برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل المتدرب

البرنامج التدريبي لمهندس تشغيل صرف صحي-درجة ثالثة

الدراسات الأساسية لتخطيط وتصميم شبكات تجميع مياه الصرف الصحي

حقوق الطبع محفوظة
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
الإدارة العامة للمسار الوظيفي - إدارة المناهج

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

جدول المحتويات

التصميم الهيدروليكي لشبكات الانحدار لتجميع مياه الصرف الصحي	٢
أنظمة تخطيط شبكات الانحدار لتجميع مياه الصرف الصحي	٢
التصميم الهيدروليكي لخطوط مواسير شبكات الانحدار لتجميع مياه الصرف الصحي	٣
معادلة التصرف	٣
معادلة الاستمرارية (Continuity Equation)	٣
معادلة الطاقة (Bernoulli's Equation)	٤
فواقد رئيسية (Major Losses)	٤
فواقد ثانوية (Major Losses)	٤
المعادلات الهيدروليكية التي تستخدم في حساب الفواقد الرئيسية	٤
المعادلات الهيدروليكية الصحيحة الأبعاد	٥
المعادلات الافتراضية (الصورة العامة)	٧
معادلة هازن ويليامز (Hazen Williams Formula)	٨
معادلة مانينج:	٩
تقسم المدينة إلي مناطق صرف	١١
خطوات تصميم قطاعات المواسير لشبكة الانحدار	١١
اعتبارات التصميم لخطوط مواسير الانحدار	١٥
قطر الماسورة	١٥
معامل الاحتكاك	١٥
السرعة في مواسير الصرف	١٥
القطاعات الطولية لمواسير الانحدار	١٧
قطاع هيدروليكي لمحطة معالجة صرف صحي	٢٧
قطاع في مطبق صرف صحي	٢٩
أنواع مواسير شبكات تجميع مياه الصرف الصحي	٢٩
مواسير الفخار المزجج	٢٩
مواسير البلاستيك uP.V.C	٣٠
مواسير الألياف الزجاجية (الفيبر جلاس)	٣٠
المواسير الخرسانية	٣٠

التصميم الهيدروليكي لشبكات الانحدار لتجميع مياه الصرف الصحي

أنظمة تخطيط شبكات الانحدار لتجميع مياه الصرف الصحي

تتكون شبكة التجميع من مواسير تسير فيها المخلفات السائلة بالانحدار الطبيعي فتصب المواسير الصغرى في مواسير أكبر منها، وهكذا حتي تصب في النهاية في مواسير كبري تسمي "المجمع الرئيسي" أو خط انحدار الصرف الرئيسي. ويصل هذا الخط الرئيسي إلي محطات الرفع، ومنها تضخ مياه الصرف الصحي في المواسير الصاعدة إلي موقع وحدات المعالجة، حيث يتم التخلص منها بعد المعالجة. وتتباين طرق التخلص من المياه المعالجة تبعاً للظروف الطبوغرافية للمدينة، وكذلك الموقع المحدد لإنشاء وحدات المعالجة، وأيضاً أماكن الاستفادة أو التخلص من السيب. وبالاستعانة بالخرائط الكنتورية للمخطط العام للمدينة والمناطق المحيطة يمكن تخطيط شبكة تجميع مياه الصرف الصحي. وبشكل عام ينقسم تخطيط شبكات مياه الصرف الصحي إلي أربعة أنظمة كالاتي:

١. التخطيط العمودي.
٢. التخطيط بتقسيم المدينة إلي مناطق صرف.
٣. التخطيط المروحي.
٤. التخطيط الإشعاعي (المحوري).

خطوات تخطيط شبكة الصرف الصحي في منطقة المشروع

يتم تخطيط شبكة تجميع مياه الصرف الصحي في منطقة المشروع طبقاً للخطوات التالية:

١. بعد انتهاء أعمال الرفع المساحي يتم إنتاج مساقط أفقية لمنطقة المشروع بمقياس رسم ١ : ٥٠٠ أو ١ : ١٠٠٠ موقعاً عليها المناسيب المساحية كل ٢٥ متر تقريبا، وموضحاً عليها كل الشوارع والمنشآت والكباري والأنفاق والترع والسكك الحديدية والطرق السريعة
٢. يتم توقيع مسارات مواسير الصرف الصحي علي المساقط الأفقية بداية من المناطق ذات المناسيب الأعلى وذلك حتي المناطق المنخفضة المنسوب.
٣. تحدد مواقع محطات الضخ المختلفة.
٤. يتم تحديد مسارات خطوط الطرد من مواقع محطات الضخ وذلك حتي موقع محطة معالجة مياه الصرف الصحي.
٥. يتم التنسيق مع الجهات الرسمية والجهات المختلفة للحصول علي موافقتها علي مواقع محطات الضخ وموقع محطة المعالجة وأيضاً مسارات خطوط الطرد.
٦. يتم تحديد المجمعات الرئيسية للصرف الصحي وتسميتها.
٧. توقع أماكن المطابق علي خطوط الصرف الصحي الصغيرة (Sewer Line) وأيضاً المجمعات الرئيسية.
٨. يتم ترقيم المطابق علي كل خط.
٩. يتم تحديد منسوب سطح الأرض عند كل مطبق.

كما يجب الأخذ في الاعتبار عند التخطيط الملاحظات الفنية التالية:

١. يفضل أن تكون المواسير الفرعية عمودية علي خطوط الكنتور أي أن تكون مع الانحدار الطبيعي للأرض وذلك نظراً للانحدار الكبير لها، أما الخطوط أو المجمعات الرئيسية فيمكن أن تكون موازية لخطوط الكنتور حيث أن ميلها صغير وذلك لتجنب زيادة مكعبات الحفر والردم.
٢. تجنب اختيار مسار المواسير في الأراضي الصخرية أو ضعيفة التربة أو مرتفعة مناسيب المياه الجوفية (مياه الرشح).
٣. تلافي عبور خطوط السكك الحديدية أو الشوارع المزدحمة قدر الإمكان، وكذلك تجنب اختيار مواقع محطات الرفع الفرعية بالشوارع الضيقة أو المقام علي جوانبها مباني ضعيفة الإنشاء.
٤. الاعتماد علي سير المياه بالانحدار الطبيعي في الشبكة.
٥. يجب أن تصل المخلفات السائلة بالشبكات في أقصر وقت إلي مواقع محطات الرفع وبالتالي إلي موقع وحدات المعالجة.

التصميم الهيدروليكي لخطوط مواسير شبكات الانحدار لتجميع مياه الصرف الصحي

يقصد بالتصميم الهيدروليكي لخطوط مواسير شبكات تجميع المياه الملوثة هو تحديد العلاقة التي تربط بين التصرف والسرعة والمساحة المائية للماسورة والضغوط والفواقد في الطاقة والاسباب المؤدية لها.

وفيما يلي أهم الاسس والقوانين الهيدروليكية المستخدمة في هذا التصميم الهيدروليكي :

معادلة التصرف

$$Q = A \times V \quad (١)$$

حيث:

Q: التصرف المطلوب نقله ويعني نقل حجم معين في وحدة الزمن (م^{٣}/ث)

V: السرعة المتوسطة للسائل خلال مقطع الماسورة (م/ث)

A: المساحة المائية لمقطع الماسورة = $\frac{\pi D^2}{4}$ عندما تكون الماسورة مملوءة (م^{٢})

D: القطر الداخلي للماسورة (م)

ويتم حساب قيمة التصرف تبعا لمعدلات استهلاك المياه للاستخدامات المختلفة.

ويتم اختيار القطر الداخلي للماسورة عن طريق المواصفات القياسية لكل نوع من أنواع المواسير والاستعانة ببيانات الشركة المنتجة لها، ويعبر عن قطر الماسورة بالقطر الداخلي لها بالإضافة إلي ذكر القطر الاسمي والقطر الخارجي اذا تطلب الأمر ذلك.

ويتم اختيار السرعات في المواسير في المواسير تبعاً لظروف التصميم ففي حالة الارض المنبسطة يتم التصميم علي اقل ميل مسموح به للماسورة بحيث لا يحدث ترسيب اما في حالة الارض المنحدرة فتصمم الماسورة علي ميل يوازي سطح الارض بحيث لا تزيد السرعة عن ٢,٠ م/ث وفي الحالات شديدة الانحدار يجب الا تزيد السرعة عن ٣,٠ م/ث ويتم تحقيق ذلك باتباع نظام الهدارات للحصول علي ميول مناسبة. وتتراوح قيمة السرعات كالاتي:

- بين ١,٠ – ٢,٠ م/ث للمواسير الفرعية اقل من ٢٠٠مم.
- بين ١,٠ – ١,٥ م/ث لمواسير نقل المياه اكبر من ٢٠٠مم.
- بين ٠,٦ – ١,٥ م/ث لمواسير الانحدار لتجميع المياه الملوثة تبعا لظروف تخطيط الشبكة.
- بين ١,٠ – ١,٥ م/ث لخطوط الطرد الناقلة لمياه الصرف الصحي بين محطات الرفع او اعمال المعالجة او بين محطات الرفع فيما بينها

معادلة الاستمرارية (Continuity Equation)

نتيجة ان المياه سائل غير قابل للانضغاط فانه عند مرور الماء خلال ماسورة متغيرة القطر او ثابتة فان التصرف خلال أي مقطع من الماسورة ثابت.

حيث:

Q = ثابت

AV = ثابت

$$A_2 V_2 = A_1 V_1 = \text{ثابت} \quad (٢)$$

معادلة الطاقة (Bernoulli's Equation)

عند اي قطاع في ماسورة مياه تحت ضغط فان الطاقة الكلية تتكون من:

أ - طاقة الوضع (Z).

ب – طاقة الضغط (P/W).

ج - طاقة الحركة ($V^2/2g$).

وبالتالي تكون معادلة برنولي في الصورة الاتية:

$$Z + P/W + V^2/2g \quad (٣)$$

ولكن نتيجة لحركة المياه بين نقطتين داخل الماسورة فانه يحدث فواقد في الطاقة علي طول الماسورة.

وبالتالي تصبح المعادلة في الصورة الاتية :

$$Z_2+P/W+V_2^2/2g=Z_1+P/W+V_1^2/2g + \text{الفواقد} \quad (٤)$$

وفي حالة ثابت مقطع الماسورة فان V1 = V2

وبالتالي فان الفقد في الطاقة يكون كما يلي:

$$\text{الفواقد} = [Z1 + P1/W] – [Z2 + P2/W] \quad (٥)$$

والفواقد الناتجة تنقسم إلي:

فواقد رئيسية (Major Losses)

وهي الفواقد الناتجة من احتكاك السائل بالسطح الداخلي للماسورة وهي أكبر في القيمة من أنواع الفواقد الأخرى

فواقد ثانوية (Major Losses)

وهي الفواقد الناتجة من خط المواسير نتيجة الوصلات، والقطع الخاصة.

المعادلات الهيدروليكية التي تستخدم في حساب الفواقد الرئيسية

تنقسم هذه المعادلات إلي قسمين:

١. المعادلات الصحيحة الابعاد (Dimensioally Correct Formulae)
٢. المعادلات الافتراضية (Empirical Formulae)

المعادلات الهيدروليكية الصحيحة الأبعاد

وهي معادلات مستنتجة حسابيا ولها اساس رياضي واخذت في اعتبارها لزوجة السائل و حالته من كونه خطي أو مضطرب واخذت ايضا في الاعتبار خشونة الجدار الداخلي للماسورة وأشهر هذه المعادلات معادلة كول بروك Cole-Brook and white Formula وتستخدم هذه المعادلة لاستنتاج معامل الاحتكاك في معادلة دراسي:

$$H_f = \frac{fLV^2}{2gD} \quad (٦)$$

حيث:

H_f: الفواقد (م)

F: معامل دارسي للاحتكاك وليس له وحدات ويعين من الجدول (١)

V: السرعة (م/ث)

D: القطر الداخلي للماسورة (م)

g: عجلة الجاذبية الارضية (م/ث^2)

وقد بين كول بروك في معادلته ان f معامل الاحتكاك يتناسب مع كل من لزوجة السائل و سرعته وقطر وخشونة الماسورة. ومعادلة كول بروك تكون في الصورة الآتية:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left[\frac{K_s}{3.71D} + \frac{2051}{R_n\sqrt{f}}\right] \quad (٧)$$

R_n: قيمة وينولد، وهي تعبر عن حالة سريان السائل هيدروليكيا من كونه خطي أو مضطرب.

عندما يكون R_n <٢٠٠٠ يكون السائل في الحالة الخطية

عندما يكون ٢٠٠٠< R_n < ٤٠٠٠ يكون السائل في الحالة الانتقالية من الحالة الخطية الي الحالة المضطربة.

عندما يكون R_n >٤٠٠٠ يكون السائل في الحالة المضطربة

وحيث أن:

$$R_n = \frac{VD}{\upsilon}$$

ومن معادلة دراسي $f = \frac{2gDS}{V^2}$

أمكن استنتاج المعادلة كالتالي:

$$V = -2\sqrt{2gDS}\log\left[\frac{K_s}{3.71D} + \frac{2051}{D\sqrt{2gDS}}\right] \quad (٨)$$

حيث:

S: الانحدار الهيدروليكي للماسورة ويعبر عنه (م/م)

D: القطر الداخلي للماسورة (م)

g: عجلة الجاذبية الارضية (م/ث^2)

K_s: خشونة الجدار ويعبر عنه (م)

υ : معامل اللزوجة ويعبر عنه (م^2/ث)

وهي علاقة تربط بين السرعة والقطر والميل الهيدروليكي آخذين في الاعتبار معامل اللزوجة.

ومن دارسة كول بروك نستنتج الاتي:

١. يفضل استخدام هذه المعادلة نظر لشموليتها من حيث وصفها السائل والوسط الناقل له (جدار الماسورة).
٢. نظرا لصعوبة حل المعادلة حسابيا فيفضل استخدام منحنيات تسهل حل المعادلة ويستخدم الجدول (١) لتعيين قيم (K_s) للأنواع المختلفة من المواسير.
٣. ويستخدم الجدول (٢) لتعيين قيم (υ) معامل اللزوجة عند درجات الحرارة المختلفة سواء لمياه الشرب او للمياه الملوثة.

جدول (١) قيم (K_s) خشونة الجدار لمختلف الأنواع من المواسير

نوع الماسورة	قيم (K_s) (مم)		
	حالة الماسورة جيدة	حالة الماسورة عادية	حالة الماسورة قديمة
١ – اسبستوس اسمنتي	٠,٠١٥	٠,٠٣	
٢- بلاستيك (pvc)			
مواسير بلاستيك بوصلات ملحومة	-	٠,٠٣	
مواسير بلاستيك بوصلات رأس وذيل بحلقة كاوتش	-	٠,٠٣	
٣- بولستر مسلح بألياف زجاج	٠,٠٠٣	٠,٠٣	-
٤-خرسانة سابقة الاجهاد	-	٠,٠٣	-
خرسانة عادية	٠,٠٦	٠,١٥	٠,٣
خرسانة مسلحة	٠,٠٦	٠,١٥	٠,٣
٧ – زهر مرن			
مواسير ذات حماية داخلية من المونة الاسمنتية.	-	٠,٠٣	-
مواسير ذات حماية داخلية من البيتومين	-	٠,٠٣	-
٨- صلب			
مواسير ذات حماية داخلية من المونة الاسمنيتة	-	٠,٠٣	-
مواسير ذات حماية داخلية من البيتومين	-	٠,٠٣	-
٩- فخار ذات رأس وذيل بالوصلة المرنة وكذلك بوصلة المونة الاسمنتية (القلفطة)	-	٠,٠٦	-

جدول (٢) قيم معامل اللزوجة (υ) عند درجات الحرارة المختلفة

درجة الحرارة م°	معامل اللزوجة ١٠$^{-٦}$ م٢/ث	درجة الحرارة م°	معامل اللزوجة١٠ $^{-٦}$ م٢/ث
٥	١,٥٢١	٤٥	٠,٦٠٤
١٠	١,٣١٠	٥٠	٠,٥٥٦
١٥	١,١٤٨	٥٥	٠,٥١٤
٢٠	١,٠٠٧	٦٠	٠,٤٧٨
٢٥	٠,٨٩٧	٦٥	٠,٤٤٦
٣٠	٠,٨٠٤	٧٠	٠,٤١٧
٣٥	٠,٧٢٥	٧٥	٠,٣٩٢
٤٠	٠,٦٦١	٨٠	٠,٣٦٦

المعادلات الافتراضية (الصورة العامة)

وهذه معادلات تعتمد علي افتراض صيغة معينة تكون علي الصورة الاتية:

$$V=CR^{\alpha}S^{\beta} \quad (٩)$$

حيث:

V = السرعة المتوسطة للسائل (م/ث)

R = المحيط المبتل ووحداته (م)

C = معامل يتعين بالتجربة المعملية يتوقف علي خشونة جدار الماسورة.

α,β= قيم لتحقيق طرفي المعادلة وتستنتج بالتجربة المعملية

وتمتاز هذه المعادلات بأنه سهلة التطبيق وتعطي دقيقة عند الاخذ في الاعتبار قيم الثوابت لكل معادلة ومن أشهر هذه المعادلات:

معادلة هازن ويليامز (Hazen Williams Formula)

وتعتبر هذه المعادلة من أكثر المعدلات شيوعا في الاستخدام لعدة اسباب منها:

١. ذات صيغة مناسبة في الاستخدام.
٢. حققت نتائج معملية مناسبة تتفق مع الصيغة الرياضية.
٣. صالحة للاستخدام لمدي واسع من الاقطار من ١٥٠مم ولقيم C اكبر من ١٠٠.

والمعادلة علي الصورة

$$H = \frac{6.78L}{D^{1.165}}\left[\frac{V}{C}\right]^{1.85} \quad (١٠)$$

ومنها يمكن استنتاج معادلة السرعة

$$V = 0.355CD^{0.63}\left[\frac{H}{L}\right]^{0.54}$$

حيث:

C: معامل الاحتكاك لهازن ويليامز ويحدد من الجدول (٣)

جدول (٣) قيم معامل الاحتكاك في معادلة هازن ويليامز C

نوع الماسورة	معامل C
١- اسبستوس اسمنتي	١٤٠
٢- بلاستيك	١٥٠-١٥٥
٣- بولستر مسلح بألياف الزجاج	١٥٠-١٥٥
٤- خرسانة سابقة الاجهاد	١٤٠-١٤٥
٥- خرسانة عادية	١٣٠-١٤٠
٦- خرسانة مسلحة	١٣٠-١٤٠
٧- زهر مرن	١٤٠-١٤٥
٨- صلب	١٤٠-١٤٥
٩- فخار	١٤٠-١٤٥

معادلة مانننج:

وهي معادلة مشهورة وتستخدم بكثرة وذلك للميزات الاتية:

الفواقد (H_f) تتناسب طرديا مع السرعة.

معامل الاحتكاك لمانننج (n) يكون ثابت لنفس نوع المواسير.

نظرا لان الفواقد الثانوية الناتجة من القطع الخاصة والاكواع والمحابس والتيهات وغالبا تضاف الي فواقد الاحتكاك ويعبر عنها بالصيغة $H = KV^2$ فتكون معادلة مانننج هي الانسب في التطبيق.

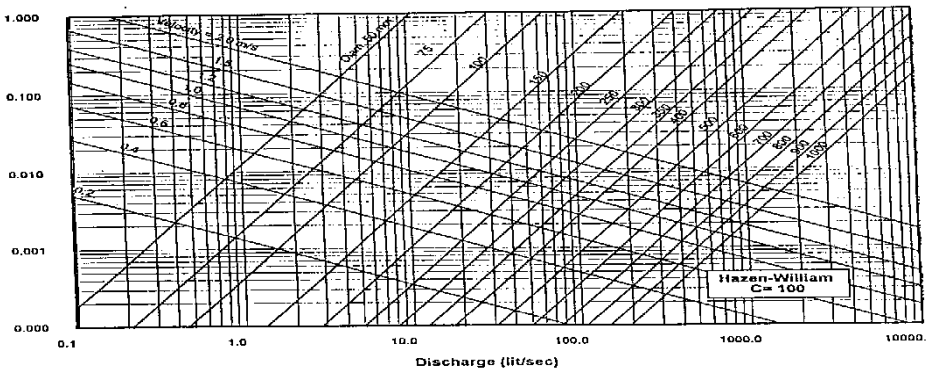
في حالة التصرفات الكبيرة ودراسة خطوط مواسير قديمة ذات سطح داخلي خشن واذا كان معامل هازن ويليامز للاحتكاك "C" أقل من ١٠٠ فتكون معادلة مانننج هي الانسب في التطبيق عن معادلة هازن ويليامز ومعادلة مانننج تكون علي الصورة الاتية :

$$H=\left[\frac{n^2}{(0.379)^2}\right]\times\left[\frac{LV^2}{D^{\frac{4}{3}}}\right] \quad (١٢)$$

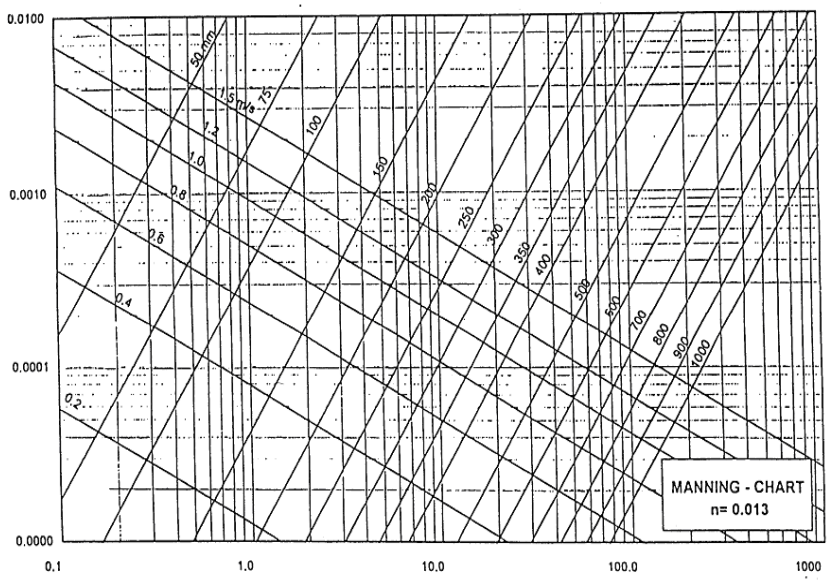
$$V=\left[\frac{0.379}{n}\right]\times\left[\frac{H}{L}\right]^{\frac{1}{2}} \quad (١٣)$$

والجدول (٤) يعطي قيم معامل الاحتكاك (n) في معادلة مانننج وكذلك قيم معامل الاحتكاك (f) في معادلة دارسي. كما يمكن استخدام المنحنيات التصميمية لتحديد عناصر التصميم الهيدروليكي كما يلي:

الشكل رقم (١) عناصر التصميم الهيدروليكي طبقاً لمعادلة هازن وليامز. والشكل رقم (٢) عناصر التصميم الهيدروليكي طبقاً لمعادلة لمانننج.



شكل رقم (١) منحنيات هازن وليامز لخطوط المواسير



شكل رقم (٢) المنحنيات الخاصة بمعادلة مانننج

جدول (٤) قيم معامل الاحتكاك (n) في معادلة مانننج (f) في معادلة دارسي

نوع الماسورة	معامل الاحتكاك (f) معادلة دراسي	معامل الاحتكاك (n) معادلة مانننح
١- اسبستوس اسمنتي	٠,٠٠١ – ٠,٠١	٠,٠١١ -٠,٠١٥
مواسير زهر		
غير مبطنة	٠,٠٠٨٥	-
مبطنة بالاسفلت	٠,٠٠٠٤	-
مبطنة بمونة الاسمنت	٠,٠٠١-٠,٠١	٠,٠١١-٠,٠١٥
٣- مواسير خرسانية	٠,٠٠١-٠,٠١	٠,٠١١-٠,٠١٥
٤- مواسير بلاستيك	٠,٠١	٠,٠١١-٠,٠١٥
مواسير فخار	٠,٠٠١-٠,٠١	٠,٠١١-٠,٠١٥

تقسم المدينة إلي مناطق صرف

نظرا لان مواسير شبكة الصرف الصحي توضع بميل يسمح بجريان الماء فيها بالانحدار الطبيعي فمن البديهي انه في البلاد المسطحة نسبيا يزيد عمق الماسورة كلما زاد طولها. المر الذي يزيد التكاليف الانشائية ويمثل خطر علي المنشآت المجاورة للخندق الذي توضع فيه الماسورة. لذلك يتحتم تقسيم المدينة الي مناطق متعددة علي ان تؤدي شبكة الصرف في كل منطقة الي محطة رفع خاصة بالمنطقة – هذه المحطة ترعف المخلفات السائلة الي المجمع الرئيسي الذي يصل إلي محطة الطلمبات الرئيسية وهذا يسمي (Sectional System) اي الصرف مع التقسيم إلي مناطق.

خطوات تصميم قطاعات المواسير لشبكة الانحدار

بعد تقدير كمية المخلفات التي تمر في كل فرع من فروع شبكة الصرف الصحي وكذلك تقدير التغيرات في هذه الكمية من وقت لآخر. يمكن تصميم المواسير وذلك مع مراعاة الشروط الآتية:

١. تصميم مواسير الصرف بحيث لا تكون ممتلئة القطاع بل بحيث يكون ارتفاع الماء فيها كالآتي:
   - حوالي ثلث القطر عند مرور ادني تصرف جاف.
   - حوالي نصف القطر عند مرور اقصي تصرف جاف.
   - حوالي ثلاثة أرباع القطر عند مرور أقصي تصرف ممطر للمواسير الكبيرة التي يزيد قطرها عن سبعين سنتيمترا.
   - القطر الكامل تقريبا عند مرور أقصي تصرف ممطر للمواسير التي يقل قطرها عن سبعين سنتيمترا.
٢. يجب أن تكون السرعة في مواسير الصرف كافية لمنع رسوب المواد العالقة في قاع الماسورة. وهي ما تسمي (Self-Cleaning Velocity) وقد وجد أن هذه السرعة يجب ألا تقل عن ٦٠ سنتيمترا في الثانية، عندما يكون التصرف في الماسورة مساويا للتصرف المتوسط في اليوم بينما في حالة أقصي تصرف جاف يجب ألا تقل السرعة عن ٧٥ سنتيمترا في الثانية.

أما في حالة أدني تصرف فيسمح بهبوط السرعة حتي ٤٥ أو ٥٠ سنتيمترا في الثانية، وذلك لان المياه عندئذ تكون خالية نسبيا من المواد العالقة نظرا لان هذا التصرف يحدث عادة في ساعات الليل حيث يكون مصدر اغلب المياه في الماسورة هو مياه الرشح.وبذلك نضمن عدم حدوث اي ترسيب في جميع الحالات.

والجدول رقم (٥) يبين مساحة القطاع المائي ونصف القطر الهيدروليكي والسرعة والتصرف عند مرور الماء في قطاع دائري علي اعماق مختلفة.

جدول رقم (٥) العلاقات الهيدروليكية في تصميم خطوط مواسير الانحدار

عمق الماء	المساحة	نصف القطر الهيدروليكي	السرعة	التصرف
١/٤ ق	٠,١٥٣ م^{٢}	٠,١٤٦ ق	٠,٧٠ م/ث	٠,١٣٧ ص
١/٣ ق	٠,٢٦٦ م^{٢}	٠,١٨٤ ق	٠,٨٢ م/ث	٠,٢٣٥ ص
٢/٣ ق	٠,٣٩٢ م^{٢}	٠,٢٥٠ ق	١,٠٠ م/ث	٠,٥٠ ص
٢/٣ ق	٠,٥٦٠ م^{٢}	٠,٢٥٠ ق	١,١١ م/ث	٠,٧٩ ص
٢/٤ ق	٠,٨٧٤ م^{٢}	٠,٣٤١ ق	١,٣٤ م/ث	٠,٩١٢ ص
ق	٠,٧٨٤ م^{٢}	٠,٢٥٠ ق	س	ص

حيث:

ق = قطر الماسورة (مم)

س = سرعة الماء عند امتلاء الماسورة (م/ث)

ص = التصرف عند امتلاء الماسورة (لتر/ث)

٣. يجب ألا تزيد سرعة المياه عن السرعة المتلفة (Destructive Velocity) وقيمتها تتوقف علي مادة تصنيع الماسورة ويفضل عادة ألا تتجاوز السرعة في الماسورة عن متر ونصف في الثانية.

٤. أقل قطر ممكن لماسورة الصرف هو ١٥٠مم (ويفضل أحيانا ١٧٥مم أو ٢٠٠مم) وذلك منعاً لاحتمال انسدادها بما قد تحمله من مواد صلبة كبيرة الحجم.

٥. ويتم تصميم قطاع الماسورة اي تعيين القطر والميل بإتباع الخطوات الآتية:

- يعين التصرف الذي يمر في الماسورة (أدني تصرف Q_{min}، التصرف المتوسط Q_{ave} و اقصي تصرف Q_{max}).
- بفرض ان ادني تصرف Q_{min} يمر بحيث يكون ارتفاع الماء في الماسورة يساوي ثلث القطر وبالرجوع الي جدول رقم (٥)، نجد ان نسبة هذا التصرف الي التصرف عندما يكون القطاع ممتلئ تساوي ١:٠,٢١٥ أي أن التصرف عند امتلاء القطاع = ٤,٢٥ × ادني تصرف.
- بفرض سرعة المياه للقطاع الممتلئ (V_f) تساوي ٨٠-١٠٠ سنتيمترا/ثانية. تكون مساحة القطاع $A=\frac{Q}{V}$.
- ومن ثم يمكن إيجاد القطر – فإذا لم يتواجد هذا القطر في الأسواق يختار القطر الأكبر منه مباشرة.
- بمعرفة القطر (D) الذي وقع عليه الاختيار عند امتلاء القطاع تساوي $\frac{4Q}{\pi D^2}$ ويمكن ايجاد الميل S الذي توضع عليه الماسورة وذلك بالتعويض في احد المعادلات الاتية حيث R=D/4.

(Chezy)	$V=C\sqrt{RS}$	
(Manning)	$V=\frac{1}{n}R^{2/3}S^{1/2}$	(١٤)
(Santo Crimo)	$V=83R^{2/3}S^{1/2}$	
(William-Hazen)	$V=1.318CR^{0.63}S^{0.54}$	

حيث:

V = السرعة بالمتر/ ثانية

R = نصف القطر الهيدروليكي بالمتر

= مساحة قطاع الماسورة الممتلئ بالماء

مساحة محيط الماسورة المبلول بالماء

S = ميل الماسورة – ويساوي كذلك معدل الفاقد في الاحتكاك

C = معامل ثابت يتوقف علي نوع الماسورة ويعطي كاتر (Kutter) قيمة لهذا الثابت بالمعادلة الآتية:

$$C=\frac{23+\frac{1}{n}+\frac{0.0055}{S}}{1+23+\frac{0.0055}{S}\frac{n}{\sqrt{R}}} \quad (١٥)$$

حيث:

n = ثابت يتوقف علي مادة تصنيع الماسورة

= ٠,٠٠٨ ⟵ ٠,١٠ للخشب الممسوح جيدا

= ٠,٠١٠ ⟵ ٠,١٢ للمواسير المبطنة بالاسمنت

=٠,٠١٢ ⟵ ٠,١٤ للخشب الغير ممسوح

=٠,٠١٠ ⟵ ٠,١٣ للمواسير الخرسانية

=٠,٠١٢ ⟵ ٠,١٥ للمواسير الفخار المزجج

=٠,٠١٥ ⟵ ٠,١٧ للمواسير المبنية بالطوب أو الدبش

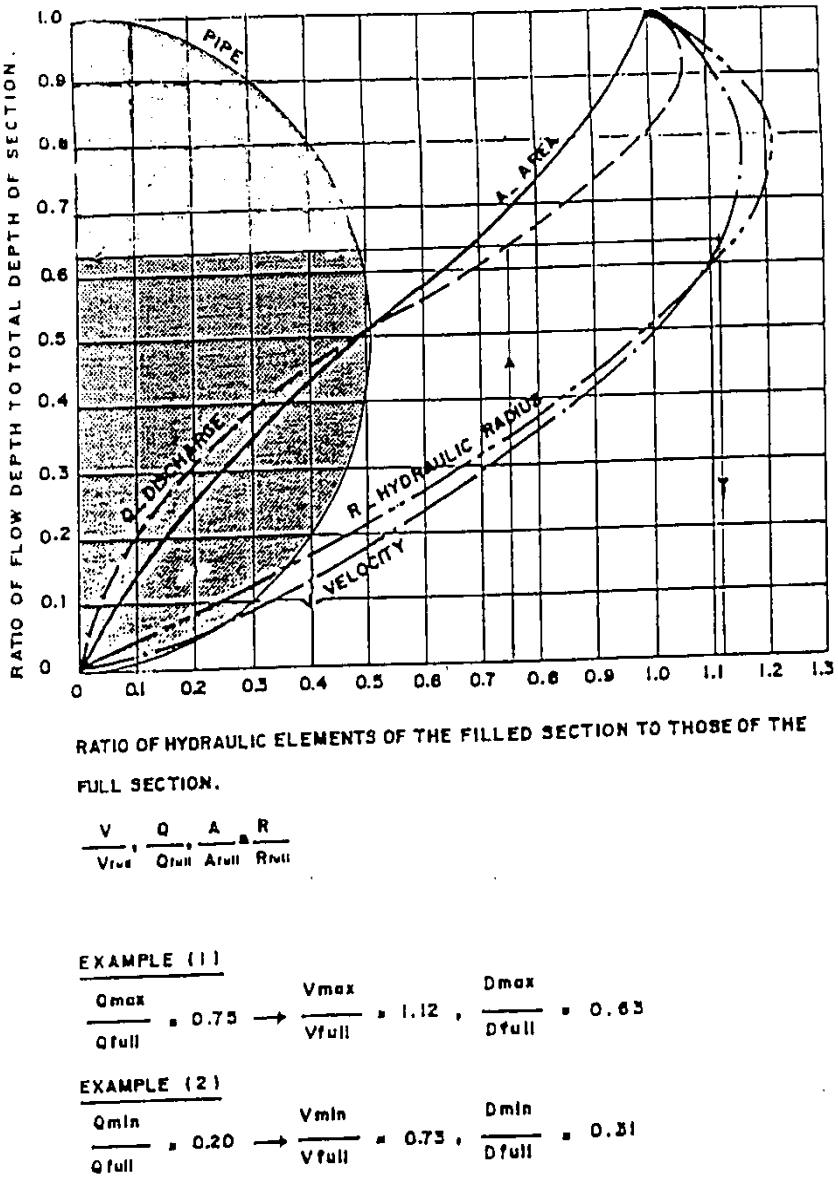
يستعمل والمنحني في الشكل (٣) يوضح العناصر الهيدروليكية لمواسير الانحدار الغير ممتلئة وذلك لحساب السرعة عند التصرفات المختلفة التي تتواجد في الماسورة ويبين كل منهم المساحة النسبية والسرعة النسبية والتصرف النسبي للمواسير المستديرة عند وجود الماء علي اعماق مختلفة في ماسورة الصرف.

أي يبين العلاقة بين $\frac{d}{D},\frac{q}{V}$ وكذلك العلاقة بين $\frac{d}{D},\frac{q}{Q}$

حيث:

a = المساحة عند مرور الماء بعمق قدره d

A = المساحة الكلية للماسورة



الشكل (٣) العناصر الهيدروليكية لمواسير الانحدار الغير ممتلئة في القطاع الدائري

- أما في حالة أدني تصرف فيسمح بهبوط السرعة حتي ٤٥أو٥٠ سنتيمترا في الثانية، وذلك لان المياه عندئذ تكون خالية نسبيا من المواد العالقة نظرا لان هذا التصرف يحدث عادة في ساعات الليل حيث يكون مصدر اغلب المياه في الماسورة هو مياه الرشح. وبذلك نضمن عدم حدوث اي ترسيب في جميع الحالات. ويمكن استخدام المنحني الموضح بالشكل السابق ذكره رقم (٣) لتحديد اقصي وادني سرعة طبقا للتصرف في كل حالة.
- يتغير أقل ميل للماسورة حسب قطرها. ويوضح جدول رقم (٦) أقل ميل مسموح به للماسورة.

جدول رقم (٦) العلاقة بين قطر الماسورة وأدني ميل لخط المواسير

قطر الماسورة (مم)		اقل ميل للماسورة (م/م)
بوصة	مم	
٧	١٧٥	٥
٨	٢٠٠	٤
٩	٢٢٥	٣,٥
١٠	٢٥٠	٣,٢٥
١٢	٣٠٠	٣,٠
١٥	٣٧٥	٢,٧٥
١٨	٤٥٠	٢,٥
٢٠	٥٠٠	٢,٠
٢٤	٦٠٠	١,٥
٣٢	٨٠٠	٠,١
٤٠	١٠٠٠	٠,٨
٤٨	١٢٠٠	٠,٦
٦٠	١٥٠٠	٠,٤

ويمكن استخدام الجداول الملحقة من هذا الكتاب وذلك لتصميم مواسير تجميع مياه الصرف الصحي بالانحدار مباشرة بعد معرفة التصرف المملوء والميل الاقتصادي.

اعتبارات التصميم لخطوط مواسير الانحدار

قطر الماسورة

يتم اختيار قطر ماسورة الصرف الصحي بحيث تستوعب اقصي تصرف (flow Design peak)، علي ان تكون الماسورة مملوءة جزئيا حتي لا يحدث تحلل لاهوائي، وتتراوح نسبة الامتلاء من ٠,٥ الي ٠,٨ من تصرف الامتلاء.

ومن واقع الخبرة العملية فان نسبة الامتلاء تتغير تبعا لقطر الماسورة كما هو موضح بالجدول رقم (٧)

ولا يجب أن يقل قطر ماسورة الصرف الصحي عن ١٧٥مم للوصلات المنزلية الصغيرة، وذلك منعا لاحتمال سددها بما قد تحمله من مواد صلبة كبيرة.

جدول رقم (٧) العلاقة بين نسبة الامتلاء وقطر ماسورة الصرف الصحي

قطر الماسورة (مم)	نسبة الامتلاء
١٧٥، ٢٢٥، ٢٥٠	٠,٥
٣٠٠، ٣٧٥، ٤٥٠، ٦٠٠	٠,٦٧
٨٠٠ وأكبر	٠,٨

معامل الاحتكاك

يفضل استعمال معامل احتكاك (n) = ٠,٠١٣ بحيث يغطي كل أنواع المواسير.

السرعة في مواسير الصرف

يجب ان تكون سرعة سريان المياه في مواسير الصرف كافية لمنع رسوب المواد العالقة في قاع الماسورة. وتسمي هذه السرعة سرعة التنظيف الذاتي (Self-cleaning velocity). وقد وجد انها ألا تقل عن ٦٠ سنتيمترا في الثانية، عندما يكون التصرف في الماسورة مساويا للتصرف المتوسط في اليوم، بينما في حالة أقصي تصرف جاف الا تقل السرعة عن ٧٥ سنتيمترا في الثانية. ويوضح الجدول رقم (٨) العلاقة بين السرعة النسبية والتصرف النسبي للمواسير المستديرة.

كما يبين الجدول رقم (٩) اقل انحدار توضع عليه المواسير بحيث يتوفر شرط عدم هبوط السرعة عن الحدود المقررة.

وبعد تحديد قيمة التصرف عند امتلاء الماسورة بحوالي ٤,٢٥× أدني تصرف. فأن تصميم ماسورة الصرف الصحي هو في الواقع تطبيق القوانين السابقة علي ماسورة دائرية ممتلئة ولكن ليست تحت ضغط، هذه القوانين تحتوي علي خمسة متغيرات S-n-D-V-Q إذا علم ثلاثة منها أمكن معرفة الاثنان الباقيان، الا في حالة معرفة D-V-Q فلا يمكن تحديد قيمة S-n.

جدول رقم (٨) العلاقة بين السرعة النسبية والتصرف النسبي للمواسير دائرية الشكل

عمق الماء قطر الماسورة	المساحة النسبية a/A	نصف القطر الايدروليكي	السرعة النسبية	التصرف النسبي
		r/R	v/V	q/Q
٠,٠١	٠,٠٠١٧	٠,٠٢٦٥	٠,٠٨٩	٠,٠٠٠٥
٠,٠٢	٠,٠٠٤٨	٠,٠٥٢٨	٠,١٤٠٨	٠,٠٠٠٧
٠,٠٥	٠,٠١٨٧	٠,١٣٠٢	٠,٢٥٦٩	٠,٠٠٤٧
٠,١	٠,٠٢٥٠	٠,٢٤٥١	٠,٤٠١٢	٠,٠٢٠٩
٠,١٧	٠,١١٢٧	٠,٤١٦٧	٠,٥٥٧٨	٠,٠٢٦٩
٠,٢	٠,١٤٢٤	٠,٤٨٢٤	٠,٦١٥١	٠,٠٨٧٦
٠,٣٠	٠,٢٥٢٣	٠,٦٨٣٨	٠,٧٧٦١	٠,١٩٥٨
٠,٣٣	٠,٢٨٧٨	٠,٧٣٧٨	٠,٧١٧٢	٠,٢٣٥٢
٠,٣٥	٠,٣١١٩	٠,٧٧٤٠	٠,٨٤٣٠	٠,٢٦٢٩
٠,٤٠	٠,٣٧٣٥	٠,٨٥٦٩	٠,٩٠٢٢	٠,٣٣٧٠
٠,٥٠	٠,٥٠٠٠	١,٠٠٠٠	٠,٠٠٠٠	٠,٥٠٠٠
٠,٦٠	٠,٦٢٦٥	١,٦١٠٦	١,٧٠٢٤	٠,٦٧١٨
٠,٦٧	٠,٧١٢٢	١,١٦١٧	١,١٠٨٣	٠,٧٨٩٣
٠,٧٠	٠,٧٤٧٧	١,٠١٨٤٩	١,١١٩٨	٠,٤٣٧٢
٠,٨٠	٠,٨٥٧٦	١,٢١٦٨	١,١٣٩٧	٠٩٧٧٥
٠,٨١	٠,٨١٧٧	١,٢١٧٢	١,١٤٠٠	٠,٩٨٩٢
٠,٨٥	٠,٩٠٥٩	١,٢١٣١	١,١١٢٧٤	١,٠٣١٤
٠,٩٠	٠,٩٤٨٠	١,١٩٢١	١,١٢٤٣	١,٠٦٥٨
٠,٩٤	٠,٩٧٥٥	١,١٥٧٩	١,١٠٢٧	١,٠٧٥٧
٠,٩٥	٠,٩٨١٣	١,١٤٥٨	١,٠٩٥٠	١,٠٧٤٥
١,٠٠	١,٠٠٠٠	١,٠٠٠٠	١,٠٠٠٠	١,٠٠٠٠

جدول رقم (٩) العلاقة بين أدني انحدار وقطر خط مواسير الصرف الصحي

القطر بالبوصة	مياه صرف صحي خام سرعة ٧٥سم/ثانية		مياه صرف صحي معالجة ٦٠ سم/ثانية
	ماسورة خرف أو إسمنتية	ماسورة زهر	ماسورة خزف أو إسمنتية
٥	١١٠:١	٩٠:٩	١٨٥:١
٦	١٥٠:١	١٢٢:١	٢٤٠:١
٧	١٩٠:١	١٥٥:١	٢٩٥:١
٩	٢٦٥:١	٢١٥:١	٤١٥:١
١٢	٣٨٥:١	٣١٥:١	٦١٠:١
١٥	٥٢٠:١	٤٢٠:١	٨٢٠:١
١٨	٦٦٠:١	٥٣٥:١	١٠٥٠:١
٢٤	٩٧٠:١	٨٠٠:١	١٥٠٠:١
٢٧	١١٠٠:١	٩٠٠:١	١٨٠٠:١
٢٠	١٣٠٠:١	١٠٦٠:١	٢٠٥٠:١
٣٣	١٥٠٠:١	١٢٣٠:١	٣٢٥٠:١
٣٦	١٦٥٠:١	١٣٤٠:١	٢٦٠٠:١
٣٩	١٨٥٠:١	١٥٠٠:١	٧٩٠٠:١
٤٢	٢٠٥٠:١	١٦٧٠:١	٣٢٠٠:١
٤٥	٢٢٥٠:١	١٨٣٠:١	٣٥٠٠:١

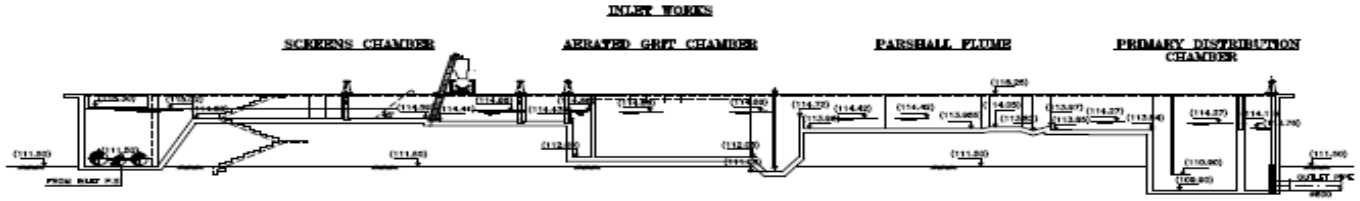
القطاعات الطولية لمواسير الانحدار

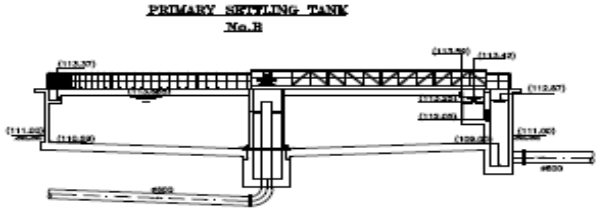
بعد إتمام تصميم مختلف مواسير شبكة تجميع مياه الصرف الصحي بالانحدار الطبيعي، أي تعين القطر والميل، ترسم قطاعات طولية لخطوط المواسير المختلفة، كالمبين بالشكل رقم (٤)، ويوضح عليه البيانات الآتية:

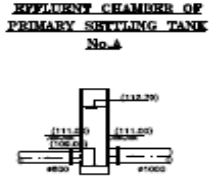
١. منسوب الارض الطبيعية أو منسوب أعلي الرصف.
٢. منسوب قاع الماسورة.
٣. عمق الحفر حتي قاع خندق الماسورة.
٤. ميل الماسورة.
٥. نوع مادة الماسورة.
٦. أماكن تقاطع المواسير حيث تنشأ المطابق.
٧. أماكن المطابق وارقامها.
٨. مواقع المنشآت المقامة علي الخط.
٩. مواقع عبور العوائق المختلفة (سكك حديدية – مجاري مائية – ترع ومصارف – طرق رئيسية).
١٠. توصيلات المباني المختلفة علي خطوط المواسير.
١١. أساسات المواسير ومناسيبها.

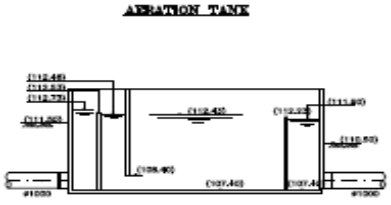
١ **قطاع هيدروليكي لمحطة معالجة صرف صحي**

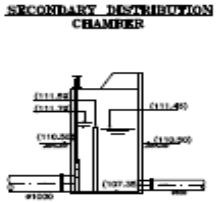
٢

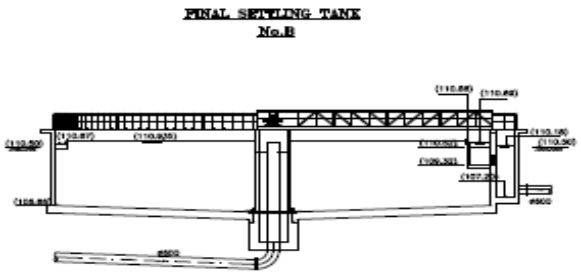


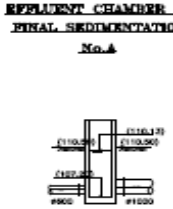


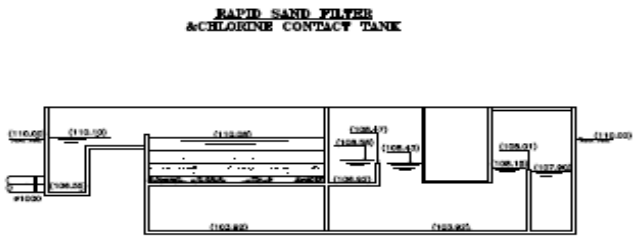


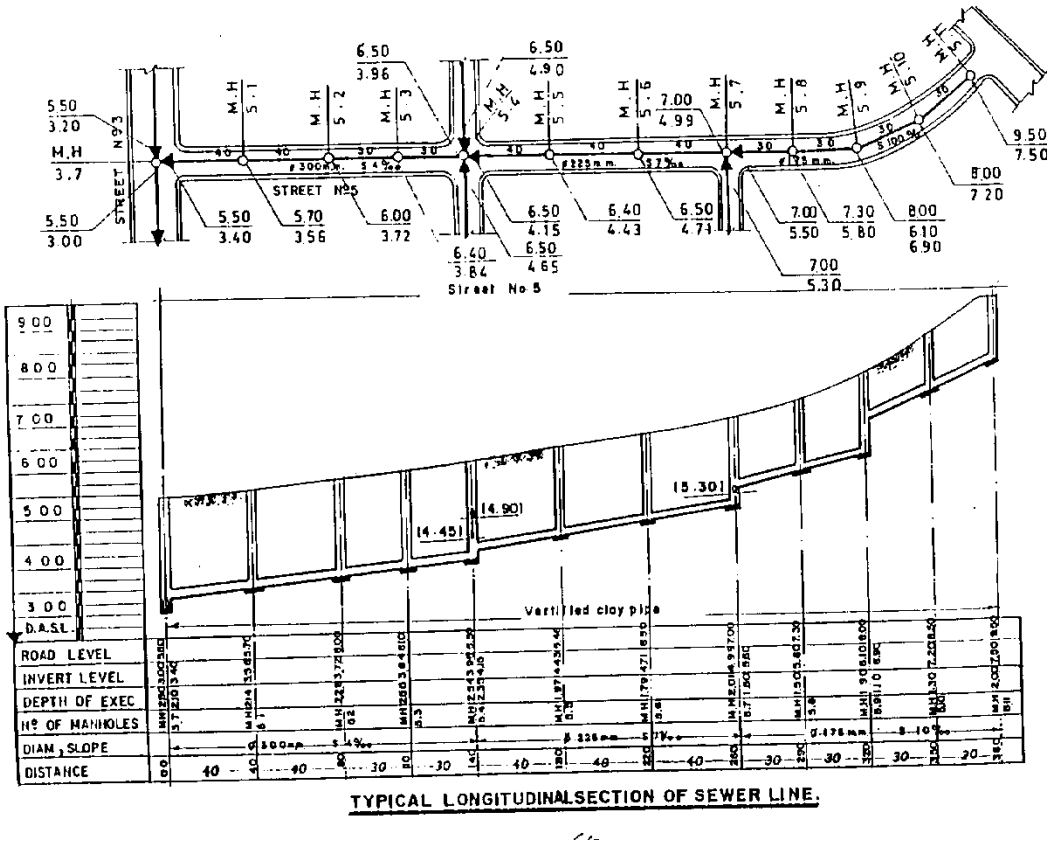






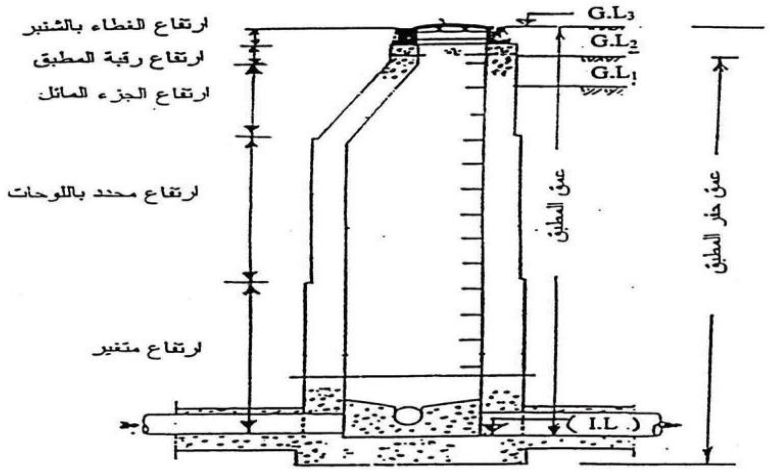






شكل رقم (٤) قطاع طولي لخطوط مواسير الانحدار لشبكات الصرف الصحي نموذج رقم (١)

قطاع في مطبق صرف صحي



- G.L = Ground Level
- I.L = Invert Level

GL_1 منسوب سطح الأرض باللوحات ومنه يتم احتساب بنود الغطاء
GL_2 منسوب سطح الأرض بالطبيعة ومنه يتم احتساب عمق المواسير
GL_3 منسوب سطح الأرض النهائى ومنه يتم احتساب ارتفاع المطبق
IL_1 منسوب أوطى نقطة فى المطبق عند ماسورة الخارج. ويمكن اعتبارها منسوب منتصف المطبق حيث التغير فى المناسيب داخل المطبق اقل من ١سم

أنواع مواسير شبكات تجميع مياه الصرف الصحي

هناك بعض العوامل التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند اختيار نوع المواسير المستخدمة في شبكات تجميع مياه الصرف الصحي ويمكن ذكر هذه العوامل كما يلي:

١. خواص مياه الصرف الصحي التي تحملها المواسير.
٢. الافتراضي لنوع المواسير وعلاقته بالفترة التصميمية للمشروع.
٣. مدي مقاومة المواسير للنحر نتيجة السرعات العالية.
٤. التآكل نتيجة الأحماض المتواجدة داخل المواسير وخاصة في الجزء العلوي الداخلي.
٥. السهولة في النقل والمناولة والتركيب وتحمل المواسير للأحمال المؤثرة عليها داخلياً وخارجياً.
٦. نوع الوصلات المستخدمة لهذا النوع وسهولة تركيبها.
٧. مسامية مادة المواسير.
٨. الأقطار والنوعية المتاحة.
٩. أسعار المواسير.

ومن الصعب أن تتوافر جميع الاحتياجات في نوع واحد من الأنواع المختلفة ولذلك فإنه يتم اختيار أنسب هذه الأنواع طبقاً لظروف المدينة.

وعموماً فإن أنسب أنواع المواسير بالانحدار الطبيعي والتي تستخدم في تجميع مياه الصرف الصحي هي مواسير الفخار المزجج، والبلاستيك، والألياف الزجاجية (الفيبرجلاس)، والمواسير الخرسانية. وسنتناول فيما يلي هذه الأنواع الأربعة مع تلخيص مميزات وعيوب كل نوع منها.

مواسير الفخار المزجج

هي مواسير مصنوعة من خليط متجانس من الطين المحروق في درجة حرارة لا تقل عن ١١٠٠ درجة مئوية، وهي مزججة من الداخل والخارج بطبقة شبيهة بالزجاج (محلول كلوريد الصوديوم). وينتج هذا النوع من المواسير بأطوال تتراوح من ١,٠٠ متر إلي ٢,٠٠ متر وبأقطار تتروح من ١٠٠ مم إلي ١٠٠٠ مم.

مواسير البلاستيك uP.V.C

هي مواسير مصنوعة من مادة بولي كلوريد الفينيل غير اللدن وبعض المواد المضافة غير السامة، وينتج هذا النوع من المواسير في مصر بأطوال ٣، ٦، ٩ أمتار، وبأقطار حتي ٤٠٠ مم.

مواسير الألياف الزجاجية (الفيبر جلاس)

هي مواسير مصنوعة من خليط مكون من الآتي :

١. بولي استر، وهو راتنج سائل كمادة لاصقة.
٢. ألياف الزجاج المعروفة بالـ E. Galss، وتستخدم علي هيئة خيوط مركبة من شعيرات مستمرة، متوسط قطر الشعيرة حوالي ١٥ ميكرون.
٣. شرائط رقيقة من ألياف الزجاج المعروفة بالـ C Glass، مصنوعة من شعيرات دقيقة منسوجة من الزجاج المحتوي علي نسبة عالية من أكسيد السليكون (٦٦%)، وتستخدم في بناء الطبقة الداخلية والخارجية للمواسير.
٤. رمل الكوارتز، ويحتوي علي ٩٥% أكسيد سيليكون، ويستخدم في التصنيع كمادة مالئة، وتختلف نسبة إضافته حسب نوعية المواسير.

ويتم تصنيع هذا النوع من المواسير في مصر بأطوال من ٦ إلي ١٢ متراً وأقطار من ٢٠٠ مم إلي ١٨٠٠ مم.

المواسير الخرسانية

تنتج محلياً بأقطار تبدأ من ٦٠٠ مم وتصنع من الخرسانة المسلحة، وهناك أنواع منها تصنع من الخرسانة المسلحة سابقة الإجهاد، ويستخدم الإسمنت المقاوم للكبريتات في صناعة هذه المواسير. كما يتم دهانها من الداخل والخارج بالبيتومين الساخن، أو تبطينها بطبقات من البلاستيك.

جداول تصميم خطوط مواسير الانحدار لتجميع مياه الصرف الصحي

SLOPE ‰	150 mm.		175 mm.		200 mm.	
	Q (l/s)	V (m/s)	Q (l/s)	V (m/s)	Q (l/s)	V (m/s)
50.0	34.05	1.93	51.37	2.14	73.34	2.33
45.0	32.31	1.83	48.73	2.06	69.58	2.21
40.0	30.46	1.72	45.94	1.91	65.60	2.09
35.0	28.49	1.61	42.98	1.79	61.36	1.95
30.0	26.38	1.49	39.79	1.65	56.81	1.81
28.0	25.48	1.44	38.44	1.60	54.88	1.75
26.0	24.56	1.39	37.04	1.54	52.89	1.58
24.0	23.59	1.34	35.59	1.48	50.81	1.62
22.0	22.59	1.28	34.07	1.42	48.65	1.55
20.0	21.54	1.22	32.49	1.35	46.38	1.48
18.0	20.43	1.16	30.82	1.28	44.00	1.40
16.0	19.26	1.09	29.06	1.21	41.49	1.32
14.0	19.02	1.02	27.18	1.13	38.81	1.24
12.0	16.68	0.94	25.17	1.05	35.93	1.14
10.0	15.23	0.88	22.97	0.96	32.80	1.04
9.8	15.08	0.86	22.74	0.95	32.47	1.03
9.6	14.92	0.84	22.51	0.94	32.14	1.02
9.4	14.77	0.84	22.27	0.93	31.80	1.01
9.2	14.61	0.83	22.03	0.92	31.46	1.00
9.0	14.45	0.82	21.79	0.91	31.12	0.99
8.8	14.29	0.81	21.55	0.90	30.77	0.98
8.6	14.12	0.80	21.30	0.89	30.42	0.97
8.4	13.98	0.79	21.05	0.88	30.08	0.96
8.2	13.79	0.78	20.80	0.86	29.70	0.95
8.0	13.62	0.77	20.55	0.85	29.34	0.93
7.8	13.45	0.76	20.29	0.84	29.97	0.92
7.6	13.28	0.75	20.03	0.83	28.59	0.91
7.4	13.10	0.74	19.76	0.82	28.21	0.90
7.2	12.92	0.73	19.49	0.81	27.83	0.89
7.0	12.74	0.72	19.22	0.80	27.44	0.87
6.8	12.56	0.71	18.94	0.79	27.05	0.86
6.6	12.37	0.70	18.66	0.78	26.65	0.85
6.4	12.18	0.69	18.38	0.76	26.24	0.84
6.2	11.99	0.68	18.09	0.75	25.83	0.82
6.0	11.80	0.67	17.79	0.74	25.41	0.81
5.8	11.60	0.66	17.50	0.73	24.98	0.80
5.6	11.40	0.64	17.19	0.71	24.54	0.78
5.4	11.19	0.63	16.88	0.70	24.10	0.77
5.2	10.98	0.62	16.57	0.69	23.65	0.75
5.0	10.77	0.61	16.24	0.68	23.19	0.74
4.8	10.55	0.60	15.92	0.66	22.72	0.72
4.6	10.33	0.58	15.58	0.65	22.25	0.71
4.4	10.10	0.57	15.24	0.63	21.76	0.69
4.2	9.87	0.56	14.89	0.62	21.26	0.68
4.0	9.63	0.55	14.53	0.60	20.74	0.66
3.5	9.01	0.51	13.59	0.57	19.40	0.62
3.0	8.34	0.47	12.58	0.52	17.96	0.57
2.5	7.61	0.43	11.49	0.48	16.40	0.52
2.0	6.81	0.39	10.27	0.43	14.67	0.47
1.5	5.90	0.33	8.90	0.37	12.70	0.40

SLOPE ‰	225 mm.		250 mm.		275 mm.	
	Q (l/s)	V (m/s)	Q (l/s)	V (m/s)	Q (l/s)	V (m/s)
50.0	100.40	2.53	132.97	2.71	171.45	2.89
45.0	95.25	2.40	126.15	2.57	162.65	2.74
40.0	89.80	2.26	118.94	2.42	153.35	2.58
35.0	84.00	2.11	111.25	2.27	143.45	2.42
30.0	77.77	1.96	103.00	2.10	132.81	2.24
28.0	75.13	1.89	99.51	2.03	128.30	2.16
26.0	72.40	1.82	95.89	1.95	123.64	2.08
24.0	69.56	1.75	92.13	1.88	118.79	2.00
22.0	66.60	1.67	88.21	1.80	113.79	1.91
20.0	63.50	1.60	84.10	1.71	108.44	1.83
18.0	60.24	1.52	79.76	1.63	102.87	1.73
16.0	56.80	1.43	75.22	1.53	96.99	1.63
14.0	53.13	1.34	70.38	1.43	90.72	1.53
12.0	49.19	1.24	65.14	1.33	83.99	1.41
10.0	44.90	1.13	59.47	1.21	76.68	1.29
9.8	44.45	1.12	58.87	1.20	75.91	1.28
9.6	43.99	1.11	58.27	1.19	75.13	1.26
9.4	43.53	1.09	57.66	1.17	74.34	1.25
9.2	43.07	1.08	57.04	1.16	73.55	1.24
9.0	42.60	1.07	56.42	1.15	72.74	1.22
8.8	42.12	1.06	55.79	1.14	71.93	1.20
8.6	41.64	1.05	55.15	1.12	71.11	1.20
8.4	41.15	1.03	54.50	1.11	70.27	1.18
8.2	40.66	1.02	53.85	1.10	69.43	1.17
8.0	40.16	1.01	53.19	1.08	68.58	1.15
7.8	39.66	1.00	52.52	1.07	67.72	1.14
7.6	39.14	0.98	51.84	1.06	66.84	1.13
7.4	38.63	0.97	51.16	1.04	65.96	1.11
7.2	38.10	0.96	50.48	1.03	65.06	1.10
7.0	37.57	0.94	49.75	1.01	64.15	1.08
6.8	37.03	0.93	49.04	1.00	63.23	1.06
6.6	36.48	0.92	48.31	0.98	62.29	1.05
6.4	35.92	0.90	47.57	0.97	61.34	1.03
6.2	35.36	0.89	46.83	0.95	60.37	1.02
6.0	34.78	0.87	46.06	0.94	59.39	1.00
5.8	34.20	0.86	45.29	0.92	58.39	0.98
5.6	33.60	0.85	44.50	0.91	57.38	0.97
5.4	33.00	0.83	43.70	0.89	56.35	0.95
5.2	32.38	0.81	42.88	0.87	55.29	0.93
5.0	31.75	0.80	42.05	0.86	54.22	0.91
4.8	31.11	0.78	41.20	0.84	53.12	0.89
4.6	30.45	0.77	40.33	0.82	52.00	0.88
4.4	29.78	0.75	39.45	0.80	50.86	0.86
4.2	29.10	0.73	38.54	0.79	49.69	0.84
4.0	28.40	0.71	37.61	0.77	48.49	0.82
3.5	26.56	0.67	35.18	0.72	45.36	0.76
3.0	24.59	0.62	32.57	0.66	42.00	0.71
2.5	22.45	0.56	29.73	0.61	38.34	0.65
2.0	20.08	0.51	26.60	0.54	34.29	0.58
1.5	17.39	0.44	23.03	0.47	29.70	0.50

SLOPE ‰	300 mm.		325mm.		350mm.	
	Q (l/s)	V (m/s)	Q (l/s)	V (m/s)	Q (l/s)	V (m/s)
50.0	216.23	3.06	267.68	3.23	326.17	3.39
45.0	205.13	2.90	253.94	3.06	309.43	3.22
40.0	193.40	2.74	239.42	2.89	291.73	3.03
35.0	180.91	2.56	223.96	2.70	272.89	2.84
30.0	167.49	2.37	207.34	2.50	252.65	2.63
28.0	161.81	2.29	200.31	2.41	244.08	2.54
26.0	155.93	2.21	193.03	2.33	235.20	2.44
24.0	149.81	2.12	185.45	2.24	225.97	2.35
22.0	143.43	2.03	177..56	2.14	216.35	2.25
20.0	136.76	1.93	169.29	2.04	206.29	2.14
18.0	129.74	1.84	160.61	1.94	195.70	2.03
16.0	122.32	1.73	151.42	1.83	184.51	1.92
14.0	114.42	1.62	141.64	1.71	172.59	1.79
12.0	105.93	1.50	131.13	1.58	159.79	1.66
10.0	96.70	1.37	119.71	1.44	145.87	1.52
9.8	95.73	1.35	118.51	1.43	144.40	1.50
9.6	94.75	1.34	117.29	1.41	142.92	1.49
9.4	93.76	1.33	116.06	1.40	141.42	1.47
9.2	92.75	1.31	114.82	1.38	139.91	1.45
9.0	91.74	1.30	113.57	1.37	138.38	1.44
8.8	90.71	1.28	112.30	1.35	136.83	1.42
8.6	89.68	1.27	111.01	1.34	135.27	1.41
8.4	88.63	1.25	109.72	1.32	133.69	1.39
8.2	87.57	1.24	108.40	1.31	132.09	1.37
8.0	86.49	1.22	107.07	1.29	130.47	1.36
7.8	85.40	1.21	105.72	1.27	128.83	1.34
7.6	84.30	1.19	104.36	1.26	127.16	1.32
7.4	83.19	1.18	102.98	1.24	125.48	1.30
7.2	82.05	1.16	101.58	1.22	123.77	1.29
7.0	80.91	1.14	100.16	1.21	122.04	1.27
6.8	79.74	1.13	98.71	1.19	120.28	1.25
6.6	78.56	1.11	97.25	1.17	118.50	1.23
6.4	77.36	1.09	95.77	1.15	116.69	1.21
6.2	76.14	1.08	94.26	1.14	114.85	1.19
6.0	74.90	1.06	92.73	1.12	112.99	1.17
5.8	73.65	1.04	91.17	1.10	111.09	1.15
5.6	72.37	1.02	89.58	1.08	109.16	1.13
5.4	71.06	1.01	87.97	1.06	107.19	1.11
5.2	69.73	0.99	86.32	1.04	105.19	1.09
5.0	68.38	0.97	84.65	1.02	103.14	1.07
4.8	67.00	0.95	82.94	1.00	101.06	1.05
4.6	65.59	0.93	81.19	0.98	98.93	1.03
4.4	64.14	0.91	79.41	0.96	96.76	1.01
4.2	62.67	0.89	77.58	0.94	94.53	0.98
4.0	61.16	0.87	75.71	0.91	92.25	0.96
3.5	57.21	0.81	70.82	0.85	86.30	0.90
3.0	52.97	0.75	65.57	0.79	79.89	0.83
2.5	48.35	0.68	59.85	0.72	72.93	0.76
2.0	43.25	0.61	53.54	0.65	65.23	0.68
1.5	37.45	0.53	46.36	0.56	56.49	0.59

SLOPE ‰	375mm.		400mm.		450mm.	
	Q (l/s)	V (m/s)	Q (l/s)	V (m/s)	Q (l/s)	V (m/s)
50.0	392.05	3.55	465.68	3.71	637.52	4.01
45.0	371.93	3.37	441.78	3.52	604.80	3.80
40.0	350.66	3.17	416.51	3.31	570.21	3.59
35.0	328.01	2.97	389.61	3.10	533.38	3.35
30.0	303.68	2.75	360.71	2.87	493.82	3.10
28.0	293.38	2.66	348.48	2.77	477.08	3.00
26.0	282.71	2.56	335.81	2.67	459.72	2.89
24.0	271.62	2.46	322.63	2.57	441.69	2.78
22.0	260.06	2.35	308.90	2.46	422.88	2.66
20.0	247.95	2.24	294.52	2.34	403.20	2.54
18.0	235.23	2.13	279.41	2.22	382.51	2.41
16.0	221.78	2.01	263.43	2.10	360.64	2.27
14.0	207.45	1.88	246.41	1.96	337.34	2.12
12.0	192.06	1.74	228.14	1.82	312.32	1.96
10.0	175.33	1.59	208.26	1.66	285.11	1.79
9.8	173.57	1.57	206.17	1.64	282.24	1.77
9.6	171.79	1.56	204.05	1.62	279.35	1.76
9.4	169.99	1.54	201.91	1.61	276.42	1.74
9.2	168.17	1.52	199.75	1.59	273.47	1.72
9.0	166.33	1.51	197.57	1.57	270.48	1.70
8.8	164.47	1.49	195.36	1.55	267.46	1.68
8.6	162.59	1.47	193.13	1.54	264.40	1.66
8.4	160.69	1.45	190.87	1.52	261.31	1.64
8.2	158.77	1.44	188.59	1.50	258.18	1.62
8.0	156.82	1.42	186.27	1.48	255.01	1.60
7.8	154.85	1.40	183.93	1.46	251.80	1.58
7.6	152.85	1.38	181.58	1.44	248.55	1.56
7.4	150.82	1.37	179.15	1.43	245.26	1.54
7.2	148.77	1.35	176.71	1.41	241.92	1.52
7.0	146.69	1.33	174.24	1.39	238.54	1.50
6.8	144.58	1.31	171.73	1.37	235.11	1.48
6.6	142.44	1.29	169.19	1.35	231.62	1.46
6.4	140.26	1.27	166.61	1.33	228.09	1.43
6.2	138.05	1.25	163.98	1.30	224.50	1.41
6.0	135.81	1.23	161.32	1.28	220.84	1.39
5.8	133.53	1.21	158.61	1.26	217.13	1.37
5.6	131.20	1.19	155.85	1.24	213.36	1.34
5.4	128.84	1.17	153.04	1.22	209.51	1.32
5.2	126.43	1.14	150.18	1.20	205.60	1.29
5.0	123.98	1.12	147.26	1.17	201.60	1.27
4.8	121.47	1.10	144.29	1.15	197.53	1.24
4.6	118.91	1.08	141.25	1.12	193.37	1.22
4.4	116.30	1.05	138.14	1.10	189.12	1.19
4.2	113.63	1.03	134.97	1.07	184.77	1.16
4.0	110.89	1.00	131.72	1.05	180.32	1.13
3.5	103.73	0.94	123.21	0.98	168.67	1.06
3.0	96.03	0.87	114.07	0.91	156.16	0.98
2.5	87.66	0.79	104.13	0.83	142.56	0.90
2.0	78.41	0.71	93.14	0.74	127.51	0.80
1.5	67.90	0.61	80.66	0.64	110.43	0.69

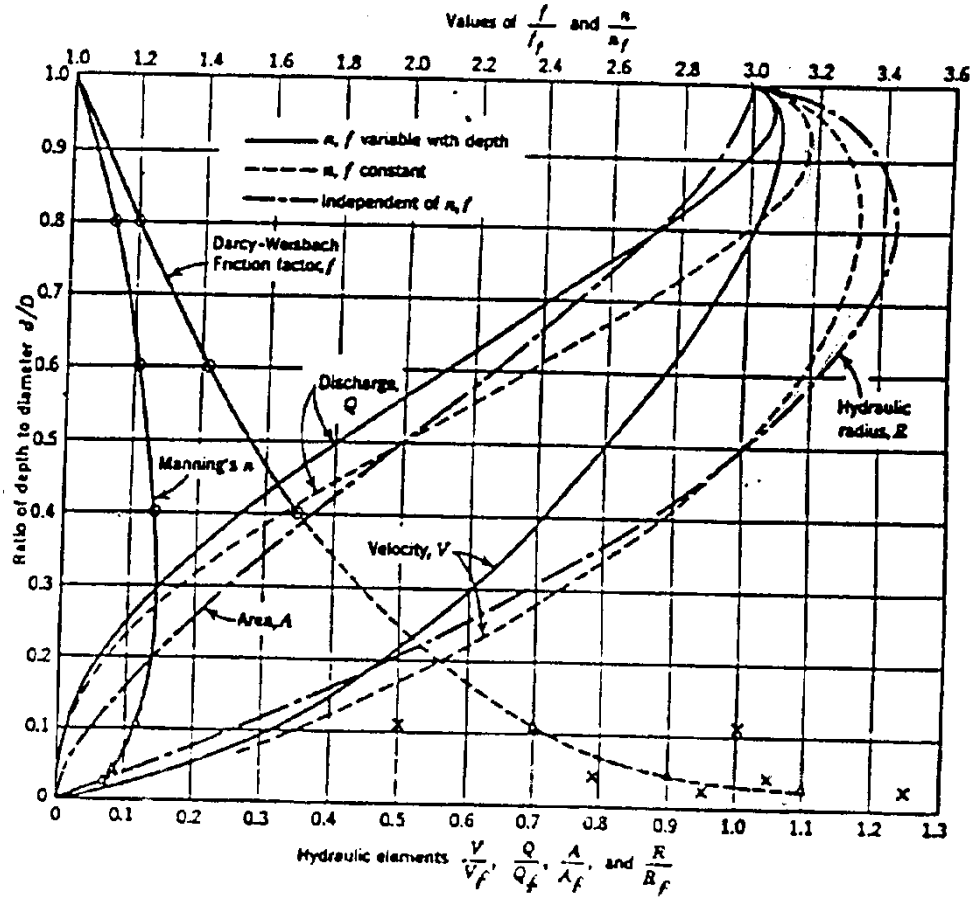
SLOPE	500mm.		600mm.		700mm.	
‰	Q (l/s)	V (m/s)	Q (l/s)	V (m/s)	Q (l/s)	V (m/s)
50.0	844.33	4.30	1372.97	4.86	2071.03	5.38
45.0	801.00	4.08	1302.52	4.61	1964.75	5.11
40.0	755.19	3.85	1228.02	4.34	1852.39	4.81
35.0	706.42	3.60	1148.71	4.06	1732.75	4.50
30.0	654.02	3.33	1063.50	3.76	1604.22	4.17
28.0	631.84	3.22	1027.44	3.63	1549.82	4.03
26.0	608.86	3.10	990.07	3.50	1493.45	3.88
24.0	584.97	2.98	951.23	3.36	1434.86	3.73
22.0	560.07	2.85	910.75	3.22	1373.77	3.57
20.0	534.00	2.72	868.35	3.07	1309.84	3.40
18.0	506.60	2.58	823.79	2.91	1242.62	3.23
16.0	477.63	2.43	776.67	2.75	1171.56	3.04
14.0	446.78	2.28	726.51	2.57	1095.89	2.85
12.0	413.64	2.11	672.62	2.38	1014.60	2.64
10.0	377.60	1.92	614.02	2.17	926.20	2.41
9.8	373.80	1.90	607.84	2.15	916.89	2.38
9.6	369.97	1.88	601.61	2.13	907.49	2.36
9.4	366.10	1.86	595.31	2.11	897.98	2.33
9.2	362.18	1.84	588.94	2.08	888.38	2.31
9.0	358.22	1.82	582.51	2.06	878.67	2.28
8.8	354.22	1.80	576.00	2.04	868.85	2.26
8.6	350.17	1.78	569.42	2.01	858.92	2.23
8.4	346.07	1.76	562.76	1.99	848.88	2.21
8.2	341.93	1.74	556.02	1.97	838.71	2.18
8.0	337.73	1.72	549.19	1.94	828.42	2.15
7.8	333.49	1.70	542.29	1.92	818.00	2.13
7.6	329.18	1.68	535.29	1.89	807.44	2.10
7.4	324.82	1.65	528.20	1.87	796.75	2.07
7.2	320.40	1.63	521.01	1.84	785.91	2.04
7.0	315.92	1.61	513.72	1.82	774.92	2.01
6.8	311.38	1.59	506.33	1.79	763.77	1.98
6.6	306.76	1.56	498.85	1.76	752.45	1.96
6.4	302.08	1.54	491.21	1.74	740.96	1.93
6.2	297.32	1.51	483.48	1.71	729.29	1.90
6.0	292.49	1.49	475.62	1.68	717.45	1.86
5.8	287.57	1.46	467.62	1.65	705.37	1.83
5.6	282.57	1.44	459.49	1.63	693.11	1.80
5.4	277.49	1.41	451.21	1.60	680.62	1.77
5.2	272.29	1.39	442.78	1.57	667.89	1.74
5.0	267.00	1.36	434.18	1.54	654.93	1.70
4.8	261.61	1.33	425.41	1.50	641.69	1.67
4.6	256.10	1.30	416.45	1.47	628.18	1.63
4.4	250.47	1.28	407.29	1.44	614.38	1.60
4.2	244.71	1.25	397.93	1.41	600.25	1.56
4.0	238.82	1.22	388.34	1.37	585.78	1.52
3.5	223.39	1.14	363.26	1.28	547.95	1.42
3.0	206.82	1.05	336.31	1.19	507.31	1.32
2.5	188.80	0.96	307.01	1.09	463.11	1.20
2.0	168.87	0.86	274.60	0.97	414.22	1.08
1.5	146.25	0.74	237.81	0.84	358.73	0.93

SLOPE ‰	800 mm.		900 mm.		1000 mm.	
	Q (l/s)	V (m/s)	Q (l/s)	V (m/s)	Q (l/s)	V (m/s)
50.0	2956.87	5.88	4047.98	6.36	5361.15	6.83
45.0	2805.13	5.58	3840.25	6.04	5086.04	6.48
40.0	2644.70	5.26	3620.62	5.69	4795.16	6.11
35.0	2473.89	4.92	3386.78	5.32	4485.46	5.71
30.0	2290.39	4.56	3135.56	4.93	4152.75	5.29
28.0	2212.72	4.40	3029.24	4.76	4011.94	5.11
26.0	2132.23	4.24	2919.05	4.59	3866.00	4.92
24.0	2048.59	4.08	2804.53	4.41	3714.33	4.73
22.0	1961.37	3.90	2685.14	4.22	3556.20	4.53
20.0	1870.09	3.72	2560.18	4.02	3390.71	4.32
18.0	1774.13	3.53	2428.80	3.82	3216.71	4.10
16.0	1672.66	3.33	2289.90	3.60	3032.74	3.86
14.0	1564.64	3.11	2142.00	3.37	2836.87	3.61
12.0	1448.57	2.88	1983.11	3.12	2626.43	3.34
10.0	1322.36	2.63	1810.32	2.85	2397.60	3.05
9.8	1309.07	2.60	1792.13	2.82	2373.50	3.02
9.6	1295.64	2.58	1773.75	2.79	2349.16	2.99
9.4	1282.08	2.55	1755.18	2.76	2324.56	2.96
9.2	1268.36	2.52	1736.40	2.73	2299.70	2.93
9.0	1254.50	2.50	1717.43	2.70	2274.56	2.90
8.8	1240.48	2.47	1698.24	2.67	2249.15	2.86
8.6	1226.31	2.44	1678.83	2.64	2223.44	2.83
8.4	1211.96	2.41	1659.19	2.61	2197.44	2.80
8.2	1197.45	2.38	1639.32	2.58	2171.12	2.76
8.0	1182.76	2.35	1619.21	2.55	2144.48	2.73
7.8	1167.88	2.32	1598.84	2.51	2117.50	2.70
7.6	1152.81	2.29	1578.21	2.48	2090.18	2.66
7.4	1137.54	2.26	1557.30	2.45	2062.50	2.63
7.2	1122.06	2.23	1536.11	2.41	2034.43	2.59
7.0	1106.37	2.20	1514.63	2.38	2005.98	2.55
6.8	1090.45	2.17	1492.84	2.35	1977.11	2.52
6.6	1074.29	2.14	1470.72	2.31	1947.82	2.48
6.4	1057.89	2.10	1448.26	2.28	1918.08	2.44
6.2	1041.23	2.07	1425.46	2.24	1887.88	2.40
6.0	1024.30	2.04	1402.28	2.20	1857.18	2.36
5.8	1007.08	2.00	1378.71	2.17	1825.96	2.32
5.6	989.57	1.97	1354.73	2.13	1794.21	2.28
5.4	971.74	1.93	1330.32	2.09	1761.88	2.24
5.2	953.57	1.90	1305.45	2.05	1728.94	2.20
5.0	935.05	1.86	1280.10	2.01	1695.37	2.16
4.8	916.16	1.82	1254.24	1.97	1661.11	2.11
4.6	896.87	1.78	1227.83	1.93	1626.14	2.07
4.4	877.16	1.75	1200.84	1.89	1590.40	2.02
4.2	856.99	1.70	1173.23	1.84	1553.83	1.98
4.0	836.34	1.66	1144.96	1.80	1516.39	1.93
3.5	782.33	1.56	1071.01	1.68	1418.45	1.81
3.0	724.29	1.44	991.57	1.56	1313.23	1.67
2.5	661.19	1.32	905.18	1.42	1198.82	1.53
2.0	591.39	1.18	809.62	1.27	1072.26	1.37
1.5	512.16	1.02	701.16	1.10	928.61	1.18

SLOPE ‰	1100 mm.		1200 mm.		1300 mm.	
	Q (l/s)	V (m/s)	Q (l/s)	V (m/s)	Q (l/s)	V (m/s)
50.0	6912.56	7.27	8717.83	7.71	10792.13	8.13
45.0	6557.83	6.90	8270.46	7.31	10238.31	7.71
40.0	6182.78	6.51	7797.46	6.89	9652.77	7.27
35.0	5783.46	6.09	7293.86	6.45	9029.34	6.80
30.0	5354.44	5.63	6752.83	5.97	8359.55	6.30
28.0	5172.88	5.44	6523.85	5.77	8076.09	6.08
26.0	4984.72	5.25	6286.54	5.56	7782.32	5.86
24.0	4789.16	5.04	6039.91	5.34	7477.01	5.63
22.0	4585.27	4.82	5792.78	5.11	7158.69	5.39
20.0	4371.88	4.60	5513.66	4.88	6825.54	5.14
18.0	4147.53	4.36	5230.72	4.62	6475.28	4.88
16.0	3910.33	4.11	4931.57	4.36	6104.95	4.60
14.0	3657.78	3.85	4613.07	4.08	5710.66	4.30
12.0	3386.45	3.56	4270.87	3.78	5287.04	3.98
10.0	3091.39	3.25	3898.76	3.45	4826.39	3.64
9.8	3060.32	3.22	3859.57	3.41	4777.88	3.60
9.6	3028.93	3.19	3819.99	3.38	4728.87	3.56
9.4	2997.21	3.15	3779.99	3.34	4679.36	3.53
9.2	2965.16	3.12	3739.56	3.31	4629.31	3.49
9.0	2932.75	3.09	3698.69	3.27	4578.71	3.45
8.8	2899.98	3.05	3657.36	3.23	4527.55	3.41
8.6	2866.84	3.02	3615.56	3.20	4475.81	3.37
8.4	2833.31	2.98	3573.27	3.16	4423.46	3.33
8.2	2799.37	2.95	3530.48	3.12	4370.48	3.29
8.0	2765.02	2.91	3487.16	3.08	4316.85	3.25
7.8	2730.24	2.87	3443.30	3.04	4262.55	3.21
7.6	2695.01	2.84	3398.86	3.01	4207.55	3.17
7.4	2659.31	2.80	3353.85	2.97	4151.82	3.13
7.2	2623.13	2.76	3308.21	2.93	4095.33	3.03
7.0	2586.44	2.72	3261.94	2.88	4038.05	3.04
6.8	2549.22	2.68	3215.01	2.84	397994	3.00
6.6	2511.46	2.64	3167.37	2.80	3920.98	2.95
6.4	2473.11	2.60	3119.02	2.76	3861.11	2.91
6.2	2434.16	2.56	3069.90	2.71	3800.30	2.86
6.0	2394.58	2.52	3019.98	2.67	3738.50	2.82
5.8	2354.33	2.48	2969.22	2.63	3675.67	2.77
5.6	2313.38	2.43	2917.58	2.58	3611.74	2.72
5.4	2271.70	2.39	2865.00	2.53	3546.66	2.67
5.2	2229.23	2.35	2811.45	2.49	3480.36	2.62
5.0	2185.94	2.30	2756.85	2.44	3412.77	2.57
4.8	2141.78	2.25	2701.15	2.39	3343.82	2.52
4.6	2096.68	2.21	2644.28	2.34	3273.41	2.47
4.4	2050.60	2.16	2586.16	2.29	3201.46	2.41
4.2	2003.45	2.11	2526.70	2.23	3127.86	2.36
4.0	1955.17	2.06	2465.81	2.18	3052.48	2.30
3.5	1828.89	1.92	2306.56	2.04	2855.33	2.15
3.0	1693.22	1.78	2135.46	1.89	2643.52	1.99
2.5	1545.69	1.63	1949.41	1.72	2413.19	1.82
2.0	1382.51	1.45	1743.61	1.54	2158.43	1.63
1.5	1197.29	1.26	1510.03	1.34	1869.25	1.41

SLOPE ‰	1400 mm.		1500 mm.		1600 mm.	
	Q (l/s)	V (m/s)	Q (l/s)	V (m/s)	Q (l/s)	V (m/s)
50.0	13150.22	8.54	15806.47	8.94	1877492	9.34
45.0	12475.39	8.10	1499533	8.49	17811.46	8.86
40.0	11761.91	7.64	14137.74	8.00	16792.80	8.35
35.0	11002.26	7.15	13224.64	7.48	15708.23	7.81
30.0	10186.16	6.62	1224364	6.93	1454305	7.23
28.0	9840.76	6.39	11828.48	6.69	1404992	6.99
26.0	9482.80	6.16	11398.21	6.45	13538.85	6.73
24.0	9110.78	5.92	10951.04	6.20	13007.71	6.47
22.0	8722.91	5.67	10484.83	5.93	12453.93	6.19
20.0	8316.97	5.40	9996.89	5.66	1187436	5.91
18.0	7890.17	5.13	9483.88	5.37	11265.01	5.60
16.0	7438.93	4.83	8941.49	5.06	10620.76	5.28
14.0	6958.48	4.52	8364.00	4.73	9934.81	4.94
12.0	6442.31	4.18	7743.56	4.38	9197.86	4.57
10.0	5881.00	3.82	7068.87	4.00	8396.46	4.18
9.8	5821.89	3.78	6997.82	3.96	8312.07	4.13
9.6	5762.18	3.74	6926.05	3.92	8226.82	4.09
9.4	5701.84	3.70	6853.52	3.88	8140.67	4.05
9.2	5640.86	3.66	6780.22	3.84	8053.61	4.01
9.0	5579.21	3.62	6706.12	3.79	7965.59	3.96
8.8	5516.97	3.58	6631.19	3.75	7876.59	3.92
8.6	5453.82	3.54	6555.40	3.71	7786.57	3.87
8.4	5390.03	3.50	6478.72	3.67	7695.49	3.83
8.2	5325.48	3.46	6401.13	3.62	7603.33	3.78
8.0	5260.13	3.42	6322.59	3.58	7510.03	3.74
7.8	5193.97	3.37	6243.06	3.53	7415.57	3.69
7.6	5126.94	3.33	6162.50	3.49	7319.88	3.64
7.4	5059.04	3.29	6080.87	3.44	722292	3.59
7.2	4990.20	3.24	5998.13	3.39	7124.65	3.54
7.0	4920.41	3.20	5914.24	3.35	7025.00	3.49
6.8	4849.61	3.15	5829.14	3.30	6923.92	3.44
6.6	4777.76	3.10	5742.78	3.25	6821.34	3.39
6.4	4704.81	3.06	5625.09	3.20	6717.19	3.34
6.2	4630.72	3.01	556603	3.15	6611.40	3.29
6.0	4555.42	2.96	5475.52	3.10	6503.89	3.23
5.8	4478.85	2.91	5383.49	3.05	6394.58	3.18
5.6	440095	2.86	5289.86	2.99	6283.36	3.13
5.4	4321.65	2.81	5194.54	2.94	6170.14	3.07
5.2	4240.87	2.75	509743	2.88	6054.80	3.01
5.0	4158.52	2.70	4992.44	2.83	5937.23	2.95
4.8	407450	2.65	4897.46	2.77	5817.27	2.89
4.6	3988.71	2.59	4794.34	2.71	5694.79	2.83
4.4	3901.04	2.53	468896	2.65	5569.62	2.77
4.2	3811.35	2.48	4581.15	2.59	5441.57	2.71
4.0	3719.50	2.42	4470.74	2.53	5310.43	2.64
3.5	3479.28	2.26	4182.00	2.37	4967.46	2.47
3.0	3221.19	2.09	3871.78	2.19	4598.99	2.29
2.5	2940.54	1.91	3534.43	2.00	4198.29	2.09
2.0	2630.12	1.71	3161.29	1.79	3755.09	1.87
1.5	2277.77	1.48	2737.76	1.55	3252.03	1.62

SLOPE ‰	1800 mm.		2000 mm.		mm.	
	Q (l/s)	V (m/s)	Q (l/s)	V (m/s)	Q (l/s)	V (m/s)
50.0	25703.06	10.10	34041.20	10.84		
45.0	24384.07	9.58	32294.32	10.28		
40.0	22989.52	9.03	30447.37	9.69		
35.0	21504.73	8.45	28480.91	9.07		
30.0	19909.51	7.82	26368.20	8.39		
28.0	19234.40	7.56	25474.10	8.11		
26.0	18534.74	7.28	24542.46	7.81		
24.0	17807.60	7.00	23584.44	7.51		
22.0	17049.48	6.70	22580.38	7.19		
20.0	16256.04	6.39	21529.55	6.85		
18.0	15421.84	6.06	20424.72	6.50		
16.0	14539.85	5.71	19256.61	6.13		
14.0	13600.78	5.34	18012.91	5.73		
12.0	12591.88	4.95	16676.71	5.31		
10.0	11494.76	4.52	15223.69	4.85		
9.8	11379.23	4.47	15070.68	4.80		
9.6	11262.52	4.43	14916.11	4.75		
9.4	11144.58	4.38	14759.91	4.70		
9.2	11025.39	4.33	14602.05	4.65		
9.0	10904.89	4.29	14442.46	4.60		
8.8	10783.04	4.24	14281.08	4.55		
8.6	10659.80	4.19	14117.87	4.49		
8.4	10535.12	4.14	13952.74	4.44		
8.2	10408.95	4.09	12785.64	4.39		
8.0	10281.23	4.04	13616.48	4.33		
7.8	10151.90	3.99	13445.20	4.28		
7.6	10020.90	3.94	13271.70	4.22		
7.4	9888.17	3.89	13095.91	4.17		
7.2	9753.63	3.83	12917.73	4.11		
7.0	9617.21	3.78	12737.05	4.05		
6.8	9478.82	3.72	12553.77	4.00		
6.6	9338.39	3.67	12367.78	3.94		
6.4	9195.81	3.61	12178.95	3.88		
6.2	9050.98	3.56	11987.14	3.82		
6.0	8903.80	3.50	11792.22	3.75		
5.8	8754.15	3.44	11594.01	3.69		
5.6	8601.89	3.38	11392.36	3.63		
5.4	8446.89	3.32	11187.08	3.56		
5.2	8288.99	3.26	10977.96	3.49		
5.0	8128.02	3.19	10764.77	3.43		
4.8	7963.80	3.13	10547.28	3.36		
4.6	7796.13	3.06	10325.21	3.29		
4.4	7624.76	3.00	10098.25	3.21		
4.2	7449.46	2.93	9866.08	3.14		
4.0	7269.92	2.86	9628.31	3.06		
3.5	6800.39	2.67	9006.45	2.87		
3.0	6295.94	2.47	8338.36	2.65		
2.5	5747.38	2.26	7611.84	2.42		
2.0	5140.61	2.02	680824	2.17		
1.5	4451.90	1.75	5896.11	1.88		



Hydraulic-elements graph for circular sewers.

للاقتراحات والشكاوى قم بمسح الصورة (QR)

حقوق الطبع محفوظة
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
الإدارة العامة للمسار الوظيفي – إدارة التدريب

المراجع

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

مهندس / اشرف علي عبد المحسن	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
مهندس / طارق ابراهيم عبد العزيز	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
مهندس / مصطفى محمد محمد	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزه
مهندس / محمد محمود الديب	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
دكتور كيمائي / حسام عبد الوكيل الشربيني	شركة الصرف الصحي بالاسكندريه
مهندس / رمزي حلمي ابراهيم	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزه
مهندس / اشرف حنفي محمود	شركة الصرف الصحي بالاسكندريه
مهندس / مصطفى احمد حافظ	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزة
مهندس / محمد حلمي عبد العال	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
مهندس / ايمان قاسم عبد الحميد	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالشرقية
مهندس / صلاح ابراهيم سيد	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
مهندس / سعيد صلاح الدين حسن	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
مهندس / صلاح الدين عبد الله عبد الله	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
مهندس / عصام عبد العزيز غنيم	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
مهندس / مجدي علي عبد الهادي	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
مهندس / عبد الحليم مهدي عبد الحليم	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالقليوبية
مهندس / سامي يوسف قنديل	شركة الصرف الصحي بالاسكندريه
مهندس / عادل محمود ابو طالب	GIZ المشروع الالماني لادارة مياه الشرب والصرف الصحي
مهندس / مصطفى محمد فراج	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي