الباب السادس

شبكة توزيع المياه

الفهرس

البنود	الموضوعات	الصفحات
١	تخطيط شبكة توزيع المياه	٣٣١
٢	تصميم شبكة توزيع المياه	٣٣٣
٣	تعيين الفقد فى الضغط فى المواسير	٣٣٥
٤	القوانين لحساب الفواقد الثانوية	٣٣٨
٥	تصميم خطوط المواسير	٣٤٥
٦	أمثلة تطبيقية لتصميم شبكة توزيع المياه	٣٤٨
٧	التغير فى الضغط (الاضطراب) والمطرقه المائية	٣٨٠

١- **تخطيط شبكة توزيع المياه** (water Distribution System)

تشمل شبكه توزيع المياه خطوط المياه الرئيسيه والفرعية اللازمة لامداد المياه بالمعدل المطلوب والضغط المناسب وذلك للاستعمالات المنزلية والصناعية ومقاومة الحريق.

لتخطيط شبكة التوزيع:

تستخدم إحدى الطرق الأربع الآتية فى تخطيط شبكة التوزيع شكل (١٦٦).

أ- نهايات الخطوط غير متصلة (الميته) Dead End System

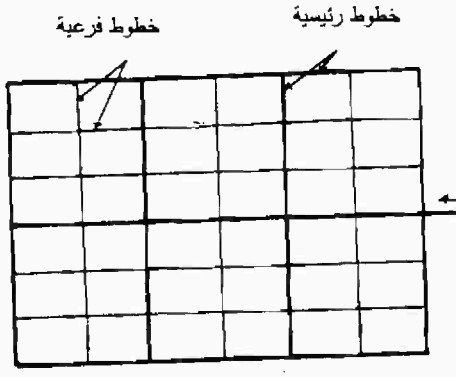
تشمل خطوط رئيسيه تتفرع منها خطوط فرعية الشكل (١٦٦- أ) وهذه الطريقة هى الأقل فى التكاليف إلا أن كثرة النهايات الميته تعرض مناطق كثيره لنقص المياه وذلك فى حالات الاصلاح هذا بالاضافة الى زيادة نمو الملوثات من الكائنات الدقيقه فى النهايات الميته.

ب- النظام الدائري Circle or Ring System

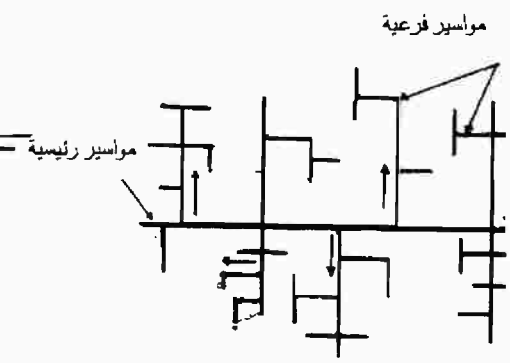
النظام الدائرى عباره عن خط رئيسى يحيط بالمدينة أو المنطقة. ويتفرع منه خطوط فرعيه حسب مسارات خطوط التوزيع. وهذه الطريقه تفضل عن الأولى حيث تشمل نهايات متصلة شكل (١٦٦- ب) والتى لا تتأثر بأعمال الاصلاح.

جـ- النظام الشطرنجي Grid Iron System

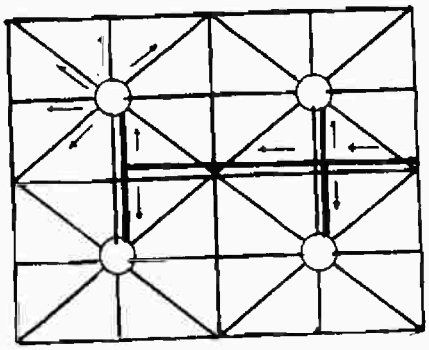
يشمل خط رئيسى يحيط بالمدينة أو المنطقة بالاضافة إلى خطوط رئيسية أخرى بداخل شبكه التوزيع بحيث لا تزيد المسافة بين الخطوط الرئيسية عن كيلو متر واحد شكل (١٦٦-جـ). وهذه الطريقة وإن كانت مكلفه إلا انها أفضل من الطرق السابقة بالنسبة لضغط المياه فى خطوط التوزيع وفى مقاومة الحريق.



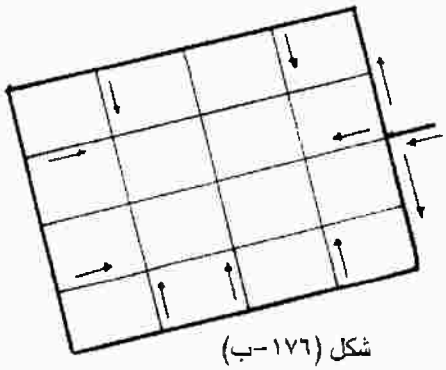
شكل (١٧٦-جـ)



شكل (١٧٦- أ)



شكل (١٧٦-د)



شكل (١٧٦-ب)

شكل (١٧٦) تخطيط شبكة التوزيع لمياه الشرب

د - النظام القطري: Radial System

يمكن إعتباره عكس النظام الدائرى حيث يعتمد على تقسيم المدينة الى مناطق شكل (١٦٦ - د) . ثم يوضع فى مركز كل منطقة خزان مياه للتوزيع فى إتجاه محيط المدينة. وفى بعض الأحيان تخرج خطوط رئيسيه حاملة للمياه من محطة التنقيه وتتجه الى مناطق مركزيه فى المدينة دون أن تتصل بخطوط أخرى ثم تتفرع منها خطوط التوزيع اللازمة فائده هذه الطريقة سواء إستخدمت فيها خزانات مياه فى مناطق مركزية أو إستخدمت المواسير الحامله للمياه هو أن تحتفظ بمعدل التصرف والضغط العالى حتى بداية توزيعها من المناطق المركزيه فى المدينه وذلك لصغر الفاقد فى الضغط. وعموما فإن شبكة توزيع المياه الرئيسيه لأى مدينه يمكن أن تجمع بين أكثر من نظام من النظم السابقة.

٢ - تصميم شبكة توزيع المياه

معدل التصرف التصميمي

يستخدم متوسط معدل الاستهلاك السنوى لتحديد قدرة المصادر المائية المتاحة فى عملية الامداد بالمياه وفى تحديد وسائل وكميات التخزين المطلوبه. كما يستخدم التغير فى معدلات الاستهلاك فى تحديد سعة وحدات التنقيه والتوزيع. ويمكن الإسترشاد بالمعدلات الآتية على أساس أن هذه المعدلات تقل فى الأجواء الباردة وتزداد فى الأجواء الحارة حيث أنها مناسبة لمنطقة البحر الأبيض المتوسط والمنطقة العربية عموما.

أقصى تصرف فى الساعة = ٣,٥ من متوسط التصرف السنوى
أقصى تصرفى يومى = ٢,٥ من متوسط التصرف السنوى
أقصى تصرف أسبوعى = ٢ من متوسط التصرف السنوى
أقصى تصرف موسمى = ١,٥ من متوسط التصرف السنوى

ويصل أدنى معدل للتصرف ما بين الساعة الثانية والساعة الرابعة صباحا. ويصل أقصى معدل ما بين الساعة الثامنه والساعة الثانية عشر ظهرا. وفى المناطق السكنيه تحدث زيادة فى معدلات الاستهلاك فى بعض ساعات بعد الظهر وفترة الضحى خلال فصل

الصيف. فى المدن الكبيره والمتوسطه يصل معدل الاستهلاك الشتوى فى المناطق السكنيه الى حوالى ٨٠٪ من متوسط معدل الإستهلاك السنوى. ويصل معدل الاستهلاك الصيفى الى ١٣٠٪ من متوسط معدل الاستهلاك السنوى.

يؤخذ فى الاعتبار عند تصميم شبكه التوزيع للمياه المخطط العام للتجمع السكنى أو المدينه، عدد السكان الحالى والمستقبلى وكذلك الأنشطه التجاريه والصناعيه الحاليه والمستقبليه. ويتم عمل التصميم للشبكه بناءا على عوامل مختلفة مثل تخطيط الطرق، إختلاف المناسيب فى مختلف المناطق وكذلك نظام التوزيع سواء بالانحدار أو الضغط أو كليهما ونظام توزيع المياه سواء بالنهايات المقفله (الميته) أو الدائرى أو الشطرنجى أو القطرى.

مراحل التصميم:

فى أولى مراحل التصميم يتم إعداد مخططات شبكة التوزيع مع تحديد أماكن المحابس، حنفيات الحريق... الخ ووضعها على المخطط وكذلك تحديد المناسيب المنخفضة فى المدينة على المخطط. كما يوضع على المخطط إجمالى السكان المطلوبه خدمتهم بمواسير المياه. ثم تحديد أدنى ضغط للمياه فى النهايات وقرب أعلى منشآت فى المدينه. بعد الانتهاء من هذه الأعمال التى ذكرت فإن المهمة الرئيسية الآن هى تحديد أقطار مواسير الشبكة التى يمكنها حمل الكميات المطلوبه من المياه عند الضغط المطلوب.

مراحل تصميم خطوط المواسير:

يتم أولا إفتراض قطر المواسير ونهاية الضغوط فى نهاية كل فرعه مواسير وذلك بعد حساب الفقد بالاحتكاك فى فرعة المواسير وذلك عند أقصى تدفق. يتم حساب الفقد بالاحتكاك فى كل فرعة. التدفق الاجمالى فى الخطوط الرئيسية يتم أولا.

وللأقطار ١٠″ ١,٥٢ متر فى الثانية، للأقطار حتى ١٦″ ١,٨٢ متر/ث.

ويكون الضغط فى شبكة التوزيع: حتى ٣ أدوار ٢,١ كجم/ سم٢، من ٣- ٦ أدوار ٢,٤ كج/ سم٢، من ٦- ١٠ يكون الضغط ٥,٢٧ كج/ سم٢ ولأكثر من ١٠ أدوار ٥,٢٧- ٧ كج/ سم٢ ، ويكفى هذا الضغط.

التصميم الهيدروليي لمواسير الضغط: (Hydraulic Design of Pressure Pipes)

عام: يمكن وضع مواسير الضغط على أى عمق أسفل خط التدرج الهيدروليكى (Hydraulic Gradient Line) تتوقف السرعة فى مواسير الضغط مباشره على الضغط الرأسى. إذا كانت سرعة المياه منخفضه جدا فإن ذلك يتطلب ماسورة ذات قطر كبير لنقل الكميه المطلوبه من المياه من مكان الى آخر. على الجانب الآخر ففى حالة السرعة العالية للمياه فى المواسير فإن تكاليف الضخ ستكون مرتفعة لتوفير الضغط المطلوب بالإضافة إلى تكاليف المواسير والوصلات ستزداد وذلك لتتحمل الضغط الزائد. ولهذا فإنه من الضرورى تصميم مواسير الضغط بطريقه تحقق أدنى تكاليف من وجهة نظر الانشاء والصيانة. لهذا فإن خط التدرج الهيدروليكى يجب أن يوفر سرعات فى خط المواسير ليست عالية جدا وليست منخفضة جدا، هذا بالاضافة الى أن السرعة يجب أن توفر التنظيف الذاتى (Self Cleaning) أى لا تحدث ترسيبات فى خط المواسير. وعند تصميم مواسير الضغط التى تقوم بنقل المياه بالانحدار فإن السرعة العادية للمياه تكون بين ٠,٩ الى ١,٥ متر فى الثانية. ولا تقل السرعة فى المواسير عن ٠,٦ متر فى الثانية. للمواسير قطر ٤″ تكون السرعة ٠,٩ متر فى الثانية، للأقطار حتى ٦″ ١,٢١ متر فى الثانية.

٣ - تعيين الفقد في الضغط في المواسير (Determination opf HeadLossIn Pipes).

تعيين الفقد فى الضغط فى المواسير يمكن أن يتم بالمعادلات التالية:

- معادلة مانتج (Manning's Formula)

تستخدم هذه المعادلة لتعيين الفقد فى الضغط لمواسير الانحدار، وذلك يمكن تطبيقها فى مواسير الضغط ذات التدفق المضطرب (Turblent Flow)

والمعادلة هى $H_L = \frac{m^3 \times V^2 \times L}{R^{4/3}}$

m = مكافيء مانينج

L = طول خط المواسير بالمتر

R = العمق الهيدروليكى المتوسط للماسورة

V = سرعة التدفق متر فى الثانية

اذا كان قطر الماسورة D فإن قيمة R تصبح

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

$$(4/D)^{4/3} \times L \times v^2 \times m^3 = H_L \therefore$$

ب - معادلة هازن - وليام

$$V = 0.355\ CD^{0.63}\ (H/L)^{0.54}$$

هذه المعادلة تستخدم على نطاق واسع فى تصميم خطوط المواسير

V = السرعة متر فى الثانية

D = القطر الداخلى للماسورة

H/L = ميل خط الضغط الهيدروليكى

C = معامل الخشونة

قيمة المعامل (C) لمختلف المواسير طبقا لمعادلة هازن – وليام تزداد فى حالة نعومة السطح الداخلى وتنخفض فى حالة خشونه السطح الداخلى للماسورة. نظرا لأن السطح الداخلى لمعظم المواسير يزداد خشونه مع مرور الوقت لذلك فإن طاقة التحميل لخط المواسير تنخفض مع مرور الوقت.

قيمة العامل (C) طبقا لمادة الصنع للماسورة لمعادلة هازن. الجدول الآتى:

مواسير الأسبتوس ١٢٠

مواسير البلاستك ١٣٠
المواسير الخرسانية ١١٠
المواسير المعدنية ذات البطانة الاسمنتيه ١١٠
مواسير الزهر (جديده) ١١٠
مواسير الصلب المجلفن ١١٠
مواسير الصلب- الزهر القديمة (٢٠ سنة) ١٠٠
زيادة خشونة السطح الداخلى للمواسير ٨٠- ٩٠

عوامل أخرى تسبب الفقد فى الضغط فى المواسير (فقد ثانوى) :

عند إتصال اقطار مواسير مختلفة على التوازى عندئذ يكون الفقد فى الضغط يساوى مجموع الفقد فى الضغط لكل المواسير. بالاضافة الى الفقد فى الضغط الذى يحدث نتيجة كل تغير فى أقطار المواسير. بالاضافة الى الخفض الذى يتسبب فى خط المواسير نتيجة تركيب المحابس والوصلات. عند حساب الفقد الحقيقى فى الضغط فإن الفقد الثانوى نتيجة لما سبق يلزم حسابه. هذا الفقد مقيم طبقا لقيمة $\frac{V^2}{2g}$

الجدول (٤٦) يعطى القيم العادية لقيمة الفقد الثانوى = $\frac{V^2}{2g} \times K_L$

الوصف	قيمة K_L
محبس سكينه مفتوح	٠,٢
محبس عدم رجوع مفتوح	٢,٥
كوع ٩٠°	٠,٩
T وصلة	١,٨
عداد قياس فنشورى	٠,٣
إنحناء إرتداد	٢,٢

- أهم القوانين المستخدمة لحساب الفواقد الثانوية فى الضغط.

- معادلة التصرف $Q = VA$

حيث Q = التصرف م/٣ ث

V = متوسط السرعة متر/ ث

A = المساحة المائيه لمقطع الماسورة $\frac{\pi D^2}{4}$ بالمتر المربع

عندما تكون الماسورة ممتلئة

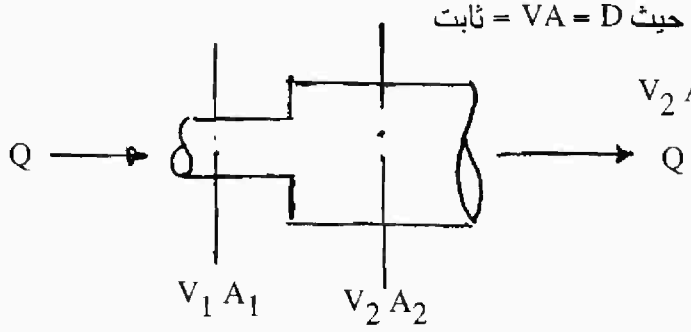
D = القطر الداخلى للماسورة بالمتر

- **معادلة الاستمرارية** (Continuity Equation

نتيجة أن الماء سائل غير قابل للإنضغاط فإن مروره خلال ماسورة متغيره القطر أو ثابتة فإن التصرف خلال أى مقطع من الماسورة ثابت.

شكل (١٧٧ – ١) حيث D = VA = ثابت

$\therefore V_2 A_2 = V_1 A_1$



٤- القوانين لحساب الفواقد الثانوية

الصورة القائمة لهذه المعادلات

$$\Delta h = KV^2/2g$$

حيث Δh = الفقد فى الضغط بالمتر

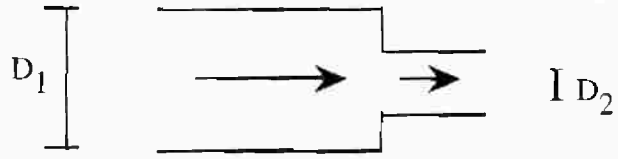
V = السرعة المتوسطة للسائل (م/ث)

g = عجلة الجاذبية الأرضية (٩,٨١ م/ ث٢)

K = معامل طبقا لكل حالة.

أ – حالة إنخفاض مفاجىء فى القطر

$$\Delta h = {}^{1}/_{2} \left(1 - \frac{D_2^2}{D_1^2}\right) \frac{V^2}{2g}$$



شكل (١٧٧- ٢)

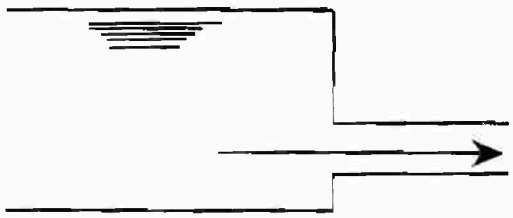
حيث V = السرعة المتوسطة للسائل بعد الانخفاض (م/ث)

D_2 = قطر الماسورة قبل الانخفاض بالمتر

D_1 = قطر الماسورة بعد الانخفاض بالمتر.

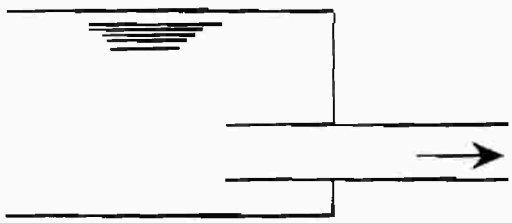
ب – مأخذ ماسورة من خزان ذو سعة كبيره

$$\Delta h = {}^{1}/_{2} \times {}^{V^2}/_{2g}$$



شكل (١٧٧- ٣)

جـ – مأخذ ماسورة من خزان وتكون مخترقه الخزان بمسافة تزيد عن نصف قطرها.

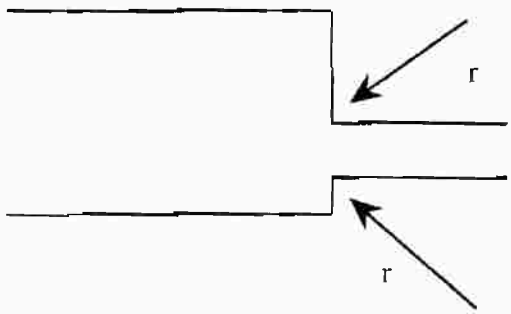


شكل (١٧٧- ٤)

$$\Delta h = V^2/_{2g}$$

حيث V = السرعة المتوسطة للسائل فى الماسورة (م/ث)

د- مأخذ ماسورة من خزان ويكون المأخذ ذو حواف إتصال دائرية



شكل (١٧٧- ٥)

$$\Delta h = 0.05\ V^2/_{2g}$$

$$Y/D > 0.13$$

هـ - مأخذ ماسورة من خزان بزاوية ميل معينة ويكون المأخذ ذو حواف إتصال دائرية.

$$\Delta h = KV^2/_{2g}$$

حيث

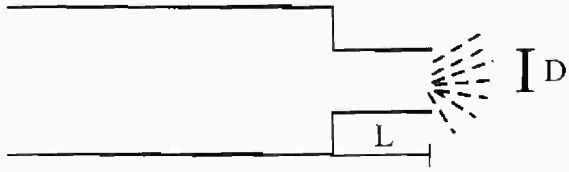
شكل (١٧٧- ٦)

B	٢٠	٣٠	٤٥	٦٠	٧٠	٨٠	٩٠
K	٠,٩٦	٠,٩١	٠,٨١	٠,٧	٠,٦٣	٠,٥٦	٥٠

V : السرعة المتوسطه للسائل داخل الماسورة (م/ ث)

B : زاوية ميل الماسورة

هـ – مأخذ ماسوره من خزان وتكون مفتوحة للضغط الجوى



شكل (١٧٧– ٧)

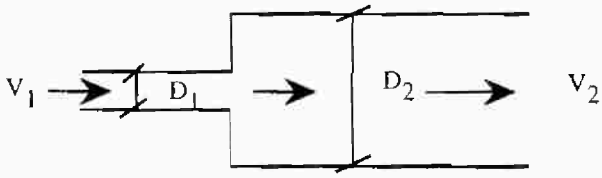
$$\Delta h = 1.5\ V^2/_{2g}$$

$$2\ D < L < 50$$

حيث L طول المأخذ بالمتر

D قطر الماسورة بالمتر

و – حدوث إتساع مفاجىء فى القطر:



شكل (١٧٧– ٨)

$$\Delta h = (V_1 - V_2)^{2}/_{2g}$$

$$\Delta h = (V_1^{2}/_{2g})\ (1 - D_1^{2}/_{D_2^{2}})^2$$

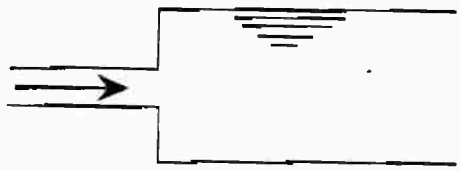
حيث: V_1 : السرعة المتوسطه للسائل قبل الاتساع (م/ ث)

V_2 : السرعة المتوسطه للسائل بعد الاتساع (م/ث)

D_1 : قطر الماسورة قبل الاتساع (م)

D_2 : قطر الماسورة بعد الاتساع (م)

وفى حالة دخول ماسورة الى خزان ذو سعة كبيرة

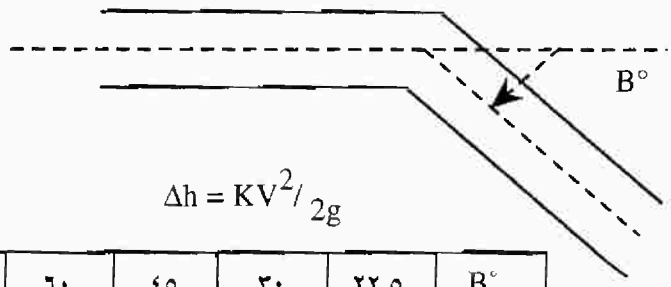


شكل (١٧٧- ٩)

$$\Delta h = V^2/_{2g}$$

حيث V : السرعة المتوسطة للسائل فى الماسورة

ز – الأكواع الحادة:

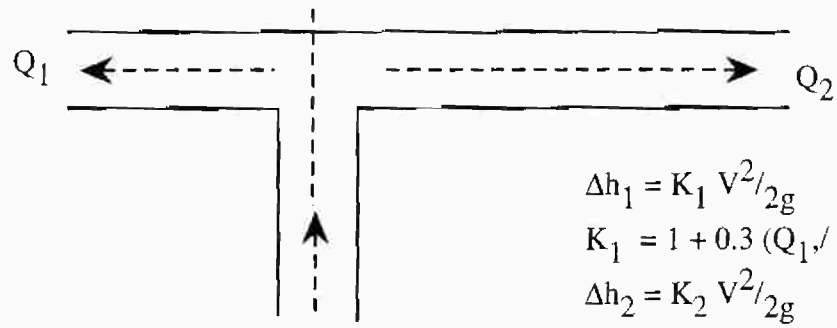


شكل (١٧٧ – ١٠)

$$\Delta h = KV^2/_{2g}$$

B°	٢٢,٥	٣٠	٤٥	٦٠	٧٥	٩٠
K	٠,١٧	٠,٢	٠,٤	٠,٤	١,٠٠	١,٠٠

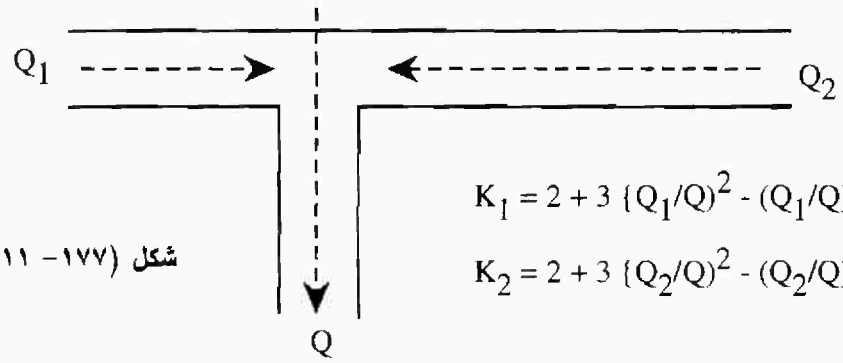
ح – حالة التيه الصلب الملحومه (السريان من الماسورة الفرعية الى الرئيسية)



شكل (١٧٧- ١١)

$$\Delta h_1 = K_1 V^2/_{2g}$$
$$K_1 = 1 + 0.3 (Q_1,/ Q)^2$$
$$\Delta h_2 = K_2 V^2/_{2g}$$
$$K_2 = 1 + 0.3 (Q_2/Q)^2$$

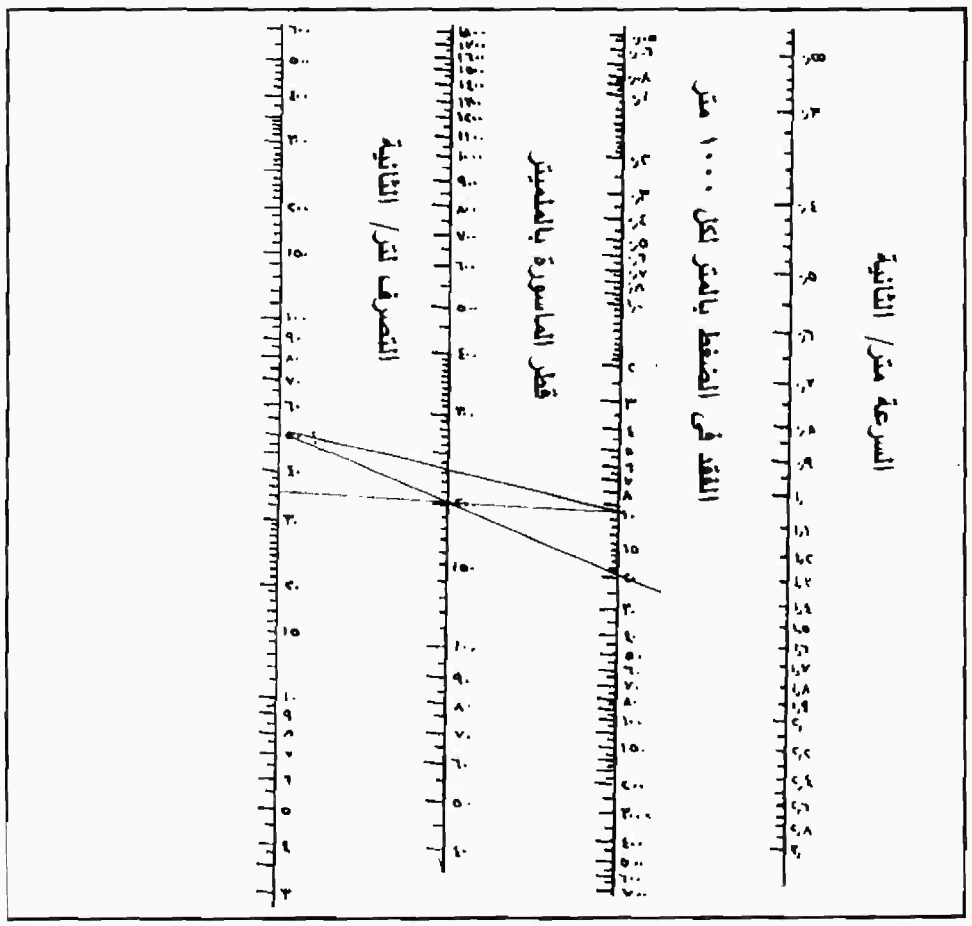
ح – حالة التيه الصلب الملحومة (السريان من الماسورة الرئيسية الى الفرعية)



$$K_1 = 2 + 3\{(Q_1/Q)^2 - (Q_1/Q)\}$$

$$K_2 = 2 + 3\{(Q_2/Q)^2 - (Q_2/Q)\}$$

شكل (١٧٧ – ١١)



شكل (١٧٨) المخطط البيانى لمعادلة هايزن – وليم

- العلاقة البيانيه لمعادلة هايزن- وليم

المخطط البيانى شكل (١٦٧) يوضح العلاقة بين التصرف والسرعة وقطر الماسوره وميل خط الضغط الهيدروليكى وذلك على أساس أن قيمة المعامل (C) تساوى ١٠٠, هذه القيمة لمواسير الزهر القديمه (من ١٥- ٢٠ سنة) طريقة استخدام المخطط البيانى لمعادلة هايزن. يوضع طرف مسطرة على أى قيمتين معلومتين مثل التصرف والسرعة والقيم الغير معروفة الأخرى مثل قطر الماسورة والفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر يمكن قراءتهم مباشرة. الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر يتم ضربه فى طول الخط مقسوما على ألف يعطى الفقد الكلى فى الضغط لخط المواسير عند استخدام مواسير أخرى ولها معامل مختلف يمكن تعديل قيمه الفقد فى الضغط طبقا لنوع الماسورة وحالتها وذلك بضرب معامل (C) لهذه الماسورة كما فى الجدول (٥٠) فى القيمه م طبقا للجدول التالى جدول (٤٧).

(C)	٨٠	١٠٠	١١٠	١٢٠	١٣٠
م	١,٥١	١,٠٠	٠,٨٤	٠,٧١	٠,٦٢

- المواسير المتكافئة: Equivalent Pipes

تحتوى شبكات توزيع المياه على خطوط كثيره مختلفة الأقطار والأطول، يوجد خط مواسير على الأقل فى كل شارع. لسهولة العمليات الحسابية يمكن إستبدال مجموعة من الخطوط المتصلة على التوازى أو على التوالى بخط واحد يسمى خط المواسير المكافىء لمجموعة الخطوط. الماسورة المكافئة هى خط مواسير تخيلى يحل محل مجموعة من الخطوط بحيث يكون الفاقد فى الضغط متساوى فى الماسورة المكافئة والمجموعة الأساسية لنفس التصرف. يوضح الجدول (٤٨) التصرفات النسبيه للأقطار المختلفة لتحديد عدد المواسير التى تحمل نفس التصرف المار فى ماسورة أكبر وذلك على أساس المعادلة الآتية:

$$N = \sqrt{(D/d)^5}$$

حيث:

N = عدد المواسير الفرعية

D = القطر الداخلى للماسورة الرئيسية

d = القطر الداخلى للماسورة الفرعية

فى حالة إختلاف الأقطار الداخلية عن بيانات الجدول يمكن إستخدام المعادلة السابقة.

٥ - تصميم خطوط المواسير:

القيم المتحصل عليها من العلاقة البيانيه لمعادلة هايزن شكل (١٧٨) تستخدم فى عمليات التصميم. فى وجود الضغط فى أى منطقة معينة أكبر أو أقل عن ما هو مسموح به عندئذ يمكن عمل زيادة مناسبة أو خفض مناسب لقطر الماسورة ثم نتيجة ذلك يتم التحليل لكل شبكة التوزيع السرعة المناسبة هى ما بين ٠,٩ الى ١,٨ متر فى الثانية، حيث القيم الصغيرة للسرعة للأقطار الصغيرة والكبيره للأقطار الكبيره.

يكون أساس التصميم لتخدم شبكة التوزيع فترة زمنيه تقارب العمر الافتراضى للمواسير والتى لا تقل عن ٤٠ سنة وعلى هذا الأساس يتم حساب التصرف التصميمى.

٢ – يتم إختيار التصرف التصميمى على أساس القيمه الأكبر من

٢,٥ – ٣ مرات من التصرف المتوسط أو

التصرف المتوسط + معدل مقاومة الحريق

تصريف الحريق = ٣,١٨٢ $\sqrt{\text{تعداد السكان بالألف}}$ = متر مكعب فى الدقيقة.

• يكون الفاقد فى الضغط نتيجة الإحتكاك فى حدود ٢ – ٣ فى الألف على أساس أن سرعة المياه فى المواسير حوالى ٠,٨ – ١,٢ متر فى الثانية فى المتوسط فى حالة تدفق التصرف التصميمى فى المواسير.

• يمكن زيادة ١٠٪ من أطوال مواسير شبكه التوزيع مقابل الفاقد فى الضغط فى محابس المياه والقطع الخاصة وذلك عند حساب الفقد فى الضغط فى أطوال المواسير.

• لا تزيد المسافة بين الخطوط الرئيسية عن ١٠٠٠ متر.

• الخطوط الفرعية تكون بقطر ١٥٠ ملميتر إذا كانت المسافات بينها لا تزيد عن ١٨٠ متر وإذا زادت الخطوط الفرعية عن ١٨٠ متر تكون أقطار المواسير الفرعية ٢٠٠ ملميتر أو أكبر. والمواسير الموصلة للوصلات المنزلية بقطر من ٢٥- ٥٠ مليمتر.

• فى المناطق التجارية لا يقل قطر المواسير الفرعية عن ٢٠٠ مليمتر بالنسبة للخطوط المتصله وتكون بقطر ٣٠٠ مليمتر فى الشوارع الرئيسية والخطوط الطويلة.

• لا تزيد المسافة بين المحابس عن ٤٠٠ وتكون حوالى ١٥٠ متر وعلى الخطوط الرئيسية فى الأحياء التجاريه، وتكون حوالى ٢٤٠ متر على الخطوط الرئيسية فى المناطق الأخرى.

• يكون تصرف حنفية الحريق عادة حوالى ١ متر مكعب فى الدقيقة. فى أى منطقة سكنية معينة يجب أن تغطى مجموعة حنفيات الحريق فى هذه المنطقة تصرف يتراوح بين ٣-٥ متر مكعب فى الدقيقة.

• فى شبكات المياه العمومية يجب ألا يقل ضغط المياه فى ساعات الاستهلاك القصوى عن ٢٥ متر، والضغط فى الخطوط الفرعية لا يقل عن ١٥ متر.

• المسافة بين حنفيات الحريق تتراوح بين ٦٠- ٩٠ حسب أهمية المنطقة وكثافة السكان وطبيعة المبانى حيث أن المناطق الصناعية والتجارية لها أهمية خاصة وغالبا ما تكون للمنشآت من هذا النوع نظم إطفاء خاصة بها تتكون من وسائل متعددة الإطفاء.

• تكون مواسير شبكة توزيع المياه التى تتفرع منها حنفيات الحريق بأقطار لا تقل عن ١٥٠ مليمتر. توضع حنفيات الحريق فى غرف خاصة تحت منسوب الأرصفة أو تعلق على الحوائط. تحدد أماكن حنفيات الحريق فى البداية عند تقاطع الشوارع ثم بعد ذلك حسب المسافات المطلوبة والمناسبة بينها.

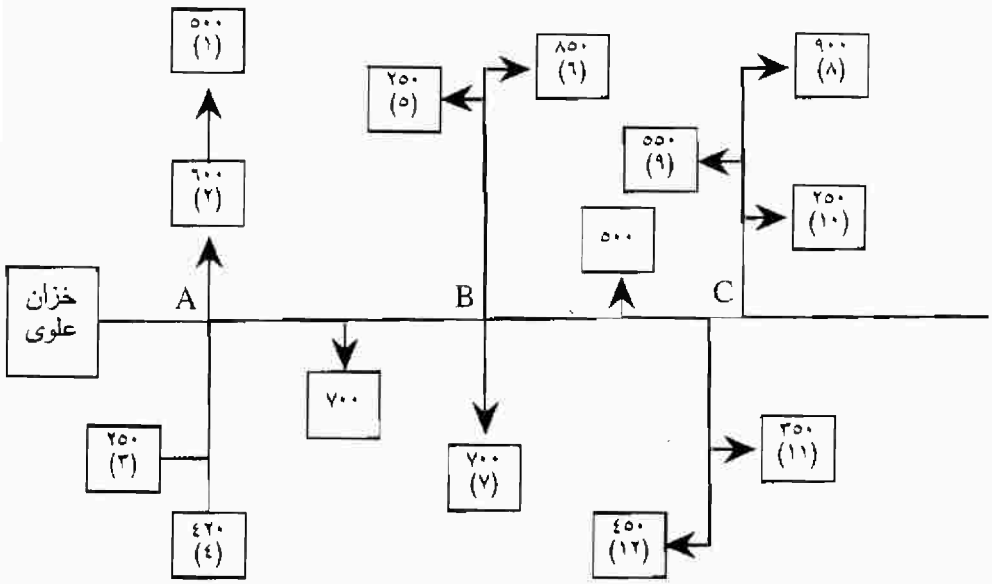
جدول (٤٨)

قطر	العدد التقريبى للمواسير المكافئة للماسورة التى بأقطار (مم – قطر داخلى)																			
مم	١٠٠	١٢٥	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	٣٠٠	٣٥٠	٤٠٠	٤٥٠	٥٠٠	٦٠٠	٧٠٠	٨٠٠	٩٠٠	١٠٠٠	١٢٠٠	١٤٠٠	١٥٠٠	١٦٠٠
١٠٠	١	١,٧	٢,٨	٥,٧	١٠	١٥,٦	٢٣	٣٢	٤٣	٥٦	٨٨	١٣٠	١٨١	٢٤٣	٣١٦	٤٩٩	٧٣٣	٨٧١	١٠٢٤
١٢٥		١	١,٦	٣,٢	٥,٧	٨,٩	١٣	١٨	٢٥	٣٢	٥٠	٧٤	١٠٤	١٣٩	١٨١	٢٨٦	٤٢٠	٤٩٩	٥٨٦
١٥٠			١	٢	٣,٦	٥,٧	٨,٣	١١,٦	١٥,٦	٢٠	٣٢	٤٧	٦٦	٨٨	١١٥	١٨١	٢٦٦	٣١٦	٣٧٢
٢٠٠				١	١,٧	٢,٨	٤	٥,٧	٧,٦	٩,٩	١٥,٦	٢٣	٣٢	٤٣	٥٦	٨٨	١٣٠	١٥٤	١٨١
٢٥٠					١	١,٦	٢,٣	٣,٢	٤,٣	٥,٧	٨,٩	١٣	٨,٣	٢٤,٦	٣٢	٥٠	٧٤	٨٨	١٠٤
٣٠٠						١	١,٥	٢	٢,٨	٣٦	٥,٧	٨,٣	١١,٦	١٥,٦	٢٠	٣٢	٤٧	٥٦	٦٦
٣٥٠							١	١,٤	١,٩	٢,٤	٣,٨	٥,٧	٧,٩	١٠,٦	١٣,٨	٢١,٨	٣٢	٣٨	٤٤,٧
٤٠٠								١	١,٣	١,٧	٢,٨	٤	٥,٧	٧,٦	٩,٩	١٥,٦	٢٣	٢٧	٣٢
٤٥٠									١	١,٣	٢	٣	٤,٢	٥,٧	٧,٤	١١,٦	١٧	٢٠	٢٤
٥٠٠										١	١,٦	٢,٣	٣,٢	٤,٣	٥,٧	٨,٩	١٣	١٥,٦	١٨,٣
٦٠٠											١	١,٥	٢	٢,٨	٣,٦	٥,٧	٨,٣	٩,٩	١١,٦
٧٠٠												١	١,٤	١,٩	٢,٤	٣,٨	٥,٧	٦,٧	٧,٩
٨٠٠													١	١,٣	١,٧	٢,٨	٤	٤,٨	٥,٧
٩٠٠														١	١,٣	٢	٣	٣,٦	٤,٢
١٠٠٠															١	١,٦	٢,٣	٢,٨	٣,٢
١٢٠٠																١	١,٥	١,٧	٢
١٤٠٠																	١	١,٢	١,٤
١٥٠٠																		١	١,٢
١٦٠٠																			١

٦ - أمثلة تطبيقية لتصميم شبكة توزيع المياه

مـثـال (١) : مطلوب إقامة خطوط مياه فى تجمعات سكنيه قديمه. الشكل (١٧٩) يوضح المناطق المختلفة فى التجمعات السكنية القديمه. يتم تنفيذ خطوط توزيع المياه بنهايات ميته (مقفله). متوسط إحتياجات التجمعات السكنيه ١٧٥ لتر/ اليوم للفرد. صمم أقطار مواسير التوزيع AB & BC باستخدام البيانات التالية:

- عدد الأفراد لأغراض التصميم كما فى الشكل (١٧٩).
- المنسوب المنخفض لخزان المياه هو ١٨٥,٥ متر.
- المنسوب النسبى لنقط المواسير على الطريق الرئيسى. عند A ١٦٨ متر، عند B ١٥٤ متر، عند C ١٤٦ متر.
- طول خط المواسير AB = ٧٠٠ متر، BC = ٥٥٠ متر.
- أدنى ضغط عند أى نقطة فى خطوط التوزيع لا يقل عن ١٥ متر.
- يتم التصميم لأقصى تصرف = ٣ أضعاف التصرف المتوسط.



شكل (١٧٩) يوضح عدد السكان فى التجمعات السكنية (مثال)

الحل: خط المياه الرئيسى على مسار الطريق الرئيسى له جزئين رئيسيين وهما AB، BC، حيث يلزم تعيين أقطارهم. التصميم يتم من النقطة C فى إتجاه الخزان العلوى A السكان المخدومين على الخط BC & AB يتم تنظيمهم كما فى الشكل (١٨٠) والعامود (٤) من الجدول (٤٩).

يتم عمل الحسابات كما فى الجدول (٤٩). يقيم أقصى تصرف للمياه لأغراض التصميم ٣ أضعاف التصرف المتوسط. يفترض قطر المواسير فى العامود (٦) للحصول على سرعة السريان.

معدل الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر يتم أخذه مباشره من المخطط البيانى لهازين شكل (١٧٨). ويوضع فى العامود (٧). يتم حساب المعدل الحقيقى للفقد فى الضغط ويوضع فى العامود (٩). المنسوب الهيدروليكى لمختلف النفط يتم تعيينه مع البدء بالقاع من النقطة A. يتم مقارنتهم بمنسوب الأرض والضغط المتاح كما هو موضح فى العامود (١٢).

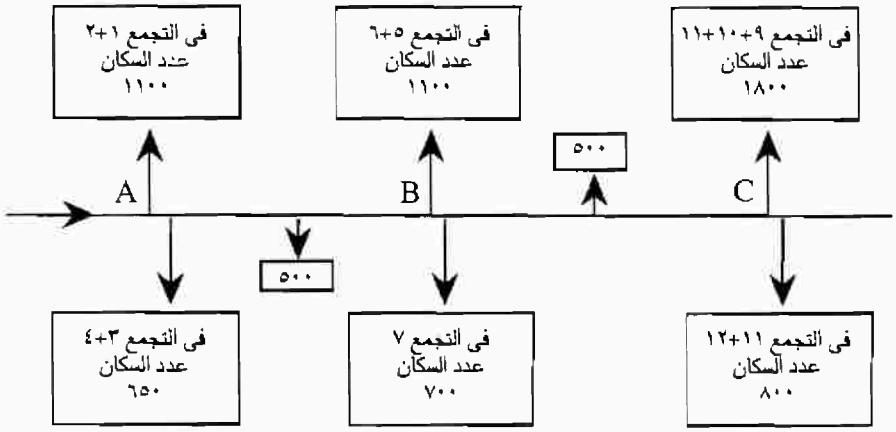
فى طول خط المواسير AC أقصى تصرف ١٨,٨٣ لتر/ ث. بفرض قطر الماسورة ١٥٠ مليمتر. من المخطط البيانى لهاذين الفقد فى الضغط لكل ألف متر ١٥,٥ متر. إجمالى الفقد فى الضغط فى الخط BC يكون ٨,٥٢ متر كما فى العامود (٩). للخط AB أقصى تصرف يكون ٤٤,٦٦ لتر/ ث. بفرض قطر الماسورة ٢٠٠ ملميتر ومن مخطط هاذين الفقد فى الضغط لكل ألف متر يكون ٢٠ متر. إجمالى الفقد فى الضغط للخط AB يكون ١٤ متر. صافى الضغط المتاح عند النقط A، B، C هو ١٧,٥، ١٧,٥، ١٦,٩٨ والذى هو أكثر من ١٥ متر.

عندئذ فإن الأقطار المفترضه تكون مناسبه.

عمل حسابات شبكة توزيع (مثال) جدول (٤٩)

خط المواسير	السكان المخدومين			أقصى تصر لتر/ ث	القطر المقترح للماسورة	الفقد فى الضغط			المنسوب الهيدروليكى منسوب الى القاع عند النقطة A	المنسوب بالمتر	صافى الضغط بالمتر
	السابق	الحالى	اجمالى			الفقد لكل ١٠٠٠ متر	طول خط المواسير بالمتر	الفقد الحقيقى فى الضغط			
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢
BC	٢٦٠٠	٥٠٠	٣١٠٠	$\frac{٣ \times ١٧٥ \times ٣١٠٠}{٢٤ \times ٦٠ \times ٦٠}$ = ١٨,٨٣	١٥٠	١٥,٥	٥٥٠	١٥,٥ × ٠,٥٥ = ٨,٥٢	C = ١٦٢,٩٨	C = ١٤٦ B = ١٥٤	١٦,٩٣
AB	٣١٠٠ + ١٨٠٠ = ٤٩٠٠	٧٠٠ + ١٧٥٠ = ٢٤٥٠	٧٣٥٠	$\frac{٣ \times ١٧٥ \times ٧٣٥٠}{٢٤ \times ٦٠ \times ٦٠}$ = ٤٤,٦٦	٢٠٠	٢٠	٧٠٠	٢٠ × ٠,٧٠٠ = ١٤	B = ١٧١,٥ A = ١٨٥,٥	B = ١٥٤ A = ١٦٨	١٧,٥ ١٧,٥

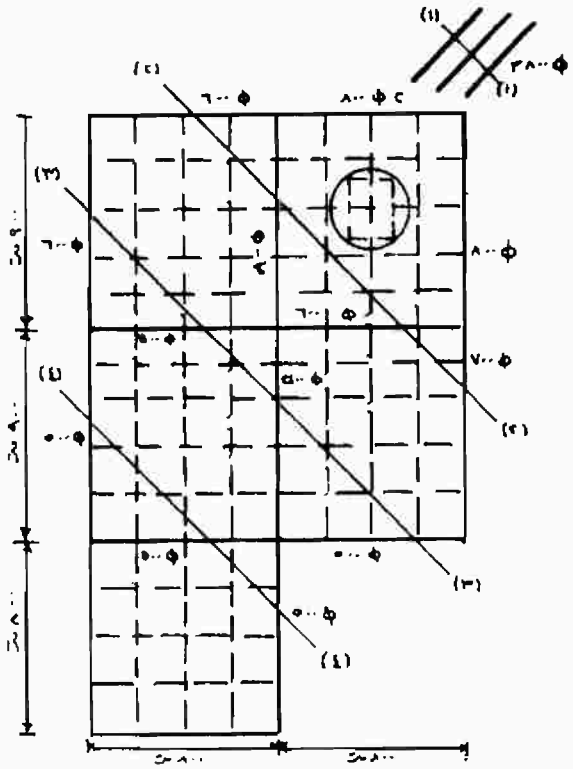
∴ الضغط فى حدود المطلوب أى أن الأقطار المقترحة للمواسير مناسبة



شكل (١٨٠) يوضح عدد السكان فى مختلف النقط

مثال (٢) :

إحسب بطريقة القطاعات الأقطار الفعلية لخطوط توزيع المياه فى الرسم المبين بالشكل (١٨١) . ثم بين محابس القفل وصمامات الحريق على مساحة مناسبة من شبكة التوزيع وذلك فى حالة تصرف متوسط يساوى ٦٠٠ لتر فى الثانية على أساس أن التعداد الذى يخدمه المشروع ٢٥٠,٠٠٠ نسمة .



شكل (١٨١) طريقة القطاعات

الحل:

تصرف الحريق = ٣,١٨٢ $\sqrt{٢٥٠}$ = ٥٠,٣ م٣ فى الدقيقة

= ٨٣٨ لتر/ ثانية

التصرف المتوسط = ٦٠٠ لتر/ ثانية

ولحساب التصرف التصميمى لشبكة التوزيع نجد أن

تصرف الحريق + التصرف المتوسط = ٨٣٨ + ٦٠٠ = ١٤٣٨ لتر/ الثانية

٢,٥ ضعف التصرف المتوسط = ٢,٥ × ٦٠٠ = ١٥٠٠ لتر/ الثانية

التصرف التصميمى هو الاكبر ويساوى ١٥٠٠ لتر/ الثانية

يمكن استخدام المخطط البيانى لها يزن او الجداول التصميميه (٥٠) وذلك بفرض الفاقد فى الضغط نتيجة الاحتكاك ٢ فى الألف. من الشكل (١٨١) نجد ان قطاع ١-١ فى مدخل المدينة يمر به ٣ خطوط، كل خط يحمل تصرفا يساوى ١٥٠٠ ÷ ٣ = ٥٠٠ لتر/ ثانية.

∴ القطاع الأول يحتوى على ٣ خطوط كل بقطر ٨٠٠ ملميتر.

تبنى طريقة القطاعات على إفتراض عدة قطاعات عموديه على محصلة الإتجاه العام لسير المياه فى شبكة التوزيع. الرسم فى الشكل (١٨١) يوضح أربع قطاعات أولها للمواسير الرئيسية التى تحمل المياه من محطة التنقيه الى المدينه والتى سبق تصميمها. أما القطاعات الأخرى فتعتمد على فرض أقطار للمواسير التى يمر بها القطاع، ثم يتم حساب التصرفات التى تحملها هذه المواسير وتقارن بالتصرف المطلوب خلف القطاع. فمثلا القطاع (٢- ٢) يقع بعد ١٨ ٪ من مساحة المدينة، على فرض أن كثافة السكان ومعدلات إستهلاك المياه ثابتة فى المدينة فإن التصرف المطلوب خلف القطاع يساوى ٨٢ ٪ من تصرف المدينة وهذا التصرف يجب أن يمر فى المواسير التى يقطعها الخط (٢- ٢).

ولحساب التصرف التصميمى لهذا القطاع تتبع نفس الطريقة فى حساب التصرف التصميمى للمدينه كلها حيث:

تصرف الحريق = ٣,١٨٢ $\sqrt{ع}$ ع هو تعداد المدينة بالألف خلف القطاع (٢- ٢) ويساوى ٠,٨٢ × ٢٥٠ = ٢٠٥ ألف نسمة

∴ تصرف الحريق = ٣,١٨٢ √٢٠٥ ÷ = ٤٥,٥٦ م٣، فى الدقيقة = ٧٥٩ لتر/ الثانية

التصرف المتوسط لمساحة المدينة خلف القطاع = ٠,٨٢ × ٦٠٠ = ٤٩٢ لتر/ ثانية

∴ التصرف التصميمى للقطاع (٢- ٢) يساوى القيمة الأكبر من:

أ - تصرف الحريق + التصرف المتوسط = ٧٥٩ + ٤٩٢ + ١٢٥١ لتر/ ثانية

ب - ٢,٥ من التصرف المتوسط = ٢,٥ x ٤٩٢ = ١٢٣٠ لتر/ ثانية

∴ التصرف التصميمى = ١٢٥١ لتر/ ثانية

بفرض جميع المواسير الفرعية بقطر ١٥٠ ملميتر وبفرض أقطار المواسير الرئيسية كما هى مبينه عند القطاع (٢- ٢) نجد أن المواسير عند هذا القطاع وما تحمله من تصرفات على أساس ميل خط الضغط الهيدروليكى٢ فى الألف هى:

١ ماسورة قطر ٨٠٠ ملميتر تحمل تصرفا يساوى ٥٤٣ لتر/ ثانية

١ ماسورة قطر ٧٠٠ ملميتر تحمل تصرفا يساوى ٣٨١ لتر/ ثانية

٢ ماسورة قطر ٦٠٠ ملميتر تحمل تصرفا يساوى ٢٥٢ × ٢ = ٥٠٤ لتر ثانية

٩ ماسورة قطر ١٥٠ ملميتر تحمل تصرفا يساوى ٦,٥ × ٩ = ٥٨ لتر/ ثانية

المجموع = ١٤٦٨ لتر/ ثانية.

وهذا معناه أن خطوط المواسير التى يمر بها القطاع تحمل تصرفا أكبر من التصرف المطلوب. يمكن إستبدال الخط الرأسى بقطر ٧٠٠ ملميتر بآخر بقطر ٥٠٠ ملميتر فيصبح مجموع تصرف الخطوط التى يمر بها القطاع ٢٤٤ لتر/ ثانية. وهذا التصرف يقارب التصرف التصميمى (١٢٥١ لتر/ الثانية). وعموما يمكن إهمال الفرق بالزيادة أو النقص فى حدود (٥- ١٠٪) بدون تأثير يذكر على تشغيل شبكة التوزيع.

قطاع (٣- ٣):

يقع هذا القطاع بعد ٥٣,٤٪ من مساحة المدينة.

∴ المساحة خلف القطاع = ٤٦,٦٪ من مساحة المدينة.

التصرف المتوسط لهذه المساحة = ٠,٤٦٦ × ٦٠٠ = ٢٨٠ لتر/ الثانية

التعداد خلف القطاع = ٠,٤٦٦ × ٢٥٠٠٠٠ = ١١٦٥٠٠

تصرف الحريق = ٣,١٨٢ √١١٦,٥ = ٣٤,٣٤ م/٣ الدقيقة = ٥٧٢ لتر/ الثانية.

• تصرف الحريق + التصرف المتوسط = ٥٧٢ + ٢٨٠ = ٨٥٢ لتر/ الثانية
• ٢,٥ × التصرف المتوسط = ٢,٥ × ٢٨٠ = ٧٠٠ لتر/ الثانية

\ التصرف التصميمى = ٨٥٢ لتر/ الثانية

يمكن فرض المواسير التى يمر بها القطاع كالآتى:

١ ماسورة قطر ٦٠٠ ملميتر وتحمل ٢٥٢ لتر/ الثانية

٣ ماسورة قطر ٥٠٠ ملميتر وتحمل ١٥٧ × ٣ = ٤٧١ لتر/ الثانية

١٢ ماسورة قطر ١٥٠ ملميتر وتحمل ٦,٥ × ١٢ = ٧٨ لتر/ الثانية

المجموع = ٨٠١ لتر/ الثانية

وهذا التصرف أقل من التصرف المطلوب بحوالى ٦ ٪ وهذه النسبة مسموح بها ويمكن إهمال هذا الفرق أو إستبدال ماسورة قطر ٥٠٠ ملميتر بأخرى ٦٠٠ ملميتر. فى هذه الحالة يكون مجموع التصرفات المارة بالقطاع = ٨٩٦ لتر/ الثانية بزيادة قدرها ٤٤ لتر/ الثانية عن التصرف المطلوب وبنسبة زيادة ٥ ٪.

قطاع (٤- ٤):

يقع هذا القطاع بعد ٧٨,٣ ٪ من مساحة المدينة.

المساحة خلف القطاع = ٢١,٧ ٪ من مساحة المدينة.

التصرف المتوسط لهذه المساحة = ٠,٢١٧ × ٦٠٠ = ١٣٠ لتر/ الثانية

التعداد خلف القطاع = ٠,٢١٧ × ٢٥٠٠٠٠ = ٥٤٢٥٠

تصرف الحريق = $\sqrt{٣,١٨٢ \overline{)٥٤,٢٥}}$ = ٢٣,٤٤ م٣ الدقيقة = ٣٩١ لتر/ الثانية

تصرف الحريق + التصرف المتوسط = ١٣٠ + ٣٩١ = ٥٢١ لتر/ ثانية

٢,٥ × التصرف المتوسط = ٢,٥ × ١٣٠ = ٣٢٥ لتر/ ثانية

التصرف التصميمى = ٥٢١ لتر/ ثانية

يمكن فرض المواسير التى يمر بها القطاع كالآتى:

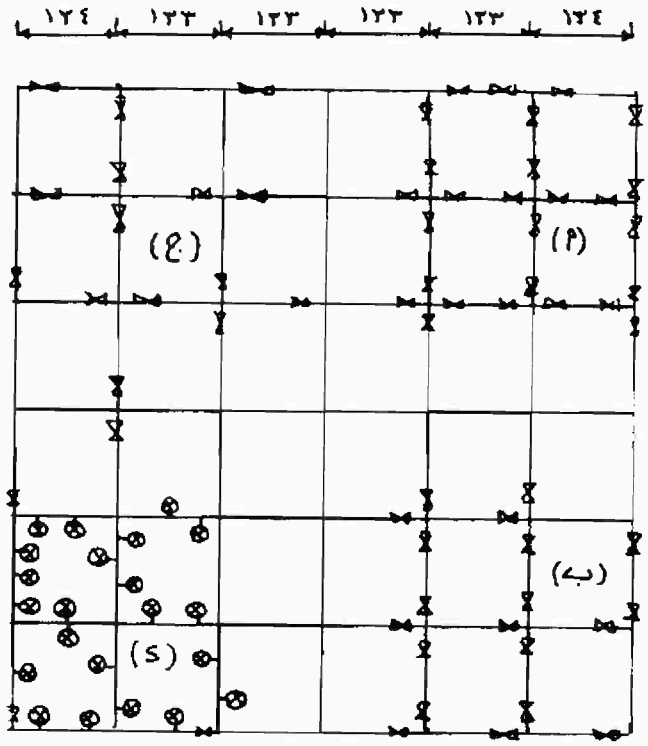
٣ ماسورة قطر ٥٠٠ ملميتر تحمل ١٥٧ × ٣ = ٤٧١ لتر/ ثانية
٦ ماسورة قطر ١٥٠ ملميتر تحمل ٦,٥ × ٦ = ٣٩ لتر/ ثانية
المجموع = ٥١٠ لتر/ ثانية

وهذا التصرف أقل من التصرف التصميمى بنسبة صغيرة جدا حوالى ٢ ٪ يمكن إهمالها.

أوضاع محابس القفل وحنفيات الحريق فى الشبكة:

يبين الشكل (١٨٢) الطرق المختلفة لوضع محابس القفل وحنفيات الحريق. المنطقة (أ) من الشكل تبين وضع محابس القفل على جميع تفريعات التقاطع بحيث يمكن قفل محبسين فقط لمنع المياه عن خط من الخطوط وهذه الطريقة رغم أنها أفضل الطرق فى التحكم فى قفل خطوط التوزيع إلا أنها مكلفه لاحتياجها الى عدد كبير من المحابس. المنطقة (ب) تبين وضع المحابس بعدد أقل بواحد من عدد تفريعات التقاطع وهى تحتاج عدد أقل من المحابس ولكن تحتاج الى قفل أكثر من محبسين أحياناً ويمكن أن تتأثر بعض الخطوط الأخرى من إمداد المياه فى حالة قفل المحابس المطلوبه. المنطقة (جـ) تبين نظام لوضع المحابس أقل كثيرا فى التكاليف لأنه يحتاج إلى محبسين فقط عند كل تقاطع إلا أنه يحتاج إلى قفل أربعة محابس للتحكم فى كل خط.

المنطقة (د) تبين حنفيات الحريق وهذه توضع أولا عند التقاطعات. حيث أن المساحة بين كل تقاطعين ١٣٣ متر وأن المسافة المفضلة بين حنفيات الحريق من ٦٠- ٩٠ متر. فإن المناسب هو وضع حنفية فى المنتصف بين التقاطعات. توضع حنفيات الحريق فى غرفة تحت سطح الأرض بغطاء يسهل رفعه أو تثبت فوق سطح الأرض أو تعلق على حوائط المبانى والمنشآت.



المناطق أ، ب، جـ مبين بها نظم محابس القفل

المنطقة (د) مبين بها نظام حنفيات الحريق

محابس القفل وحنفيات الحريق شكل (١٨٢)

طريقة هاردي كروس: (Hardy Cross)

تستخدم هذه الطريقة فى التصميمات التى تحتاج إلى دقة فى العمليات الحسابية، حيث أن طريقة القطاعات تقريبيه الى حد ما، وأحيانا تستخدم طريقة القطاعات فى الحسابات التمهيدية قبل استخدام طريقة هاردى كروس. ويبنى إستخدام هذه الطريقة لشبكات المياه المغلقة على أساس العاملين الآتيين:

• كمية المياه التى تدخل وصلة يجب أن تساوى لكمية المياه التى تخرج منها. أى أن التدفق الداخل يجب أن يساوى الخارج.

• المجموع الجبرى للخفض فى الضغط يساوى صفر خلال الدائرة المقفلة أى أنه لا يوجد إستمرار فى الضغط.

فى هذه الطريقة يتم التصحيح للتدفق المفترض فى محاولات متتالية. الفقد فى الضغط فى كل ماسورة يتم تعيينه باستخدام معادلة التدفق فى الماسورة. يتم عمل التصحيح المتتالى للتدفقات فى كل ماسورة حتى إتزان الضغط وتحقيق مبدأ الاستمرار عند كل وصلة.

ويعتمد إستخدام طريقة هاردى كروس على الآتى:

بالنسبة لماسورة بقطر معين ومعامل خشونه أو إحتكاك معين، يمكن وضع معادلة هازن فى صورة

$$O = KS^{0.54}$$

ويوضع الفاقد فى الضغط h بدلا من ميل خط الضغط الهيدروليكى (S)

$$O = Kh^{0.54}$$

$$\therefore h = KQ^{1.85} \qquad (١)$$

ولا تزال مجموعة من خطوط المياه المقفلة فى شبكة توزيع المياه يمكن تحديد التصرف الفعلى فيها بإضافة قيمه تصحيحية /q الى التصرف الافتراضى Q_1

$$Q = Q_1 + q$$

$$\therefore h = KQ^{1.85} = K(Q_1 + q)^{1.85} \qquad (٢)$$

$$= K(Q^{1.85} + 1.85\, Q^{0.85} \times q + \dots) \qquad (٣)$$

وعلى أساس أن مجموع الفاقد فى الضغط يساوى صفر خلال الدائرةالمقفلة للتصرف المتوازن.

$$\therefore \Sigma h_l = \Sigma KQ^{1.85}$$

$$\Sigma KQ_1^{1.85} + \Sigma\, 1.85\, Q^{0.85}\, q = \text{صفر} \qquad (٤)$$

$$\therefore \quad q = \frac{\Sigma h_L}{1.85 \Sigma \left(\frac{HL}{Q}\right)} \qquad (٥)$$

يمكن استخدام هذه الطريقة باتباع الخطوات التالية:

أ- نفترض أى توزيع لمعدل التصرف واتجاهاته فى دوائر شبكة التوزيع، بحيث يكون التصرف الداخلى إلى نقطة تلاقى عدة خطوط مساويا للتصرف الخارج منها.

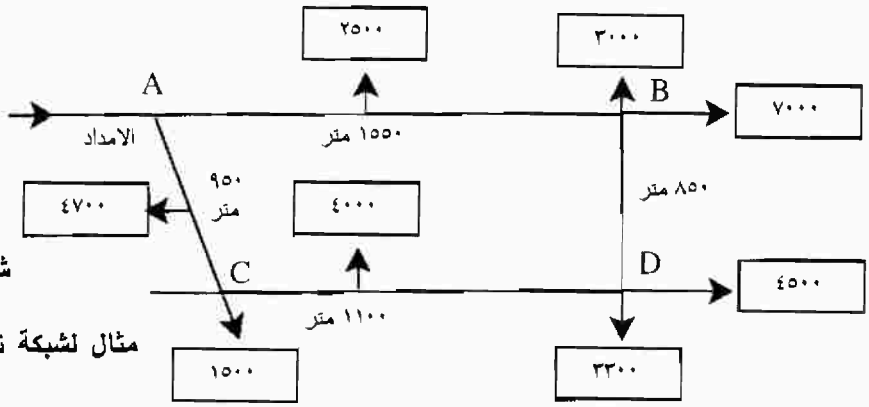
ب - يحسب الفاقد فى الضغط فى كل خط من الخطوط حسابيا أو بيانيا باستخدام جدول (٥٠) أو الشكل (١٧٨) وذلك لدائرة من دوائر شبكه التوزيع للتصرف المفروض فى الخطوة السابقة.

جـ - يحسب مجموع الفاقد فى الضغط $(h_L \div Q)$ بدون إعتبار للإرشادات.

د - يحسب قيمة التعديل فى التصرف باستخدام المعادلة (٥) ويصحح بهذه القيمة كل من التصرفات المفروضة.

هـ - تطبق الخطوات السابقة فى كل دائرة من شبكه التوزيع ثم يعاد تصحيح الدوائر الأولى كلما تبين من تتابع العمليات الحسابية حتى الوصول الى نتيجة نهائية صحيحة لا يتعدى فيها الخطأ فى قراءة المخطط ١٠ ٪

مثـال (٣) : عين أقطار المواسير فى الشبكة الموضحة فى الشكل (١٨٣) متوسط استهلاك الفرد فى اليوم ٢٠٠ لتر. أقصى تصرف = ٢,٧ ضعف متوسط التصرف. وبين بالشكل أطوال المواسير وعدد السكان طبقا للتجمعات السكنية



شكل (١٨٣)

مثال لشبكة توزيع المياه

الحل:

متوسط الصرف ٢٠٠ لتر للفرد فى اليوم

أقصى تصرف لحساب قطر المواسير = ٢,٧ × ٢٠٠ = ٥٤٠ لتر فى اليوم

التصرفات المختلفة لتصميم خطوط المواسير كالآتى:

عند النقطة B على المسار AB = $\frac{٧٠٠٠ \times ٥٤٠}{٦٠ \times ٦٠ \times ٢٤}$ = ٤٣,٧٥ لتر فى الثانية

عند النقطة B على المسار DB = $\frac{٣٠٠٠ \times ٥٤٠}{٦٠ \times ٦٠ \times ٢٤}$ = ١٨,٧٥ لتر فى الثانية

عند النقطة D على المسار BD = $\frac{٣٣٠٠ \times ٥٤٠}{٦٠ \times ٦٠ \times ٢٤}$ = ٢٠,٦ لتر فى الثانية

عند النقطة D على المسار CD = $\frac{٥٤٠ \times ٤٥٠٠}{٦٠ \times ٦٠ \times ٢٤}$ = ٢٨,١٢ لتر فى الثانية

التصرف المحلى على الخط CD = $\frac{٥٤٠ \times ٤٠٠٠}{٦٠ \times ٦٠ \times ٢٤}$ = ٢٥ لتر فى الثانية

التصرف المحلى على الخط AB = $\frac{٥٤٠ \times ٢٥٠٠}{٦٠ \times ٦٠ \times ٢٤}$ = ١٥,٦٢ لتر فى الثانية

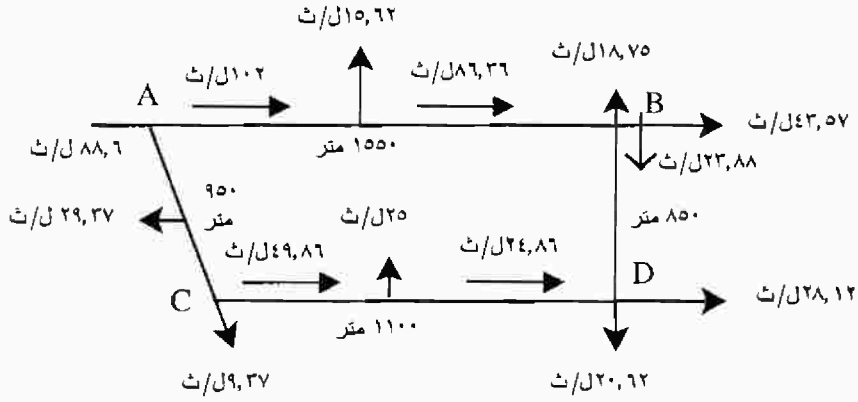
التصرف المحلى على الخط AC = $\frac{٥٤٠ \times ٤٧٠٠}{٦٠ \times ٦٠ \times ٢٤}$ = ٢٩,٣٧ لتر فى الثانية

عند النقطة C على المسار AC = $\frac{٥٤٠ \times ١٥٠٠}{٦٠ \times ٦٠ \times ٢٤}$ = ٩,٣٧ لتر فى الثانية

إجمالى المياه الداخلية الى الشبكة = ١٩٠,٦ لتر فى الثانية.

يمكن الآن إفتراض التصرف واتجاهاته وكميته فى كل الخطوط، مع الأخذ فى الاعتبار أن التصرف الداخل يساوى الخارج عند كل وصلة. التصرف المفترض موضح فى الشكل

(١٨٤) . الميـاه اللازمـة عند النقطة D تتحقق بتصرفات المياه على مسار كلا من الخط ACD ، ABD .



(مثال) التصرفات فى الشبكة شكل (١٨٤)

باستخـدام معادلة هاردى كروس والجدول (٤٨) بعد تقدير قطر المواسير (المحاولة الأولى)

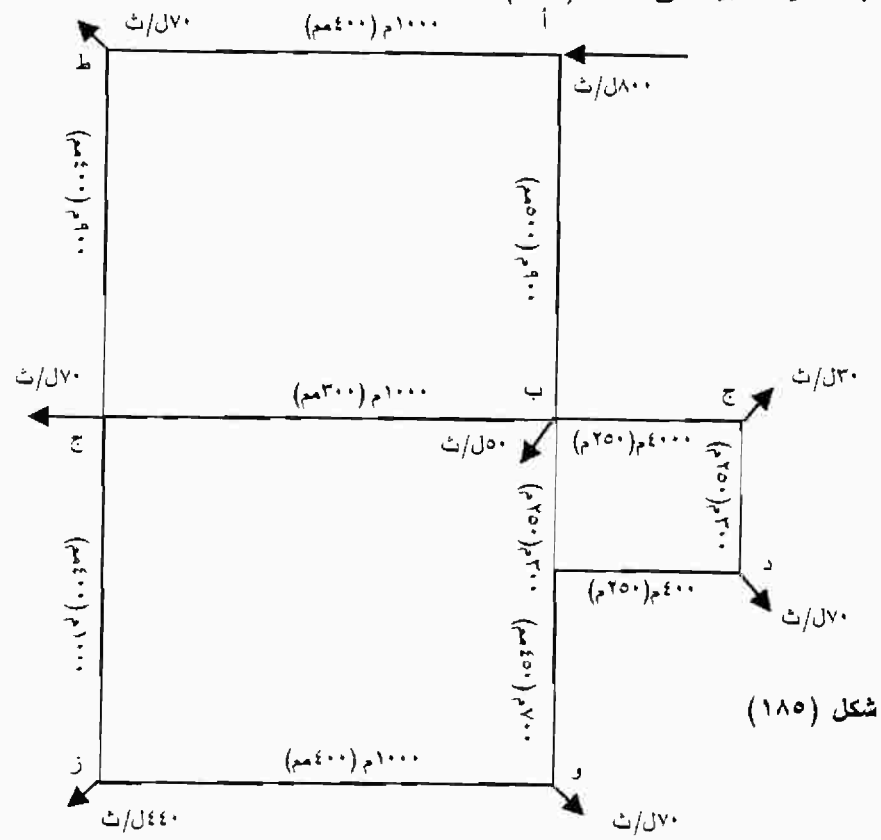
∴ التصحيح فى التصرف q = $\frac{٢٣,٣٨ - ٢٦,٣٥}{١,٨٥ \times ٧٣٨,٥٩}$ = ٢,١٧٣- لتر/ الثانية

التصحيح فى الصرف صغير ولذا فإن تقدير قطر المواسير صحيح ومناسب

(مثال) عمل حسابات شبكة التوزيع جدول ٥٠

مسار المواسير	خط المواسير	التصرف لتر/ الثانية Q	القطر المقترح للماسورة بالملميتر	الطول بالمتر	الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر من الشكل (١٧٨)	الفقد فى ضغط الماسورة h جدول (٥٠) عامود ٦	$\frac{h}{Q}$
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
ABC	AB	١٠٢	٣٠٠	١٥٥٠	١٤,٢٦	٢٢,١	٠,٢١٦ = ١٠٢ ÷ ٢٢,١
	BD	٨٣	٢٠٠	٨٥٠	٥,٠٠	٤,٢٥	٠,١٧٨ = ٢٣,٨٨ ÷ ٤,٢٥
					الاجمالى	+ ٢٦,٣٥	٠,٣٩٤
ACD	AC	٨٨,٦	٢٨٠	٩٥٠	١٥	١٤,٢٥	٠,١٦٠٨ = ٨٨,٦ ÷ ١٤,٢٥
	CD	٤٩,٨٦	٢٥٠	١١٠٠	٨,٣	٩,١٣	٠,١٨٣ = ٤٩,٨٦ ÷ ٩,١٣
					الاجمالى	٢٣,٨	٠,٣٤٣٨

مـثـال (٤) : باستخدام طريقة هاردى كروس إحسب معدلات التصرف فى خطوط شبكه المياه المبينه فى الشكل (١٨٥).

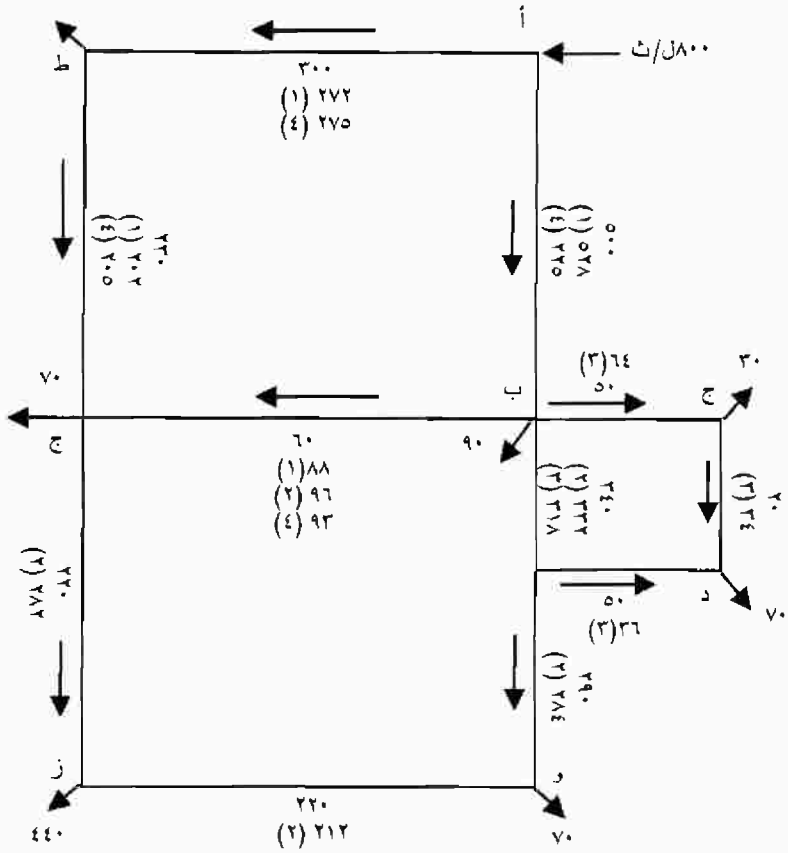


شكل (١٨٥)

الحل: نفترض قيمه وإتجاه التصرفات فى جميع خطوط الشبكة كما هو موضح بالشكل (١٨٥).

ونبدأ بعمل الحسابات بعمل المحاولات طبقا للخطوات التى تم توضيحها.

المحاولة الأولى فى الدائرة العلوية أ ب ح ط أ. تبين الجداول الآتية. الآتى كيفية إجراء العمليات الحسابية وخطواتها وذلك بالاستعانة بجدول (٥٠) وشكل (١٧٨) واعتبار أن معامل الاحتكاك فى معادلة هازن = ١٠٠ العامود الأول فى الجدول يبين خطوط المواسير فى إتجاه معين لدائرة من دوائر الشبكة.



شكل (١٨٦)

والعامود الثانى يبين القطر والعامود الثالث يبين طول كل خط والعامود الرابع يبين التصرف المفروض. وتكون التصرفات موجبه إذا كانت فى إتجاه عقرب الساعة، وسالبه إذا كانت عكس إتجاه عقرب الساعة. والعامود الخامس يبين الفاقد فى الضغط ويمكن إستنتاجه باستخدام جدول (٥١) أو شكل (١٧٨) بمعرفة التصرف والقطر ويبين العامود السادس الفاقد الكلى فى الضغط وهو عبارة عن حاصل ضرب العامودين الثالث والخامس مقسوما على ١٠٠٠.

خطوط المواسير	القطر مم	الطول بالمتر	التصرف المفروض Q لتر/ ثانية	الفاقد فى الضغط متر / ١٠٠٠ متر	مجموع الفاقد فى الضغط h بالمتر	$\frac{h}{Q}$
أ ب	٥٠٠	٩٠٠	+ ٥٠٠	+ ١٧	+ ١٥,٣	٠,٠٣١
ب ح	٣٠٠	١٠٠٠	+ ٦٠	+ ٤	+ ٤	٠,٠٦٧
ح ط	٤٠٠	٩٠٠	- ٣٠٠	- ٢٠	- ١٨	٠,٠٦٠
ط أ	٤٠٠	١٠٠٠	- ٢٣٠	- ١٢	- ١٢	٠,٠٥٢
				المجموع	- ١٠,٧	٠,٢١٠

$$\therefore q = \frac{-10,7}{1,85\ (0,21)} = 28 \text{ لتر ثانية}$$

تضاف هذه القيمة للتصرفات التى تسير فى إتجاه دوران عقرب الساعة وتطرح من التصرفات التى تسير فى عكس إتجاه عقرب الساعة.

الخطوة التالية فى المحاولة رقم (٢) فى الدائرة السفلية ب هـ و ز ح ب.

خطوط المواسير	القطر مم	الطول بالمتر	التصرف المفروض Q لتر/ ثانية	الفاقد فى الضغط متر / ١٠٠٠ متر	مجموع الفاقد فى الضغط h	$\frac{h}{Q}$
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
ب هـ	٤٥٠	٣٠٠	+ ٣٤٠	+ ١٤	+ ٤١٢	٠,٠١٢
هـ و	٤٥٠	٧٠٠	+ ٢٩٠	+ ١٠,٧	+ ٧,٥	٠,٠٢٦
و ز	٤٠٠	١٠٠٠	+ ٢٢٠	- ١١,٢	+ ١١,٢	٠,٠٥١
ز خ	٤٠٠	١٠٠٠	- ٢٢٠	- ١١,٢	- ١١,٢	٠,٠٥١
ح ب	٣٠٠	١٠٠٠	- ٨٨	- ٨,٢	- ٨,٢	٠,٠٩٣
			المجموع		+ ٣,٥	٠,٢٣٣

$$q = -\frac{٣,٥}{١,٨٥ (٠,٢٣٣)} = -٨ \text{ لتر ثانية}$$

تطرح هذه القيمة من التصرفات التى تسير فى إتجاه دوران عقرب الساعة وتضاف للتصرفات فى عكس هذا الاتجاه .

المحاولة الثالثة لتصحيح الدائرة الجانبية ب ج د هـ ب

خطوط المواسير	القطر مم	الطول بالمتر	التصرف المفروض Q لتر/ ثانية	الفاقد فى الضغط متر / ١٠٠٠ متر	مجموع الفاقد فى الضغط h بالمتر	$\frac{h}{Q}$
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
ب جـ	٢٥٠	٤٠٠	+ ٥٠	+٧	+ ٢,٨	٠,٠٥٦
ج د	٢٥٠	٣٠٠	+ ٢٠	+ ١,٣	+ ٠,٣٩	٠,٠٢٠
د هـ	٢٥٠	٤٠٠	- ٥٠	- ٧	- ٢,٨	٠,٠٥٦
هـ ب	٤٥٠	٣٠٠	- ٣٣٢	- ١٣,٦	- ٤,١	٠,٠١٢
المجموع					- ٣,٧١	٠,١٤٤

$$q = -\frac{-٣,٧١}{١,٨٥ (٠,١٤٤)} = ١٤$$

تضاف هذه القيمة الى التصرفات التى تسير فى إتجاه دوران عقرب الساعة وتطرح من التصرفات فى عكس هذا الاتجاه .

المحاولة الرابعة لمراجعة الدائرة العلويه أ ب ح ط أ

١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
أ ب	٥٠٠	٩٠٠	+ ٥٢٨	+ ١٨,٧	+ ١٦,٨	٠,٠٣٢
ب ح	٣٠٠	١٠٠٠	+ ٩٦	+ ٩,٦	+ ٩,٦	٠,١
ح ط	٤٠٠	٩٠٠	- ٢٧٢	- ٩,٥	- ٨,٦	٠,٠٤٢
ط أ	٤٠٠	١٠٠٠	- ٢٠٢	- ١٦,٢	- ١٦,٥	٠,٠٦١
				المجموع	-١,٣	٠,٢٣٥

$$q = -\frac{-1,3}{1,85\ (0,235)} = -3$$ لتر/ ث

تطرح هذه القيمة من التصرفات التى تسير فى اتجاه دوران عقرب الساعة وتضاف الى التصرفات التى تسير فى عكس هذا الإتجاه

المحاولة الخامسة لتصحيح الدائرة السفليه ب هـ و ز ح ب.

١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
ب هـ	٤٥٠	٣٠٠	+ ٣١٨	+ ١٢,٦	+ ٣,٧٨	٠,٠١٢
هـ و	٤٥٠	٧٠٠	+ ٢٨٢	+ ١٠	+ ٧	٠,٠٢٥
و ز	٤٠٠	١٠٠٠	+ ٢١٢	+ ١٠,٥	+ ١٠,٥	٠,٠٤٩
ز ح	٤٠٠	١٠٠٠	- ٢٢٨	- ١٢	- ١٢	٠,٠٥٣
ح ب	٣٠٠	١٠٠٠	- ٩٣	- ٩	- ١٩	٠,٠٩٧
			المجموع		+ ٠,٢٨	٠,٢٣٦

$$q = -\frac{0,28}{1,85\ (0,236)} = -0,6$$ لتر/ الثانية

هذا التصرف ضئيل ويمكن إهماله واعتبار أن الدائرة السفليه صحيحة.

محاولة تصحيح الدائرة الجانبيه ب ج د هـ ب (المحاولة السادسة)

١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
ب ج	٢٥٠	٤٠٠	+ ٦٤	+ ١١	+ ٤,٤	٠,٠٦٩
ج د	٢٥٠	٣٠٠	+ ٣٤	+ ٣,٥	+ ١,٠٥	٠,٠٣١
د هـ	٢٥٠	٤٠٠	- ٣٦	- ٣,٧٥	- ١,٥	٠,٠٤٢
هـ ب	٤٥٠	٣٠٠	- ٣١٨	- ١٢,٦	- ٣,٧٨	٠,٠١٢
			المجموع		+ ٠,١٧	٠,١٥٤

$$q = -\frac{0,17}{1,85\ (0,154)} = -0,6$$ لتر/ الثانية

وهذا التصرف صغير ويمكن إهماله واعتبار أن هذه الدائرة صحيحة. ويكفى تصحيح الدوائر الثلاث بالنتائج التى توصلنا اليها، ويمكن استكمالا للمراجعة وبعد تصحيح الدوائر الثلاث يمكن إعتبارهم مرة واحدة وهى أ ب ج د هـ و ز ح ط أ.

خطوط المواسير	القطر مم	الطول بالمتر	التصرف المفروض Q لتر/ ثانية	الفاقد فى الضغط متر / ١٠٠٠ متر	مجموع الفاقد فى الضغط h بالمتر	$\frac{h}{Q}$
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
أب	٥٠٠	٩٠٠	+ ٥٢٥	+ ١٨,٥	+ ١٦,٦	٠,٠٣٢
ب ج	٢٥٠	٤٠٠	+ ٦٤	+ ١١	+ ٤,٤	٠,٠٦٩
ج د	٢٥٠	٣٠٠	+ ٣٤	+ ٣,٥	+ ١,٠٥	٠,٣١
د هـ	٢٥٠	٤٠٠	- ٣٦	- ٣,٧٥	- ١,٥	٠,٠٤٢
هـ و	٤٥٠	٧٠٠	+ ٢٨٢	+ ١٠	+ ٧	٠,٠٢٥
و ز	٤٠٠	١٠٠٠	+ ٢١٢	+ ١٠,٥	+ ١٠,٥	٠,٠٤٩
ز ح	٤٠٠	١٠٠٠	- ٢٢٨	- ١٢	- ١٢	٠,٠٥٣
ح ط	٤٠٠	٩٠٠	- ٢٠٥	- ٩,٨	- ٨,٨	٠,٠٤٣
ط أ	٤٠٠	١٠٠٠	- ٢٧٥	- ١٥	- ١٦,٨	٠,٠٦١
				المجموع	+ ٠,٤٥	٠,٤٠٥

$$q = -\frac{٠,٤٥}{١,٨٥\ (٠,٤٠٥)} = -٠,٦ \text{ لتر/ الثانية}$$

وهذا التصرف ضئيل يمكن إهماله واعتبار أن دوائر التغذية صحيحة.

جدول رقم (٥١- ١) جداول تصميميه لخطوط التغذية باستخدام معادلة هايزن (C = ١٠٠)

القطر الداخلى D مم	الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر											
	٠,١ متر		٠,١٥ متر		٠,٢ متر		٠,٢٥ متر		٠,٣٥ متر		٠,٣٥ متر	
	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث
١٥٠	٧	١	٩	١,٦	١٠,٧	١,٩	١٢	٢	١٣	٢,٣	١٤,٥	٢,٦
١٧٥	٨	٢	١٠	٢,٤	١١,٨	٢,٨	١٣	٣	١٤,٧	٣,٥	١٦	٣,٩
٢٠٠	٨,٨	٣	١١	٣,٥	١٣	٤	١٤,٥	٤,٥	١٦	٥	١٧,٤	٥,٥
٢٢٥	٩,٦	٤	١٢	٥	١٤	٥,٦	١٥,٧	٦	١٧	٦,٨	١٩	٧,٦
٢٥٠	١٠,٣	٥	١٣	٦,٤	١٥	٧,٤	١٧	٨	١٨,٧	٩	٢٠	١٠
٣٠٠	١١,٥	٨	١٤	١٠	١٧	١٢	١٩	١٣	٢١	١٥	٢٣	١٦
٣٥٠	١٣	١٣	١٦	١٥	١٩	١٨	٢١	٢٠	٢٣	٢٢	٢٥	٢٤
٤٠٠	١٤	١٨	١٧	٢١	٢٠	٢٥	٢٣	٢٨	٢٥	٣١	٢٧	٣٤
٤٥٠	١٥	٢٤	١٨	٢٩	٢١	٣٣	٢٤	٣٨	٢٧	٤٣	٢٩	٤٦
٥٠٠	١٦	٣١	٢٠	٣٩	٢٣	٤٥	٢٦	٥٠	٢٩	٥٧	٣١	٦١
٦٠٠	١٨	٥١	٢٢	٦٢	٢٦	٧٤	٢٩	٨٢	٣٢	٩٠	٣٥	٩٩
٧٠٠	٢٠	٧٧	٢٤	٩٢	٢٩	١١٢	٣٢	١٢٣	٣٦	١٣٩	٣٩	١٥٠
٨٠٠	٢١	١٠٦	٢٧	١٣٦	٣١	١٥٦	٣٥	١٧٦	٣٩	١٩٦	٤٢	٢١١
٩٠٠	٢٣	١٤٦	٢٩	١٨٤	٣٤	٢١٦	٣٨	٢٤٢	٤٢	٢٦٧	٤٥	٢٨٦
١٠٠٠	٢٥	١٩٦	٣١	٢٤٣	٣٦	٢٨٣	٤٠	٣١٤	٤٤	٣٤٦	٤٨	٣٧٧
١٢٠	٢٨	٣١٧	٣٤	٣٨٥	٤٠	٤٥٢	٤٥	٥٠٩	٥٠	٥٦٦	٥٤	٦١١
١٤٠٠	٣٠	٤٦٢	٣٨	٥٨٥	٤٤	٦٧٧	٥٠	٧٧٠	٥٥	٨٤٧	٦٠	٩٢٤
١٥٠٠	٣٢	٥٦٥	٣٩	٦٨٩	٤٦	٨١٣	٥٢	٩١٩	٥٧	١٠٠٧	٦٢	١٠٩٦
١٦٠٠	٣٣	٦٦٣	٤١	٨٢٤	٤٨	٩٦٥	٥٤	١٠٨٦	٦٠	١٢٠٦	٦٥	١٣٠٧
١٨٠٠	٣٦	٩١٦	٤٤	١١٢٠	٥٢	١٣٢٣	٥٨	١٤٧٦	٦٤	١٦٢٩	٧٠	١٧٨١
٢٠٠٠	٣٨	١١٩٤	٤٧	١٤٧٧	٥٥	١٧٢٨	٦٢	١٩٤٨	٦٩	٢١٦٨	٧٠	٢٣٥٦

جدول رقم (٥١- ٢)

القطر الداخلى D مم	الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر											
	٠,٤ متر		٠,٥ متر		٠,٦ متر		٠,٧ متر		٠,٨ متر		٠,٩ متر	
	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث
١٥٠	١٥,٦	٢,٨	١٨	٣	١٩,٤	٣,٤	٢١	٣,٧	٢٣	٤	٢٤	٤,٢
١٧٥	١٧	٤	١٩	٤,٦	٢١	٥	٢٣	٥,٥	٢٥	٦	٢٧	٦,٥
٢٠٠	١٨,٧	٦	٢١	٦,٦	٢٣	٧	٢٥	٨	٢٧	٨,٥	٢٩	٩
٢٢٥	٢٠	٨	٢٣	٩	٢٥	١٠	٢٧	١١	٢٩	١١,٥	٣١	١٢
٢٥٠	٢٢	١١	٢٥	١٢	٢٧	١٣	٣٠	١٥	٣٢	١٦	٣٤	١٧
٣٠٠	٢٤	١٧	٢٨	٢٠	٣٠	٢١	٣٣	٢٣	٣٥	٢٥	٣٨	٢٧
٣٥٠	٢٧	٢٦	٣٠	٢٩	٣٤	٣٣	٣٧	٣٦	٣٩	٣٨	٤٢	٤٠
٤٠٠	٢٩	٣٦	٣٣	٤١	٣٦	٤٥	٣٩	٤٩	٤٢	٥٣	٤٥	٥٧
٤٥٠	٣١	٤٩	٣٥	٥٦	٣٩	٦٢	٤٢	٦٧	٤٥	٧٢	٤٨	٧٦
٥٠٠	٣٤	٦٧	٣٨	٧٥	٤٢	٨٢	٤٦	٩٠	٤٩	٩٦	٥٢	١٠٢
٦٠٠	٣٧	١٠٥	٤٢	١١٩	٤٧	١٣٣	٥١	١٤٤	٥٤	١٥٣	٥٨	١٦٤
٧٠٠	٤٢	١٦٢	٤٧	١٨١	٥٢	٢٠٠	٥٦	٢١٥	٦٠	٢٣١	٦٤	٢٤٦
٨٠٠	٤٥	٢٢٦	٥١	٢٥٦	٥٦	٢٨٢	٦١	٣٠٧	٦٦	٣٣٢	٧٠	٣٥٢
٩٠٠	٤٩	٣١٢	٥٥	٣٥٠	٦١	٣٨٨	٦٦	٤٢٠	٧١	٤٥٢	٧٦	٤٨٤
١٠٠٠	٥٢	٤٠٨	٥٩	٤٦٣	٦٥	٥١١	٧٠	٥٥٠	٧٥	٥٨٩	٨٠	٦٢٨
١٢٠	٥٨	٦٥٦	٦٦	٧٤٦	٧٢	٨١٤	٧٩	٨٩٣	٨٥	٩٦١	٩٠	١٠١٨
١٤٠٠	٦٤	٩٨٥	٧٣	١١٢٤	٨٠	١٢٣٢	٨٧	١٣٣٩	٩٤	١٤٤٧	١٠٠	١٥٣٩
١٥٠٠	٦٧	١١٨٤	٧٦	١٣٤٣	٨٣	١٤٦٧	٩١	١٦٠٨	٩٧	١٧١٤	١٠٤	١٨٣٨
١٦٠٠	٧٠	١٤٠٧	٧٨	١٥٦٨	٨٧	١٧٤٩	٩٤	١٨٩٠	١٠١	٢٠٣١	١٠٨	٢١٧١
١٨٠٠	٧٥	١٩٠٩	٨٥	٢١٦٣	٩٤	٢٣٩٢	١٠٢	٢٥٩٦	١٠٩	٢٧٧٤	١١٧	٢٩٧٧
٢٠٠٠	٨٠	٢٥١٣	٩١	٢٨٥٩	١٠٠	٣١٤٢	١٠٩	٣٤٢٤	١١٧	٣٦٧٦	١٢٥	٣٩٢٧

جدول رقم (٥١- ٣)

القطر الداخلى D مم	الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر											
	١,٠٠ متر		١,٢ متر		١,٤ متر		١,٦ متر		١,٨ متر		٢,٠٠ متر	
	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث
١٥٠	٢٦	٤,٦	٢٨	٥	٣١	٥,٥	٣٣	٥,٨	٣٥	٦	٣٧	٦,٥
١٧٥	٢٨	٦,٧	٣١	٧,٥	٣٤	٨	٣٦	٨,٧	٣٩	٩	٤١	١٠
٢٠٠	٣١	٩,٧	٣٤	١١	٣٧	١٢	٤٠	١٢,٦	٤٢	١٣	٤٥	١٤
٢٢٥	٣٣	١٣	٣٧	١٥	٤٠	١٦	٤٣	١٧	٤٦	١٨	٤٨	١٩
٢٥٠	٣٦	١٨	٣٩	١٩	٤٣	٢١	٤٦	٢٣	٤٩	٢٤	٥٢	٢٦
٣٠٠	٤٠	٢٨	٤٤	٣١	٤٨	٣٤	٥٢	٣٧	٥٥	٣٩	٥٨	٤١
٣٥٠	٤٤	٤٢	٤٩	٤٧	٥٣	٥١	٥٧	٥٥	٦١	٥٩	٦٤	٦٢
٤٠٠	٤٨	٦٠	٥٣	٦٧	٥٧	٧٢	٦١	٧٧	٦٦	٨٣	٦٩	٨٧
٤٥٠	٥١	٨١	٥٦	٨٩	٦١	٩٧	٦٦	١٠٥	٧٠	١١١	٧٤	١١٨
٥٠٠	٥٥	١٠٨	٦١	١٢٠	٦٦	١٣٠	٧١	١٣٩	٧٦	١٤٩	٨٠	١٥٧
٦٠٠	٦١	١٧٢	٦٨	١٩٢	٧٤	٢٠٩	٧٩	٢٢٣	٨٤	٢٣٧	٨٩	٢٥٢
٧٠٠	٦٨	٢٦٢	٧٥	٢٨٩	٨٢	٣١٦	٨٨	٣٣٩	٩٤	٣٦٢	٩٩	٣٨١
٨٠٠	٧٤	٣٧٢	٨٢	٤١٢	٨٩	٤٤٧	٩٥	٤٧٨	١٠٢	٥١٣	١٠٨	٥٤٣
٩٠٠	٨٠	٥٠٩	٨٨	٥٦٠	٩٦	٦١١	١٠٣	٦٥٥	١١٠	٧٠٠	١١٦	٧٣٨
١٠٠٠	٨٥	٦٦٨	٩٤	٧٣٨	١٠٢	٨٠١	١١٠	٨٦٤	١١٧	٩١٩	١٢٤	٩٧٤
١٢٠	٩٥	١٠٧٤	١٠٥	١١٨٨	١١٤	١٢٨٩	١٢٣	١٣٩١	١٣١	١٤٨٢	١٣٩	١٥٧٢
١٤٠٠	١٠٦	١٦٣٢	١١٧	١٨٠١	١٢٧	١٩٥٥	١٣٦	٢٠٩٤	١٤٥	٢٢٣٢	١٥٤	٢٣٧١
١٥٠٠	١١٠	١٩٤٤	١٢١	٢١٣٨	١٣٢	٢٣٣٣	١٤٢	١٥٠٩	١٥١	٢٦٦٨	١٦٠	٢٨٢٧
١٦٠٠	١١٤	٢٢٩٢	١٢٦	٢٥٣٣	١٣٧	٢٧٥٥	١٤٧	١٩٥٦	١٥٧	٣١٥٧	١٦٦	٣٣٣٨
١٨٠٠	١٢٣	٣١٣٠	١٣٦	٣٤٦١	١٤٨	٣٧٦٦	١٥٩	٤٠٤٦	١٧٠	٤٣٢٦	١٨٠	٤٥٨٠
٢٠٠٠	١٣٢	٤١٤٧	١٤٦	٤٥٨٧	١٥٨	٤٩٦٤	١٧٠	٥٣٤١	١٨١	٥٦٨٦	١٩٢	٦٠٣٢

جدول رقم (٥١- ٤)

القطر الداخلي D مم	الفقد في الضغط لكل ١٠٠٠ متر											
	٢,٢٥ متر		٢,٥ متر		٢,٧٥ متر		٣,٠٠ متر		٣,٢٥ متر		٣,٥ متر	
	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث
١٥٠	٤٠	٧	٤٢	٧,٤	٤٤	٧,٨	٤٦	٨	٤٨	٨,٥	٥٠	٨,٩
١٧٥	٤٤	١٠,٦	٤٦	١١	٤٩	١٢	٥١	١٢	٥٣	١٢,٧	٥٥	١٣
٢٠٠	٤٨	١٥	٥٠	١٦	٥٣	١٧	٥٥	١٧	٥٨	١٨,٠٠	٦٠	١٩
٢٢٥	٥١	٢٠	٥٤	٢١	٥٧	٢٣	٦٠	٢٤	٦٣	٢٥	٦٥	٢٦
٢٥٠	٥٥	٢٧	٥٩	٢٩	٦٢	٣٠	٦٥	٣٢	٦٨	٣٣	٧٠	٣٤
٣٠٠	٦٢	٤٤	٦٦	٤٧	٦٩	٤٩	٧٢	٥١	٧٦	٥٤	٧٩	٥٦
٣٥٠	٦٩	٦٦	٧٣	٧٠	٧٦	٧٣	٨٠	٧٧	٨٤	٨١	٨٧	٨٤
٤٠٠	٧٤	٩٣	٧٨	٩٨	٨٢	١٠٣	٨٦	١٠٨	٩٠	١١٣	٩٤	١١٨
٤٥٠	٧٩	١٢٦	٨٤	١٣٤	٨٨	١٤٠	٩٢	١٤٦	٩٧	١٥٤	١٠١	١٦١
٥٠٠	٨٦	١٦٩	٩١	١٧٩	٩٦	١٨٨	١٠٠	١٩٦	١٠٥	٢٠٦	١٠٩	٢١٤
٦٠٠	٩٥	٢٦٩	١٠١	٢٨٦	١٠٦	٣٠٠	١١١	٣١٤	١١٦	٣٢٨	١٢١	٣٤٢
٧٠٠	١٠٦	٤٠٨	١١٢	٤٣١	١١٨	٤٥٤	١٢٣	٤٧٣	١٢٩	٤٩٦	١٣٤	٥١٦
٨٠٠	١١٥	٥٧٨	١٢٢	٦١٣	١٢٨	٦٤٣	١٣٤	٦٧٤	١٤٠	٧٠٤	١٤٦	٧٣٤
٩٠٠	١٢٤	٧٨٩	١٣١	٨٢٣	١٣٨	٨٧٨	١٤٥	٩٢٢	١٥١	٩٦١	١٥٧	٩٩٩
١٠٠٠	١٣٢	١٠٣٧	١٤٠	١١٠	١٤٧	١١٥٥	١٥٤	١٢١٠	١٦١	١٢٦٤	١٦٨	١٣١٩
١٢٠	١٤٨	١٦٧٤	١٥٦	١٧٦٤	١٦٥	١٨٦٦	١٧٣	١٩٥٧	١٨٠	٢٠٣٦	١٨٨	٢١٢٦
١٤٠٠	١٦٤	٢٥٢٥	١٧٣	٢٦٦٣	١٨٢	٢٨٠٢	١٩١	٢٩٤٠	٢٠٠	٣٠٧٩	٢٠٨	٣٢٠٢
١٥٠٠	١٧٠	٣٠٠٤	١٨٠	٣١٨١	١٩٠	٣٣٥٧	١٩٩	٣٥١٧	٢٠٨	٣٦٧٦	٢١٦	٣٨١٧
١٦٠٠	١٧٧	٣٥٥٩	١٨٧	٣٧٦٠	١٩٧	٣٩٦١	٢٠٧	٤١٦٢	٢١٦	٤٣٤٣	٢٢٤	٤٥٠٤
١٨٠٠	١٩١	٤٨٦٠	٢٠٣	٥١٦٦	٢١٣	٥٤٢٠	٢٢٣	٥٦٧٢	٢٣٣	٥٩٢٩	٢٤٣	٦١٨٤
٢٠٠٠	٢٠٥	٦٤٤٠	٢١٦	٦٧٨٦	٢٢٨	٧١٦٣	٢٣٩	٧٥٠٨	٢٤٩	٧٨٢٣	٢٦٠	٨١٦٨

جدول رقم (٥١- ٥)

القطر الداخلى D مم	الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر											
	٣,٧٥ متر		٤,٠٠ متر		٤,٢٥ متر		٤,٥ متر		٤,٧٥ متر		٥,٠٠ متر	
	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث
١٥٠	٥٢	٩,٢	٥٤	٩,٦	٥٦	٩,٩	٥٨	١٠	٥٩	١٠,٤	٦١	١٠,٨
١٧٥	٥٧	١٣,٧	٥٩	١٤	٦١	١٤,٧	٦٣	١٥	٦٥	١٥,٧	٦٧	١٦
٢٠٠	٦٣	١٩,٨	٦٥	٢٠,٤	٦٧	٢١	٦٩	٢١,٧	٧١	٢٢	٧٣	٢٣
٢٢٥	٦٨	٢٧	٧٠	٢٨	٧٣	٢٩	٧٥	٣٠	٧٧	٣٠,٦	٧٩	٣١
٢٥٠	٧٣	٣٦	٧٦	٣٧	٧٨	٣٨	٨١	٤٠	٨٣	٤١	٨٥	٤٢
٣٠٠	٨٢	٥٨	٨٥	٦٠	٨٧	٦٢	٩٠	٦٤	٩٣	٦٦	٩٥	٦٧
٣٥٠	٩٠	٨٧	٩٤	٩٠	٩٧	٩٣	١٠٠	٩٦	١٠٣	٩٠	١٠٦	١٠٢
٤٠٠	٩٧	١٢٢	١٠١	١٢٧	١٠٤	١٣١	١٠٧	١٣٤	١١١	١٤٠	١١٤	١٤٣
٤٥٠	١٠٤	١٦٥	١٠٨	١٧٢	١١٢	١٧٨	١١٥	١٨٣	١١٩	١٨٩	١٢٢	١٩٤
٥٠٠	١١٣	٢٢٢	١١٧	٢٣٠	١٢١	٢٣٨	١٢٥	٢٤٥	١٢٨	٢٥١	١٣٢	٢٥٩
٦٠٠	١٢٥	٣٥٣	١٣٠	٣٦٨	١٣٤	٣٧٩	١٣٨	٣٩٠	١٤٢	٤٠١	١٤٦	٤١٣
٧٠٠	١٣٩	٥٣٥	١٤٤	٥٥٤	١٤٩	٥٧٣	١٥٣	٥٨٩	١٥٧	٦٠٨	١٦٢	٦٢٣
٨٠٠	١٥١	٧٥٩	١٥٧	٧٨٩	١٦٢	٨١٤	١٦٧	٨٤٠	١٧٢	٨٦٥	١٧٧	٨٩٠
٩٠٠	١٦٣	١٠٣٧	١٦٩	١٠٧٥	١٧٢	١١١٣	١٨٠	١١٤٥	١٨٦	١١٨٣	١٩١	١٢١٥
١٠٠٠	١٧٤	١٣٦٧	١٨٠	١٤١٤	١٨٦	١٤٦١	١٩٢	١٥٠٨	١٩٨	١٥٥٥	٢٠٣	١٥٩٤
١٢٠	١٩٥	٢٢٠٥	٢٠٢	٢٢٨٥	٢٠٨	٢٣٥٢	٢١٥	٢٤٣٢	٢٢١	٢٥٠٠	٢٢٧	٢٥٦٧
١٤٠٠	٢١٦	٢٣٢٥	٢٢٣	٣٤٣٣	٢٣١	٣٥٥٦	٢٣٨	٣١٦٤	٢٤٥	٣٧٧٢	٢٥٢	٣٨٧٩
١٥٠٠	٢٢٤	٣٩٥٨	٢٣٢	٤١٠٠	٢٤٠	٤٢٤١	٢٤٧	٤٣٦٥	٢٥٥	٤٥٠٦	٢٦٢	٤٦٣٠
١٦٠٠	٢٣٣	٤٦٨٥	٢٤١	٤٨٤٦	٢٤٩	٥٠٠٦	٢٥٧	٥١٦٧	٢٦٥	٥٣٢٨	٢٧٢	٥٤٦٩
١٨٠٠	٢٥٢	٦٤١٣	٢٦١	٦٦٤٢	٢٧٠	٦٨٧١	٢٧٨	٧٠٧٤	٢٨٦	٧٢٧٨	٢٩٤	٧٤٨١
٢٠٠٠	٢٦٩	١٤٥١	٢٧٩	٨٧٦٥	٢٨٨	٩٠٤٨	٢٩٧	٩٣٣١	٣٠٦	٩٦١٣	٣١٥	٩٨٩٦

جدول رقم (٥١- ٦)

القطر الداخلى D مم	الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر											
	٥,٥ متر		٦,٠٠ متر		٧,٠٠ متر		٨,٠٠ متر		٩,٠٠ متر		١٠,٠٠ متر	
	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث
١٥٠	٦٤	١١,٣	٦٧	١٢	٧٣	١٣	٧٩	١٤	٨٤	١٥	٨٩	١٦
١٧٥	٧١	١٧	٧٤	١٨	٨٠	١٩	٨٦	٢١	٩٢	٢٢	٩٧	٢٣
٢٠٠	٧٧	٢٤	٨١	٢٥	٨٨	٢٨	٩٤	٣٠	١٠٠	٣١	١٠٦	٣٣
٢٢٥	٨٣	٣٣	٨٧	٣٥	٩٥	٣٨	١٠٢	٤١	١٠٩	٤٣	١١٥	٤٦
٢٥٠	٩٠	٤٤	٩٤	٤٦	١٠٢	٥٠	١١٠	٥٤	١١٧	٥٧	١٢٤	٦١
٣٠٠	١٠٠	٧١	١٠٥	٧٤	١١٤	٨١	١٢٣	٨٧	١٣١	٩٣	١٣٩	٩٨
٣٥٠	١١١	١٠٧	١١٧	١١٣	١٢٧	١٢٢	١٣٦	١٣١	١٤٥	١٣٩	١٥٤	١٤٨
٤٠٠	١٢٠	١٥١	١٢٥	١٥٧	١٣٦	١٧١	١٤٧	١٨٥	١٥٦	١٩٦	١٦٥	٢٠٧
٤٥٠	١٢٨	٢٠٤	١٣٤	٢١٣	١٤٦	٢٣٢	١٥٧	٢٥٠	١٦٧	٢٦٦	١٧٧	٢٨١
٥٠٠	١٣٩	٢٧٣	١٤٦	٢٨٧	١٥٨	٣١٠	١٧٠	٣٣٤	١٨١	٣٥٥	١٩٢	٣٧٧
٦٠٠	١٥٤	٤٣٥	١٦١	٤٥٥	١٧٥	٤٩٥	١٨٨	٥٣١	٢٠١	٥٦٨	٢١٣	٦٠٢
٧٠٠	١٧١	٦٥٨	١٧٩	٦٨٩	١٩٥	٧٥٠	٢٠٩	٨٠٤	٢٢٣	٨٥٨	٢٣٦	٩٠٨
٨٠٠	١٨٦	٩٥٣	١٩٥	٩٨٠	٢١٢	١٠٦٦	٢٢٨	١١٤٦	٢٤٣	١٢٢٢	٢٥٧	١٢٩٢
٩٠٠	٢٠١	١٢٧٩	٢١١	١٣٤٢	٣٢٩	١٤٥٧	٢٤٦	١٥٦٥	٢٦٢	١٦٦٧	٢٧٨	١٧٦٩
١٠٠٠	٢١٤	١٦٨١	٢٢٤	١٧٥٩	٢٤٤	١٩١٦	٢٦٢	٣٠٥٨	٢٧٩	٢١٩١	٢٩٥	٢٣١٧
١٢٠	٢٣٩	٢٧٠٣	٢٥١	٢٨٣٩	٢٧٣	٣٠٨٨	٢٩٣	٣٣١٤	٣١٢	٣٥٢٩	٣٣١	٣٧٤٤
١٤٠٠	٢٦٥	٤٠٧٩	٢٧٨	٤٢٨٠	٣٠٢	٤٦٤٩	٣٢٢	٥٠٠٣	٣٤٦	٥٣٢٦	٣٦٦	٥٦٣٤
١٥٠٠	٢٧٦	٤٨٧٧	٢٨٩	٥١٠٧	٣١٤	٥٥٤٩	٣٣٨	٥٩٧٣	٣٦٠	٦٣٦٢	٣٨١	٦٧٣٣
١٦٠٠	٢٨٧	٥٧٧٠	٣٠٠	٦٠٣٢	٣٢٦	٦٥٥٥	٣٥١	٧٠٥٧	٣٧٤	٧٥٢٠	٣٩٦	٧٩٦٢
١٨٠٠	٣١٠	٧٨٨٩	٣٢٥	٨٢٧٠	٣٥٣	٨٩٨٣	٣٨٠	٩٦٧٠	٤٠٤	١٠٢٨١	٤٢٨	١٠٨٩١
٢٠٠٠	٣٣١	١٠٣٩٩	٣٤٧	١٠٩٠١	٣٧٧	١١٨٤٤	٤٠٦	١٢٧٥٥	٤٣٢	١٣٥٧٢	٤٥٨	١٤٣٨٩

جدول رقم (٥١- ٧)

القطر الداخلى D مم	الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر											
	١٢ متر		١٤ متر		١٦ متر		١٨ متر		٢٠ متر		٢٢ متر	
	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث
١٥٠	٩٨	١٧	١٠٦	١٩	١١٤	٢٠	١٢٢	٢٢	١٢٩	٢٣	١٣٦	٢٤
١٧٥	١٠٨	٢٦	١١٧	٢٨	١٢٦	٣٠	١٣٤	٣٢	١٤٢	٣٤	١٤٩	٣٦
٢٠٠	١١٧	٣٧	١٢٧	٤٠	١٣٧	٤٣	١٤٦	٤٦	١٥٥	٤٩	١٦٣	٥١
٢٢٥	١٢٧	٥١	١٣٨	٥٥	١٤٨	٥٩	١٥٨	٦٣	١٦٧	٦٦	١٧٦	٧٠
٢٥٠	١٣٧	٦٧	١٤٩	٧٣	١٦٠	٧٩	١٧٠	٨٣	١٨٠	٨٨	١٩٠	٩٣
٣٠٠	١٥٣	١٠٨	١٦٦	١١٧	١٧٩	١٢٧	١٩١	١٣٥	٢٠٢	١٤٣	٢١٢	١٥٠
٣٥٠	١٦٩	١٦٣	١٨٤	١٧٧	١٩٨	١٩٠	٢١١	٢٠٣	٢٢٣	٢١٥	٢٣٢	٢٢٦
٤٠٠	١٨٢	٢٢٩	١٨٩	٢٤٩	٢١٣	٢٦٨	٢٢٧	٢٨٥	٢٤٠	٣٠٢	٢٥٣	٣١٨
٤٥٠	١٩٥	٣١٠	٢١٢	٣٣٧	٢٢٨	٣٦٣	٣٤٣	٣٨٦	٢٥٨	٤١٠	٢٧١	٤٣١
٥٠٠	٢١٢	٤١٦	٢٣٠	٤٥١	٢٤٧	٤٨٥	٢٦٤	٥١٨	٢٧٩	٥٤٨	٢٩٤	٥٧٧
٦٠٠	٢٣٥	٦٦٤	٢٥٥	٧٢١	٢٧٤	٧٧٥	٢٩٢	٨٢٥	٣٠٩	٨٧٤	٣٢٥	٩١٩
٧٠٠	٢٦١	١٠٠٤	٢٨٣	١٠٨٩	٣٠٤	١١٧٠	٣٢٤	١٢٤٧	٣٤٣	١٣٢٠	٣٦٢	١٣٩٣
٨٠٠	٢٨٣	١٤٢٣	٣٠٨	١٥٤٨	٣٣١	١٦٦٤	٣٥٣	١٧٧٥	٣٧٤	١٨٨٠	٣٩٣	١٩٧٦
٩٠٠	٣٠٦	١٩٤٧	٣٣٣	٢١١٩	٣٥٨	٢٢٧٨	٣٨١	٢٤٢٤	٤٠٤	٢٥٧٠	٤٢٥	٢٧٠٤
١٠٠٠	٣٢٦	٢٥٦٠	٣٥٤	٢٧٨٠	٣٨١	٢٩٩٢	٤٠٦	٣١٨٩	٤٢٩	٣٣٦٩	٤٥٢	٣٥٥٠
١٢٠	٣٦٥	٤١٢٨	٣٩٧	٤٤٩٠	٤٢٦	٤٨١٨	٤٥٤	٥١٣٥	٤٨١	٥٤٤٠	٥٠٦	٥٧٢٣
١٤٠٠	٤٠٤	٦٢١٩	٤٣٩	٦٧٥٨	٤٧٢	٧٢٦٦	٥٠٣	٧٧٤٣	٥٣٢	٨١٩٠		
١٥٠٠	٤٢٠	٧٤٢٢	٤٥٧	٨٠٧٦	٤٩١	٨٦٧٦						
١٦٠٠	٤٣٧	٤٧٨٦	٤٧٥	٩٥٥٠	٥١٠	١٠٢٥٤						
١٨٠٠	٤٧٢	١٢٠١١	٥١٣	١٣٠٥٤								
٢٠٠٠	٥٠٥	١٥٨٦٥										

جدول رقم (٥١- ٨)

القطر الداخلي D مم	الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر											
	٢٤ متر		٢٦ متر		٢٨ متر		٣٠ متر		٣٢ متر		٣٤ متر	
	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث
١٥٠	١٤٢	٢٥	١٤٨	٢٦	١٥٤	٢٧	١٦٠	٢٨	١٦٦	٢٩	١٧٢	٣٠
١٧٥	١٥٦	٣٨	١٦٣	٣٩	١٧٠	٤١	١٧٦	٤٢	١٨٣	٤٤	١٨٩	٤٦
٢٠٠	١٧١	٥٤	١٧٨	٥٦	١٨٥	٥٨	١٩٢	٦٠	١٩٩	٦٢	٢٠٦	٦٥
٢٢٥	١٨٥	٧٤	١٩٣	٧٧	٢٠١	٨٠	٢٠٨	٨٣	٢١٦	٨٦	٢٢٣	٨٩
٢٥٠	١٩٩	٩٨	٢٠٨	١٠٢	٢١٦	١٠٦	٢٢٤	١١٠	٢٣٢	١١٤	٢٤٠	١١٨
٣٠٠	٢٢٣	١٥٨	٢٣٢	١٦٤	٢٤٢	١٧١	٢٥١	١٧٧	٢٦٠	١٨٤	٢٦٩	١٩٠
٣٥٠	٢٤٦	٢٣٧	٢٥٧	٢٤٧	٢٦٨	٢٥٨	٢٧٨	٢٦٧	٢٨٨	٢٧٧	٢٩٧	٢٨٦
٤٠٠	٢٦٥	٣٣٣	٢٧٧	٣٤٨	٢٨٨	٢٦٢	٢٩٩	٣٧٦	٣٤٠	٣٩٠	٣٢٠	٤٠٢
٤٥٠	٢٨٤	٤٥٢	٢٩٧	٤٧٢	٣٠٩	٤٩١	٣٢١	٥١٠	٣٣٢	٥٢٨	٣٤٣	٥٤٥
٥٠٠	٣٠٨	٦٠٥	٣٢٢	٦٣٢	٣٣٥	٦٥٨	٣٤٧	٦٨١	٣٦٠	٧٠٧	٣٧٢	٧٣٠
٦٠٠	٣٤٠	٩٦٤	٣٥٦	١٠٠٦	٣٧٠	١٠٤٩	٣٨٥	١٠٨٨	٣٩٨	١١٢٥	٤١٢	١١٦٥
٧٠٠	٣٧٩	١٤٥٨	٣٩٦	١٥٢٤	٤١٢	١٥٨٥	٤٢٨	١٦٤٧	٤٤٣	١٧٠٥	٤٥٧	١٧٥٩
٨٠٠	٤١٢	٢٠٧١	٤٣٠	٢١٦٢	٤٤٨	٢٢٥٢	٤٦٥	٢٣٣٨	٤٨١	٢٤١٨	٤٩٧	٢٤٩٨
٩٠٠	٤٤٥	٢٨٣١	٤٦٥	٢٩٥٨	٤٨٤	٣٠٧٩	٥٠٢	٣١٩٤	٥٢٠	٣٣٠٨	٥٣٧	٣٤١٦
١٠٠٠	٤٧٤	٣٧٢٣	٤٩٥	٣٨٨٨	٥١٥	٤٠٤٥						
١٢٠٠	٥٣١	٦٠٠٦										

جدول رقم (٥١- ٩)

القطر الداخلى D مم	النقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر											
	٣٦ متر		٣٨ متر		٤٠ متر		٤٢ متر		٤٤ متر		٤٦ متر	
	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث
١٥٠	١٧٧	٣١	١٨٢	٣٢	١٨٧	٣٣	١٩٢	٣٤	١٩٧	٣٥	٢٠٢	٣٦
١٧٥	١٩٥	٤٧	٢٠٠	٤٨	٢٠٦	٥٠	٢١١	٥١	٢١٧	٥٢	٢٢٢	٥٤
٢٠٠	٢١٢	٦٧	٢١٩	٦٩	٢٢٥	٧١	٢٣١	٧٣	٢٣٧	٧٤	٢٤٢	٧٦
٢٢٥	٢٣٠	٩٢	٢٣٧	٩٤	٢٤٣	٩٧	٢٥٠	١٠٠	٢٥٦	١٠٢	٢٦٣	١٠٥
٢٥٠	٢٤٨	١٢٢	٢٥٥	١٢٥	٢٦٢	١٢٩	٢٦٩	١٣٢	٢٧٦	١٣٦	٢٨٣	١٣٩
٣٠٠	٢٧٧	١٩٦	٢٨٥	٢٠١	٢٩٣	٢٠٧	٣٠١	٢١٣	٣٠٩	٢١٨	٣١٦	٢٢٣
٣٥٠	٢٠٧	٢٩٥	٣١٦	٣٠٤	٣٢٥	٣١٣	٣٣٣	٣٢٠	٣٤٢	٣٢٩	٣٥٠	٣٣٧
٤٠٠	٣٣٠	٤١٥	٣٤٠	٤٢٧	٣٥٠	٤٤٠	٣٥٩	٤٥١	٣٦٨	٤٦٣	٣٧٧	٤٧٤
٤٥٠	٣٥٤	٥٦٣	٣٦٤	٥٧٩	٣٧٥	٥٩٦	٣٨٥	٦١٢	٣٩٤	٦٢٦	٤٠٤	٦٤٢
٥٠٠	٣٨٣	٧٥٢	٣٩٥	٧٧٥	٤٠٦	٧٩٧	٤١٧	٨١٩	٤٢٧	٨٣٨	٤٣٨	٨٦٠
٦٠٠	٤٢٥	١٢٠١	٤٣٧	١٢٣٥	٤٤٩	١٢٦٩	٤٦١	١٣٠٣	٤٧٣	١٣٣٧	٤٨٥	١٣٧١
٧٠٠	٤٧٢	١٨١٦	٤٨٦	١٨٧٠٢	٤٤٩	١٩٢٠	٥١٣	١٩٧٤	٥٢٦	٢٠٢٤	٥٣٩	٢٠٧٤
٨٠٠	٥١٣	٢٥٧٩	٥٢٨	٦٥٤	٥٤٣	٢٧٣٠						

جدول رقم (٥١- ١٠)

القطر الداخلى D مم	الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر											
	٤٨,٠٠ متر		٥٠,٠٠ متر		٥٢,٠٠ متر		٥٦,٠٠ متر		٦٠,٠٠ متر		٦٤,٠٠ متر	
	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث
١٥٠	٢٠٧	٣٧	٢١١	٣٧,٥	٢١٦	٣٨	٢٢٥	٤٠	٢٣٣	٤١	٢٤١	٤٣
١٧٥	٢٢٧	٥٥	٢٣٢	٥٦	٢٣٧	٥٧	٢٤٧	٦٠	٢٥٦	٦٢	٢٦٦	٦٤
٢٠٠	٢٤٨	٧٨	٢٥٣	٧٩	٢٥٩	٨١	٢٦٩	٨٤	٢٨٠	٨٨	٢٩٠	٩١
٢٢٥	٢٦٩	١٠٧	٢٧٥	١٠٩	٢٨١	١١٢	٢٩٢	١١٦	٣٠٣	١٢١	٣١٤	١٢٥
٢٥٠	٢٨٩	١٤٢	٢٩٦	١٤٥	٣٠٢	١٤٨	٣١٤	١٥٤	٣٢٦	١٦٠	٣٣٨	١٦٦
٣٠٠	٣٢٤	٢٢٩	٣٣١	٢٣٤	٣٣٨	٢٣٩	٣٥٢	٢٤٩	٣٦٥	٢٥٨	٣٧٨	٢٦٧
٣٥٠	٣٥٨	٣٤٤	٣٦٦	٣٥٢	٣٧٤	٣٦٠	٣٨٩	٣٧٤	٤٠٤	٣٨٩	٤١٨	٤٠٢
٤٠٠	٣٨٦	٤٨٥	٣٩٤	٤٩٥	٤٠٣	٥٠٧	٤١٩	٥٢٧	٤٣٥	٥٤٧	٤٥١	٥٦٧
٤٥٠	٤١٣	٦٥٧	٤٢٢	٦٧١	٤٣٢	٦٨٧	٤٤٩	٧١٤	٤٦٦	٧٤١	٤٨٣	٧٦٨
٥٠٠	٤٤٨	٨٧٩	٤٥٨	٨٩٩	٤٦٨	٩١٩	٤٨٧	٩٥٦	٥٠٢	٩٩١	٥٢٣	١٠٢٧
٦٠٠	٤٩٦	١٤٠٢	٥٠٧	١٤٣٣	٥١٨	١٤٦٤	٥٣٩	١٥٢٤				

جدول رقم (٥١– ١١)

القطر الداخلى D مم	الفقد فى الضغط لكل ١٠٠٠ متر											
	٤٨,٠٠ متر		٥٠,٠٠ متر		٥٢,٠٠ متر		٥٦,٠٠ متر		٦٠,٠٠ متر		٦٤,٠٠ متر	
	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث	السرعة V سم/ ث	التصرف Q ل/ ث
١٥٠	٢٤٩	٤٤	٢٥٧	٤٥	٢٦٥	٤٧	٢٧٢	٤٨	٢٨١	٥٠	٢٩٠	٥١
١٧٥	٢٧٤	٦٦	٢٨٣	٦٨	٢٩١	٧٠	٣٠٠	٧٢	٣٠٩	٧٤	٣١٩	٧٧
٢٠٠	٢٩٩	٩٤	٣٠٩	٩٧	٣١٨	١٠٠	٣٢٧	١٠٣	٣٣٨	١٠٦	٣٤٨	١٠٩
٢٢٥	٣٢٤	١٢٩	٣٣٤	١٣٣	٣٤٤	١٣٧	٣٥٤	١٤١	٣٦٦	١٤٦	٣٧٧	١٥٠
٢٥٠	٣٤٩	١٧١	٣٦٠	١٧٧	٣٧١	١٨٢	٣٨١	١٨٧	٣٩٤	١٩٣	٤٠٦	١٩٩
٣٠٠	٣٩١	٢٧٦	٤٠٣	٢٨٥	٤١٥	٢٩٣	٤٢٧	٣٠٢	٤٤١	٣١٢	٤٥٥	٣٢٢
٣٥٠	٤٣٢	٤١٦	٤٤٦	٤٢٩	٤٥٩	٤٤٢	٤٧٢	٤٥٤	٤٨٨	٤٦٩	٥٠٣	٤٨٤
٤٠٠	٤٦٦	٥٨٦	٨٥٠	٦٠٣	٤٩٤	٦٢١	٥٠٨	٦٣٩	٥٢٥	٦٦٠	٥٤٢	٦٨١
٤٥٠	٤٩٩	٧٩٣	٥١٤	٨١٧	٥٣٠	٨٤٣						

جدول (٥٠ – ١٢)

	٩٥ متر		١٠٠ متر		١١٠ متر		١٢٠ متر		١٣٠ متر		١٤٠ متر	
١٥٠	٢٩٩	٥٣	٣٠٧	٥٤	٣٢٣	٥٧	٣٣٩	٦٠	٣٥٤	٦٣	٣٦٨	٦٥
١٧٥	٣٢٩	٧٩	٣٣٨	٨١	٣٥٦	٨٦	٣٧٣	٩٠	٣٨٩	٩٤	٤٠٥	٩٨
٢٠٠	٣٥٩	١١٣	٣٦٩	١١٦	٣٨٨	١٢٢	٤٠٧	١٢٨	٤٢٥	١٣٣	٤٤٢	١٣٩
٢٢٥	٣٨٨	١٥٤	٣٩٩	١٥٩	٤٢٠	١٦٧	٤٤١	١٧٦	٤٦٠	١٨٣	٤٧٩	١٩١
٢٥٠	٤١٨	٢٠٥	٤٣٠	٢١١	٤٥٣	٢٢٢	٤٧٤	٢٣٣	٤٩٥	٢٤٣	٥١٦	٢٥٣
٣٠٠	٤٦٨	٣٣١	٤٨١	٣٤٠	٥٠٧	٣٥٨	٥٣١	٣٧٥	٥٥٤	٣٩٢	٥٧٧	٤٠٨
٣٥٠	٥١٨	٤٩٨	٥٣٢	٥١٢	٥٦١	٥٤٠						

جدول رقم (٥١– ١٣)

	١٥٠ متر		١٦٠ متر		١٧٠ متر		١٨٠ متر		١٩٠ متر		٢٠٠ متر	
١٥٠	٣٨٢	٦٨	٣٩٦	٧٠	٤٠٩	٧٢	٤٢٢	٧٥	٤٣٤	٧٧	٤٤٧	٧٩
١٧٥	٤٢١	١٠١	٤٣٥	١٠٥	٤٥٠	١٠٨	٤٦٤	١١٢	٤٧٨	١١٥	٤٩١	١١٨
٢٠٠	٤٥٩	١٤٤	٤٧٥	١٤٩	٤٩١	١٥٤	٥٠٦	١٥٩	٥٢١	١٦٤	٥٣٦	١٦٨
٢٢٥	٤٩٧	١٩٨	٥١٥	٢٠٥	٥٣٢	٢١٢						
٢٥٠	٥٣٥	٢٦٣	٥٥٤	٢٧٢	٥٧٣	٢٨١						

جدول (٥١ – ١٤)

	٢١٠ متر		٢٢٠ متر		٢٣٠ متر		٢٤٠ متر		٢٥٠ متر		٢٧٥ متر	
١٥٠	٤٥٧	٨١	٤٧٠	٨٢	٤٨٢	٨٥	٤٩٣	٨٧	٥٠٤	٨٩	٥٣٠	٩٤
١٧٥	٥٠٤	١٢١	٥١٧	١٢٥	٥٣٠	١٢٨	٥٤٢	١٣١	٥٥٤	١٣٤	٥٨٣	١٨١

٧ - التغير في الضغط (الاضطراب) والمطرقة المائية

(Surges And Water Hammer).

يحدث عادة فى خطوط نقل المياه والشبكات الإضطراب فى الضغط والمطرقة المائيه وهما ليسا نفس الشيء. فالإضطراب (Surge) هو الزيادة البطيئة أو الخفض البطيء فى ضغط المياه بما يسبب تلف فى خطوط المواسير وهذه يمكن علاجها بمحابس الحد من الاضطراب (Surge Relief Valves) أو باستخدام خزانات الإضطراب (Surge Tanks). وقد سبق الاشارة الى محابس تخفيف الضغط، وكذلك يمكن إستخدام محبس المكبس للتحكم فى الاضطراب على التوالى مع محابس عدم الرجوع فى محطة الطلمبات لتنظيم التغير فى معدل سريان المياه.

أما المطرقه المائيه فهى موجة ضغط ديناميكيه تسير فى الماء بسرعة قريبة من سرعة الصوت. يمكن أن تكون صدمة المطرقه المائية بحجم مدمر والتى ينتج عنها تفكك الوصلات وتدمير المحابس والطلمبات وخلع الماسورة. ففى حالة التوقف المفاجيء خلال القفل السريع للمحبس أو إنقطاع مصدر الطاقة عن الطلمبه أو الأعمال المشابهة. فإن عامود الماء المندفع بسرعة عالية يمكن أن يحدث موجه مطرقة مائية مرتدة والتى قد تتلف ليس فقط الخط ولكن المواسير الفرعية فى الشبكة وهذه الموجه ترتد الى الخلف وإلى الأمام خلال مقطع الماسورة حتى تتوقف بالاحتكاك وبمرور الوقت.

حوض التغلب علي الاضطراب Surge Tank

حوض الإضطراب عباره عن أى إناء يمكنه أن يستقبل حجم المياه المدفوعة بواسطة الاضطراب يوضع فوق الخط وليس به محابس مع المصدر. وهذا الخزان أو الحوض يكون ممتلىء جزئيا بالماء ومحكم القفل ومانع لتسرب الهواء ونظرا لازابة الهواء فى الماء مما يتطلب إعادة ضغط الهواء باستخدام ضاغط هواء. وقد تم بنجاح فى الخزانات الصغيرة تثبيت ستاره من المطاط أو ما شابه ذلك لمنع دخول الهواء.

ولحساب حجم الخزان اللازم لمقاومة الاضطراب وتصميمه فإنه يمكن تعيين إرتفاع منسوب المياه فى الخزان من البيانات التالية.

L = طول الماسورة (خط المواسير) المعرض للإضطراب بالمقدم.

Q = معدل سريان المياه بالقدم المكعب فى الثانية قبل قفل المحبس أو بعد تشغيل الطلمبه.

a = مساحة مقطع الماسورة (الخط) بالقدم المربع.

A = مقطع الخزان بالقدم المربع.

وباستخدام المعادلة الآتية يمكن تعيين H إرتفاع عامود الماء فى الخزان

$$H = Q \left(\frac{L}{g \times A \times a} \right)^{1/2}$$ حيث g لمجلة الجاذبيه = ٣٢ قدم، ث

الوقت الكافي لقفل المحبس لتجنب المطرقة المائيه:

معظم الدراسات عن المطرقة المائيه تمت باستخدام نوع واحد من المواسير أى أن الماسورة تكون من مادة واحدة بالنسبة للطول تحت الدراسة وهذا لا يمثل الواقع الموجود عادة فى الموقع. ولهذا السبب تم إستخدام معامل اللدونه للماء نسبة الى مادة الماسورة، حيث أخذ متوسط للمعامل Mr ليكون ٠,٢ .

ولحساب الوقت الكافى لقفل المحبس ليزيد عن الوقت اللازم لدورة المطرقة المائية لتجنب حدوثها تستخدم المعادلة الآتية:

$$T = \frac{2L}{a}$$

$$a = \frac{٤٦٦٠}{(M_r T_r + ١)^{1/2}}$$

حيث T = الزمن بالثانية اللازم لقفل المحبس.

L = طول الخط (الماسورة) بالقدم.

a = سرعة الدوره بالقدم فى الثانية، سرعة الصوت فى الماء ٤٦٦٠ قدم/ ث.

Mr = ٠,٢

tr = النسبة بين قطر الماسورة الى سمك جدار الماسورة.

وكذلك يمكن تحديد إجمالى الضغط بالقدم بالناتج عن المطرقة المائية كالآتى:

$$h = \frac{av}{g}$$

حيث h = قوة الصدمة للمطرقة المائية بالقدم من الماء

V = الهبوط فى السرعة للسريان خلال الماسورة

g = عجلة الجاذبية الأرضية ٣٢,٢ قدم/ ث

من الناحية العملية فإن قفل المحابس المتوسطة والكبيره يستغرق عدة دقائق بما لا يسبب حدوث مطرقة مائية. وأقل سرعة لقفل الصمامات هى

قطر ١٠٠ ← ١٢٥ مم ٣٠ ثانيه

قطر ١٥٠ ← ٣٠٠ مم ٤٥ ثانيه

قطر ٣٢٥ ← ٥٠٠ مم اكثر من ١ دقيقة

كما يراعى توصيل نهايات المواسير ببعضها وعدم وجود نهايات ميته. وأن يكون ضغط التشغيل لا يزيد عن نصف ضغط الإختبار للمواسير.