المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تقنية مدنية

شبكات المياة والصرف الصحي

٢٠٧ مدن



جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " شبكات المياه والصرف الصحي " لمتدربي قسم" تقنية مدنية " للكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه: إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

الحمد كما علمنا أن نحمد، والصلاة والسلام على نبينا محمد، وعلى آله وصحبه وسلم تسليماً كثيراً إلى يوم الدين،أما بعد:

فقد عملت المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني على تغيير وتطوير الخطط الدراسية بجميع وحداتها التعليمية والتدريبية من مراكز تدريب ومعاهد فنية وكليات تقنية، وذلك تمشياً مع احتياجات سوق العمل وتحقيقاً لبرنامج السعودة الذي تسعى حكومة المملكة العربية السعودية إلى تحقيقه، وحتى يتم مواكبة الثورة المعلوماتية والتقنية التي تتسابق إليها بلدان العالم في شتى المجالات.

إن تأليف هذا المقرر "شبكات المياه والصرف الصحي" هو ضمن سلسلة من المقررات التي تتطلبها الخطة الدراسية لتخصص التقنية المدنية الذي يتبع قسم التقنية المدنية والمعمارية بالكليات التقنية، حيث يعد هذا المقرر من المقررات الجديدة التي تميزت بها هذه الخطة، والتي لم تتضمنها الخطط الدراسية الماضية.

يقدم هذا المقرر أهم الأساسيات التي يحتاجها مساعد المهندس المدني عندما يتولى مهام الإشراف على مشاريع التشييد المرتبطة بأعمال المياه، كما هو الحال في مشاريع تمديدات مياه التغذية وتصريف مياه السيول والصرف الصحي.

يحتوي هذا المقرر على أربعة فصول، حيث يقدم الفصل الأول مقدمة مختصرة عن ميكانيكا الموائع والهيدرولوجيا، يكمن الهدف منها في مساعدة الدارس على فهم باقي فصول المقرر. وتركز هذه المقدمة على حركة وانسيابية المياه في الأنابيب والقنوات المفتوحة وأهم المعادلات الرياضية التي يمكن تطبيقها عليها. كما تحتوي هذه المقدمة على الدورة الهيدرولوجية أو المائية وأهم العناصر المكونة لها.

ويشتمل الفصل الثاني على شبكات تغذية المياه، حيث يتطرق إلى مصادر المياه المختلفة، وكيفية حساب التعداد السكاني الحالي والمستقبلي للمنطقة المعنية من أجل حساب معدلات الاستهلاك الحالية والمستقبلية للمياه، وتحديد الطرق المناسبة لتجميع وتوزيع المياه، بالإضافة إلى عرض مبسط عن تصميم شبكات توزيع مياه التغذية.

ويقدم الفصل الثالث أهم الأساسيات اللازمة لعملية تصريف مياه السيول، ومنها حساب كميات السيول لمنطقة معينة، وتحديد غزارة سقوط الأمطار والأوقات اللازمة لتجميعها في مصارفها. كما يقدم هذا الفصل عرض مبسط عن كيفية تصميم مجاري السيول من حيث تحديد أقطارها وسرعة تدفق المياه بها.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

ويحتوي الفصل الرابع على مبادئ في شبكات تصريف مياه الصرف الصحي، حيث يتطرق إلى أنواع المخلفات السائلة المطلوب تصريفها، وطريقة حساب معدلات تدفقها، وعملية تخطيط وتصميم شبكات التصريف، وأنواع المواسير المستخدمة فيها.

ويتضمن هذا المقرر على بعض الأمثلة والصور والأشكال والجداول التوضيحية، والتي تساعد على فهم الأسس العلمية لمحتوياته. وقد اخذ إخراج هذا المقرر الكثير من الجهد والوقت حتى يظهر بالمستوى المطلوب وحتى يحتوي على مادة علمية تتناسب مع مستويات طلاب الكليات التقنية، راجياً من الله أن يجعل فيه النفع والفائدة.

والله ولي التوفيق، ، ،

شبكات المياه والصرف الصحي

مقدمة في ميكانيكا الموائع والهيدرولوجيا

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

الجدارة:

الإلمام ببعض المبادئ الأساسية في كل من ميكانيكا الموائع والهيدرولوجيا حتى تساعد الطالب في فهم محتويات المقرر المرتبطة بشبكات المياه والصرف الصحي.

الأهداف:

بنهاية هذا الفصل يكون الطالب لديه القدرة على معرفة:

- الخواص الأساسية للمائع.
- الضغوط التي تولدها الموائع.
- حركة المياه وكيفية تطبيق المعادلات اللازمة لذلك.
- الدورة المائية في الكرة الأرضية.
- بعض عناصر الدورة المائية: التساقط، التبخر، التسرب، الجريان السطحي

مستوى الأداء المطلوب:

إتقان الطالب لهذا الفصل بنسبة لا تقل عن ٩٠٪.

الوقت المتوقع لانهاء الفصل:

ست ساعات

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

١ -١ مقدمة Introduction :

يعد كل من علم ميكانيكا الموائع وعلم الهيدرولوجيا (علم المياه) من العلوم التي تحظى باهتمام الكثير من العلماء والباحثين نظراً لما لهذين العلمين من أهمية بالغة في حياة الإنسان وتقدمه الحضاري. كما أنهما من الركائز التي قامت عليها بعض العلوم الهندسية ومنها المدنية والميكانيكية والكيمائية وارتبطت بعلوم أساسية أخرى مثل الجيولوجيا والفيزياء والأرصاد الجوية. وتعتمد بعض مشاريع التشييد على دراسة ميكانيكا الموائع وعلم المياه كما هو الحال في مشاريع شبكات المياه والسيول والصرف الصحي، ومشاريع السدود والقنوات المائية ومحطات التحلية.

إن الموائع أو المياه بطبيعتها لها خواصها تميزها عن غيرها من المواد الصلبة والغازية، ومن أبرز هذه الخواص:

- قدرتها على الانسياب
- قدرتها على التشكل بحسب الأوعية التي تشغلها
- قابليتها على الإنضغاط وتأثرها بأي قوة قص
- احتوائها على أسطح حرة

٢ -١ وحدات النظام العالمي SI Units :

من المناسب أن تستخدم وحدات النظام العالمي لوصف حالة الموائع بصفة عامة والمياه بصفة خاصة، وفي هذا المقرر يمكن استعمال الوحدات الأساسية التالية:

الكتلة: كيلو جرام (kg) الطول: متر(m) الزمن: ثانية(s)

ومن خلال هذه الوحدات يمكن استنتاج باقي الوحدات ومنها:

القوة: نيوتن (N) الحجم: (m^3) المساحة: (m^2)

الجاذبية: (m/s^2) السرعة: (m/s) التدفق: (m^3/s)

الضغط: (N/m^2) وتسمى باسكال (Pa) الشغل: (N.m) وتسمى الجول (J)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

١- ٣ ميكانيكا الموائع Fluid Mechanics:

١- ٣- ١ كثافة المائع Fluid Density:

تعرف كثافة المائع بأنها كتلة وحدة الحجم من هذه المادة وتقاس بالوحدة $[\rho] = kg/m^3$. وتتأثر كثافة أي سائل بدرجة الحرارة، فعلى سبيل المثال تكون كثافة الماء $1000\ kg/m^3$ عند درجة حرارة 4^oC أو $1\ gm/cm^3$.

وبمعرفة كثافة المائع (ρ) يمكن تحديد وحدة وزنه (γ) وذلك وفق العلاقة التالية:

$$\gamma = \rho g \qquad (١-\ ١)$$

حيث ($g = 9.81\ m/s^2$) تمثل تسارع الجاذبية الأرضية.

١- ٣- ٢ لزوجة المائع Fluid Viscosity:

تنشأ خاصية اللزوجة من خلال ارتباط جزيئات السائل ببعضها البعض، وتعرف على أنها مقدار مقاومة السائل لمقاومة القص، وتتناقص لزوجة السائل بتزايد درجة الحرارة، وتستنتج من العلاقة التالية:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \qquad (١-\ ٢)$$

حيث:

ν = معامل اللزوجة الكينماتيكية (m^2/s)

μ = معامل اللزوجة $(Pa.s)$

ρ = كثافة السائل (kg/m^3)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٣ -٣- ١ ضغط المائع Fluid Pressure:

يولد السائل ضغطاً موزعاً في جميع الاتجاهات وبحسب المستوى الذي يحيط بذلك بالسائل. وتختلف قوة ضغط السائل باختلاف وضع المستوى، فعندما يأخذ المستوى الوضع الأفقي فإن الضغط يتساوى عند جميع نقاط ذلك المستوى، بينما يزيد ضغط الماء بزيادة العمق عندما يكون المستوى في وضع رأسي، كما يبينها الشكل رقم (١).

ويتم حساب ضغط السائل والمؤثر عمودياً على المستوى أو الجدار باستخدام العلاقة:

$$p = \frac{F}{A} \qquad (٣ -١)$$

حيث:

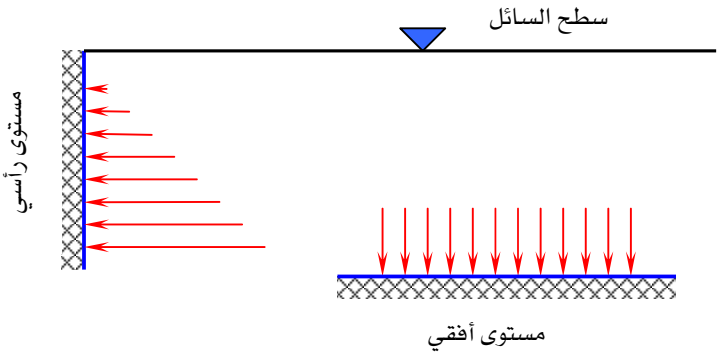
p = ضغط السائل (N/m^2)

F = القوة الموحدة للضغط (N)

A = المساحة العمودية المعرضة للضغط (m^2)

بمعرفة كثافة السائل (ρ) يمكن تحديد الضغط الذي يولده عند عمق معين (h) عن طريق العلاقة التالية:

$$p = \rho g h = \gamma h \qquad (٤ -١)$$



شكل رقم (١ -١): ضغط المائع على المستويين الأفقي والرأسي

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

ويتضح من هذه العلاقة أن ضغط المائع يزيد بازدياد العمق من سطح ذلك المائع. ويمكن تمثيل ضغط السائل بوحدة البارومتر bar والتي تمثل الضغط النسبي ($\bar{p}$) يحسب طالما الكثافة ثابتة من الصيغة:

$$\bar{p} = \frac{p}{10^5} \qquad (١- ٥)$$

وهذا يعني أن 1.0 kPa من ضغط الماء يكافئ ضغط نسبي مقداره 0.102 m.

مثال (١ -١):

خزان أرضي ارتفاع الماء فيه 3 m ، احسب الضغط المائي بوحدة kPa في أسفل الخزان.

الحل:

حيث أن كثافة الماء $1000\ kg/m^3$، وبتطبيق المعادلة (٣ -١)، فإن ضغط الماء أسفل الخزان:

$$\begin{aligned} p &= \rho g h \\ &= 1000 \frac{kg}{m^3} \times 9.81 \frac{m}{s^2} \times 3 m \\ &= 29430 \frac{kg}{m.s^2} = 29430 \frac{N}{m^2} = 29.43 \frac{kN}{m^2} = 29.43\ kPa \end{aligned}$$

٤ -٣ -١ حركة المائع Fluid motion:

تعد حركة الموائع ذات صبغة معقدة نتيجة ارتباط حركة تدفقها بعدة عوامل، فقد يكون التدفق انسيابي بحيث تتحرك جزيئات السائل بشكل خطي وقد يكون مضطرب تتحرك جزيئاته بشكل غير منتظم. كما يمكن أن يكون التدفق منتظم لم تتغير قيمة واتجاه سرعته من نقطة لأخرى خلال لحظة من الزمن أو غير منتظم، وكذلك دوراني حول محور التدفق أو غير دوراني، أحادي أو ثنائي أو ثلاثي الأبعاد، ثابت أو متغير مع الزمن.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

معادلة الاستمرار Continuity Equation:

يرجع أساس معادلة الاستمرار إلى مبدأ احتفاظ السائل بكتلته، أي أن هذه الكتلة تظل ثابتة في مقاطع تدفق السائل وفي وحدة الزمن المتحركة. فعندما يتدفق السائل خلال أنبوب كما يبينه الشكل رقم (٢)، فإن معدل التدفق عند المقطع (١) يكون مساوياً لمعدل التدفق عند المقطع (٢)، أي أن:

$$\rho_1 V_1 A_1 = \rho_2 V_2 A_2 \qquad (١- ٦)$$

حيث: ρ_1 = كثافة السائل عند المقطع (١)

ρ_2 = كثافة السائل عند المقطع (٢)

V_1 = سرعة تدفق السائل عند المقطع (١)

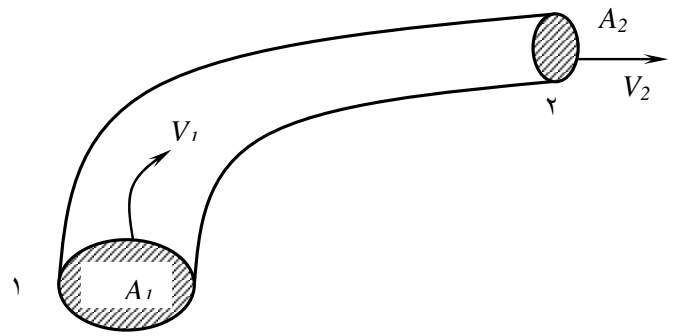
V_2 = سرعة تدفق السائل عند المقطع (٢)

A_1 = مساحة المقطع (١)

A_2 = مساحة المقطع (٢)

أما كمية تدفق السائل (Q) فتحسب من العلاقة التي تربط مساحة المقطع (A) مع معدل سرعة السائل (V):

$$Q = VA \qquad (١- ٧)$$



شكل رقم (٢ -١): تدفق لسائل منتظم الاستمرار خلال أنبوب

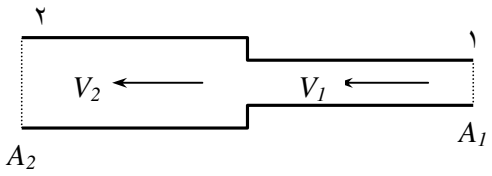
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

وفي حالة الموائع الغير منضغطة تكون كثافة المائع متساوية عند المقطعين، أي أن $\rho_1 = \rho_2$ ، وبذلك تصبح معادلة الاستمرار:

$$Q = V_1 A_1 = V_2 A_2 \qquad (١- ٨)$$

مثال (٢ -١):

أنبوبتان متصلتان ببعضهما كما في الشكل رقم (٣ -١)، ويتدفق خلالهما الماء بسرعة 4.0 m/s عند المقطع (١) و 0.25 m/s عند المقطع (٢). فإذا كان قطر المقطع (1) هو 3.0 mm، فكم يكون قطر الأنبوب عند المقطع (٢)؟



شكل رقم (٣ -١): رسم توضيحي للمثال رقم (٢ -١)

الحل:

معطى: $V_1 = 4.0\ m/s$ $\qquad V_2 = 0.25\ m/s$

يتم حساب مساحة المقطع (1):

$$A_1 = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times \left(\frac{3}{1000}\right)^2}{4} = 7.07 \times 10^{-6}\ m^2$$

وبتطبيق معادلة الاستمرار يتم حساب مساحة المقطع (٢) كما يلي:

$$V_1 A_1 = V_2 A_2$$
$$4.0 \times 7.07 \times 10^{-6} = 0.25 \times A_2$$
$$A_2 = 1.1312 \times 10^{-4}\ m^2$$

وبمعرفة مساحة المقطع يمكن تحديد قطر الأنبوب عند المقطع (٢):

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

$$A_2 = \frac{\pi D_2^2}{4}$$

$$1.1312\times10^{-4} = \frac{\pi D_2^2}{4}$$

$$D = 0.012\ m = 12.0\ mm$$

مثال (٣ -١):

أنبوبة قطرها 150 mm يتدفق من خلالها الماء بمقدار 0.12 m^3/s ، أوجد سرعة تدفق الماء بهذا بالأنبوب.

الحل:

معطى:

$$D = 150\ mm \qquad Q = 0.12\ m^3/s$$

مساحة مقطع الأنبوب:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi\times150^2}{4} = 17.671\times10^3\ mm^2 = 17.671\times10^{-3}\ m^2$$

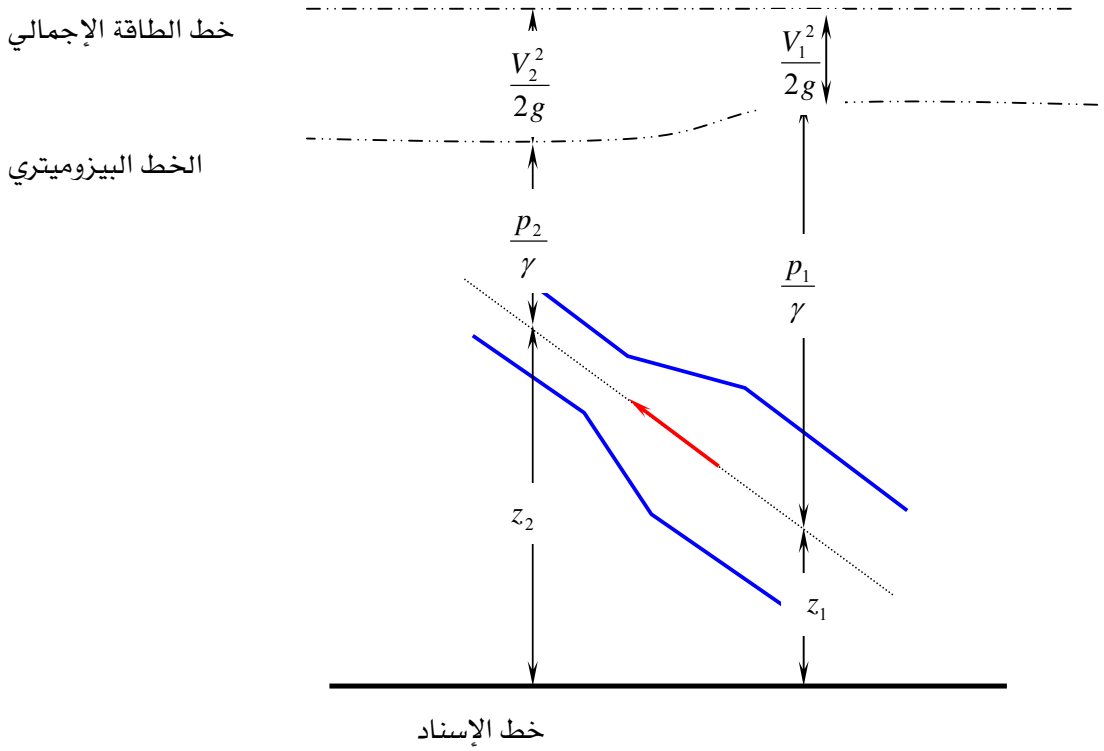
سرعة تدفق الماء بالأنبوب:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.12}{17.671\times10^{-3}} = 6.80\ m/s$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

معادلة برنولي Bernoulli Equation:

يعود أساس هذه المعادلة إلى مبدأ احتفاظ سريان الماء بالطاقة، أي أنه في حالة سريان السائل في الأنبوب فإن الطاقة لا تتغير، بمعنى أنها عند المقطع (١) تكون مساوية عند المقطع (٢) كما يوضحها الشكل رقم(٤ -١).



شكل رقم (٤ -١): رسم توضيحي لمعادلة برنولي

رياضياً، فإن معادلة برنولي تأخذ الصيغة التالية:

$$\frac{p_1}{\gamma}+\frac{V_1^2}{2g}+z_1=\frac{p_2}{\gamma}+\frac{V_2^2}{2g}+z_2 \qquad (٤-١)$$

حيث:

p_1 = ضغط السائل عند المقطع (١)
p_2 = ضغط السائل عند المقطع (٢)
V_1 = سرعة تدفق السائل عند المقطع (١)
V_2 = سرعة تدفق السائل عند المقطع (٢)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

z_1 = منسوب المقطع (١) من مرجع الإسناد z_2 = منسوب المقطع (٢) من مرجع الإسناد

γ = وحدة وزن السائل g = تسارع الجاذبية الأرضية

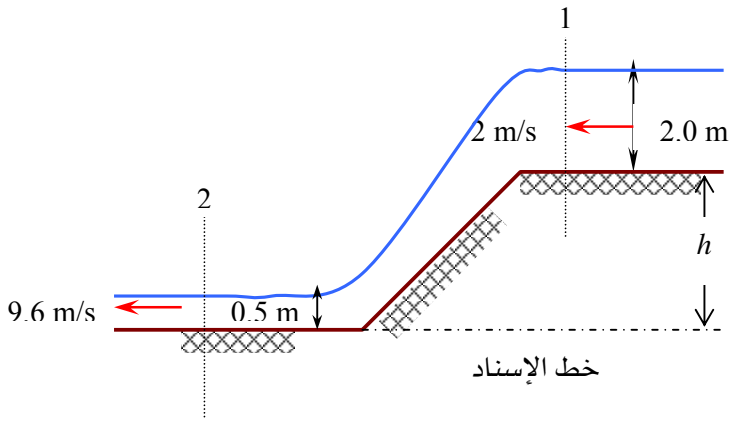
يحتوي طرفي معادلة برنولي على ثلاثة أجزاء تشكل في مجملها طاقة المائع بوحدة المتر وتحتوي على:

- طاقة ضغط السائل: $\frac{p}{\gamma}$
- طاقة حركة السائل: $\frac{V^2}{2g}$
- طاقة وضع السائل: z

وتعتمد معادلة بنولي على خط الطاقة الكلية وهو تعبير بياني يمكن رسمه بوحدات المتر ويوضح إجمالي طاقة المائع عند كل مقطع، وينحدر هذا الخط باتجاه سريان المائع. كما تعتمد المعادلة على الخط البيزوميتري أو خط الضغط الهيدروليكي والذي يقع تحت خط الطاقة الكلية ويكون موازياً له حتى تتغير مساحة المقطع.

مثال (٤ -١):

قناة مفتوحة تتدفق من خلالها المياه على مستويين، كما يبينها الشكل (٥ -١)، ومعطى سرعة وارتفاع المياه عند المقطعين (١) و (٢). فإذا كانت سرعة المياه منتظمة و الضغط الهيدروليكي محدد على سطح الماء عن المقطعين، فما مقدار العمق h ؟



شكل (٥ -١): رسم توضيحي للمثال (٤ -١)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

الحل

حيث إن الضغط الهيدروليكي محدد على سطح الماء عن المقطعين، فإن:

$$p_1 = p_2 = 0$$

بتطبيق معادلة برنولي:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2$$

حيث:

$$p_1 = 0 \qquad p_2 = 0$$
$$V_1 = 2\ m/s \qquad V_2 = 8\ m/s$$
$$z_1 = h + 2 \qquad z_2 = 0.5$$

وبالتعويض المباشر في المعادلة يتم حساب العمق h كما يلي:

$$0 + \frac{(2)^2}{2g} + (h+2) = 0 + \frac{(9.6)^2}{2g} + 0.5$$

$$h = 3.0\ m$$

١-٤ الهيدرولوجيا Hydrology:

١-٤-١ الدورة الهيدرولوجية Hydrologic Cycle:

يهتم علم الهيدرولوجيا بدورة المياه على الكرة الأرضية سواء كانت هذه المياه في باطنها أو على سطحها أو بالغلاف الجوي من حيث توزيعها وخواصها الكيميائية والفيزيائية وتفاعلها مع مكونات البيئة وعلاقته بالحياة.

يغطي الماء ما يقارب ثلاثة أرباع الكرة الأرضية ويمر بحركة طبيعية مستمرة كما يوضحها الشكل (٦-١)، فدورة الهيدرولوجيا أو الدورة المائية تتكون من سلسلة من الأحداث التي تصف مسارات الماء من الغلاف الجوي إلى الأرض ومن الأرض إلى الغلاف الجوي. وتتمثل الدورة المائية في العناصر الرئيسة التالية:

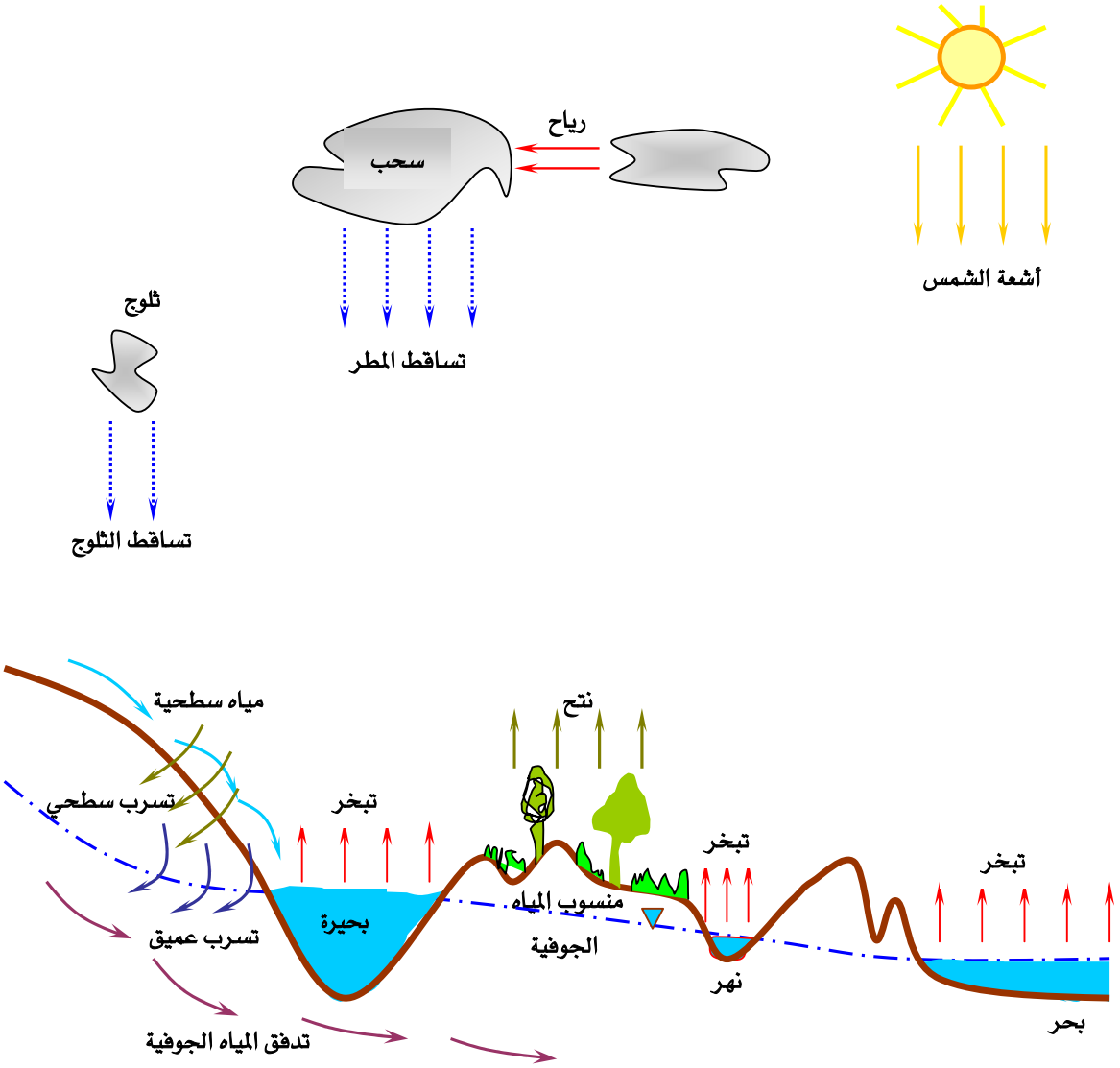
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

التبخر	النتح
التساقط	الجريان السطحي
التسرب السطحي	التسرب العميق
التدفق السطحي	التدفق العميق

تعمل الدورة المائية في مجملها على حفظ التوازن المائي في الكرة الأرضية. ويمكن التعبير عن التوازن المائي لمساحة معينة من العلاقة:

$$I - O = \Delta S \qquad (١- ٩)$$

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM



الشكل (٦ -١): الدورة الهيدرولوجية للماء

حيث (I) يمثل كمية المياه الداخلة للمساحة، و (O) يمثل كمية المياه الخارجة، بينما يمثل(ΔS) المخزون المائي لتلك المساحة.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٢ -٤ -١ توزيع مياه الكرة الأرضية Global Water Distribution:

تتواجد المياه في الكرة الأرضية بكميات هائلة من الصعب حصرها، ولكن التقديرات التقريبية تشير بأن إجمالي كمية المياه قد تصل لحوالي $1.36\times10^{18}\ m^3$. وتشكل المياه المالحة الجزء الأكبر بينما لا تشكل المياه العذبة إلا الجزء القليل جداً. ويوضح الجدول (١ -١) توزيع مياه الكرة الأرضية والنسب التقريبية للتوزيع.

الجدول (١ -١): توزيع مياه الكرة الأرضية التقريبي

موقع المياه	الكمية ($10^3\ km^3$)	النسب التقريبية (٪)
أنهار	١,٢٥	٠,٦٢
بحيرات مياه عذبة	١٢٥	
المياه الجوفية	٨٢٥٠	
المحتوى المائي في التربة	٦٥	
بحيرات مالحة وجزر البحار	١٠٥	٠,٠٠٨
الغلاف الجوي	١٣	٠,٠٠١
قطبي الكرة والأنهار الجليدية	٢٩٢٠٠	٢,١٠
بحار ومحيطات	١٣٢٠٠٠٠	٩٧,٢٥
المجموع	**١٣٦٠٠٠٠**	**١٠٠**

ولا شك أن المياه العذبة لها الأهمية الكبرى في حياة الإنسان، إلا أنها لا تشكل إلا ما نسبته حوالي ٠,٦٢٪ من مياه الكرة الأرضية، ونصف هذه النسبة لا يتم الحصول عليها بسهولة لكونها تقع على عمق يزيد عن 800 m من سطح الأرض.

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

٣ -٤ -١ التساقط Precipitation:

يحدث التساقط نتيجة تكثف الهواء المشبع ببخار الماء وتتكون قطراته حتى تصبح ثقيلة وتبدأ في السقوط ويقاس بوحدة الطول الذي يمثل عمق الماء المتساقط على مساحة معينة، ويعبر عن ذلك بالمليمتر mm أو البوصة in . ويأخذ التساقط صور عدة أهمها:

١) المطر: حيث تزيد قطر حبيباته عن 0.5 mm ، ويأخذ ثلاث درجات حسب غزارة أو شدة المطر وهي:

- مطر غزير: حيث تزيد شدة سقوطه عن حوالي 7.6 mm/hr
- مطر متوسط: حيث تتراوح غزارته بين 2.5 mm/hr و 7.6 mm/hr
- مطر خفيف: حيث تقل شدة سقوطه عن حوالي 2.5 mm/hr

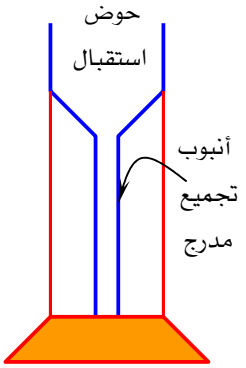
٢) الرذاذ: وهو تساقط خفيف ومتجانس لقطرات تقل أبعاد أقطارها عن 0.5 mm وتقل شدة سقوطها عن 1 mm/hr .

٣) الثلج: ويكون على شكل كرات مائية هشة، وقد يكون ثلج بردي في صورة كرات مائية متجمدة.

٤) البرَد: ويأخذ شكل الكرات المائية المتجمدة التي تزيد أقطارها عن 5 mm .

يقاس التساقط بعدة طرق يذكر منها على سبيل المثال:

١) مقياس المطر: وهو جهاز يحتوي على حوض تجميع مرتبط بأنبوب مدرج كما يوضحه الشكل رقم (٧ -١). ويكون مقدار المطر المتساقط مساوياً لحجم الماء المتجمع في الأنبوب مقسوماً على مساحة مقطع الأنبوب.



شكل (٧ -١): جهاز قياس المطر

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

٢) الطريقة الأتوماتيكية: حيث يرتبط جهاز قياس المطر مع راسمة لرصد تساقط المطر بيانياً على مدار الساعة.

إن حساب معدل تساقط الأمطار على منطقة معينة يتم بعدة طرق من أبسطها:

١) طريقة المتوسط الحسابي: بحيث يتم حساب متوسط سقوط المطر في محطات الرصد المتوفرة بالمنطقة، وتتمثل بالصيغة التالية:

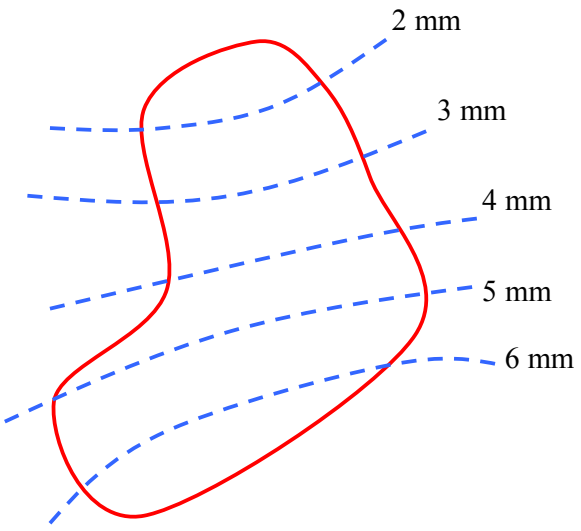
$$\overline{P} = \sum_{i}^{N} \frac{P_i}{N} \qquad (١٠ - ١)$$

حيث: $\overline{P}$ = متوسط سقوط المطر

P = قياس كمية المطر على محطة الرصد

N = عدد محطات الرصد

٢) طريقة خطوط تساوي المطر: حيث ترسم الخطوط الكنتورية لتساوي سقوط المطر كما في الشكل (٨ -١)، ويحسب معدل التساقط بجمع حاصل ضرب متوسط الأمطار بين كل خطين متجاورين بالمساحة الواقعة بين هذين الخطين ومقسومة على المساحة الكلية للمنطقة، كما تبينها المعادلة:



شكل (٨ -١): مثال على خطوط التساوي المطرية

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

$$\overline{P} = \frac{\sum_{i}^{N} P_i A_i}{\sum_{i}^{N} A_i} \qquad (١١ - ١)$$

حيث A تمثل المساحة بين خطي تساوي المطر.

٤ -٤ -١ التبخر Evaporation:

تكمن عملية التبخر في تحول جزيئات الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية. ويحدث التبخر في الدورة المائية للكرة الأرضية من أسطح الماء المكشوفة مثل المحيطات والبحار والأنهار. وتتأثر عملية التبخر بعوامل رئيسة هي:

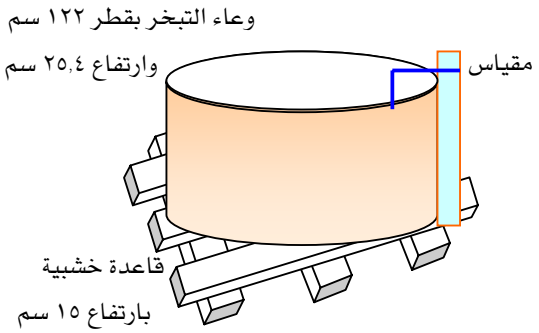
١) الظواهر المناخية مثل: درجة الحرارة والإشعاع الشمسي والرياح والرطوبة الجوية.

٢) طبيعة الأسطح: مثل سطح الماء الحر، وسطح الأرض المشبعة بالماء، والأسطح الجليدية.

٣) نوعية الماء المتبخر: مثل احتواءه على نسبة من الأملاح الذائبة والمواد الصلبة.

ويمكن حساب الفاقد من التبخر بشكل سنوي، فعلى سبيل المثال: يصل فاقد التبخر في مدينة الرياض إلى 2900 mm/year لكونها مدينة ذات مناخ صحراوي.

ويقاس فاقد التبخر لمنطقة معينة بطرق ميدانية وأخرى حسابية. ومن أكثر الطرق التجريبية استخداماً طريقة وعاء التبخر (class A pan) الموضح في الشكل (٨ -١) والذي أقترحه مكتب الأرصاد الأمريكي. وتحسب كمية التبخر بقياس من عمق الماء في الوعاء. ونظراً لاختلاف الظروف المناخية بين التبخر من الوعاء والتبخر من المسطحات المائية، فإن ذلك يحتاج إلى التصحيح بمعامل يتراوح بين ٠,٦ و٠,٨.



الشكل (٨ -١): وعاء التبخر

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

أما قياس التبخر باستخدام المعادلات التجريبية فتستخدم في وجود المسطحات المائية الكبيرة والتي من المناسب أن يطبق عليها قوانين: توازن الطاقة، التوازن المائي، انتقال الكتلة. فعندما تكون درجة حرارة سطح الماء مساوية تقريباً لدرجة حرارة الهواء، فإنه يمكن تطبيق المعادلة التجريبية التالية لقياس مقدار التبخر.

$$E_a = 0.35(e_s - e)(0.5 + 0.54u_2) \qquad (١٢-١)$$

حيث: E_a = مقدار التبخر بوحدة (mm/day)

e_s = ضغط بخار الماء المتشبع عند سطح الماء

e = ضغط بخار الماء في الجو

u_2 = سرعة الرياح عند ارتفاع 2 m بالوحدة (m/s)

مثال (٥ -١):

احسب فاقد التبخر اليومي من بحيرة ضغط بخار الماء المشبع عند سطحها وضغط بخار الماء في الجو ١٤,٤ و ٥,٨ مم زئبق على التوالي، وسرعة الرياح 18 km/hr .

الحل

سرعة الرياح:

$$u_2 = 18\ km/hr = \frac{18 \times 1000}{60 \times 60} = 5\ m/s$$

فاقد التبخر اليومي:

$$\begin{aligned} E_a &= 0.35(e_s - e)(0.5 + 0.54u_2) \\ &= 0.35(14.4 - 5.8)(0.5 + 0.54 \times 5) \\ &= 9.63\ mm/day \end{aligned}$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٥ -٤ -١ التسرب Infiltration:

يقصد بالتسرب بأنه السريان الرأسي للماء من سطح التربة إلى الطبقات التحتية، ويعبر عن ذلك بمعدل التسرب الذي يبين السرعة التي يتحرك بها الماء من سطح الأرض إلى طبقات التربة، ويقاس بعمق الماء المتسرب في وحدة زمنية.

ويعتمد معدل التسرب على عوامل أبرزها:

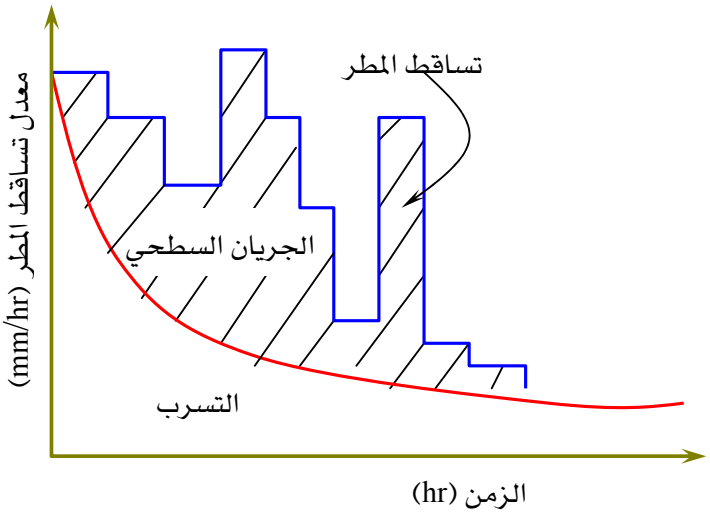
١) الخواص الفيزيائية للتربة من حيث نفاذيتها وحجم حبيباتها ونسبة المحتوى المائي بها.

٢) الغطاء النباتي على سطح الأرض.

٣) الميول الأرضية.

٤) اختلاف فصول السنة.

ويقاس معدل التسرب بأجهزة خاصة تتناسب مع الماء والتربة، إلا أن تحليل المنحنيات المائية أو ما يسمى بالهيدروجراف hydrograph هي الأكثر استخداماً لقربها من الظروف الحقيقة. وتحتوي المنحنيات المائية على بيانات عن تساقط المطر وما ينتج عنه من جريان سطحي وتسرب للمياه، ويوضح الشكل (٩ -١) نموذج لتلك المنحنيات.



الشكل (٩ -١): نموذج لمنحنى مائي

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٦ -٤ -١ الجريان السطحي Surface Runoff:

عندما يسقط المطر على منطقة معينة فإن جزءً منه يجري على سطح الأرض نتيجة تشبع التربة وعدم قدرتها على امتصاص المياه. ويبدأ الجريان السطحي من فترة سقوط المطر وحتى يصب في المجرى المائي أو أنابيب التصريف، كما هو مبين في الشكل (١٠ -١).

وبمعرفة مساحة مقطع المجرى ومتوسط سرعة المياه فيه، يمكن تحديد كمية المياه المتدفقة خلاله في وحدة الزمن وذلك وفق المعادلة التالية:

$$Q = VA \qquad (١٣ -١)$$

حيث:

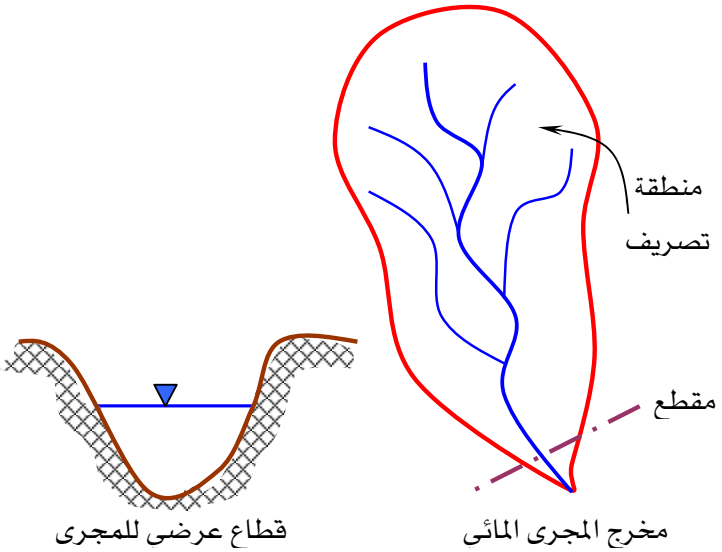
Q = تدفق المياه في المجرى المائي

A = مساحة مقطع المجرى

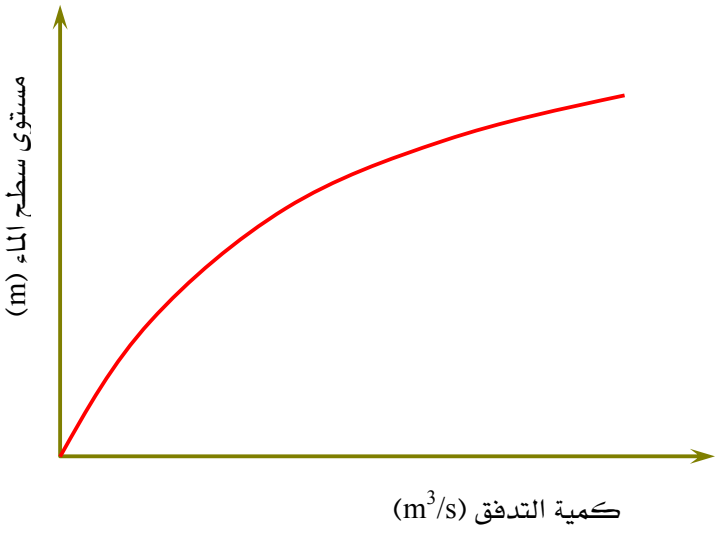
V = متوسط سرعة الماء

وبرصد جريان الماء خلال ذلك المقطع على مدار العام وبكميات تدفق مختلفة حسب تساقط الأمطار، يستنتج منحنى معايرة للمجرى المائي يربط كمية المياه المتدفقة بمستوى سطح الماء في المجرى كما يوضح ذلك الشكل (١١ -١). حيث تؤخذ عدد من القياسات لكمية المياه المتدفقة والمنسوب المقابل لسطح الماء في المجرى المائي لرسم منحنى المعايرة الذي يصف حالة المجرى.

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM



الشكل (١٠ -١): منطقة تصريف بمجرى مائي



الشكل (١١ -١): منحنى معايرة لمجرى مائي

شبكات المياه والصرف الصحي

شبكات التغذية

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

الجدارة:

يتعرف الطالب في هذا الفصل على المصادر المختلفة للمياه والعوامل المؤثر في معدلات الاستهلاك المختلفة للمياه، وأساسيات التصميم الهندسي لمشروعات الإمداد بمياه التغذية.

الأهداف:

عند الانتهاء من هذا الفصل يكون الطالب قادراً على:

١. معرفة مصادر المياه المختلفة.
٢. حساب التعداد السكاني الحالي والمستقبلي للمنطقة.
٣. حساب معدلات الاستهلاك الحالية والمستقبلية للمياه.
٤. تحديد الطرق المناسبة لتجميع وتوزيع المياه.
٥. تصميم شبكات توزيع مياه التغذية.

مستوى الأداء المطلوب: إتقان الطالب لهذا الفصل بنسبة لا تقل عن ٩٠٪

الوقت المتوقع لإنهاء هذا الفصل: ٨ ساعات

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

١,٢ مقدمة Introduction

لقد ساهمت النظم الهندسية للتغذية والمياه إلى حدٍ كبير في تطوير المدن والمجتمعات، فالمياه لها ارتباط أساسي بتطور الطبيعة والحياة، وبدون مياه نقية لا يستطيع الإنسان العيش. وبالرغم من ذلك فإن النمو السكاني المستمر والتقدم الصناعي جعل عملية الإمداد بالمياه الصالحة للشرب صعبة. فمصادر المياه العذبة شبه ثابتة في حين معدل استهلاك هذه المياه يتزايد بصفة مستمرة وغالبية الدول تعتمد على المياه الجوفية التي عادة ما تكون غير كافية للطلبات المتزايد للمياه.

يتناول هذا الفصل دراسة عن المصادر المختلفة للمياه وعن العوامل التي تؤثر في معدلات الاستهلاك المختلفة للمياه وكذلك أساسيات التصميم الهندسي لمشروعات الإمداد بمياه التغذية.

2.2 مصادر المياه Water Resources

١,٢,٢ مياه الأمطار Rainfall

تعد مياه الأمطار والثلوج المصدر الرئيسي لكل الموارد المائية العذبة، وتختلف معدلاتها من فصل لآخر ومن منطقة لأخرى. ويمكن استعمال هذه المياه بطريقة صحية بعد تنقيتها من الأتربة والمعلقات ومعالجتها. ويحتاج الاستعمال المباشر لهذه المياه إلى سدود وأحواض لاستقبالها وتخزينها بطريقة ملائمة تحافظ عليها من التدفق ومن مصادر التلوث. وتتم دراسة معدلات سقوط مياه الأمطار على مدار السنة لكل منطقة ودراسة تكاليف تجميعها ومعالجتها ومقارنة ذلك بتكاليف الإمدادات من مصادر أخرى.

2.2.2 المياه السطحية Surface Water

تكون المياه السطحية في العادة قريبة من المناطق السكنية وتشمل مياه الأنهار والبحيرات ذات المصادر الوافرة. وتجب الإشارة أن المياه السطحية وفروعها تحتاج إلى متابعة دورية لتنقيتها من الرواسب والمواد العالقة والكائنات الحية حتى تكون صالحة للاستعمالات المختلفة إلى سطح الأرض.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٣,٢,٢ المياه الجوفية Groundwater

وهي المياه التي توجد تحت سطح الأرض على أعماق مختلفة حسب طبيعة المنطقة. وتعد هذه المياه من أهم المصادر من حيث الكمية مقارنة بالمياه السطحية. وتحتاج المياه الجوفية إلى دراسة وتحليل كامل قبل استعملها من حيث صلاحيتها والتكاليف اللازمة لرفعها.

٣,٢ الدراسات الأولية لمشروعات الإمداد بالمياه Primary Studies of Water Supply Projects

تتطلب دراسة مشروعات الإمداد بالمياه وتصميم الشبكات الخاصة بها إلى معرفة دقيقة بكمية المياه التي تحتاجها المدينة أو المنطقة التي سينشأ فيها المشروع وإلى تحديد مصادر المياه المختلفة المحاطة بالمنطقة ، وعند الدراسة يجب الأخذ في الاعتبار الفترة الزمنية التي سيخدمها المشروع بحيث يكون التصميم مناسبا للاحتياجات الحالية للمنطقة وفي نفس الوقت مناسب للتغيرات المستقبلية المنتظرة. وتشمل هذه الدراسة:

١. حساب التعداد السكاني الحالي والمستقبلي للمنطقة التي سينشأ فيها المشروع.
٢. معرفة الخطة التطويرية الحالية والمستقبلية للمنطقة.
٣. تحديد الأغراض المختلفة لاستهلاك المياه.
٤. معرفة مصادر المياه المختلفة في المنطقة واختيار المناسب منها.
٥. تحديد الطرق المناسبة لتجميع وتوزيع المياه.
٦. حساب معدلات استهلاك المياه الحالية والمستقبلية للمنطقة.

٤,٢ التعداد السكاني Forecasting population

قبل البدء في تصميم أي شبكة من شبكات المياه يجب تحديد الفترة الزمنية التي ستخدمها هذه الشبكة، ويتوقف ذلك بشكل رئيسي على معرفة التعداد السكاني الحالي للمنطقة ومعرفة معدل الزيادة السكانية خلال الفترة الزمنية للمشروع وعلاقة ذلك بزيادة معدلات الاستهلاك للمياه وعادة ما تتم عملية الإحصاء الشامل للسكان مرة في كل عشرة سنوات لأن ذلك يتطلب إعداد وتنظيم ودراسة ليس من السهل القيام بها باستمرار، ويمكن تقدير الزيادة في السكان بالاستعانة بالبيانات الخاصة

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

بالتعدادات الماضية للمنطقة وتحليلها واستنتاج نسبة النمو التي غالبا ما تكون ثابتة كما هو مبين في الجدول (١,٢).

جدول (١,٢): مثال لتعداد سكاني لإحدى المدن

السنوات الميلادية	التعداد	الزيادة	نسبة الزيادة (٪)
١٩٦٠	٢٠١٠٠٠	-	-
١٩٧٠	٢١٢٠٠٠	١١٠٠٠	٥,٤٧
١٩٨٠	٢٢٤٠٠٠	١٢٠٠٠	٥,٣٦
١٩٩٠	٢٣٤٠٠٠	١٠٠٠٠	٤,٤٦
٢٠٠٠	٢٤٧٠٠٠	١٣٠٠٠	٥,٥٥

وهناك طرق كثيرة لحساب التعداد السكاني من أهمها الطريقة الجبرية والطريقة الهندسية وطريقة المقارنة.

٥,٢ الطريقة الجبرية Arithmetic Method

تعتمد هذه الطريقة علي فرضية أن معدل النمو السكاني ثابت مع الزمن، ويمكن اختبار ذلك بتحليل البيانات الخاصة بالتعدادات السابقة للمنطقة خلال السنوات الماضية، وهذا يؤدى إلى استنتاج العلاقة الرياضية التالية:

$$k = \frac{dP}{dt} \qquad (١,٢)$$

حيث:

$\frac{dP}{dt}$: معدل التغيير في السكان مع الزمن.

k: مقدار ثابت.

وبإجراء عملية التكامل لهذه العلاقة يمكن استنتاج التعداد السكاني المستقبلي كالتالي:

$$P_t = P_o + kt \qquad (٢,٢)$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

حيث:

P_t : التعداد السكاني المستقبلي.

P_o : التعداد السكاني الحالي.

t: الفترة الزمنية الفاصلة بين التعداد الحالي والتعداد المستقبلي.

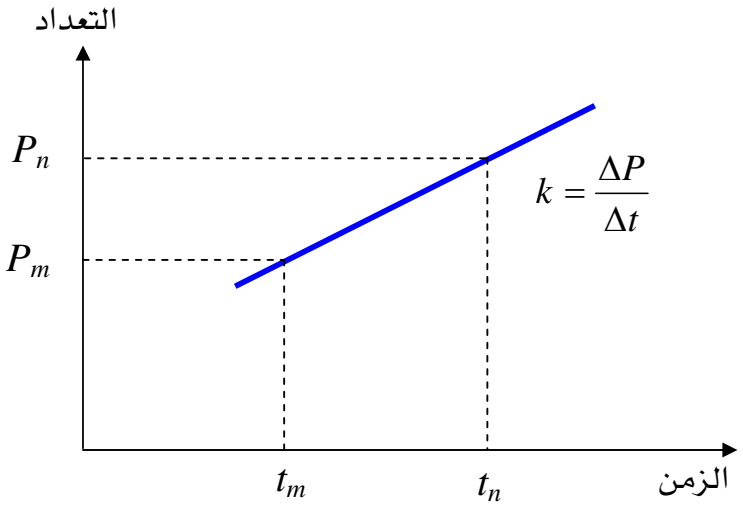
ويمكن استنتاج قيمة k من خلال الرسم البياني للإحصائيات السكانية السابقة بدلالة الزمن كما هو مبين في الشكل (٢,١).

$$k = \frac{P_n - P_m}{t_n - t_m} \qquad (٣,٢)$$

حيث:

P_m: التعداد في الفترة الزمنية t_m.

P_n: التعداد في الفترة الزمنية t_n.



شكل (٢,١): العلاقة بين التعداد السكاني والزمن.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٦,٢ الطريقة الهندسية Geometric Method

وتسمي أيضاً طريقة النسبة الموحدة، وتعتمد على افتراض أن معدل الزيادة يتناسب مع التعداد السكاني، أي أن:

$$\frac{dP}{dt} = k'P \qquad (٤,٢)$$

حيث:

$\frac{dP}{dt}$: معدل الزيادة في السكان مع الزمن.

k' : الثابت الزمني.

P : عدد السكان.

وبإجراء عملية التكامل لهذه العلاقة نستنتج أن:

$$\ln P_t = \ln P_o + k'\Delta t \qquad (٥,٢)$$

حيث:

P_t : التعداد السكاني في المستقبل.

P_o : التعداد السكاني الحالي.

k' : ثابت هندسي.

Δt : الفترة الزمنية الفاصلة بين التعداد الحالي والتعداد المستقبلي.

ويمكن الحصول علي قيمة k' من خلال الرسم البياني النصف لوغاريتمي للزيادة في السكان مع الزمن كما هو موضح في الشكل (٢,٢).

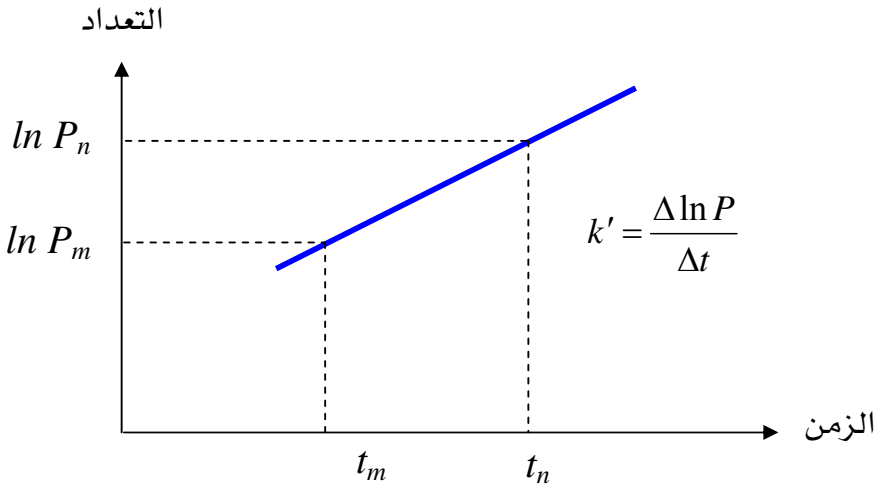
$$k' = \frac{\ln P_n - \ln P_m}{t_n - t_m} \qquad (٦,٢)$$

حيث:

P_m: التعداد في الفترة الزمنية t_m

P_n: التعداد في الفترة الزمنية t_n

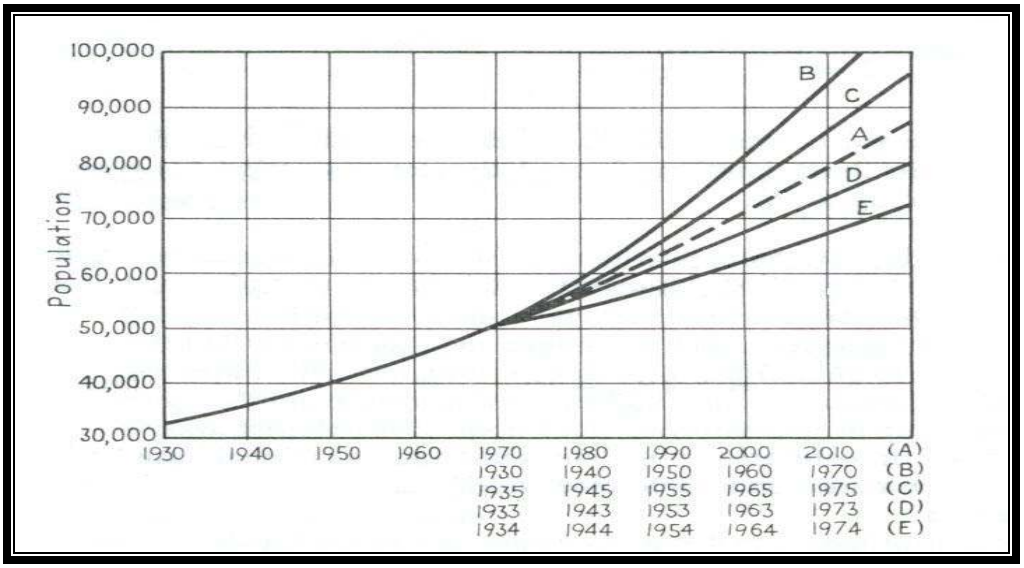
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر



شكل (٢,٢): العلاقة بين التعداد السكاني والزمن.

٧,٢ طريقة المقارنة Comparative Method

تعتمد هذه الطريقة على الرسم البياني للنمو السكاني لمجموعة مدن كبرى تم حصرها خلال سنوات ماضية ومقارنة ذلك بالنمو السكاني لمدينة صغرى تجرى عليها الدراسة، لمعرفة معدل الزيادة السكانية المستقبلية فيها كما هو موضح في الشكل (٣,٢).



شكل (٣,٢): التعداد السكاني لمجموعة مدن

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

ويجب أن تكون هذه المدينة التي قيد الدراسة مشابهة مع تلك المدن من حيث الطبيعة الجغرافية، والمستوى المعيشي، والخطة الصناعية والاقتصادية، ونظام المواصلات وعوامل أخرى مشابهة. والرسم البياني الموضح في الشكل (٣,٢) يبين التعداد السكاني لمدينة (A) تجرى عليها الدراسة بالمقارنة مع مدن متشابهة لها (B)، (C)، (D) و(E). ويلاحظ من خلال هذا المثال أن عدد سكان المدينة (A) في سنة ١٩٧٠ وصل إلى ٥١٠٠٠، وهو تقريبا يساوي عدد سكان المدينة (B) في سنة ١٩٣٠.

٨,٢ الكثافة السكانية Density of Population

تعد الكثافة السكانية من أهم العناصر التي يتوقف عليها التصميم الهندسي لشبكات الإمداد بالمياه و شبكات الصرف الصحي. وتتغير الكثافة السكانية من مدينة لأخرى ومن حي إلى آخر حسب المستوى المعيشي وطبيعة المنطقة ونوعية الوحدات السكانية. وعموما تتراوح قيم الكثافة السكانية كالتالي:

- في حدود ٣٨٠٠ / كم^{٢} في المناطق التي تحتوى على وحدات سكنية منفصلة متباعدة.
- من ٨٨٠٠ إلى ١٠٠٠٠ / كم^{٢} في المناطق التي تحتوى على وحدات سكنية منفصلة ومتقاربة.
- من ٢٥٠٠٠ إلى ٢٥٠٠٠٠ / كم^{٢} في المناطق التي تحتوى على وحدات سكنية مشتركة (عمارات).

٩,٢ الاستهلاكات المختلفة للمياه Consumption for various purposes

تستعمل المياه في جميع الأغراض اليومية للإنسان وكذلك في الصناعة والتجارة. ويمكن تقسيم كميات المياه التي تزود بها المدن حسب غرض استهلاكها إلى الأقسام التالية:

- **الاستهلاك لأغراض شخصية** Domestic: ويشمل كميات المياه التي تزود بها الوحدات السكنية والفنادق والمطاعم بغرض الشراب والطهي والاستحمام والغسيل وأغراض أخرى. وتتفاوت معدلات الاستهلاك هذه من منطقة لأخرى حسب المستوى المعيشي للأفراد وتتراوح بين ٧٥ و ٣٤٠ لتر/شخص/يوم، حيث تزيد معدلات الاستهلاك مع ارتفاع مستوى المعيشة.

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

- **الاستهلاك لأغراض التجارة والصناعة** Commercial and Industrial: يؤثر مستوى الصناعة على معدلات الاستهلاك فيزيد بنسبة كبيرة في المناطق الصناعية حسب نوعية الصناعة ومدى احتياجاتها للمياه وعادة ما يقدر معدل استهلاك المؤسسات الصناعية والتجارية للمياه حسب المساحة الإجمالية التي تحتوي عليها فيحسب باللتر/متر^{٢}/اليوم. وقد يصل هذا الاستهلاك في المدن التي يزيد عدد سكانها عن ٢٥٠٠٠ نسمة إلى ١٥٪ من الاستهلاك الإجمالي للمدينة.
- **استهلاك المياه للخدمات العامة** Public use: تشمل المباني العامة كل من المدارس والمستشفيات ومحطات النقل والمطارات ومباني الخدمات العمومية وأماكن الاجتماعات وكل هذه المباني تستهلك كميات كبيرة من المياه وقد تصل إلى ٧٥ لتر/شخص/يوم.
- **إتلاف وفقدان بكميات المياه** Loss and waste: وهي كميات المياه التي تضيع بسبب التسرب من وصلات المواسير، وبسبب العطل في المضخات وفي العدادات وكذلك بسبب التوصيلات الغير قانونية. وعادة ما تعرف هذه بكمية المياه الغير محصورة.

ويبين الجدول (٢,٢) المعدلات التقريبية للاستعلامات المختلفة للمياه وهذه البيانات مبنية على متوسط الاستهلاك اليومي للشخص. وقد تزيد هذه المعدلات أو تنقص من مدينة إلى أخرى حسب حجم ونوع الصناعة والتجارة التي تحتويها المنطقة، وكذلك حسب المستوى المعيشي للسكان. وعليه يجب دراسة كل مدينة على حدة وبالنظر لهذه العوامل.

جدول (٢,٢): المعدلات التقريبية للاستعلامات المختلفة للمياه

الاستعمال	الاستهلاك (لتر/شخص/يوم)	النسبة (٪)
الاستعمال الخاص	٣٠٠	٤٤
الصناعة	١٦٠	٢٤
التجارة	١٠٠	١٥
الخدمات العامة	٦٠	٩
الإتلاف والفقدان	٥٠	٨
المجموع	٦٧٠	١٠٠

١٠,٢ العوامل المؤثرة في معدلات استهلاك المياه Factors Effecting Water Consumption

تختلف معدلات الاستهلاك اليومية للمياه من منطقة إلى أخرى وذلك حسب العوامل التالية:

١. حجم المدينة.
٢. التقدم الصناعي.
٣. نوعية المياه.
٤. ثمن المياه.
٥. ضغط المياه في الشبكة.
٦. طبيعة الطقس.
٧. التوزيع المستمر للمياه.

١١,٢ التغيرات في معدلات الاستهلاك Variations of Water Consumption

تتغير معدلات استهلاك المياه بحسب فصول السنة وأيام الأسبوع، وتختلف على مدار اليوم الواحد تبعا للأنشطة البشرية. وترتفع هذه المعدلات، في العادة، في أول أيام الأسبوع وتنخفض في آخره، وتختلف من شهر لآخر حسب طبيعة الجو. فعلى سبيل المثال: يكون شهر أغسطس (فترة الصيف) هو شهر الاستهلاك الأقصى وذلك بسبب الارتفاع في درجات الحرارة. وتتغير هذه المعدلات في اليوم الواحد من وقت لآخر فتكون مرتفعة خلال ساعات النهار وتنخفض خلال الليل كما يبين ذلك الشكل (٤,٢).

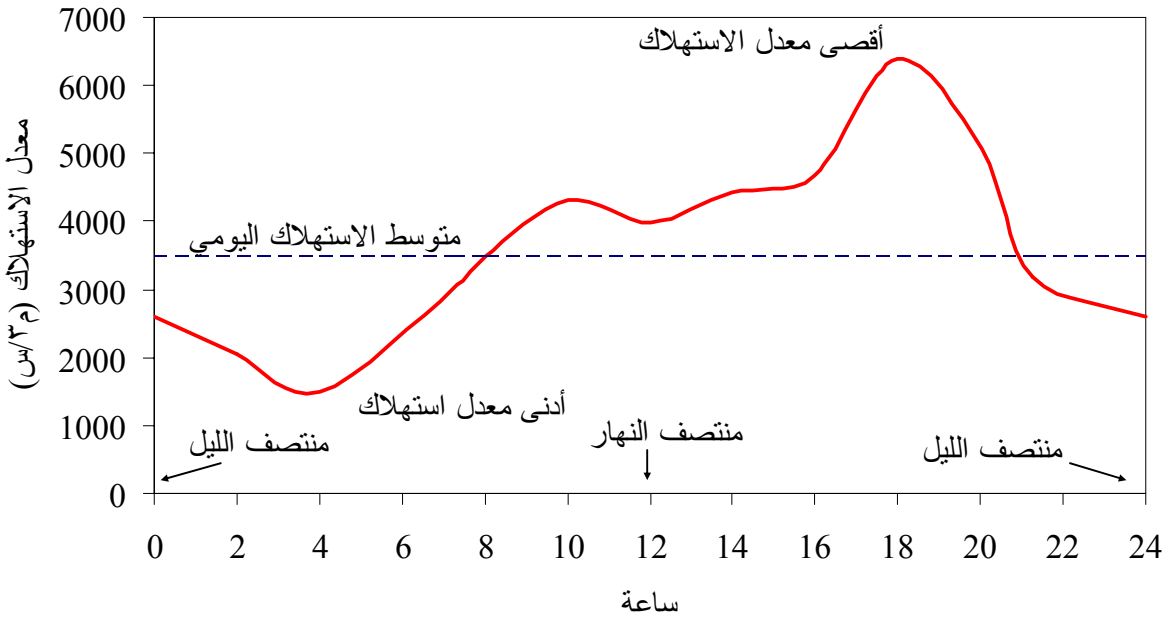
ويجب معرفة معدلات الاستهلاك بدقة للاستعانة بها عند تصميم شبكات الإمداد بالمياه أو توسيعها. ويتم تقدير متوسط استهلاك الفرد على مدار السنة بحساب مجموع الاستهلاك للمدينة في سنة كاملة وتقسيمه على عدد أيام السنة ثم على تعداد سكان المدينة. وتحسب معدلات الاستهلاك القصوى الشهرية والأسبوعية واليومية والساعية كنسبة مئوية لمتوسط الاستهلاك السنوي للفرد الواحد.وعند غياب البيانات المتعلقة بذلك يمكن استخدام العلاقة التالية:

$$P = 180\ t^{-0.10} \qquad (٧,٢)$$

حيث (P) تمثل نسبة متوسط الاستهلاك السنوي، بينما (t) تشير إلى الزمن باليوم.

وعليه تكون معدلات الاستهلاك كالتالي:

- أقصى استهلاك شهري = ١٢٨ ٪ من متوسط الاستهلاك السنوي.
- أقصى استهلاك أسبوعي = ١٤٨ ٪ من متوسط الاستهلاك السنوي.
- أقصى استهلاك يومي = ١٨٠ ٪ من متوسط الاستهلاك السنوي.
- أقصى استهلاك ساعي = ١٥٠ ٪ من متوسط الاستهلاك السنوي لذلك اليوم.



شكل (٤,٢): التغير في معدلات الاستهلاك اليومي.

مثال (١,٢):

احسب أقصى استهلاك ساعي من الماء لمدينة معينة إذا علمت أن متوسط الاستهلاك السنوي فيها ٦٧٠ لتر/شخص/ يوم.

الحل:

أقصى استهلاك ساعي = (٦٧٠) (١,٨) (١,٥) = ١٨٠٠ لتر/شخص/ يوم

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

١٢,٢ استخدام المياه في إطفاء الحريق Fire demand

بالرغم من أن كميات المياه المستخدمة في إطفاء الحرائق قليلة نسبياً إلا أن معدلات استهلاكها تكون مرتفعة وتستخدم طرق عديدة لحساب معدلات المياه اللازمة لإطفاء الحرائق وقد تختلف هذه المعادلات من دولة إلى أخرى حسب المواصفات الخاصة بكل دولة والنظم المستعملة فيها ومن أهم المعادلات المستخدمة في حساب التدفق (flow) اللازم لمقاومة الحريق المعادلة التالية:

$$F = 18\,C\,(A)^{0.5} \qquad (٨,٢)$$

حيث:

F: التدفق اللازم لمقاومة الحريق (لتر/دقيقة/٣,٧٨).

C: معامل يعتمد على نوع المبنى.

A: المساحة الإجمالية لأرضية المبنى (متر^{٢} × ١٠,٧٦).

ويتوقف التدفق اللازم لمقاومة الحرائق على عوامل كثيرة منها التعداد السكاني، طبيعة المنطقة ونوعية الوحدات السكنية ويجب أخذ العناصر التالية في الاعتبار عند حساب التدفق:

- تؤخذ قيم C من ١,٥ كأقصى قيمة بالنسبة للمنشآت الخشبية إلى ٠,٦ كأدنى قيمة بالنسبة للمنشآت التي تقاوم الحرائق.
- أن لا يتعدى التدفق اللازم للحرائق عن ٣٠٢٤٠ لتر/ دقيقة في جميع الحالات وعن ٢٢٦٨٠ لتر/ دقيقة بالنسبة للمباني التي تكون بطابق واحد، وأن لا يقل عن ١٨٩٠ لتر/ دقيقة في جميع الحالات.
- يستخدم الجدول (٣,٢) لحساب التدفق اللازم لإطفاء الحرائق بالنسبة للوحدات السكنية الفردية والزوجية.
- يجب إبقاء التصرف اللازم للحرائق على الأقل لمدة ٤ ساعات كما هو موضح في الجدول (٤,٢) وعموما تتطلب أغلب الوحدات ١٠ ساعات مدة تصرف لازمة.
- كمية الماء القصوى اللازمة = التصرف اللازم للحرائق + الاستهلاك اليومي الأقصى.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

وتستخدم بكرات الإطفاء كإسعاف أولي لمقاومة الحريق داخل المباني، حيث من الممكن إخماد النيران في بدايتها. وتعطي كل بكرة إطفاء معدل تدفق يصل إلى ٠,٩ متر^{٣} / دقيقة، وهذا يكفي لخدمة مساحة أفقية تصل إلى حوالي ٤٠٠ متر مربع.

جدول (٣,٢): التدفق اللازم لإطفاء الحريق للوحدات السكنية الفردية والزوجية.

المسافة بين الوحدات السكانية المجاورة (متر)	التدفق اللازم لإطفاء الحرائق (لتر/ دقيقة)
أكبر من ٣٠,٥	١٨٩٠
٣٠,٥ إلى ٩,٥	٣٧٨٠ -٢٨٣٥
٩,٥ إلى ٣,٤	٥٦٧٠ - ٣٧٨٠
أقل من ٣,٤	٧٥٦٠ - ٥٦٧٠

جدول (٤,٢): المدة الزمنية التي يحتاجها التدفق لإطفاء الحرائق.

التدفق اللازم لإطفاء الحرائق (لتر/ دقيقة)	المدة الزمنية (ساعة)
أقل من ٣٧٨٠	٤
٣٧٨٠ - ٤٧٢٥	٥
٤٧٢٥ - ٥٦٧٠	٦
٥٦٧٠ - ٦٦١٥	٧
٦٦١٥ - ٧٥٦٠	٨
٧٥٦٠ - ٨٥٠٥	٩
أكثر من ٨٥٠٥	١٠

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

احسب التدفق اللازم لإطفاء حريق محتمل على مبنى متكون من ٥ طوابق ومساحة كل طابق تساوى ١٥٠٠ متر^{٢}. علما بأن المبنى موجود في منطقة سكنية تعدادها ٣٠٠٠٠ نسمة ومتوسط استهلاك المياه فيها ٦٧٠ لتر/ شخص/ يوم.

الحل:

- متوسط الاستهلاك الإجمالي = (٣٠٠٠٠) × (٦٧٠) = 20.1×10^6 لتر / يوم
- أقصى استهلاك يومي إجمالي = ١٨٠ ٪ من متوسط الاستهلاك الإجمالي

= $(1.8)\ (20.1 \cdot 10^6)$ = 36.18×10^6 لتر/ يوم

- التدفق اللازم لإطفاء الحرائق المحتملة في المبنى:

$$F = 18\,C\,(A)^{0.5}$$

$$F = [(1000) \cdot (10.76) \cdot (6)]^{0.5} \cdot (3.78)\ (1.8)$$

F = 17.29 لتر/دقيقة

F = ٢٤,٨٩ × 10^6 لتر/يوم

- أقصى معدل استهلاك = 36.18×10^6 + 24.89×10^6 = 61.07×10^6 لتر/شخص/يوم
- التصرف الإجمالي اللازم لذلك اليوم= ٣٦,١٨×10^6 +٢٤,٨٩ × 10^6 × 10/24

= 46.55 × 10^6 لتر/يوم

= 1551 لتر/شخص/يوم

ويمكن استخدام العلاقة التالية لإيجاد كمية الماء اللازمة لإطفاء الحرائق في مدينة لا يتعدى عدد سكانها عن ٢٠٠٠٠٠ نسمة:

$$Q = 231.64\sqrt{P}.\left(1 - 0.01\sqrt{P}\right) \qquad (٩,٢)$$

حيث:

Q: كمية الماء اللازمة (متر^{٣}/ساعة).

P: التعداد السكاني (آلاف).

ويجب إبقاء التصرف على الأقل لمدة ١٠ ساعات كحد أدنى لإطفاء أي حريق.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

مثال (٣,٢):

أوجد كمية الماء اللازمة لإطفاء حريق محتمل في مدينة تعداد سكانها ١٠٠٠٠ نسمة.

الحل:

$$Q = 231.64\sqrt{100}\left(1 - 0.01\sqrt{100}\right) = 2084.76\ m^3/hr$$

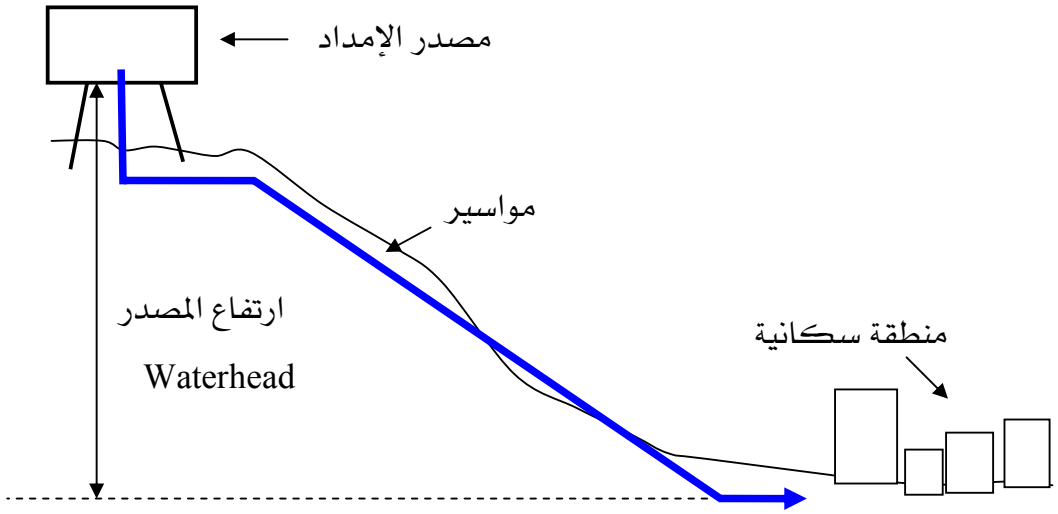
كمية الماء اللازمة لإطفاء الحرائق = (٢٠٨٤,٧٦) . ١٠ = ٢٠٨٤٨ متر^3/ساعة.

١٣,٢ طرق توزيع المياه Methods of Water Distribution

هنالك طرق عديدة لتوزع المياه إلى المدن يتم اختيار المناسب منها حسب طبوغرافية المنطقة والمعطيات والظروف الخاصة بها ومن هذه الطرق :

١,١٣,٢ التوزيع بواسطة الانحدار Gravity distribution

تستخدم هذه الطريقة عندما يكون اتجاه سريان المياه داخل المواسير هو نفس اتجاه ميل الأرض الطبيعية كما هو مبين في الشكل (٥,٢).ويكون مصدر الإمداد بالمياه على ارتفاع مناسب من المدينة (مثال بحيرة أو خزانات اصطناعية) حتى يسمح بإبقاء الضغط داخل الشبكة كافياً لتوزيع المياه بالمعدلات المطلوبة للاستعمالات المنزلية والصناعية ومقاومة الحرائق وتعد هذه الطريقة من أفضل الطرق إذا كانت الأنابيب الرئيسية والفرعية الموصلة للمياه مصممة جيداً لمقاومة الكسور العارضة.

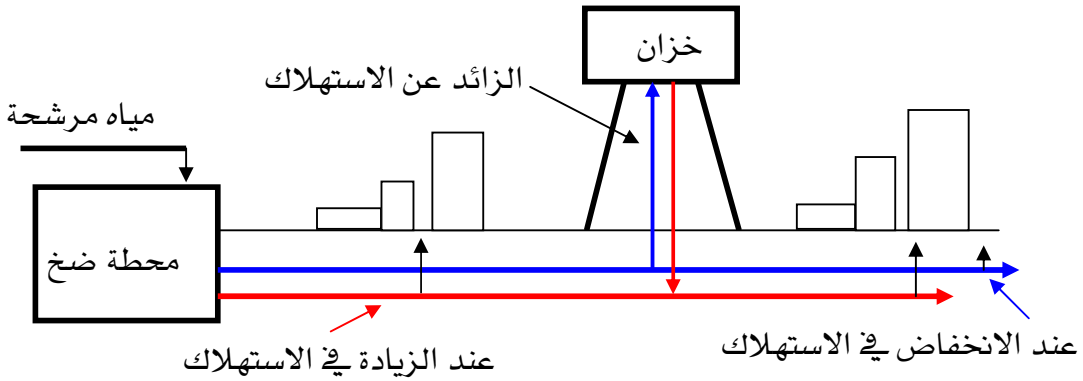


شكل (٥,٢): التوزيع بواسطة الانحدار.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٢,١٣,٢ التوزيع بواسطة الضخ والتخزين Distribution by means of pumping with storage

يتم في هذه الطريقة ضخ كميات المياه الزائدة بمضخات رفع خلال الساعات التي تنخفض فيها معدلات الاستهلاك ثم تخزن في خزانات أو أحواض علوية لكي يستعان بها خلال الفترات التي تزيد فيها معدلات الاستهلاك أو تتوقف فيها المضخات عن العمل وتعد هذه الطريقة اقتصادية حيث تقوم الخزانات بعمل موازنة بين معدلات الضخ ومعدلات استهلاك المدينة من المياه كما هو موضح في الشكل (٦,٢). فحينما يزيد معدل رفع المضخات عن معدل الاستهلاك ترفع الزيادة إلى الخزانات العلوية وحينما يزيد معدل استهلاك المدينة عن معدل الضخ يتم سحب الفرق بين المعدلين من الخزانات العلوية.

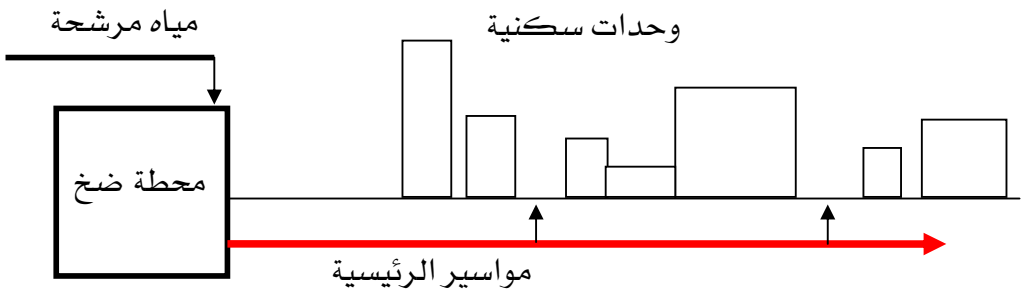


شكل (٦,٢): التوزيع عن طريق الضخ والتخزين.

٣,١٣,٢ التوزيع بواسطة الضخ وبدون تخزين Distribution by means of pumping without storage

في هذه الطريقة يتم ضخ الماء مباشرة داخل الأنابيب الرئيسية لتصل إلى المستهلك دون أن تمر بخزانات علوية كما في الشكل (٧,٢) بحيث تعمل المضخات بمعدلات ثابتة خلال ٢٤ ساعة. وهذه الطريقة غير مرغوب فيها لأن أي خلل في المضخات أو عطل كهربائي سوف يؤدي إلى انقطاع الماء كلياً عن المستهلك. كما أن التغير في معدلات الاستهلاك يؤدي إلى تذبذب في ضغط الماء داخل الأنابيب.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر



شكل (٧,٢): التوزيع عن طريق الضخ المباشر (بدون تخزين).

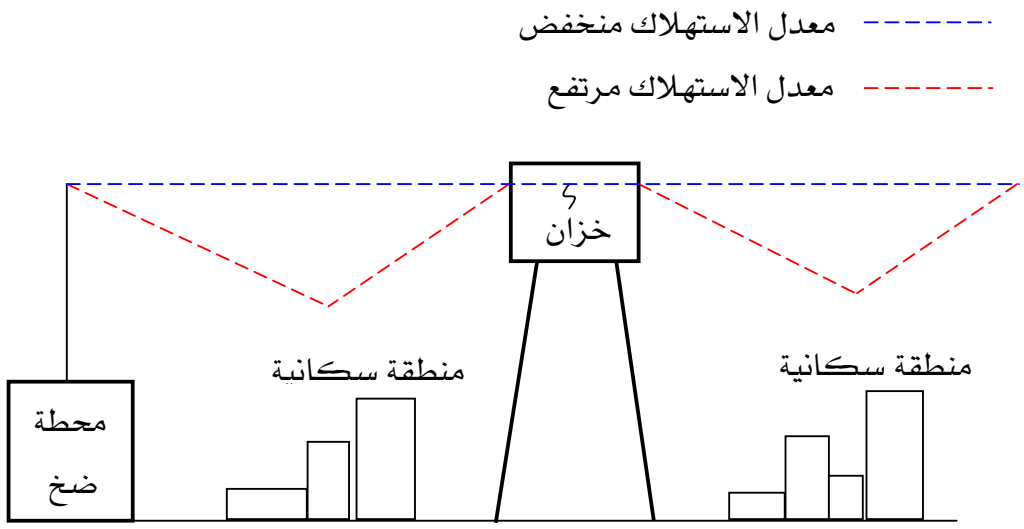
١٤,٢ الخزانات العلوية Elevated storage

يكون تخزين المياه ضرورياً في حالة تشغيل مضخات الرفع العالي بمعدلات ثابتة لمدة ١٢ ساعة متواصلة أو أكثر، حيث يتم تخزين المياه في خزانات علوية عندما تكون معدلات الاستهلاك منخفضة حتى يستعان بها في ساعات الاستهلاك القصوى، وتعمل الخزانات العلوية على توفير المياه في حالة معدلات الاستهلاك الدنيا وعلى تزويد المنطقة بالمياه في حالة معدلات الاستهلاك القصوى.

ويتم اختيار مواقع الخزانات العالية في أماكن متوسطة من شبكة التوزيع أو في أحد أطرافها، ويوضح الشكل (٨,٢) مثال لأفضل موقع للخزان، ويعتمد إنشاء الخزان على سعة التخزين وارتفاعه فوق سطح الأرض وخصائص التربة و المواد التي سينشأ منها الخزان، وتكلفة الإنشاء.

وأكثر الخزانات العلوية استخداماً هي التي تنشأ من الخرسانة المسلحة كما في الشكل (٩,٢). وفي بعض الأحيان تنشأ من الحديد أو الألمنيوم، حسب اقتصاديات وظروف المشروع، ويعتمد ارتفاع الخزانات أساساً على معدلات الاستهلاك، وتشغيل الشبكة، والضغط المطلوب في الشبكة.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر



شكل (٨,٢) أفضل موقع للخزان

ويشمل التخزين على ثلاثة أجزاء رئيسة هي:

١. احتياط حالات الطوارئ: وهو احتياطي التخزين اللازم لحالات الأعطال في وحدات التنقية والتوزيع.

٢. احتياط الحرائق: وهو الاحتياطي اللازم لإطفاء الحرائق.

٣. مخزون التشغيل: وهي الكمية التي توزع يومياً للاستهلاك.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر





شكل (٩,٢): خزانات منشأة من الخرسانة المسلحة.

١٥,٢ كميات التخزين اللازمة Storage necessary

لتحديد سعة التخزين اللازمة لشبكات التوزيع يجب حساب العناصر التالية:

١. سعة التخزين = احتياط حالات الطوارئ + احتياط الحرائق + مخزون التشغيل.

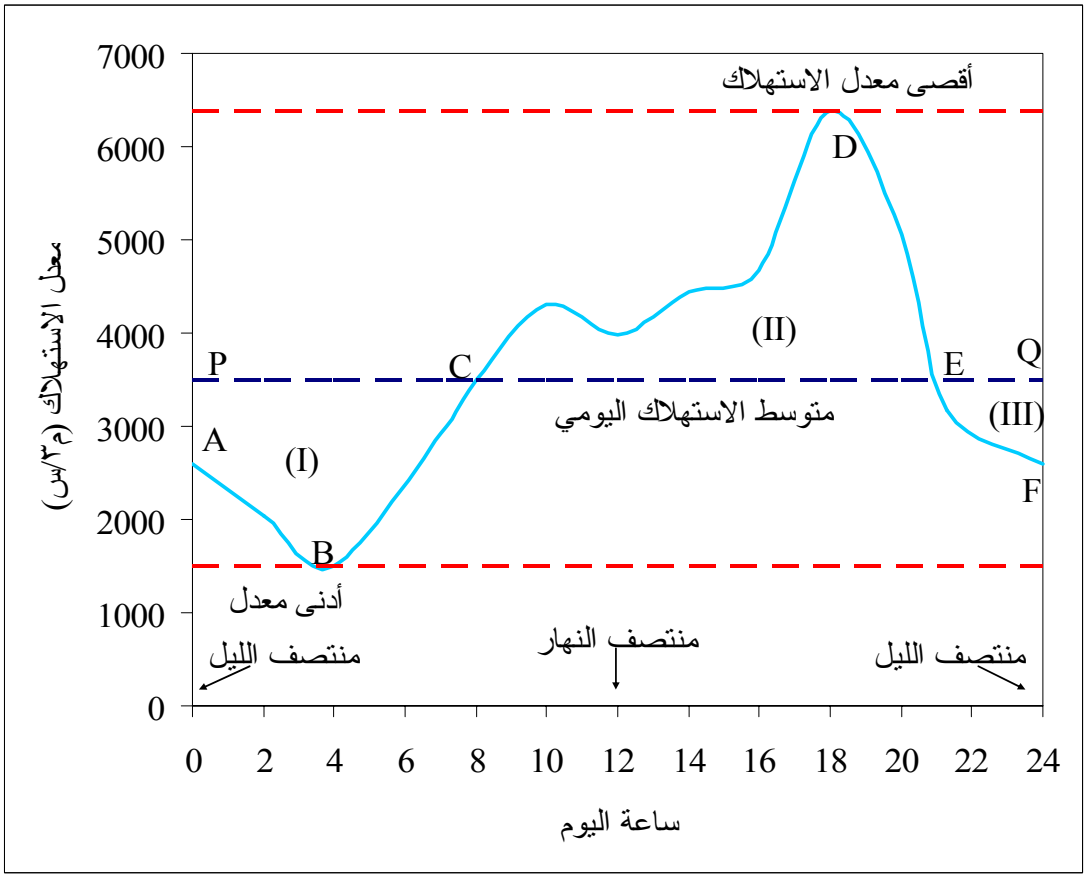
٢. احتياط حالات الطوارئ: ويؤخذ في الغالب ٢٥٪ من مخزون التشغيل للخزان.

٣. احتياط الحرائق: ويحسب باستخدام العلاقة:

$$Q = 231.64\sqrt{P}.\left(1 - 0.01\sqrt{P}\right)$$ وذلك عندما تكون $Q \le 270 m^3/hr$.

٤. مخزون التشغيل: وهو معدل السحب اليومي من الخزان لشبكة التوزيع، ولحساب ذلك يلزم:

- عمل بيانات مفصلة عن العلاقة بين معدلات الاستهلاك وساعات اليوم في حالات الاستهلاك القصوى كما هو موضح في الشكل (١٠,٢).



شكل (١٠,٢): معدل الاستهلاك اليومي.

- تحديد متوسط الاستهلاك اليومي: وهو متوسط الضخ اليومي للمياه الموضح في الرسم البياني بالخط (PCEQ).
- حساب المساحات (I)، (II)، و(III)
- تحديد مخزون التشغيل = المساحة (I) + المساحة (II) = المساحة (III)

٥. سعة التخزين = (١,٢٥) مخزون التشغيل + احتياط الحرائق

١٦,٢ الضغط داخل المواسير Pressure in pipes

تختلف الضغوط داخل شبكات التوزيع من مدينة لأخرى ومن مكان لآخر حسب معدلات الاستهلاك والضغوط المطلوبة، وتتراوح عموماً:

- بين ١٥٠ و ٢٠٠ kPa بالنسبة للاستخدام العادي في المناطق السكنية التي بها مباني لا تتعدى أربعة أدوار.
- ٤٠٠ kPa بالنسبة للمناطق السكانية المزودة بوحدات إطفاء.
- ٥٠٠ kPa بالنسبة للمناطق التجارية.

وتجدر ملاحظة الأمور التالية:

- عندما يكون الضغط داخل الشبكة أقل من ٣٥٠ kPa، يكون ضغط الماء في الطوابق العلوية للمباني المتكونة من ٦ طوابق في حدود ١٥٠ kPa .
- عندما يكون الضغط داخل الشبكة أقل من ٢٠٠ kPa، فلن تصل المياه إلى الطوابق العلوية للمباني المتكونة من أربعة أدوار.

وتوصي بعض المؤسسات العالمية بأن يكون الضغط الطبيعي داخل الشبكة من ٤٠٠ إلى ٥٠٠ kPa وذلك للمزايا الآتية:

- يمكّن هذا الضغط من تزويد المباني التي تصل إلى ١٠ طوابق بمياه كافية للاستهلاك.
- يعطي هذا الضغط تدفق كافي لوحدات الإطفاء.
- يمكّن هذا الضغط من تعويض الفاقد في أطوال المواسير والناتج عن التسرب المفاجئ في المواسير.

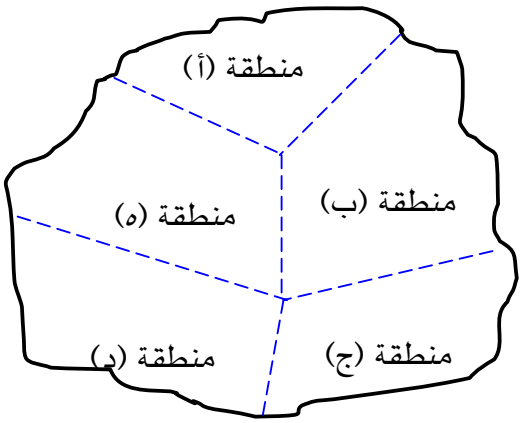
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

١٧,٢ الضغط في المناطق Pressure zones

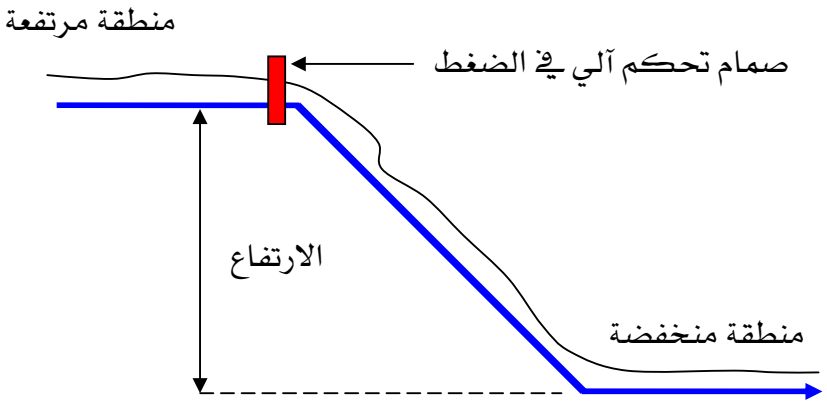
يختلف ضغط المياه في الشبكة من منطقة لأخرى باختلاف طبوغرافية المناطق والكثافة السكانية ونوعية المواد المصنوعة منها أنابيب الشبكات ، ويجب تحديد الضغط المناسب لكل منطقة كما هو مبين في الشكل (١١,٢) وذلك لسببين رئيسين هما :

١. المحافظة على الشبكات الموجودة في المناطق المنخفضة من الضغوط المرتفعة ، والتي قد تسبب تسرب للمياه أو كسر في المواسير ، شكل (١٢,٢).

٢. المحافظة على الأجزاء القديمة من الشبكة والتي قد لا تتحمل الضغوط المرتفعة.



شكل (١١,٢): تحديد الضغط في المناطق.



شكل (١٢,٢): استخدام صمامات تحكم آلي لتعديل الضغط.

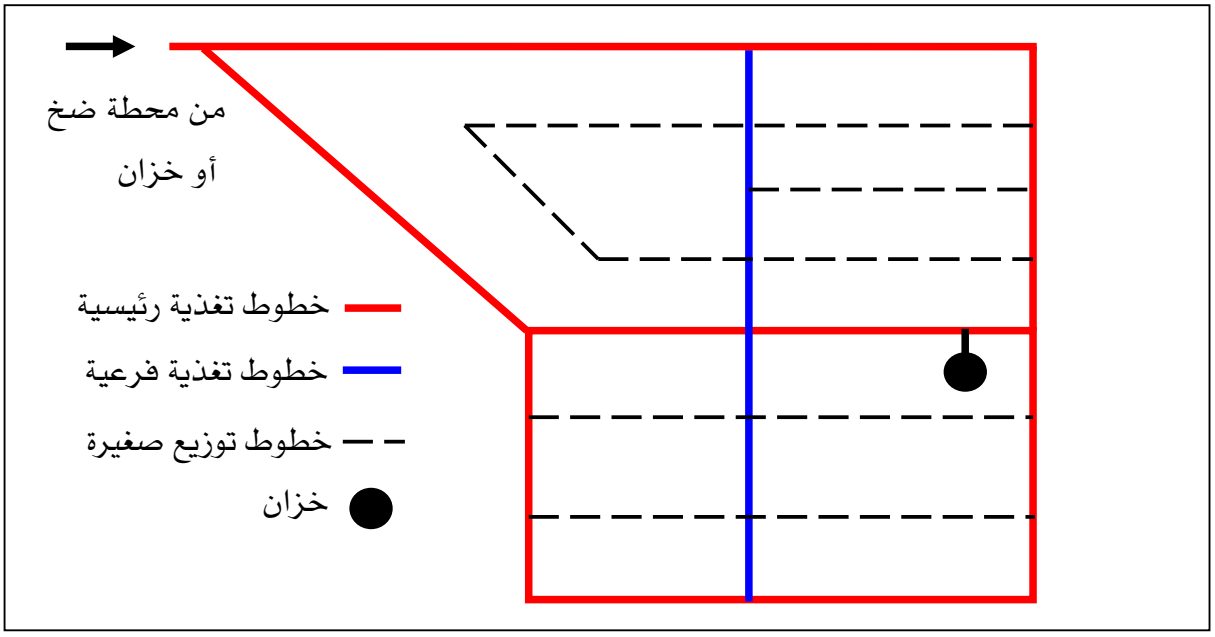
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

ولتفادي هذه المشاكل يمكن استخدام صمام تحكم آلي لتعديل الضغط المناسب لكل منطقة تحتاج لذلك، كما هو مبين في الشكل (١٢,٢).

١٨,٢ شبكات توزيع المياه Water distribution systems

تتكون شبكات توزيع المياه من الأجزاء التالية:

- خطوط التغذية الرئيسة Primary Feeders: وتستخدم لنقل كميات المياه الكبيرة من محطات الضخ إلى الخزانات العلوية ومن الخزانات العلوية إلى الأجزاء المختلفة للمنطقة التي ستزود بالمياه كما هو موضح في شكل (١٣,٢). ويجب أن تزود الخطوط الرئيسة بصمامات تعديل الضغط في النقاط المنخفضة وفي النقاط المرتفعة، وكذلك عند الربط مع أنابيب التوزيع اللازمة.
- خطوط التغذية الفرعية Secondary Feeders: تستخدم لنقل كميات المياه الكبيرة من الخطوط الرئيسة إلى الأجزاء المختلفة للمنطقة التي ستزود بالمياه. وتشكل حلقات صغيرة بانتقالها من خط رئيسي لآخر كما هو مبين في الشكل (١٣,٢).
- خطوط التوزيع الصغيرة Small Distribution Mains: تستخدم لنقل المياه من خطوط التغذية الرئيسة والفرعية إلى أنابيب المباني وحنفيات الحريق.



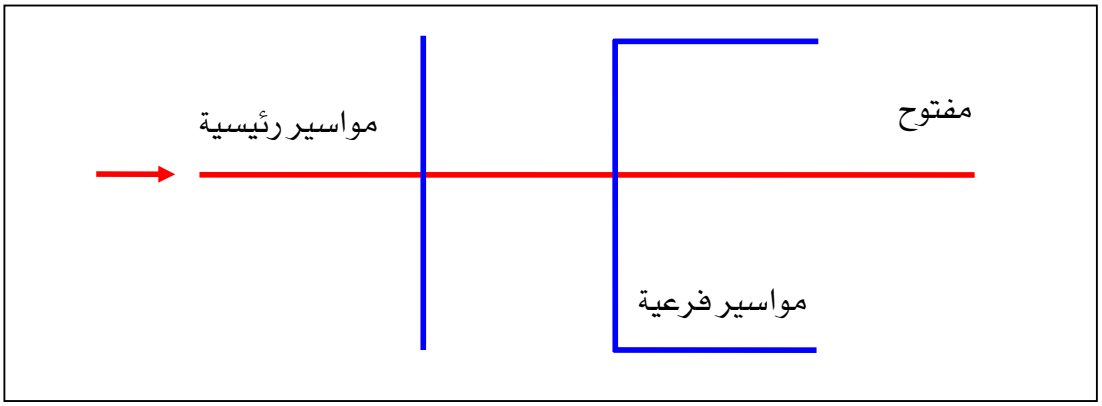
شكل (١٣,٢): شبكات توزيع المياه.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

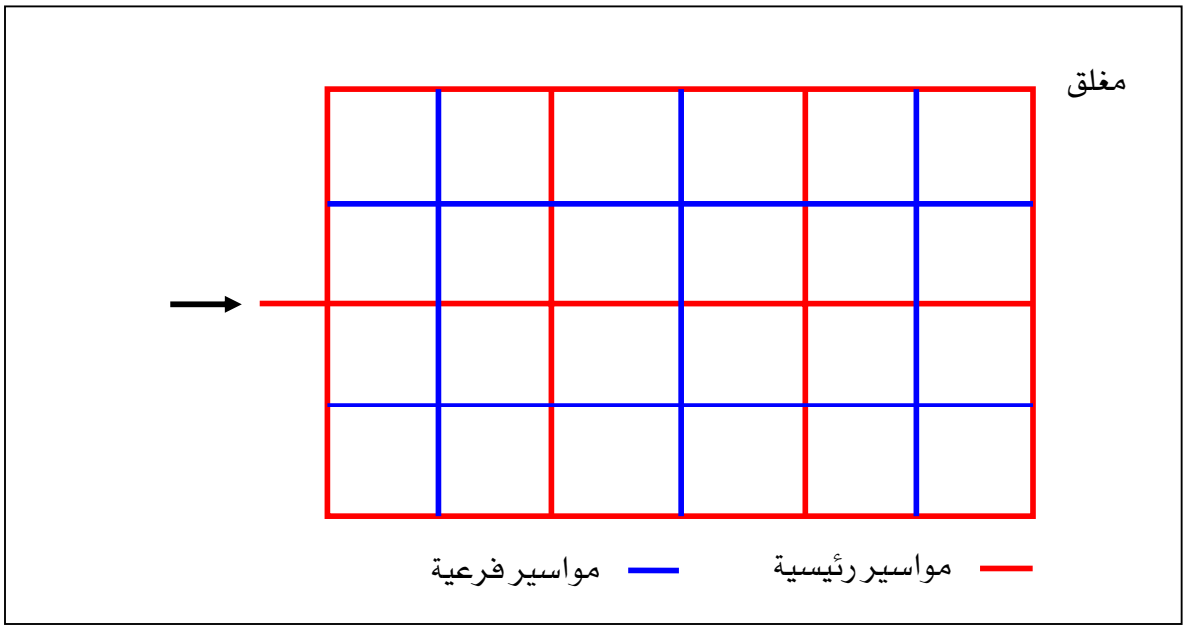
١٩,٢ تخطيط شبكات التوزيع Planning of Water distribution systems

لتخطيط شبكة توزيع المياه، فإنه يمكن استخدام أحد الأنظمة التالية

- النظام المتفرع Branching System: لتوزيع المياه كما في الشكل (١٤,٢).
- النظام الشطرنجي Grid System: لتوزيع المياه كما في الشكل (١٥,٢).
- النظام المركب (Composite System) لتوزيع المياه (شكل (١٦,٢)).

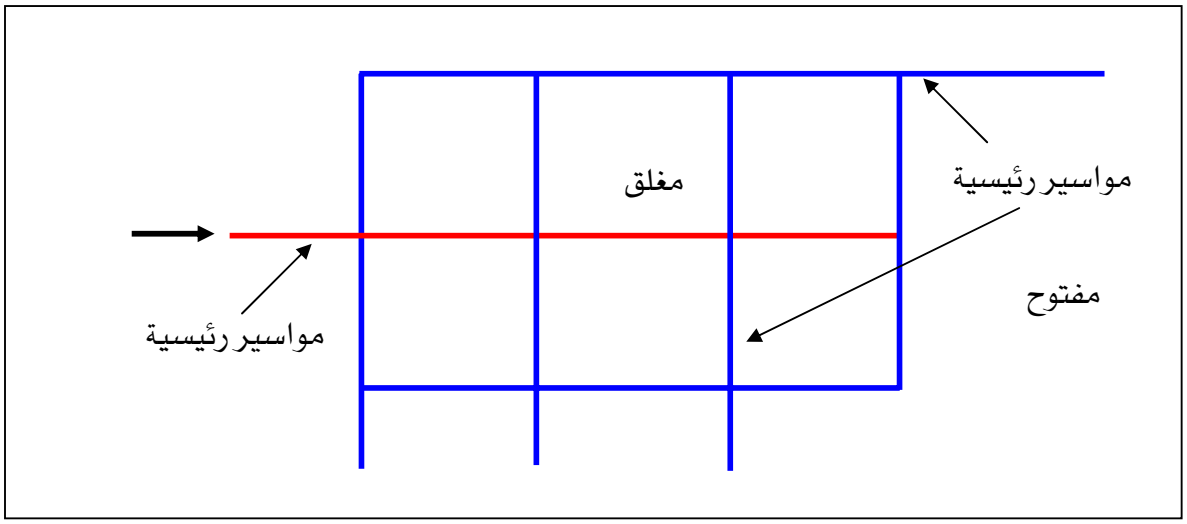


شكل (١٤,٢): النظام المتفرع في توزيع المياه.



شكل (١٥,٢): النظام الشطرنجي في توزيع المياه

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر



شكل (١٦,٢): النظام المركب في توزيع المياه

٢٠,٢ أساسيات تصميم شبكات توزيع المياه Basic Design of Water Supply Networks

تصمم شبكات توزيع المياه لتخدم فترة زمنية تقارب العمر الافتراضي للأنابيب، وعلى هذا الأساس يتم حساب التدفق التصميمي ومنه يتم تحديد نوع وحجم الأنابيب، وموقع وسعة الخزانات وطاقة الضخ اللازمة لذلك. وهناك عدة عوامل يجب أخذها في الاعتبار عند تصميم شبكات التوزيع أهمها:

١. طبوغرافية المنطقة.
٢. التعداد الحالي والمستقبلي للسكان.
٣. الاستهلاك المتوقع للشخص.
٤. الاحتياجات اللازمة من المياه لمقاومة الحريق.
٥. الاحتياجات اللازمة من المياه للأعمال الصناعية والتجارية.

٢١,٢ حساب التدفق في المواسير Flow Computations

بما أن التدفق في أغلب الحالات يكون مضطرب بالنسبة لمواسير الإمداد بالمياه، فإن عامل الاحتكاك يعتمد على خشونة الأنابيب وكذلك على عدد رينولدس (Reynolds)، وهذه العوامل بدورها تتوقف على سرعة المياه (velocity) في الأنابيب وعلى قطر الأنابيب. وهناك عدة علاقات رياضية لحساب

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

الفاقد في الضغط (headlosses) نتيجة الاحتكاك، وتعد علاقة هازن وليامس (Hazen-Williams) أكثر العلاقات استخداما في تصميم شبكات توزيع المياه وهي:

$$v = 0.849\ CR^{0.63} S^{0.54} = \frac{Q}{A} \qquad (١٠,٢)$$

حيث:

v: سرعة المياه في الأنبوب (متر / ثانية) (Velocity).

R: نصف قطر الأنبوب الهيدروليكي (متر) (Hydraulic Radius).

C: ثابت يتعلق بالخشونة النسبية للأنبوب، ويسمى معامل هازن وليامس (Hazen-Williams Coefficient) والجدول (٥,٢) يعطي بعض قيم C.

S: درجة الميل الهيدروليكية (Hydraulic Gradient).

Q: التدفق (متر مكعب / ثانية) (Flow).

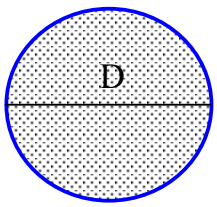
A: مساحة الأنبوب الهيدروليكية (متر مربع) (Hydraulic Area).

ويمكن الحصول عل نصف قطر الأنبوب الهيدروليكي من خلال العلاقة التالية:

R = (المقطع العرضي لمساحة التصرف) ÷ (المحيط المبلل)، أي أن:

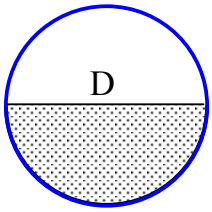
- بالنسبة لأنبوب مملوء يكون R:

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



- بالنسبة لأنبوب نصف مملوء R:

$$R = \frac{\pi D^2 / 8}{\pi D / 2} = \frac{D}{4}$$



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

جدول (٥,٢): معامل هازن وليامس لعدة أنواع من الأنابيب.

C	مواصفات الأنبوب
140	Extremely smooth and straight
	Cast iron:
130	New
120	5 years old
110	10 years old
90-100	20 years old
75-90	30 years old
120-140	Concrete or cemented:
	Welded steel, as for cast-iron pipe, 5 years older
	Rived steel, as for cast-iron pipe, 10 years older
150	Plastic
120-140	Asbestos

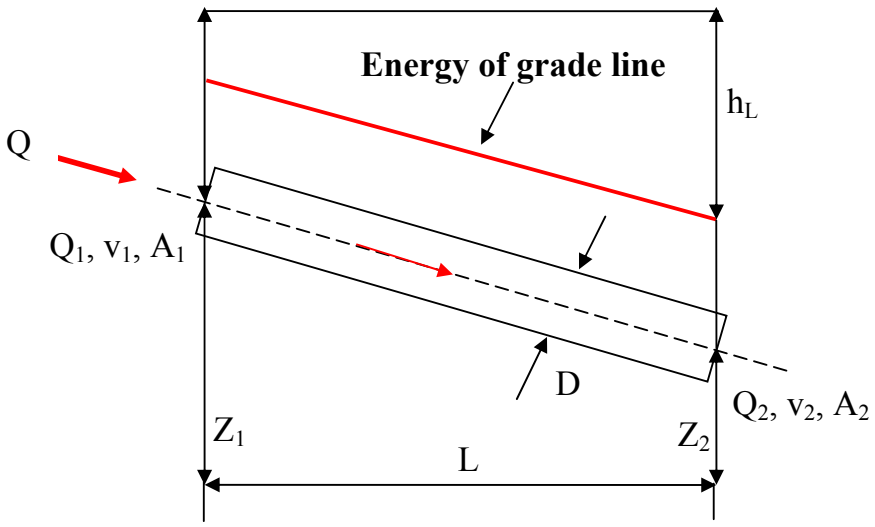
ويمكن استنتاج العلاقة التالية لحساب التدفق في المواسير المملوءة، بحسب الشكل (١٧,٢):

$$Q = 0.278\,CD^{2.63}\,S^{0.54} \qquad (١١,٢)$$

$$S = \frac{h_L}{L} \qquad (١٢,٢)$$

$$\frac{h_L}{L} = \left[\frac{Q}{0.278\,CD^{2.63}}\right]^{1/0.54} \qquad (١٣,٢)$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر



شكل (١٧,٢) التدفق في المواسير.

مثال (٤,٢):

احسب الفاقد في الضغط (headlosses) في أنبوب طوله ١٠٠٠ متر، علما أن:

$$D = 500 \text{ mm}, Q = 0.25 \text{ m}^3/\text{s}, C = 130$$

الحل:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = 0.2m^2 \quad , \quad v = \frac{Q}{A} = \frac{0.25}{0.2} = 1.25m/s$$

$$Q = 0.278CD^{2.63}S^{0.54} = 0.278CD^{2.63}\left(\frac{h_L}{L}\right)^{0.54}$$

$$\frac{h_L}{L} = \left[\frac{Q}{0.278CD^{2.63}}\right]^{1/0.54}$$

$$h_L = \frac{10.7Q^{1.85}L}{C^{1.85}D^{4.87}}$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

$$h_L = \frac{10.7 \times (0.25)^{1.85} \times 1000}{(130)^{1.85} \times (0.5)^{4.87}} = 2.96\,m$$

$$h_L = 2.96 \times 10 \cong 30\,kPa$$

٢٢,٢ طريقة الرسم التصميمي Chart Method

يستخدم الرسم التصميمي الموضح في الشكل (١٨,٢) لحل معادلة هازن وليامس وللحصول على العناصر الأساسية الخاصة بالشبكة، فالرسم يعطي العلاقة بين (Q, D, S, v) لقيمة C = 100 فيمكن الحصول مثلا على السرعة إذا كان حجم الأنبوب ودرجة الميل الهيدروليكية (Hydraulic Gradient) معلومة، وكذلك الحصول على درجة الميل الهيدروليكية بمعرفة السرعة وحجم الأنبوب، أو حساب حجم الأنبوب إذا كان التدفق ودرجة الميل الهيدروليكية معلومة. .فيتم رسم خط مستقيم بحيث يقطع المحاور الأربعة مروراً بالنقاط المعلومة، ثم تقرأ القيم المجهولة من التقاطع بين الخط والمحاور المذكورة.

ولتطبيق الرسم التصميمي على أنابيب بقيم C تختلف عن ١٠٠ يتم استخدام العلاقات التالية:

- بمعرفة v و D يمكن حساب S كالتالي:

$$S_c = S_{100}\left(\frac{100}{C}\right)^{1.85} \qquad (١٤,٢)$$

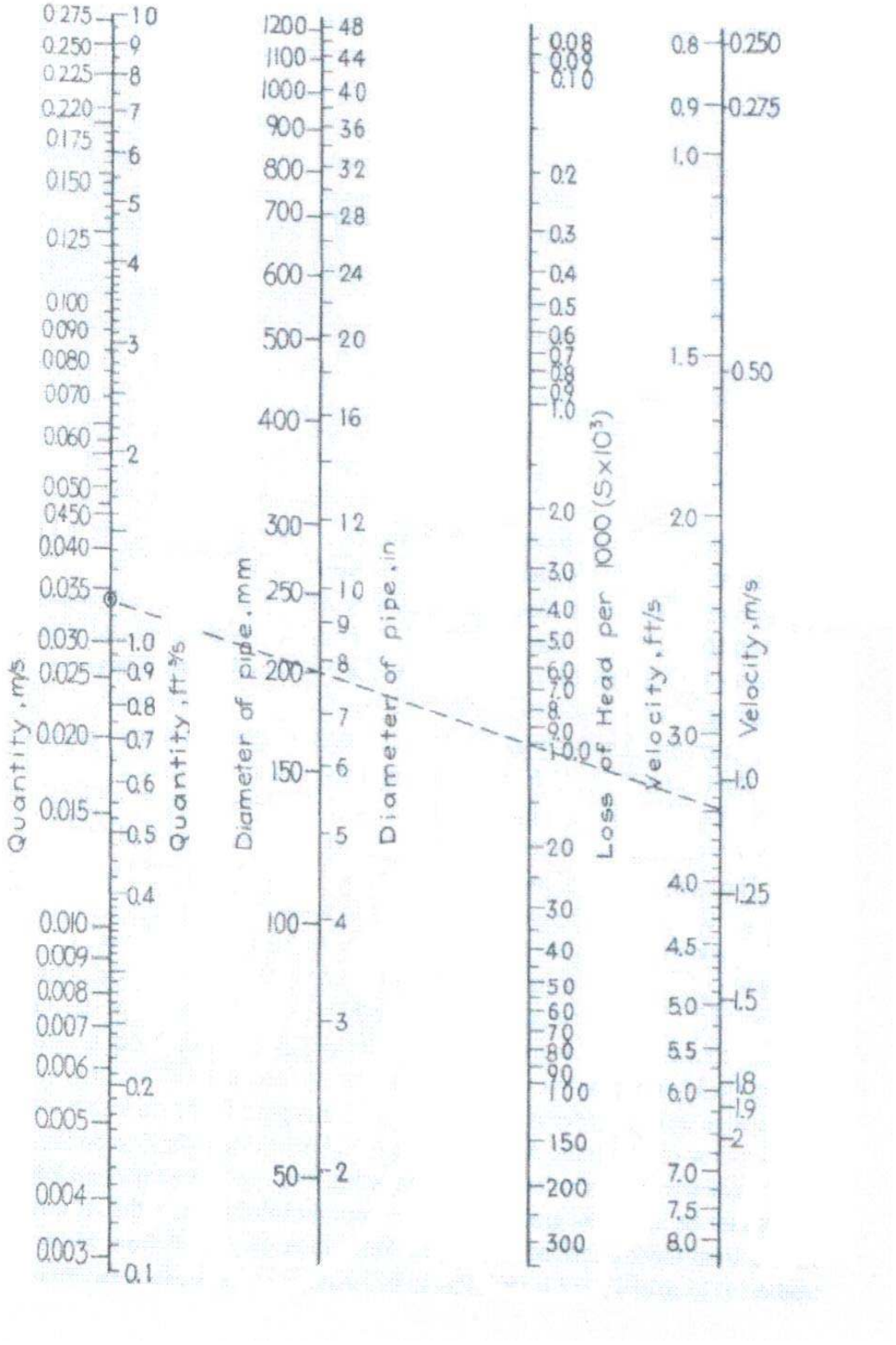
- وبمعرفة Q و S يمكن حساب D كالتالي:

$$D_c = D_{100}\left(\frac{100}{C}\right)^{0.38} \qquad (١٥,٢)$$

- وبمعرفة D و S يمكن حساب Q كالتالي:

$$Q_c = Q_{100}\left(\frac{C}{100}\right) \qquad (١٦,٢)$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر



شكل (١٨,٢): الرسم التصميمي لحل معادلة هازن وليامس (Hazen-Williams).

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

مثال (٥,٢):

احسب الفارق في الضغط لأنبوب طوله ١٠٠٠ متر وقطره ٢٠٠ مم وقدرته على التدفق ٢ متر مكعب في الدقيقة.

الحل:

- القيم المعطاة: $L = 1500\ \text{m},\ D = 200\ \text{mm},\ Q = 2\ \text{m}^3/\text{min}$
- يستخدم الرسم التصميمي الموضح في الشكل (١٨,٢).
- يتم رسم خط مستقيم بحيث يقطع المحاور الأربعة (Q, D, S, v) ويمر بالنقاط:

$$D = 200\ \text{mm},\ Q = 2\ \text{m}^3/\text{min}$$

- تقرأ قيمة S = نقطة التقاطع بين الخط المستقيم ومحور S = $10.(10^{-3})$.

$$S = \frac{\Delta L}{L} = 10.10^{-3}$$

$$\Delta L = S.L = (10.10^{3}) \times (1500) = 15m \cong 150kPa$$

٢٣,٢ أنواع المواسير المستخدمة في شبكات توزيع المياه Types of Pipes

هناك أنواع عديدة من المواسير التي تستخدم في توزيع المياه وتوصيلها إلى مناطق الاستعمال كالمساكن والمصانع والمتاجر وغيرها ، وتختلف في تكلفتها حسب مكوناتها وطريقة صناعتها ومتانتها ومدى مقاومتها لضغط المياه ، وعموماً فيجب أن تتوفر الشروط التالية في المواد التي تصنع منها المواسير:

١. قدرتها على تحمل الضغوط الداخلية والخارجية.
٢. مقاومتها للتآكل الداخلي والخارجي لفترة طويلة (العمر الافتراضي).
٣. تحملها لدرجات حرارة مرتفعة.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٤. احتوائها لوصلات محكمة تمنع التسرب.

ومن أهم أنواع المواسير:

١. مواسير الحديد الزهر: وتمتاز بمقاومتها للتآكل والصدى وتحملها للضغوط الداخلية والخارجية وسهولة وتركيبها، وقد يصل عمرها الافتراضي إلى ١٠٠ سنة ، وتنتج عادة بأقطار حتى ١٢٠ سم.

٢. مواسير الصلب: وهذه المواسير أخف وزناً من مواسير الحديد الزهر وبالتالي أقل مقاومة للتآكل والصدى ، وتمتاز بتحملها للضغوط العالية وبسهولة نقلها وتركيبها، وتنتج عادة بأقطار متعددة لا تتعدى ٢٥٠ سم ويكون سعرها مرتفعاً نسبياً.

٣. مواسير خرسانية: تصنع هذه المواسير من الخرسانة العادية أو المسلحة وتستخدم عادة للإمدادات الطويلة وقد تصل أقطرها إلى ١٨٠ سم، وتمتاز هذه المواسير بمقاومتها للتآكل والصدى وبتحملها للضغط الخارجي وبانخفاض سعرها مقارنة بالمواسير الأخرى، ومن عيوبها أنها لا تتحمل الضغوط الداخلية العالية وأن التسرب من وصلاتها عال كما أنها ثقيلة الوزن وبالتالي يكون نقلها وتركيبها صعب.

٤. مواسير بلاستيكية: وينتج منها أنواع كثيرة بأقطار تصل إلى ٣٠ سم، وتختلف في أثمانها حسب متانتها ومدى مقاومتها للضغط، وتمتاز بمقاومتها العالية للتآكل والصدى وبسهولة نقلها وتركيبها وكذلك بسهولة انحنائها وقلة تكاليفها. ومن عيوبها أنها ضعيفة المقاومة للحرارة.

٢٤,٢ مضخات الرفع Pumps

تعمل المضخات على رفع المياه بعد مرحلة الترشيح والتطهير من أحواض المياه المرشحة ومن الخزانات إلى شبكة توزيع المياه وذلك لإمداد المدينة بالمياه بالمعدلات والضغوط المناسبة ويتم اختيار نظام تشغيل وحدات الضخ وتصرفاتها بعد دراسة اقتصادية وفنية شاملة، لمقارنة ساعات التشغيل وقوة المضخات وحجم الخزانات العلوية المطلوبة لكل طريقة من طرق التشغيل.

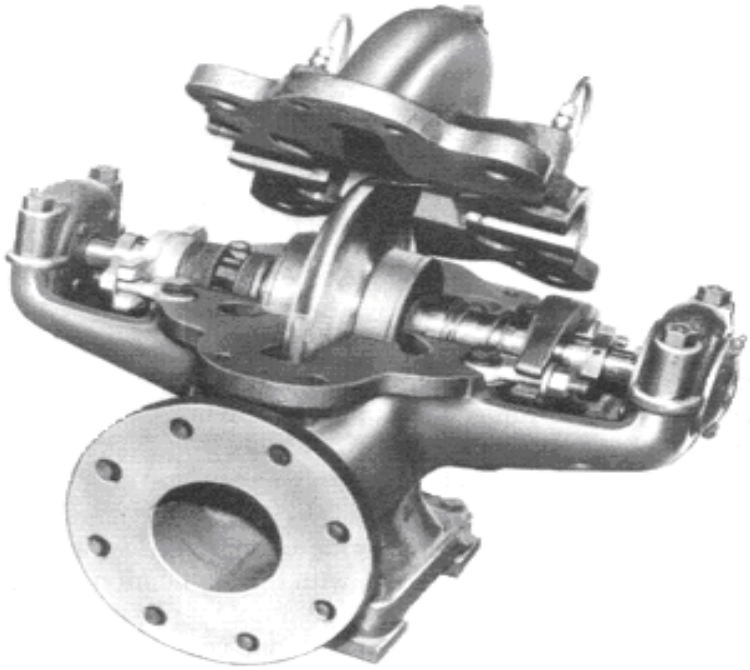
ويتم حساب الرفع الكلى للمضخات على أساس الفاقد في أطوال مواسير الشبكة، والضغط المطلوب توافره في جميع أجزاء الشبكة ويؤثر في ضغط المضخات ارتفاع الخزانات العالية وموقعها

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

بالنسبة لشبكة التوزيع، وتستخدم مضخات ذات قدرة تصرف تتراوح من ١,٩ إلى ٥,٧ متر مكعب / دقيقة ويفضل استخدام مضخات بقدرة ٢,٨ متر مكعب / دقيقة أو أكبر بالنسبة للمدن التي يتعدى عدد سكانها ١٠٠٠٠ نسمة.

.وتنقسم المضخات إلى ثلاثة أنواع رئيسة هي:

- مضخات طرد مركزية (Centrifugal Pumps)، كما في الشكل (١٩,٢).
- مضخات ترددية (Reciprocating Pumps).
- مضخات دورانية (Rotary Pumps).



شكل (١٩,٢): مضخات طرد مركزية (Centrifugal Pumps)

ويراعى في اختيار وحدات الضخ أن يكون الضغط الكلي للمضخة كافياً لرفع المياه من موقع المأخذ إلى وحدات التنقية وإلى الخزانات العليا، وكما هو موضح في الشكل (٢٠,٢) يكون الضغط الكلي للمضخة مساوياً للفرق في منسوب المياه بين أدنى مستوى عند موقع المأخذ وسطح المياه في الخزانات أو وحدات التنقية، ويضاف إلى ذلك مجموع الفاقد في مسار المياه، ويستعمل مصطلح ضاغط

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

(Head) لوصف الطاقة الهيدروليجية الكامنة التي تدفع بالماء إلى المنسوب المطلوب، ولمعرفة مجموع الضاغط الديناميكي الذي يجب أن تشغل من أجله المضخة نحسب:

$$TDH = H_L + H_F + H_V \qquad (١٧,٢)$$

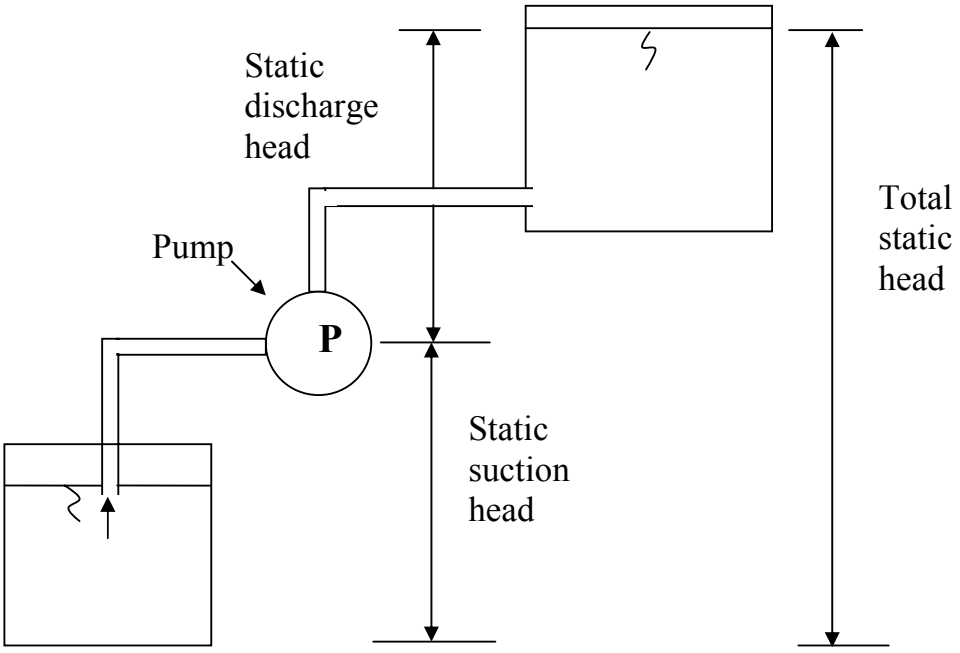
حيث:

TDH: مجموع الضاغط الديناميكي (Total dynamic head)

H_L: مجموع الضاغط الإستاتيكي (Total static head) وهو الفارق في منسوب المياه بين مستوى المأخذ ومستوى الخزان.

H_F: مجموع الفاقد في الضغط الناتج عن الاحتكاك (Total friction headloss)

H_V: ضاغط السرعة وعادة يهمل (Velocity head: $v^2/2g$)



شكل (٢٠,٢): ضخ المياه إلى خزان علوي.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

وتكون قدرة تدفق المياه في المواسير مساوية للناتج الصافي للمضخة (Net output)، ويمكن حساب ذلك باستخدام العلاقة التالية:

$$P_w = KQH \qquad (١٨,٢)$$

حيث:

P_w: قدرة الماء (كيلو وات) (Water Power, kW).

Q : التدفق (متر مكعب/دقيقة) (Flow, m^3/min).

H: مجموع الضاغط الديناميكي، بالمتر (Total dynamic head, m).

K: ثابت يتعلق بكثافة السائل وبالوحدات المستعملة، فبالنسبة للماء عند درجة حرارة ٢٠ درجة مئوية وباستعمال الوحدات (kW, m^3/min, m) يكون K يساوي ٠,١٦٣.

وتحتاج وحدات الضخ إلى قدرة كافية لضخ المياه بالضغط المناسب في المواسير. ويمكن حساب قدرة المضخات باستخدام العلاقة التالية:

$$P_p = \frac{P_w}{E_p} \qquad (١٩,٢)$$

حيث:

P_p: قدرة المضخة (كيلو وات) (Power input to the pump, kW)

P_w: قدرة الماء (كيلو وات) (Water Power, kW)

E_p: كفاءة المضخة (Pump efficiency)

مثال (٦,٢):

احسب قدرة تدفق الماء وقدرة مضخة صممت لرفع الماء بمعدل ١,٩ متر مكعب/دقيقة إلى ارتفاع قدرة ٧٠ متر. علما أن كفاءة المضخة تساوي ٩٠٪.

الحل:

$$P_w = KQH$$

$$P_w = (0.163).(1.9).(70) = 21.68 \text{ kW}$$

$$P_p = \frac{P_w}{E_p}$$

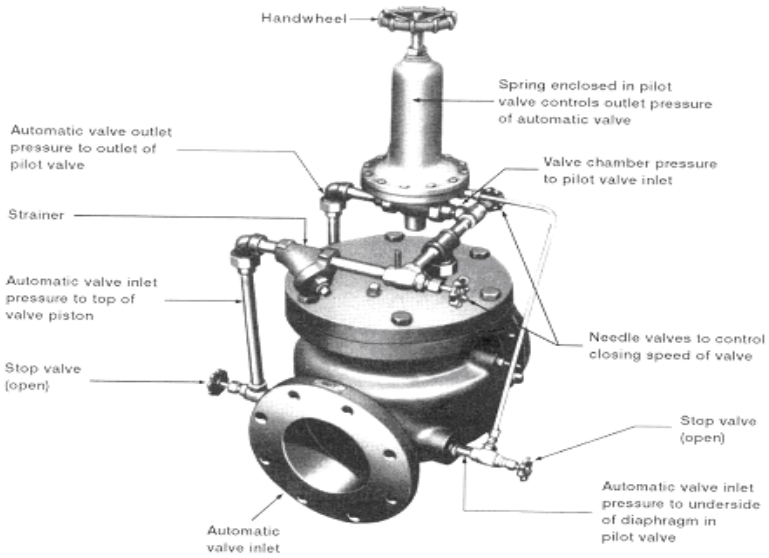
$$P_p = 21.68 / 0.9 = 24.9 \text{ kW}$$

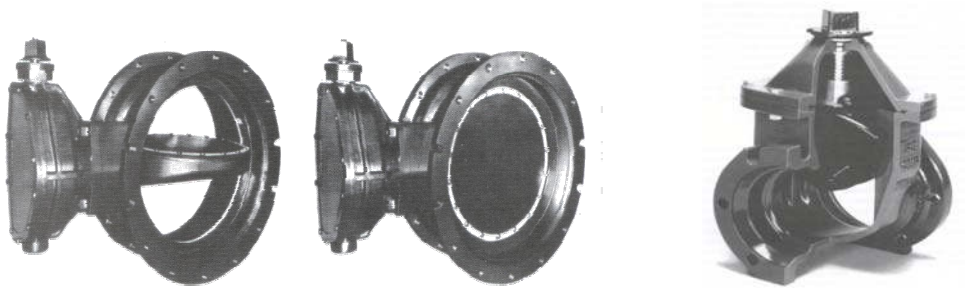
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٢٥,٢ الصمامات Valves

يكمن الهدف من استعمال الصمامات في التحكم بشكل جيد في عملية تدفق المياه خلال مواسير الشبكة بما فيها الفتح والغلق لأغراض مثل الصيانة وتصليح الأعطال المفاجئة في الشبكة، انظر الشكل (٢١,٢). وتعمل الصمامات بطريقة آلية بحيث تكون مزودة بعقول إلكترونية تمكنها من الفتح والغلق ذاتياً عند الضرورة ، وهناك عدة أنواع من الصمامات أهمها:

- صمام سكينة (Sluice valve): ويستعمل عند تصليح الأعطال المفاجئة في منطقة معينة من شبكة المواسير دون التأثير على عملية الإمداد في باقي الشبكة.
- صمام مرتد (Non-return valve): يتميز هذا الصمام بأنه يعمل على تمرير المياه في شبكة المواسير في اتجاه واحد ويتم تركيبه على خطوط الطرد بعد محطات الرفع وفي توصيلات خزانات المياه.





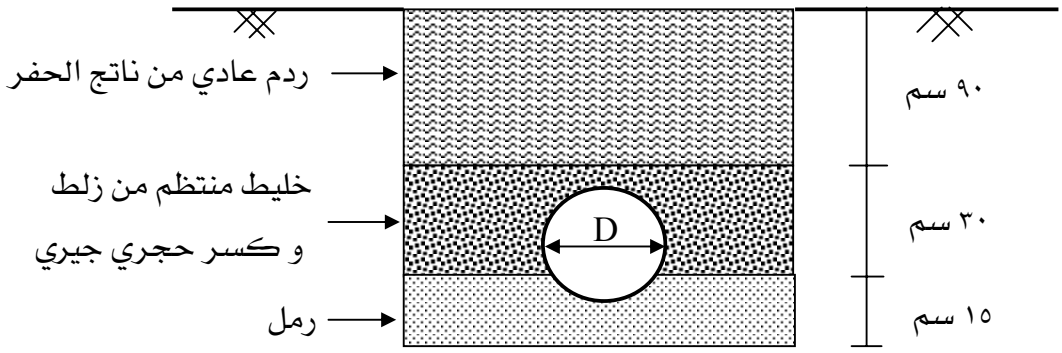
شكل (٢١,٢) نماذج من صمامات التحكم في شبكات التغذية.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٢٦,٢ الحفريات والردم Excavation and Backfill

يتم في الغالب دفن أنابيب الشبكة في خنادق تحفر على الأرض من أجل حمايتها من الأضرار والكسر الذي قد تسببه أحمال المرور، وكذلك حمايتها من التجمد الذي ينتج عن الانخفاض في درجات الحرارة، وتوضع الأنابيب تحت سطح الأرض بعمق يتراوح من ١,٥ إلى ٢ متر في المناطق الحارة ومن ٢ إلى ٣ أمتار في المناطق الباردة.

ويجب أن تكون مقاسات الخندق واسعة لإيواء الأنبوب وللقيام بأعمال التركيب اللازمة. وقد يتراوح عرض الخندق من ٤٦٠ مم للأنابيب ٥٠ مم إلى ١٧٦٠ مم للأنابيب ١٢٢٠ مم. ويوضح الشكل (٢٢,٢) مقطع لأنبوب تحت سطح الأرض.



شكل (٢٢,٢) مقطع لأنبوب ماء مدفون في الأرض.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

شبكات المياه والصرف الصحي

تصريف مياة السيول

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

الجدارة: يتعرف الطالب في هذا الفصل على الأساسيات الرئيسة اللازمة لمشاريع تصريف مياه السيول.

الأهداف:

عند الانتهاء من هذا الفصل يكون الطالب قادراً على:

٦. حساب كميات مياه السيول لمنطقة معينة.

٧. تحديد الوقت الذي تحتاجه مياه السيول للتدفق على سطح الأرض حتى تصل إلى أنظمة الصرف المتوفرة بالمنطقة.

٨. حساب شدة أو غزارة المطر وتأثير ذلك على شبكات تصريف السيول.

٩. معرفة الملاحق اللازمة لأنظمة تصريف مياه السيول.

١٠. تصميم شبكات تصريف مياه السيول.

مستوى الأداء المطلوب: إتقان الطالب لهذا الفصل بنسبة لا تقل عن ٩٠٪.

الوقت المتوقع لإنهاء هذا الفصل: ٦ ساعات.

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

١,٣ مقدمة Introduction

يقدم هذا الفصل أهم الأساسيات اللازمة لعملية تصريف مياه السيول والتي تعد من الخدمات الرئيسة التي تحتاجها أي منطقة سواءً كانت سكنية أو تجارية أو صناعية، وتزيد أهميتها مع التوسع العمراني للمنطقة. وهناك طريقتان يمكن استخدامهما في تصريف مياه السيول وهما: طريقة الأنابيب المغلقة والتي يحفر لها وتوضع تحت سطح الأرض على امتداد طرقات المنطقة، وطريقة القنوات المفتوحة وهي قلما تستخدم في المملكة العربية السعودية لأنها تشغل مساحة من أرضية الطريق وتحتاج إلى صيانة دورية حسب بيئة وطبيعة كل منطقة. وتعمل كلا الطريقتين على تصريف مياه السيول من المناطق الحضرية، مثل المدن، إلى أماكن التصريف خارج تلك المناطق. وتستخدم، في الغالب، الأنابيب الخرسانية الدائرية لتصريف مياه السيول، حيث تتوفر في الأسواق بأقطار مختلفة وقد يلزم تصنيعها بأقطار محددة حسب حاجة المشروع.

وترتكز أنظمة تصريف مياه السيول لمنطقة معينة على الطبيعة الجغرافية والأحوال المناخية لتلك المنطقة، وترتبط بكمية مياه الأمطار (rainfall) وما تولده من مياه تنساب على سطح الأرض (runoff). وتختلف أنظمة تصريف مياه السيول عن تصريف الصرف الصحي في الآتي:

تصريف مياه السيول

- التدفق لحظي حسب شدة المطر
- أقطار أنابيب شبكية التصريف لا تقل عن ٣٠٠ mm
- سرعة التدفق في الأنابيب لا تقل عن 1 m/s
- ليس شرط أن تمر في كل شارع ولكن تمر من أماكن تجميع المياه
- حالة تآكل الأنابيب محدودة

تصريف مياه الصرف الصحي

- التدفق بحسب استهلاك المياه
- أقطار أنابيب شبكة التصريف لا تقل عن 150 mm
- سرعة التدفق في الأنابيب لا تقل عن 0.75 m/s
- شرط أن تمر في كل شارع لخدمة جميع مباني ذلك الشارع
- حالة تآكل الأنابيب كبيرة

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

٢,٣ كميات مياه السيول Amount of Storm Water

عند دراسة وتصميم مشاريع تصريف مياه السيول، فمن الضروري معرفة كميات مياه السيول الجارية على سطح الأرض والتي يمكن تحديدها بأكثر من طريقة حسب الظروف المناخية والجغرافية للمنطقة والمعلومات المتوفرة عن كميات الأمطار والمياه الجارية خلال الفترات الماضية وأهم هذه الطرق:

- الطريقة المنطقية.
- طريقة الصيغة التجريبية.
- طريقة الرسم المائي.
- طريقة الحاسب الرقمية.

وسوف يتم التطرق في هذا المقرر إلى الطريقة المنطقية فقط، لكونها الأكثر شيوعاً واستخداماً. وهذه الطريقة تربط كمية المياه المتدفقة نتيجة الأمطار على مساحة معينة من الأرض وخلال فترة من الزمن وبغزارة أو شدة مطر محددة، أي أن:

$$Q = iA \qquad (١,٣)$$

حيث:

Q: حجم مياه الأمطار الساقطة (m^3/hr)

i: شدة أو غزارة المطر (mm/hr).

A: مساحة المنطقة المحتاجة للتصريف (m^2).

إن كمية مياه الأمطار التي تسقط على الأرض لا تتحول في مجملها إلى مياه جارية، بل هناك كمية مفقودة بسبب عملية التبخر وكمية تتخلخل وتتسرب إلى باطن الأرض وكمية أخرى تبقى على سطح الأرض لتشكل البرك، وتعتمد كمية المياه المفقودة على عدة عوامل أهمها درجة حرارة الجو ونوع التربة وما تحتويه من مياه وكذلك مدة استمرارية المطر، وبسبب ما يفقد من مياه الأمطار فإن الحجم الفعلي للمياه الجارية نتيجة الأمطار يمكن استنتاجها من العلاقة:

$$Q = CiA \qquad (٢,٣)$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

حيث C يمثل معامل مياه الأمطار الجارية على سطح الأرض والذي يختلف بحسب نوع السطح كما يوضحه الجدول (١,٣).

وعندما تحتوي المنطقة المصرفة على أسطح مختلفة بمعاملات متباينة، فإن المعامل المناسب لكل سطح يضرب في جزئية مساحته ومن ثم تجمع المعاملات كما في العلاقة:

$$C_{avg} = \frac{\sum C_i \cdot A_i}{\sum A_i} \qquad (٣,٣)$$

جدول (١,٣): معامل مياه الأمطار الجارية لعدة أسطح مختلفة

نوع السطح	C
أسقف مانعة للماء (مثل أسقف المباني)	٠,٧٠ – ٠,٩٥
شوارع مسفلتة	٠,٨٠ – ٠,٩٠
حدائق وملاعب رياضية	٠,١٠ – ٠,٢٥
ممرات وأرصفة مسفلتة	٠,٧٥ – ٠,٨٥
ممرات وأرصفة بالركام	٠,١٥ – ٠,٣٠
أرض عشبية على تربة رملية وتميل ٢٪	٠,٠٥ – ٠,١٠
أرض عشبية على تربة رملية وتميل بين ٢ و٧٪	٠,١٠ – ٠,١٥
أرض عشبية على تربة رملية وتميل بنسبة أعلى من ٧٪	٠,١٥ – ٠,٢٠
أرض عشبية على تربة ثقيلة وتميل ٢٪	٠,١٣ – ٠,١٧
أرض عشبية على تربة ثقيلة وتميل بين ٢ و٧٪	٠,١٨ – ٠,٢٢
أرض عشبية على تربة ثقيلة وتميل بنسبة أعلى من ٧٪	٠,٢٥ – ٠,٣٥

مثال (١,٣):

احسب معامل مياه الأمطار الجارية لمنطقة سكنية مساحتها الإجمالية $0,5\ km^2$ ، حيث تغطي المباني ٣٥٪ من هذه المساحة وتغطي الممرات والأرصفة مسفلتة ٤٠٪ ، بينما تمثل النسبة المتبقية أرض

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

مستوية بتربة رملية ومغطاة بعشب. ما هي كمية المياه المصرفة من هذه المنطقة عندما تكون شدة المطر 64 mm/hr؟

الحل:

الجدول التالي يبين حساب معامل مياه الأمطار الجارية بحسب المساحات الموضحة في المثال.

نوع المساحة	نسبة المساحة (٪)	المساحة الجزئية A_i (m^2)	المعامل C_i من جدول (١ -٣)	$C=\frac{\sum C_i \cdot A_i}{\sum A_i}$
مباني	٣٥	175000	٠,٧٠ – ٠,٩٥	٠,٢٤٥- ٠,٣٣٢٥
ممرات وأرصفة مسفلتة	٤٠	200000	٠,٧٥ – ٠,٨٥	٠,٣٠٠- ٠,٣٤٠
أرض عشبية مستوية على تربة رملية	٢٥	١٢٥٠٠٠	٠,٠٥ – ٠,١٠	٠,٠١٢٥- ٠,٠٢٥
المجموع				٠,٥٥٧٥- ٠,٦٩٧٥

من الجدول أعلاه يتبين أن معامل مياه الأمطار الجارية للمنطقة يتراوح من ٠,٥٥٧٥ كحد أدنى إلى ٠,٦٩٧٥ كحد أعلى. وعند تصميم نظام تصريف السيول لهذه المنطقة فمن المناسب أخذ القيمة الأعلى من المعامل احتياطاً لكميات كبيرة من مياه السيول المتدفقة.

وبالتالي فإن كمية مياه السيول المصرفة للمنطقة هي:

$$Q = CiA = 0.6975 \times \frac{100}{1000}\frac{m}{hr} \times 0.5 \times 10^6\ m^2 = 22320\ \ m^3/hr$$

٣,٣ وقت التجميع Time of Concentration

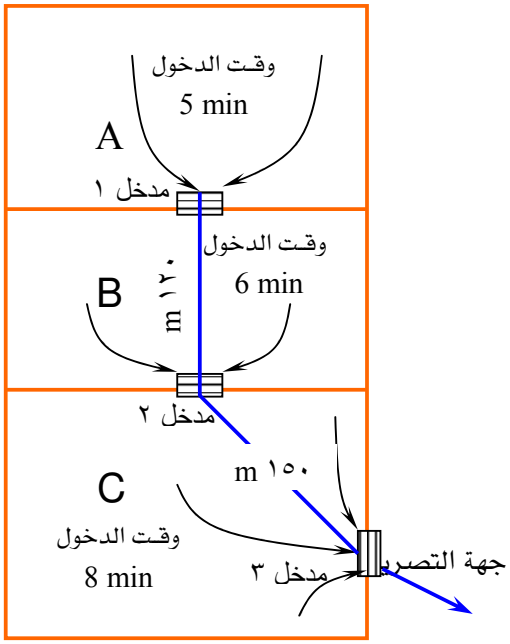
عند سقوط الأمطار على منطقة مخدومة بنظام تصريف السيول فإن المياه الجارية تحتاج إلى وقت لتتدفق من مساحات المنطقة المختلفة إلى فتحات أو مداخل التصريف وهذا الوقت يشتمل على وقت التدفق (time of flow) ووقت الدخول (inlet time).

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

إن القصد من وقت التدفق هو الوقت الذي تحتاجه مياه السيول للتدفق من نقطة إلى أخرى، أما وقت الدخول فيقصد به الوقت من بدء سقوط المطر إلى اللحظة التي يبدأ عندها الماء بالتدفق في أنابيب تصريف السيول، وتتراوح قيمته في الغالب من 5 min إلى 20 min . ويتأثر وقت التجميع بعدة عوامل أهمها: ميول الأرض، المسافة بين فتحات تصريف السيول، نوع الأسطح المصرفة، الأحوال الجوية. فعلى سبيل المثال، يكون وقت الدخول 5 min للطرق التي عرضها أكبر من أو يساوي ١٢,٥ m والمسافة بين فتحات التصريف أقل من أو تساوي 20 m . أي أن وقت التجميع هو الوقت اللازم لتدفق مياه السيول الجارية بأعلى كمية عند شدة مطر كافية لوصول تدفق أبعد نقطة إلى فتحات التصريف.

مثال (٢,٣):

الشكل (١,٣) يوضح منطقة بها نظام تصريف السيول وتحتوي على ثلاثة أجزاء حسب التقسيم المائي لها (watershed). احسب وقت التجميع إذا علمت أن سرعة التدفق في الأنابيب 0.75 m/s.



شكل (١,٣): رسم توضيحي للمثال (٢,٣)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

الحل:

من خلال العلاقة بين كل من المسافة والسرعة والزمن يتم حساب وقت التدفق في أنابيب الصرف كما يلي :

وقت التدفق خلال الأنبوب من المدخل ١ إلى المدخل ٢:

$$= \frac{120\ \ m}{0.75\ \frac{m}{s} \times 60\ \frac{\text{sec}}{\text{min}}} = 2.67\ \text{min}$$

وقت التدفق خلال الأنبوب من المدخل ٢ إلى المدخل ٣:

$$= \frac{150\ \ m}{0.75\ \frac{m}{s} \times 60\ \frac{\text{sec}}{\text{min}}} = 3.33\ \ \text{min}$$

وقت التجميع من أبعد نقطة في كل تقسيم مائي إلى المدخل الأخير (مدخل ٣):

للمساحة A :

$$= 5 + 2.67 + 3.33 = 11\ \text{min}$$

للمساحة B :

$$= 6 + 3.33\ = 9.33\ \ \text{min}$$

للمساحة C :

$$= \ \ 8\ \ \ \text{min}$$

وبالتالي فإن أعلى وقت تجميع للمنطقة هو 11 min وهو الوقت الذي يمثل فترة تساقط المطر.

٤,٣ شدة أو غزارة المطر Rainfall Intensity

يمكن القول أن تحديد شدة سقوط المطر من أكثر العوامل تعقيداً، فهي تعتمد على مدة استمرار السقوط، لذا من المتوقع أن تكون غزارة المطر عالية عندما تكون الفترة قصيرة، ومن المناسب تمثيل

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

معلومات سقوط الأمطار على شكل منحنيات مثل تلك الموضحة في الشكل (٢,٣) والتي تربط مدة سقوط الأمطار مع غزارتها لفترات دورية عند ٥، ١٠، و ٢٥ سنة.

وعند التصميم فإن منحنى ٥ سنوات يستخدم للمناطق السكنية، ومنحنى ١٠ سنوات للمناطق التجارية، أما منحنى ٢٥ سنة فيمكن استخدامه للمناطق المعرضة إلى فيضانات قد ينتج عنها أضرار في الممتلكات.

وهناك عدد من الصيغ التجريبية التي يمكن الاستعانة بها في حساب شدة سقوط المطر، وأكثر تلك الصيغ تطبيقاً العلاقة التالية:

$$i = \frac{A}{t + B} \qquad (٤,٣)$$

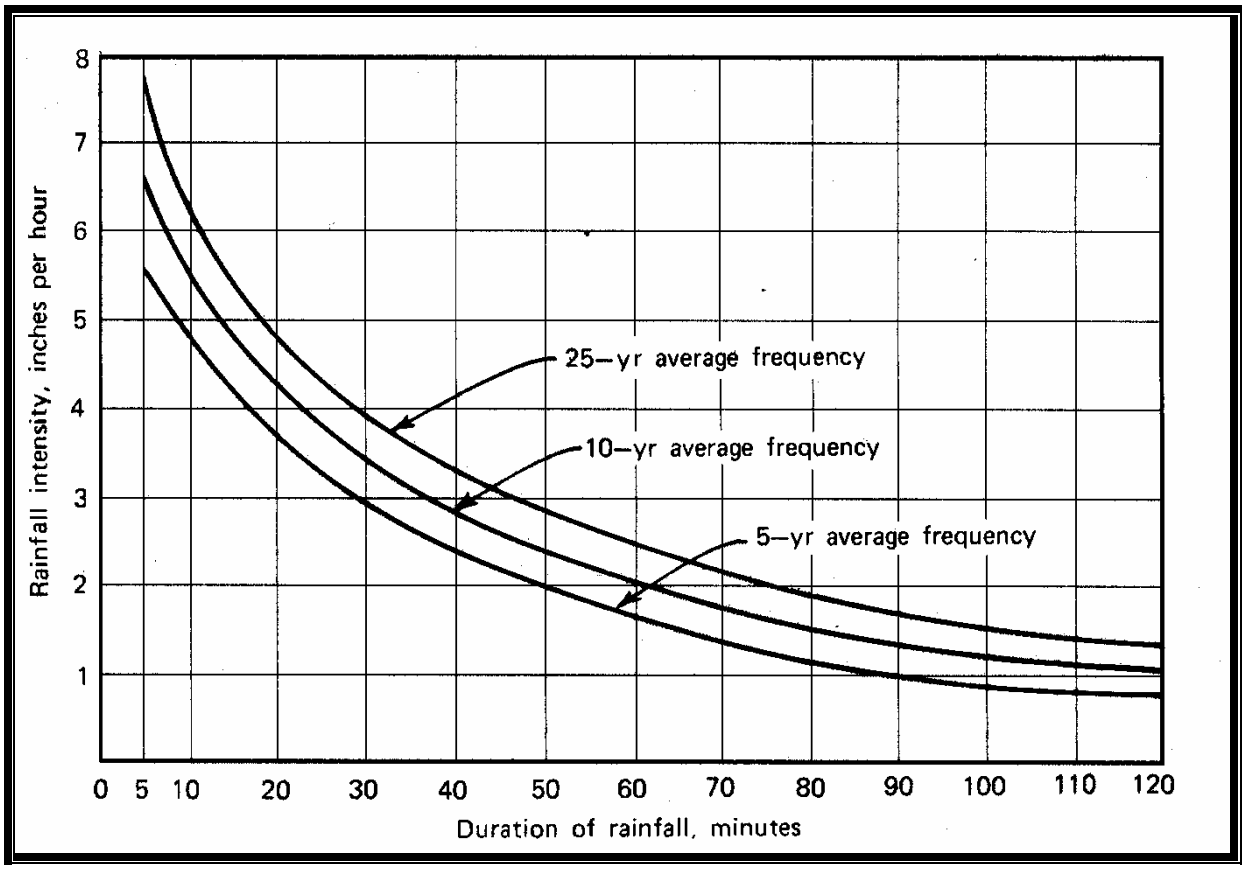
حيث:

i: شدة أو غزارة المطر (mm/hr).

t: فترة سقوط المطر – وقت التجميع (min).

$A \& B$: ثوابت تعتمد على المنطقة.

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM



الشكل (٢,٣): منحنيات شدة – فترة المطر

مثال (٣,٣):

احسب كمية مياه السيول المصرفة لمنطقة مساحتها الإجمالية km^2 ٠,٢٥ ومعامل مياه السيول الجارية $C = 0.30$ ، وشدة سقوط المطر عليها خلال 12 min تمثلها الصيغة $i = \frac{4830}{t + 25}$.

الحل:

شدة سقوط المطر:

$$i = \frac{4830}{t + 25} = \frac{4830}{12 + 25} = 130 .5 \ mm / hr$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

كمية المياه المصرفة:

$$Q = CiA = 0.30 \times 130.5 \frac{mm}{hr} \times \frac{m}{1000\ mm} \times 0.25\ km^2 \times \frac{10^6\ m^2}{km^2} \cong 9800 \frac{m^3}{hr}$$

٥,٣ تدفق المياه في مجاري السيول Flow in Sewers

عندما تصل مياه السيول إلى أنابيب الصرف تبدأ في التدفق بشكل منتظم تحت تأثير الجاذبية الأرضية. إلا أن ذلك التدفق يعتمد على عدة عوامل منها: ميول أنابيب الصرف، مساحة مقاطعها، خشونة الأنابيب، حالة التدفق، وجود عوائق بأنظمة الصرف.

إن تدفق المياه في الأنابيب بشكل جزئي (غير ممتلئة) تكون أشبه بالقنوات المائية المفتوحة، بحيث تطبق عليها معادلة مانق (Manning Equation) والتي تأخذ الصيغة:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \qquad (٥,٣)$$

حيث:

V: سرعة تدفق الماء في الأنبوب

n : معامل خشونة أو احتكاك الأنبوب

R: نصف قطر الأنبوب الهيدروليكي: $R = \frac{D}{4}$

S: درجة ميل الأنبوب

وبمعرفة سرعة التدفق في أنبوب الصرف ومساحة مقطع الأنبوب يمكن حساب كمية المياه المتدفقة من المعادلة:

$$Q = A \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} \qquad (٦,٣)$$

أما إذا كان أنبوب التصريف مملوء بالكامل فإن سرعة تدفق المياه خلاله وكميتها يتم حسابهما من المعادلتين التاليتين:

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

$$V = \frac{0.397}{n} D^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \qquad (٧,٣)$$

$$Q = \frac{0.312}{n} D^{\frac{8}{3}} S^{\frac{1}{2}} \qquad (٨,٣)$$

حيث (D) يمثل قطر الأنبوب، ووحدتي السرعة وكمية التدفق هما: m/s و m^3/s على التوالي.

ويختلف معامل الاحتكاك بحسب طبيعة المادة المصنوعة منها الأنبوبة، وتتغير مع عمر استخدام الأنبوب، والجدول (٢,٣) يبين قيم معامل الاحتكاك لمواسير مصنوعة من مواد مختلفة.

جدول (٢,٣): معامل الاحتكاك (n) لأنابيب مختلفة المواد

نوع الأنبوب	n
زهر مغطاة بالبتومين	٠,٠١١ – ٠,٠١٤
فخار مزجج	٠,٠١٠ – ٠,٠١٧
فخار غير مزجج	٠,٠١١ – ٠,٠١٧
خرساني	٠,٠١٢ – ٠,٠١٦
صلب مبرشم	٠,٠١٣ – ٠,٠١٧
صلب ملحوم	٠,٠١٠ – ٠,٠١٣

مثال (٤,٣):

أنبوب دائري يميل بمقدار ٠,٠٠٢٥ ويحمل كمية مياه مقدارها 0.04 m^3/s وهو مملوء بالكامل. فإذا كان معامل احتكاكه $n = 0.013$ ، فكم يكون قطره؟ وما سرعة تدفق المياه خلاله؟

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

الحل:

يتم حساب قطر الأنبوب من المعادلة (٨,٣):

$$Q = \frac{0.312}{n} D^{\frac{8}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$0.048 = \frac{0.312}{0.013} D^{\frac{8}{3}} (0.0025)^{\frac{1}{2}}$$

$$D = (0.04)^{3/8} = 0.30\ m = 300\ mm$$

بعد حساب قطر الأنبوب، تستخدم المعادلة (٢,٣) لتحديد سرعة التدفق:

$$V = \frac{0.397}{n} D^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$= \frac{0.397}{0.013} (0.30)^{\frac{2}{3}} (0.0025)^{\frac{1}{2}} = 0.68\ m/s$$

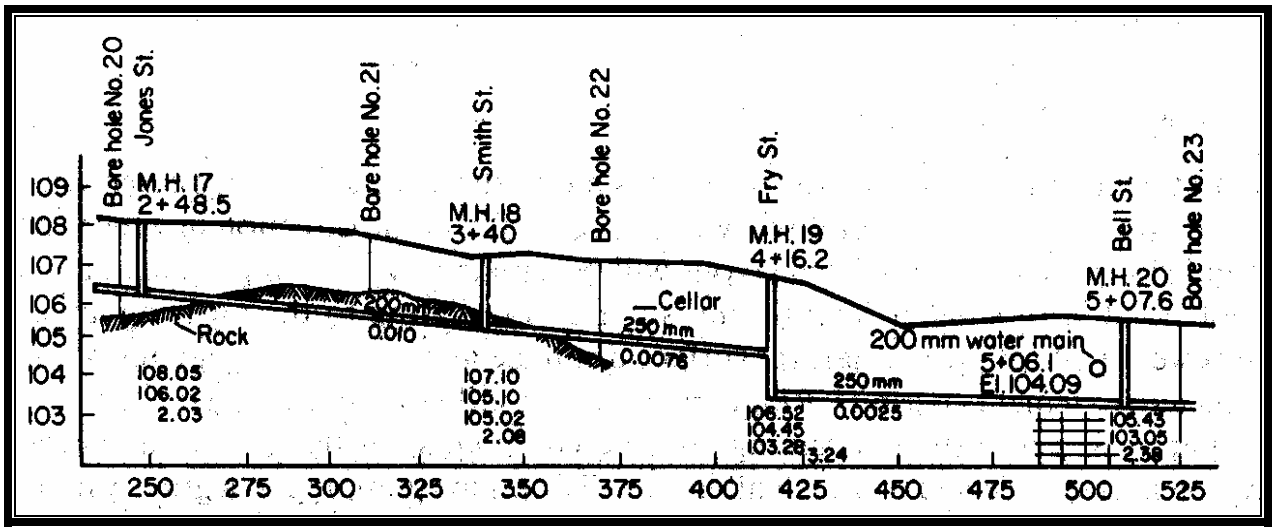
يلاحظ أن السرعة أقل من 1.0 m/s وهذا سوف يزيد من مشكلة الترسبات في الأنابيب.

٦,٣ القطاع الجانبي The Profile

هو المقطع الذي يوضح معالم الحفر لكل خط تصريف، بحيث يرسم بمقياس رسم أفقي يتراوح من ١:٥٠٠ إلى ١:١٠٠٠ ومقياس رسم رأسي يكون عادةً عشرة أضعاف مقياس الرسم الأفقي. ويوضح القطاع الجانب، كما في الشكل (٣,٣)، معلومات:

- منسوب سطح الأرض وموقع الطبقة الصخرية ونوع فرشة الأنابيب المستخدمة.
- أقطار وأطوال وميول الأنابيب ومستوى قعر كل منها.
- مواقع المطابق وأعماقها وأرقامها، وكذلك الجسات الأرضية إن وجدت.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر



شكل (٣,٣): قطاع جانبي لتمديدات شبكة التصريف

٧,٣ ملحقات شبكات تصريف السيول Sewer Appurtenances

المطابق Manholes

تعد المطابق من أهم ملحقات شبكات تصريف مياه السيول، ويتم إنشائها حسب مواصفات محددة تسمح بأعمال النظافة والصيانة. وتصنع من الخرسانة المسلحة أو الخرسانة العادية أو الطوب، والشكل (٤,٣) يبين أحد المطابق. وتأخذ المطابق الشكل الدائري أو المربع ويكون غطائها على مستوى منسوب الشارع ويغطى بحديد زهر يكون ثقيلاً حتى يتحمل حركة المرور عليه.

أما قاع المطبق فيأخذ شكل القناة المبطنة عمقها يتناسب مع قطر الأنبوب ومنسوبها يتناسب مع منسوب قاع الأنبوب. وتوضع المطابق على امتداد أنابيب الشبكة في الحالات التالية:

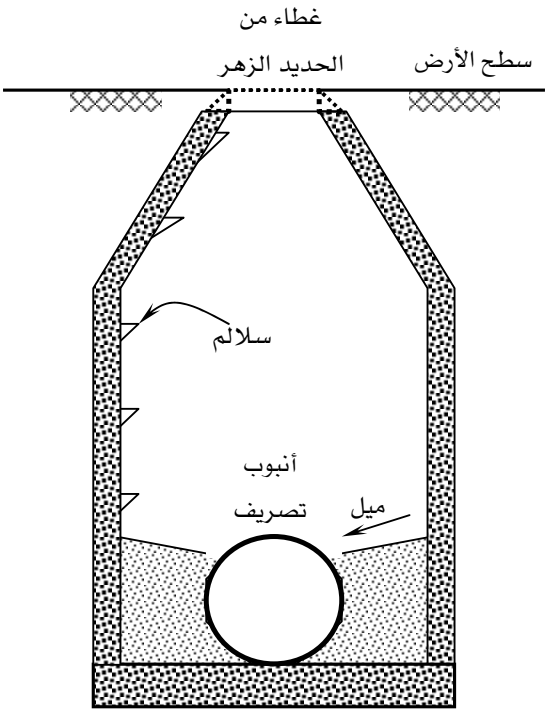
- تغير اتجاه الأنبوب
- تغير ميل الأنبوب
- تغير مفاجئ في المنسوب
- تغير قطر الأنبوب
- وجود المسافات المستقيمة الطويلة
- مكان تقاطع الأنابيب

المداخل (البالوعات) Inlets

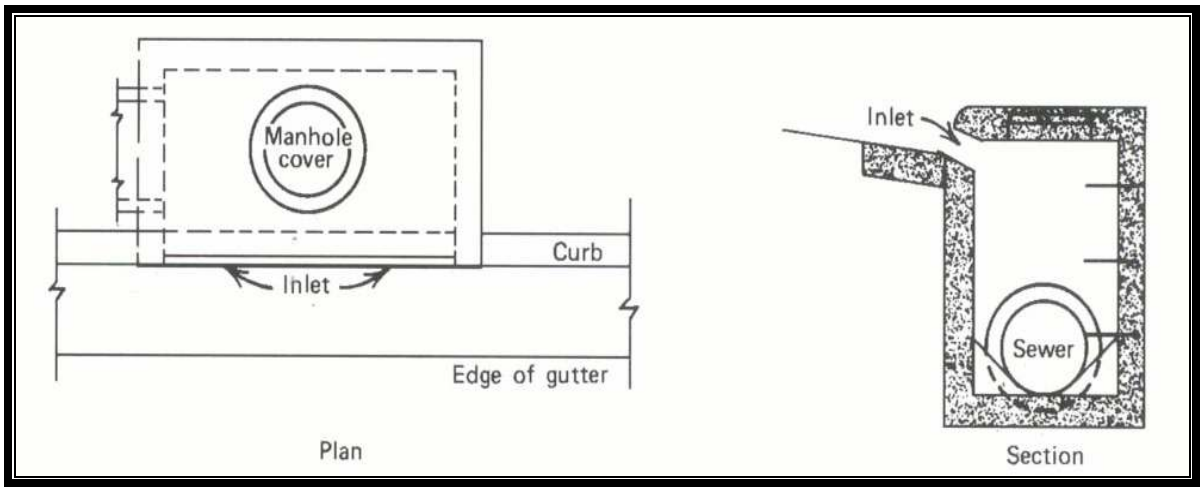
المدخل هو الفتحة التي على سطح الأرض وتستقبل المياه السطحية الجارية وتحولها إلى شبكة تصريف السيول. وتصنف البالوعات بحسب طريقة دخول الماء إليها، فهي إما بالوعات ذات مدخل رأسي

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

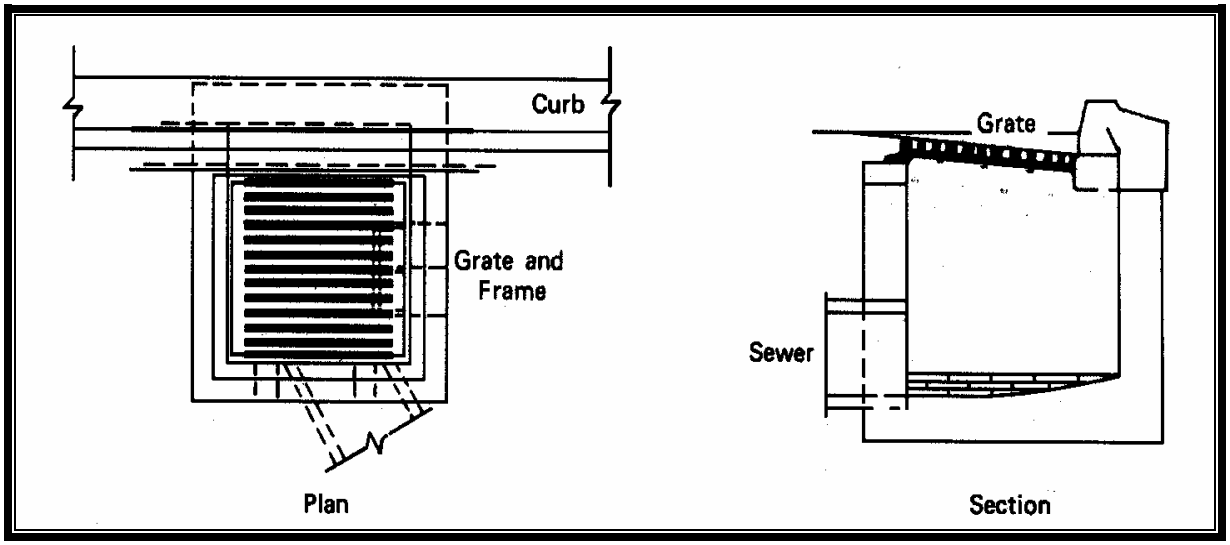
لتصريف مياه الأمطار كما يبينها الشكل (٥,٣)، وإما بالوعات ذات مدخل أفقي كما يوضحها الشكل (٦,٣). وتوضع البالوعات في الأماكن ذات المناسيب المنخفضة من الطريق والتي تكون تجمع للمياه السطحية. .وتتصل كل بالوعة مع خطوط شبكة التصريف عن طريق أقرب مطبق كما يوضح ذلك الشكل (٧,٣).



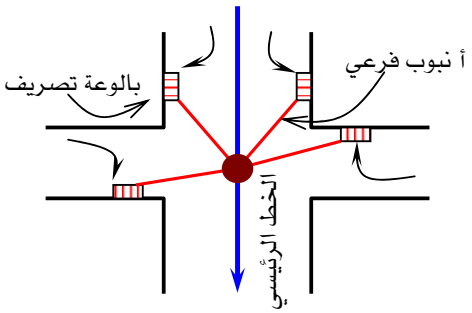
شكل (٤,٣): مقطع لمطبق نموذجي



الشكل (٥,٣): بالوعة تصريف الأمطار ذات مدخل رأسي



الشكل (٦,٣): بالوعة تصريف الأمطار ذات مدخل أفقي



الشكل (٧,٣): تصريف مياه الأمطار في تقاطع طريق

٨,٣ تصميم مجاري السيول Design of Storm Sewers

قبل الشروع في أعمال تصميم شبكات تصريف مياه السيول، لا بد من عمل الدراسات الأولية المتمثلة في جمع المعلومات التالية:

- خرائط لمنطقة المشروع والمتوفرة لدى البلدية بحيث توضح المباني والشوارع والأرض الفضاء والخطوط الكنتورية وعلامة منسوب المنطقة، ويفضل أن تكون بمقياس رسم من ١:١٠٠٠ إلى ١:٣٠٠٠.
- حالة تربة المنطقة من حيث قدرة تحملها ومنسوب المياه الجوفية بها وعمق الطبقة الصخرية، ومدى الحاجة إلى الحوائط الساندة أثناء عمليات الحفر، وقد يكون من المناسب عمل جسات محدودة لتحريات التربة.
- نوع الخدمات المتوفرة بالمنطقة مثل خطوط شبكات تغذية المياه والكهرباء والهاتف وغيرها، وبعض المنشآت القائمة مثل الأنفاق والجسور، ومدى إعاقتها لمشروع شبكات السيول، واقتراح الحلول البديلة في حالة وجود هذه العوائق.

أما تصميم مجاري السيول فيتم باتباع الخطوات التالية:

١) تقسيم منطقة المشروع إلى مناطق جزئية بخطوط حسب التقسيم المائي المناسب (A).
٢) إيجاد معامل مياه السيول الجارية حسب طبيعة كل منطقة (C).
٣) إيجاد الوقت اللازم لدخول مياه الأمطار الجارية إلى البالوعات (t).
٤) حساب شدة أو غزارة المطر بحسب المعلومات المتوفرة عن كل منطقة(i).
٥) حساب كمية مياه السيول المتدفقة لكل مقطع من المنطقة($Q = C \cdot i \cdot A$).
٦) استخدام معادلة مانق لحساب قطر أنبوب التصريف لكل مقطع.

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

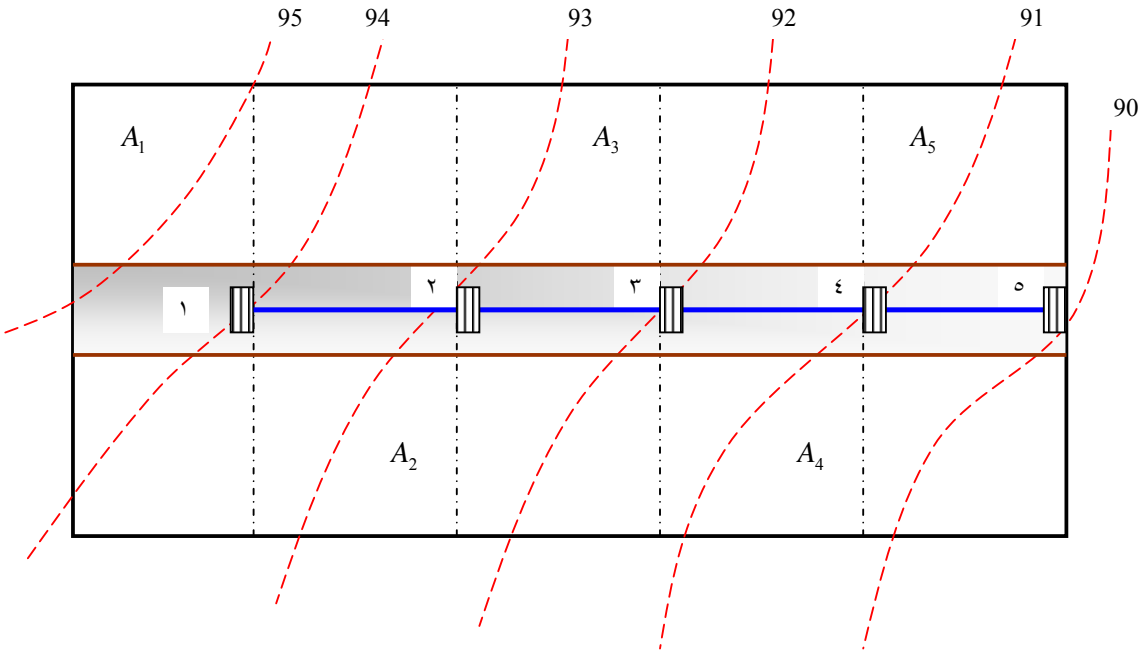
مثال (٥,٣):

الشكل أدناه يوضح منطقة يراد تصميم شبكة تصريف مياه السيول بها، وقد تم تقسيم المنطقة إلى خمسة أجزاء، ومعطى:

- مساحة الأجزاء:

$$A_1 = 1.55 \times 10^{-2}\ km^2$$
$$A_2 = 1.40 \times 10^{-2}\ km^2$$
$$A_3 = 1.22 \times 10^{-2}\ km^2$$
$$A_4 = 1.05 \times 10^{-2}\ km^2$$
$$A_5 = 0.67 \times 10^{-2}\ km^2$$

- وقت الدخول لكل منطقة $t = 10\,\text{min}$
- معامل مياه السيول الجارية $C = 0.40$
- معامل احتكاك الأنابيب $n = 0.013$
- المسافة بين كل مطبقين متتاليين $L = 90m$
- شدة سقوط المطر تمثلها الصيغة $i = \dfrac{2880}{t + 20}$



قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

الحل:

تصميم الخط ٢ -١:

$$A = 1.55\times10^{-2}\ km^2 = 15500\,m^2$$
$$t = 10\ \text{min}$$
$$i = \frac{2880}{t+20} = \frac{2880}{10+20} = 96\,mm/hr = 0.096\,m/hr$$
$$Q = C\cdot i\cdot A = 0.40\times0.096\times15500 = 595.2\ m^3/hr = 0.1653\,m^3/s$$
$$S = \frac{94-93}{90} = 0.011$$

بتطبيق معادلة مانق، يمكن حساب قطر الخط وسرعة تدفق المياه فيه:

$$Q = \frac{0.312}{n}D^{\frac{8}{3}}S^{\frac{1}{2}}$$
$$0.1653 = \frac{0.312}{0.013}D^{\frac{8}{3}}(0.011)^{\frac{1}{2}}$$
$$D_{1-2} = (0.0654)^{3/8} = 0.36\ m = 360\ mm$$

$$V_{1-2} = \frac{0.397}{n}D^{\frac{2}{3}}S^{\frac{1}{2}} = \frac{0.397}{0.013}(0.36)^{\frac{2}{3}}(0.011)^{\frac{1}{2}} = 1.63\,m/s$$

تصميم الخط ٣ -٢:

$$A = 1.55\times10^{-2} + 1.40\times10^{-2} = 2.95\times10^{-2}\ km^2 = 29500\,m^2$$
$$t = 10 + \frac{90}{1.63}\times\frac{1}{60} = 10.92\,\text{min} \cong 11\,\text{min}$$
$$i = \frac{2880}{t+20} = \frac{2880}{11+20} = 92.9\ mm/hr = 0.0929\,m/hr$$
$$Q = C\cdot i\cdot A = 0.40\times0.0929\times29500 = 1096.22\ m^3/hr = 0.3045\,m^3/s$$
$$S = \frac{93-92}{90} = 0.011$$
$$Q = \frac{0.312}{n}D^{\frac{8}{3}}S^{\frac{1}{2}}$$
$$0.3045 = \frac{0.312}{0.013}D^{\frac{8}{3}}(0.011)^{\frac{1}{2}}$$
$$D_{2-3} = (0.1204)^{3/8} = 0.453\ m \cong 450\ mm$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

$$V_{2-3}=\frac{0.397}{n}D^{\frac{2}{3}}S^{\frac{1}{2}}=\frac{0.397}{0.013}(0.45)^{\frac{2}{3}}(0.011)^{\frac{1}{2}}=1.88\,m/s$$

تصميم الخط ٤ -٣:

$$A=1.55\times10^{-2}+1.40\times10^{-2}+1.22\times10^{-2}=4.17\times10^{-2}\ km^2=41700\,m^2$$

$$t=11+\frac{90}{1.88}\times\frac{1}{60}=11.80\min$$

$$i=\frac{2880}{t+20}=\frac{2880}{11.8+20}=90.6\ mm/hr=0.0906\ m/hr$$

$$Q=C\cdot i\cdot A=0.40\times0.0906\times41700=1096.22\ m^3/hr=0.42\ m^3/s$$

$$S=\frac{92-91}{90}=0.011$$

$$Q=\frac{0.312}{n}D^{\frac{8}{3}}S^{\frac{1}{2}}$$

$$0.42=\frac{0.312}{0.013}D^{\frac{8}{3}}(0.011)^{\frac{1}{2}}$$

$$D_{3-4}=(0.167)^{3/8}=0.51\ m\cong500\ mm$$

$$V_{3-4}=\frac{0.397}{n}D^{\frac{2}{3}}S^{\frac{1}{2}}=\frac{0.397}{0.013}(0.50)^{\frac{2}{3}}(0.011)^{\frac{1}{2}}=2.02\,m/s$$

تصميم الخط ٥ -٤:

$$A=1.55\times10^{-2}+1.40\times10^{-2}+1.22\times10^{-2}+1.05\times^{-2}=5.22\times10^{-2}\ km^2=52200\,m^2$$

$$t=11.8+\frac{90}{2.02}\times\frac{1}{60}=12.54\min$$

$$i=\frac{2880}{t+20}=\frac{2880}{12.54+20}=88.51\,mm/hr=0.08851\,m/hr$$

$$Q=C\cdot i\cdot A=0.40\times0.08851\times52200=1848\,m^3/hr=0.51\,m^3/s$$

$$S=\frac{91-90.2}{90}=8.888\times10^{-3}$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

$$Q = \frac{0.312}{n} D^{\frac{8}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$0.51 = \frac{0.312}{0.013} D^{\frac{8}{3}} \left(8.888 \times 10^{-3}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$D_{4-5} = \left(0.225\right)^{3/8} = 0.572 \ m \cong 570 \ mm$$

$$V_{4-5} = \frac{0.397}{n} D^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} = \frac{0.397}{0.013} (0.57)^{\frac{2}{3}} \left(8.888 \times 10^{-3}\right)^{\frac{1}{2}} = 1.98 \, m/s$$

بعد حساب أقطار الأنابيب وسرعة المياه فيها لجميع الخطوط، يلزم التأكد من تحقيق شروط التصميم وذلك على النحو التالي:

- أن سرعة تدفق المياه لجميع الخطوط أعلى من السرعة الدنيا وهي 1.0 m/s .
- أن أقطار الأنابيب لجميع الخطوط أكبر من القطر الأقل وهو 300 mm .
- أن أحجام الأقطار تزيد مع زيادة المساحة المصرفة، وهذا هو المطلوب.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

شبكات المياة والصرف الصحي

شبكات تصريف مياه الصرف الصحي

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

الجدارة:

يتعرف الطالب في هذا الفصل عن أنواع المخلفات السائلة وعن طرق تجميعها وعن كيفية تخطيط وتصميم شبكات تصريف مياه الصرف الصحي.

الأهداف:

عند الانتهاء من هذا الفصل يكون الطالب قادراً على:

١١.معرفة أنواع المخلفات السائلة.

١٢.حساب معدلات التدفق للمخلفات السائلة.

١٣.تخطيط وتصميم شبكات مياه الصرف الصحي.

١٤.معرفة أنواع المواسير المستخدمة في الصرف الصحي.

مستوى الأداء المطلوب: إتقان الطالب لهذا الفصل بنسبة لا تقل عن ٩٠٪

الوقت المتوقع لإنهاء هذا الفصل: ٦ ساعات

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

١,٤ مقدمة Introduction

تشمل مياه الصرف الصحي المخلفات السائلة المستعملة في المباني والمصانع ومياه الأمطار، ويمكن تصنيفها كالتالي:

١. المخلفات السائلة المنزلية: وتسمى أيضاً مياه المجاري وهي المياه المستعملة في الوحدات السكنية والإدارية والمباني العامة، وكذلك تشمل المياه المستعملة في الحمامات والمطابخ وغيرها.

٢. المخلفات السائلة الصناعية: وهي المخلفات الناتجة من المياه التي يتم استعمالها في عمليات التصنيع المختلفة، وتختلف مكوناتها حسب نوع الصناعة والمواد المستخدمة فيها وقد تحتوي في بعض الأحيان على مواد سامة ومواد ضارة، ولذلك لا يسمح بصرفها في شبكات الصرف الصحي إلا إذا توفرت فيها الشروط اللازمة.

٣. مياه الأمطار: وهي المياه التي يتم تجميعها في شبكات الصرف أثناء تساقط الأمطار، وعادة تكون هذه المياه مصحوبة بالأتربة والمواد العضوية المختلفة.

٤. مياه الرشح: وهي المياه الجوفية التي يمكن أن تصل إلى مواسير الصرف إذا كان منسوب المياه الجوفية أعلى من منسوب المواسير. وتتوقف كمية هذه المياه على مسامية التربة ودرجة نفاذية الماء فيها وعلى المواد التي تصنع منها المواسير.

ويتم تجميع مياه المخلفات المنزلية والمخلفات الصناعية ومياه الأمطار في شبكات تصريف تسير بالانحدار الطبيعي إلى غرف تفتيش ومنها ترفع إلى نقاط المعالجة.

٢,٤ الدراسات الأولية لشبكات الصرف الصحي Primary Studies of Sewerage Systems

قبل الشروع في أعمال تصميم شبكات الصرف الصحي، فلا بد من جمع البيانات والمعلومات التالية:

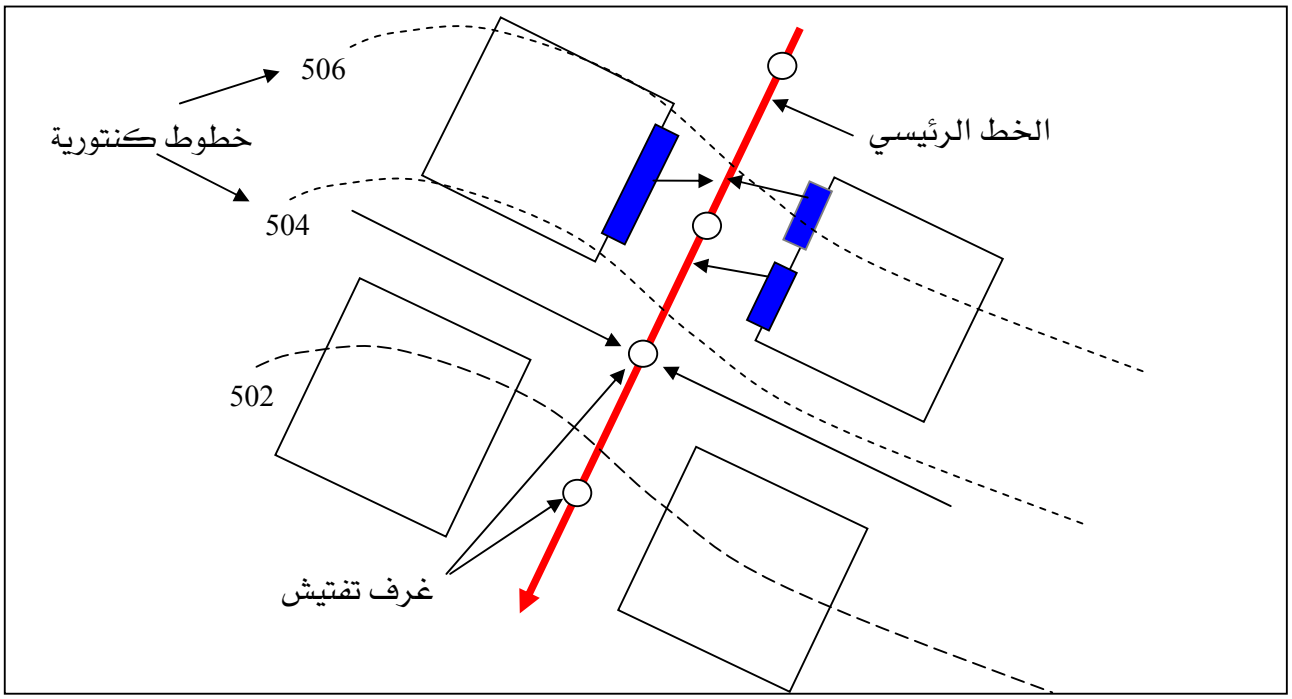
- الخرائط الجغرافية للمنطقة.
- خرائط كنتورية شاملة للمنطقة.
- خرائط تفصيلية تبين مخارج الصرف من المباني.
- خرائط تفصيلية تشمل مواقع خطوط المياه والكهرباء والغاز والهاتف.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

- الكثافة السكانية للمنطقة.
- معلومات عن الأماكن المناطق التجارية والصناعية في المنطقة.
- البيانات الخاصة بمعدلات استهلاك المياه في المنطقة.
- قطاعات طولية تبين طبيعة التربة ومنسوب المياه الجوفية.

٣,٤ التخطيط الأولي للشبكة Primary Planning of Sewerage Networks

بناءً على الدراسات الأولية فإنه يمكن تصور أنسب تخطيط للشبكة بحيث يكون مسار الخطوط خالياً من العوائق. ويتم رسم خطوط الشبكة على طول الشوارع وتوضح بأسهم تبين اتجاه التدفق والتي تكون عادة باتجاه ميول الأرض كما هو موضح في الشكل (٤,١). ويجب أن يبين التخطيط كل التفصيل الخاصة بالخطوط الرئيسة للشبكة وغرف التفتيش وكافة المواسير المجاورة على الطريق.



شكل (١,٤): خريطة كنتورية تبين تخطيط الشبكة

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

4.4 تخطيط القطاع الجاني The profile

يتم رسم القطاع الجانبي العمودي لكل خط من خطوط الشبكة بناءً على البيانات المساحية كما هو مبين في الشكل (٣,٣). وكما هو الحال في مشاريع تصريف مياه السيول فإن القطاع الجانبي لخطوط شبكة تصريف مياه الصرف الصحي يلزم أن يتراوح مقياس التخطيط الأفقي لها من ١:٥٠٠ إلى ١:١٠٠٠ حسب التفاصيل اللازم توضيحها. أما مقياس التخطيط الرأسي فيمكن أن يؤخذ ١٠ أضعاف المقياس الأفقي. ويجب أن يبين الوجه الجانبي كل المعلومات الخاصة بمستوى سطح الأرض ومواقع غرف التفتيش ونوع الفرش وميول المواسير وحجم المواسير وغيرها.

٥,٤ تصميم شبكات الصرف الصحي Design of Sewerage Systems

يتوقف تصميم شبكات الصرف الصحي على الأمور التالية:

١. استخدام مواسير ذات أقطار أكبر من ٢٠٠ مم كحد أدنى بالنسبة للخطوط الرئيسة ومواسير ذات أقطار أكبر من ١٥٠ مم كحد أدنى بالنسبة للوصلات المنزلية.

٢. حساب معدلات التدفق للمخلفات السائلة للمنطقة.

٣. اختيار القوانين الهيدروليكية المناسبة للتصميم.

٤. تحديد سرعة التدفق وميول الخطوط.

٥. اختيار نوع وحجم المواسير.

٦. اختيار الملحقات اللازمة للشبكة.

ويجب مراعاة الأسس التالية عند التصميم:

١. أن لا تقل السرعة التصميمية للتدفق عندما تكون المواسير مملوءة عن:

- ٩٠ سم/ثانية للمواسير التي تصل أقطارها إلى ٢٠٠ مم.
- ٨٠ سم/ثانية للمواسير التي تكون أقطارها بين ٢٠٠ و ٥٠٠ مم.
- ٧٥ سم/ثانية للمواسير التي تزيد أقطارها عن ٥٠٠ مم.

٢. أن لا تقل السرعة في أي خط عن السرعة في الخط السابق له.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٣. أن لا تقل السرعة في المواسير عن ٤٥ سم/ثانية في حالة أدنى تدفق.

٤. أن لا تزيد السرعة في شبكات الصرف الصحي في جميع الأحوال عن ٣٠٠ سم/ثانية.

٥. أن لا يقل الميل عن ٠,٠٠٣٣ للمواسير التي أقطارها ٢٠٠ مم وعن ٠,٠٠٠٨ للمواسير ٩٠٠ مم.

٦,٤ معدلات تدفق المخلفات السائلة Waste Water Flow Rate

تختلف معدلات تدفق المخلفات السائلة من منطقة لأخرى حسب اختلاف الكثافة السكانية ومعدلات الاستهلاك للمياه ونوعية وأحجام المواسير. ويتم حساب معدلات تدفق مياه الصرف الصحي كالتالي:

متوسط التدفق

(١,٤) = الكثافة السكانية × مساحة المنطقة × متوسط الاستهلاك اليومي × ٠,٧٥

(٢,٤) أقصى تدفق = متوسط التدفق × P

حيث:

P : معدل الذروة (Peaking factor) $2 \le P \le 6$

وإذا كان التعداد السكاني أقل من ٨٠٠٠٠ نسمة فإن:

$$P = \frac{5.75}{p^{0.2}} \qquad (٣,٤)$$

أما إذا كان التعداد أكبر من ٨٠٠٠٠ نسمة فإن:

$$P = 1 + \frac{18}{4 + p^{0.5}} \qquad (٤,٤)$$

حيث p التعداد السكاني بالآلاف.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٧,٤ المعادلة التصميمية Design Equation

تستخدم القوانين الهيدروليكية المختلفة التي تحكم سريان المياه بالانحدار في المواسير والقنوات، ومن هذه القوانين معادلة مانينج (Manning Equation) التي تعد من بيت المعادلات الأكثر استخداماً في تصميم شبكات الصرف الصحي، وهي:

$$v = \frac{0.397}{n} D^{2/3} S^{1/2} \qquad (٥,٤)$$

$$Q = \frac{0.312}{n} D^{8/3} S^{1/2} \qquad (٦,٤)$$

حيث:

v: السرعة (م/ثانية) (Velocity)

D: قطر المواسير (متر)

S: درجة الميل الهيدروليجية (Hydraulic gradient)

Q: التدفق (متر مكعب/ثانية) (Flow)

n: ثابت = ٠,٠١٣ للمواسير الجديدة و ٠,٠١٥ للمواسير القديمة.

٨,٤ أنواع المواسير المستخدمة في الصرف الصحي وخواصها Types of Pipes and its Properties

تستخدم مواسير متنوعة لصرف المخلفات السائلة، وهي مصنوعة من مواد مختلفة مثل الفخار والخرسانة والبلاستيك والزهر وغيرها. ويراعى في اختيار نوع المواسير الأسس التالية:

١. توفر المواسير بالأقطار والكميات المطلوبة.

٢. مقاومة المواسير للأحمال الخارجية.

٣. طبيعة التربة ومدى تحملها.

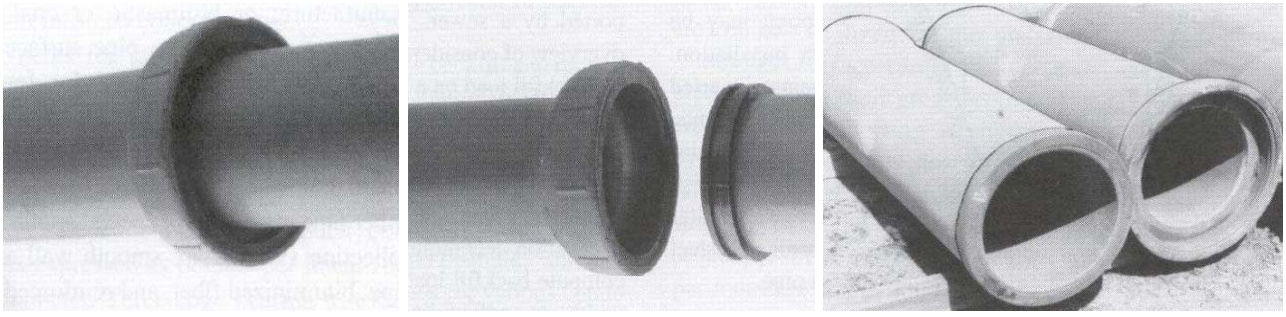
٤. الأسعار المناسبة.

٥. سهولة التنفيذ.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

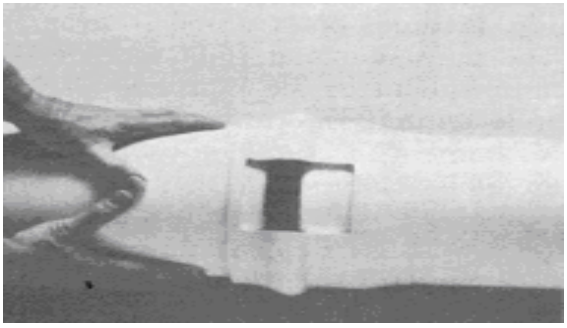
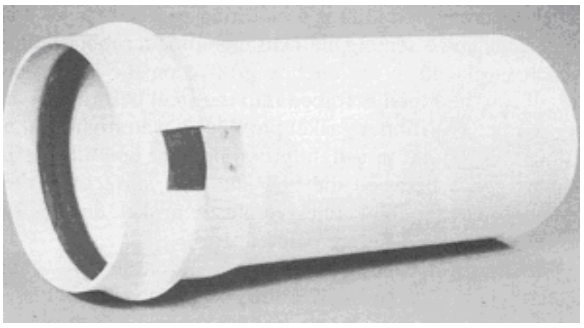
ومن أهم أنواع المواسير ما يلي:

- مواسير الفخار الحجري (Verified clay pipes: VCP): وتنتج بأقطار تتراوح بين ١٥٠ و٦٠٠ مم وتستخدم لخطوط الانحدار فقط، وقدرة تحملها للضغط الداخلي قليلة. ويعد هذا النوع من أفضل أنواع المواسير الحاملة لمياه الصرف الصحي لكونها رخيصة الثمن وسهلة التصنيع والتركيب والصيانة ولها عمر افتراضي طويل، والشكل (٣,٤) يوضح عينة من هذه المواسير.
- مواسير الخرسانة العادية (Plain concrete pipes: PC): وتنتج بأقطار تصل إلى ٣٠٠ مم وبوصلات مرنة مما يساعد خط المواسير على الترتيب دون حدوث أي كسر في حالة هبوط التربة.
- مواسير الخرسانة المسلحة (Reinforced concrete pipes: RC): وتنتج بأقطار كبيرة تتراوح بين ٦٠٠ مم و ٣٠٠٠ مم وبوصلات مرنة وتستخدم عموماً في خطوط الانحدار.
- مواسير الفيبرجلاس (Glass fiber reinforced pipes: GRP): وتنتج بأقطار كبيرة من ٦٠٠ إلى ٣٠٠٠ مم وتتميز بخفة وزنها وبسهولة تركيبها ويمكن تنزيلها وتركيبها يدويا إلى قطر ٨٠٠ مم.
- مواسير بوليفينيل كلورايد (Polyvinyl chloride pipes: PVC): وتتراوح أقطارها من ١٥٠ مم إلى ٣٠٠ مم، وهي خفيفة الوزن وسهلة التركيب، والشكل (٣,٤) يوضح عينة منها.



شكل(٣,٤): مواسير الفخار الحجري (VCP).

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

شكل (٥,٤): مواسير بوليفينيل كلورايد (PVC).

٩,٤ الأحمال ومقاومة المواسير Load and Supporting Strength

يمكن حساب مقاومة المواسير للأحمال الخارجية بإتباع الخطوات التالية:

١. حساب الحمل الناتج عن تربة الردم التي فوق الأنبوب (Earth load).

٢. حساب الحمل الحي (Live load).

٣. تحديد نوع الفرش (Bedding) المحيط بالأنبوب.

٤. حساب معامل الحمل (Load factor).

٥. تطبيق معامل الأمان (Factor of safety).

٦. حساب مقاومة الأنبوب (Pipe strength).

١,٩,٤ الحمل الناتج عن مادة الردم Determination of Earth Load

يمكن حساب الحمل الناتج عن مادة الردم في حالة أنبوب مدفون في خندق كما هو موضح في الشكل (٦,٤) باستخدام العلاقة التالية:

$$W_E = C_d W B \qquad (٧,٤)$$

حيث:

W_E: الحمل الذي يتعرض له الأنبوب لكل وحدة طولية منه.

W: وحدة الأوزان الخاصة بتربة الردم، والجدول (١,٤) يعطي قيم W لبعض أنواع التربة التي تستخدم في ردم المواسير.

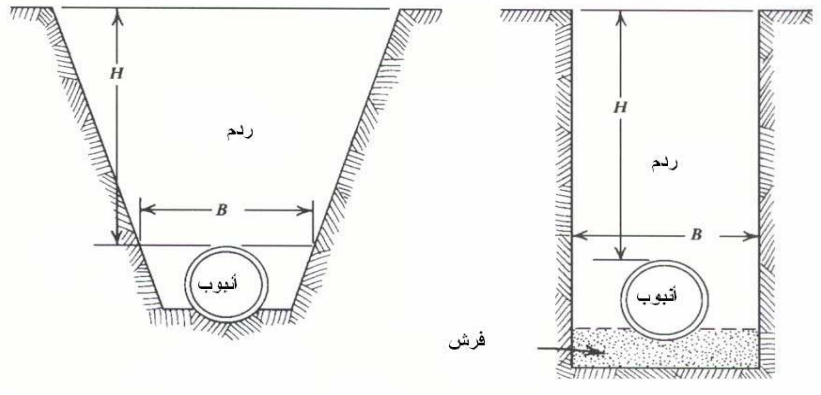
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

B: عرض الخندق، ويمكن أن يستنتج من العلاقة: $B = 1.5\ D + 300$.

C_d: معامل يتعلق بعمق الخندق.

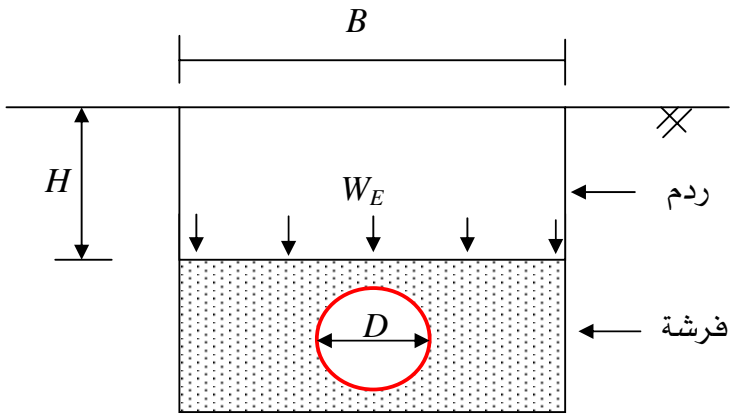
جدول (١,٤) وحدة الأوزان لبعض أنواع التربة.

نوع التربة	وحدة الأوزان (kg/m^3)
رمل جاف (Dry sand)	١٦٠٠
رمل عادي (Ordinary sand)	١٨٤٠
رمل مبلل (Wet sand)	١٩٢٠
رمل رطب (Damp sand)	١٩٢٠
طين مشبع (Saturated clay)	٢٠٨٠
تربة سطحية مشبعة (Saturated topsoil)	١٨٤٠
تربة سطحية ورمل رطب (Sand and damp topsoil)	١٦٠٠



(ب) (أ)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر



(جـ)

شكل (٦,٤): (أ)، (ب)، (ج) - الحمل الناتج عن مادة الردم.

ويمكن الحصول على المعامل C_d من الشكل (٧,٤) أو حسابه باستخدام العلاقة التالية:

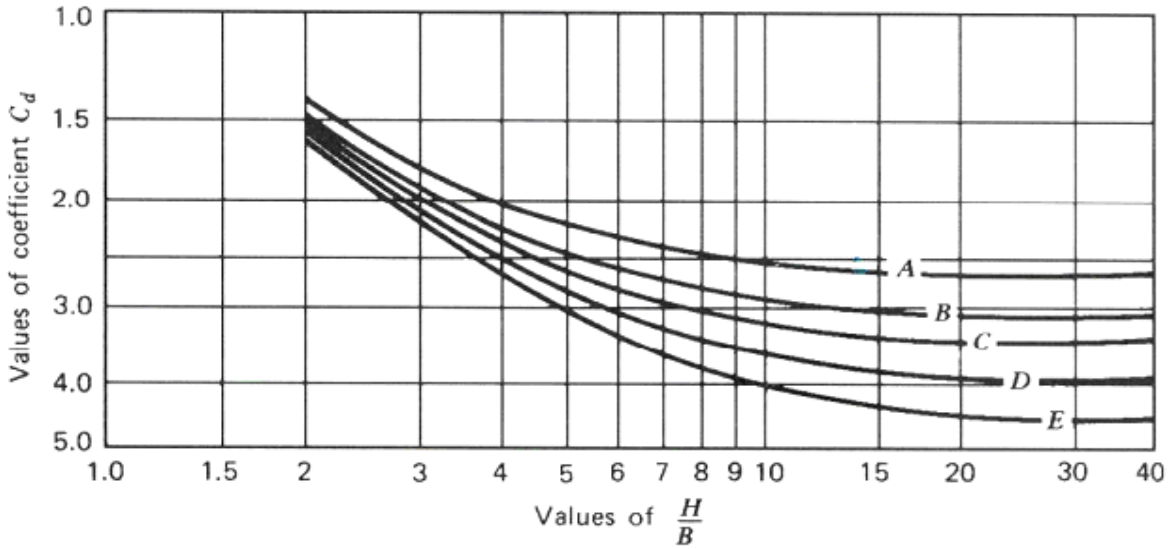
$$C_d = \frac{1 - e^{-2ku'H/B}}{2ku'} \qquad (٨,٤)$$

حيث:

H: عمق الردم الذي فوق الأنبوب.

k: النسبة بين الضغطين الداخلي (Active internal pressure) والرأسي (Vertical Pressure).

u': معامل الاحتكاك بين مادة الردم وجوانب الخندق.



شكل (٧,٤): استنتاج قيم المعامل C_d.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

والجدول (٢,٤) يعطي قيم (ku') لأغلب أنواع التربة المستخدمة في الردم.

جدول (٢,٤) قيم ku' لبعض أنواع التربة

نوع التربة	أقصى قيم ku'
تربة غير متماسكة (Cohesionless granular soil)	٠,١٩٢
رمل وزلط (Sand and gravel)	٠,١٦٥
تربة سطحية مشبعة (Saturated topsoil)	٠,١٥٠
طين (Saturated clay)	٠,١٣٠
طين مشبع (Saturated clay)	٠,١١٠

مثال (١,٤):

احسب الحمل الذي يتعرض له أنبوب موضوع في خندق ومردوم بتربة طينية مبللة، علماً أن:

- قطر الأنبوب = ٦٠٠ مم.
- عمق الخندق = ٣,٦ متر.
- عرض الخندق = ١,٢ متر.

الحل:

الحمل لكل متر طولي من الأنبوب W_E:

$$W_E = C_d WB$$

$$C_d = \frac{1 - e^{-2ku'H/B}}{2ku'}$$

$$ku' = 0.11$$

$$W = 1920 \text{ kg/m}^3$$

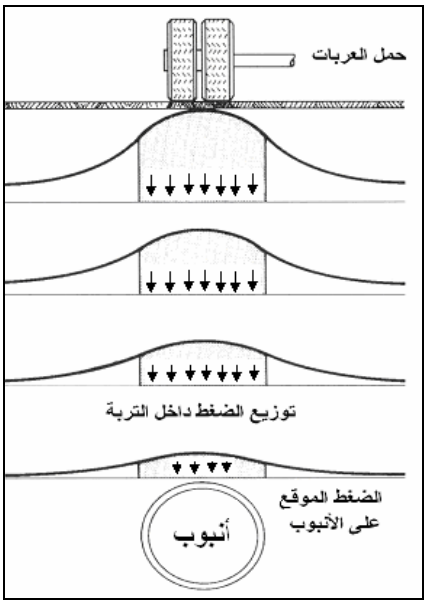
$$C_d = \frac{1 - e^{-2(0.11)3/1.2}}{2(0.11)} = 2.2$$

$$W_E = 2.2 \times (1920) \times (1.2)^2 = 6082 \text{ kg/m}$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٢,٩,٤ الأحمال الحية الواقعة على المواسير Applied Live Load on Pipes

وتشمل أحمال المباني القريبة من خط المواسير والأحمال المرورية وغيرها ، .وتؤثر هذه الأحمال بشكل كبير على الخطوط القريبة من سطح الأرض كما هو مبين في الشكل(٨,٤). ويمكن حساب نسبة الحمل التي تصل إلى خط المواسير باستخدام الجدولين (٣,٤) و(٤,٤).



شكل (٨,٤) تأثير أحمال المرور على المواسير المدفونة.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

جدول (٣,٤): نسبة الأحمال السطحية (الطويلة) التي تصل إلى المواسير.

Proportion of (long) superficial loads pipes in trenches

نسبة العمق إلى العرض	رمل وتربة سطحية	تربة سطحية مشبعة	تربة طينية رطبة	تربة طينية مشبعة
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00
0.5	0.85	0.86	0.88	0.89
1.0	0.72	0.75	0.77	0.80
1.5	0.61	0.64	0.67	0.72
2.0	0.52	0.55	0.59	0.64
3.0	0.37	0.41	0.45	0.51
4.0	0.27	0.31	0.35	0.41
5.0	0.19	0.23	0.27	0.33
6.0	0.14	0.17	0.20	0.26
8.0	0.07	0.09	0.12	0.17
10.0	0.04	0.05	0.07	0.11

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

جدول (٤,٤): نسبة الأحمال السطحية (القصيرة) التي تصل إلى المواسير.

Proportion of (short) superficial loads pipes in trenches

نسبة العمق إلى العرض	رمل وتربة سطحية	تربة سطحية مشبعة	تربة طينية رطبة	تربة طينية مشبعة
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00
0.5	0.77	0.78	0.79	0.81
1.0	0.59	0.61	0.63	0.66
1.5	0.46	0.48	0.51	0.54
2.0	0.35	0.38	0.40	0.44
2.5	0.27	0.29	0.32	0.35
3.0	0.21	0.23	0.25	0.29
4.0	0.12	0.14	0.16	0.19
5.0	0.07	0.09	0.10	0.13
6.0	0.04	0.05	0.06	0.08
8.0	0.02	0.02	0.03	0.04
10.0	0.01	0.01	0.01	0.02

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٣,٩,٤ معامل الحمل Load Factor

يحسب معامل الحمل باستخدام العلاقة التالية:

$$L_f = \frac{[W_E + W_L]}{W_B} \qquad (٩,٤)$$

حيث:

L_f: معامل الحمل

W_L: الحمل الخارجي الذي يتعرض له الأنبوب.

W_B: قدرة التحمل للثلاث حافات (Three-edge bearing strength).

٤,٩,٤ تطبيق معامل الأمان Factor of Safety

عند تحديد مقاومة المواسير للأحمال الخارجية فإن معامل الأمان F_S يحدد بالقيم التالية:

- مواسير الخرسانة المسلحة: $F_S = 1$
- مواسير أخرى غير الخرسانة المسلحة: $F_S = 1.25 - 1.5$

٥,٩,٤ قدرة التحمل اللازمة للمواسير Required Bearing Strength for Pipes

تحسب قدرة تحمل المواسير باستخدام العلاقة التالية:

$$W_B = \left(\frac{W_E}{L_f} + \frac{W_L}{1.5}\right).F_S \qquad (١٠,٤)$$

حيث:

W_B: قدرة التحمل للثلاث حافات (Three-edge bearing strength).

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

ويمكن استعمال الجداول من (٥,٤) إلى (٨,٤) لتصميم مواسير الصرف الصحي المصنوعة من الفخار والخرسانة حسب المواصفات الأمريكية (ASTM).

جدول (٥,٤): أدنى مقاومة تكسير لأنابيب الفخار طبق للمواصفات الأمريكية.
Minimum crushing strength of clay pipe (ASTM)

Nominal size (mm)	Extra strength clay pipe, kgf/linear (m)	Standard strength clay pipe, kgf/linear (m)
100	2980	1790
150	2980	1790
200	3270	2080
250	3570	2380
305	3870	2680
380	4320	2980
460	4910	3270
530	5730	3570
610	6550	3870
690	6990	4170
760	7440	4910
840	8190	5360
915	8930	5960

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

جدول (٦,٤): متطلبات الأبعاد والخواص الفيزيائية لأنابيب الخرسانة الغير مسلحة طبقاً للمواصفات الأمريكية.

Physical and dimensional requirements for non-reinforced concrete pipes (ASTM)

Internal diam., (mm)	Class 1		Class 2		Class 3	
	Minimum thickness of wall, (mm)	Minimum strength, kN/linear m, three-edge bearing	Minimum thickness of wall, (mm)	Minimum strength, kN/linear m, three-edge bearing	Minimum thickness of wall, (mm)	Minimum strength, kN/linear m, three-edge bearing
100	15.9	21.9	19.0	29.2	22.2	35.0
150	15.9	21.9	19.0	29.2	25.4	35.0
200	19.0	21.9	22.2	29.2	28.6	35.0
250	22.2	23.3	25.4	29.2	31.8	35.0
310	25.4	26.3	34.9	32.8	44.5	37.9
380	31.8	29.2	41.3	37.9	47.6	42.2
460	38.1	32.1	50.8	43.8	57.2	48.1
530	44.5	35.0	57.2	48.1	69.9	56.2
610	54.0	37.9	76.2	52.5	95.3	64.2

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

جدول (٧,٤): مقاومة الأحمال لأنابيب الخرسانة المسلحة طبقاً للمواصفات الأمريكية
Supporting strength of concrete pipe

	Standard strength Concrete sewer pipe, C14 Safety factor = 1.5				Extra strength Concrete sewer pipe, C14 Safety factor = 1.5			
Bedding class	D	C	B	A	D	C	B	A
Load factor	1.1	1.5	1.9	3.0	1.1	1.5	1.9	3.0
Internal diameter of pipe, (mm)	Supporting strength, (kN/m)							
150	11.68	16.06	20.44	32.12	21.90	29.20	36.50	58.40
200	13.14	18.98	23.36	37.96	21.90	29.20	36.50	58.40
250	14.60	20.44	26.28	40.88	21.90	29.20	36.50	58.40
310	16.06	21.90	27.74	43.80	23.36	32.12	40.88	65.70
380	17.52	24.82	32.12	51.10	29.20	40.88	51.10	80.30
460	20.44	29.20	36.50	58.40	35.04	48.18	61.32	96.36
530	23.36	32.12	40.88	64.24	40.88	55.48	71.54	113.88
610	42.82	35.04	43.80	70.08	42.34	58.40	74.46	116.80

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

جدول (٨,٤): الأحمال التصميمية لأنابيب الخرسانة المسلحة طبقاً للمواصفات الأمريكية
Design loads for reinforced concrete pipe (ASTM)

Design load, (N/m per mm diameter)		
Class	To produce a 0.25 mm crack	Ultimate
I	38.3	57.4
II	47.9	71.8
III	64.6	95.8
IV	95.8	144.0
V	144.0	180.0

١٠,٤ المطابق الخاصة بشبكات الصرف الصحي Manholes

المطابق عبارة عن فتحات مصممة جدرانها من الطوب أو الخرسانة العادية أو المسلحة، وتنشأ على خطوط الانحدار والهدف من إنشائها تمكين معدات الصيانة أو رجال التسليك من العمل بهدف إزالة كل الرواسب الموجودة في الخطوط. وتوضع المطابق في الأماكن التالية:

١. عند تغير قطر الماسورة.

٢. عند تغير اتجاه الماسورة.

٣. عند تغير ميل الخط.

٤. عند اتصال خطوط التصريف ببعضها.

٥. كل مسافة معينة تناسب قطر الماسورة لتيسير أعمال الصيانة.

وتنشأ المطابق على مسافات مختلفة، فإذا كانت أقطار خطوط التصريف أكبر من ١٢٠٠ مم فتكون المسافات بين المطابق في حدود ١٢٠ م، أما إذا كانت أقطار التصريف أقل أو يساوى ٦٠٠ مم فتكون المسافات بينها من 60 إلى ٨٠ متر. وإذا كانت أقطار المواسير بين ٧٠٠ إلى ١٢٠٠ فيلزم أن تكون الأبعاد بين المطابق في حدود ١٠٠ متر. كما تعتمد أبعاد المطابق على عمقها، فكلما زاد العمق زادت أبعاد المطابق.

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

وللمطابق ثلاثة أشكال: مربع، مستطيل، ودائري. فتكون على شكل مربع طول ضلعه من ٦٠ سم إلى ٧٠ سم إذا كانت أعماقها صغيرة، وتسمى في هذه الحالة بغرف التفتيش، وعادة ما تصمم في بداية الخطوط الفرعية. أما إذا كان العمق في حدود متر واحد فتأخذ الأشكال الثلاثة التالية:

- مربع (١ × ١ متر).
- مستطيل (٠,٨ × ١,٢ متر).
- دائرة قطرها في حدود ١متر.

١١,٤ تجربة الضغط المائيWater Pressure Testing

إن الهدف من تجربة الضغط المائي للمواسير هو التأكد من عدم وجود تسرب أو فقدان للمياه في الخط الذي تم إنشاؤه. وتتم هذه العملية قبل إقفال أو ردم الخط وعند التسليم الابتدائي للمشروع وبعد سنة من تسليم المشروع. وتتم التجربة وفق المراحل التالية:

١. سد فتحة الطرف السفلي لخط المواسير.
٢. ملاء المواسير بالمياه بعد تفريغها من الهواء وتركها لمدة ساعة، حيث يشبع جدار المواسير والوصلات بالمياه مما يؤدى إلى نقص في كمياتها.
٣. إعادة ملاء المواسير بالمياه كمرحلة ثانية وتترك لمدة نصف ساعة.
٤. قياس الكمية المفقودة في المياه بحيث لا تقل عن ٦٠ سم^{٣} في الساعة لكل ١٠٠ متر طولي ولكل مليمتر من قطر الماسورة.

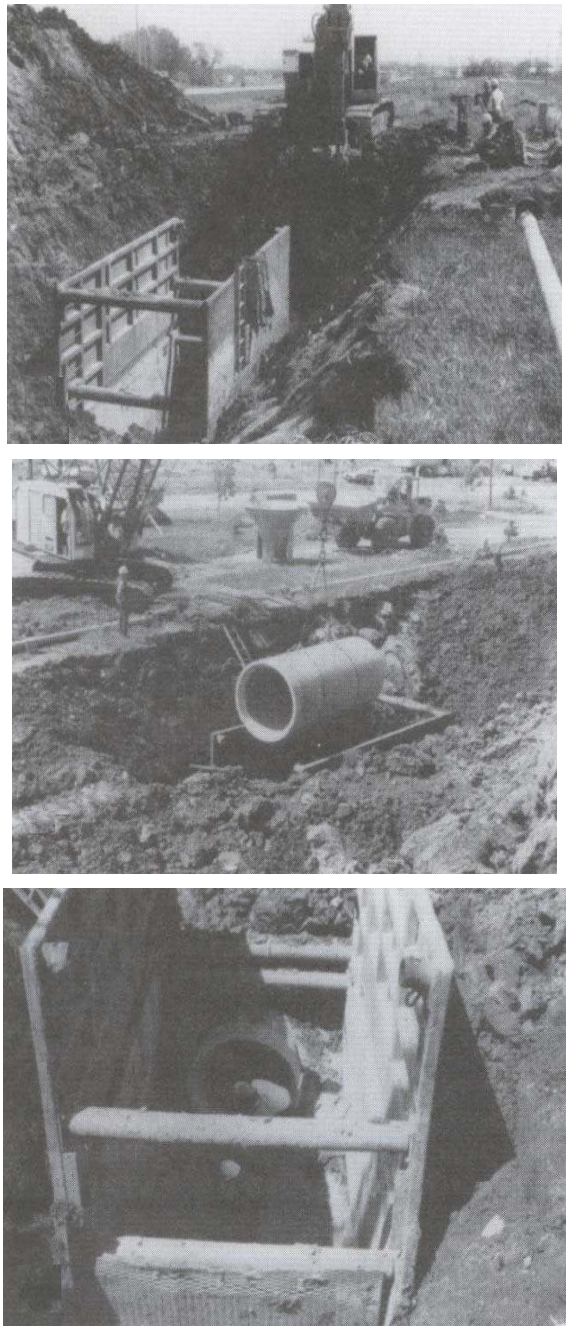
١٢,٤ مراحل إنشاء مواسير التصريف Stages of Pipe Construction

١. إنشاء مواسير التصريف وفق دراسة جادة للمنطقة مع تجنب خطوط الخدمات الأخرى مثل: المياه والكهرباء والغاز.
٢. حفر الخنادق بطريقة جيدة، حيث يكون العرض كافياً لوضع الماسورة ، كما هو موضح في الشكل (٩,٤)، ولا يسبب أضراراً سلبية على النشاطات الواقعة بالمنطقة.
٣. فرش الرمال في الخندق بسمك ١٠ سم تقريباً ثم وضع المواسير بطريقة تناسب نوعيتها بعناية، وتوصيلها بطريقة مستقيمة تماماً على طول الخط ومنتظمة الميل.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٤. إجراء اختبار الضغط المائي كمرحلة تجريبية حتى تضمن سلامة المواسير من الشروخ وكل العيوب الفنية وكذا ضمان الوصلات.

بعد عمل التجربة والتأكد من صحة خط التصريف وإصلاح العيوب إن وجدت، يتم تغليف المواسير بالخرسانة العادية ثم ردم الخندق حتى سطح الأرض.



شكل (٩,٤): مراحل تنفيذ مواسير التصريف.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

References

١. محمد بن صادق العدوي (١٩٨٨) " النظم الهندسية للتغذية والمياه والصرف الصحي"، دار الراتب الجامعية، بيروت.

٢. محمود بن حسان بن عبدالعزيز (١٩٨٢) "أساسيات الهيدرولوجيا"، عمادة شئون المكتبات – جامعة الملك سعود، الرياض.

3. Chin, David A. (1999), "Water Resources Engineering", Prentice Hall.
4. Hammer, J. Mark. & Hammer, J. Mark, Jr. (1996) "Water and wastewater Technology", 3rd Edition, Prentice-Hall, inc., New Jersey.
5. Lin, Shun D. & Lee, C. C. (2001), "Water and Wastewater Calculations Manual", McGraw-Hill Professional.
6. Mays, Larry W. (2001), "Storm Water Collection Systems Design Handbook", McGraw-Hill Professional.
7. Mays, Larry W. (1999), "Water Distribution Systems Handbook", McGraw-Hill Professional.
8. Qasim, Sayed R. (2000), "Edward M. Motley and Guang Zhu. Water Works Engineering Planning Design and Operations", Prentice Hall PTR.
9. Steel, E. W. & Mcghee, Terence J. (1979), "Water Supply and Sewerage", 5th Edition, McGraw-Hill Inc.
10. Streeter, L. Victor & Wylie, E. Benjamin (1979), "Fluid Mechanics", 7th Edition, McGraw-Hill Inc.
11. Vennard, K. John & Street, L. Robert (1982) "Elementary Fluid Mechanics", 6th Edition, John Wiley & Sons Inc., New York.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

الموضوع **صفحة**

الفصل الأول: مقدمة في ميكانيكا الموائع والهيدرولوجيا

1.1 مقدمة..... ٢
٢,١ وحدات النظام العالمي..... ٢
٣,١ ميكانيكا الموائع..... ٣
١,٣,١ كثافة المائع..... ٣
٢,٣,١ لزوجة المائع..... ٣
٣,٣,١ ضغط المائع..... ٤
٤,٣,١ حركة المائع..... ٥
٤,١ الهيدرولوجيا..... ١١
١,٤,١ الدورة الهيدرولوجية..... ١١
٢,٤,١ توزيع مياه الكرة الأرضية..... ١٤
٣,٤,١ التساقط..... ١٥
٤,٤,١ التبخر..... ١٧
٥,٤,١ التسرب..... ١٩
٦,٤,١ الجريان السطحي..... ٢٠

الفصل الثاني: شبكات التغذية

١,٢ مقدمة..... ٢٣
2.2 مصادر المياه..... ٢٣
١,٢,٢ مياه الأمطار..... ٢٣
2.2.2 المياه السطحية..... ٢٣
٣,٢,٢ المياه الجوفية..... ٢٤
٣,٢ الدراسات الأولية لمشروعات الإمداد بالمياه..... ٢٤
٤,٢ التعداد السكاني..... ٢٤
٥,٢ الطريقة الجبرية..... ٢٥
٦,٢ الطريقة الهندسية..... ٢٧

الموضوع **الصفحة**

٧,٢ طريقة المقارنة..... ٢٨
٨,٢ الكثافة السكانية..... ٢٩
٩,٢ الاستهلاكات المختلفة للمياه..... ٢٩
١٠,٢ العوامل المؤثرة في معدلات استهلاك المياه..... ٣١
١١,٢ التغيرات في معدلات الاستهلاك..... ٣١
١٢,٢ استخدام المياه في إطفاء الحريق..... ٣٣
١٣,٢ طرق توزيع المياه..... ٣٦
١,١٣,٢ التوزيع بواسطة الانحدار..... ٣٦
٢,١٣,٢ التوزيع بواسطة الضخ والتخزين ٣٧
٣,١٣,٢ توزيع بواسطة الضخ وبدون تخزين..... ٣٧
١٤,٢ الخزانات العلوية ٣٨
١٥,٢ كميات التخزين اللازمة..... ٤١
١٦,٢ الضغط داخل المواسير..... ٤٢
١٧,٢ الضغط في المناطق..... ٤٣
١٨,٢ شبكات توزيع المياه..... ٤٤
١٩,٢ تخطيط شبكات التوزيع..... ٤٥
٢٠,٢ أساسيات تصميم شبكات توزيع المياه..... ٤٦
٢١,٢ حساب التدفق في المواسير..... ٤٦
٢٢,٢ طريقة الرسم التصميمي..... ٥٠
٢٣,٢ أنواع المواسير المستخدمة في شبكات توزيع المياه..... ٥٢
٢٤,٢ مضخات الرفع..... ٥٣
٢٥,٢ الصمامات..... ٥٧
٢٦,٢ الحفريات والردم..... ٥٨

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

الموضوع **صفحة**

الفصل الثالث: تصريف مياه السيول

١,٣ مقدمة..... ٦٠
٢,٣ كميات مياه السيول..... ٦٢
٣,٣ وقت التجميع..... ٦٤
٤,٣ شدة أو غزارة المطر..... ٦٦
٥,٣ تدفق المياه في مجاري السيول..... ٦٨
٦,٣ القطاع الجانبي..... ٧٠
٧,٣ ملحقات شبكات تصريف السيول..... ٧١
٨,٣ تصميم مجاري السيول..... ٧٣

الفصل الرابع: شبكات تصريف مياه الصرف الصحي

١,٤ مقدمة..... ٨٢
٢,٤ الدراسات الأولية لشبكات الصرف الصحي..... ٨٢
٣,٤ تخطيط أولي للشبكة..... ٨٣
4.4 تخطيط القطاع الجاني..... ٨٤
٥,٤ تصميم شبكات الصرف الصحي..... ٨٤
٦,٤ معدلات تدفق المخلفات السائلة..... ٨٥
٧,٤ المعادلة التصميمية ٨٦
٨,٤ أنواع المواسير المستخدمة في الصرف الصحي..... ٨٦
٩,٤ الأحمال ومقاومة المواسير..... ٨٨
١,٩,٤ الحمل الناتج عن مادة الردم..... ٨٨
٢,٩,٤ حساب الأحمال الحية الموقعة على المواسير..... ٩٢
٣,٩,٤ معامل الحمل..... ٩٥
٤,٩,٤ تطبيق معامل الأمان..... ٩٥

الموضوع **صفحة**

٥,٩,٤ قدرة التحمل اللازمة للمواسير.....٩٥
١٠,٤ المطابق الخاصة بشبكات الصرف الصحي.....٩٩
١١,٤ تجربة الضغط المائي.....١٠٠
١٢,٤ مراحل إنشاء مواسير التصريف.....١٠٠
المراجع.....١٠٣

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

تقدر المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني الدعم

المالي المقدم من شركة بي آيه إي سيستمز (العمليات) المحدودة

GOTEVOT appreciates the financial support provided by BAE SYSTEMS



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر