIGN ISSUES

Design process

Almost always the process starts with certain defined parameters:-

- **Flow to be delivered**

In the case of a main transfer pipeline this would probably be a max daily volume. If pumped then there may be constraints on the pumping hours.
For a potable distribution system, you need to know the peak demands, the variation of those demands daily, weekly and seasonally.
In the case of a sewage collection system, average and peak dry weather and peak storm flows at entry to the system.

- **Source levels and possible variations in those levels**
- **Delivery locations and levels or, in the case of a distribution system, the minimum pressure to be maintained at supply points**

دائمًا تقريبًا تبدأ العملية ببرامترات محددة محددة

التدفق المراد تسليمه
في حالة وجود خط أنابيب نقل رئيسي ، من المحتمل أن يكون هذا الحد الأقصى لحجم التداول اليومي. إذا

بعد ذلك قد تكون هناك قيود على ساعات الضخ
بالنسبة لنظام التوزيع الصالح للشرب ، فأنت بحاجة إلى معرفة متطلبات الذروة ، وتنوع
تلك المطالب اليومية والأسبوعية والموسمية
في حالة نظام تجميع مياه الصرف الصحي ، متوسط الذروة والطقس الجاف وذروة الامطار عند دخول البيارة

مستويات المصدر والاختلافات المحتملة في تلك المستويات
مواقع التسليم ومستوياته أو ، في حالة نظام التوزيع ، الضغط الأدنى يتم الاحتفاظ بها في نقاط الضخ

Further Design Issues For Raw Water And Sewage PumpingSystems:

- Security of supply - for raw water main to treatment works may need to consider twin pipes or local storage
- May need to transport sediment - possibly higher velocities
- Organic slimes likely to develop on pipe walls:roughness may increase with time disinfection may be required
provision for pigging/swabbing may be required
- Contamination probably not an issue - negative pressure may be acceptable under some conditions.

تأمين الإمداد - بالنسبة للمياه الخام الرئيسية لأعمال المعالجة ، قد تحتاج إلى التفكير في أنابيب مزدوجة أو التخزين المحلي

- قد تحتاج إلى نقل الرواسب - ربما بسرعات أعلى
- الطين العضوي المحتمل أن يتطور على جدران الأنابيب:
قد تزداد الخشونة مع مرور الوقت
قد تكون هناك حاجة للتطهير
قد تكون هناك حاجة لتوفير الخنزير / المسحة
قد لا يكون التلوث مشكلة - قد يكون الضغط السلبي مقبولاً تحت البعض الظروف

Further Design Issues For Potable Water Systems

- Security of supply - reticulation requirements?
- Deterioration of pipe lining in service - eg hard water? The roughness may increase with time
- Velocity limitations? No sediment to transport but may be restrictions on high velocity to prevent re-suspension of fine material.
- Potential for contamination entry at air valves, pipe joints. Negative pressures must be avoided
- Disinfection requirements? Residual chlorine levels? Possible need for re-chlorination in extensive system or long pipeline.

- تأمين التوريد - متطلبات الربط الشبكي؟
تدهور بطانة الأنابيب أثناء الخدمة - مثل الماء العسر؟ قد تزيد الخشونة مع زمن
- قيود السرعة؟ لا توجد رواسب للنقل ولكن قد تكون هناك قيود على السرعة العالية لمنع إعادة تعليق المواد الدقيقة.
احتمالية دخول التلوث في صمامات الهواء ووصلات الأنابيب. يجب أن تكون الضغوط السلبية
تجنبها
متطلبات التطهير؟ مستويات الكلور المتبقية؟ الحاجة المحتملة لإعادة الكلورة في
نظام واسع أو خط أنابيب طويل

The design process then covers some or all of the following activities but rarely in a nice logical linear sequence!

1. Decide route (approximately);
2. Initial sizing of pipe - ideally carry out optimisation of capital and operating costs. Consider pipe material.
3. Consider:
   - pipeline longitudinal profile and its influence on the hydraulic operation
   - overall system operation
   - need for pumping and number of stations
   - the system control philosophy and the range of potential operating conditions
4. Carry out initial hydraulic design and assess maximum working pressures.
5. Make an initial assessment of surge problems and consider need for surge protection.
6. If necessary, reconsider route and longitudinal profile.
7. Consider security and safety.
8. Finalize pipe size(s) and carry out detailed hydraulic analysis.
9. Define pump duties, number of pumps and range of operation.
10. Consider air valve and washout locations.
11. Finalize route and depths of cover.
12. Carry out structural design:-
    - consider soil loadings
    - vehicular and other live loadings
    - potential for internal sub-atmospheric pressures
    - temperature induced loads
13. Consider corrosion protection requirements
14. Consider need for pigging and/or swabbing
15. Finalise design of surge protection, valving requirements, thrust blocks etc.
16. Produce construction drawings, specifications etc

SUMMARY OF PIPELINE SYSTEM DESIGN

1. Think in terms of the energy line - the hydraulic gradient
2. Unless energy is put into the flow (eg pumping) energy must be lost and the total energy line must reduce in the direction of flow.
3. The pipeline pressure head is the difference between the piezometric level and the pipeline invert. i.e. it is a function of the pipeline profile as well as the hydraulic gradient.
4. Generally the velocity head is small relative to the pipeline pressure. Thus the pressure in the pipe can usually be taken as the difference between the total energy line and the pipeline level.
BUT this is not true if the pipeline velocities are high and the pressures are low
5. Draw the pipeline profile and total energy lines for the full range of flows and pipeline roughnesses. Consider the cases of maximum and minimum pumping conditions and zero flow.
6. Draw the system curves and pump curves over the full range of possible operation. Consider appropriate duty requirements for pump(s)
7. Consider potential run-out, need for throttling, NPSH requirements
8. At an early stage consider how the system is going to be controlled.

1. فكر من منظور خط الطاقة - التدرج الهيدروليكي
2. ما لم يتم وضع الطاقة في التدفق (مثل الضخ) ، يجب فقدان الطاقة ويجب أن ينخفض خط الطاقة الإجمالي في اتجاه التدفق.
3. رأس ضغط خط الأنابيب هو الفرق بين مستوى قياس الضغط وانعكاس خط الأنابيب. أي أنها دالة في ملف تعريف خط الأنابيب بالإضافة إلى التدرج الهيدروليكي.
4. بشكل عام ، يكون رأس السرعة صغيرًا بالنسبة لضغط خط الأنابيب. وبالتالي ، يمكن عادةً اعتبار الضغط في الأنبوب بمثابة الفرق بين خط الطاقة الإجمالي ومستوى خط الأنابيب.
ولكن هذا ليس صحيحا إذا
سرعات خط الأنابيب عالية والضغوط منخفضة
5. ارسم ملف تعريف خط الأنابيب وخطوط الطاقة الإجمالية للمجموعة الكاملة للتدفقات وخشونة خطوط الأنابيب.
ضع في اعتبارك حالات الحد الأقصى والحد الأدنى من شروط الضخ والتدفق الصفري.
6. ارسم منحنيات النظام ومنحنيات المضخة على النطاق الكامل للتشغيل المحتمل. مراعاة متطلبات العمل المناسبة للمضخة ((المضخات
7. النظر في النفاد المحتمل ، والحاجة إلى الاختناق ، ومتطلبات NPSH
8. في مرحلة مبكرة ، فكر في كيفية التحكم في النظام.

وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ

كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ

DI PIPELINE DESIGN

Contents

Pipe Diameter Selection

Water Hammer

Design of Ductile Iron Pipe

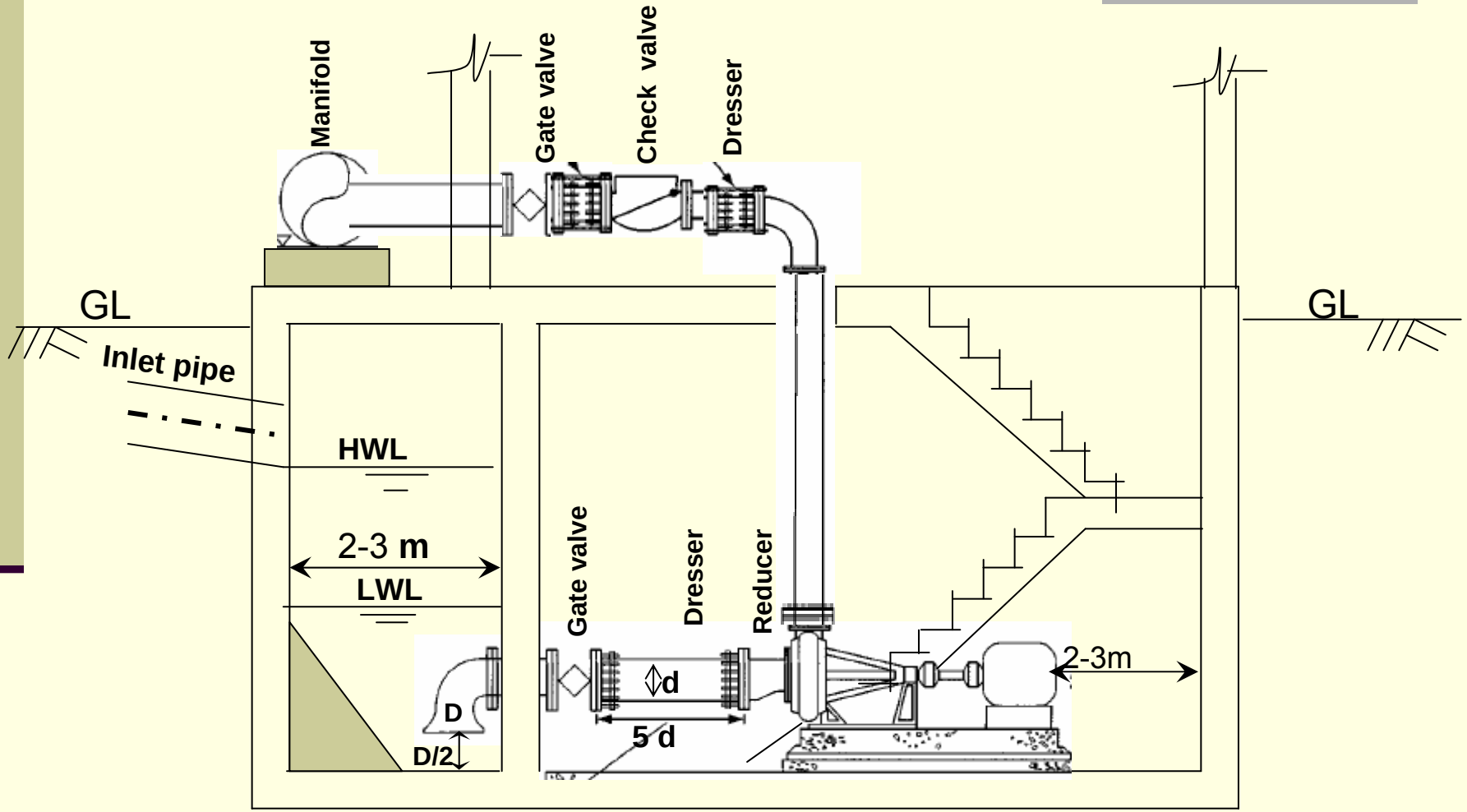
5.3 main components of WW pumping station

Dry Well

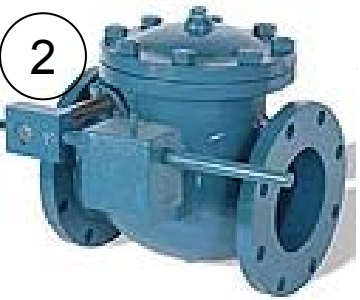
Fig. 5.9 Dry room for dry pumps

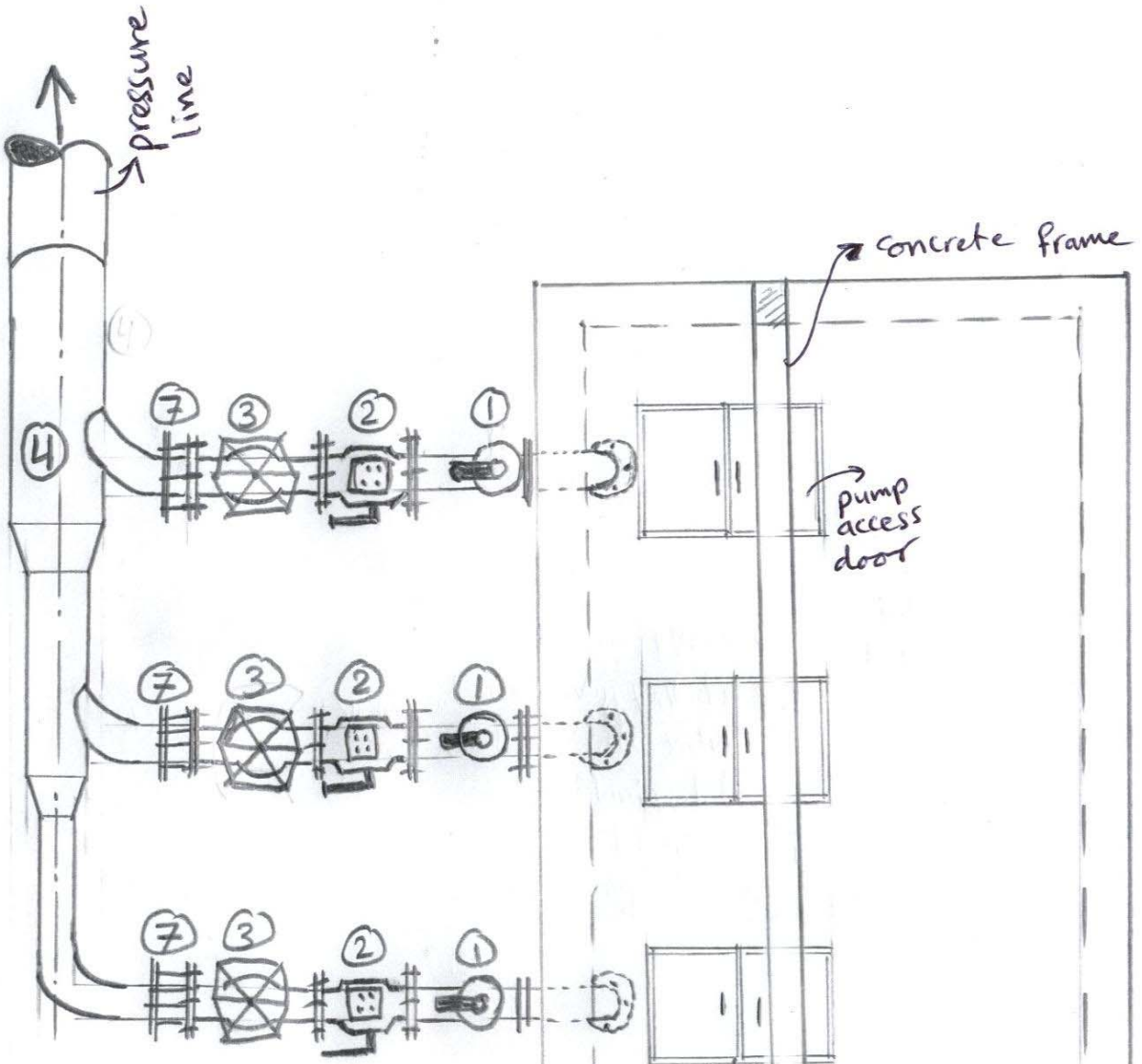
Design of the main components of WWPS

Dry well installation



Typical dimensions of the vertical section of dry well installation





① Air release valve
② Non return valve
③ Gate valve
④ Manifold
⑦ Dresser (flexiable joint)

plan of the wet well

Pipe Diameter Selection

The volume of water delivered through a pipeline depends on the following factors:

1) Head (or pressure) of water available at the source, i.e. pump or reservoir
2) Difference of elevation between source and discharge point
3) Diameter of pipeline
4) Friction head loss caused by pipeline
5) Friction head losses caused by fittings, valves, etc.

The diameter of the pipeline is thus selected based on the head (pressure) loss.

Calculation of Head Loss

The head loss of the pipeline is expressed as a function of pipe diameter, pipeline length and flow velocity of water in the pipeline by the general formula:

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

Where, h : Head loss (m)
L : Length of pipeline (m)
D: Diameter of pipe (m)
(Normally nominal diameter presented in meter is used.)
V : Flow velocity (m/s)
g : Acceleration of gravity (= 9.8 m/s²)
f : Head loss coefficient

The coefficient "f" is a function of the flow velocity, the liquid conveyed and characteristics of the pipeline (diameter and surface condition of the pipe). There are numerous formulas for the calculation of "f".

Required Head

$$H = H_a + h_l + \frac{V_d^2}{2g} + \frac{1000(P_d - P_s)}{\gamma}$$

H_a : Actual head (m)
h_l : Total head loss (m)
V_d : Flow velocity at the end of the discharge piping (m/s)
$V_d^2/2g$: Discharge velocity head (m)
P_d : Pressure exerted on the discharge water surface (MPa)
P_s : Pressure exerted on the suction water surface (MPa)
γ : Specific weight of pumped liquid (kN/m³)

When both the suction and discharge water surfaces are open to the atmosphere, the total head of the pump is obtained by the following equation.

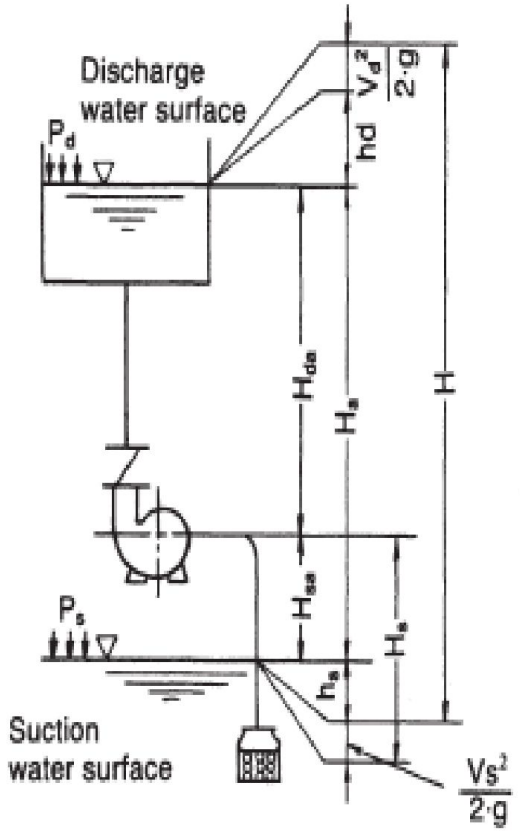
$$H = H_a + h_l + \frac{V_d^2}{2g}$$

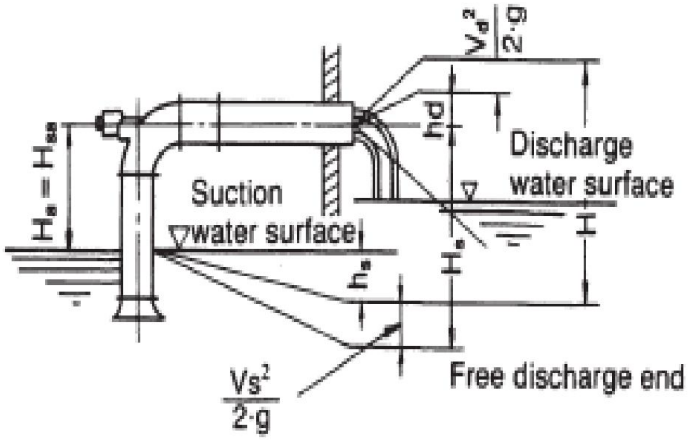
or

$$H = H_a + H_l$$

Where, H_l: Total head loss including the discharge velocity head (m)

Fig. 4-14





H : Total head (m)
H_a : Actual head (m)
H_{sa} : Actual suction head (m)
H_{da} : Actual discharge head (m)
H_s : Total suction head (m)
h_s : Total loss of suction head (m)
h_d : Total loss of discharge head (m)
$V_s^2/2g$: Suction velocity head (m/sec)
$V_d^2/2g$: Discharge velocity head (m/sec)

Allowable Flow Velocity

The recommended allowable flow velocity in ductile iron pipes, for design purpose, is shown in Table 4-6 and no more than 5 m/s.
Water passing through the pipeline at a high velocity will abrade the lining. High flow velocity will increase the head loss in the pipeline and requires larger pipe diameter or higher pump head. It is recommended in many cases adopting a large pipe diameter even though the initial cost is higher, because the difference of the material cost and operation cost will be fully compensated by lower operation cost.

سرعة التدفق المسموح بها في أنابيب حديد الدكتايل ، لغرض التصميم ، موضحة في الجدول 4-6 ولا تزيد عن 5 م / ث.
سيؤدي مرور الماء عبر خط الأنابيب بسرعة عالية إلى كشط البطانة. ستزيد سرعة التدفق العالية من فقد الرأس في خط الأنابيب وتتطلب قطرًا أكبر للأنبوب أو رأس مضخة أعلى. يوصى في كثير من الحالات بتبني قطر أنبوب كبير على الرغم من أن التكلفة الأولية أعلى ، لأن الفرق في تكلفة المواد وتكلفة التشغيل سيتم تعويضه بالكامل بتكلفة تشغيل أقل.

In case that water contains solid particles such as sand and soil to some extent, it is necessary to adopt a lower flow velocity to prevent the abrasion of the lining, however to prevent the sedimentation of them in the pipeline, the flow velocity should be not less than 0.3 m/s.

في حالة احتواء الماء على جزيئات صلبة مثل الرمل والتربة إلى حد ما ، فمن الضروري اعتماد سرعة تدفق منخفضة لمنع تآكل البطانة ، ولكن لمنع ترسبها في خط الأنابيب ، يجب ألا تكون سرعة التدفق أقل من 0.3 م / ث.

Economical Pipe Diameters

Determining the pipe diameter using hydraulic-flow formulas exclusively may not result in the best size to use. The diameter of the pipe used should be the one which results in the lowest capitalized cost. The capitalized cost is based on the costs of initial material and equipment, pipe installation, operation, pumping, maintenance, interest on the investment, and replacement. On extensive projects, it is customary to design a number of alternative pipe diameters and select the most economical and practical one.

قد لا يؤدي تحديد قطر الأنبوب باستخدام صيغ التدفق الهيدروليكي حصريًا إلى أفضل حجم للاستخدام. يجب أن يكون قطر الأنبوب المستخدم هو الذي ينتج عنه أقل تكلفة رأسمالية. تعتمد التكلفة المرسملة على تكاليف المواد والمعدات الأولية وتركيب الأنابيب والتشغيل والضخ والصيانة والفوائد على الاستثمار والاستبدال. في المشاريع الواسعة ، من المعتاد تصميم عدد من أقطار الأنابيب البديلة واختيار أكثرها اقتصادا وعملية

Gravity pipeline

In a gravity pipeline, flow velocity should be increased as high as possible by making the maximum possible use of head drop, but within the allowable flow velocity This leads to the fact that minimum sized pipe will do the work with the minimum construction cost. In other words, in a gravity pipeline, the size of pipe will be determined by the given hydraulic conditions.

في خط أنابيب الجاذبية ، يجب زيادة سرعة التدفق إلى أعلى مستوى ممكن عن طريق جعل أقصى استخدام ممكن لانخفاض الرأس ، ولكن في حدود سرعة التدفق المسموح بها وهذا يؤدي إلى حقيقة أن الحد الأدنى من حجم الأنبوب سوف يقوم بالعمل بأقل تكلفة بناء. بمعنى آخر ، في خط أنابيب الجاذبية ، سيتم تحديد حجم الأنبوب بواسطة الظروف الهيدروليكية المحددة.

Pumping pipeline

In a pumping pipeline, combination of the size of pipe and head of pumps can be numerous. If pipe size is small, although the pipe laying cost decreases, flow resistance (pressure loss) will rise, hydraulic gradient will become acute, and it will be essential to increase the pump head. Thus, not only the pumping equipment cost becomes high but the power cost for pumping will be high after operation starts. In contrast, if pipe size is large, even though laying cost will naturally increase, pumping costs will be low.
In comparing the total expenses involved in the pumping system and those involved in the pipe system only with operating expenses (interest in capital layout, depreciation and maintenance costs), there can be only one, optimum economical size of pipe.

في خط أنابيب الضخ ، يمكن أن يتعدد الجمع بين حجم الأنبوب ورأس المضخات. إذا كان حجم الأنبوب صغيرًا ، على الرغم من انخفاض تكلفة مد الأنابيب ، فإن مقاومة التدفق (فقد الضغط) سترتفع ، وسيصبح التدرج الهيدروليكي حادًا ، وسيكون من الضروري زيادة رأس المضخة. وبالتالي ، لا تصبح تكلفة معدات الضخ عالية فقط ولكن تكلفة الطاقة للضخ ستكون عالية بعد بدء التشغيل. في المقابل ، إذا كان حجم الأنبوب كبيرًا ، على الرغم من أن تكلفة التمديد ستزيد بشكل طبيعي ، فإن تكاليف الضخ ستكون منخفضة عند مقارنة إجمالي المصروفات المتضمنة في نظام الضخ والمشتركين في نظام الأنابيب فقط مع مصاريف التشغيل (الفائدة في تخطيط رأس المال والإهلاك وتكاليف الصيانة) ، يمكن أن يكون هناك واحد فقط ، وهو اقتصادي مثالي حجم الأنبوب.

PIPELINE DESIGN ISSUES

Design process

Almost always the process starts with certain defined parameters:-

- **Flow to be delivered**

In the case of a main transfer pipeline this would probably be a max daily volume. If pumped then there may be constraints on the pumping hours.
For a potable distribution system, you need to know the peak demands, the variation of those demands daily, weekly and seasonally.
In the case of a sewage collection system, average and peak dry weather and peak storm flows at entry to the system.

- **Source levels and possible variations in those levels**
- **Delivery locations and levels or, in the case of a distribution system, the minimum pressure to be maintained at supply points**

دائمًا تقريبًا تبدأ العملية ببرامترات محددة محددة

التدفق المراد تسليمه
في حالة وجود خط أنابيب نقل رئيسي ، من المحتمل أن يكون هذا الحد الأقصى لحجم التداول اليومي. إذا

بعد ذلك قد تكون هناك قيود على ساعات الضخ
بالنسبة لنظام التوزيع الصالح للشرب ، فأنت بحاجة إلى معرفة متطلبات الذروة ، وتنوع
تلك المطالب اليومية والأسبوعية والموسمية
في حالة نظام تجميع مياه الصرف الصحي ، متوسط الذروة والطقس الجاف وذروة الامطار عند دخول البيارة

مستويات المصدر والاختلافات المحتملة في تلك المستويات
مواقع التسليم ومستوياته أو ، في حالة نظام التوزيع ، الضغط الأدنى يتم الاحتفاظ بها في نقاط الضخ

Further Design Issues For Potable Water Systems

- Security of supply - reticulation requirements?
- Deterioration of pipe lining in service - eg hard water? The roughness may increase with time
- Velocity limitations? No sediment to transport hut may be restrictions on high velocity to prevent re-suspension of fine material.
- Potential for contamination entry at air valves, pipe joints. Negative pressures must be avoided
- Disinfection requirements? Residual chlorine levels? Possible need for re-chlorination in extensive system or long pipeline.

- تأمين التوريد - متطلبات الربط الشبكي؟
تدهور بطانة الأنابيب أثناء الخدمة - مثل الماء العسر؟ قد تزيد الخشونة مع زمن
- قيود السرعة؟ لا توجد رواسب للنقل ولكن قد تكون هناك قيود على السرعة العالية لمنع إعادة تعليق المواد الدقيقة.
احتمالية دخول التلوث في صمامات الهواء ووصلات الأنابيب. يجب أن تكون الضغوط السلبية

متطلبات التطهير؟ مستويات الكلور المتبقية؟ الحاجة المحتملة إلى إعادة الكلورة في نظام واسع النطاق أو خط أنابيب طويل.

Further Design Issues For Raw Water And Sewage Pumping Systems:

- Security of supply - for raw water main to treatment works may need to consider twin pipes or local storage
- May need to transport sediment - possibly higher velocities
- Organic slimes likely to develop on pipe walls:roughness may increase with time disinfection may be required
provision for pigging/swabbing may be required
- Contamination probably not an issue - negative pressure may be acceptable under some conditions.

تأمين الإمداد - بالنسبة للمياه الخام الرئيسية لأعمال المعالجة ، قد تحتاج إلى التفكير في أنابيب مزدوجة أو التخزين المحلي

- قد تحتاج إلى نقل الرواسب - ربما بسرعات أعلى
- الطين العضوي المحتمل أن يتطور على جدران الأنابيب:
قد تزداد الخشونة مع مرور الوقت
قد تكون هناك حاجة للتطهير
قد تكون هناك حاجة لتوفير الخنزير / المسحة
قد لا يكون التلوث مشكلة - قد يكون الضغط السلبي مقبولاً تحت البعض الظروف

SUMMARY OF PIPELINE SYSTEM DESIGN

I. Think in terms of the energy line - the hydraulic gradient

2. Unless energy is put into the flow (eg pumping) energy must be lost and the total energy line must reduce in the direction of flow.

3. The pipeline pressure head is the difference between the piezometric level and the pipeline invert.

i.e. it is a function of the pipeline profile as well as the hydraulic gradient.

4. Generally the velocity head is small relative to the pipeline pressure. Thus the pressure in the pipe can usually be taken as the difference between the total energy line and the pipeline level.
BUT this is not true if the pipeline velocities are high and the pressures are low

5. Draw the pipeline profile and total energy lines for the full range of flows and pipeline roughnesses. Consider the cases of maximum and minimum pumping conditions and zero flow.

6. Draw the system curves and pump curves over the full range of possible operation. Consider appropriate duty requirements for pump(s)

7. Consider potential run-out, need for throttling, NPSH requirements

8. At an early stage consider how the system is going to be controlled.

فكر من منظور خط الطاقة - التدرج الهيدروليكي ما لم يتم وضع الطاقة في التدفق)مثل الضخ(، يجب فقدان الطاقة ويجب أن ينخفض خط الطاقة الإجمالي في اتجاه التدفق

ضغط خط الأنابيب هو الفرق بين مستوى قياس الضغط وانعكاس خط الأنابيب. أي أنها دالة في ملف تعريف خط الأنابيب

بالإضافة إلى التدرج الهيدروليكي

بشكل عام ، يكون Velocity head صغيرًا بالنسبة لضغط خط الأنابيب. وبالتالي ، يمكن عادةً اعتبار الضغط في الأنبوب بمثابة الفرق بين خط الطاقة الإجمالي ومستوى خط الأنابيب لكن هذا ليس صحيحا إذا كانت سرعات خط الأنابيب عالية والضغوط منخفضة

ارسم ملف تعريف خط الأنابيب وخطوط الطاقة الإجمالية للمجموعة الكاملة للتدفقات وخشونة خطوط الأنابيب

ضع في اعتبارك حالات الحد الأقصى والحد الأدنى من شروط الضخ والتدفق الصفري

ارسم منحنيات النظام ومنحنيات المضخة على النطاق الكامل للتشغيل المحتمل. مراعاة متطلبات المدى المناسبة للمضخة .

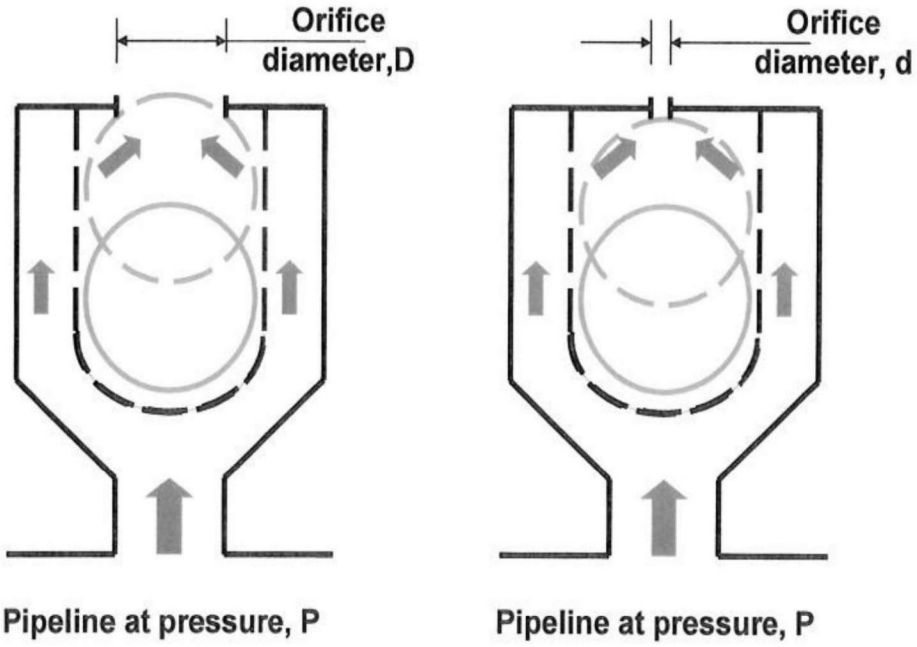
اعتبر Throttling/NPSH /run-out

في مرحلة مبكرة ، فكر في كيفية التحكم في النظام

The design process then covers some or all of the following activities but rarely in a nice logical linear sequence!

1. Decide route (approximately);
2. Initial sizing of pipe - ideally carry out optimisation of capital and operating costs. Consider pipe material.
3. Consider:
   - pipeline longitudinal profile and its influence on the hydraulic operation
   - overall system operation
   - need for pumping and number of stations
   - the system control philosophy and the range of potential operating conditions
4. Carry out initial hydraulic design and assess maximum working pressures.
5. Make an initial assessment of surge problems and consider need for surge protection.
6. If necessary, reconsider route and longitudinal profile.
7. Consider security and safety.
8. Finalize pipe size(s) and carry out detailed hydraulic analysis.
9. Define pump duties, number of pumps and range of operation.
10. Consider air valve and washout locations.
11. Finalize route and depths of cover.
12. Carry out structural design:-
    - consider soil loadings
    - vehicular and other live loadings
    - potential for internal sub-atmospheric pressures
    - temperature induced loads
13. Consider corrosion protection requirements
14. Consider need for pigging and/or swabbing
15. Finalise design of surge protection, valving requirements, thrust blocks etc.
16. Produce construction drawings, specifications etc

Air valves



Before going on to look at pumping systems we need to aware of the impact of air valves on
the operation of pipeline system whether gravity or pumped.
Air valves are used for at least three purposes:-
• To allow air to be exhausted from the pipeline when filling the line and to allow air back in if
the pipeline is being emptied
• To discharge air that may collect in the top of the pipeline during operation - i.e. when the
line is under pressure
• As surge protection measures. (But, beware, air valves can also cause severe surge
problems!)
There are two basic types of air valve developed primarily to deal with the first two
requirements

قبل المضي في إلقاء نظرة على أنظمة الضخ ، نحتاج إلى إدراك تأثير صمامات الهواء عليها
تشغيل نظام خطوط الأنابيب سواء بالجاذبية أو بالضخ.
- :تستخدم صمامات الهواء لثلاثة أغراض على الأقل
• للسماح بإخراج الهواء من خط الأنابيب عند ملء الخط والسماح بدخول الهواء مرة أخرى إذا يتم إفراغ خط الأنابيب
• لتفريغ الهواء الذي قد يتجمع في الجزء العلوي من خط الأنابيب أثناء التشغيل - أي عندما يكون الخط تحت الضغط
• كإجراءات حماية من زيادة التيار. (لكن احذر ، يمكن أن تسبب صمامات الهواء أيضًا ارتفاعًا حادًا مشاكل!)
هناك نوعان أساسيان من صمامات الهواء تم تطويرهما بشكل أساسي للتعامل مع النوعين الأولين المتطلبات

The difference between the two types is only in the size of the orifice but that has a marked difference on the way each valve works. The 'large-orifice' (LO) air valve is used for emptying and filling a pipeline.
o When the pipeline is empty the float is held in a cage and air can escape around float as pipeline fills.
o When water enters the valve the float rises up to seal the orifice. The closing force generated by the difference in pressure between the pipeline pressure and the external atmospheric pressure is greater than the weight of the float so the float is held shut against orifice even if air collects in valve.
o Only when the pipeline pressure drops down to or below atmospheric (e.g. on emptying) car the float drop down and the valve re-open. The 'small-orifice' (SO) air valve is used for bleeding off air when the line is under pressure. It works in exactly the same way as the large-orifice valve but the closing force generated by the pressure difference across the small size of opening is less than the weight of the float. Now if air collects in the valve during pipeline operation the float can fall away from the hole and allow air to be bled off, closing again only when the water level rises and the float is lifted against the opening.
A double-orifice (DO) air valve is imply the two types of valve in a single unit, which is useful as the obvious location for both types of valve is at high points along the pipeline route There are many variations on these basic concepts and each valve manufacturer has his own designs. There are designs developed for sewage applications and especially for surge applications where the problem is that LO valves prevent low pressures in a pipeline by opening and letting in air but when the pressures rise and the air is exhausted they can slam shut generating high shock pressures. So there are valves that let air in but not out and vice versa and special valves that claim to be anti-slam. Generally air valves are a necessary evil though as they are mechanical units with moving parts which need regular maintenance. Usually located in chambers along the pipeline route they are very rarely maintained or even thought about. So if you can avoid their use do so.

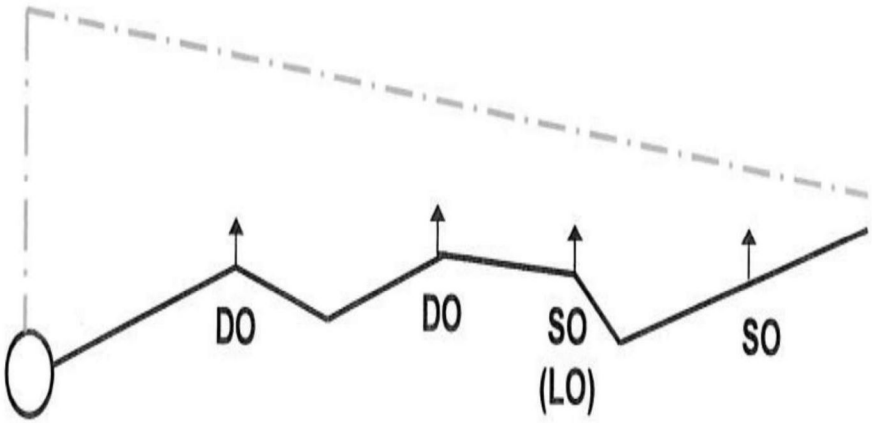


Figure 15 Siting of air valves

Figure 15 shows the typical locations where air valve should be sited. Generally LO valves are required at high points and should be considered at downward increases of slope where air might get trapped. SO valves are also required at high points, relative both to datum and to the hydraulic gradient; at changes of gradient, particularly where pipeline steepens in downward direction, and at regular intervals (< 1000 m) on long rising or falling lengths of pipeline.

The reason that air valves have been discussed in some detail is that they can have a significant effect on the way a system operates

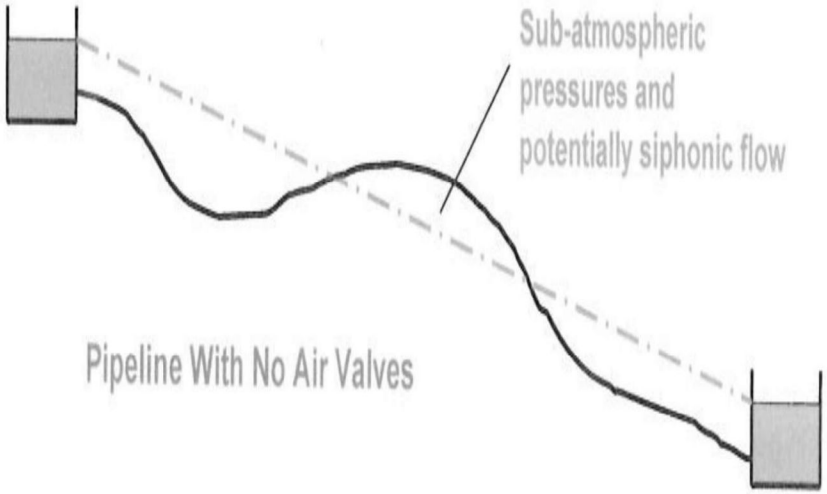


Figure 16 Gravity system with no air valves

Figure 16 shows a simple gravity system but with a high point on route. The hydraulic gradient with a single optimised pipe size drops below that high point indicating negative pressures and potentially siphonic flow. In theory the magnitude of the flow is dictated by the head difference between the two tanks (assuming that the negative pressure is not down to full vacuum)

It is necessary therefore to provide the control valve at the downstream end of the pipeline so that closing valve maintains and increases the positive pressures

It is necessary therefore to provide the control valve at the downstream end of the pipeline so that closing valve maintains and increases the positive pressures

Pump duty

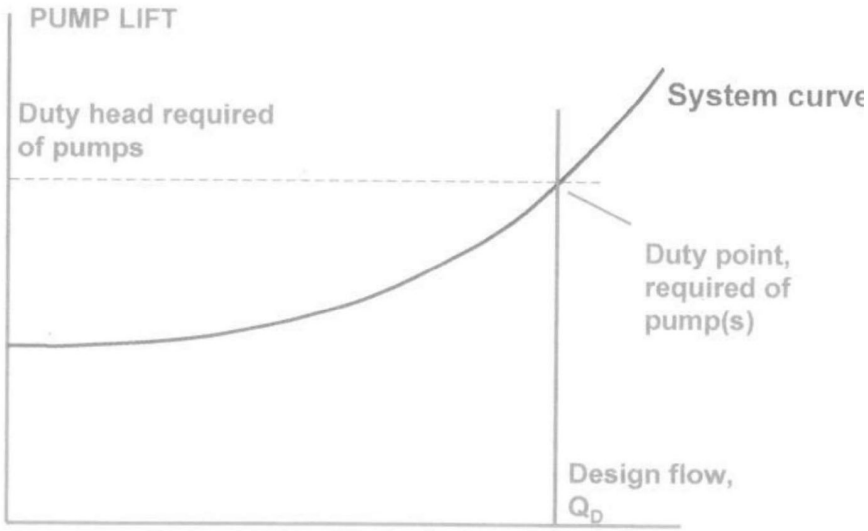


Figure 21 Determination of pump duty

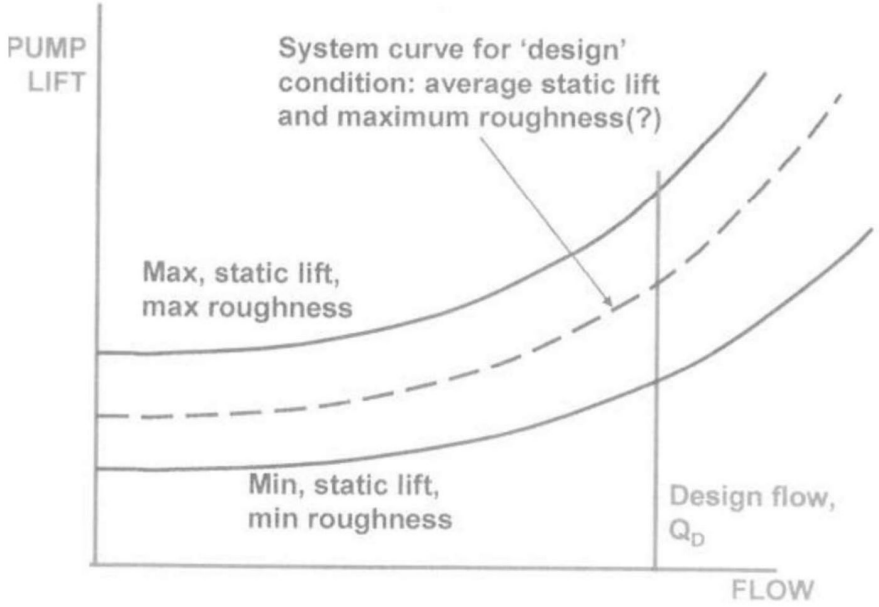


Figure 22 Envelope of system curves

Figure 21 shows how the curve is used to define the required pump lift at the design flow rate - the pump duty. We can now choose a pump to meet that duty However it is not quite as easy as that. For a start there is never just a single system curve. A number of parameters are subject to uncertainty and/or variation:-

- The static lift will change as the levels in the sump and delivery tank change. It will be a maximum when the sump is at its lowest level and the delivery tank is full and a minimum when the reverse is true.
- There is uncertainty over the pipe roughness and consideration must begiven to the deterioration of the pipe in service - the 'as-new' surface roughness of the pipework isunlikely to be maintained over time, and certainly not if pumping sewage as slime and biological fouling affects the pipe.
- There is even uncertainty over the fittings losses (though this is not usually considered unless the fittings losses are a major part of the total loss - as may be the case in the short pipe runs within a treatment works for example).

Figure 22 illustrates the potential envelope of pumping conditions with system curves drawn for the conditions of

- Maximum static lift and maximum roughness
- Minimum static lift and minimum roughness, and
- an intermediate condition of average static lift and maximum roughness We now have a decision to make in defining the pump duty as at the design flow rate there is a range of pump lifts that meet that flow under different conditions. Figure 23 illustrates the problem with illustrative pump curves added. We could define the pump duty at any point between A and C.

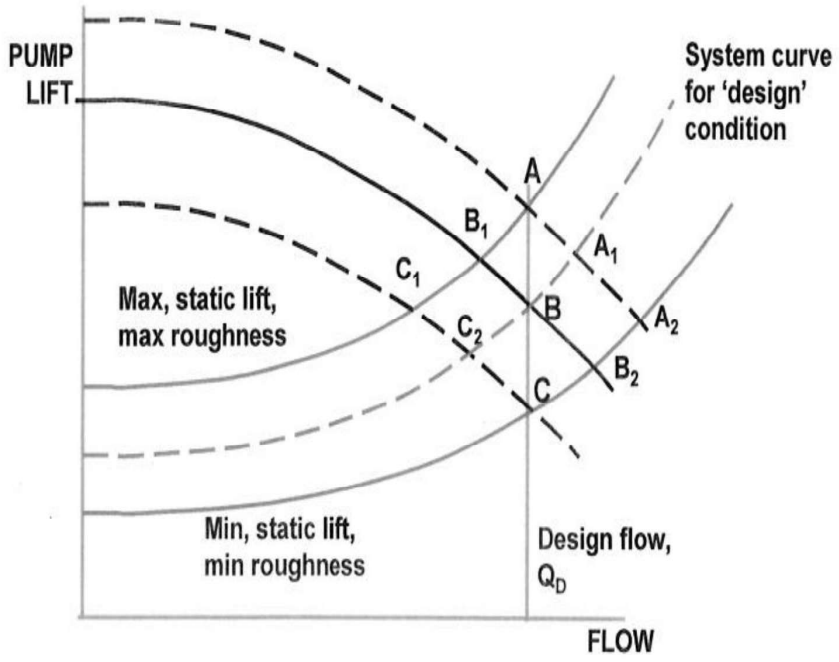


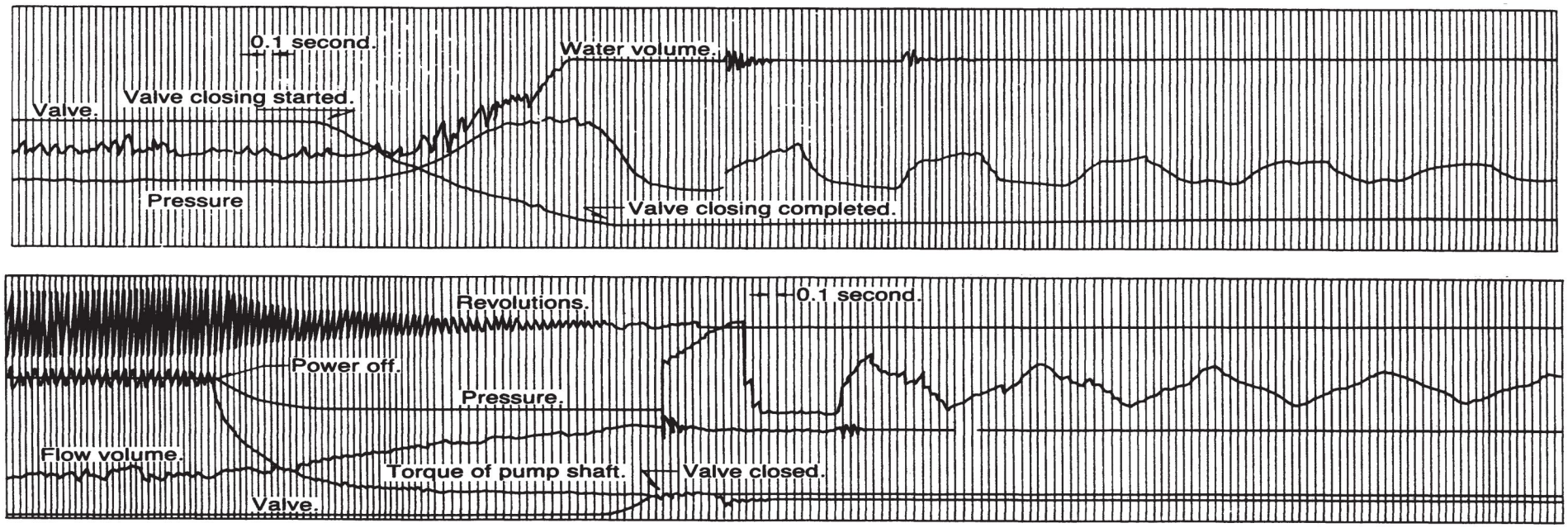
Figure 23 Potential operating range of a single fixed-speed pump

Ultimately the design duty for the pump is a decision the system designer must take but
remember it is not always in the client's best interest to define the maximum possible duty.
The above discussion was based on the premise of a single fixed-speed pump required to
match the duty. With variable-speed pumps there is more flexibility in defining the pump
duty but even so the full range of possible pumping conditions needs to be considered.
Moreover in most systems two or more pumps in parallel are used to meet the design duty
as even with fixed-speed pumps there is greater flexibility in their operation and the stand-by
pump provision is not so onerous. (e.g. with a single pump 100% stand-by capacity is likely
to be needed; with two pumps only 50% stand-by provision may be required. With 3 pumps
probably only 33% stand-by capacity is likely to be required).

Figure 23 illustrates
the problem with illustrative pump curves added. We could define the pump duty at any
point between A and C.

The easiest answer is to require the pump to meet the maximum duty lift - i.e. point A We
know then that whatever the roughness or static lift the pump will provide the design flow,
Qo. This might well be required when pumping into a distribution system for example - if you
have no storage in that system then you must be able ot meet the maximum demand at all
times. However at any condition other than the most onerous the pump will provide more
flow than necessary working along its curve between A and A. It means possibly providing
a larger pump and a bigger motor than may be needed. Remember too that for the
maximum static lift the sump is empty and the delivery tank full - the pump is about to be
turned off!
Clearly we cannot choose a duty at point C. Here the pump meets the design flow
requirement only under the most advantageous conditions and will normally be operating at
points along its curve between C+ and C.
Point B however might be a more economic duty. It represents the pump head requirement
at the design flow under conditions of average static lift and high roughness. As the static lift
changes the pump will be operating at flows between that at B, and that at B". On a timeaveraged
basis that may be acceptable. Certainly for a system transferring a daily volume of
water between storage reservoirs, the instantaneous flow is unimportant provided that daily
rate can be met.

Water Hammer



عندما تتغير سرعة تدفق الماء في خط الأنابيب فجأة ، يحدث تغيير عنيف في ضغط الماء. هذه الظاهرة تسمى "مطرقة الماء". يمكن أن تحدث المطرقة المائية إما في خط أنابيب الجاذبية أو خط أنابيب الضخ. 5-1 و5-2 أمثلة على الظواهر العابر لمطرقة الماء.

يجب اتخاذ الاحتياطات ليس فقط ضد زيادة الضغط (أقصى ضغط) ولكن أيضًا ضد انخفاض الضغط (الضغط الأدنى).
إذا كان الضغط الأدنى في أي نقطة على طول خط الأنابيب أقل من ضغط بخار الماء المشبع ، فسوف يتعرض خط الأنابيب لموقف خطير بسبب احتمال فصل عمود الماء. يجب تجنب فصل عمود الماء هذا باستخدام إما خزان زيادة التيار أو غرفة الهواء أو أي وسيلة أخرى. يجب تصميم خط الأنابيب بحيث لا يقل الضغط السلبي الأدنى المتوقع في خط الأنابيب بواسطة المطرقة المائية عن ناقص (-) 0.5 بار.

Water hammer

Sudden change of flow velocity in a feed water pipe cause the pipe internal pressure to fluctuate widely transitionally. This phenomenon is called "water hammer", which occurs in the feed water pipeline of pump in the following cases:

(I) pump start pump stop control of pump revolutions valve opening/closing

Generally a serious water hammer takes place when a pump shuts down rapidly with shut off of the pump driving power due to power supply failure. Phenomena occurring after rapid shutdown of pump are as described in Subsection 6.1, and the degrees of pressure rise and rop depend on the followings:

(1) Time-change of pipe internal flow velocity CD Pump characteristics and moment of inertial of a rotating system

Q Valve performance characteristic, its opening/closing time and valve type

® Type of pump driver (motor, engine ...)

6. مطرقة مائية

يتسبب التغيير المفاجئ في سرعة التدفق في أنبوب تغذية المياه في تقلب الضغط الداخلي للأنبوب على نطاق واسع بشكل انتقالي. تسمى هذه الظاهرة بـ "المطرقة المائية" ، والتي تحدث في أنبوب تغذية المياه بالمضخة في الحالات التالية

ط) بدء المضخة)

(2) توقف المضخة

(3) التحكم في ثورات المضخة

(4) فتح / إغلاق الصمام

بشكل عام ، تحدث مطرقة مائية خطيرة عندما يتم إيقاف تشغيل المضخة بسرعة مع إيقاف تشغيل المضخة بسبب انقطاع التيار الكهربائي. الظواهر التي تحدث بعد الإغلاق السريع للمضخة موصوفة في القسم الفرعي 6.1 ، وتعتمد درجات ارتفاع الضغط والحبل على ما يلي

(1) تغيير الوقت لخصائص مضخة CD لسرعة التدفق الداخلي للأنابيب ولحظة القصور الذاتي لنظام الدوران

Q خصائص أداء الصمام ، وقت الفتح / الإغلاق ونوع الصمام

® نوع محرك المضخة (محرك ، محرك ...)::

Water hammer reducing device

Water hammer can be reduced by making slower the variation of flow velocity in a pipeline after rapid stop of pump. However, type of a reducing device differs depending on whether it is intended to prevent abnormal rise or drop of pressure. Upon aims at reducing, combination of several methods will be necessary.

The typical methods for preventing negative pressure water column separation and abnormal pressure rise are summarized hereunder.

جهاز تقليل المطرقة المائية

يمكن تقليل المطرقة المائية بجعل تباين سرعة التدفق أبطأ في خط الأنابيب بعد التوقف السريع للمضخة.
ومع ذلك ، يختلف نوع جهاز الاختزال اعتمادً ا على ما إذا كان الغرض منه منع الارتفاع أو
الانخفاض غير الطبيعي للضغط. بناءً على أهداف التخفيض ، سيكون من الضروري الجمع بين عدة طرق

فيما يلي تلخيص للطرق النموذجية لمنع فصل عمود الماء بالضغط السلبي وارتفاع الضغط غيرالطبيعي

Prevention of Water Hammer

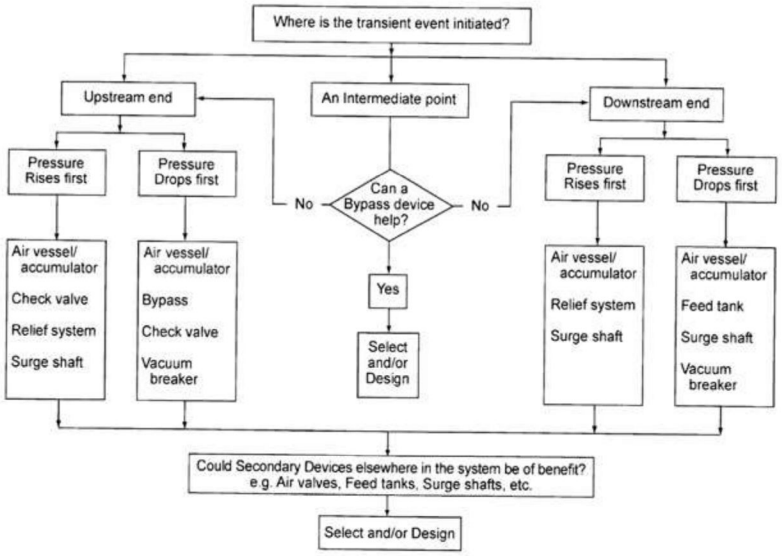
التدبير الأساسي لمنع المطرقة المائية هو إجراء تغيير في التدفق السرعة بطيئة قدر الإمكان خلال الفترة الانتقالية. تقريبا جميع أجهزة الماء تم تصميم تدبير منع المطرقة لهذا الغرض. يمكن أن تكون هذه الأجهزة مصنفة في المجموعات الثلاث التالية

(1) to slow down the change of flow velocity
(2) to prevent the pressure drop
(3) to limit the pressure rise.

فيما يتعلق بالجهاز الفعلي لمنع المطرقة المائية ، قد يكون الجهاز البسيط مناسبًا في بعض الحالات وقد تكون هناك حاجة إلى أجهزة معقدة في حالات أخرى. بغض النظر ، يلزم إجراء تحقيق دقيق للغاية للتأكد مما إذا كان يناسب خط أنابيب معين. هنا ، يتم إعطاء أساسيات التصميم فقط في الجدول

Method	Purpose	Measure
Selection of low flow velocity	To minimize the change of flow velocity	Lower flow velocity, about 1m/s or less, is better.
Selection of larger GD^2	To slow down the change of rotating speed and minimize the fluctuation of flow velocity	Add a certain value of GD^2 to the coupling. If not enough, provide a flywheel separately.
Lead of water into pipeline	To prevent vacuum by pressure drop	- Provide surge tank. - Feed water from the suction water level through separate piping.
Lead of air into pipeline	To prevent vacuum by pressure drop	Provide air chamber or air valves.
Use of slow closing check valve	To prevent pressure rise	Close check valve slowly. Check valve will be provided with oil dash pot and closed by counter flow of water.
Forced control of main valve	To prevent pressure rise	Control the main valve by means of oil pressure, pneumatic pressure or water pressure, and DC power supply.
Omission of check valve	To prevent pressure rise	Check valve and foot valve are not provided so that reverse running of pump and motor may occur.
Use of automatic pressure regulator valve	To prevent pressure rise	This valve opens as motor stops and prevents pressure change in transitional period. After the specified time it closes gradually. The discharge flow from it does not pass through the pump.
Use of safety valve	To prevent pressure rise	This valve releases water when the pressure reached the limit value. There are balance weight type and spring-loaded type.

Selection Process



Equipment and Processes Solutions

- Stronger pipework to withstand the pressure surge
- Rerouting piping
- Change of pipe material to one with a lower modulus (i.e. thermoplastic pipe materials)
- Flow control valves
- Air/Vacuum Release valves
- Intermediate check valves
- Non slam check valves
- Bypass Valves
- Gas accumulators
- Liquid accumulators
- Surge tanks
- Surge shafts
- Surge anticipation valves
- Relief valves
- Bursting discs
- Weak pipe sections
- Increase diameter of pipeline to reduce average velocity
- Variable speed drives
- Soft starters
- Valve closure and opening times
- Increasing the inertia of pumps and motors (i.e. flywheels or by selection)
- Minimising resonance hazards and increase reliability by additional supports
- Investment in more engineering

Piping Design Using Stronger Pipe or Re-Routing the Pipeline

Use of Stronger Pipework

- Increase in capital costs for pipe, fittings, valves and instruments
- Increase in velocity and celerity as wall thickness increases
- Increase likelihood of fatigue damage and maintenance costs if surge events frequent
- Pipe inherently maintenance free compared to other surge devices
- Needs to be determined at design stage

Re-Routing Pipeline

- Increase in capital costs
  - Land or easement acquisition
  - Direction drilling
  - Increased length of pipeline
- Hydraulic grade line above the pipeline profile reduces potential for cavitation
- Possible increase in energy
- Inherently maintenance free
- Needs to be determined at design stage

There are two categories of damage that arise from surge events

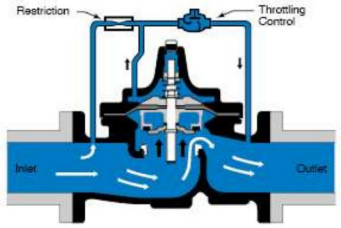
- ***catastrophic failure of the pipeline system or equipment***
- ***fatigue failure of the pipeline, supports , instrumentation, equipment and components***

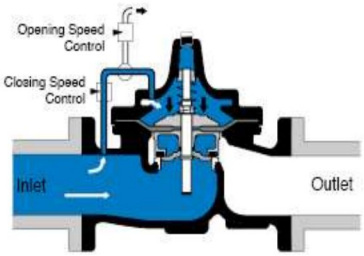
Air/Vacuum Release Valves

- Increased capital costs
- Increased maintenance to ensure effective operation
- Use requires extensive modelling to ensure operation in all scenarios
- Not suitable for hazardous liquids
- Primary duty is for line filling and draining and hence location may not be optimal for surge mitigation
- Not all air valves are suitable for this purpose due to their original design
- Valve pitmay be inroad causing problems during construction or maintenance
- Can be retro fitted easily if reducing teesin pipeline already installed otherwise tee type couplings required to be fitted

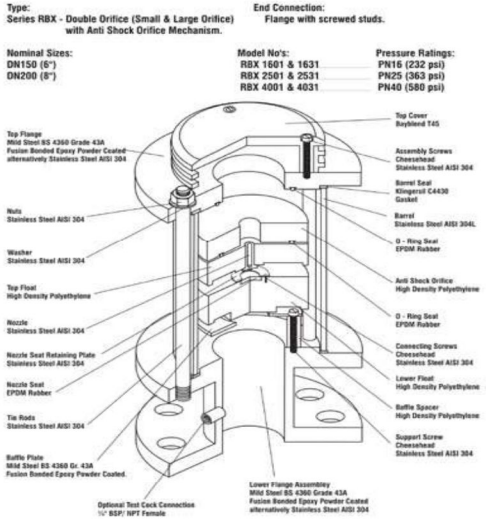
Flow Control Valves

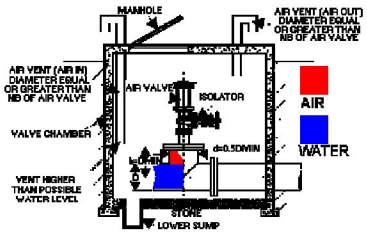
- Moderate capital cost
- Increased maintenance to ensure they remain effective
- Can be used for multiple duties and scenarios
- Power or instrumentation not necessarily required
- Can be retrofitted





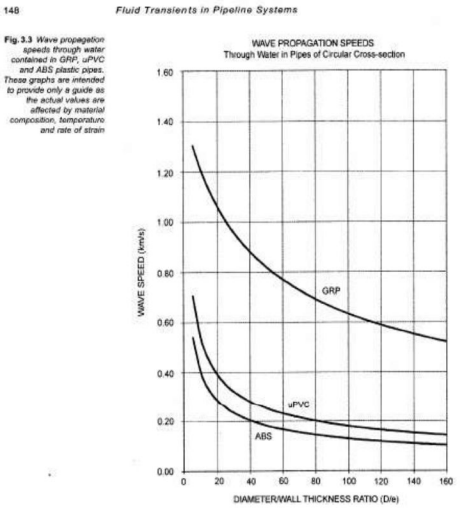
Modern Design of Air / Vacuum Release Valve-Ventomat





Change of Pipe Material to One with a Lower Modulus (i.e. thermoplastic pipe materials)

- Capital cost neutral
- Not a universal solution because of limited pressure classes available
- Thermoplastic pipe materials properties vary with temperature, strain rate and time
- Does not protect when column separation occurs
- Wall thickness selection to allow for vacuum conditions
- Local buckling at above ground supports to be designed
- Needs to be determined at design stage



Comparison of Check Valve Performance

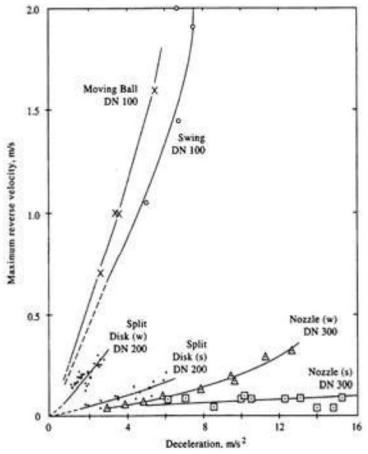


Figure 10-6 Dynamic characteristic of different valve types. (s) and (w) refer to data for valves fitted with strong and weak springs, respectively (Thorley, 1983,[19] by permission of BHRA, Cranfield, Bedford, U.K.).

Non Slam Check Valve

- Capital cost increase
- Fast closing valve reduces surge pressure at pump
- Reduces fatigue damage
- Increase in maintenance low
- Inherently trouble free
- Available as short or long pattern
- Used extensively in Europe
- Can be retrofitted as valves standard lengths

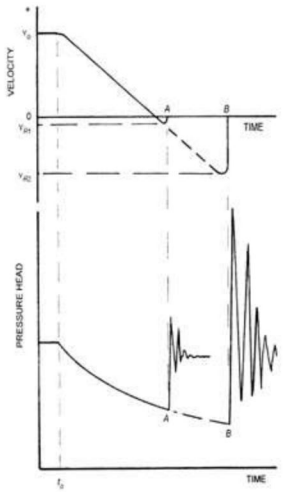
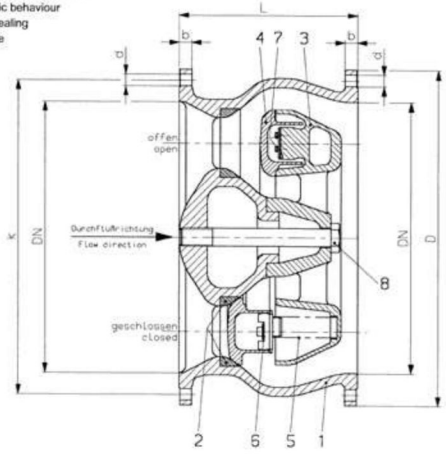
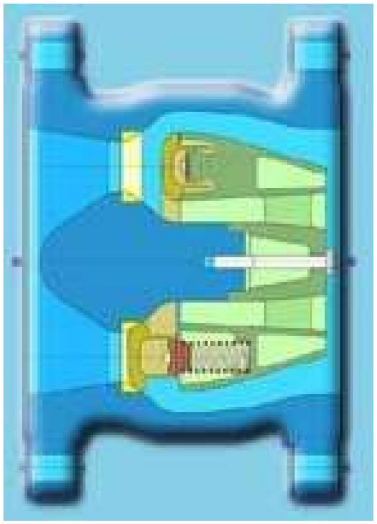


Fig. 2.28 Plots of flow velocity and pressure head against time immediately downstream of the check valve next to the pump that has been tripped. If the check valve is able to respond quickly to changing flow conditions, the maximum reverse velocity, v_{RV}, when it closes is quite small. If the valve response is slow, a much higher reverse velocity, v_{RC}, will develop and the associated pressure rise will also be very large.

Noreva Annulus Type Non Slam Check Valves

- compact nozzle type design
- non slam
- low pressure loss
- frictionless movement of the disc
- excellent dynamic behaviour
- metal-to-metal sealing
- maintenance free





Intermediate Check Valves

- Increase in capital costs for check valve but reduction in rating of other pipeline components
- Effective in splitting the surge pressure rise in two
- Degree of increase in maintenance minimal
- Protects pumps from highest peak pressure
- Non slam check valves preferred
- Valve pit may be in road way causing traffic problems during construction or maintenance
- Check valves are not considered an adequate form of isolation and hence should be installed with isolation valves
- Needs to be determined at design stage otherwise pipeline needs to be out of service for retrofitting check valve

Hydro-Pneumatic Accumulator

- Increased capital costs
- Maintenance level high for hydro pneumatic type
- Best located at source of pressure transient event
- Provides secure protection for positive and negative surge pressures
- Local design and manufacture
- Can be retrofitted if branched tees fitted to pipework
- Long lead time

Bladder Type Gas Accumulator

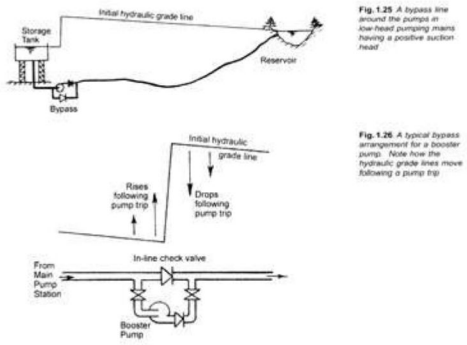
- Increased capitol costs
- Maintenance level low for bladder type
- Provides secure protection for positive and negative surge pressures
- Best located at source of pressure transient event
- Overseas design and manufacture
- Can be retrofitted
- Long lead time

Liquid accumulators

- Increase capital cost
- Difficult to model without test data
- Inherently maintenance free
- Can be retrofitted but generally a long lead time

Bypass Check Valves

- Increase capital cost
- Increase maintenance to ensure effective operation
- Needs positive pressure upstream to provide energy to fill cavitation voids
- Simple and effective for overcoming negative pressures
- Does not provide protection for positive pressures
- Can be readily retrofitted



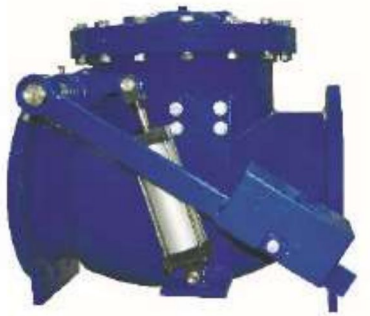
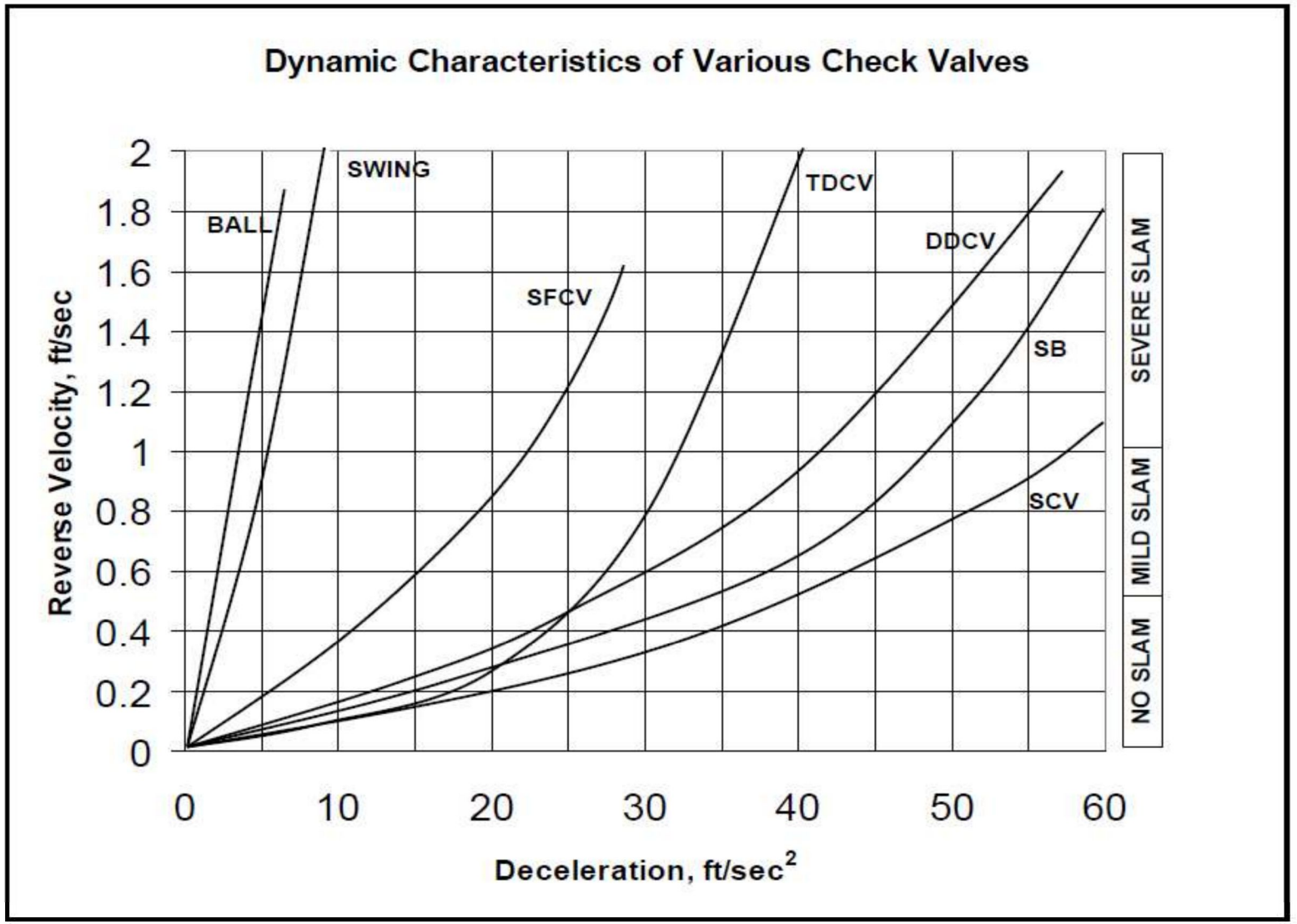


FIGURE 4. Swing Check

FIGURE 5. Silent Check

FIGURE 6. Tilted Disc®

FIGURE 7. Swing-Flex®



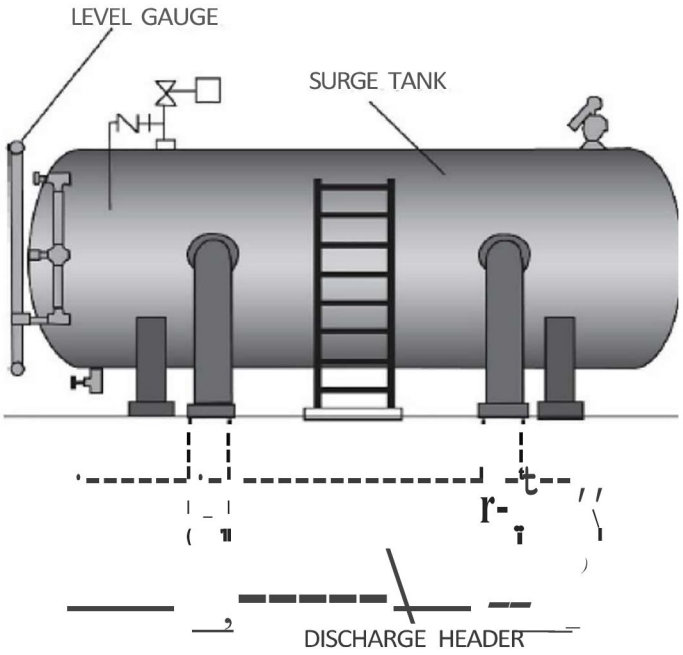


FIGURE 12. Hydro Pneumatic Surge Tank

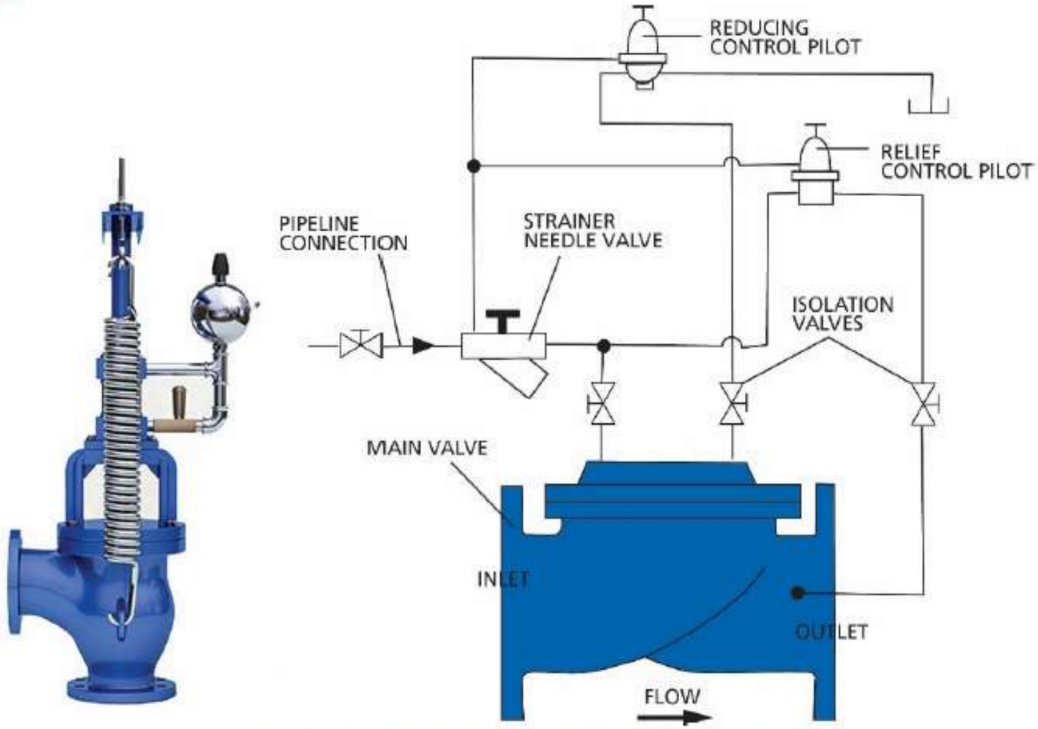


FIGURE 13. Surge Relief and Anticipator Valve

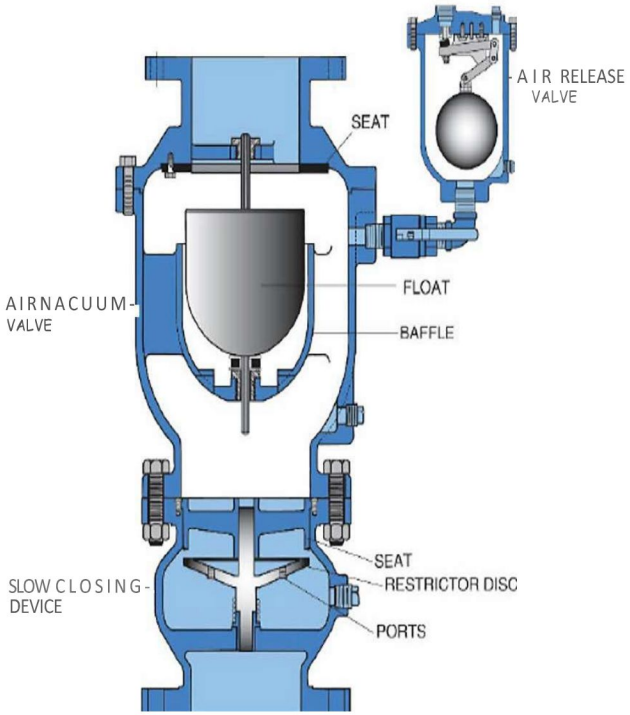


FIGURE 14. Float, Air Release Valve, Restrictor Disc and Regulated Exhaust Device

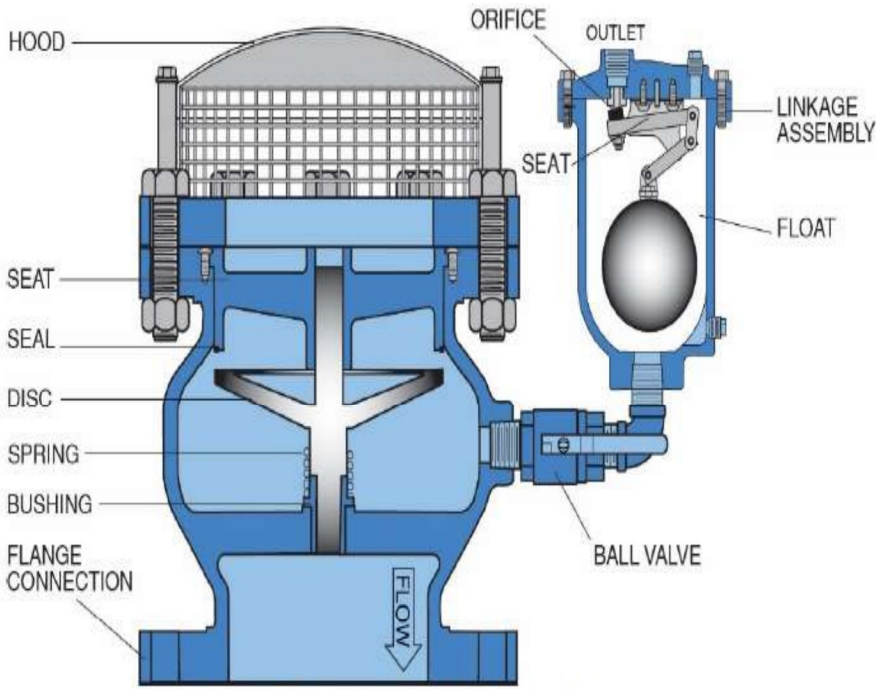


FIGURE 15. Vacuum Breaker and Air Release Valve

وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ

كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ

Contents

Pipe Laying Conditions and External Loads

Thrust Anchoring

Corrosion Protection

Pipeline Drawings

Jointing

Field Hydrostatic Test

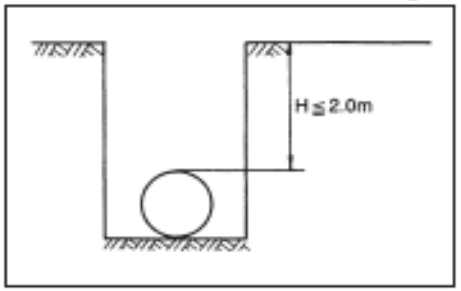
Piping in Soft Ground

Piping under Special Conditions

Earth Pressure due to Earth Cover

Case A: Prism formula

Fig. 6-1



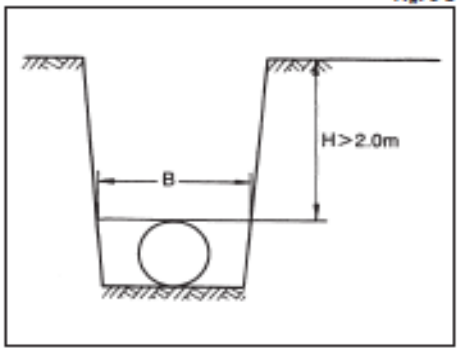
This formula is recommended where earth cover depth is 2m or less.

$$W_f = 0.001\gamma H$$

Where, W_f: Earth pressure due to earth cover (MPa)
γ : Unit weight of backfilling soil (kN/m³)
H : Depth of earth cover (m)

Case B: Marston's formula for ditch condition

Fig. 6-2



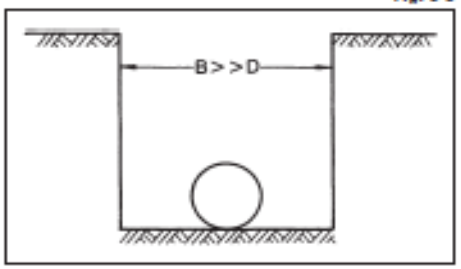
This formula is recommended where earth cover depth is more than 2m.

$$W_f = \frac{0.001\gamma}{2k\tan\phi}(1-e^{-2k\tan\phi H/B})B$$

Where, B : Width of trench at the top of pipe (m)
ϕ : Internal friction angle of backfilling soil (deg.)
k : $k = \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}$

Case C: Marston's formula for positive-projection condition

Fig. 6-3

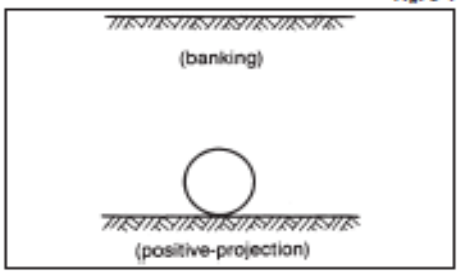


This formula is recommended where the width of trench is much greater than the pipe diameter or under positive-projection embankment condition.

$$W_f = 0.001C_c\gamma D$$

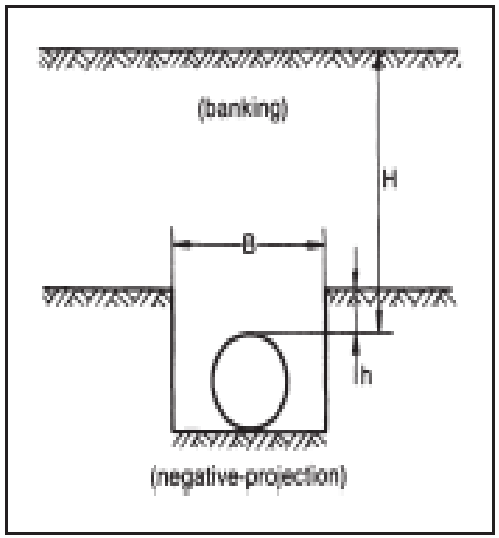
Where, C_c : Coefficient (See Fig. 6-6)
D : Diameter of pipe (m)

Fig. 6-4



Case D: Marston's formula for negative-projection condition

Fig. 6-5



This formula is recommended under negative-projection embankment condition.

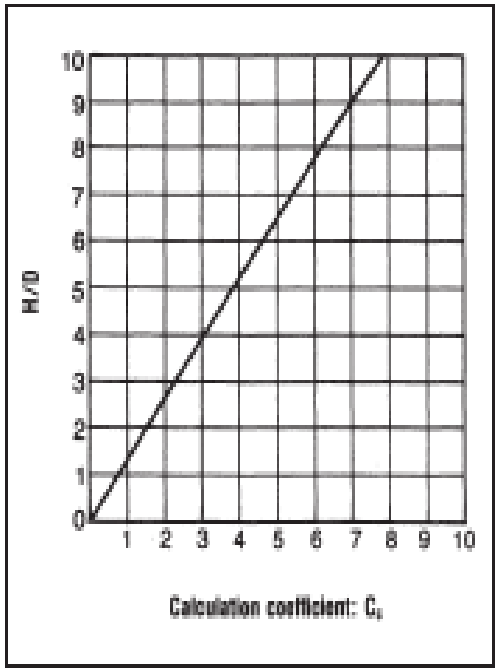
$$W_f = 0.001C_n\gamma B$$

Where, C_n: Coefficient (See Fig. 6-7)
B : Width of trench (m)

In Fig. 6-7, p' = h/B

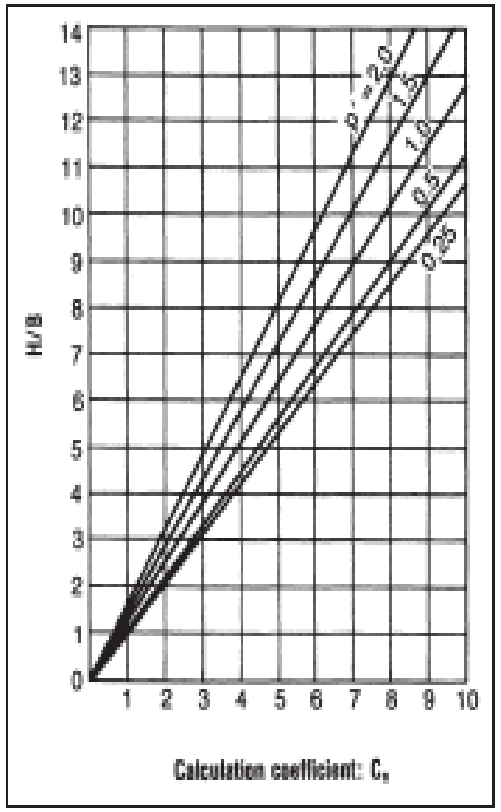
Coefficient C_c

Fig. 6-6



Coefficient C_n

Fig. 6-7



Earth Pressure due to Vehicle Load

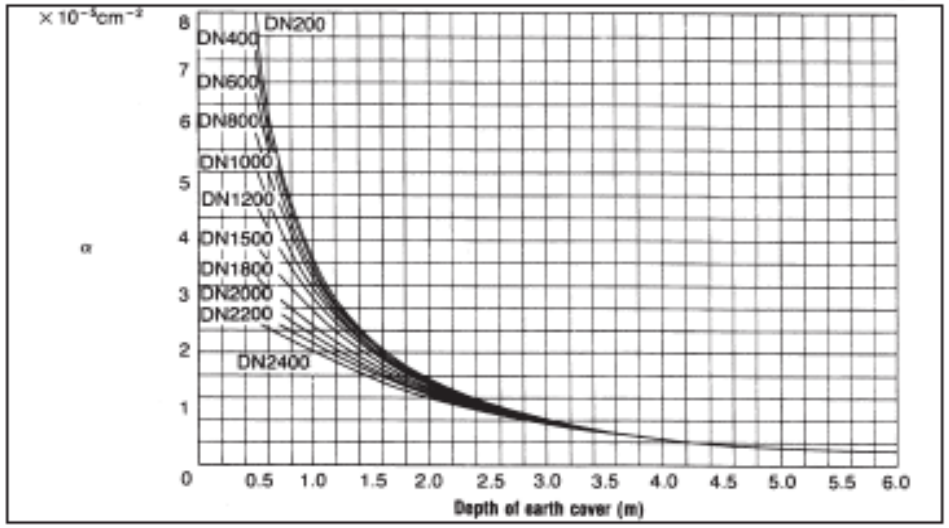
6-2-1 Truck load

Earth pressure due to truck load is calculated by Boussinesq formula.

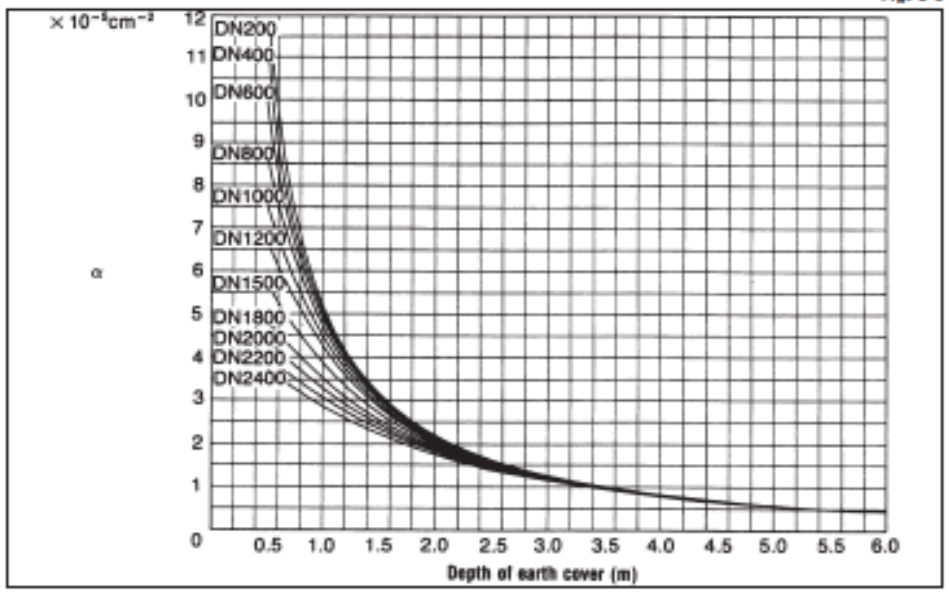
$$W_t = 10F\alpha P$$

Where, W_t : Earth pressure due to truck load (MPa)
F : Impact factor (= 1.5)
P : Load of one rear tire of truck (in case of 250 kN truck, P = 100 kN)
α : Coefficient (See Fig. 6-8 and 6-9)

Coefficient α for one truck Fig. 6-8



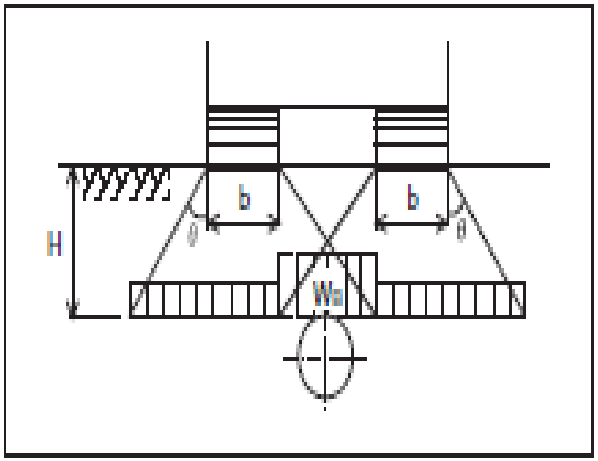
Coefficient α for two trucks Fig. 6-9



Caterpillar load by bulldozer

Earth pressure due to caterpillar load by bulldozer is calculated by the below formula.

Fig. 6-10



$$W_B = \frac{nq_B(1+i)}{b+2H\tan\theta}$$

Where, W_B : Earth pressure due to caterpillar load (MPa)
n : Number of caterpillars affects on the pipe (n = 1 or 2)
H : Depth of earth cover (m)
θ : Distribution angle of caterpillar load (normally $\theta = 45^\circ$)
i : Impact factor (i = 0.2 for weak ground and i = 0 for others)
b : Width of caterpillar (m)
q_B : Vertical pressure of vehicle (MPa) (See Table 6-1)

Table 6-1

Class of Bulldozer	q_B (MPa)	b (m)	Distance of caterpillars (m)
30 kN	0.033	0.30	1.19
60 kN	0.046	0.35	1.42
80 kN	0.048	0.41	1.54
110 kN	0.058	0.46	1.88
150 kN	0.060	0.51	1.88

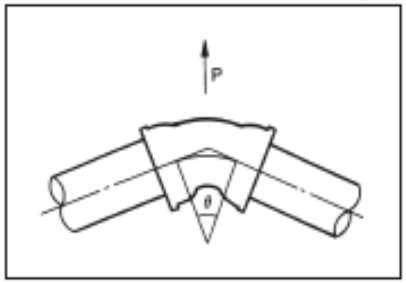
Thrust Anchoring

Thrust forces in water mains are created when the pipeline changes directions (atbends and tees), stops (at pipe ends), or changes in size (at reducers).To keep the pipeline intact, while there are several methods of restraint available, the most popular of which are the use of thrust blocks and restrained joints.

Thrust Force by Internal Pressure

1) At bend

Fig. 8-1

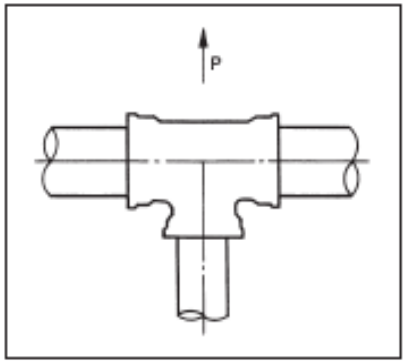


$$P = 2pA\sin\frac{\theta}{2}$$

Where, P: Thrust force
p: Internal pressure
A: Sectional area of pipe
θ : Angle of bend

2) At tee

Fig. 8-2

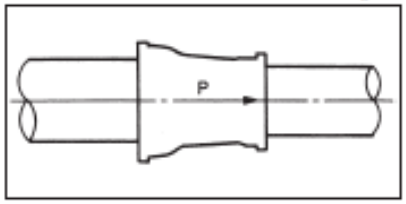


$$P = pa$$

Where, a: Sectional area of branched pipe

3) At reducer

Fig. 8-3

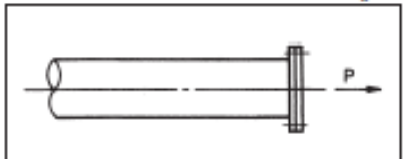


$$P = p(A-a)$$

Where, A - a: Changed sectional area

4) At pipeline end

Fig. 8-4



$$P = pA$$

Anchoring by Concrete Blocks

Ductile iron pipe is highly accepted because of its excellent strength, durability and laying workability.

Concrete block should be designed with sufficient resistance to withstand the thrust force under all conditions, taking into account laying and ground conditions, size and weight of the block, weight of cover soil on the block, passive soil pressure at the backside of the block and friction force at the bottom of the block. For soft ground, the soil surrounding the block should be replaced with sand or any other appropriate material which will provide sufficient passive soil reaction. The bearing capacity of the ground should also be checked carefully. If the bearing capacity is not enough, either the base area of the block should be enlarged or piles to support the block should be employed. There are several types of concrete block. Some blocks cover the whole bend or tee and others do not.

يجب تصميم البلوك الخرساني بمقاومة كافية لتحمل قوة الدفع في جميع الظروف ، مع مراعاة ظروف التمديد والأرض ، وحجم ووزن الكتلة ، ووزن غطاء التربة على الكتلة ، وضغط التربة السلبي في الجانب الخلفي من الكتلة و قوة الاحتكاك في الجزء السفلي من الكتلة. بالنسبة للأرض اللينة ، يجب استبدال التربة المحيطة بالكتلة بالرمل أو أي مادة مناسبة أخرى من شأنها توفير تفاعل تربة سلبي كافٍ. يجب أيضًا فحص قدرة تحمل الأرض بعناية. إذا كان المحمل السعة غير كافية ، يجب إما توسيع مساحة القاعدة للكتلة أو استخدام أكوام لدعم الكتلة

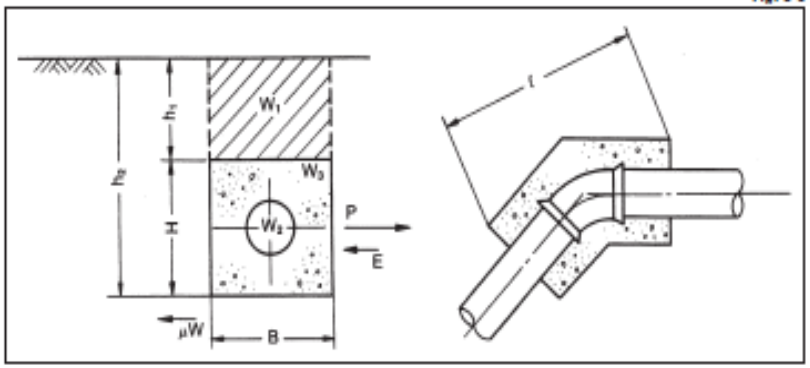
هناك عدة أنواع من الكتل الخرسانية. تغطي بعض الكتل الانحناء أو نقطة الإنطلاق بالكامل والبعض الآخر لا يغطيها.

Design of Concrete Block (Fittings encased)

Ductile iron pipe is highly accepted because of its excellent strength, durability and laying workability.

8-4-1 Design of concrete block for horizontal bend

Fig. 8-5



Where, P : Thrust force
W : Total weight at the block bottom (= $W_1 + W_2 + W_3$)
W_1 : Weight of soil on the block
W_2 : Weight of water and pipe in the block
W_3 : Weight of block
μW : Friction force
μ : Friction coefficient between concrete block and soil
E : Passive earth pressure at the backside of the block

$$E = \frac{1}{2} C_e \gamma (h_2^2 - h_1^2) \ell$$

C_e : Coefficient of passive earth pressure

$$C_e = \tan^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

ϕ : Internal friction angle of soil
γ : Unit weight of soil
ℓ : Projection length of the block

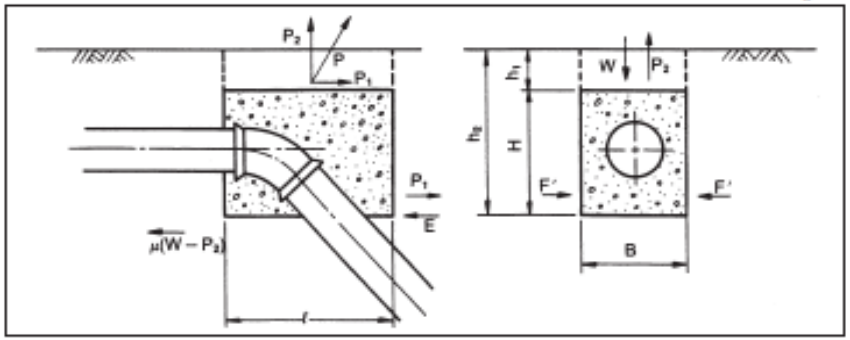
For the horizontal bend, the concrete block should satisfy:

$$P < \mu W + E$$

Note: When concrete block is constructed under the water table, buoyancy should be taken into consideration for the design.

8-4-3 Design of concrete block for upward vertical bend

Fig. 8-7



Where, P : Thrust force
P_1 : Horizontal component of the thrust force
P_2 : Vertical component of the thrust force
$\mu (W - P_2)$: Friction force
E : Passive earth pressure at the backside of the block
F : Active earth pressure at the both sides of the block

Concrete block shall be designed to satisfy the following conditions.

- Against the horizontal component of the thrust force

$$P_1 = P \sin\frac{\theta}{2} < \mu(W - P_2) + E$$

- Against the vertical component of the thrust force

$$P_2 = P \cos\frac{\theta}{2} < W + F$$

$$F = 2F' = \frac{1}{2} C_e' \gamma_s (h_2^2 - h_1^2) 2(B + \ell) \mu$$

Where, B : Width of the block
ℓ : Length of the block
C_e' : Coefficient of active earth pressure

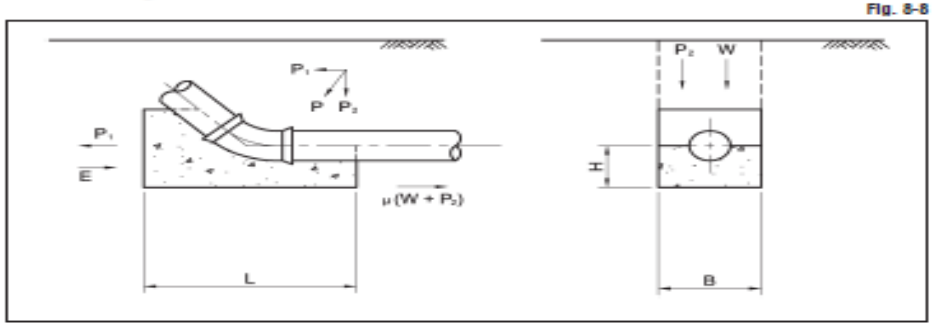
$$C_e' = \tan^2(45^\circ - \phi/2)$$

Note: When concrete block is constructed under the water table, buoyancy should be taken into consideration for the design.

Thrust Anchoring

8-4-4 Design of concrete block for downward vertical bend

Fig. 8-8



Concrete block shall be designed to satisfy the following conditions.

- Against the horizontal component of the thrust force

$$P_1 = P \sin\frac{\theta}{2} < \mu(W+P_2)+E$$

- Against the vertical component of the thrust force

$$P_2 = P \cos\frac{\theta}{2}$$

$$\sigma = \frac{W+P_2}{BL} < \sigma_a$$

Where, σ : Required bearing capacity of the ground
σ_a : Allowable bearing capacity of the ground

When the allowable bearing capacity of the ground is not sufficient, a number of piles or other countermeasure should be required.

Note: When concrete block is constructed under the water table, buoyancy should be taken into consideration for the design.

Resistance is provided by transferring the thrust force to the soil through the larger bearing area of the block such that the resultant pressure against soil does not exceed the bearing strength of the soil. Design of thrust blocks consists of determining the appropriate bearing area of the block for a particular set of conditions. The followings are general criteria for bearing block design.

- Bearing surface should, where possible, be placed against undisturbed soil. Where it is not possible, the fill between the bearing surface and undisturbed soil must be compacted to at least 90 percent Standard Proctor density. Block height h should be equal to or less than one-half the total depth to the bottom of the block HT, but not less than the pipe outside diameter D. Block height h, should be chosen such that the calculated block width b varies between one and two times the height.

يتم توفير المقاومة عن طريق نقل قوة الدفع إلى التربة من خلال منطقة تحمل أكبر للكتلة بحيث لا يتجاوز الضغط الناتج ضد التربة قوة تحمل التربة. يتكون تصميم كتل الدفع من تحديد منطقة التحمل المناسبة للكتلة لمجموعة معينة من الشروط

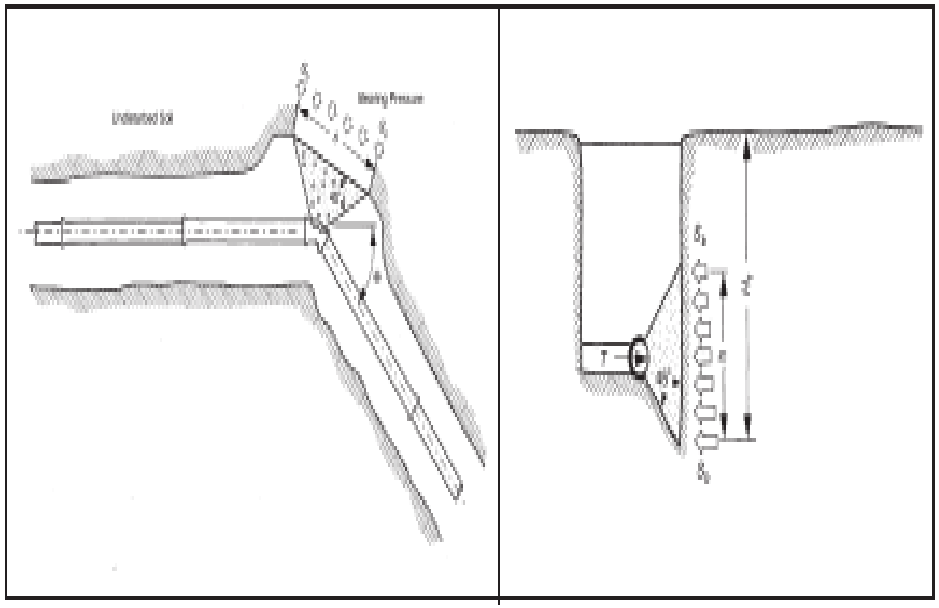
.ما يلي هو المعايير العامة لتصميم كتلة تحمل

يجب وضع الأسطح الحاملة ، حيثما أمكن ، ضد التربة غير المضطربة. عندما لا يكون ذلك ممكنًا ، يجب ضغط الحشوة بين سطح المحمل والتربة غير المضطربة بنسبة 90 في المائة على الأقل من كثافة بروكتور القياسية. يجب أن يكون ارتفاع الكتلة h ولكن ليس أقل من القطر الخارجي ، HT مساويًا أو أقل من نصف العمق الإجمالي لقاع كتلة ولكن ليس أقل من القطر الخارجي ، HT مساويًا أو أقل من نصف العمق الإجمالي لقاع كتلة h يكون ارتفاع الكتلة .بحيث يختلف عرض الكتلة المحسوب ب بين ضعف الارتفاع ، h للأنبوب. يجب اختيار ارتفاع الكتلة

The concrete block, in which whole bend or tee is not embedded and its joints are exposed, allows accessing the joints during and after the field hydrostatic pressure test. An example of the design is presented in "Manual of Water Supply Practices –Ductile-Iron Pipe and Fittings" by American Water Works Association (AWWA M 41).In this manual, the design procedure of concrete block on horizontal bend is given as below.

تسمح الكتلة الخرسانية ، التي لا يتم فيها دمج الانحناء أو نقطة الإنطلاق بالكامل وتكشف مفاصلها ، بالوصول إلى الوصلات أثناء وبعد اختبار الضغط الهيدروستاتيكي الميداني. تم تقديم مثال على التصميم في "دليل ممارسات الإمداد بالمياه - أنابيب ووصلات حديد الدكتايل" من قبل جمعية أعمال المياه الأمريكية (AWWA M 41). .

Fig. 8-9



The required block bearing area A_b is:

$$A_b = hb = S_f P / S_b$$

Where, P : Thrust force
S_f : Safety factor (usually 1.5)
S_b : Horizontal bearing strength of soil

Then, for horizontal bend,

$$b = \frac{2 S_f p A \sin(\theta/2)}{h S_b}$$

Thrust Anchoring by Restrained Joints

Restrained coupling Kubolock-T

Fig. 8-10

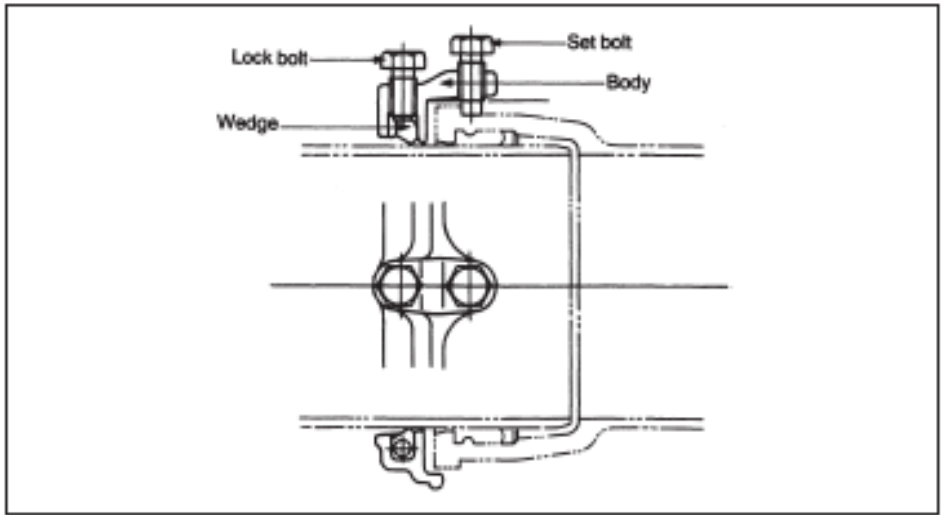


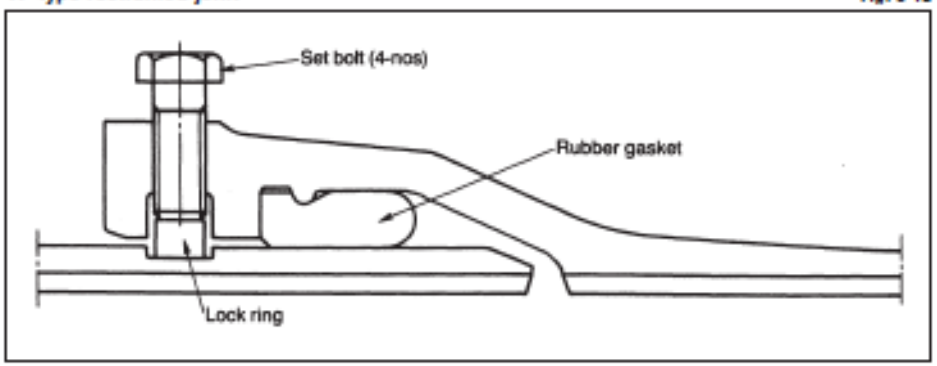
Table 8-5

DN	Allowable maximum pressure (MPa)	Allowable deflection angle
80 to 200	2.5	2°30′
250, 300	2.5	2°00′
350	2.0	2°00′
400	2.0	1°45′
450, 500	2.0	1°30′
600	1.5	1°30′

The allowable hydraulic pressure and deflection angle of Kubolock- T are shown in the below table.

TF-type restrained joint

Fig. 8-12



Retainer gland Kubolock-K

Fig. 8-11

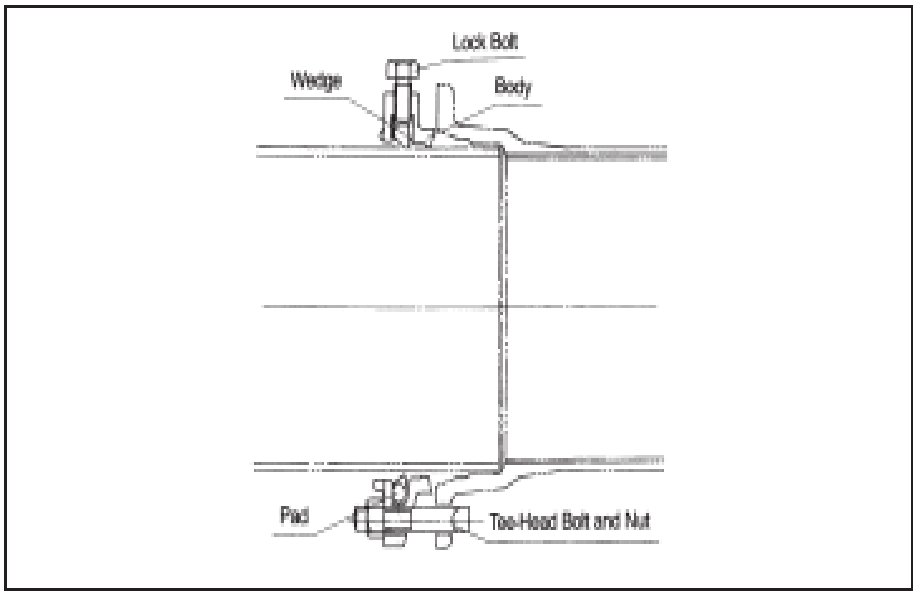


Table 8-6

DN	Allowable maximum pressure (MPa)	Allowable deflection angle
80 to 300	2.5	2°30′
350	2.5	2°25′
400	2.5	2°05′
450	2.3	1°55′
500	2.0	1°40′
600	1.7	1°25′

The allowable hydraulic pressure and deflection angle of Kubolock-K are shown in the below table.

Table 8-7

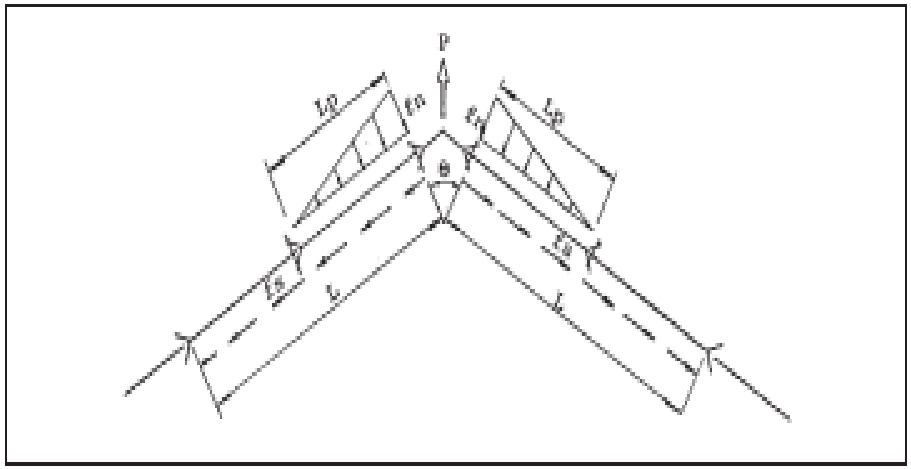
DN	Allowable bending moment (kN-m)	Allowable maximum pressure (MPa)
400	100	4.3
450	110	4.3
500	120	4.3
600	140	3.0
700	170	3.0
800	190	3.0
900	220	2.0
1000	240	2.0
1100	260	2.0
1200	290	2.0
1400	340	2.0
1500	360	2.0
1600	380	2.0

Thrust Block

Restrained Length

(1) Forces at horizontal bend

Fig. 8-13



The required restrained lengths on each side of bend for Kubolock at 1.0 MPa are tabulated in Table 8-9.

Required restrained lengths for Kubolock at 1.0 MPa

Table 8-9

DN	Restrained length L on each side (m)				
	90°bend	45°bend	22-1/2°bend	11-1/4°bend	Pipe end
80	2.9	1.8	1.1	0.6	5.2
100	3.4	2.1	1.3	0.7	6.2
150	4.8	3.0	1.8	1.0	8.7
200	6.3	3.8	2.3	1.3	11.1
250	8.6	4.6	2.7	1.5	13.4
300	10.8	5.4	3.2	1.8	15.6
350	13.0	6.2	3.6	2.0	17.8
400	15.0	8.3	4.0	2.2	19.8
450	17.0	10.2	4.4	2.4	21.8
500	18.9	12.1	4.8	2.7	23.7
600	22.5	15.8	5.5	3.0	27.3

Calculation conditions;
- Internal pressure: 1.0 MPa
- Earth cover depth: 1.2 m
- Unit weight of soil: 16 kN/m^3
- Internal friction angle of backfill soil: 30°
- Friction coefficient: 0.3

Where, P : Thrust force by internal pressure
f_s : Friction force
f_n : Passive earth pressure
L : Restrained length
L_p : Pipe length

(2) Earth pressure by backfill
Calculation method of earth pressure varies depending on the earth cover depth. In case that earth cover depth to the center of the pipe is 2m or less, prism formula is used. In case that over 2m, earth pressure is the larger of that calculated by prism formula at the earth cover depth to the center of pipe is 2m or that by Marston's formula.
- Prism formula

$$W_t = \gamma H_c$$

Where, W_t : Earth pressure by backfill (kN/m^2)
γ : Unit weight of backfill (kN/m^3)
H_c : Earth cover depth to the center of pipe (m)
$H_c = H_t + D/2$
H_t : Earth cover depth to the top of pipe (m)
D : Outside diameter of pipe (m)

- Marston's formula

$$W_t = \frac{\gamma}{2K \tan \phi}(1-e^{-2K\tan\phi \cdot H_t/B})B$$

Where, K : Constant

$$K=\frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}$$

ϕ : Internal friction angle of soil (degree)
B : Width of trench at the top of pipe (m)

(3) Passive earth pressure

$$F_n = f_n L_p \cos\frac{\theta}{2}$$

Where, Fn: Passive earth pressure (kN)
f_n : Passive earth pressure per unit length of pipe (kN/m)

$$f_n = \frac{1}{2} C_e' \gamma (H_2^2 - H_1^2) R$$

Ce' : Coefficient
$Ce' = \tan^2(45° + \phi/2)$
H_2 : Earth cover depth to the bottom of pipe (m)
R : Reduction ratio due to circular section of pipe (= 0.5)
L_p : Nominal length of pipe (m)

(4) Friction force

$$F_s = 2 f_s L \sin\frac{\theta}{2}$$

Where, F_s : Friction force (kN)
f_s : Friction force per unit length of pipe(kN/m)

$$f_s = \mu W_t \pi D$$

W_t : Earth pressure by backfill (kN/m^2)
μ : Coefficient of friction between pipe and soil

(5) Restrained length
The restrained length shall be so decided that the friction force F_s plus passive earth pressure F_n is larger than the thrust force P.

$$P \leqq (F_s + F_n)/S_f$$

Where, S_f : Safety factor (= 1.25)

- In case of $L \leqq L_p$
In this case, L_p is replaced by L.

$$L \geqq \frac{S_f P}{2 f_s \sin(\theta/2) + f_n \cos(\theta/2)}$$

- In case of $L > L_p$

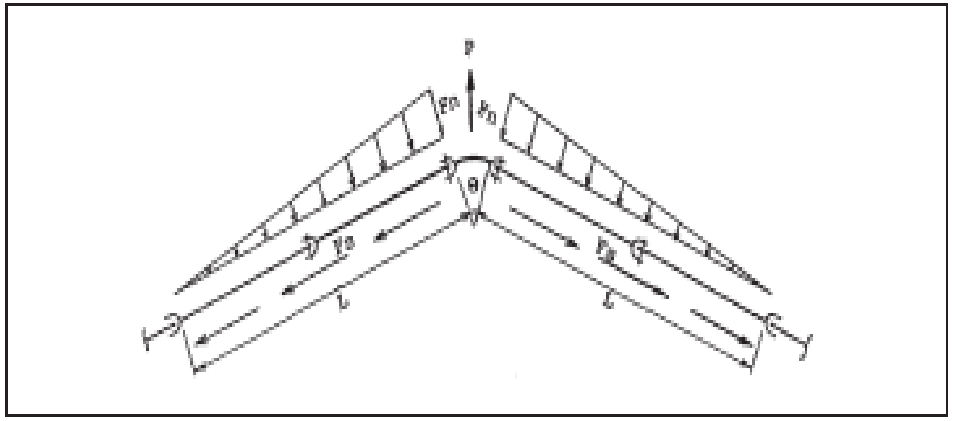
$$L \geqq \frac{S_f P - L_p f_n \cos(\theta/2)}{2 f_s \sin(\theta/2)}$$

Required restrained length for TF- type joint

As resistance forces, friction force between the pipes and the surrounding soil and passive earth pressure at the backside of the whole restrained pipes are considered.The required restrained length for moment-bearing restrained joint shall be calculated so that the resi stance force comes to be not less than the thrust force and also the bending moment applied to the restrained joints does not exceed the allowable value of the joint.

الطول المقيد المطلوب لمفصل من النوع TF
كقوى مقاومة ، قوة الاحتكاك بين الأنابيب والتربة المحيطة و
يؤخذ في الاعتبار ضغط الأرض السلبي في الجزء الخلفي من الأنابيب المقيدة بالكامل.
يجب حساب الطول المقيَّد المطلوب للوصل المقيَّد للحامل اللحظي
بحيث لا تقل قوة المقاومة عن قوة الدفع وأيضًا
لا تتجاوز لحظة الانحناء المطبقة على المفاصل المقيدة القيمة المسموح بها
من المفصل.

Fig. 8-14



The required restrained length of pipes L_1 for the resistance forces is given by the below equation.

$$L_1 \geqq \frac{S_f P}{2f_a \sin(\theta/2)+f_a \cos(\theta/2)}$$

Where, S_f : Safety factor (= 1.25)

At the same time, the required restrained length of pipes L_2 for the bending moment is given by the below equation.

$$L_2 \geqq \frac{P_2/2+\sqrt{(P_2/2)^2-4f_a M_a/3}}{2f_a/3}$$

Where, P_2 : $P_2 = P\cos(\theta/2)$ (kN)
M_a : Allowable bending moment (kN-m)

The required restrained length of pipes shall be the larger one of L_1 and L_2.

The required restrained lengths on each side of bend for TF-type joint at 1.0 MPa are tabulated in Table 8-10.

Required restrained lengths for TF-type joint at 1.0 MPa Table 8-10

DN	Restrained length L on each side (m)				
	90°bend	45°bend	22-1/2°bend	11-1/4°bend	Pipe end
400	13.4	8.1	4.0	2.2	19.8
450	15.1	9.6	4.4	2.4	21.8
500	16.7	10.9	4.8	2.7	23.7
600	19.7	13.2	5.5	3.1	27.3
700	22.3	15.2	6.2	3.4	30.7
800	24.9	17.1	7.5	3.8	33.9
900	27.2	18.7	8.7	4.1	36.8
1000	29.3	20.3	9.8	4.4	39.6
1100	31.4	21.9	10.8	4.7	42.3
1200	33.3	23.2	11.6	5.0	44.8
1400	36.8	25.8	13.1	5.5	49.3
1500	38.4	26.9	13.8	5.7	51.4
1600	40.0	28.0	14.5	5.9	54.3

Calculation conditions;
- Internal pressure: 1.0 MPa
- Earth cover depth: 1.2 m
- Unit weight of soil: 16 kN/m³
- Internal friction angle of backfill soil: 30°
- Friction coefficient: 0.3

Note:
(1) Use of collars at each end of the restrained pipeline is recommended.
(2) In case that the total restrained length is over 100 m at one portion, combination of restrained joint and concrete block is recommended because unexpected bending moment beyond the allowable value might be applied to the joint by ground movement and so forth.

Corrosion Protection

Internal Corrosion Protection

9-1-1 Cement mortar lining for pipes

Cement mortar lining is the most common corrosion protection method for the internal surface of ductile iron pipes for water supply. Pipes are lined with cement mortar by centrifugal method.
The standard lining thickness is shown in Table 9-1.

Table 9-1

Nominal diameter DN	Lining thickness (mm)	
	Nominal	Minimum
80 to 300	3.5	2.5
350 to 600	5.0	4.5
700 to 1200	6.0	5.5
1400 to 2000	9.0	8.0
2100 to 2600	12.0	10.0

1) Type of cement

Cement will be ordinary Portland cement or sulfate resisting cement and the limit of the use is given in Table E.1 of BS EN 545 Annex E as below.

Table 9-2

Water characteristics	Portland cement	Sulfate resisting cement (including blast-furnace slug cement)
- Minimum value of pH	6	5.5
- Maximum content (mg/l) of:		
aggressive CO_2	7	15
sulfates (SO_4^{--})	400	3000
magnesium (Mg^{++})	100	500
ammonium (NH_4^{+})	3	300

2) Seal coating

In case of soft water supply, newly installed ductile iron pipes with cement mortar lining may cause the hardness-increasing (i.e. pH rising) problem due to the leaching of alkali components form the mortar lining. Even though this problem will be ceased in early stage, seal coating on the cement mortar lining may be effective to prevent it to a certain level. Bitumen or synthetic resin (e.g. epoxy or acrylic)
paint is commonly used as a seal coating material.

9-1-2 Internal coating for fittings

Because of the non-straight pipe axis or non-uniform bore, fittings are lined with cement mortar by manual method or projection method. This lining application procedure is not suitable for mass production so that Kubota's standard internal protection of fittings for water supply is normally by about 0.1 mm thick synthetic resin (epoxy) coating. Much smoother internal surface of fittings compared with centrifugally cast pipes accepts such thin coating. For soft water or acid water, fusion-bonded epoxy coating for DN1500 and smaller fittings and high-build type liquid epoxy coating for DN1600 and larger fittings

9-1-3 Aggressive fluids

When aggressive fluid for cement mortar lining will be transported through the pipe, special care shall be taken. Aggressive fluid for cement mortar lining will be:

1) Acid water (see Table 9-2)
2) Soft water (i.e. water with low contents of calcium and magnesium salts)
As an evaluation method of the aggressiveness of water to cement mortar lining, Langelier Saturation Index will be commonly used (see Appendix A).
3) Sewage
When temperature is high (e.g. more than 20℃) , flow velocity is extremely low (e.g. below 0.3 m/s) and flow does not fill the pipe, sulfides in the anaerobic sewage will be reduced to hydrogen sulfide (H2S) and finally to sulfuric acid
(H2SO4) by bacteria which will damage the pipes and other facilities. These phenomena are observed on not only gravity sewer line but also pumping main at summit portions in the pipeline and at the discharge portions to the tank.

9-1-4 Special Lining

For aggressive fluid, special lining or other measures should be applied.

1) Epoxy coating
Epoxy paint is of high-build 2-part liquid type and the thickness of the coating will be 300 or 500 microns depending on the type of aggressive fluid.
2) Fusion-bonded epoxy coating
Fusion-bonded epoxy coating has excellent acid and chemical resistances and adhesion to the pipe. Fusion-bonded epoxy coating material is of solid powder and fuses and forms smooth and thick coating film when applied to the pre-heated pipe. Fusion-bonded epoxy coating will have a thickness of 300 or 500 microns depending on the type of aggressive fluid.Fusion-bonded epoxy coating contains no solvent therefore does less affect the quality of water in the pipeline.
3) Polyurethane coating
Polyurethane coating material is of 2-part solvent free type and the standard thickness of the coating will be 1.0 to 1.5 mm.

External Corrosion Protection

9-2-1 Standard coating

It is well known that cast iron pipe is highly resistant to corrosion and consequently, cast iron pipes have a long service life. This is evidenced throughout the world by many instances of cast iron pipes having been in continuous use for more than 100 years without the need of repair or replacement. Ductile iron has the same chemical composition as cast iron and so possesses the same corrosion resistance.

Generally the external surface of ductile iron pipe and fittings is coated with at least 70 micron thick synthetic resin or bituminous paint. Nowadays zinc coating beneath the standard coating in accordance with ISO 8179 is commonly used. The zinc coating for pipe is metallic zinc spray and that for fittings is zinc rich paint and the application of zinc coating is not less than 130 g/m2 in case of metallic zinc spray and 150 g/m2 in case of zinc rich paint.

9-2-2 Protection in aggressive soil

When pipeline route is designed, it is recommended investigating the aggressiveness of the soil in which pipes to be laid.

①Generally following soils will be considered aggressive for ductile iron pipes:

- acid soil containing industrial wastes
- soils near the sea or soils containing high content of salts
- peaty, silty or marshy soil
- reclaimed land in industrial area
- ground where corrosion of existing steel/cast iron pipes was reported

②BS EN 545 Annex D gives the limits of the application of the standard coatings as below:

- soils with a low resistivity, less than 1500Ω-cm above the water table or less than 2500Ω-cm below the water table
- soils with a pH below 6
- soils with contamination by certain waters or organic or industrial effluents
- in the occurrence of stray currents or corrosion cells due to external metallic structures

③As an evaluation method of aggressiveness of soil, American standard ANSI/AWWA C105/ A21.5 may be adopted (See Appendix B).

9-2-3 Polyethylene sleeving method

Under normal conditions, standard coating will provide pipes and fittings sufficient protection to corrosion. However, when pipes and fittings are laid in corrosive soil areas, polyethylene sleeve corrosion protection method in addition to the standard coating is recommended. In this method the entire length of pipe is encased with 0.2 mm-thick polyethylene sleeves in the trench after pipes are jointed. Polyethylene sleeve prevents the direct contact between the pipe and aggressive soil.

Polyethylene sleeve is the most common corrosion prevention method for ductile iron pipe to the corrosive soil and is specified in ISO standard (ISO 8180) and national standards.

9-2-4 Special coating

Even though polyethylene sleeves will provide the pipes effective corrosion protection in corrosive soil, some ground conditions will limit the corrosion protection of ductile iron pipe by polyethylene sleeves. They are:

- Resistivity of the soil is less than 1000 Ω-cm and ground water fluctuates at the pipe
- Ground is rocky and ground water flows along the pipeline

In such case, special coating should be recommended.

1) Polyethylene coating

Polyethylene coating is applied by continuous wrapping of the melted polyethylene sheet extruded from extruder. The standard thickness of the polyethylene coating is 2 to 3 mm varying depends on the pipe size. Spigot end is however free of polyethylene and is coated with epoxy paint to not hinder the assembling of the joints. After pipes are jointed, the jointed portion is normally protected with heatshrinkable sleeve or plastic tape wrapping. Polyethylene coating can be applied to pipes only.

2) Polyurethane coating

Polyurethane coating is applied by spray method. The standard thickness of polyurethane coating is 0.7 to 1 mm. Spigot end is however free of polyurethane coating and is coated with epoxy paint.

3) Tape wrapping

Pipe is wrapped spirally with PVC or polyethylene corrosion protective tape. Tape wrapping is normally applied to pipes on site.

9-2-5 Coating for exposed piping

For the aboveground piping, zinc primer with finish coating conforming to ISO 8179-1 or 8179-2 is recommended.

However, pipelines installed inside or immediately outside of water treatment facilities and pumping stations may be coated with paints in distinguished color. In such case, coating system shown in Table 9-3 is recommended.

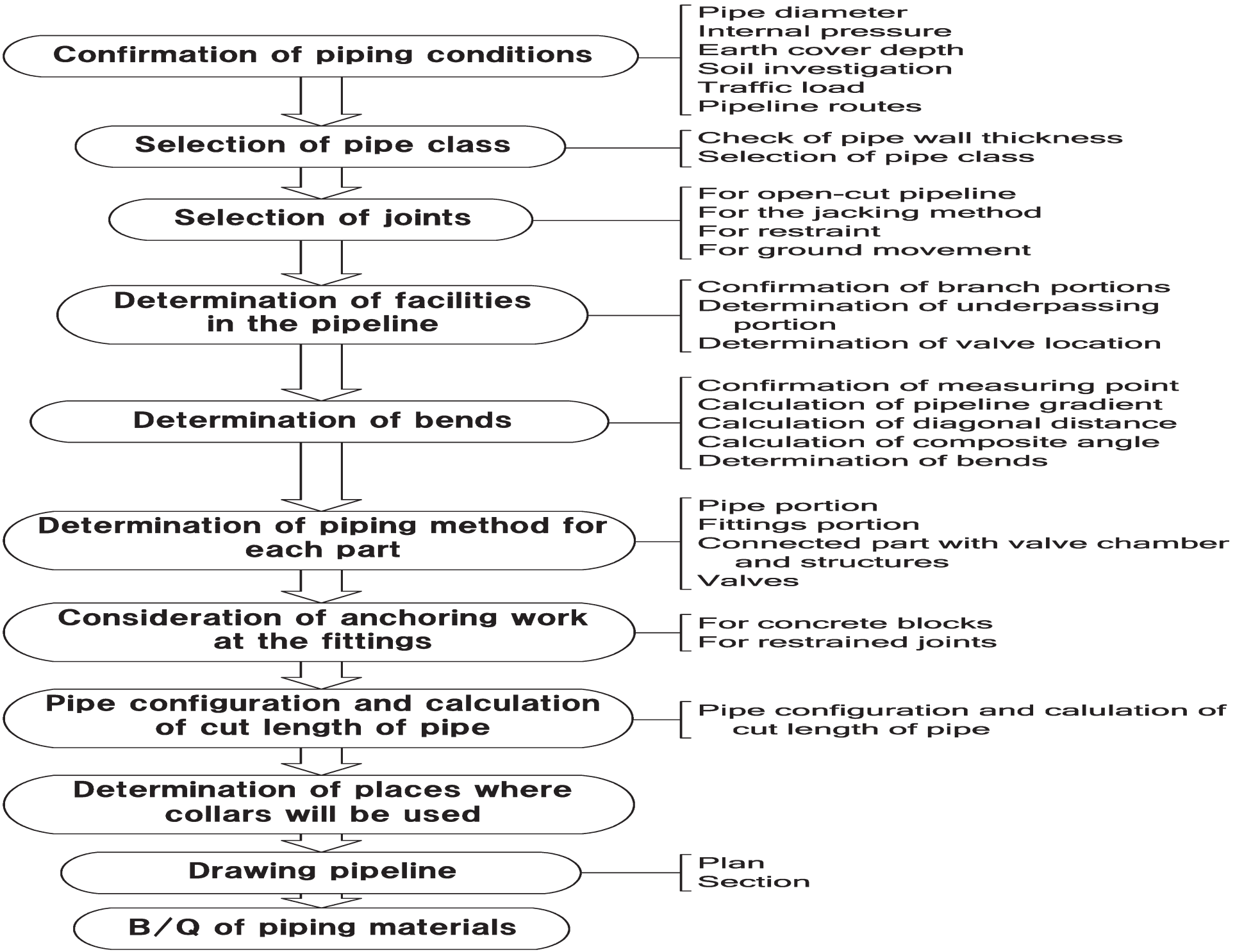
Coating system	Type of paint	Nominal thickness (mm)	Coating work
1st	Zinc primer	0.02	At works
2nd	Epoxy paint	0.05	
3rd	Epoxy MIO paint	0.05	
4th	Epoxy /Polyurethane/Acrylic paint[1]	0.04	On site

1) The 4th coating will be epoxy for pipeline to be immersed in water and polyurethane or acrylic coating for pipeline to be exposed to air.

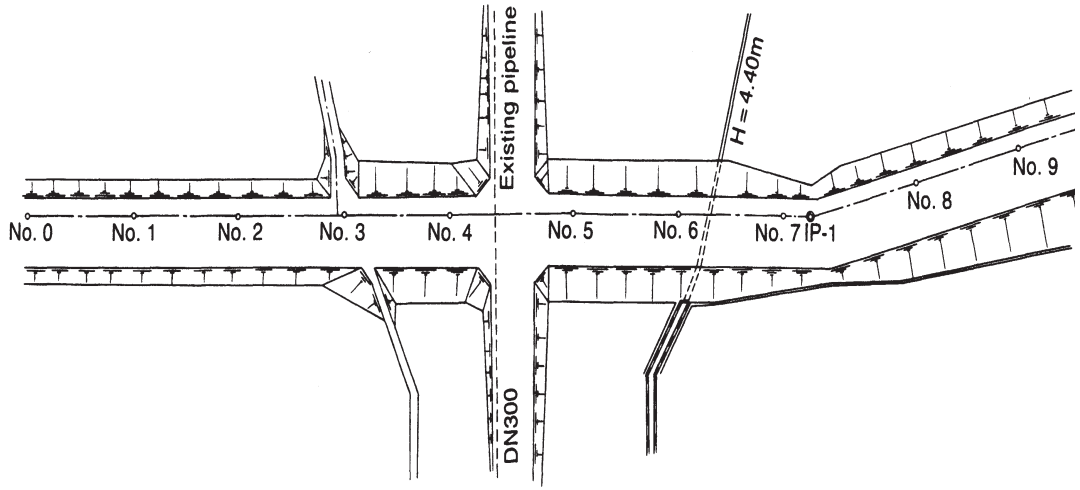
Zinc Layer
Standard
Asphalt Topcoat

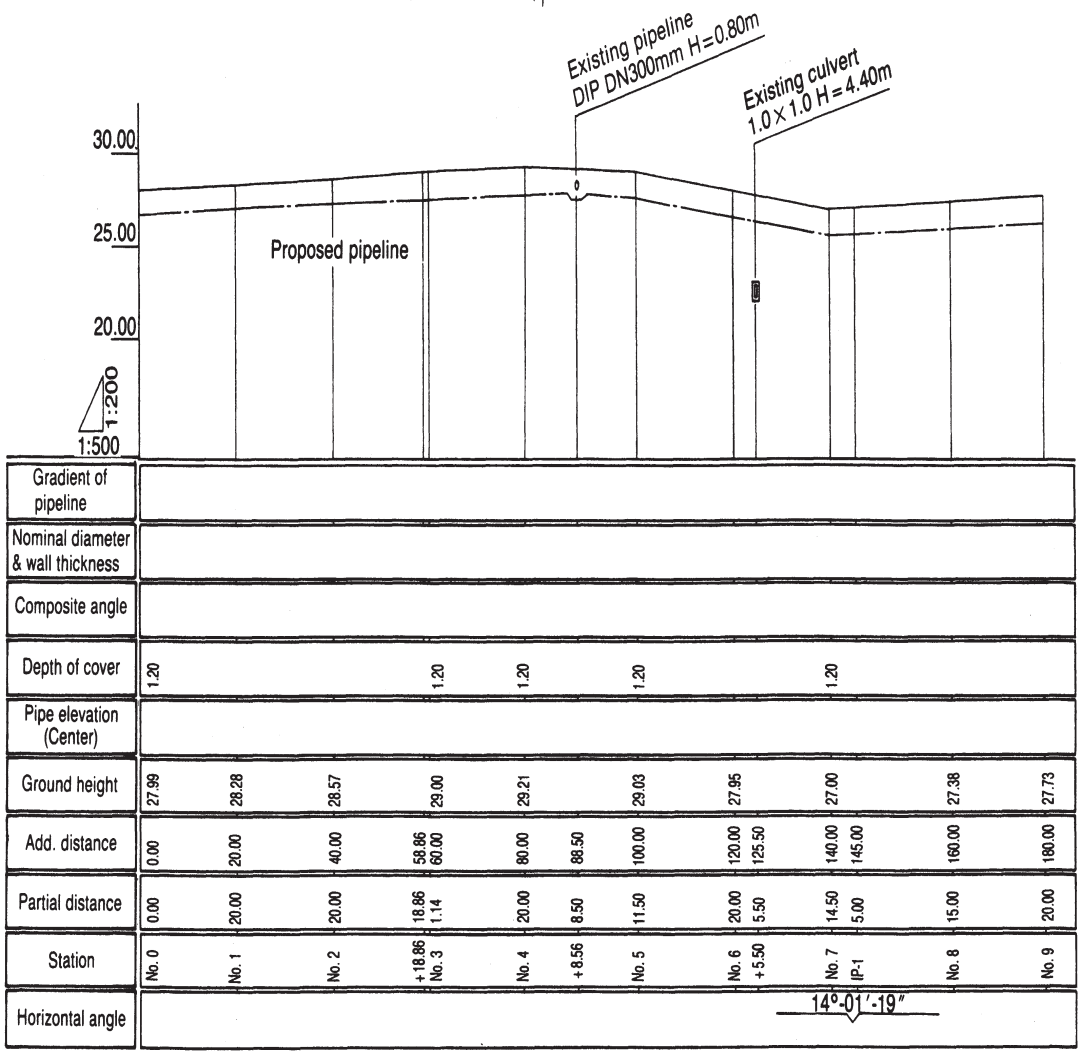
Application temperature should be below 60°C

Pipeline Drawings



Confirmation of Piping Conditions





The following pipeline conditions are verified in accordance with the design references.

Table 10-1

Procedure	Example
(1) Pipe diameter Examine the diameter of the main pipe and branches.	Main: DN200 Branch: DN100
(2) Internal pressure Check the total pressure of static pressure and water hammer.	Static pressure: 4.5 bar Water hammer: 5.5 bar
(3) Earth cover 1) For public roads, pipes should be installed according to the corresponding regulations as well as upholding agreements with road administrator. 2) When pipes are laid in locations other than public roads, environmental conditions around the site, future planned projects, etc. should be considered. 3) Consideration should be given to the buried objects. 4) In cold regions, pipe should be buried at a level deeper than the freezing depth. 5) When buried under roadways with a shallow earth cover, pipes should be protected from damages by reinforcement work or pavement, if necessary. This protection can be accomplished by placing concrete slabs or reinforced concrete slabs on the road surface above the pipeline, or by installing gate- or box-type rigid frame.	Earth cover: 1.2 m
(4) Soil investigation Investigate the soil for the safe and economical piping design.	Sandy soil with low corrosiveness
(5) Traffic load Traffic load due to trucks or railroad should be considered.	Simultaneous passage of two 200 kN trucks
(6) Pipeline route Confirm the route and position of pipeline referring to survey maps (plan and section).	In accordance with Fig. 10-2 and 10-3

Selection of Pipe and Fittings

As for pipes, Class K-9 is normally used. In certain situations however, pipes with other class will be used depending on the working condition or laying condition; for example, when the earth cover is extremely deep or shallow, or working pressure is extremely high or low. As for fittings, various kinds of fittings are available from standard production. As far as practically possible, these standard fittings should be employed in the piping design. Fittings designed for special purposes are available as well, however they may be more expensive than standard one. Selection of Joints should be selected from the standpoint of their function.

بشكل طبيعي. ومع ذلك ، في حالات ، K-9 بالنسبة للأنابيب ، يتم استخدام الفئة سيتم استخدام الأنابيب من فئة أخرى اعتمادًا على حالة العمل أو حالة التمديد ؛ على سبيل المثال ، عندما يكون الغطاء الأرضي عميقًا جدًا أو ضحلًا ، أو عندما يكون ضغط العمل مرتفعًا أو منخفضًا للغاية. بالنسبة للتركيبات ، تتوفر أنواع مختلفة من التركيبات من الإنتاج القياسي. بقدر الإمكان عمليًا ، يجب استخدام هذه التركيبات القياسية في تصميم الأنابيب. التركيبات المصممة للأغراض الخاصة متاحة أيضًا ، ولكنها قد تكون أغلى من تلك القياسية. يجب اختيار اختيار المفاصل من وجهة نظر وظيفتها.

Bill of Quantity of Materials

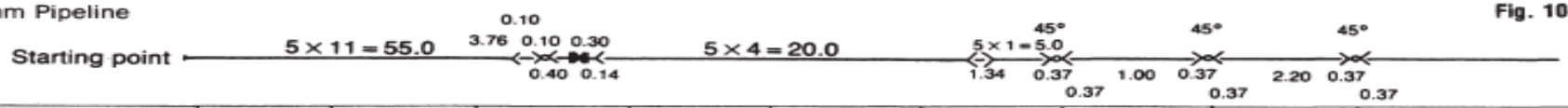
Bill of quantity of the piping materials is determined by calculating the materials according to the pipeline drawings. Careful calculation without omission is imperative. Cut pipes should be described in an attached table.

Calculation chart for pipe arrangement

Table 10-6

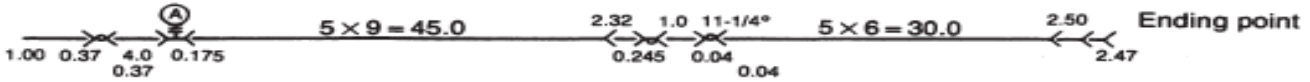
DN200mm Pipeline

Fig. 10-41



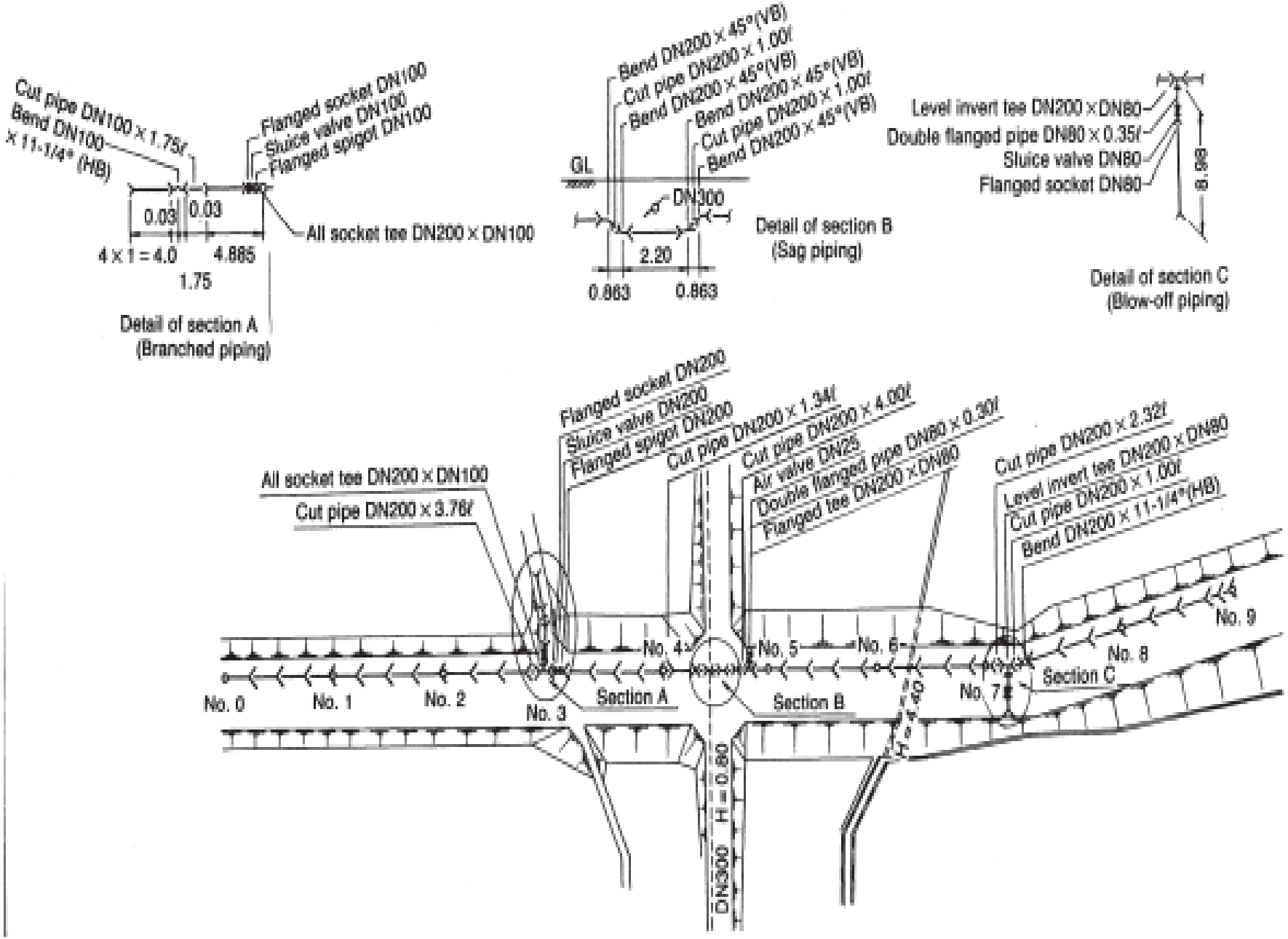
Slope distance (m)		20.00	20.00	18.86	1.14	20.01	6.50	1.74	2.94	1.74	
Horizontal distance (m)		20.00	20.00	18.86	1.14	20.00	6.50	1.23	2.94	1.23	
Difference of pipe elevation (m)					1.01	0.21					
Station		No.0+0.00	No.1+0.00	No.2+0.00	No.2+18.86	No.3+0.00	No.4+0.00	No.4+6.50			No.4+11.90
Deflection angle	Verticality A		0.962°	0.962°	0.962°	0.962°	0.602°	−0.516°	−45°	0	
	Verticality B		0.962°	0.962°	0.962°	0.602°	−0.516°	−45°	0	45°	
	Horizontality		—	—	—	—	—	—	—	—	
	Composition		—	—	—	0.360°	1.118°	44.484°	—	—	
Bends used			—	—	—	—	—	45°	45°	45°	
Other fittings				All socket tee DN200×DN100	Flanged socket flanged spigot sluice valve DN200						
Pipe (number)			11			4	1				
Cut pipe			(B) 3.76				(B) 1.34	(B) 1.00	(B) 2.20	(B) 1.00	
Gradient i		i=0.0168				i=0.0105	i=0.0090	i=1.0	Level	i=1.0	

Fig. 10-42



Slope distance (m)		8.10	20.02	20.03	5.00	15.00	20.01	
Horizontal distance (m)		8.10	20.00	20.00	5.00	15.00	20.01	
Difference of pipe elevation (m)			−0.18		−2.03			0.73
Station		No.4+11.90	No.5+0.00	No.6+0.00	No.7+0.00	IP-1	No.8+0.00	No.9+0.00
Deflection angle	Verticality A	45°	−0.516°	−2.908	−2.908°	1.048°	1.048°	
	Verticality B	−0.516°	−2.908°	−2.908°	1.048°	1.048°	1.048°	
	Horizontality	—	—	—	—	14.022°	—	
	Composition	45.516°	2.392°	—	3.956°	14.020°	—	
Bends used		45°	—	—	—	11-1/4°	—	
Other fittings		Air valve on 25 double flanged pipe flanged tee DN200×DN80			Level invert tee DN200×DN80			
Pipe (number)			9		(B) (B)	6	(A) (A)	
Cut pipe		(B) 4.0			2.32 1.00		2.50 2.47	
Gradient i		i=0.009	i=0.0508		i=0.0183			

Note: Cut pipe(A) refers to socket and spigot cut pipe. Cut pipe (B) refers to double spigot cut pipe.


Cut pipe DN100 × 1.75ℓ
Bend DN100 × 11-1/4° (HB)
Flanged socket DN100
Sluice valve DN100
Flanged spigot DN100
All socket tee DN200 × DN100
0.03
0.03
4 × 1 = 4.0
4.885
1.75
Detail of section A
(Branched piping)
Bend DN200 × 45°(VB)
Cut pipe DN200 × 1.00ℓ
Bend DN200 × 45°(VB)
Bend DN200 × 45°(VB)
Cut pipe DN200 × 1.00ℓ
Bend DN200 × 45°(VB)
GL
DN300
2.20
0.863
0.863
Detail of section B
(Sag piping)
Level invert tee DN200 × DN80
Double flanged pipe DN80 × 0.35ℓ
Sluice valve DN80
Flanged socket DN80
0.88
Detail of section C
(Blow-off piping)
All socket tee DN200 × DN100
Cut pipe DN200 × 3.76ℓ
Flanged socket DN200
Sluice valve DN200
Flanged spigot DN200
Cut pipe DN200 × 1.34ℓ
Cut pipe DN200 × 4.00ℓ
Air valve DN25
Double flanged pipe DN80 × 0.30ℓ
Flanged tee DN200 × DN80
Cut pipe DN200 × 2.32ℓ
Level invert tee DN200 × DN80
Cut pipe DN200 × 1.00ℓ
Bend DN200 × 11-1/4°(HB)
No. 0
No. 1
No. 2
No. 3
No. 4
No. 5
No. 6
No. 7
No. 8
No. 9
Section A
Section B
Section C
DN300 H = 0.80
1.00

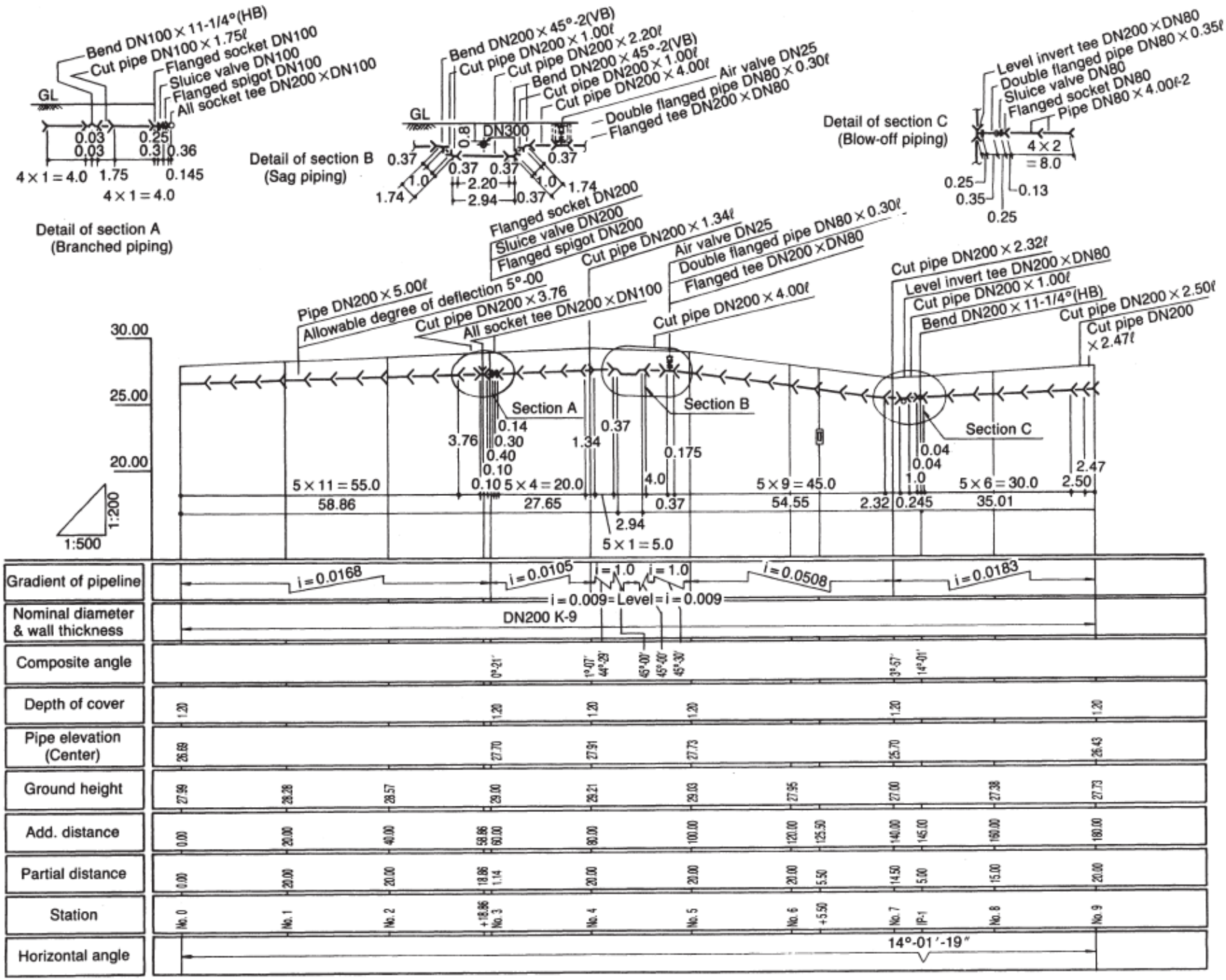
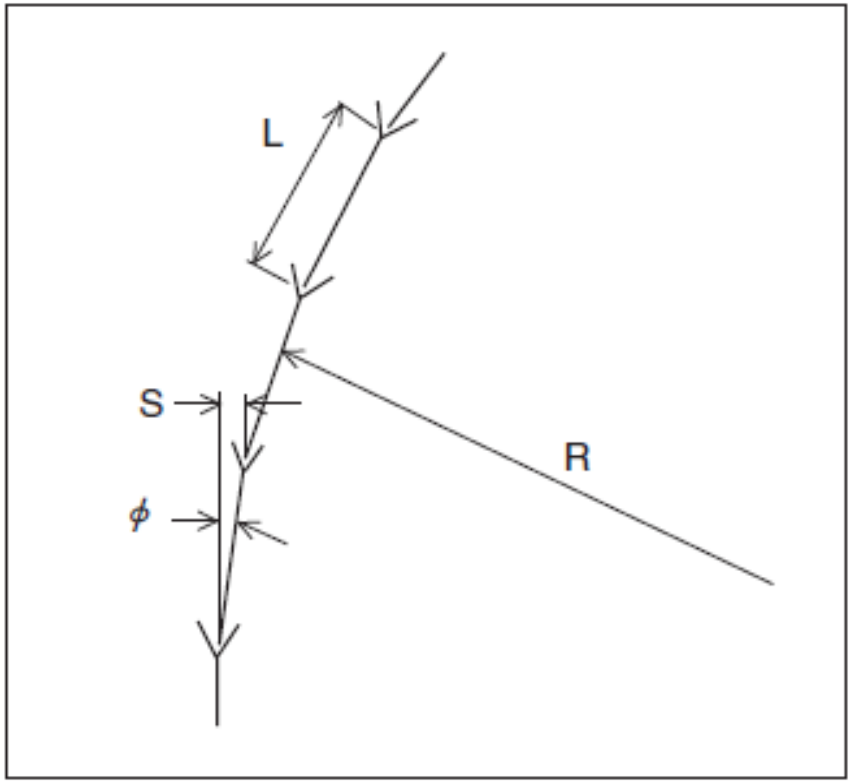

Detail of section A
(Branched piping)
Bend DN100×11-1/4°(HB)
Cut pipe DN100×1.75ℓ
Flanged socket DN100
Sluice valve DN100
Flanged spigot DN100
All socket tee DN200×DN100
GL
0.03
0.03
0.25
0.3
0.36
4×1=4.0
1.75
0.145
4×1=4.0
Detail of section B
(Sag piping)
Bend DN200×45°-2(VB)
Cut pipe DN200×1.00ℓ
Cut pipe DN200×2.20ℓ
Bend DN200×45°-2(VB)
Cut pipe DN200×1.00ℓ
Cut pipe DN200×4.00ℓ
Air valve DN25
Double flanged pipe DN80×0.30ℓ
Flanged tee DN200×DN80
GL
0.8
DN300
0.37
0.37
0.37
0.37
1.0
1.0
2.20
2.94
0.37
1.74
1.74
Detail of section C
(Blow-off piping)
Level invert tee DN200×DN80
Double flanged pipe DN80×0.35ℓ
Sluice valve DN80
Flanged socket DN80
Pipe DN80×4.00ℓ-2
4×2
=8.0
0.25
0.35
0.13
0.25
Flanged socket DN200
Sluice valve DN200
Flanged spigot DN200
Cut pipe DN200×1.34ℓ
Air valve DN25
Double flanged pipe DN80×0.30ℓ
Flanged tee DN200×DN80
Pipe DN200×5.00ℓ
Allowable degree of deflection 5°-00
Cut pipe DN200×3.76
All socket tee DN200×DN100
Cut pipe DN200×4.00ℓ
Cut pipe DN200×2.32ℓ
Level invert tee DN200×DN80
Cut pipe DN200×1.00ℓ
Bend DN200×11-1/4°(HB)
Cut pipe DN200×2.50ℓ
Cut pipe DN200×2.47ℓ
30.00
25.00
20.00
1:200
1:500
Section A
Section B
Section C
0.14
3.76
0.30
0.40
0.10
0.10
1.34
0.37
0.175
4.0
0.04
0.04
1.0
2.47
2.50
5×11=55.0
58.86
5×4=20.0
27.65
0.37
2.94
5×1=5.0
5×9=45.0
54.55
2.32
0.245
5×6=30.0
35.01
Gradient of pipeline
i=0.0168
i=0.0105
i=1.0
i=1.0
i=0.0508
i=0.0183
i=0.009=Level=i=0.009
Nominal diameter & wall thickness
DN200 K-9
Composite angle
0°-21'
1°-07'
44°-29'
45°-00'
45°-00'
45°-30'
3°-57'
14°-01'
Depth of cover
1.20
Pipe elevation (Center)
26.89
27.70
27.91
27.73
25.70
26.43
Ground height
27.99
28.28
28.57
29.00
29.21
29.03
27.95
27.00
27.38
27.73
Add. distance
0.00
20.00
40.00
58.86
60.00
80.00
100.00
120.00
125.50
140.00
145.00
160.00
180.00
Partial distance
0.00
20.00
20.00
18.86
1.14
20.00
20.00
20.00
5.50
14.50
5.00
15.00
20.00
Station
No. 0
No. 1
No. 2
+18.86
No. 3
No. 4
No. 5
No. 6
+5.50
No. 7
IP-1
No. 8
No. 9
Horizontal angle
14°-01'-19"

Fig. 10-44

Deflection of Joints

Fig. 12-20



Offset: S

$$S = L \sin\phi$$

Where, L : Length of pipe (m)
ϕ : Deflection angle (degree)

Radius of curve: R

$$R = \frac{L}{2\tan(\phi/2)}$$

12-4-1 Deflection angle of joint

When pipeline is required to be deflected, it can be done by means of deflecting the pipeline at joints within their allowable angular deflection shown in Table 12-3. These angles are allowable value at pipe laying therefore joints should not be exceeded. For design purpose, deflection should be limited to 50-80 percent of the allowable angle

عندما يلزم انحراف خط الأنابيب ، يمكن القيام بذلك عن طريق انحراف خط الأنابيب عند الوصلات ضمن الانحراف الزاوي المسموح به الموضح في الجدول 12-3. هذه الزوايا هي القيمة المسموح بها عند مد الأنابيب لذلك لا يجب تجاوز الوصلات. لغرض التصميم ، يجب أن يقتصر الانحراف على 50-80 بالمائة من الزاوية المسموح بها.

(1) **Procedure of pipe jointing in deflection**

(2) Make the trench wider appropriate for the amount of deflection.

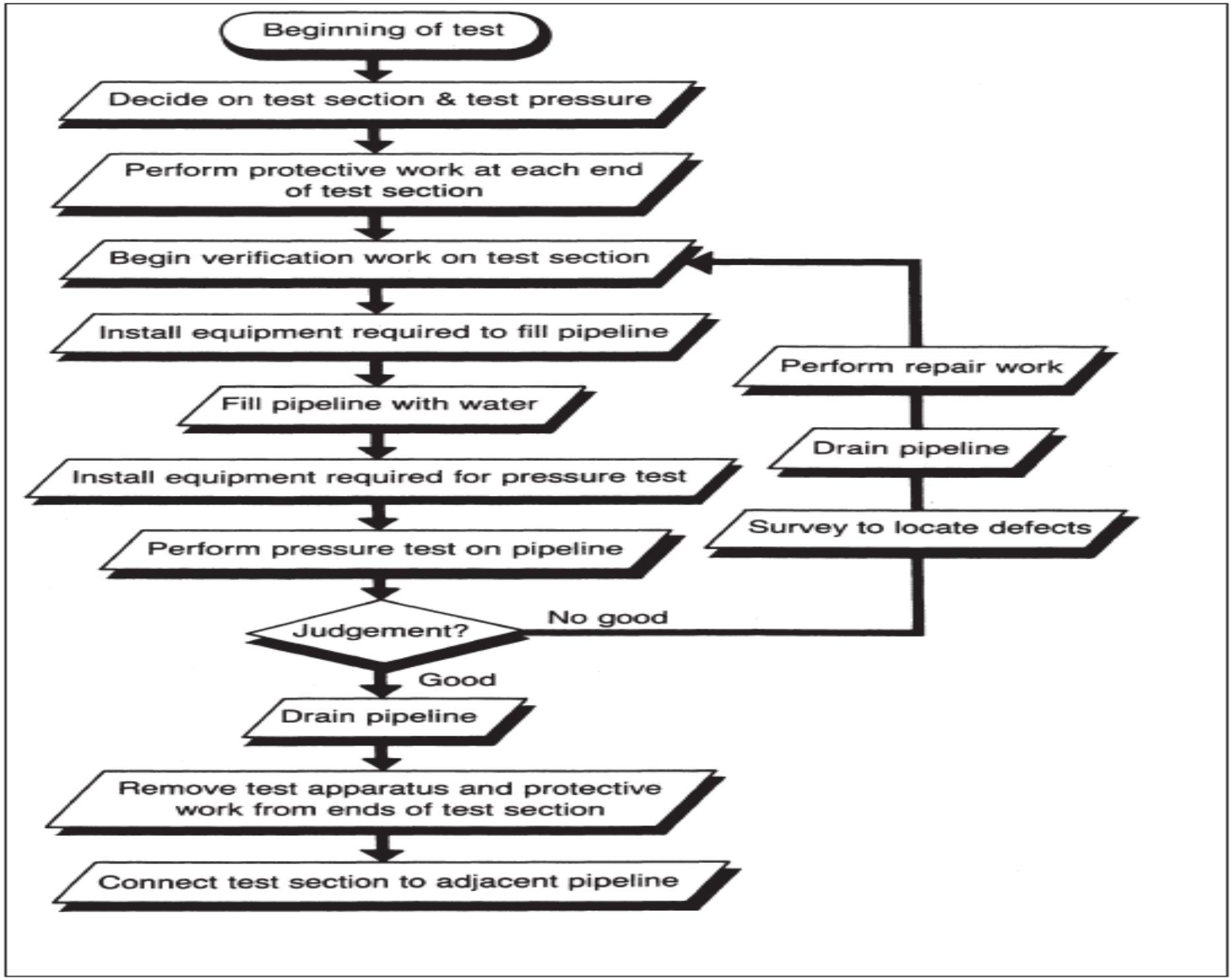
(3) Assemble the joint in a straight line, then deflect the joint up to the allowable angle

(4) In case of push-on joint, whole two white lines on the spigot should not be visible all around the pipe body after deflected.

اجعل الخندق أوسع مناسبًا لمقدار الانحراف.
قم بتجميع المفصل في خط مستقيم ، ثم قم بتحويل المفصل إلى الزاوية المسموح
في حالة مفصل الضغط ، يجب ألا يكون خطان أبيضان بالكامل على الذيل مرئيين في جميع أنحاء جسم الأنبوب بعد انحرافه.

Field Hydrostatic Test

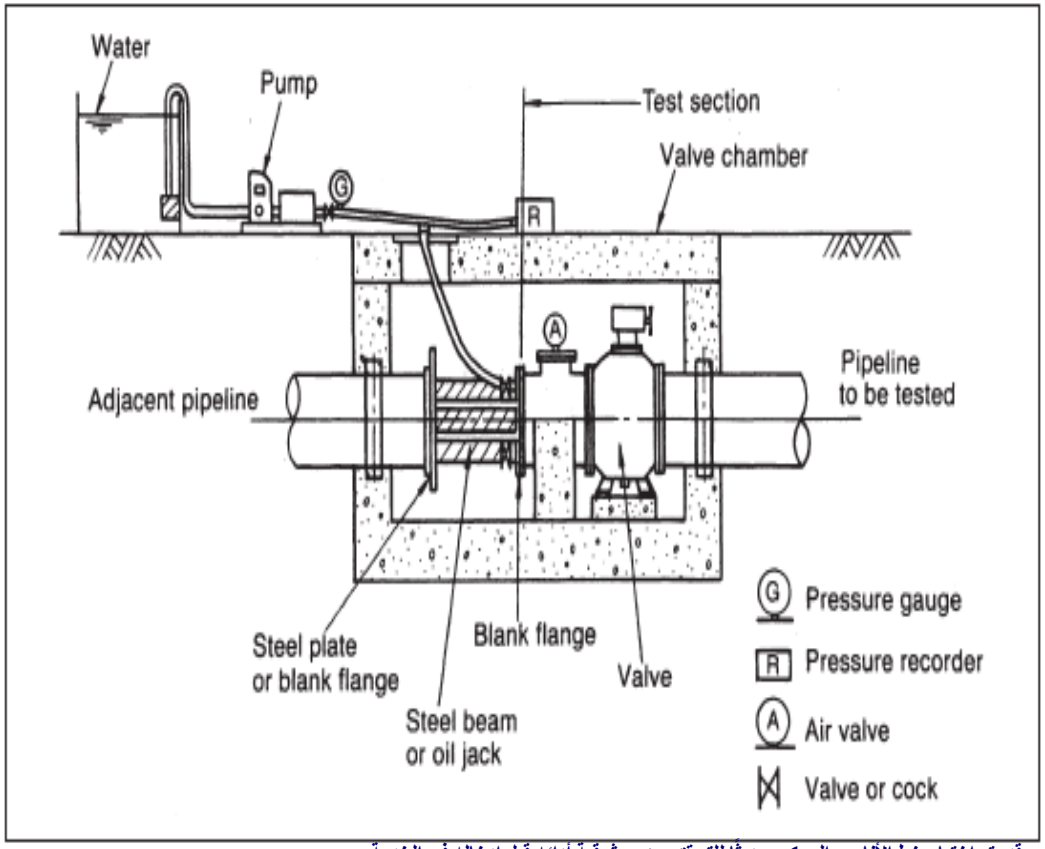
Flow chart of field hydrostatic test Fig. 13-1



HYDROSTATIC
TEST

Example of terminal point for the end of test section

Fig. 13-2



قد يتم اختبار خط الأنابيب المركب حديثًا للتحقق من موثوقية أدائه قبل إدخاله في الخدمة.

قرار اختبار القسم 13-13-3-1

يجب تحديد قسم الاختبار بعد النظر في ظروف الأنابيب والمواقع ، على سبيل المثال ، صعود وهبوط خط الأنابيب ، ومواضع الصمامات الحابسة وصمامات تنفيس الهواء ، ومساحة للاختبار ، وتوافر المياه للاختبار ، وعدد الوصلات ، وغيرها. عوامل. أثناء تحديد قسم الاختبار ، يجب مراعاة موضع الصمامات وغرف الصمامات ، لأنها قد تكون مفيدة كنقاط نهائية لنهايات قسم الاختبار كما هو موضح في الشكل 13-2.

بالنسبة لأنابيب الضغط ، يجب ألا يتجاوز طول أقسام الاختبار 1500 متر ما لم ينص على خلاف ذلك 4.1.2.

بالنسبة للأنابيب غير المضغوطة ، عادةً ما يكون قسم الاختبار هو الطول الإجمالي بين فتحات التفتيش المتتالية أو نقاط التفتيش. إذا تم إجراء ترتيبات خاصة لتمكين الاختبار على جزء فقط من الطول بين غرف التفتيش ونقاط التفتيش ، فيجب ألا يتجاوز طول قسم الاختبار 1000 متر ما لم ينص على خلاف ذلك 4.1.3.

قرار ضغط الاختبار 13-3-2

يجب تحديد ضغط الاختبار بالرجوع إلى المعيار الدولي أو المعيار الوطني.

يجب ألا يقل ضغط الاختبار عند أدنى نقطة في قسم الاختبار عن الحد المحدد في أ) أو ب) ، أيهما أكبر 5.1.1.3.

أ) لضغط العمل أقل من أو يساوي 10 بار: 1.5 مرة ضغط العمل ؛ لضغط العمل أكبر من 10 بار: ضغط العمل زائد 5 بار ؛

ب) أقصى ضغط عمل

يجب ألا يتجاوز ضغط الاختبار

الحد الأقصى لضغط الاختبار المحدد في المعايير المطبقة على الأنابيب والتجهيزات والشفاه والملحقات ، أو -

الضغط التصميمي لأجهزة التثبيت أو التثبيت -.

يجب ألا يقل ضغط الاختبار عند أعلى نقطة في قسم الاختبار عن ضغط التشغيل في هذه المرحلة 5.1.1.4.

ما لم يكن الحد الأقصى من إحكام المياه ضروريًا ، يجب ألا يتجاوز ضغط الاختبار ؛ 5.2.2

، بار عند تاج الأنبوب المجاور لفتحة المنبع 0.4

بار عند تاج الأنبوب المجاور لفتحة المصب ، ما لم ينص على خلاف ذلك 1.

عندما يكون الحد الأقصى من ضيق المياه ضروريًا ، على سبيل المثال بسبب الوجود 5.2.3

من ارتفاع منسوب المياه الجوفية أو الينابيع أو الآبار ، يمكن تحديد ضغط اختبار يصل إلى 5 بار.

A newly installed pipeline may be tested to check the reliability of its performance before being brought into service.

13-13-3-1 Decision of test sect

The test section should be decided on after considering piping conditions and site situations, for example, ups and downs of pipeline, position of stop valves and air relief valves, space for testing, availability of water for the test, numbers of joints, and other factors. While the test section is being determined, the position of the valves and valve chambers should be considered, because they may be useful as terminal points for the ends of the test section as shown in Fig. 13-2.

4.1.2 For pressure pipelines, the length of the test sections shall not exceed 1500 m unless otherwise specified.

4.1.3 For non-pressure pipelines, the test section is usually the total length between consecutive manholes or inspection points. If special arrangements are made to enable testing over only part of length between manholes and inspection points, then the length of the test section shall not exceed 1000 m unless otherwise specified.

13-3-2 Decision of test pressure

The test pressure should be determined referring to international standard or national standard.

5.1.1.3 The test pressure at the lowest point of the test section shall be not less than the limit specified in a) or b), whichever is greater.

a) for working pressure less than or equal to 10 bar: 1.5 times the working pressure;for working pressure greater than 10 bar: the working pressure plus 5 bar;

b) the maximum working pressure

The test pressure shall not exceed

- the maximum test pressure specified in the standards applicable to pipes, fittings, flanges and accessories, or
- the design pressure of the restraining or anchoring devices.

5.1.1.4 The test pressure at the highest point of the test section shall not be less than the working pressure at this point.

5.2.2 Unless maximum water tightness is essential, the test pressure shall not exceed;

0.4 bar at the crown of the pipe adjoining the upstream manhole,

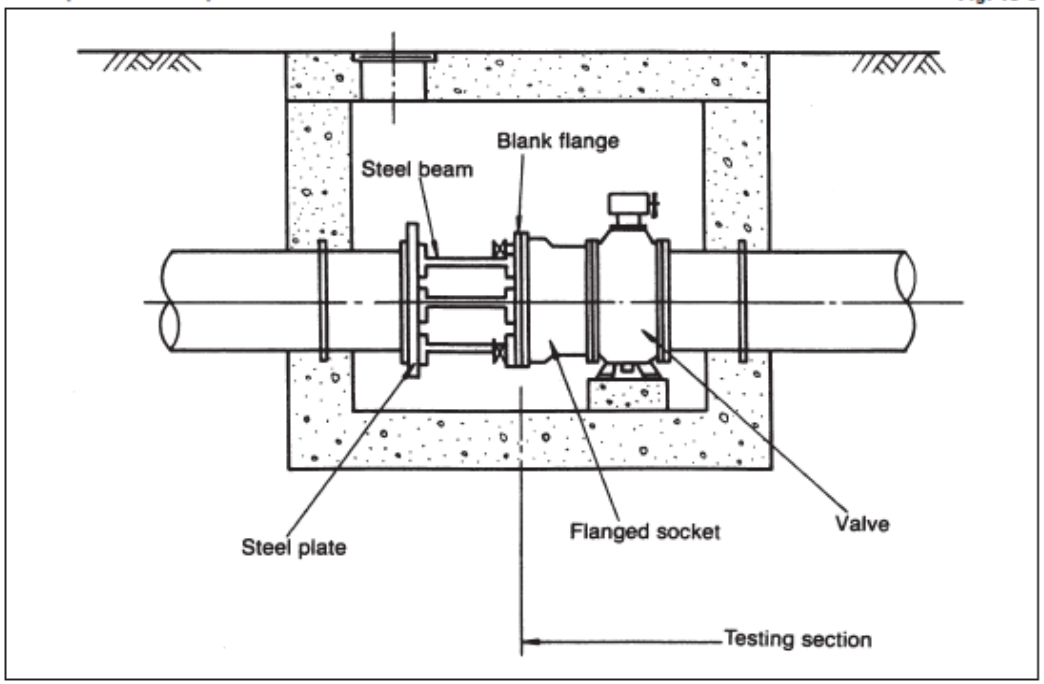
1 bar at the crown of the pipe adjoining the downstream manhole, unless otherwise specified.

5.2.3 When maximum water tightness is essential, for instance owing to the presence

of a high water table, springs or wells, a test pressure of up to 5 bar may be specified.

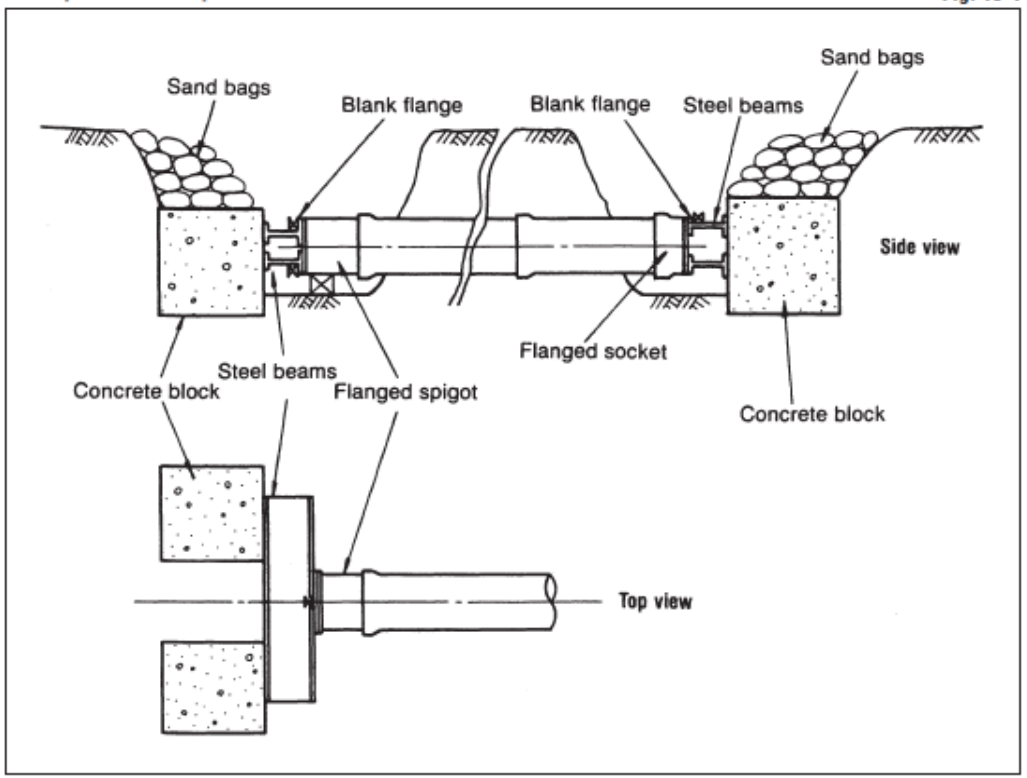
Example of thrust protection in valve chamber

Fig. 13-3



Example of thrust protection

Fig. 13-4



Thrust protection for the ends of test section

(1) Use of valve chamber

If valve chamber has enough capacity to install the equipment and apparatus required for the pressure test, it would be simple to carry out the pressure test inside it since the valve and valve chamber are designed to be able to resist the thrust force at valve closing.An example of thrust protection method using a valve chamber is shown in Fig.3.

Note: Closed gate or butterfly valves should not be subjected to rated pressure from water coming from the counter-flow direction.

(2) Other thrust protection

An example of the thrust protection method other than that in valve chamber is shown in Fig. 13-4.

For low pressure or small diameter pipeline, portable steel plate with reinforced beams or wooden timbers can be used instead of concrete blocks as shown in Fig. 13-5.Care should be taken to the strength of the thrust protection.

استخدام غرفة الصمام (1)

إذا كانت حجرة الصمام تتمتع بسعة كافية لتركيب المعدات والأجهزة المطلوبة لاختبار الضغط ، فسيكون من السهل إجراء اختبار الضغط بداخلها نظرًا لأن الصمام وغرفة الصمام مصممة لتكون قادرة على مقاومة قوة الدفع عند إغلاق الصمام.

يظهر مثال على طريقة الحماية من الدفع باستخدام حجرة الصمام في الشكل 13-3.

ملحوظة: لا يجب أن تتعرض البوابة المغلقة أو صمامات الفراشة للضغط المقنن من المياه القادمة من اتجاه التدفق المعاكس.

حماية الاتجاه الأخرى (2)

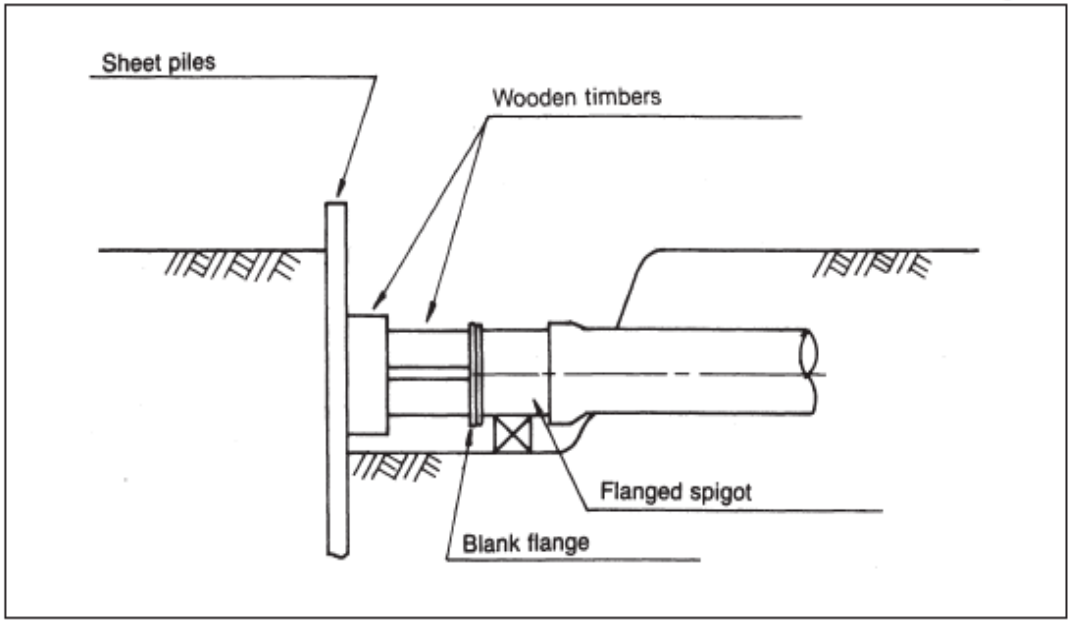
يوضح الشكل 13-4 مثالاً لطريقة الحماية من الدفع بخلاف تلك الموجودة في حجرة الصمام.

بالنسبة لأنابيب الضغط المنخفض أو ذات القطر الصغير ، يمكن استخدام صفيحة فولاذية محمولة مع عوارض مقواة أو أخشاب خشبية بدلاً من الكتل الخرسانية كما هو موضح في الشكل 13-5.

يجب توخي الحذر لقوة حماية الدفع.

Example of thrust protection

Fig. 13-5



13-3-4 Water filling

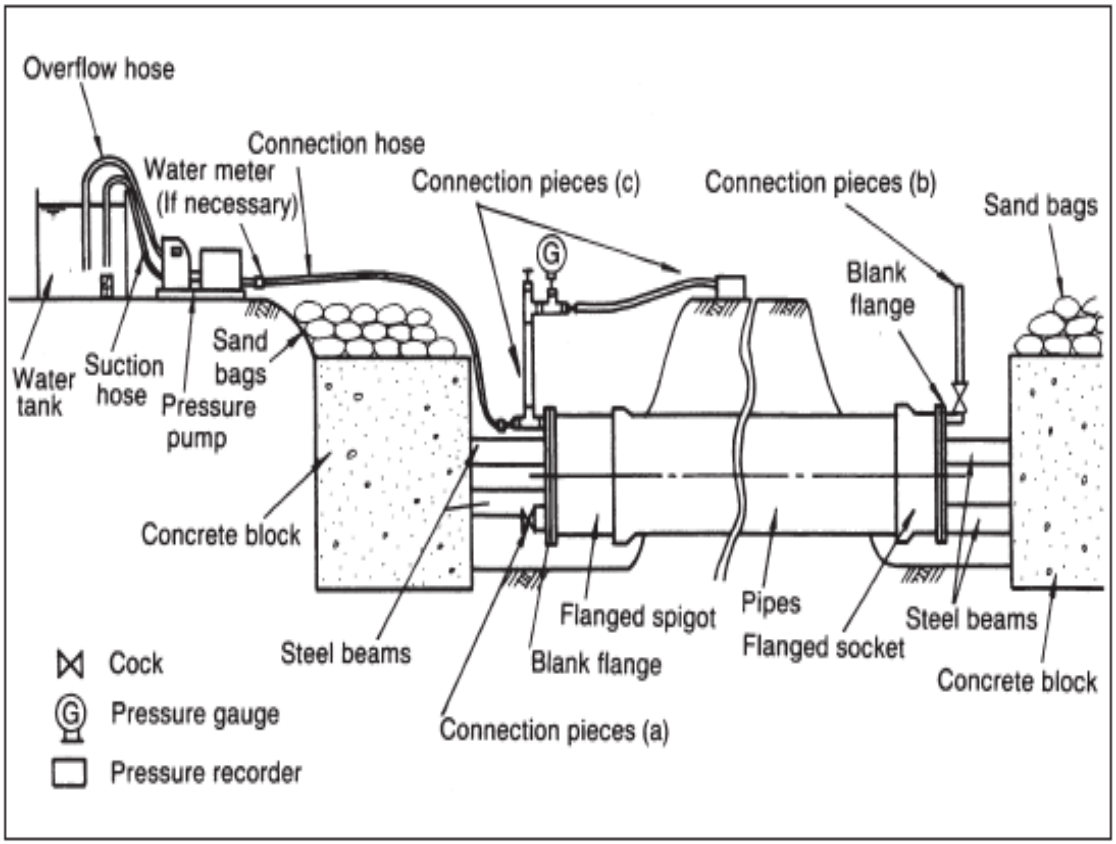
Water filling shall be carried out slowly verifying that air is being released from the pipeline. It is very important to make sure that air is actually being released during the water filling. Insufficient ventilation will lead the test to fail and compressed air by the water pressure is very dangerous. If leakage is found during the water filling, leaked point should be repaired immediately. The pipeline should be left in the water-filled condition for at least 24 hours to stabilize the pipeline.

cf. ISO 10802, Sec. 4.4

Filling should normally be carried out at the lowest point of the section to be tested and at a rate slow enough to ensure that all air is evacuated. The pipeline shall have air-venting facilities at all high points. As a guide, the flow-rate during filling should not exceed 10 % of the design working flow-rate. Cement mortar lined pipelines require a period of time after filling (depending on site conditions) for absorption by the lining to take place.

Example of layout of test equipment

Fig. 13-6



13-3-4 تعبئة ماء

يتم تعبئة الماء ببطء للتحقق من خروج الهواء من خط الأنابيب. من المهم جدًا التأكد من إطلاق الهواء فعليًا أثناء ملء الماء. سيؤدي عدم كفاية التهوية إلى فشل الاختبار ، كما أن الهواء المضغوط بضغط الماء أمر خطير للغاية. إذا تم العثور على تسرب أثناء ملء المياه ، يجب إصلاح نقطة التسرب على الفور. يجب ترك خط الأنابيب في حالة مملوءة بالماء لمدة 24 ساعة على الأقل لتثبيت خط الأنابيب.

راجع ISO 10802 ، 4.4. ثانية

يجب أن يتم الملء عادة في أدنى نقطة في القسم المراد اختباره وبسرعة بطيئة بدرجة كافية لضمان إفراغ كل الهواء. يجب أن يكون خط الأنابيب مزودًا بوسائل تنفيس الهواء في جميع النقاط المرتفعة. كدليل ، يجب ألا يتجاوز معدل التدفق أثناء التعبئة 10٪ من معدل تدفق عمل التصميم.

تتطلب خطوط الأنابيب المبطنة بملاط الأسمنت فترة من الوقت بعد الملء (حسب ظروف الموقع) حتى يتم امتصاصها بواسطة البطانة.

13-3-6 Testing

The pressure test should be carried out referring to the international standard or national standard.

5.1Pressure pipeline

5.1.1 Preliminary operations

After filling and before application of the test pressure, maintain the test section at the working pressure for a sufficient period of time for it to stabilize with respect to line movement under pressure, water absorption by the lining, etc.

5.1.2.1 Falling pressure test

Maintain the test pressure constant to±0.1 bar, by pumping if necessary, for a period of at least 1 h. Then disconnect the pump and allow no further water to enter the test section for a period of at least

1 h for DN≦600, 3 h for 600＜DN≦1400, 6 h for DN＞1400

At the end of this test period, measure the pressure in the test section. Determine the water loss either by measuring (to an accuracy of ±5 %) the amount of water it is necessary to pump into the test section to restore the test pressure to within±0.1 bar, or by restoring the test pressure and measuring the amount of water it is necessary to draw off the test section to produce an equivalent pressure drop.

5.1.2.2 Constant pressure test

Maintain the test pressure constant to ±0.1 bar, by pumping if necessary, for a period of at least 1 h. Then maintain the test pressure constant (to ±0.1 bar) in the test section by pumping for at least

1 h for DN≦600, 3 h for 600＜DN≦1400, 6 h for DN＞1400

and measure (to an accuracy of ±5 %) the amount of water used to do so.

5.2 Non-pressure pipeline

5.2.1 After filling and before application of the test pressure, leave the test section for a sufficient period of time to allow water absorption by the lining.

5.2.4 After a test period of 2 h, determine the water loss by measuring the quantity of water it is necessary to add to restore the initial level in the upstream manhole.

13-3-7 Judgement

The judgement for the pressure test should be done referring to the international standard or national standard.

6 6.1 Pressure

pipelinesThe water loss shall not exceed 0.001 litre/hour/kilometer of pipeline/millimetre of nominal size/bar of static pressure (average head applied to the test section). 6.2 Non-pressure pipelines

The water loss shall not exceed 0.1 litre/kilometer of pipeline/millimetre of nominal size. However, when a test pressure in excess of 1 bar is specified, the acceptance criterion is that of pressure pipelines.

13-3-8 Drainage

After the completion of the test, water should be drained from the pipeline. If the adjacent pipeline section is to be tested, the water may be available for the next test.

13-3-9 Removal of thrust protection

Thrust protections at the ends of the test section should be removed when the tested pipeline is to be connected to adjacent pipeline. However, when the adjacent pipeline will be tested these thrust protections may be available for it.

الاختبار 13-3-6

يجب إجراء اختبار الضغط بالرجوع إلى المعيار الدولي أو المعيار الوطني.

خط أنابيب الضغط 5.1

العمليات الأولية 5.1.1

بعد الملء وقبل تطبيق ضغط الاختبار ، حافظ على قسم الاختبار عند ضغط العمل لفترة كافية من الوقت حتى يستقر فيما يتعلق بحركة الخط تحت الضغط ، وامتصاص الماء بواسطة البطانة ، إلخ.

اختبار هبوط الضغط 5.1.2.1

حافظ على ثبات ضغط الاختبار عند ± 0.1 بار ، عن طريق الضخ إذا لزم الأمر ، لمدة ساعة واحدة على الأقل. ثم افصل المضخة ولا تسمح بدخول المزيد من الماء إلى قسم الاختبار لمدة لا تقل عن

1 ساعة لـ DN ≦ 600 ، 3 ساعات لـ 600 < DN ≦ 1400 ، 6 ساعات لـ DN > 1400

في نهاية فترة الاختبار هذه ، قم بقياس الضغط في قسم الاختبار. حدد فقد الماء إما عن طريق قياس (بدقة ± 5٪) كمية الماء التي يلزم ضخها في قسم الاختبار لاستعادة ضغط الاختبار إلى حدود ± 0.1 بار ، أو عن طريق استعادة ضغط الاختبار وقياس الكمية من الماء ، من الضروري سحب قسم الاختبار لإنتاج انخفاض ضغط مكافئ.

اختبار الضغط المستمر 5.1.2.2

حافظ على ثبات ضغط الاختبار عند ± 0.1 بار ، عن طريق الضخ إذا لزم الأمر ، لمدة ساعة واحدة على الأقل. ثم حافظ على ثبات ضغط الاختبار (حتى ± 0.1 بار) في قسم الاختبار عن طريق الضخ لمدة لا تقل عن

1 ساعة لـ DN ≦ 600 ، 3 ساعات لـ 600 < DN ≦ 1400 ، 6 ساعات لـ DN > 1400

وقياس (بدقة ± 5٪) كمية المياه المستخدمة للقيام بذلك.

خط أنابيب عدم الضغط 5.2

بعد الملء وقبل تطبيق ضغط الاختبار ، اترك قسم الاختبار لـ 5.2.1 فترة زمنية كافية للسماح للبطانة بامتصاص الماء.

بعد فترة اختبار مدتها ساعتان ، حدد فاقد الماء بقياس كمية 5.2.4 من الضروري إضافة الماء لاستعادة المستوى الأولي في فتحة المنبع.

حكم 13-3-7

يجب أن يتم الحكم على اختبار الضغط بالرجوع إلى المعيار الدولي أو المعيار الوطني.

الضغط 6.1 6

يجب ألا يتجاوز فقد الماء 0.001 لتر / ساعة / كيلومتر من خط الأنابيب / مليمتر بالحجم الاسمي / بار الضغط الساكن (متوسط الرأس المطبق على قسم الاختبار). 6.2 خطوط الأنابيب غير المضغوطة

يجب ألا يتجاوز الفاقد في الماء 0.1 لتر / كيلومتر من خط الأنابيب / مليمتر بالحجم الاسمي. ومع ذلك ، عندما يتم تحديد ضغط اختبار يزيد عن 1 بار ، يكون معيار القبول هو معيار أنابيب الضغط.

الصرف 13-3-8

بعد الانتهاء من الاختبار ، يجب تصريف المياه من خط الأنابيب. إذا كان سيتم اختبار قسم خط الأنابيب المجاور ، فقد يكون الماء متاحًا للاختبار التالي.

إزالة حماية الدفع 13-3-9

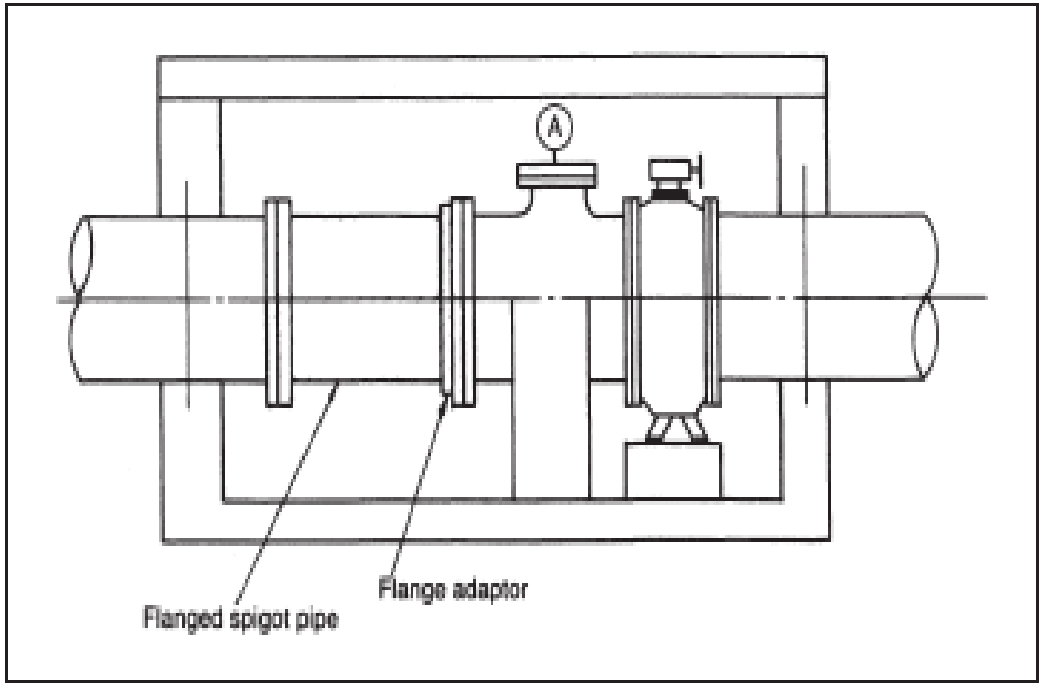
يجب إزالة الحماية من الدفع في نهايات قسم الاختبار عند توصيل خط الأنابيب الذي تم اختباره بخط الأنابيب المجاور. ومع ذلك ، عندما يتم اختبار خط الأنابيب المجاور ، قد تكون هذه الحماية من الدفع متاحة له.

Connection to adjacent pipeline

After the adjacent pipeline has been tested, the test section should be connected to it. Examples of the connection are shown below.

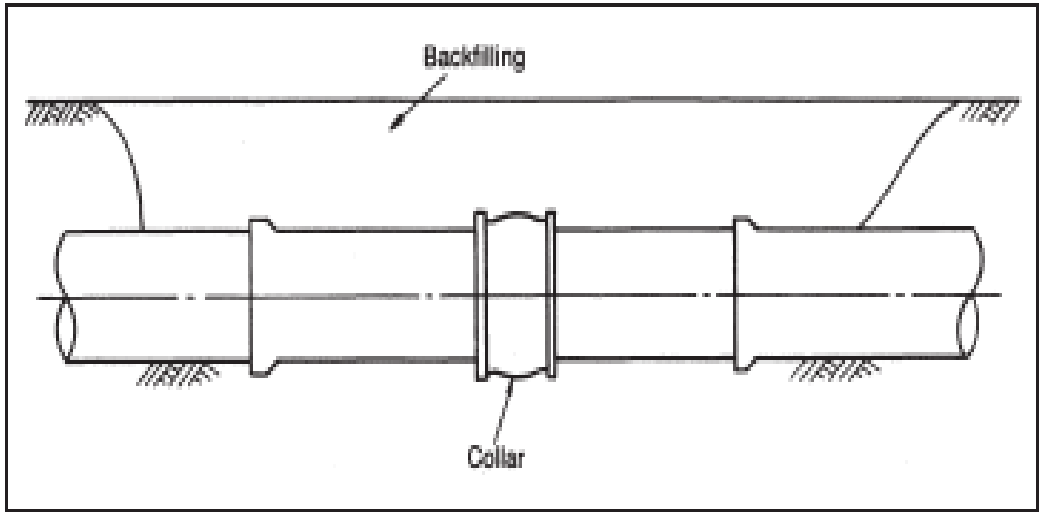
Example of connection at valve chamber

Fig. 13-7

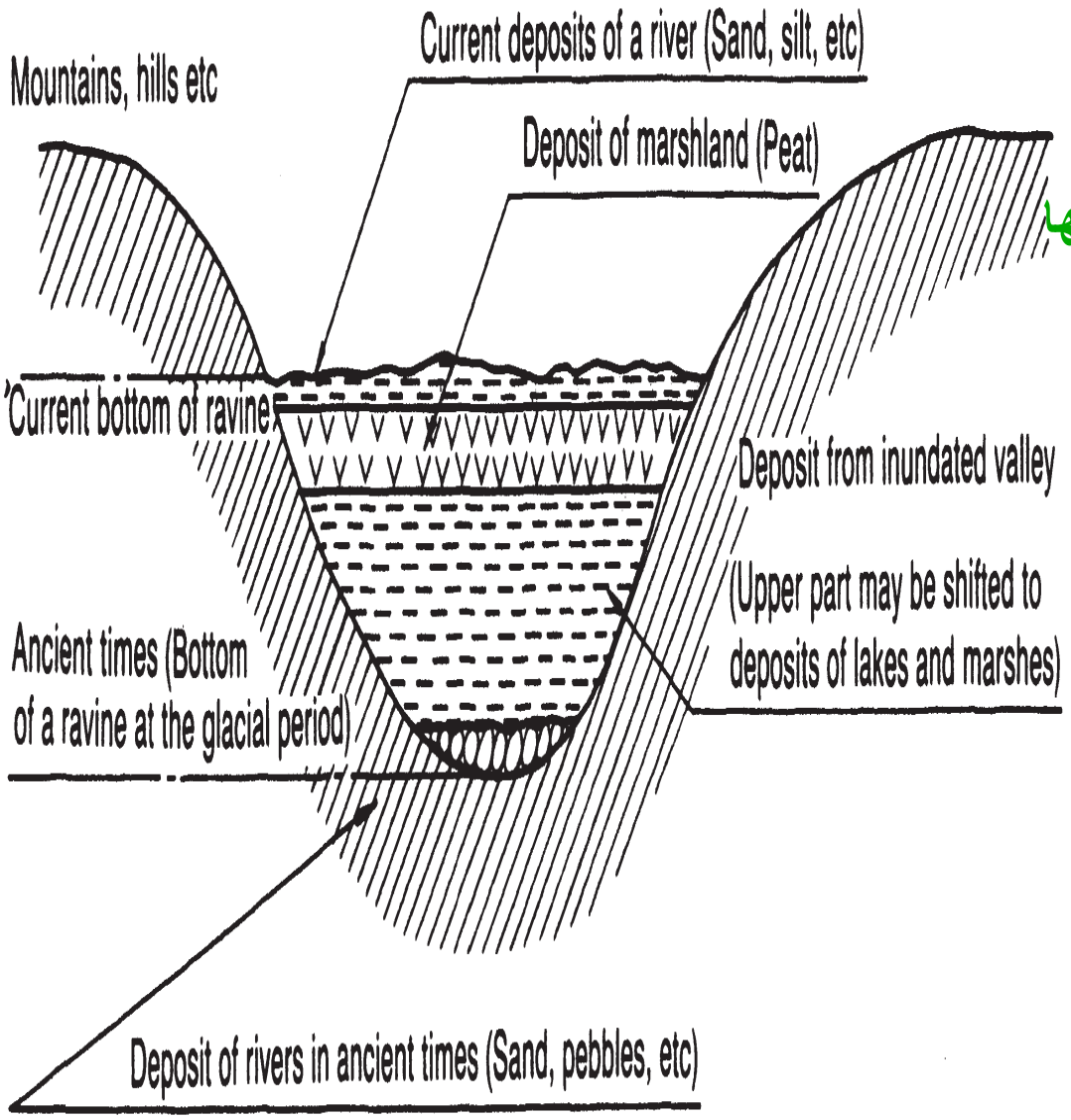


Example of connection

Fig. 13-8



Piping in Soft Ground



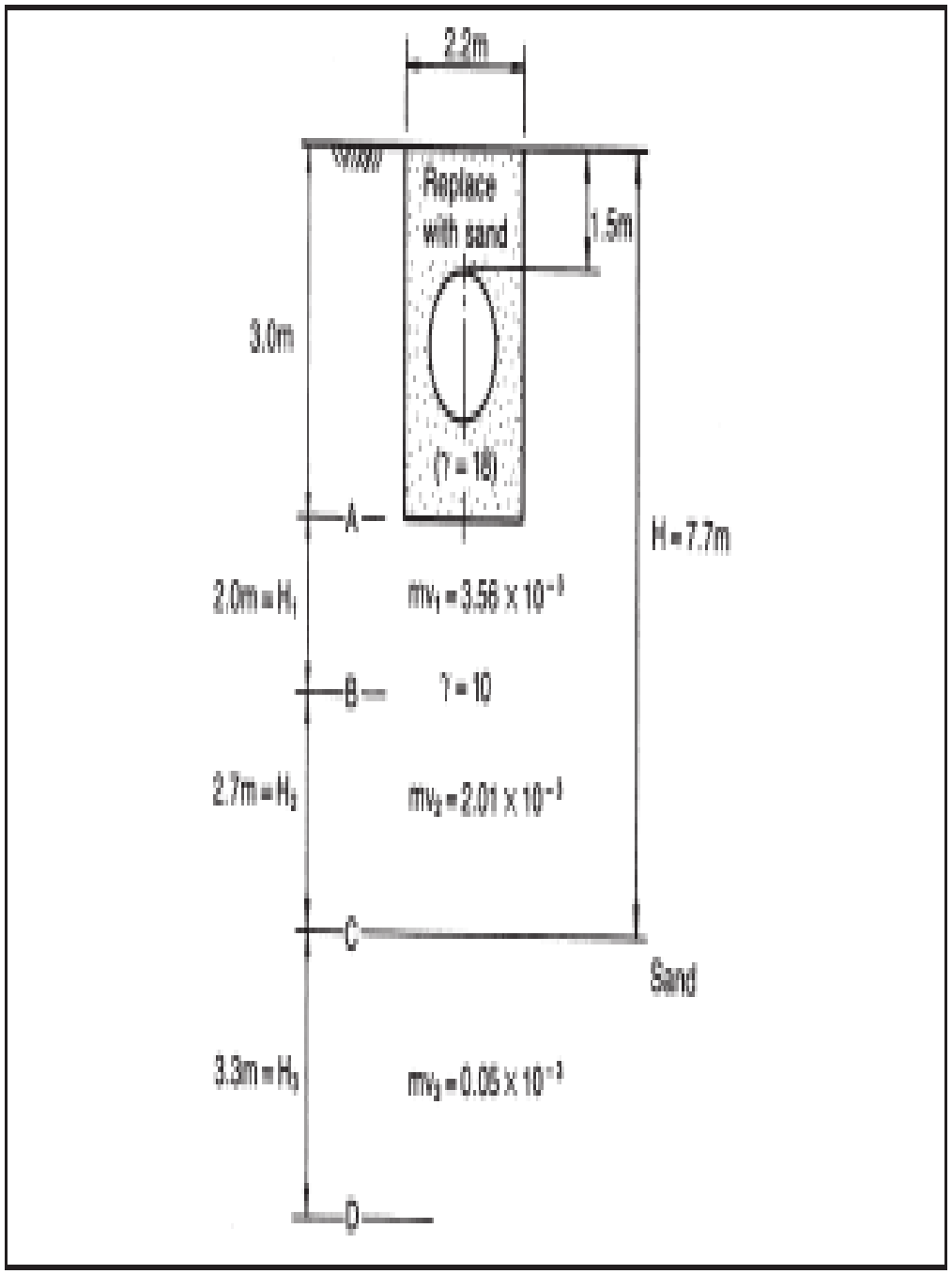
، الاندماج الناجم عن ضخ المياه الجوفية ،
توسيع الطريق ، وأحمال واهتزازات
المركبات ، وتأثيراتا لإنشاءات الأخرى
لذلك ، فإن خطوط الأنابيب التي سيتم تركيبها
في أرض ناعمة مطلوبة لتكون قادرة على
التكيف مع حركة التربة

يجب إجراء الدراسات الأرضية على مسار خط
الأنابيب المخطط له في وقت مبكر. يجب إجراء
فحص الخصائص في كل طبقة عموديًا كالتالى
السمات الجغرافية وعملية تكوين الأرضية الناعمة
فترات طويلة حيث تكون طبقة الأرض متساوية
فترات زمنية قصيرة في أماكن غير منتظمة على
سبيل المثال عند النقطة الانتقالية بين الأرض
الصلبة والأرض اللينة
كما أنه من الفعال جدًا الرجوع إلى نتائج دراسة
التربة لأعمال البناء السابقة التي تم تنفيذها في
نفس المنطقة المجاورة

Calculation of Settlement Amount

Conditions of the calculation

Fig. 14-2



The assumed amount of settlement at each point of the planned pipeline route should be checked on the basis of soil investigation results.
There are three calculation formulas for the settlement.

$$\Delta = \frac{e_o - e}{1+e_o} H$$

$$\Delta = mv \Delta P H$$

$$\Delta = \frac{C_c}{1+e_o} H \log \frac{P+\Delta P}{P}$$

Where, Δ : Amount of settlement due to consolidation (m)
e_o : Initial void ratio of undisturbed ground
e : Void ratio after loading
H : Thickness of strata to be consolidated (m)
mv : Volume change of soil (coefficient of volume compressibility) (m^2/kN)
C_c : Compression index of soil
P : Preceding load of undisturbed soil (kN/m^2)
ΔP : Increased load (kN/m^2)

$$\Delta P = I_\sigma \Delta W$$

I_σ : Influence value by depth
ΔW : Increased load (kN/m^2)

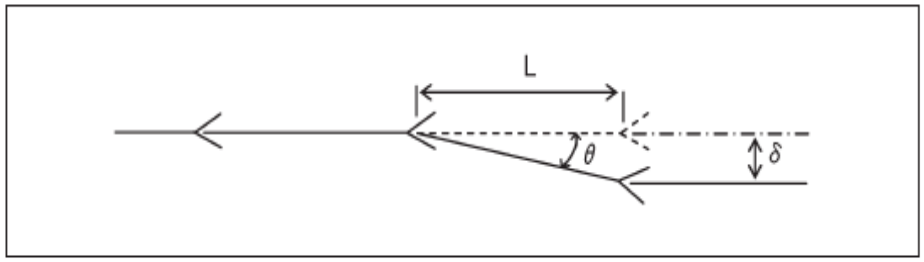
The following is an example of calculation used to estimate the amount of settlement when pipe is laid in soft ground.

(1) Conditions

Pipe: DN1000 ductile iron pipe, Class K-9
Ground: Soft ground (unit weight of soil $\gamma = 10$ kN/m³)
The value of mv at each layer is shown in Fig. 14-2.
Excavation: Width 2.2 m, earth cover depth: 1.5 m
Backfilling: with sand (unit weight $\gamma = 18$ kN/m³)

Piping in Soft Ground

Deflection of joint — Fig. 14-3

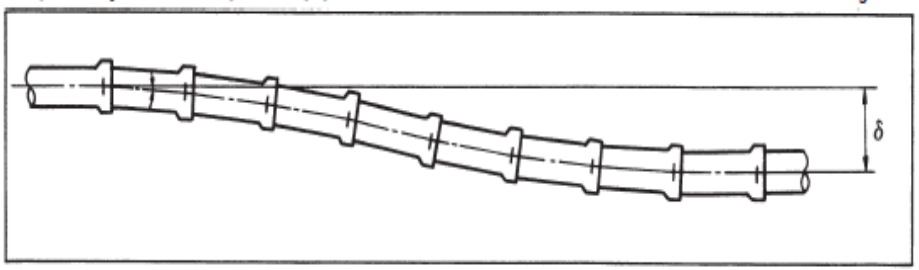


$$\delta = L \sin\theta$$

Where, δ : Amount of deflection
L : Length of pipe
θ : Deflection angle of joint (See Table 12-3)

Note. As for Amount of deflection δ and deflection angle θ of the joints, see Table 12-4 and 12-5.

Adaptability of flexible joint to pipe settlement — Fig. 14-4



$$\delta = L\left(2\tan\theta+2\tan2\theta+2\tan3\theta+\cdots+2\tan\frac{n-1}{2}\theta+\tan\frac{n+1}{2}\theta\right)$$

Where, n : Number of pipes to the maximum settlement point (odd number)

An example of the amount of pipeline settlement by successive joint deflection on 90m long pipeline by 6m long pipe is shown in Table 14-1.

Example of adaptable pipeline settlement (6m long pipe, 90m long pipeline) Table 14-1

Joint deflection angle θ (degree)	0.5	1.0	1.5	2.0
Maximum settlement δ (m)	0.84	1.68	2.52	3.36

The maximum expansion of push-on joint and mechanical joint is shown in Table 14-2 and Fig. 14-5.

Uneven settlement

Settlement differences of pipeline will occur;

1)) in areas that have a variety of thickness in lower consolidation strat
2)) at the boundary of structures which do not subside and soft ground, a
3)) where solid ground changes to soft groun

In case of uneven settlement, it is first necessary to estimate the settlement differences. It is especially important to make calculations based on data obtained through soil studies as mentioned earlier. Countermeasures should be implemented as follows according to the results of the calculations.

في المناطق ذات السماكات المتنوعة في طبقات التدعيم السفلية)1
على حدود الهياكل التي لا تهدأ والأرض اللينة ، أ)2
الناعم nuorg حيث تتغير الأرضية الصلبة إلى)3
في حالة التسوية غير المتكافئة ، من الضروري أولا تقدير فروق الً تسوية. من المهم بشكل خاص إجراء الحسابات بناءً على البيانات التي تم الحصول عليها من خلال دراسات التربة كما ذكرنا سابقًا. يجب تنفيذ الإجراءات المضادة على النحو التالي وفقًا لنتائج الحسابات.

(1) Small uneven settlement

There is no need to give particular consideration if final uneven settlement is able to be absorbed by the pipe joints only. Pipes should be jointed within a half of the allowable deflection angle. If there is a possibility that even settlement is greater than assumed values because of uncertain factors such as inadequate boring data, application of collars might be examined as a countermeasure.

(2) Large uneven settlement

If uneven settlement cannot be absorbed by the pipe joints only, examination for next countermeasures should be carried out to determine whether it can be absorbed by collars or not. Collars have twice the allowable deflection angle of mechanical joint and also a large amount of expansion (See Table 14-3). Generally a number of collars should be configured in the design.

تسوية صغيرة متفاوتة)1(
ليست هناك حاجة لإعطاء اعتبار خاص إذا كان من الممكن امتصاص التسوية النهائية غير المتساوية بواسطة وصلات الأنابيب فقط. يجب توصيل الأنابيب في حدود نصف زاوية الانحراف المسموح بها. إذا كان هناك احتمال أن تكون التسوية أكبر من القيم المفترضة بسبب عوامل غير مؤكدة مثل عدم كفاية البيانات المملة ، فقد يتم فحص تطبيق الأطواق كإجراء مضاد.

تسوية متفاوتة كبيرة)2(إذا تعذر امتصاص التسوية غير المتساوية بواسطة وصلات الأنابيب فقط ، فيجب إجراء فحص للتدابير المضادة التالية لتحديد ما إذا كان يمكن امتصاصها بواسطة الأطواق أم لا. تحتوي الأطواق على ضعف زاوية الانحراف المسموح بها للمفصل الميكانيكي وأيضًا مقدار كبير من التمدد)انظر الجدول 41-3(. بشكل عام ، يجب تكوين عدد من الأطواق في التصميم.

Self-anchoring Flexible Joint

TS-type joint

Fig. 14-6

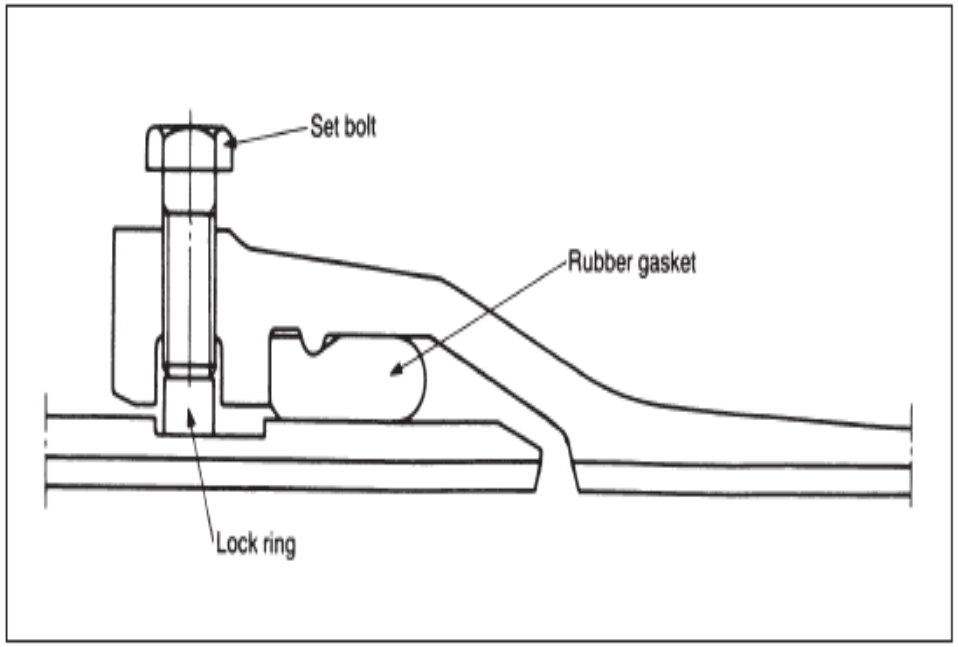


Table 14-4

DN	Allowable angular deflection	Allowable maximum pressure under deflected condition (MPa)
400	1°45'	2.1
450	1°30'	2.1
500	1°25'	2.1
600	1°10'	2.0
700	1°10'	2.0
800	1°00'	2.0
900	1°00'	1.6
1000	1°00'	1.3
1100	1°00'	1.3
1200	1°00'	1.3
1400	1°00'	1.1
1500	1°00'	1.1
1600	1°00'	1.1

Then it is required that the joint is capable of preventing slip-out and allowing an angular deflection, self-anchoring flexible TS-type joint can be employed. TS-type joint allows an expansion until it is locked when pipeline is settled, and can withstand the slip-out force within its allowable maximum restrained force. Therefore the joint must be selected so that the amount of estimated settlement of the ground to be less than the amount of estimated settlement of the pipeline.
Pipes with TS type joint are available ranging from DN400 to DN1600. The allowable angular deflection and maximum pressure under deflected condition are given in Table 14-4.
TS type joint can be used as a conventional flexible push-on joint if lock-ring is not set and spigot pipe with no groove for TS type joint is not used.
Note. When expansion joints are employed in a ductile iron pipeline, a well-balanced design should be executed giving full consideration to the characteristics of the expansion joints and those of ductile iron pipe joints, i.e., rigidity of bending and expansion-contraction, slip-out prevention capability, and so on.

ثم من الضروري أن يكون المفصل قادرًا على منع الانزلاق والسماح بانحراف ذاتي التثبيت. يسمح المفصل TS زاوي ، ويمكن استخدام مفصل مرن من النوع بالتمدد حتى يتم قفله عند تثبيت خط الأنابيب ، ويمكنه تحمل قوة TS من النوع الانزلاق في حدود القوة المقيدة القصوى المسموح بها. لذلك يجب اختيار المفصل بحيث يكون مقدار التسوية المقدرة للأرض أقل من مبلغ التسوية المقدرة لخط الأنابيب.
DN1600. إلى DN400 تتراوح من TS تتوفر أنابيب ذات وصلة من النوع ويرد في الجدول 14-4 الانحراف الزاوي المسموح به والضغط الأقصى في ظل ظروف منحرفة.
كمفصل دفع مرن تقليدي إذا لم يتم ضبط حلقة القفل TS يمكن استخدام مفصل TS. ولم يتم استخدام أنبوب ذيل بدون أخدود لمفصل من النوع
ملحوظة. عند استخدام وصلات التمدد في خط أنابيب من حديد الدكتايل ، يجب تنفيذ تصميم متوازن جيدًا مع مراعاة خصائص وصلات التمدد وتلك الخاصة بمفاصل أنابيب حديد الدكتايل ، أي صلابة الانحناء والتقلص والتوسع والانزلاق القدرة على الوقاية ، وما إلى ذلك.

Curved Parts of Pipeline Precaution for Pipe Laying

Pipelines invariably have vertically or horizontally curved stretches in the main or branch pipeline. These deflected points cause thrust force due to the internal pressure therefore is protected with concrete blocks in principle. However in extremely soft ground, concrete blocks might cause uneven settlement of the pipeline. Consequently, it is necessary to arrange the design so that the weight of these parts is equal to that of straight parts of the pipeline. A design using restrained joints should be made as described in Chapter 8. The followings are very important points to be considered when laying pipes in soft ground.

14-7-1 Pipe installation

It is important to prevent ground softening by kneading of the soil at pipeline installation especially in case of extremely hydrous clayey soil. It is also important to correct any improperly declining pipes or deflected joints at each occurrence. It is highly recommendable making a sand bed on the trench bottom. etc.. At these sites the water table will be high and soil will be very corrosive. Therefore at the planning stage and during the soil studies, the corrosiveness of the soil should be evaluated by means of boring and soil test. If necessary, special corrosion prevention measures should be applied externally to the pipes. Polyethylene sleeving method is usually used as an additional corrosion prevention measure for ductile iron pipes.

14-7-2 Backfilling

Pipeline settlement is particularly great during and just after backfilling so that it is important to backfill pipes evenly and carefully. In some situations, it may be necessary to suspend pipes by wire ropes during backfilling. After the completion of backfilling, it is advisable not to place excavated soil, heavy machines or mechanical equipment over the pipes so as to prevent irregular pipeline settlement.

14-7-3 Removal of sheeting

When the trench wall is protected by sheeting, care should be paid at the sheeting removal. The problem here is that, in some situations, carefully installed pipes move from their established position when sheeting is removed. One countermeasure is the selection of removing method after careful consideration of the ground features. Special attention should be given to the differences in the ground level on either side of the installed pipeline. Depending on the circumstances, grouting method may have to be employed simultaneously.

14-7-4 Floating of pipes

Additionally in soft ground, there are many cases where water table is so high that the empty pipes are apt to float. Backfilling at an early stage is effective in preventing this phenomenon. It is further advisable to fill the pipes with water as soon as possible after installed. (Refer to Section 11-9-4)

14-7-5 Corrosion prevention

Generally soft ground areas include coastal reclaimed lands, sludge areas, peat areas, etc.. At these sites the water table will be high and soil will be very corrosive. Therefore at the planning stage and during the soil studies, the corrosiveness of the soil should be evaluated by means of boring and soil test. If necessary, special corrosion prevention measures should be applied externally to the pipes. Polyethylene sleeving method is usually used as an additional corrosion prevention measure for ductile iron pipes. (Refer to Section 9-2)

تحتوي خطوط الأنابيب دائمًا على امتدادات منحنية رأسيًا أو أفقيًا في خط الأنابيب الرئيسي أو الفرعي. تسبب هذه النقاط المنحرفة قوة دفع بسبب الضغط الداخلي وبالتالي فهي محمية بالكتل الخرسانية من حيث المبدأ. ومع ذلك ، في الأرض اللينة للغاية ، قد تتسبب الكتل الخرسانية في تسوية غير متساوية لخط الأنابيب. وبالتالي ، من الضروري ترتيب التصميم بحيث يكون وزن هذه الأجزاء مساويًا لوزن الأجزاء المستقيمة من خط الأنابيب. يجب عمل تصميم باستخدام وصلات مقيدة كما هو موضح في الفصل 8. النقاط التالية هي نقاط مهمة جدًا يجب مراعاتها عند وضع الأنابيب في أرضية ناعمة.

تركيب الأنابيب 14-7-1

من المهم منع تليين الأرض عن طريق عجن التربة عند تركيب خط الأنابيب خاصة في حالة التربة الطينية المائية للغاية. من المهم أيضًا تصحيح أي انحدار غير صحيح للأنابيب أو مفاصل منحرفة في كل مرة.
يوصى بشدة بعمل سرير رملي في قاع الخندق. إلخ .. سيكون منسوب المياه الجوفية في هذه المواقع مرتفعًا وستكون التربة شديدة التآكل. لذلك في مرحلة التخطيط وأثناء دراسات التربة ، يجب تقييم تآكل التربة عن طريق اختبار حفر التربة. إذا لزم الأمر ، يجب تطبيق تدابير خاصة لمنع التآكل خارجيًا على الأنابيب. عادة ما يتم استخدام طريقة ربط البولي إيثيلين كإجراء إضافي لمنع التآكل لأنابيب حديد الدكتايل.

ردم 14-7-2

يعتبر تسوية خطوط الأنابيب أمرًا رائعًا بشكل خاص أثناء الردم وبعده مباشرةً ، لذا من المهم ردم الأنابيب بالتساوي والعناية. في بعض الحالات ، قد يكون من الضروري تعليق الأنابيب بواسطة الحبال السلكية أثناء الردم. بعد الانتهاء من الردم ، يُنصح بعدم وضع التربة المحفورة أو الآلات الثقيلة أو المعدات الميكانيكية فوق الأنابيب لمنع استقرار خطوط الأنابيب بشكل غير منتظم.

نزع الأغطية 14-7-3

عندما يكون جدار الخندق محميًا بالصفائح ، يجب توخي الحذر عند إزالة الألواح. تكمن المشكلة هنا في أنه ، في بعض الحالات ، تتحرك الأنابيب المثبتة بعناية من موضعها المحدد عند إزالة الألواح. أحد الإجراءات المضادة هو اختيار طريقة الإزالة بعد دراسة متأنية للميزات الأرضية. يجب إيلاء اهتمام خاص للاختلافات في مستوى الأرض على جانبي خط الأنابيب المركب. اعتمادًا على الظروف ، قد يتعين استخدام طريقة الحشو في وقت واحد.

تعويم الأنابيب 14-7-4

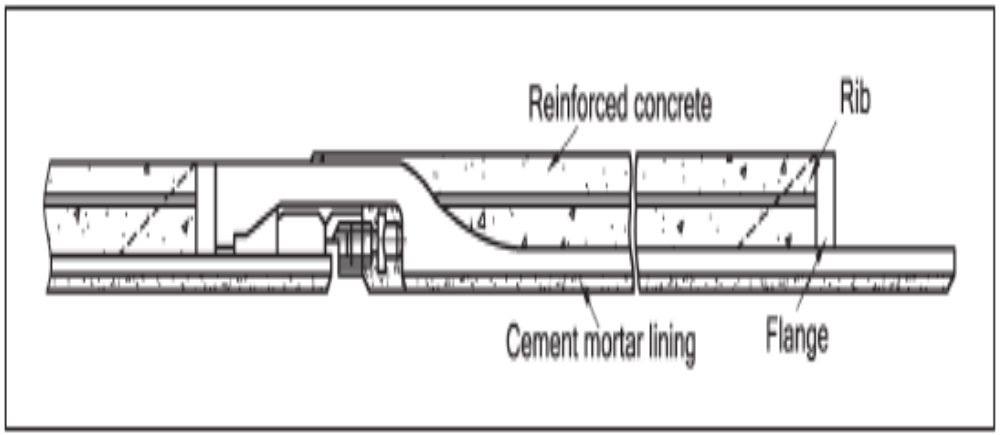
بالإضافة إلى ذلك ، في الأرض الناعمة ، هناك العديد من الحالات التي يكون فيها منسوب المياه مرتفعًا جدًا بحيث تكون الأنابيب الفارغة عرضة للطفو. الردم في مرحلة مبكرة فعال في منع هذه الظاهرة. يُنصح أيضًا بملء الأنابيب بالماء في أسرع وقت ممكن بعد التثبيت. (راجع القسم 11-9-4)

منع التآكل 14-7-5

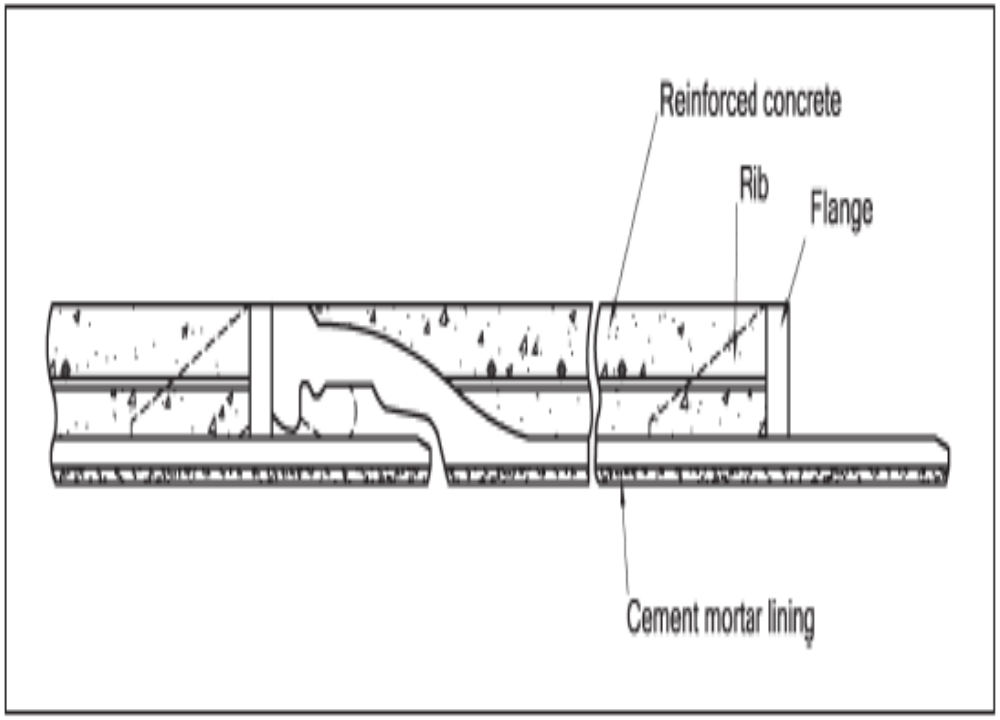
تشمل مناطق الأرض اللينة بشكل عام الأراضي الساحلية المستصلحة ، ومناطق الحمأة ، ومناطق الخث ، وما إلى ذلك. في هذه المواقع ، سيكون منسوب المياه الجوفية مرتفعًا وستكون التربة شديدة التآكل. لذلك في مرحلة التخطيط وأثناء دراسات التربة ، يجب تقييم تآكل التربة عن طريق اختبار حفر التربة. إذا لزم الأمر ، يجب تطبيق تدابير خاصة لمنع التآكل خارجيًا على الأنابيب. عادة ما يتم استخدام طريقة ربط البولي إيثيلين كإجراء إضافي لمنع التآكل لأنابيب حديد الدكتايل. (راجع القسم 9-2)

Piping under Special Conditions

UD-type jacking ductile iron pipe (DN700 to DN2600) Fig. 15-1



TD-type jacking ductile iron pipe (DN300 to DN1600) Fig. 15-2



15-1-2 Jacking method

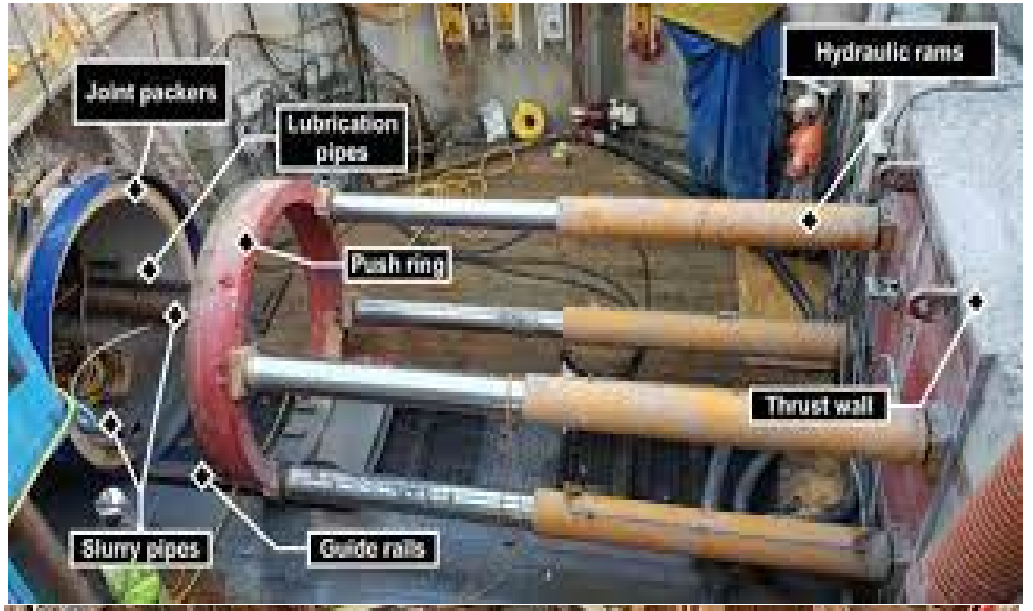
There are some pipe jacking methods such as automatic jacking, semi-shield jacking and hand-mining jacking. Automatic jacking and semi-shield jacking methods employ special jacking machines. In case of hand-mining jacking, pipe is pushed into the ground by hydraulic jacks and persons should enter the pipe to carry out the soil in the pipe. This hand-mining method is recommended to DN1000 and larger pipes. An example of equipment for hand-mining jacking is shown in Fig15-3.Pipe jacking method can be used to install a pipeline in the ground without trench excavation. This method is applicable for negotiating obstacles such as roads, railways, canals and rivers.

15-1-1 Jacking ductile iron pipe

Body portion of jacking ductile iron pipe is sheathed with reinforced concrete to make the whole outside diameter uniform along the pipe axis. Jacking force is transferred to the socket face through the puddle flange welded on the spigot of the connected pipe. There are two types of joint for jacking ductile iron pipe. They are push-on type (TD type joint) for DN300 to DN1600 and mechanical type (UD type joint) for DN700 to DN2600. Basically jacking ductile iron pipes are manufactured in accordance with Japanese standard (JIS). The nominal pipe outside diameter by Japanese standard is slightly different from that by ISO standard, therefore change collars or change spigots shall be used to connect pipes of these standards. (Refer to Chapter 12) However DN700 to DN1600 jacking ductile iron pipe with push-on joint may be supplied with ISO standard pipe.

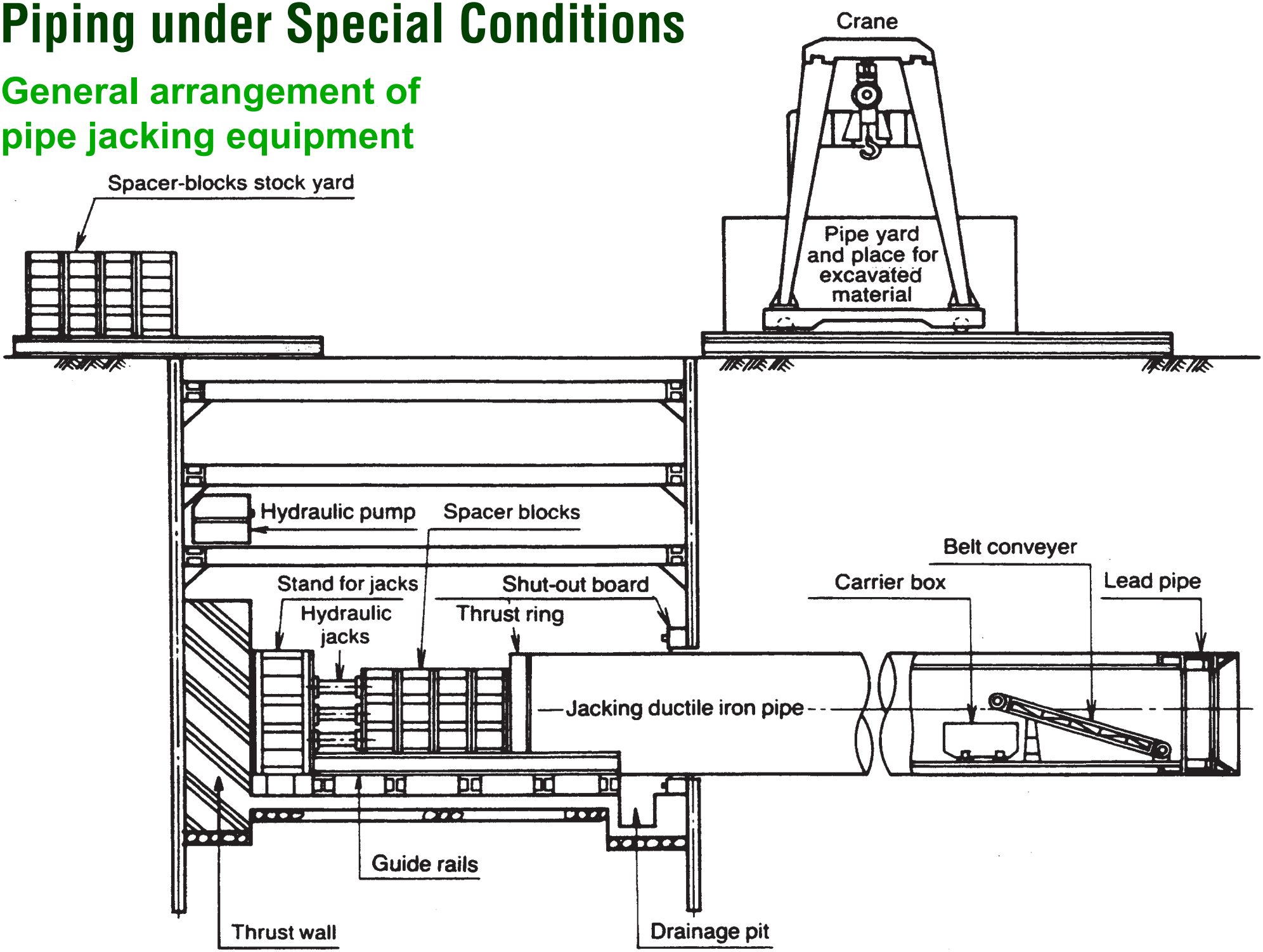
هناك بعض طرق رفع الأنابيب مثل الرفع الأوتوماتيكي ، الرافعة شبه الواقية ورافعة التعدين اليدوي. تستخدم طرق الرفع الأوتوماتيكي والرفع شبه الواقي آلات الرفع الخاصة. في حالة الرفع اليدوي ، يتم دفع الأنبوب إلى الأرض بواسطة روافع هيدروليكية ويجب على الأشخاص دخول الأنبوب لحمل التربة في الأنبوب. يوصى باستخدام طريقة التعدين اليدوي للأنابيب DN1000 والأنابيب الأكبر حجمًا. يظهر مثال لمعدات الرفع اليدوي في الشكل 15-3. يمكن استخدام طريقة الرفع للأنابيب لتركيب خط أنابيب في الأرض دون حفر الخندق. هذه الطريقة قابلة للتطبيق للتغلب على العقبات مثل الطرق والسكك الحديدية والقنوات والأنهار.

يتم تغليف جزء الجسم من أنبوب الرفع من حديد الدكتايل بالخرسانة المسلحة لجعل القطر الخارجي بالكامل موحدًا على طول محور الأنبوب. يتم نقل قوة الرفع إلى وجه المقبس من خلال شفة البركة الملحومة على حنفية الأنبوب المتصل. هناك نوعان من الوصلات لرافعة أنابيب حديد الدكتايل. إنها DN1600 إلى DN300 لـ (TD نوع الضغط (وصلة نوع DN700 إلى DN2600. لـ (UD والنوع الميكانيكي (وصلة نوع يتم تصنيع أنابيب حديد الدكتايل بشكل أساسي وفقًا للمعايير اليابانية (JIS). يختلف القطر الخارجي الاسمي للأنبوب حسب المواصفة اليابانية اختلافًا طفيفًا عن ذلك وفقًا لذلك يجب استخدام أطواق التغيير أو تغيير الحنفيات لتوصيل الأنابيب من هذه ، ISO لمعيار DN700 إلى المعايير. (راجع الفصل 12) ومع ذلك ، قد يتم تزويد أنبوب حديد الدكتايل ذو الرفع DN1600 القياسي ISO مع وصلة دفع بأنبوب.


Joint packers
Lubrication pipes
Hydraulic rams
Push ring
Thrust wall
Slurry pipes
Guide rails

Piping under Special Conditions

General arrangement of pipe jacking equipment



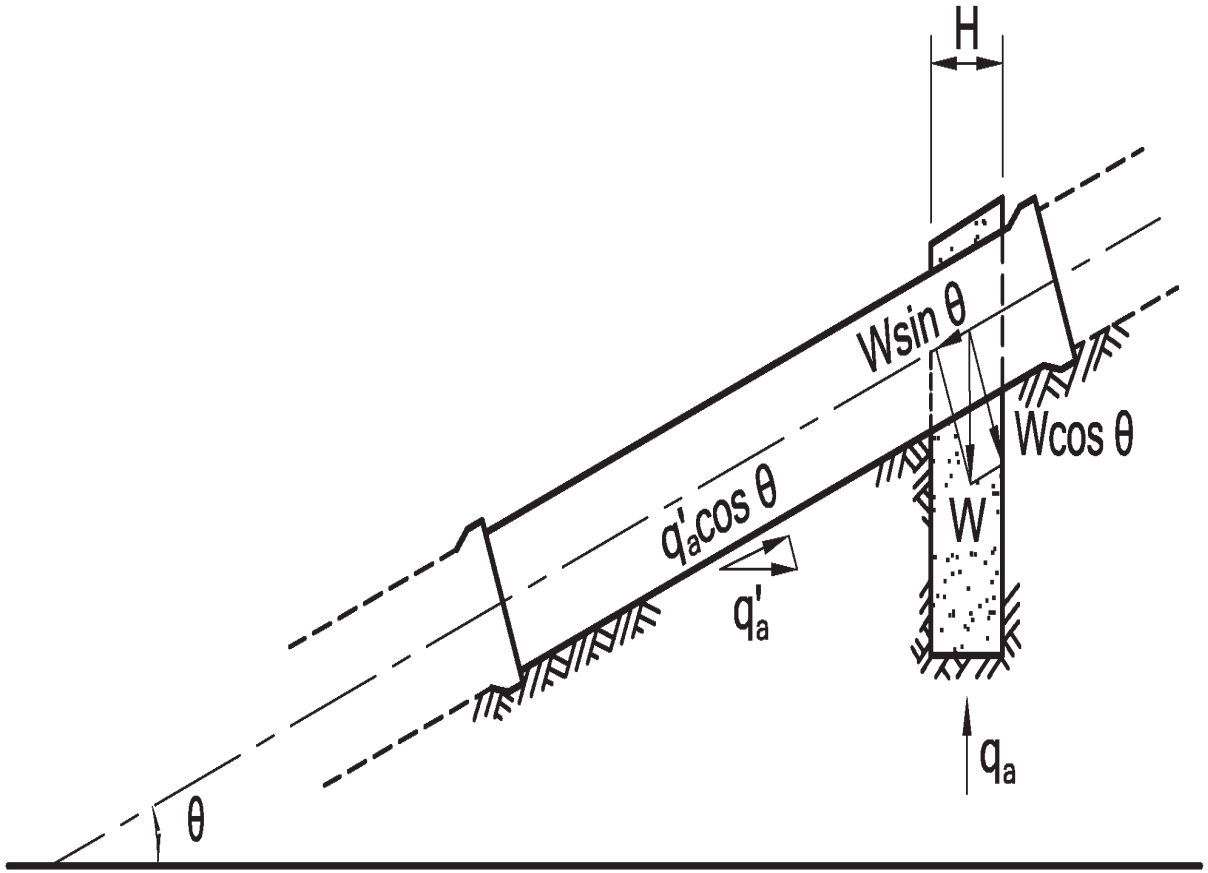
Piping on Slope

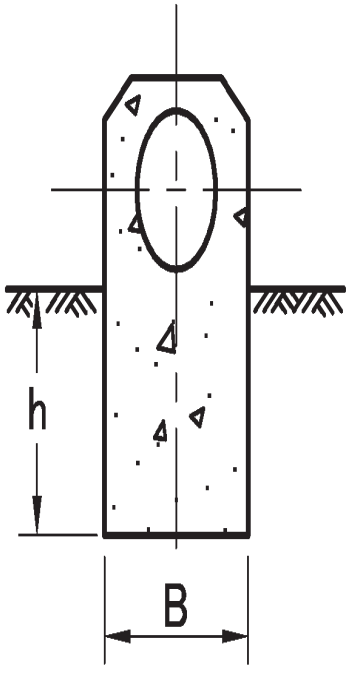
-20θ for aboveground pipeline
-25θ for underground pipeline

Concrete anchor block design

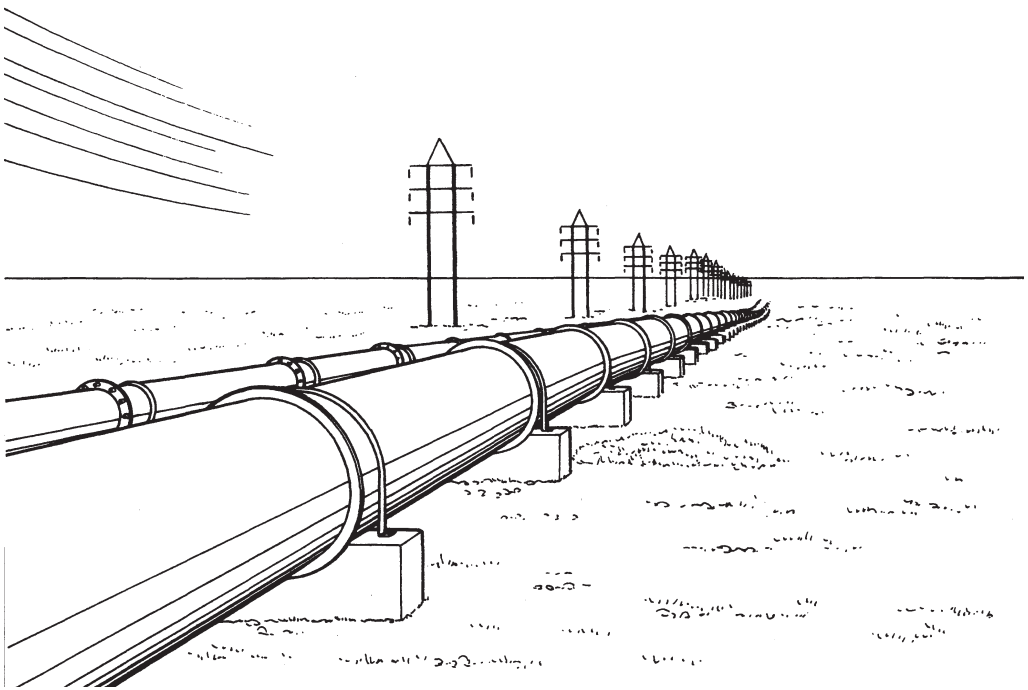
Given: Slope: θ
Pipe: DN x long, Class K-9 (Outside diameter D)
Weight of pipe include the lining and water in the pipe: W kN
Allowable adhesion strength of concrete to pipe:Ta kN/m2
Allowable vertical bearing strength of the ground: qa kN/m2
Allowable lateral bearing strength of the ground: qa‘ kN/m2

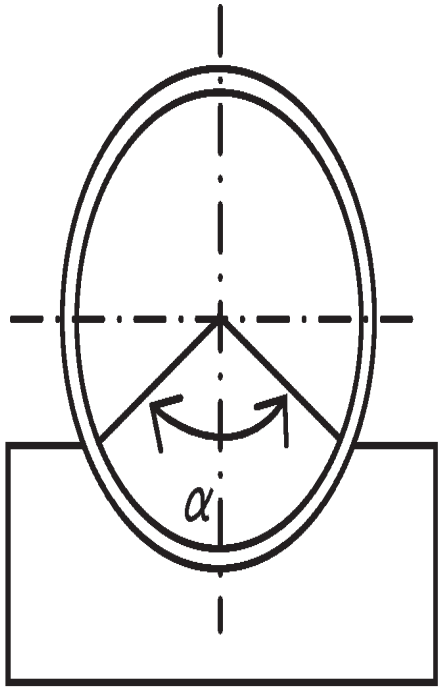
Required :
Dimensions of concrete block
Thickness of block: H
B: Width of the block
Depth of block in the ground: h





Aboveground Piping



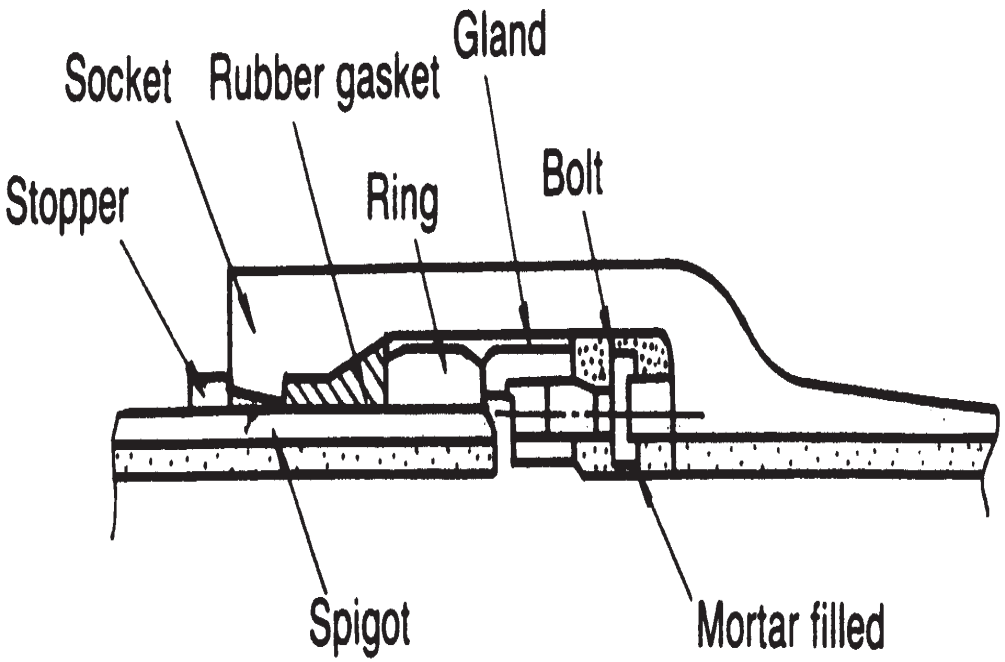


$\alpha = 90 \text{ to } 120^{\circ}$

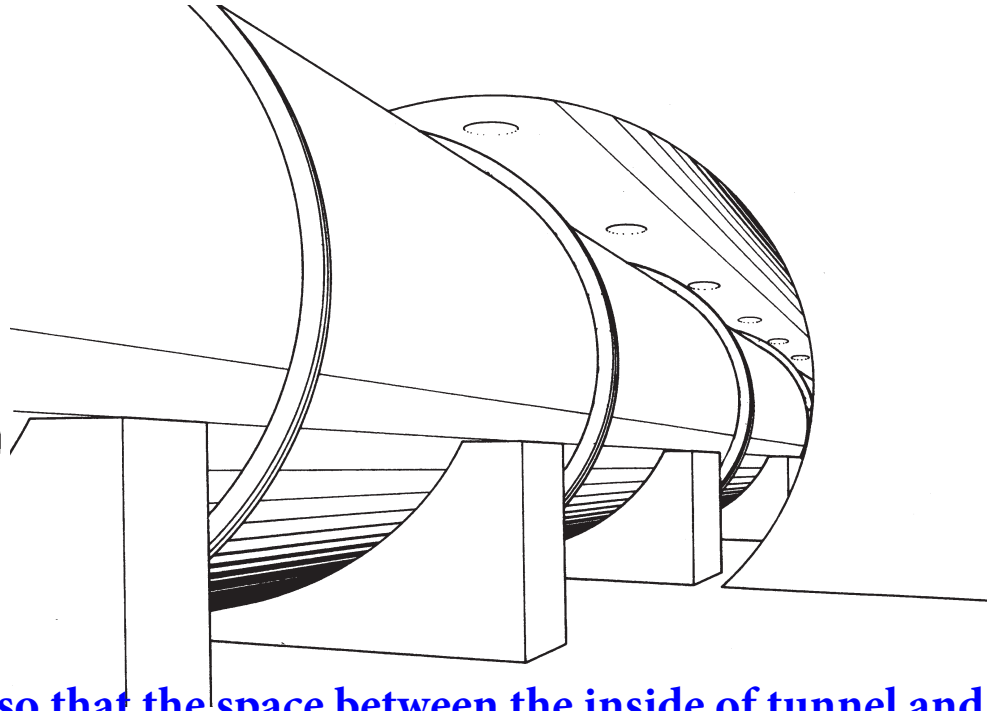
Pipes should be secured to the supports with steel straps and rubber band so that axial movement due to expansion and contraction caused by temperature change is absorbed at individual joint in the pipeline. Fittings, such as bends and tees, which will produce thrust force due to internal pressure, should be protected with anchorage.

يجب تثبيت الأنابيب بالدعامات بأشرطة فولاذية وشريط مطاطي بحيث يتم امتصاص الحركة المحورية بسبب التمدد والانكماش الناجم عن تغير درجة الحرارة عند الوصلة الفردية في خط الأنابيب. يجب حماية التركيبات ، مثل الانحناءات والمخرجات ، التي ستنتج قوة دفع بسبب الضغط الداخلي ، بالمرساة.

Piping in Tunnel



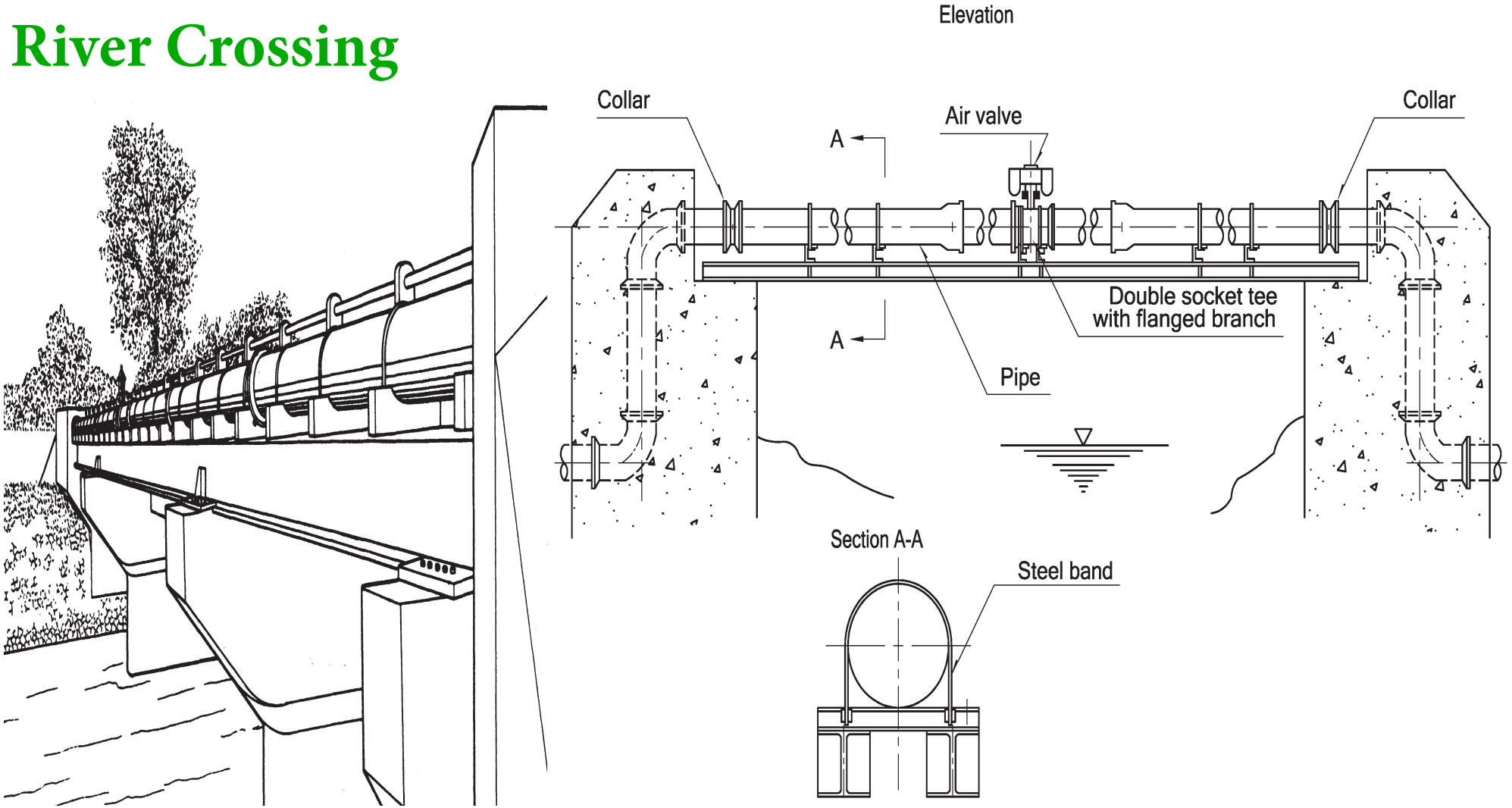
U-type joint



(1) All jointing works can be done at pipe inside so that the space between the inside of tunnel and outside of pipes can be made minimal. This means pipe diameter can be made maximum.
(2) Jointing work uses no fire or welding, therefore pipes can be jointed safely in the tunnel.
(3) Assembling of mechanical joint is easy.
(4) U-type joint is flexible, therefore it will be possible to lay pipes according to the curvature of the tunnel.

(1) يمكن إجراء جميع أعمال التوصيل في الأنبوب الداخلي بحيث يمكن تقليل المسافة بين داخل النفق وخارجه. هذا يعني أنه يمكن جعل قطر الأنبوب بحد أقصى.
(2) لا تستخدم أعمال التوصيل حريقًا أو لحامًا ، وبالتالي يمكن توصيل الأنابيب بأمان في النفق.
(3) تجميع المفصل الميكانيكي سهل.
(4) المفصل من النوع U مرن ، لذلك سيكون من الممكن مد الأنابيب وفقًا لانحناء النفق.

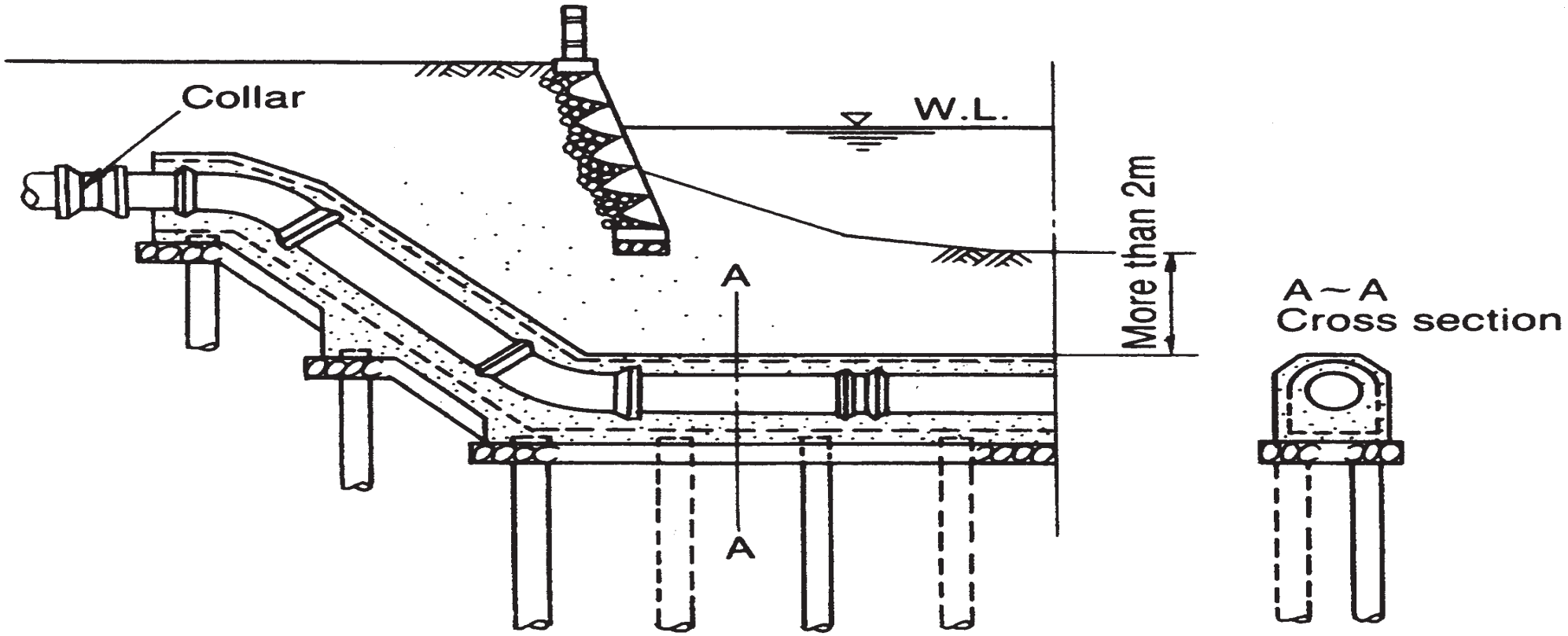
River Crossing



There are two possibilities for river or channel crossing, i.e., over-crossing and under-crossing. Over -crossing is by hanging the pipeline on a bridge or by water-bridge. Under-crossing is by open-cut after shut the flow, pipe jacking, or shield method.

هناك احتمالان لعبور النهر أو القناة ، أي العبور الزائد والعبور السفلي. يتم التقاطع المفرط عن طريق تعليق خط الأنابيب على جسر أو جسر مائي. يتم التقاطع السفلي بقطع مفتوح بعد إغلاق التدفق أو رفع الأنبوب أو طريقة الدرع.

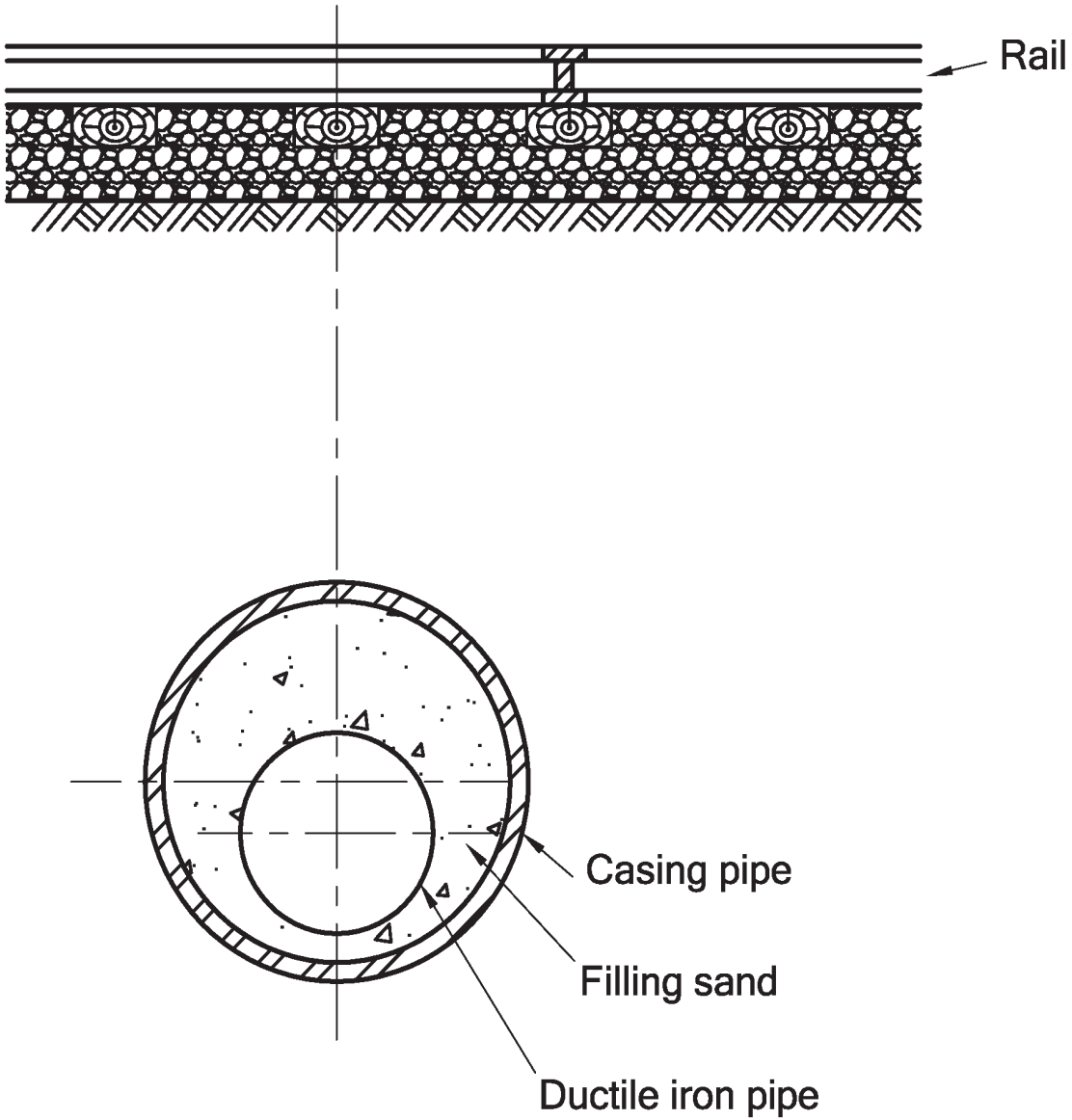
River-bed crossing



(1) It is recommended laying multiple pipelines for maintenance.
(2) Foundation work for under-crossing should be conducted with greatest care, most durable materials, and most reliable construction techniques.(3) For the protection, under-crossing pipeline should be covered with concrete
Other protective measures should be taken as necessary.

(1) يوصى بوضع خطوط أنابيب متعددة للصيانة.
(2) يجب إجراء أعمال الأساسات الخاصة بالعبور السفلي بعناية فائقة ، واستخدام المواد الأكثر متانة ، وتقنيات البناء الأكثر موثوقية. [3] للحماية ، يجب تغطية خط الأنابيب السفلي بالخرسانة
يجب اتخاذ تدابير وقائية أخرى حسب الضرورة.

Railway and Road Crossings

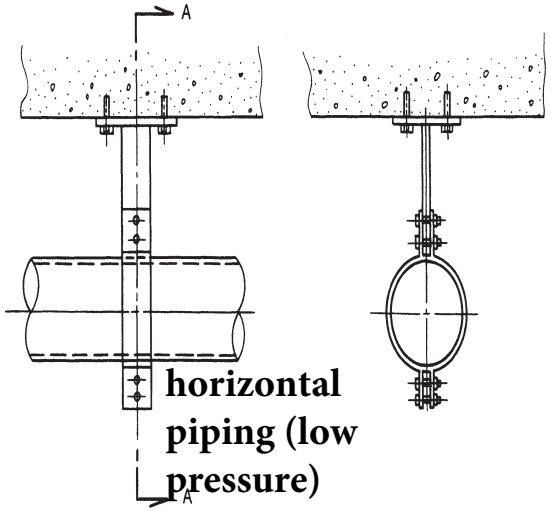


In recent years, when a water main is required to pass underneath a railway or road, pipe jacking method or shield method is often employed to minimize the disturbance of train or road traffic.

Pipes to be laid under a railway should be encased in protective devices such as closed conduit, casing pipe, etc. to prevent direct impact or railway load and vibrations.

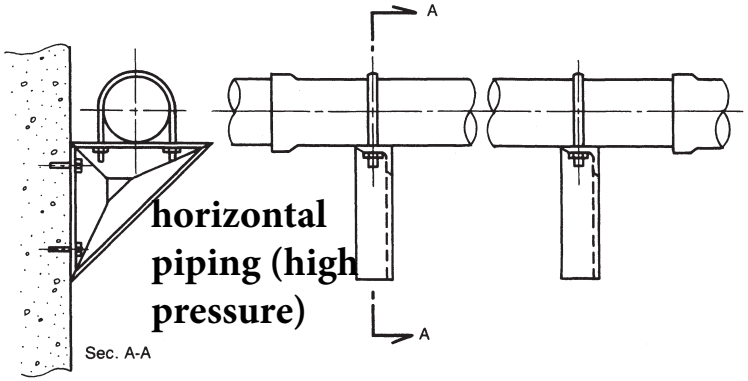
يجب تغليف الأنابيب التي سيتم وضعها تحت سكة حديدية بأجهزة حماية مثل الأنبوب المغلق ، وأنبوب الغلاف ، وما إلى ذلك لمنع التأثير المباشر أو حمل السكك الحديدية والاهتزازات.

Piping Inside Buildings

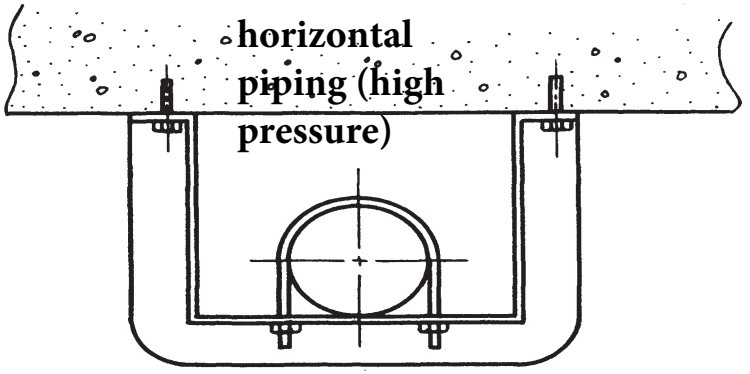


horizontal piping (low pressure)

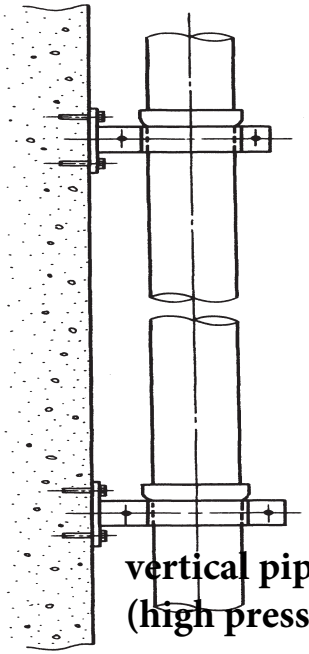
Fittings should be protected from thrust force caused by internal pressure.



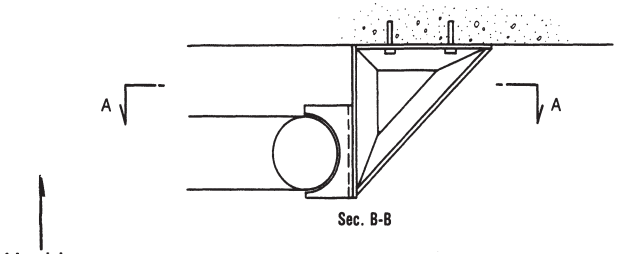
horizontal piping (high pressure)

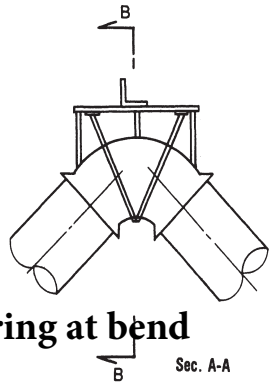


horizontal piping (high pressure)

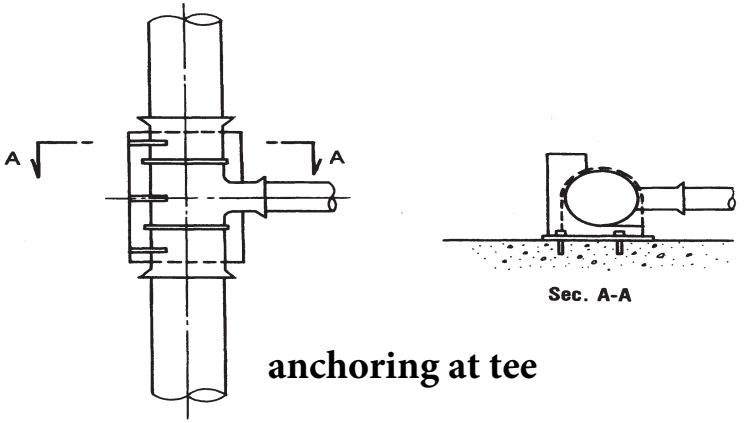


vertical piping (high pressure)



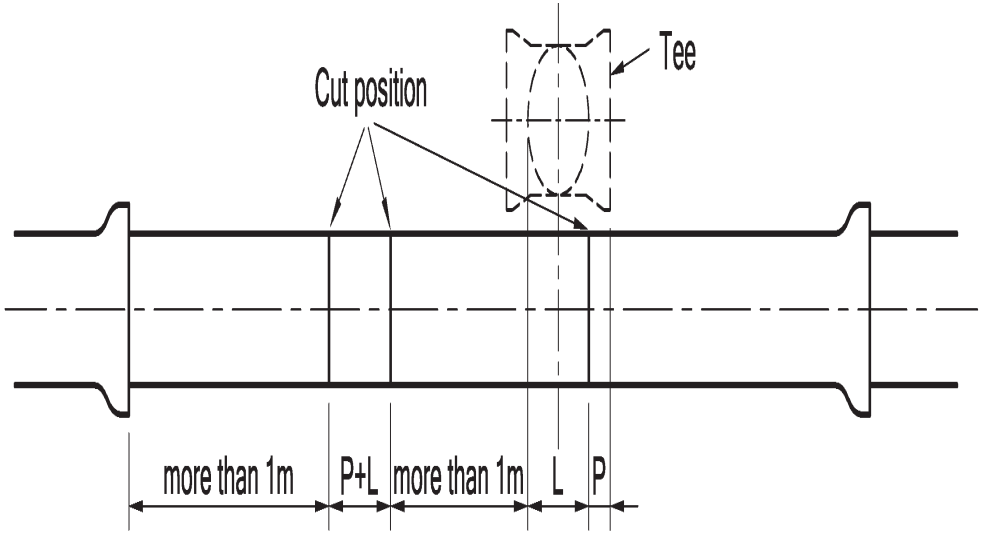


anchoring at bend



anchoring at tee

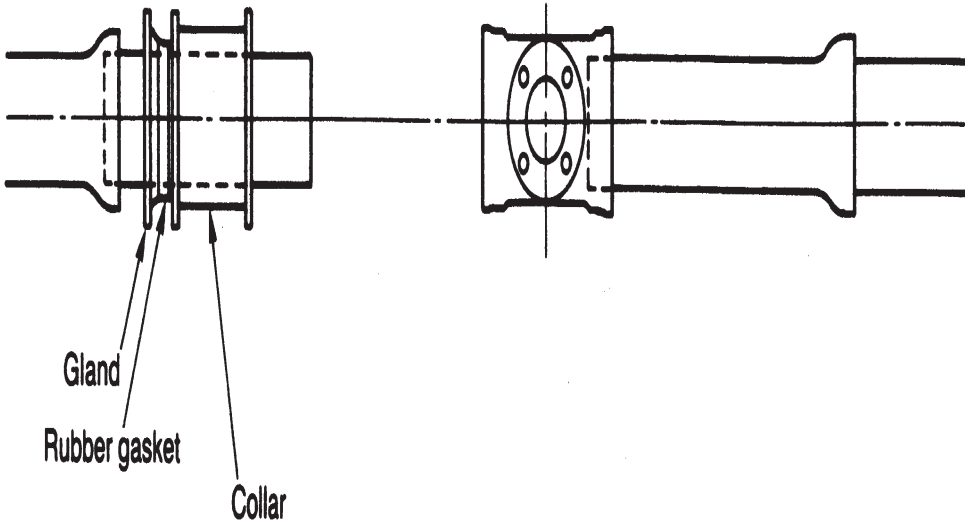
Insertion of Tee into Existing Pipeline



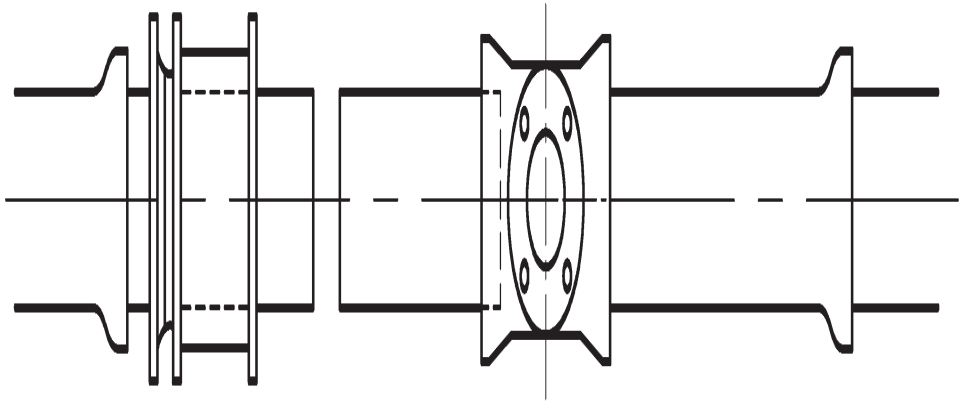
1

L : Length of the tee

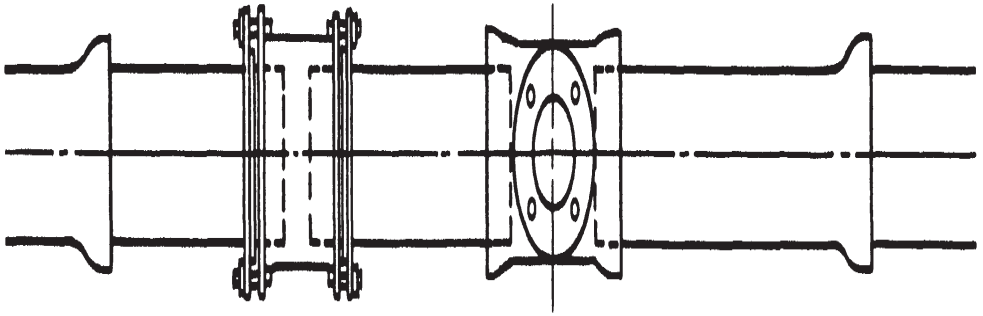
P : Socket depth of the tee



2



3



4