Water Supply and Distribution

كل مبنى يحتاج تغذية مياه سواء كان مبنى سكنى او تجارى او صناعى.

يوجد تغذية مياه صالحة للشرب وتغذية مياه غير صالحة للشرب, كل على حسب استخدامه.

يجب التغذية بكمية المياه والضغط المطلوب للجهاز الصحى.

كل المواسير والاجهزة المستخدمة فى المياه الساخنة مصممة على ضغط تشغيل 125 psi وما اكثر من 125 psi يعتبر خطر يجب له اعتبارات خاصة.

مصدر المياه, من الممكن ان يكون المصدر بئر بجانب المكان او يكون من مصدر حكومى اذا كان يوجد فى المكان تغذية مياه حكومية.

اذا كان مصدر المياه هو بئر فيجب عمل تحليل للمياه للتأكد اذا كانت صالحة للشرب ام لا, وذلك التحليل له شركات ومعامل خاصة لذلك.

وقبل ما نكمل شرح لازم نعرف شوية تعريفات مهمة جدا عشان لو شفناها فى اى كتاب نعرف ايه معناها :

1. Water Main: - هو خط تغذية المياه الحكومى.
2. Water Service: - هو الخط الواصل من ال water main الى المبنى اللى بغذيه.
3. Water Meter :- هو عداد المياه اللى بيركب على خط ال water service.
4. Water Distribution :- هو الخط اللى بيدخل المبنى بعد ال water meter وبيوزع على كل الاجهزة الصحية اللى فى المبنى.
5. Riser :- خط مياه رأسى.
6. Cold Water Pipe & Hot Water Pipe :- اى ماسورة مياه غير ساخنة, وكلمة cold ليس معناها انها مياه مبردة لكنها سميت كذلك لانه يوجد ماسورة مياه ساخنة تسمى hot water pipe.
7. Water Heater :- هو سخان المياه وفيه نوعان, سخان كهرباء وسخان غاز.
8. Water Boiler :- هو غلاى للمياه وفيه نوعان, غلاى كهرباء وغلاى غاز.
9. Water Supply System :- هى كل ما له علاقة بتغذية المياه للمبنى سواء مواسير مياه باردة او ساخنة او سخان او water service او محابس, الخ.

قطر ماسورة ال water service لا يقل عن ¾ بوصة.

يجب ان تتحمل الـ water service pipe ضغط working pressure لا يقل عن 160 psi عند درجة حرارة 23C, ولكن اذا احتاج المبنى ضغط اعلى من 160 psi فيكون الـ working pressure للماسورة فى هذه الحالة مساوى للضغط اللى محتاجه المبنى.

يجب الا تدفن ماسورة ال water service فى ارض بها ملوثات مثل fuels, organic compounds or other detrimental materials, لان ذلك سيؤدى الى تاكل او انحلال للمواسير ثم اختراق لهذه المواد داخل المواسير, فعند الاشتباه بوجود مثل هذه المواد فى الارض, يتم عمل تحليل للتربة واذا تم التأكد من وجود هذه المواد المضرة فيتم تركيب مواد معينة للمواسير, او يتم تغيير اتجاه المواسير نهائيا بحيث لا تمر على مكان وجود المواد المضرة فى التربة.

يتم تحديد قطر ال water distribution pipe من الجدول 604.3

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

يجب ان تتحمل الـ hot water distribution pipe ضغط لا يقل عن 100 psi عند درجة حرارة 82C.

الجدول التالى يوضح المواد المتاحة بالاكواد لاستخدام تغذية المياه لخطوط ال water service :-

TABLE 605.3
WATER SERVICE PIPE

MATERIAL	STANDARD
Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) plastic pipe	ASTM D 1527; ASTM D 2282
Asbestos-cement pipe	ASTM C 296
Brass pipe	ASTM B 43
Chlorinated polyvinyl chloride (CPVC) plastic pipe	ASTM D 2846; ASTM F 441; ASTM F 442; CSA B137.6
Copper or copper-alloy pipe	ASTM B 42; ASTM B 302
Copper or copper-alloy tubing (Type K, WK, L, WL, M or WM)	ASTM B 75; ASTM B 88; ASTM B 251; ASTM B 447
Cross-linked polyethylene (PEX) plastic tubing	ASTM F 876; ASTM F 877; CSA B137.5
Cross-linked polyethylene/aluminum/cross-linked polyethylene (PEX-AL-PEX) pipe	ASTM F 1281; ASTM F 2262; CAN/CSA B137.10M
Cross-linked polyethylene/aluminum/high-density polyethylene (PEX-AL-HDPE)	ASTM F 1986
Ductile iron water pipe	AWWA C151; AWWA C115
Galvanized steel pipe	ASTMA 53
Polyethylene (PE) plastic pipe	ASTM D 2239; ASTM D 3035; CSA B137.1
Polyethylene (PE) plastic tubing	ASTM D 2737; CSA B137.1
Polyethylene/aluminum/polethylene (PE-AL-PE) pipe	ASTM F 1282; CAN/CSA B137.9
Polypropylene (PP) plastic pipe or tubing	ASTM F 2389; CSA B137.11
Polyvinyl chloride (PVC) plastic pipe	ASTM D 1785; ASTM D 2241; ASTM D 2672; CSA B137.3
Stainless steel pipe (Type 304/304L)	ASTM A 312; ASTM A 778
Stainless steel pipe (Type 316/316L)	ASTM A 312; ASTM A 778

وايضا الجدول التالى يوضح المواد المستخدمة لتغية المياه الخاصة بخطوط ال water distribution :-

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

TABLE 605.4
WATER DISTRIBUTION PIPE

MATERIAL	STANDARD
Brass pipe	ASTM B 43
Chlorinated polyvinyl chloride (CPVC) plastic pipe and tubing	ASTM D 2846; ASTM F 441; ASTM F 442; CSA B137.6
Copper or copper-alloy pipe	ASTM B 42; ASTM B 302
Copper or copper-alloy tubing (Type K, WK, L, WL, M or WM)	ASTM B 75; ASTM B 88; ASTM B 251; ASTM B 447
Cross-linked polyethylene (PEX) plastic tubing	ASTM F 876; ASTM F 877; CSA B137.5
Cross-linked polyethylene/aluminum/cross-linked polyethylene (PEX-AL-PEX) pipe	ASTM F 1281; ASTM F 2262; CAN/CSA B137.10M
Cross-linked polyethylene/aluminum/high-density polyethylene (PEX-AL-HDPE)	ASTM F 1986
Ductile iron pipe	AWWA C151/A21.51; AWWA Cl15/A21.15
Galvanized steel pipe	ASTMA53
Polyethylene/aluminum/polyethylene (PE-AL-PE) composite pipe	ASTM F 1282
Polypropylene (PP) plastic pipe or tubing	ASTM F 2389; CSA B137.11
Stainless steel pipe (Type 304/304L)	ASTM A 312; ASTM A 778
Stainless steel pipe (Type 316/316L)	ASTM A 312; ASTM A 778

والجدول التالى يوضح المواد المستخدمة والاكواد الخاصة بال pipe fittings المستخدمة فى خطوط مياه التغذية :-

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

TABLE 605.5
PIPE FITTINGS

MATERIAL	STANDARD
Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) plastic	ASTM D 2468
Cast-iron	ASME *B16A;* ASME B16.12
Chlorinated polyvinyl chloride (CPVC) plastic	ASSE 1061; ASTM D 2846; ASTM F 437; ASTM F 438; ASTM F 439; CSA B137.6
Copper or copper alloy	ASSE 1061; ASME B16.15; ASME B16.18; ASME B16.22; ASME B16.23; ASME B16.26; ASME B16.29
Cross-linked polyethylene/aluminum/high-density polyethylene (PEX-AL-HDPE)	ASTM F 1986
Fittings for cross-linked polyethylene (PEX) plastic tubing	ASSE 1061; ASTM F 877; ASTM F 1807; ASTM F 1960; ASTM F 2080; ASTM F 2098; ASTM F 2159; ASTM F 2434; CSA B137.5
Gray iron and ductile iron	AWWA CIIO; AWWA C153
Insert fittings for polyethylene/aluminum/polyethylene (PE-AL-PE) and cross-linked polyethylene/aluminum/cross-linked polyethylene (PEX-AL-PEX)	ASTM F 1974; ASTM F1281; ASTM F1282; CAN/CSA B137.9; CAN/CSA B137.10
Malleable iron	ASME B16.3
Metal (brass) insert fittings for polyethylene/aluminum/polyethylene (PE-AL-PE) and cross-linked polyethylene/aluminum/cross-linked polyethylene (PEX-AL-PEX)	ASTM F 1974
Polyethylene (PE) plastic pipe	ASTM D 2609; ASTM D 2683; ASTM D 3261; ASTM FlOSS; CSA B137.1
Polypropylene (PP) plastic pipe or tubing	ASTM F 2389; CSA B137.11
Polyvinyl chloride (PVC) plastic	ASTM D 2464; ASTM D 2466; ASTM D 2467; CSA B137.2; CSA B137.3
Stainless steel (Type 304/304L)	ASTM A 312; ASTM A 778
Stainless steel (Type 316/316L)	ASTM A 312; ASTM A 778
Steel	ASME B16.9; ASME B16.11; ASME B16.28

أى مبنى يتم تغذيته بالمياه, يجب ان يحتوى على خزان ليخزن المياه حتى اذا حدث اى عطل فى شبكة المياه العمومية الحكومية, فلا يحدث تأثر للمبنى عندى بنقص المياه.

والتانكات يمكن ان تكون افقية او رأسية ويمكن ان تكون بلاستيك او ستيل او خرسانة.

وهذه اشكال بعض التانكات :-

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

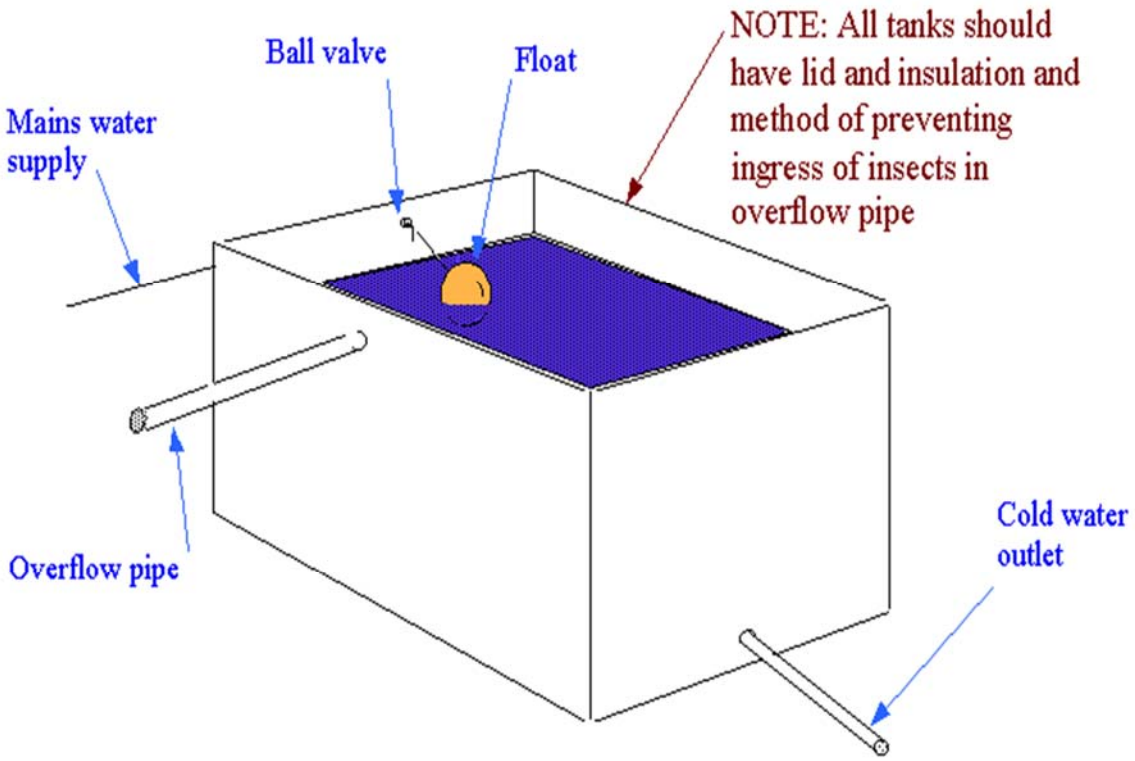
Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

وللتانكات مواسير مختلفة الوظائف فهى تحتوى على الاتى :

1. مواسير ملأ التانك filling pipe.
2. مواسير تهوية vent pipe.
3. مواسير فايظ overflow pipe.
4. مواسير تفريغ drain pipe.
5. مواسير تغذية المبنى من التانك suction pipe.

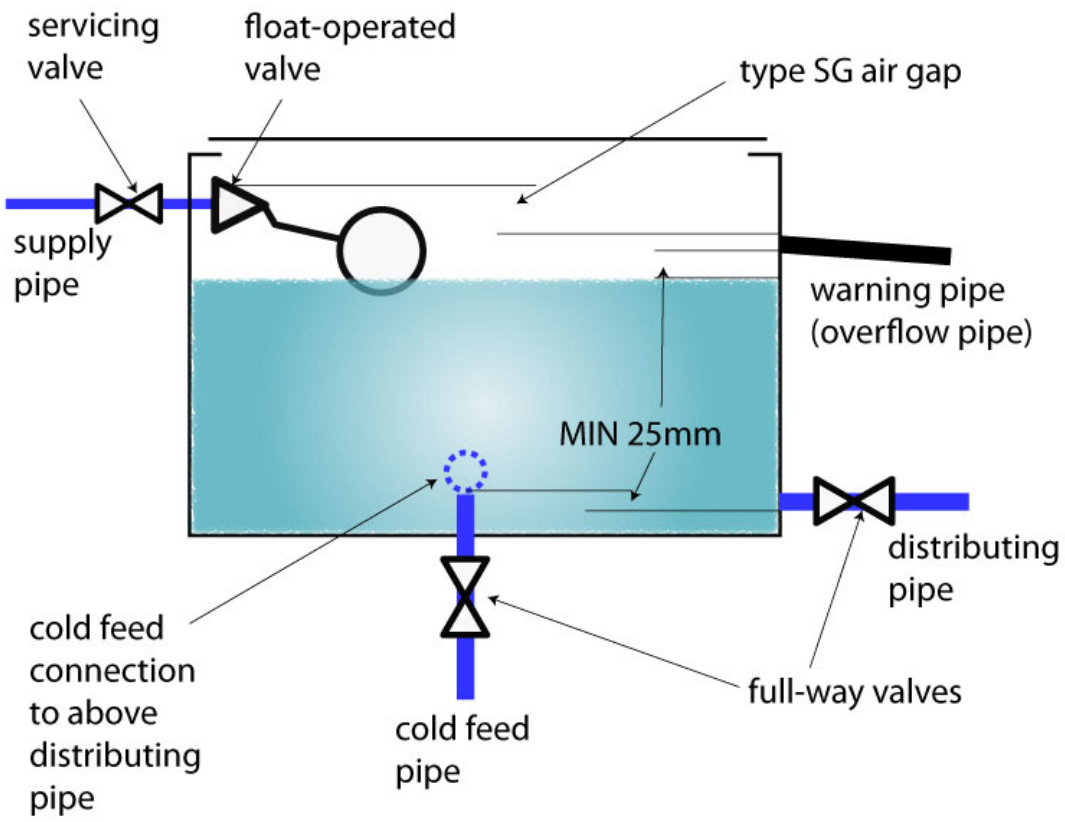
وهذه صور توضح وضع المواسير السابق ذكرها فى التانك :-

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com



RECTANGULAR COLD WATER STORAGE TANK

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com



Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

ولكل ماسورة طريقة فى تحديد قطرها.

فنجد الجدول الاتى يوضح تحديد قطر ماسورة ال over flow بناءا على حجم التانك (الذى سوف نحسبه مؤخرا).

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

TABLE 606.5.4
SIZES FOR OVERFLOW PIPES FOR WATER SUPPLY TANKS

MAXIMUM CAPACITY OF WATER SUPPLY LINE TO TANK (gpm)	DIAMETER OF OVERFLOW PIPE (inches)
0-50	2
50 - 150	$2^{1}/_{2}$
150 - 200	3
200 - 400	4
400 - 700	5
700 - 1,000	6
Over 1,000	8

For SI: 1 inch = 25.4 mm, 1 gallon per minute = 3.785 *Lim.*

طبعا ماسورة الـ overflow يجب ان تعلو عن نقطة تصريفها بما لا يقل عن 6 بوصة عملا بمبدأ الـ indirect waste.

ماسورة الـ overflow يجب ان تغطى بشبكة مقاومة للصدأ (vent shall be screened with a corrosion resistant screen of not less than 16 by 20 mesh per inch)

وممكن ان يلحق بها check valve.

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

ونجد ايضا الجدول التالى يحدد قطر ماسورة تفريغ التانك drain pipe بناءا على حجم التانك ايضا.

TABLE 606.5.7
SIZE OF DRAIN PIPES FOR WATER TANKS

TANK CAPACITY (gallons)	DRAIN PIPE (inches)
Up to 750	1
751 to 1,500	$1^1/_2$
1,501 to 3,000	2
3,001 to 5,000	$2^1/_2$
5,000 to 7,500	3
Over 7,500	4

For SI: 1 inch = 25.4 mm, 1 gallon = 3.785 L.

وبالنسبة لحساب قطر ماسورة تهوية التانك فنحسبها كالتالى :

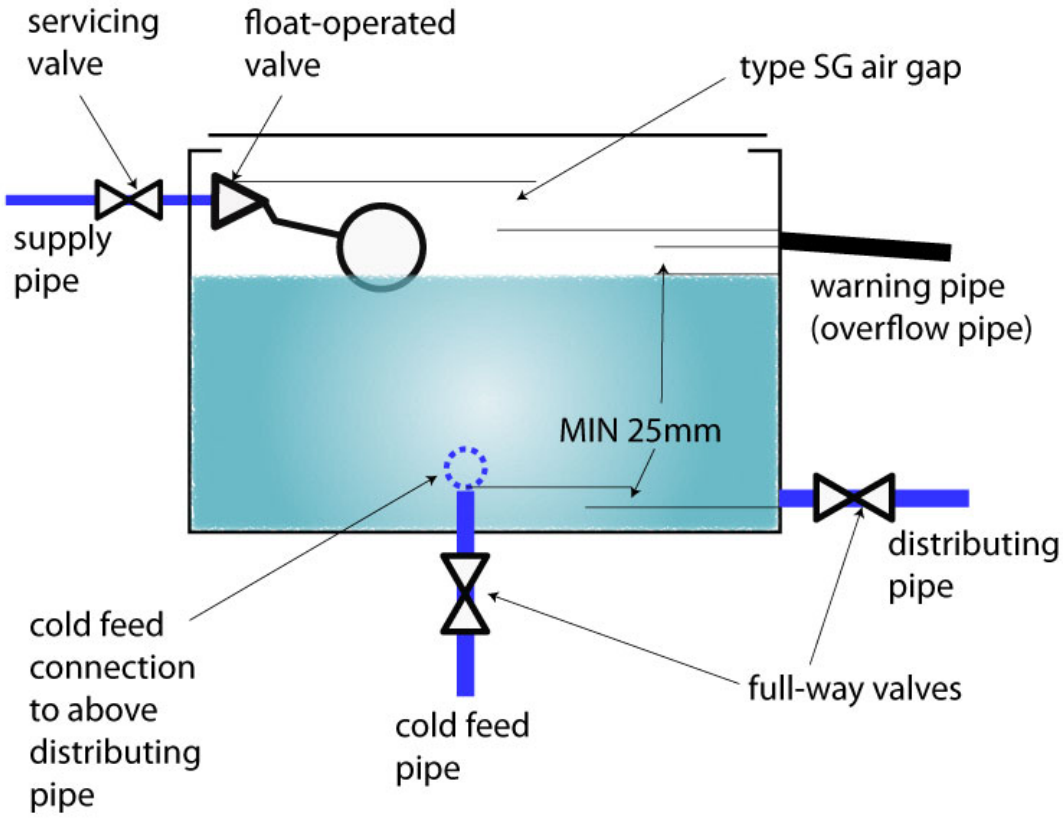
نحسب مساحة مقطع مواسير سحب المياه من التانك (ماسورة تغذية المبنى من التانك) والناتج يكون هو مساحة مقطع مواسير تهوية التانك, ويفضل ان يتم توزيع مواسير تهوية التانك على مساحة التانك حتى يتم التأكد من ان التانك كله يتم تهويته وليس جزء منه, ويجب العلم ان ماسورة تهوية التانك تستخدم حتى انه عند سحب المياه من التانك لتغذية باقى المبنى فيتم تفريغ الهواء من داخل التانك فإذا لم يوجد هواء تعويضى فسيتم خلخلة فى ضغط السحب ولذلك يتم تركيب مواسير تهوية للتانكات لتعويض الهواء المسحوب من التانك اثناء سحب المياه منه.

وماسورة التهوية يجب ان يغطى بشبكة مقاومة للصدأ (vent shall be screened with a corrosion resistant screen of not less than 16 by 20 mesh per inch)

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

وبالنسبة لحساب قطر ماسورة تغذية التانك وقطر ماسورة السحب من التانك الى المبنى سيتم شرحها فى وقته.

ولكن يجدر الذكر هنا ان ماسورة تغذية التانك يجب ان يكون ملحق بها fill valve or other automatic supply valve, لانه عند ملو التانك بالماء من خلال هذه الماسورة فإن المياه تزداد داخل التانك وممكن ان تعمل overflow داخل التانك, ولذلك يجب وضع محبس يغلق اوتوماتيكيا عندما تصل المياه داخل التانك لمستوى معين, ويكون هذا المستوى اعلى من ماسورة الـ overflow بقيمة لا تقل عن 4 بوصة, وهى كما بالشكل



يجب الحذر عند تركيب المضخة التى تسحب من التانك حيث انها عندما تسحب من التانك فنجد ضغط السحب يقل تدريجيا , فلذلك لكى يتم حماية المضخة من الـ CAVITATION (نتيجة لقلة الضغط فإنها يمكن أن تسحب هواء) فيتم تركيب ما يسمى بالـ LOW PRESSURE CUTOFF SWITCH وهو حساس للضغط بحيث اذا قل الضغط عن رقم معين وهو 10 psi او اقل, فيتم فصل المضخة اوتوماتيكيا ولا تعمل مرة اخرى الا اذا زاد ضغط السحب وذلك عند تزويد التانك بالمياه, وهو كما بالشكل التالى :

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

وعند تصميم مواسير تغذية المياه يجب الانتباه الى الاتى :-

1. RESIDUAL PRESSURE المطلوب لكل الاجهزة الصحية.
2. FLOW RATE المطلوب عند كل جهاز صحى.

ويجب الانتباه الى ان كل جهاز صحى لكى يعطى الـ FLOW RATE المطلوب منه يجب ان تصل اليه المياه بالـ RESIDUAL PRESSURE المحددة له.

الجدول التالى من الكود IPC 2009 موضح فيه الـ RESIDUAL PRESSURE & FLOW RATE لكل جهاز صحى.

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

TABLE 604.3
WATER DISTRIBUTION SYSTEM DESIGN CRITERIA
REQUIRED CAPACITY AT FIXTURE SUPPLY PIPE OUTLETS

FIXTURE SUPPLY OUTLET SERVING	FLOW RATE[a] (gpm)	FLOW PRESSURE (psi)
Bathtub, balanced-pressure, thermostatic or combination balanced-pressure/thermo-static mixing valve	4	20
Bidet, thermostatic mixing valve	2	20
Combination fixture	4	8
Dishwasher, residential	2.75	8
Drinking fountain	0.75	8
Laundry tray	4	8
Lavatory	2	8
Shower	3	8
Shower, balanced-pressure, thermostatic or combination balanced-pressure/thermo-static mixing valve	3	20
Sillcock, hose bibb	5	8
Sink, residential	2.5	8
Sink, service	3	8
Urinal, valve	12	25
Water closet, blowout, flushometer valve	25	45
Water closet, flushometer tank	1.6	20
Water closet, siphonic, flushometer valve	25	35
Water closet, tank, close coupled	3	20
Water closet, tank, one piece	6	20

For SI: I pound per square inch = 6.895 kPa,
I gallon per minute = 3.785 *Lim.*

a. For additional requirements for flow rates and quantities, see Section 604.4.

ويجب الانتباه ايضا الى انه يجب النظر الى الـ RESIDUAL PRESSURE لاى جهاز صحى من الكتالوج الذى سنختار منه الجهاز, حيث انه يمكن ان يختلف عن الضغط المكتوب فى الجدول السابق, ولكن اذا لم يكن لدينا كتالوج فيمكن الاستعانة بالارقام الموجودة فى الجدول لحين الحصول على القيمة من الكتالوج.

ملحوظة : يفضل التصميم من الكود المحلى للدولة فضلا عن الكود العالمى ولكن اذا لم يكن هناك كود محلى فيمكن الاستعانة بالكود العالمى.

وبناءا على الضغط المطلوب ومعدل التدفق المطلوب من كل جهاز فإنه يوجد اقطار مطلوبة يغذى كل جهاز لا يمكن ان الماسورة تقل عن هذه الاقطار (يمكن ان تزيد) وهى كالجدول التالى :-

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

TABLE 604.5
MINIMUM SIZES OF FIXTURE WATER SUPPLY PIPES

FIXTURE	MINIMUM PIPE SIZE (inch)
Bathtubs[a] (60" x 32" and smaller)	1/2
Bathtubs[a] (larger than 60" x 32")	1/2
Bidet	3/8
Combination sink and tray	1/2
Dishwasher, domestic[a]	1/2
Drinking fountain	3/8
Hose bibbs	1/2
Kitchen sink[a]	1/2
Laundry, 1, 2 or 3 compartments[a]	1/2
Lavatory	3/8
Shower, single head[a]	1/2
Sinks, flushing rim	3/4
Sinks, service	1/2
Urinal, flush tank	1/2
Urinal, flush valve	3/4
Wall hydrant	1/2
Water closet, flush tank	3/8
Water closet, flush valve	1
Water closet, flushometer tank	3/8
Water closet, one piece[a]	1/2

For SI: 1 inch = 25.4 mm, 1 foot = 304.8 mm,
1 pound per square inch = 6.895 kPa.

a. Where the developed length of the distribution line is 60 feet or less, and the available pressure at the meter is a minimum of 35 psi, the minimum size of an individual distribution line supplied from a manifold and installed as part of a parallel water distribution system shall be one nominal tube size smaller than the sizes indicated.

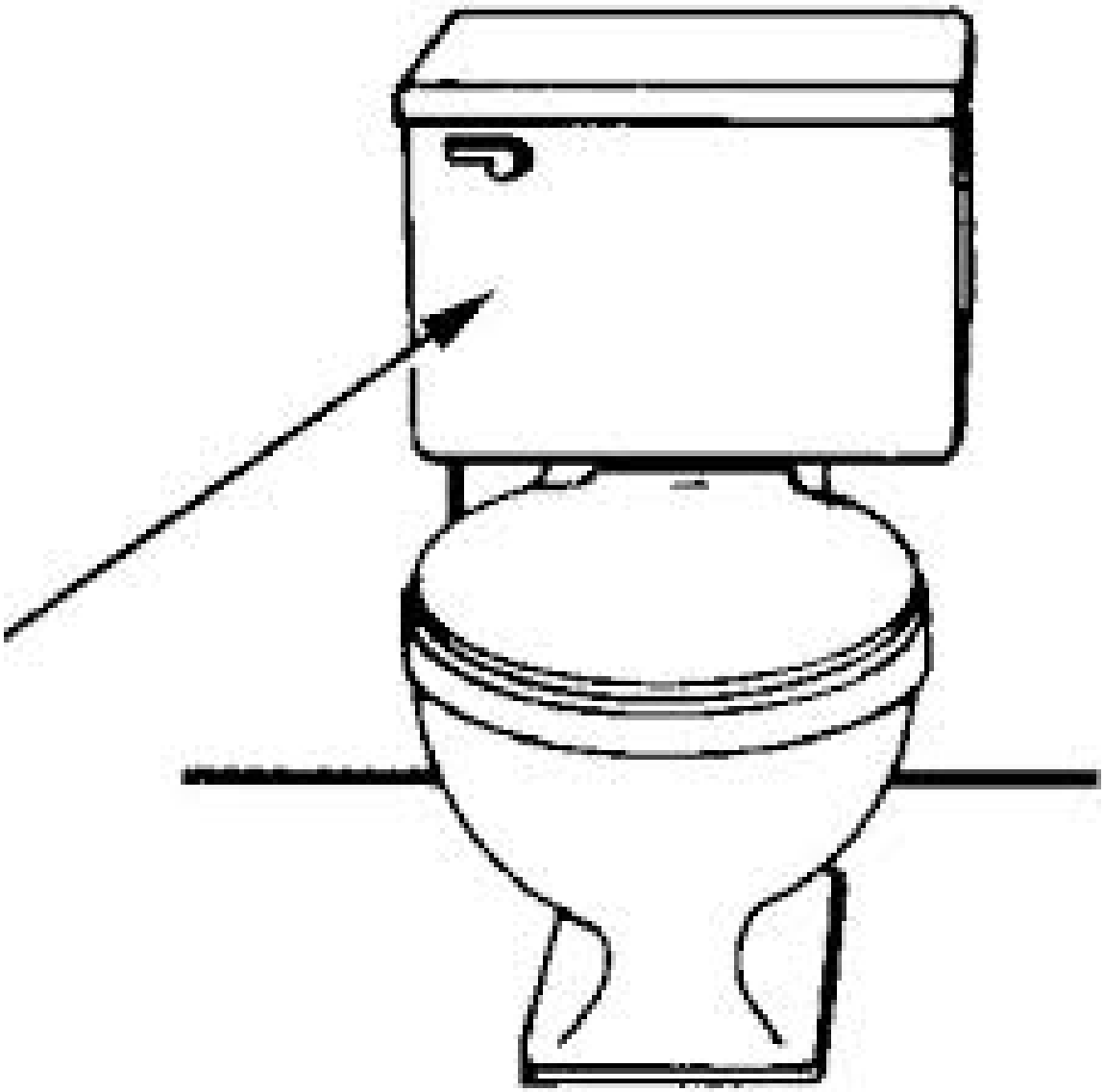
ملحوظة مهمة جدا : طول ماسورة تغذية الجهاز الصحى لا تزيد عن 70 سم بالقطر المذكور فى الجدول 604.5 وما بعد الـ 70 سم سنضطر الى زيادة المقاس وذلك حتى لا يزيد الفقد فى الضغط "فى حالة تطويل ماسورة التغذية".

يوجد نوعان من تغذية المياه للاجهزة الصحية وتتضح جليا من الـ WC وهذان النوعان هما :

1. FLUSH VALVE.
2. FLUSH TANK.

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

الـ FLUSH TANK هو كما بالصورة الاتية :



اى انه يوجد تانك للقاعدة تخزن فيها المياه ويكون لها معدل تدفق مياه معين اصغر من الـ FLUSH VALVE.

اما الـ FLUSH VALVE فهى كما بالصورة الاتية :

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

فهو عبارة عن محبس عند فتحه يعطى معدل تدفق عالى للمياه اعلى من الذى يعطيه الـ FLUSH TANK.

فبالطبع عند تصميم اى شبكة يجب معرفة ما اذا كانت هذه الشبكة ستعامل على انها FLUSH VALVE ام FLUSH TANK, لاننا كما رأينا ان معدل تدفق المياه وايضا الضغط سيتغير.

ملحوظة : اذا لم يكن كل الاجهزة الصحية تعمل بنظام FLUSH VALVE ولكن جزء منها, فيتم معاملتها على انها FLUSH VALVE.

1. اول خطوة لتصميم شبكة تغذية مياه هى رسم شبكة المواسير البارد والساخن وتوزيعها على الاجهزة الصحية الموجودة بما فيها السخانات وتوصيل مصدر هذه الشبكة بالمضخات والتانكات ووضع المحابس المطلوبة على خطوط المواسير, فيجب وضع المحابس بحيث تتيح لنا ان نعزل الخط الموضوع فيه المحبس فى اى وقت وذلك لعمل الصيانة الخاصة بهذا الخط وما يركب عليه من اجهزة صحية.

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

2. تحديد الـ RESIDUAL PRESSURE & FLOW RATE لكل جهاز صحى, كما تم شرحه سابقا.
3. تحديد اقطار المواسير المتصلة مباشرة بالاجهزة الصحية, كما تم شرحه سابقا.
4. تحديد ما يسمى بالـ WATER SUPPLY FIXTURE UNIT (WSFU), وهى ارقام تخص كل جهاز صحى على حدة وهى تعتبر مؤشر لمعدل الضغط المطلوب لكل جهاز, الجدول التالى يوضح الـ WSFU لكل الاجهزة الصحية, وبالطبع ما اذا كانت هذه الوحدات FLUSH VALVE ام كانت FLUSH TANK, لان معدل التدفق سيختلف كما ذكرنا سابقا.

TABLE E103.3(2)
LOAD VALUES ASSIGNED TO FIXTURES*

FIXTURE	OCCUPANCY	TYPE OF SUPPLY CONTROL	LOAD VALUES, IN WATER SUPPLY FIXTURE UNITS (wsfu)		
			Cold	Hot	Total
Bathroom group	Private	Flush tank	2.7	1.5	3.6
Bathroom group	Private	Flush valve	6.0	3.0	8.0
Bathtub	Private	Faucet	1.0	1.0	1.4
Bathtub	Public	Faucet	3.0	3.0	4.0
Bidet	Private	Faucet	1.5	1.5	2.0
Combination fixture	Private	Faucet	2.25	2.25	3.0
Dishwashing machine	Private	Automatic	-	1.4	1.4
Drinking fountain	Offices, etc.	3/8" valve	0.25	-	0.25
Kitchen sink	Private	Faucet	1.0	1.0	1.4
Kitchen sink	Hotel, restaurant	Faucet	3.0	3.0	4.0
Laundry trays (1 to 3)	Private	Faucet	1.0	1.0	1.4
Lavatory	Private	Faucet	0.5	0.5	0.7
Lavatory	Public	Faucet	1.5	1.5	2.0
Service sink	Offices, etc.	Faucet	2.25	2.25	3.0
Shower head	Public	Mixing valve	3.0	3.0	4.0
Shower head	Private	Mixing valve	1.0	1.0	1.4
Urinal	Public	1" flush valve	10.0	-	10.0
Urinal	Public	3/4" flush valve	5.0	-	5.0
Urinal	Public	Flush tank	3.0	-	3.0
Washing machine (8 lb)	Private	Automatic	1.0	1.0	1.4
Washing machine (8 lb)	Public	Automatic	2.25	2.25	3.0
Washing machine (15lb)	Public	Automatic	3.0	3.0	4.0
Water closet	Private	Flush valve	6.0	-	6.0
Water closet	Private	Flush tank	2.2	-	2.2
Water closet	Public	Flush valve	10.0	-	10.0
Water closet	Public	Flush tank	5.0	-	5.0
Water closet	Public or private	Flushometer tank	2.0	-	2.0

For SI: 1 inch = 25.4 mm, 1 pound = 0.454 kg.
a. For fixtures not listed, loads should be assumed by comparing the fixture to one listed using water in similar quantities and at similar rates. The assigned loads for fixtures with both hot and cold water supplies are given for separate hot and cold water loads and for total load. The separate hot and cold water loads being three-fourths of the total load for the fixture in each case.

يتم جمع الـ WSFU لكل الاجهزة الصحية, فمثلا اذا كانت هناك ماسورة تغذى حوض وقاعدة, فيكون معدل التدفق للمياه داخل هذه الماسورة هو معدل التدفق المكافئ لمجموع الـ WSFU للحوض والقاعدة, وهكذا لكل شبكة التغذية.

5. يوجد فى الجدول السابق WSFU COLD, WSFU HOT, WSFU TOTAL, فعند تحديد اقطار مواسير مياه باردة فقط يتم تصميمها على اساس الارقام الموجودة فى خانة الـ WSFU COLD, وعند تحديد اقطار مواسير مياه ساخنة فقط يتم تصميمها على اساس الارقام الموجودة فى خانة الـ WSFU HOT, اما اذا هذه الماسورة تحمل مياه باردة للاجهزة الصحية وايضا مياه باردة للسخان (هذه المياه ستتحول الى مياه ساخنة بفعل السخان) فيتم تحديد اقطارها على اساس الارقام الموجودة فى خانة الـ WSFU TOTAL, وهذه الحالة تظهر جليا فى ماسورة المصدر الداخلة على المبنى او الدور حيث ان هذه الماسورة ستعطى مياه باردة للاجهزة الصحية

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

ومياه باردة للسخانات, فيتم تحديد قطر هذه الماسورة على اساس الارقام الموجودة فى خانة الـ WSFU TOTAL.

6. بعد تحديد الـ WSFU لكل ماسورة يتم الدخول على الجدولان التاليان وذلك لتحديد معدل التدفق المكافئ لكل WSFU, طبعا لا ننسى عند الاختيار ما اذا كان النظام FLUSH VALVE OR FLUSH TANK.

TABLE E103.3(3)
TABLE FOR ESTIMATING DEMAND

SUPPLY SYSTEMS PREDOMINANTLY FOR FLUSH TANKS			SUPPLY SYSTEMS PREDOMINANTLY FOR FLUSH VALVES		
Load	Demand		Load	Demand	
(Water supply fixture units)	(Gallons per minute)	(Cubic feet per minute)	(Water supply fixture units)	(Gallons per minute)	(Cubic feet per minute)
1	3.0	0.04104			
2	5.0	0.0684			
3	6.5	0.86892			
4	8.0	1.06944			
5	9.4	1.256592	5	15.0	2.0052
6	10.7	1.430376	6	17.4	2.326032
7	11.8	1.577424	7	19.8	2.646364
8	12.8	1.711104	8	22.2	2.967696
9	13.7	1.831416	9	24.6	3.288528
10	14.6	1.951728	10	27.0	3.60936
11	15.4	2.058672	11	27.8	3.716304
12	16.0	2.13888	12	28.6	3.823248
13	16.5	2.20572	13	29.4	3.930192
14	17.0	2.27256	14	30.2	4.037136
15	17.5	2.3394	15	31.0	4.14408
16	18.0	2.90624	16	31.8	4.241024
17	18.4	2.459712	17	32.6	4.357968
18	18.8	2.513184	18	33.4	4.464912
19	19.2	2.566656	19	34.2	4.571856
20	19.6	2.620128	20	35.0	4.6788
25	21.5	2.87412	25	38.0	5.07984
30	23.3	3.114744	30	42.0	5.61356
35	24.9	3.328632	35	44.0	5.88192
40	26.3	3.515784	40	46.0	6.14928
45	27.7	3.702936	45	48.0	6.41664
50	29.1	3.890088	50	50.0	6.684
60	32.0	4.27776	60	54.0	7.21872
70	35.0	4.6788	70	58.0	7.75344
80	38.0	5.07984	80	61.2	8.181216
90	41.0	5.48088	90	64.3	8.595624
100	43.5	5.81508	100	67.5	9.0234
120	48.0	6.41664	120	73.0	9.75864
140	52.5	7.0182	140	77.0	10.29336
160	57.0	7.61976	160	81.0	10.82808
180	61.0	8.15448	180	85.5	11.42964
200	65.0	8.6892	200	90.0	12.0312
225	70.0	9.3576	225	95.5	12.76644
250	75.0	10.026	250	101.0	13.50168

(continued)

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

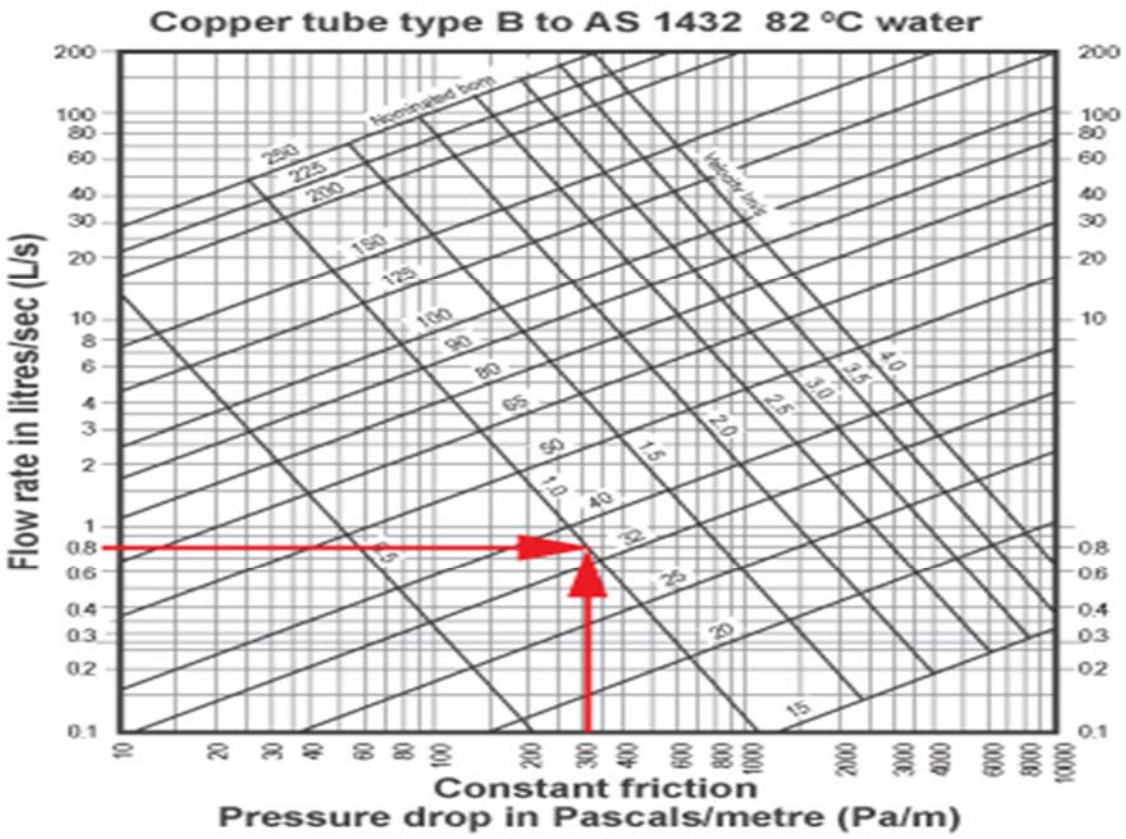
TABLE E103.3(3)-continued
TABLE FOR ESTIMATING DEMAND

SUPPLY SYSTEMS PREDOMINANTLY FOR FLUSH TANKS			SUPPLY SYSTEMS PREDOMINANTLY FOR FLUSH VALVES		
Load	Demand		Load	Demand	
(Water supply fixture units)	(Gallons per minute)	(Cubic feet per minute)	(Water supply fixture units)	(Gallons per minute)	(Cubic feet per minute)
275	80.0	10.6944	275	104.5	13.96956
300	85.0	11.3628	300	108.0	14.43744
400	105.0	14.0364	400	127.0	16.97736
500	124.0	16.57632	500	143.0	19.11624
750	170.0	22.7256	750	177.0	23.66136
1,000	208.0	27.80544	1,000	208.0	27.80544
1,250	239.0	31.94952	1,250	239.0	31.94952
1,500	269.0	35.95992	1,500	269.0	35.95992
1,750	297.0	39.70296	1,750	297.0	39.70296
2,000	325.0	43.446	2,000	325.0	43.446
2,500	380.0	50.7984	2,500	380.0	50.7984
3,000	433.0	57.88344	3,000	433.0	57.88344
4,000	525.0	70.182	4,000	525.0	70.182
5,000	593.0	79.27224	5,000	593.0	79.27224

7. بعد تحديد معدل التدفق لكل ماسورة, يتم الدخول الى كتالوج اختيار المواسير وتحديد قطر الماسورة المناسب لمعدل التدفق هذا.
8. يجب الا تزيد سرعة المياه داخل المواسير عن 8 ft/s اى 2.44 m/s.

وهذا مثال بسيط لكيفية اختيار المواسير

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com



فى الصورة السابقة خريطة مواسير نحاس لمياه عند درجة حرارة 82 درجة مئوية,

المحور الرأسى الأيسر يعبر عن نعدل التدفق بالليتر لكل ثانية.

المحور الأفقى يعبر عن معدل فقد الضغط نتيجة احتكاك المياه داخل الماسورة بـ باسكال لكل متر.

الخطوط المائلة احداهما لقطر الماسورة والاخر لسرعة المياه داخل الماسورة.

فى البدية يتم عمل خط موازى لخطوط السرعة وهذا الخط يكون عند السرعة 2.44 m/s or 8 ft/s, وبذلك الخط تكون الخريطة تم تقسيمها نصفين, نصف فوق خط السرعة الذى رسمناه ونصف تحت خط السرعة الذى رسمناه, بعد ذلك يتم تحديد معدل التدفق وفى الخريطة هنا يساوى 0.8 L/S, وبعد تحديد معدل التدفق يتم عمل خط أفقى الى ان يدخل هذا الخط المنقطة التى تحت خط السرعة الذى رسمناه, واقرب قطر حقيقى واصح يصتدم به خط معدل التدفق الافقى يكون هذا هو قطر الماسورة, وبعد ذلك نعمل خط رأسى من عند القطر المحدد ليحدد لنا قيمة معدل الفقد فى الضغط نتيجة الاحتكاك, ونسجل هذه القيمة لأننا سنحتاجها فيما بعد لتحديد ضغط المضخة.

طبعا هذه الخريطة تختلف من مادة الى مادة ومن درجة حرارة للمياه الى درجة حرارة اخرى, فيتم الحصول على هذه الخرايط من كتالوجتها.

يوجد طريقة اخرى موجودة فى كتالوجات اخرى (كتالوجات المواسير البلاستيك) وهذه الطريقة تسمى SDR, وهى عبارة عن تحديد قطر الماسورة بناءا على الـ SDR, والـ SDR موضح كما بالشكل التالى :

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

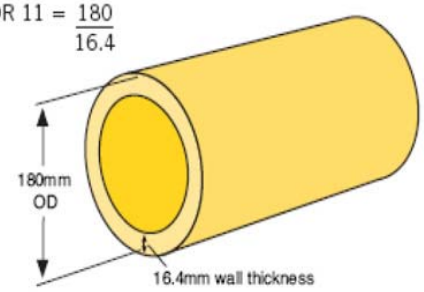
Standard Dimensional Ratio - SDR

- Equates to wall thickness
- The higher the SDR number the lower the pressure rating
- Common SDR ratings:
  - SDR 9
  - SDR 11
  - SDR 17
  - SDR 21
  - SDR 26
  - SDR 33

$$SDR = \frac{\text{nominal (minimum) outside diameter}}{\text{minimum wall thickness}}$$

Example:

$$SDR\ 11 = \frac{180}{16.4}$$



Relationship between wall thickness and outside diameter (OD)

وهو عبارة عن النسبة بين القطر الخارجى للماسورة الى سمك الماسورة, وكلما زاد هذا الرقم كلما قل الضغط الذى تتحمله هذه الماسورة لأن زيادة هذا الرقم معناه ان القطر كبير مقارنة بالسمك, فى حين ان لكى تتحمل الماسورة ضغوط عالية يجب انه كلما زاد قطرها كلما زاد سمكها, فعند الـ SDR 9 معناه ان القطر الخارجى يعادل سمك الماسورة 9 مرات وهكذا.

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

6. Frictional Head Loss Chart

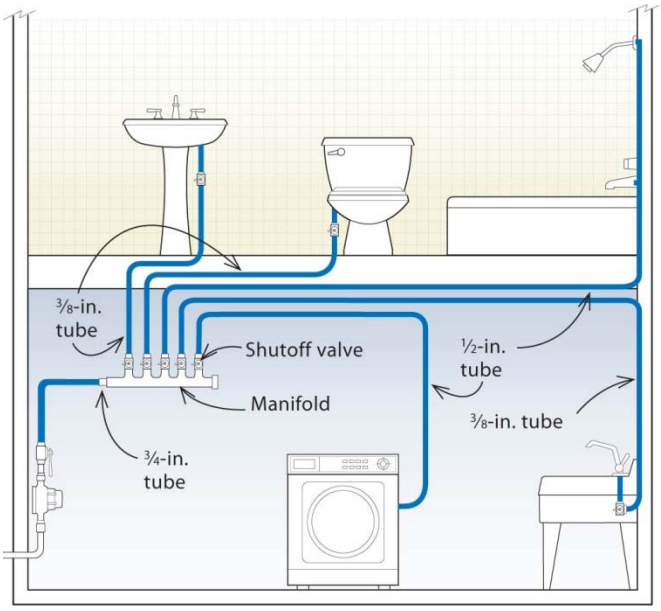
Size		13mm (1/2")		19mm (3/4")		25mm (1")		32mm (1 1/4")		38mm (1 1/2")		50mm (2")		63mm (2 1/2")		75mm (3")	
ID (cm)		1.326		2.093		2.664		3.505		4.089		5.250		6.271		7.793	
Flow GPM	Flow LPS	Velocity m/s	Head loss m/100m	Velocity m/s	Head loss m/100m	Velocity m/s	Head loss m/100m	Velocity m/s	Head loss m/100m	Velocity m/s	Head loss m/100m	Velocity m/s	Head loss m/100m	Velocity m/s	Head loss m/100m	Velocity m/s	Head loss m/100m
1	0.06	0.32	1.05	0.18	0.26	0.11	0.09	0.06	0.02	0.05	0.00	0.03	0.00				
2	0.13	0.64	3.77	0.37	0.96	0.23	0.30	0.13	0.09	0.09	0.04	0.06	0.02				
3	0.19	0.96	7.99	0.55	2.04	0.34	0.62	0.20	0.17	0.14	0.09	0.09	0.02	0.06	0.00		
4	0.25	1.28	13.61	0.73	3.47	0.45	1.07	0.26	0.28	0.19	0.13	0.12	0.04	0.08	0.02		
5	0.32	1.61	20.57	0.92	5.23	0.56	1.63	0.32	0.43	0.24	0.19	0.14	0.06	0.10	0.02	0.06	0.00
6	0.38	1.93	28.85	1.10	7.35	0.68	2.27	0.39	0.60	0.29	0.28	0.17	0.09	0.12	0.04	0.08	0.02
7	0.44	2.25	38.38	1.28	9.77	0.79	3.02	0.46	0.79	0.33	0.39	0.20	0.11	0.14	0.04	0.09	0.02
8	0.50	2.57	49.14	1.47	12.52	0.90	3.86	0.52	1.01	0.38	0.47	0.23	0.15	0.16	0.06	0.10	0.02
	0.57	2.89	61.23	1.65	15.56	1.01	4.80	0.59	1.26	0.43	0.60	0.26	0.17	0.18	0.06	0.12	0.02
10	0.63	3.21	74.30	1.83	18.90	1.13	5.85	0.65	1.54	0.48	0.73	0.29	0.21	0.20	0.09	0.13	0.02
11	0.69	3.54	88.64	2.02	22.57	1.24	6.96	0.72	1.84	0.52	0.86	0.32	0.26	0.22	0.11	0.14	0.04
12	0.76	3.86	104.2	2.20	26.51	1.35	8.19	0.78	2.16	0.57	1.03	0.35	0.30	0.24	0.13	0.16	0.04
14	0.88	4.50	138.5	2.56	35.27	1.58	10.89	0.91	2.87	0.67	1.35	0.41	0.41	0.28	0.17	0.18	0.06
16	1.01	5.14	177.4	2.93	45.15	1.81	13.95	1.04	3.66	0.77	1.74	0.46	0.51	0.33	0.21	0.21	0.09
18	1.14	5.79	220.7	3.30	56.17	2.03	17.36	1.17	4.56	0.86	2.16	0.52	0.64	0.37	0.28	0.24	0.09
20	1.26			3.66	68.28	2.26	21.09	1.30	5.55	0.96	2.61	0.58	0.77	0.41	0.32	0.26	0.11
22	1.39			4.03	81.46	2.49	25.16	1.43	6.62	1.06	3.13	0.64	0.92	0.45	0.39	0.29	0.13
24	1.51			4.40	95.69	2.72	29.55	1.57	7.78	1.15	3.69	0.70	1.09	0.48	0.45	0.32	0.15
26	1.64			4.76	101.8	2.94	34.29	1.70	9.02	1.25	4.26	0.76	1.26	0.53	0.54	0.34	0.19
28	1.77			5.13	127.3	3.17	39.32	1.83	10.35	1.34	4.89	0.81	1.46	0.57	0.62	0.37	0.21
30	1.89			5.50	144.7	3.40	44.68	1.96	11.77	1.44	5.55	0.87	1.65	0.61	0.69	0.40	0.24
35	2.21					3.95	59.45	2.28	15.67	1.68	7.39	1.02	2.19	0.71	0.92	0.46	0.32
40	2.52					4.52	76.14	2.61	20.06	1.92	9.47	1.16	2.81	0.81	1.18	0.53	0.41
45	2.84					5.08	94.70	2.94	24.73	2.16	11.79	1.31	3.49	0.92	1.48	0.59	0.51
50	3.15					5.64	115.1	3.26	30.30	2.40	14.32	1.45	4.24	1.02	1.78	0.66	0.62

Polyethylene (PE) SDR-Pressure Rated Tube [(2306, 3206, 3306) SDR 7, 9, 11.5, 15 C=150]

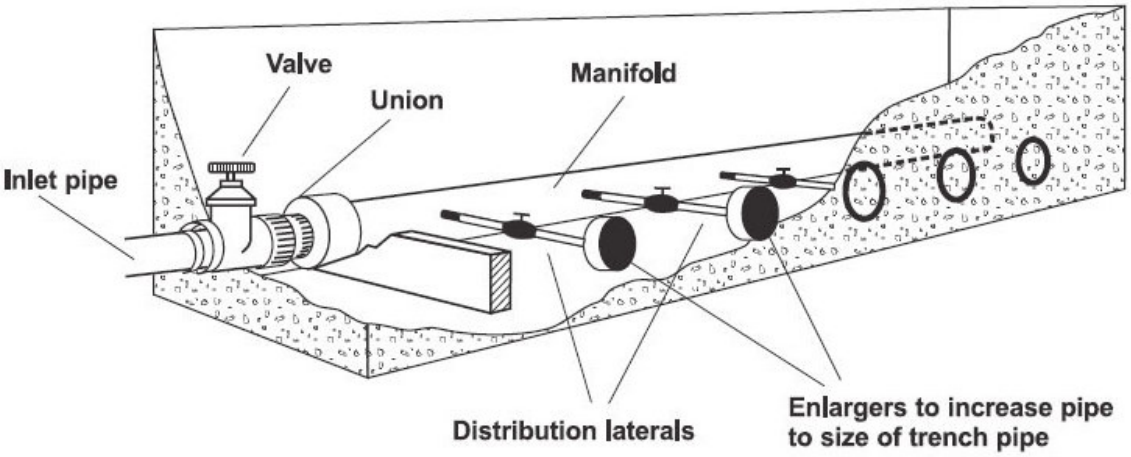
فبعد تحديد معدل التدفق للمواسير يتم الدخول الى جدول كهذا (محدد فى اسفل الجدول قيمة الـ SDR, انها هنا تساوى 7, 9, 11.5, اى ان هذا الجدول يمكن تطبيقه على قيم الـ SDR هذه), ويتم تحديد معدل التدفق من العمود الأيسر ونختار قطر الماسورة المناسب بما لا يخل بالسرعة المطلوبة (مكتوبة فى خانة الـ V فى الجدول), ولا ننسى ان نسجل رقم الـ head loss لأننا سنحتاجه فيما بعد لحساب ضغط المضخة.

يمكن ان نستخدم طريقة توزيع مواسير معينة عن طريق الـ manifold وهو كما بالشكل :

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com



Pressure manifold detail



ويتم تحديد قطر الـ manifold من خلال هذا الجدول

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

TABLE 604.10.1
MANIFOLD SIZING

NOMINAL SIZE INTERNAL DIAMETER (inches)	MAXIMUM DEMAND (gpm)	
	Velocity at 4 feet per second	Velocity at 8 feet per second
1/2	2	5
3/4	6	11
1	10	20
1 1/4	15	31
1 1/2	22	44

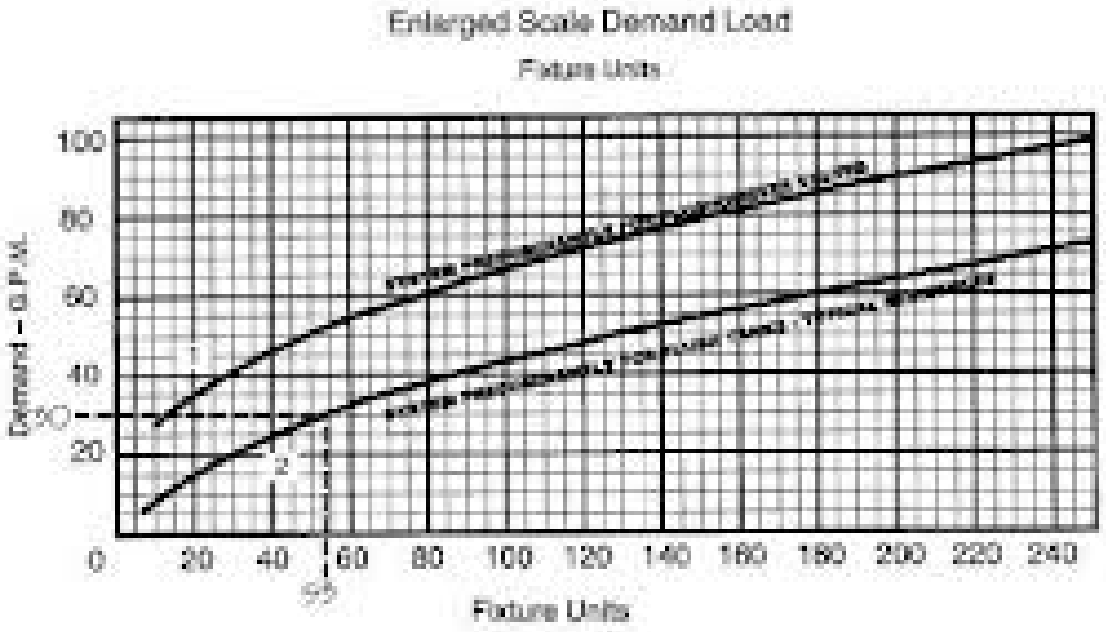
For SI: 1 inch = 25.4 mm, 1 gallon per minute = 3.785 *Lim*, 1 foot per second = 0.305 *m/s*.

عند مخرج كل ماسورة من الـ manifold يجب تركيب محبس عزل.

يجب العلم أن طريقة تحديد قطر ماسورة المياه الساخنة هى بعينها طريقة تحديد قطر ماسورة المياه الباردة.

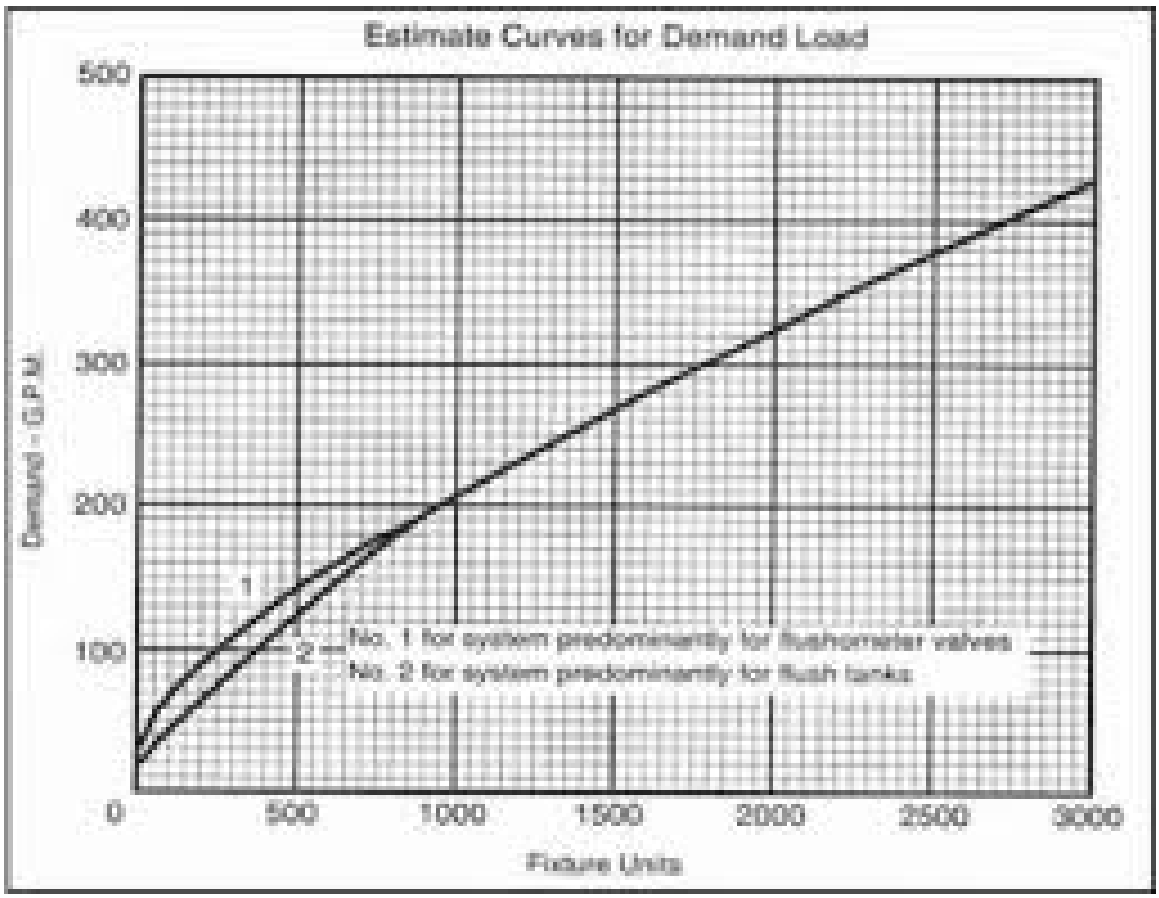
نجد فى الصور التالية الفرق فى الـ water flow rate نتيجة اختلاف الـ flush valve او الـ flush tank :-

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com



http://forms.iapmo.org/newsletter/green/2011/07/ASPE_HunterCurve.asp

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com



فنلاحظ انه حتى ما قبل 1000 WSFU نجد ان الـ flow rate for flush valve greater than flow rate for flush tank, ولكن ابتداءا من 1000 WSFU and more than نجد ان الـ flow rate for flush valve equal to flow rate for flush tank.

من الاشياء المهمة التى نركبها على شبكة تغذية المياه هو الـ water meter

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

وهو عداد المياه الذى يركب على خط الـ water service, وهذا العداد هو الذى يحسب كمية الاستهلاك من المياه وله جداول فى الكود يتم تحديده على اساس هذه الجداول وهى كالتالى :-

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

TABLE E201.1
MINIMUM SIZE OF WATER METERS, MAINS AND DISTRIBUTION PIPING
BASED ON WATER SUPPLY FIXTURE UNIT VALUES (w.s.f.u.)

METER AND SERVICE PIPE (Inches)	DISTRIBUTION PIPE (Inches)	MAXIMUM DEVELOPMENT LENGTH (feet)									
Pressure Range 30 to 39 psi		40	60	80	100	150	200	250	300	400	500
3/4	1/2*	2.5	2	1.5	1.5	1	1	0.5	0.5	0	0
3/4	3/4	9.5	7.5	6	5.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5
3/4	1	32	25	20	16.5	11	9	7.8	6.5	5.5	4.5
1	1	32	32	27	21	13.5	10	8	7	5.5	5
3/4	1 1/4	32	32	32	32	30	24	20	17	13	10.5
1	1 1/4	80	80	70	61	45	34	27	22	16	12
1 1/2	1 1/4	80	80	80	75	54	40	31	25	17.5	13
1	1 1/2	87	87	87	87	84	73	64	56	45	36
1 1/2	1 1/2	151	151	151	151	117	92	79	69	54	43
2	1 1/2	151	151	151	151	128	99	83	72	56	45
1	2	87	87	87	87	87	87	87	87	87	86
1 1/2	2	275	275	275	275	258	223	196	174	144	122
2	2	365	365	365	365	318	266	229	201	160	134
2	2 1/2	533	533	533	533	533	495	448	409	353	311

METER AND SERVICE PIPE (Inches)	DISTRIBUTION PIPE (Inches)	MAXIMUM DEVELOPMENT LENGTH (feet)									
Pressure Range 40 to 49 psi		40	60	80	100	150	200	250	300	400	500
3/4	1/2*	3	2.5	2	1.5	1.5	1	1	0.5	0.5	0.5
3/4	3/4	9.5	9.5	8.5	7	5.5	4.5	3.5	3	2.5	2
3/4	1	32	32	32	26	18	13.5	10.5	9	7.5	6
1	1	32	32	32	32	21	15	11.5	9.5	7.5	6.5
3/4	1 1/4	32	32	32	32	32	32	32	27	21	16.5
1	1 1/4	80	80	80	80	65	52	42	35	26	20
1 1/2	1 1/4	80	80	80	80	75	59	48	39	28	21
1	1 1/2	87	87	87	87	87	87	87	78	65	55
1 1/2	1 1/2	151	151	151	151	151	130	109	93	75	63
2	1 1/2	151	151	151	151	151	139	115	98	77	64
1	2	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87
1 1/2	2	275	275	275	275	275	275	264	238	198	169
2	2	365	365	365	365	365	349	304	270	220	185
2	2 1/2	533	533	533	533	533	533	533	528	456	403

(continued)

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

TABLE E201.1-continued
MINIMUM SIZE OF WATER METERS, MAINS AND DISTRIBUTION PIPING
BASED ON WATER SUPPLY FIXTURE UNIT VALUES (w.s.f.u.)

METER AND SERVICE PIPE (Inches)	DISTRIBUTION PIPE (Inches)	MAXIMUM DEVELOPMENT LENGTH (feet)									
Pressure Range 50 to 60 psi		40	60	80	100	150	200	250	300	400	500
¾	½	3	3	2.5	2	1.5	1	1	1	0.5	0.5
¾	¾	9.5	9.5	9.5	8.5	6.5	5	4.5	4	3	2.5
¾	1	32	32	32	32	25	18.5	14.5	12	9.5	8
1	1	32	32	32	32	30	22	16.5	13	10	8
¾	1¼	32	32	32	32	32	32	32	32	29	24
1	1¼	80	80	80	80	80	68	57	48	35	28
1½	1¼	80	80	80	80	80	75	63	53	39	29
1	1½	87	87	87	87	87	87	87	87	82	70
1½	1½	151	151	151	151	151	151	139	120	94	79
2	1½	151	151	151	151	151	151	146	126	97	81
1	2	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87
1½	2	275	275	275	275	275	275	275	275	247	213
2	2	365	365	365	365	365	365	365	329	272	232
2	2½	533	533	533	533	533	533	533	533	353	486

METER AND SERVICE PIPE (Inches)	DISTRIBUTION PIPE (Inches)	MAXIMUM DEVELOPMENT LENGTH (feet)									
Pressure Range Over 60		40	60	80	100	150	200	250	300	400	500
¾	½	3	3	3	2.5	2	1.5	1.5	1	1	0.5
¾	¾	9.5	9.5	9.5	9.5	7.5	6	5	4.5	3.5	3
¾	1	32	32	32	32	32	24	19.5	15.5	11.5	9.5
1	1	32	32	32	32	32	28	28	17	12	9.5
¾	1¼	32	32	32	32	32	32	32	32	32	30
1	1¼	80	80	80	80	80	80	69	60	46	36
1½	1¼	80	80	80	80	80	80	76	65	50	38
1	1½	87	87	87	87	87	87	87	87	87	84
1½	1½	151	151	151	151	151	151	151	144	114	94
2	1½	151	151	151	151	151	151	151	151	118	97
1	2	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87
1½	2	275	275	275	275	275	275	275	275	275	252
2	2	365	368	368	368	368	368	368	368	318	273
2	2½	533	533	533	533	533	533	533	533	533	533

For SI: 1 inch = 25.4, 1 foot = 304.8 mm.
a. Minimum size for building supply is ¾-inch pipe.

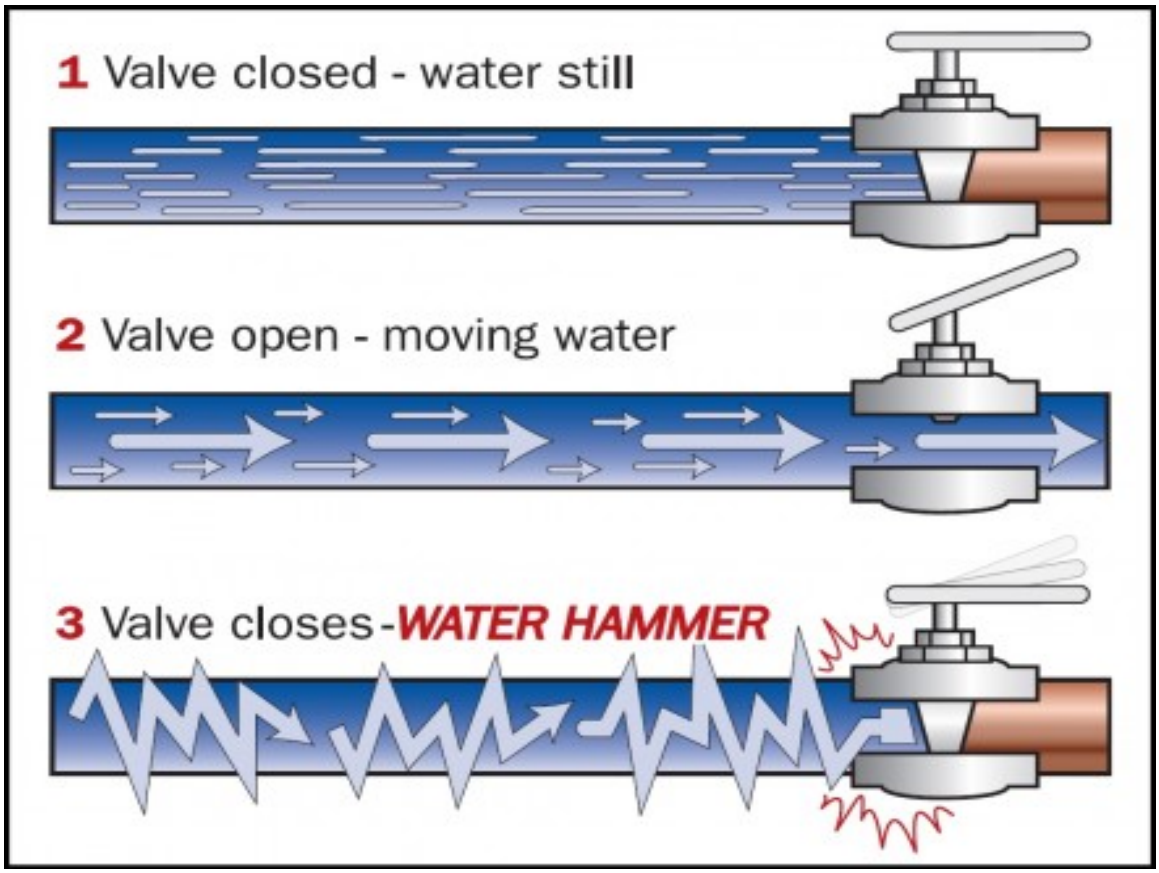
فنجد ان قطر العداد يتم كالتالى :-

1. نحدد ضغط تغذية المياه الداخل على الـ water meter, وفى الغالب يكون هو ضغط مياه الحكومة, اما ان يكون ضغط مياه من مضخة فندخل على الجدول الذى يناسب الضغط الداخل عندى على الـ water meter, ويتم معرفة الضغط.
2. نحدد عدد الـ WSFU فى المشروع ويتم تحديد هذا الرقم فى الجدول فى المنطقة الحمراء.
3. نحدد طول خط الـ water service ونحدده من خلال الصف الافقى الموجود فوق المنطقة الحمراء "التى هى منطقة الـ WSFU" والتى تسمى فى الجدول بالـ maximum developed length.
4. نختار بعد ذلك قطر ماسورة الـ distribution pipe والتى تم معرفة كيفية حسابها مسبقا.
5. وفى النهاية نجد أنفسنا امام قطر ماسورة الـ water service وايضا قطر الـ water meter.

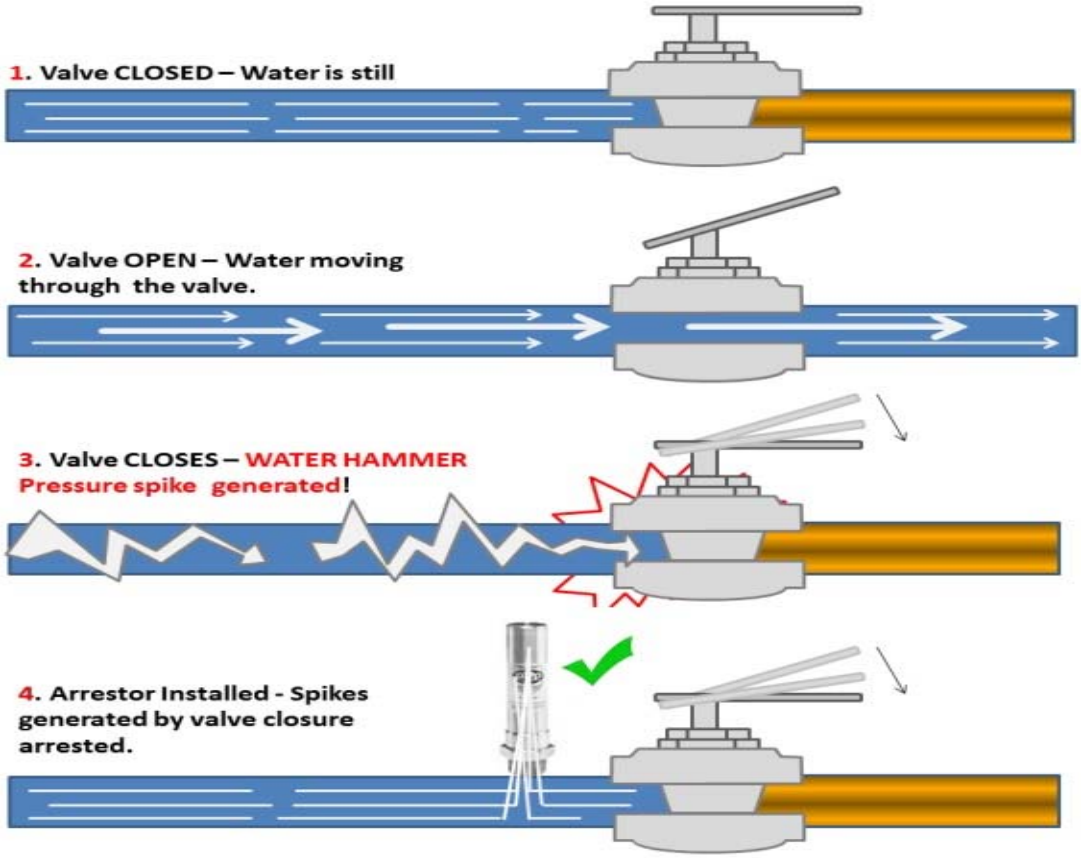
كثيرا ما نسمع عن ما يسمى بالـ water hammer :

الـ water hammer هى ظاهرة تحدث عند غلق محبس بصورة مفاجأة ونتيجة لهذا فيحدث زيادة غير متوقعة فى الضغط فهذا بدوره يحدث تأثير على المواسير, فإما ان يحدث تسريب للمياه من اى منطقة لا تتحمل هذه الزيادة فى الضغط, اما انه بعد فترة من حدوث الـ water hammer تضعف المواسير ويؤثر بشكل سلبى على المواسير بعد ذلك, والصورة التالية توضح الـ water hammer :-

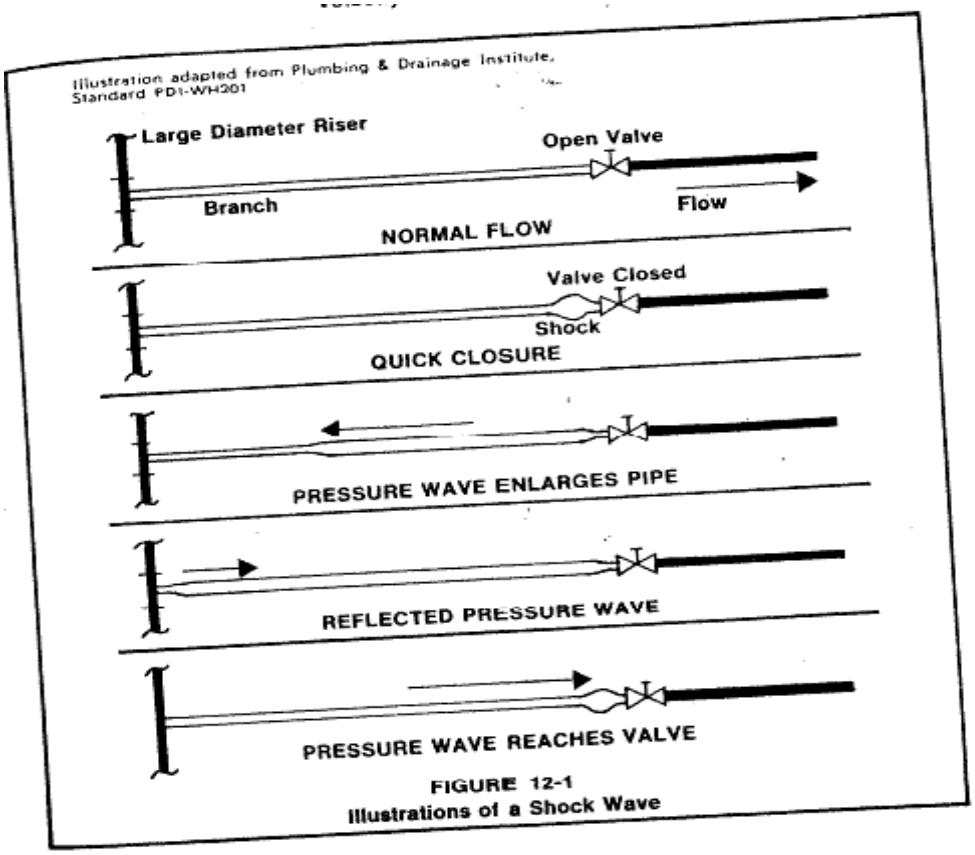
Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com



Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

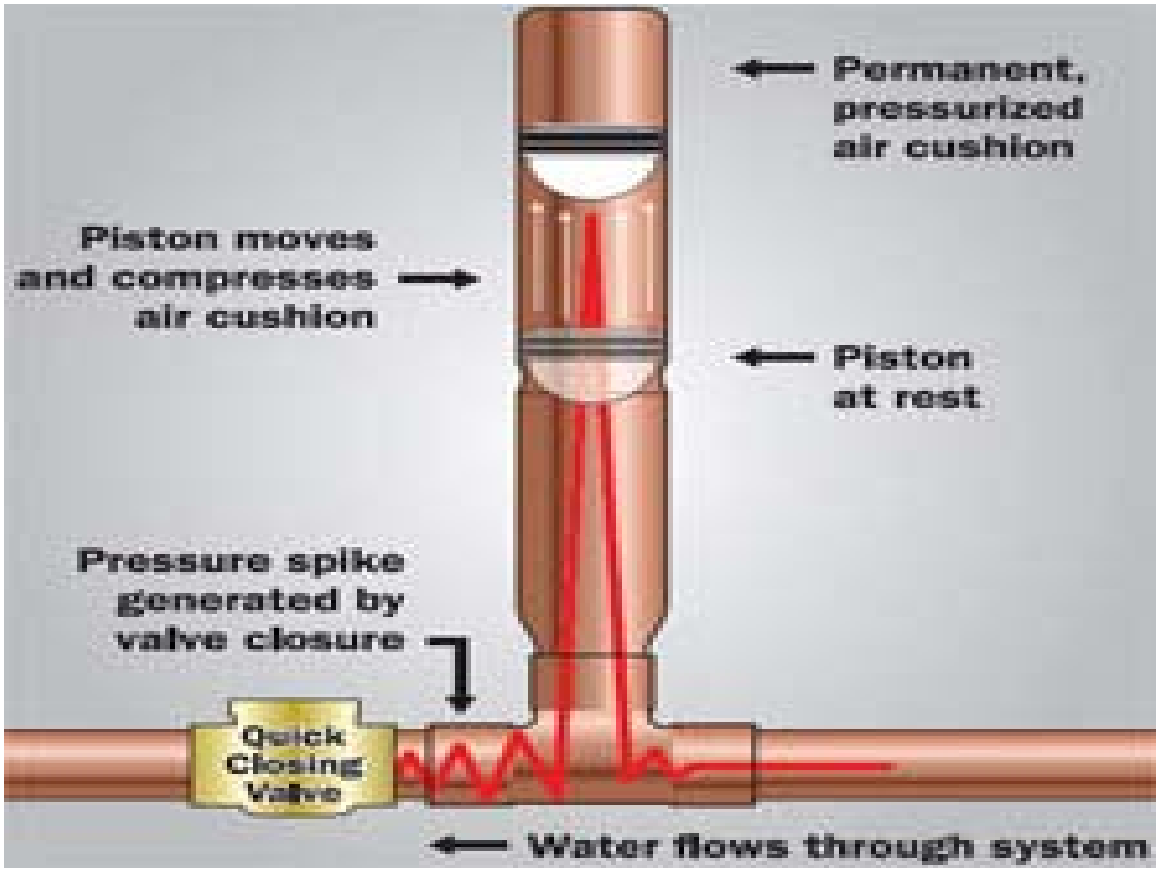


Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com



وللحماية من حدوث الـ water hammer يتم تركيب water hammer arrestor فهو يمتص الزيادة فى الضغط فلا يحدث تأثير للـ water hammer اطلاقاوهو كما بالشكل التالى :-

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com



ويتم وضعه بجانب المحبس المعروف انه سيتم غلقه بصورة مفاجأة كما بالشكل التالى :-

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

اما عن اختيار الـ water hammer arrestor فذلك يتم تبعا لكل شركة على حدة, نفتح كتالوج الشركة ونعرف ما هى الخصائص التى يتم اختياره على اساسها, فنجد شركة تختاره على اساس عدد الـ WSFU كما بالشكل التالى :-

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

WATER HAMMER ARRESTOR SIZING

Single and Multiple Fixture Branch Lines

The water hammer arrestor sizing procedure for single and multiple fixtures described below conforms to that established by the American Society of Sanitary Engineers in their Standard ASSE-1010. Selection of the water hammer arrestor is based upon the total quantity of Fixture-Units on each cold and hot water branch line.

Fixture-Unit Listing

Determine the total number of Fixture-Units on each branch line by referring to the list of fixtures in Table One.

Water Hammer Arrestor Selection

Refer to Table Two and select the waterhammer arrestor model with proper Fixture-Unit capacity. In long batteries of fixtures over 20 feet in length, more than one water hammer arrestor will be required.
(See placement data shown below.)

WATER HAMMER ARRESTOR PLACEMENT DATA

On multiple fixture branch lines up to 20 feet in length, the water hammer arrestor should be installed on the branch line between the last two fixtures being served. The water hammer arrestor should have a Fixture-Unit rating equal to or greater than the total Fixture-Units connected to the branch line.

On multiple fixture branch lines over 20 feet in length, two water hammer arrestors should be used on each line with the second unit placed at the approximate midpoint of the line. The sum of the Fixture-Unit ratings of the water hammer arrestors on each branch should be equal to or greater than the total Fixture-Units connected to the branch line.

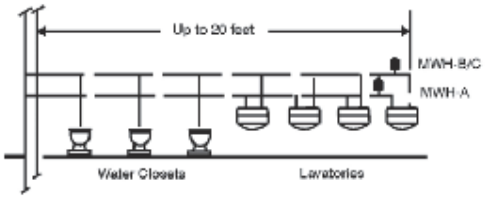
Table One

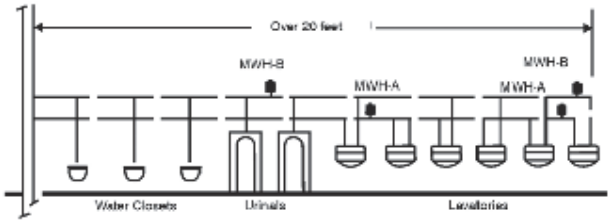
Fixture	Type of Supply Control	Weight in Fixture Units – Public C.W.	Public H.W.	Private C.W.	Private H.W.
Water Closet	Flush Valve	10	-	6	-
Water Closet	Flush Tank	5	-	3	-
Pedestrial Urinal	Flush Valve	10	-	-	-
Stall or Wall Urinal	Flush Valve	5	-	-	-
Stall or Wall Urinal	Flush Tank	3	-	-	-
Lavatory	Faucet	1 1/2	1 1/2	1	1
Bathtub	Faucet	2	2	1 1/2	1 1/2
Shower Head	Mixing Valve	2	2	1	2
Bathroom Group	Flush Valve Closet	-	-	8	3
Bathroom Group	Flush Tank Closet	-	-	6	3
Separate Shower	Mixing Valve	-	-	1	2
Service Sink	Faucet	3	3	-	-
Laundry Tubs (1-3)	Faucet	-	-	3	3
Combination Fixture	Faucet	-	-	3	3

Table Two

Water Hammer Arrestor Model No.	A	B	C	D	E	F
Fixture Unit Capacity	1-11	12-32	33-60	61-113	114-154	155-330

NOTES:
(1) All sizing data in this book are based on flow velocities of 10 feet per second or less.
(2) When the static water pressure in the line exceeds 65 psig, contact the MIFAB Engineer Department.
(3) If the fixture-unit total has 1/2" fraction, it is to be "rounded-up" to the next larger whole number. If the total is 11 1/2 fixture units, use 12 fixture units.





Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

نأتى بعد ذلك الى حساب معدل تدفق المياه من المضخة وحساب ضغطها :

a. معدل تدفق المياه من المضخة هو نفسه المحسوب من خلال الـ WSFU الذى تم حسابه من قبل.

b. اما بخصوص حساب ضغط المضخة "فى حالة تغذية المياه" فإنه يتم على خطوات وهى كالتالى :

1. نحدد أبعد مسار تسير فيه المياه عن المضخة.
2. نحدد الـ friction rate لكل قطر من أقطار أبعد مسار عن المضخة "تم تحديده من كتالوج اختيار المواسير" ونضرب الـ friction rate "الذى يكون وحدته مثلا بالـ m/100m او اى وحدة اخرى مماثلة" نضربه * طول الماسورة فنحسب فى النهاية الفقد فى الضغط نتيجة احتكاك المائع داخل الماسورة.
3. نحدد الطول المكافئ لكل fitting ولكل محبس موجود على ابعد مسار للمضخة وذلك لان هذه المحابس والـ fittings يحدث فيها فقد فى الضغط ولكى نحسبه نعتبر ان المحبس او الـ fitting يكافئ طول ما من الماسورة الراكب عليها.

مثال لجدول الطول المكافئ نجده فى الجدول الاتى :

Equivalent Feet Pipe Chart						
	Copper Tubing Size					
Fitting/Valve	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"
90º Elbow	1.00	2.00	2.50	3.00	4.00	5.50
45º Elbow	0.50	0.75	1.00	1.20	1.50	2.00
Tee (Straight Run)	0.30	0.40	0.45	0.60	0.80	1.00
Tee (side port)	2.00	3.00	4.50	5.50	7.00	9.00
Reducer Coupling	0.40	0.50	0.60	0.80	1.00	1.30
Gate Valve	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	0.70
Ball Valve (not full port)	1.90	2.20	4.30	7.00	6.60	14.00
Flow Check Valve		83	54	74	57	177
Taco Zone Valve's						
Taco 3/4" ESP	27'	10'	53'			
Taco 571	10'	20'	60'	130'		
Flow Control Valves	n/a	35.8'	83.7'	47.8'	57.9'	61.8'

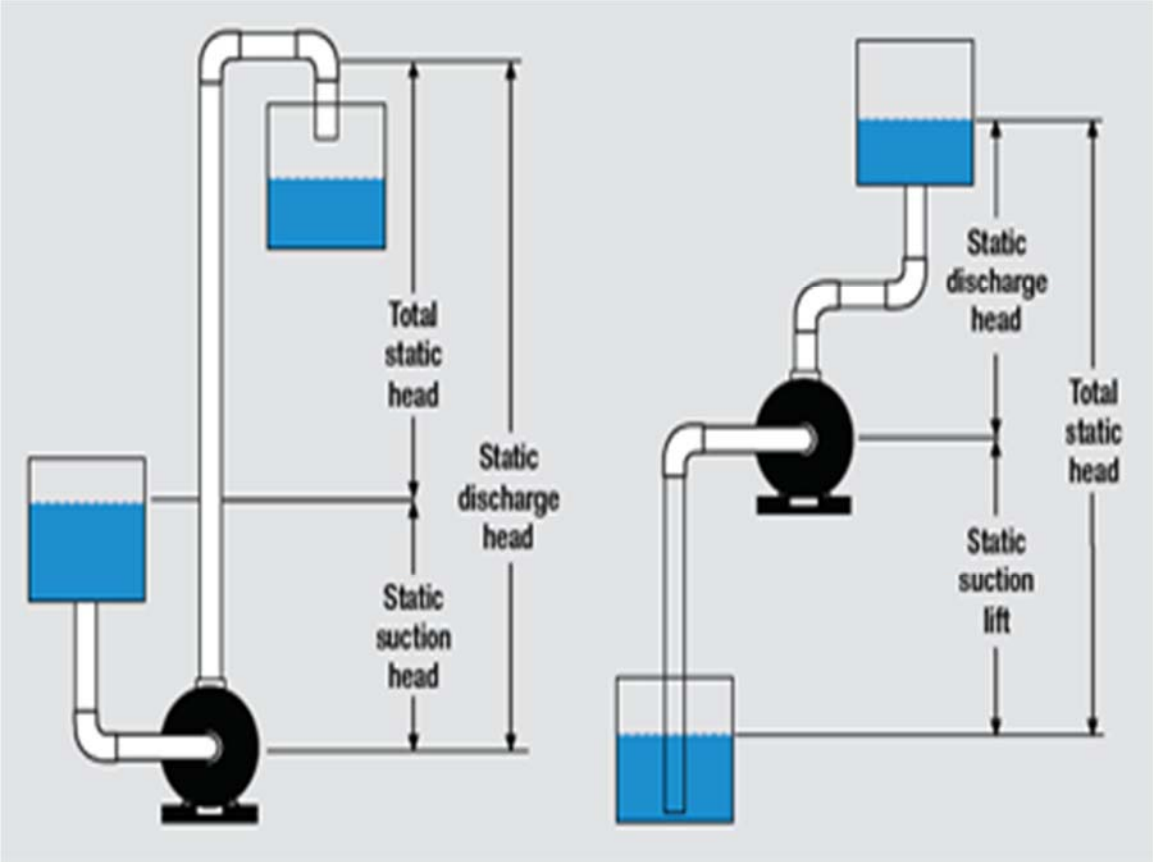
وطبعا الطول المكافئ للـ fittings & valves يختلف باختلاف القطر وباختلاف المادة.

4. نحسب ارتفاع المواسير الرأسى بالمتر مثلا ويكون هذا الفقد فى الضغط نتيجة الـ static head.
5. نحدد الـ residual pressure لاخر وحدة صحية موجودة على ابعد مسار للمضخة.

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

6. نجمع ناتج الخطوات 2,3,4 ويكون هذا هو الـ pump head, مع الاخذ فى الاعتبار انه يجب ان تكون وحدات الضغط فى الخطوات 2,3,4 مماثلة, بمعنى انه لا يصح ان تكون وحدة ضغط بالمتر واجمعها على وحدة ضغط الباسكال, لازم أوحد وحدات الضغوط.

ولكن الـ static head للمضخة يختلف باختلاف وضعها بين الـ suction and discharge, والاشكال الاتية توضح ما اقصده :

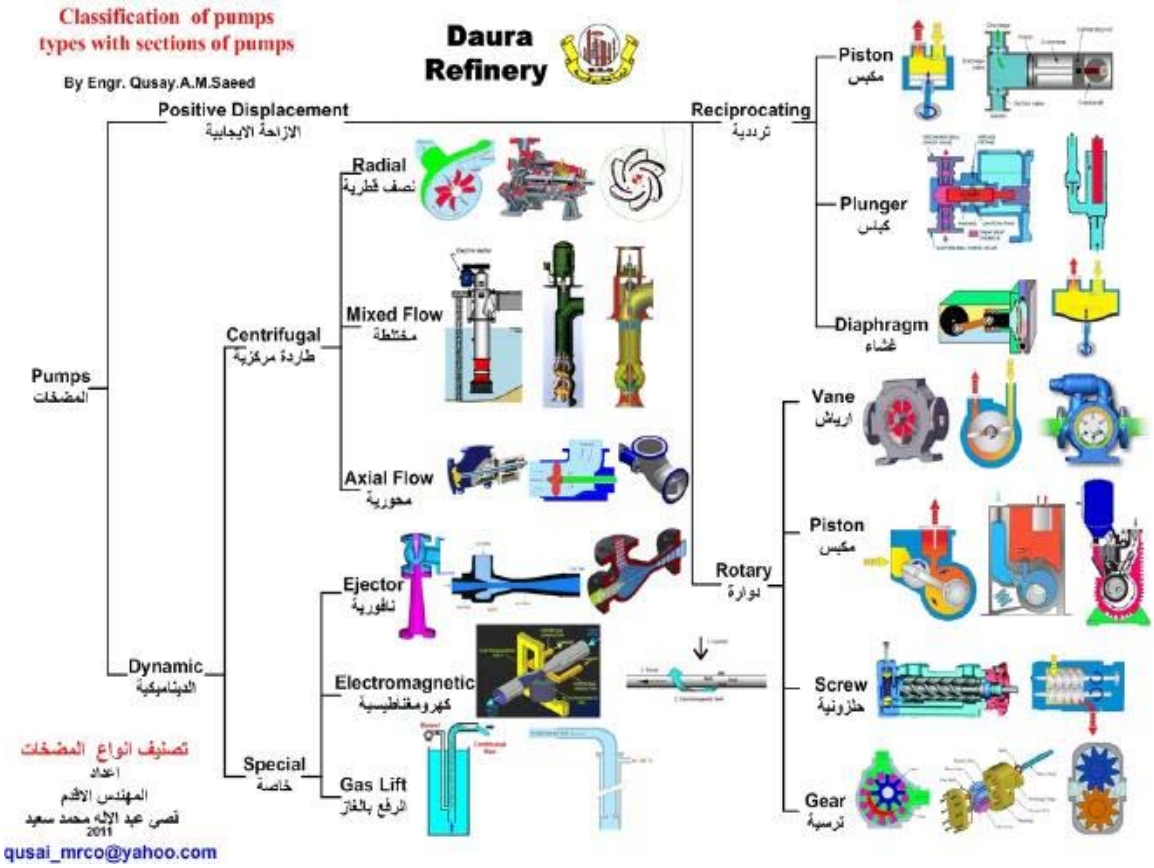


فى حالة المضخة التى على اليمين يكون الـ static head هو الارتفاع الكلى بين التانك السفلى والتانك العلوى, لأن المضخة ستبذل مجهود لسحب السائل من التانك السفلى وستبذلك ايضا مجهود لدفع السائل للتانك العلوى.

اما فى حالة المضخة التى على اليسار يكون الـ static head هو فرق الارتفاع بين التانك السفلى والتانك العلوى وذلك لان المضخة سوف لا تبذل مجهود لسحب السائل من التانك السفلى وذلك لان السائل ينزل على المضخة بفعل الجاذبية الارضية فنعتبر ان المسافة التى سينزلها السائل من التانك السفلى على المضخة سوف تطرح من المسافة الكلية التى تضخها المضخة فيكون اجمالى الـ static head هو الفرق بين التانكين.

ام عن انواع المضخات فنجدها مقسمة كما فى الشكل التالى :

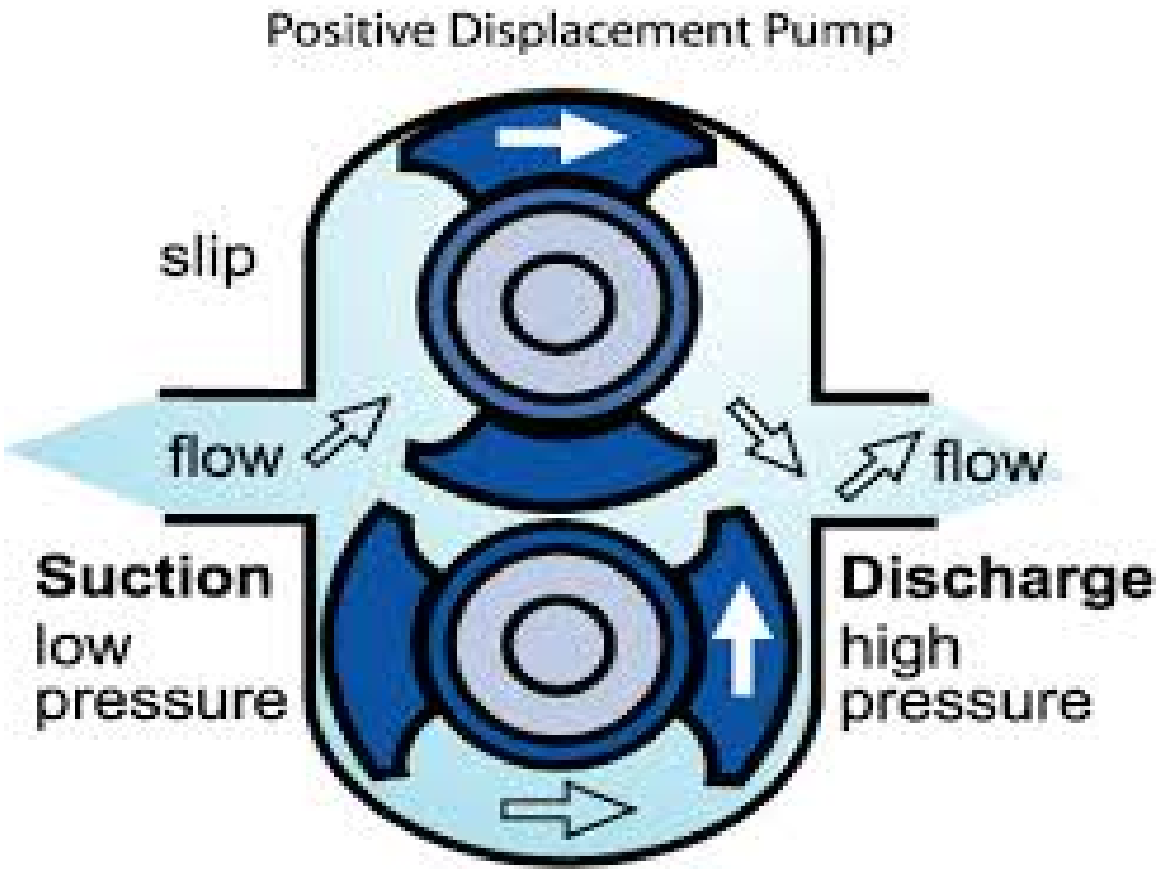
Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com



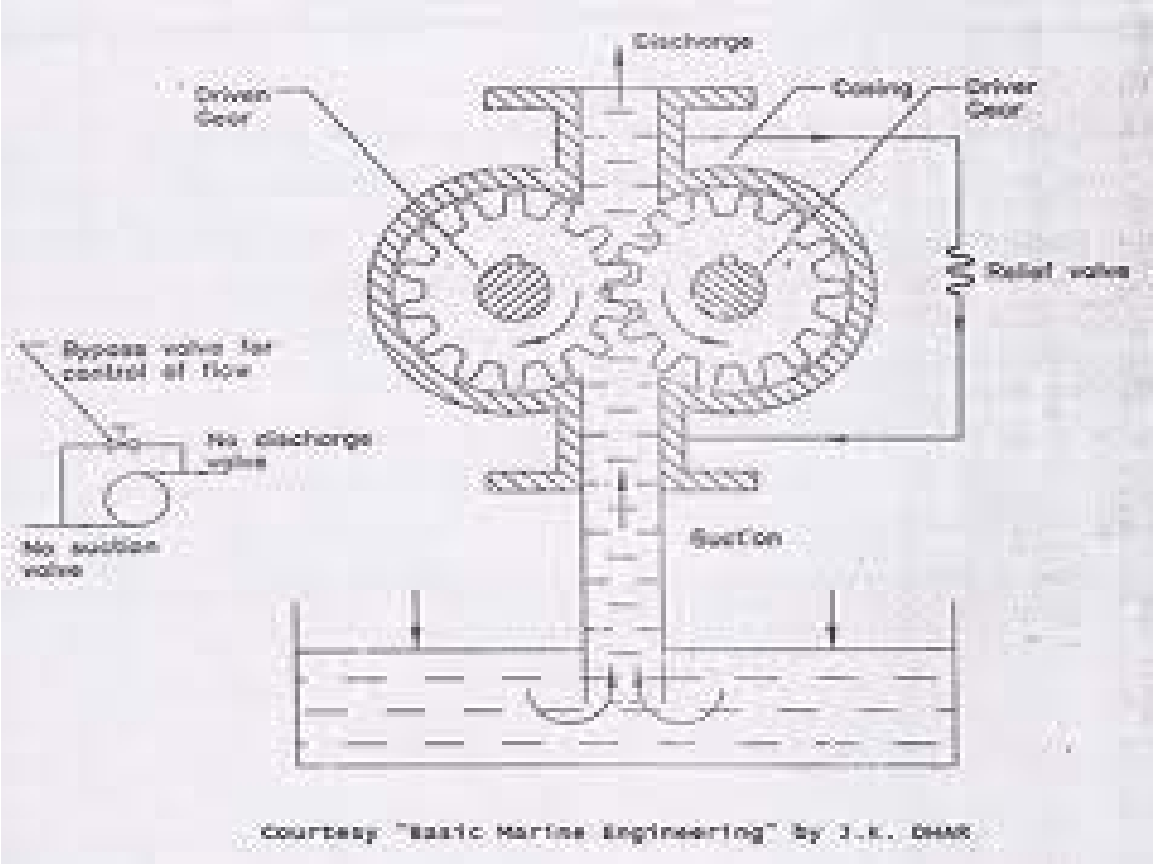
ولكن من كل هذا نستخدم بكثرة المضخات الطاردة المركزية بأنواعها, وهذه اشكال المضخات التى يمكن استخدامها :

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com



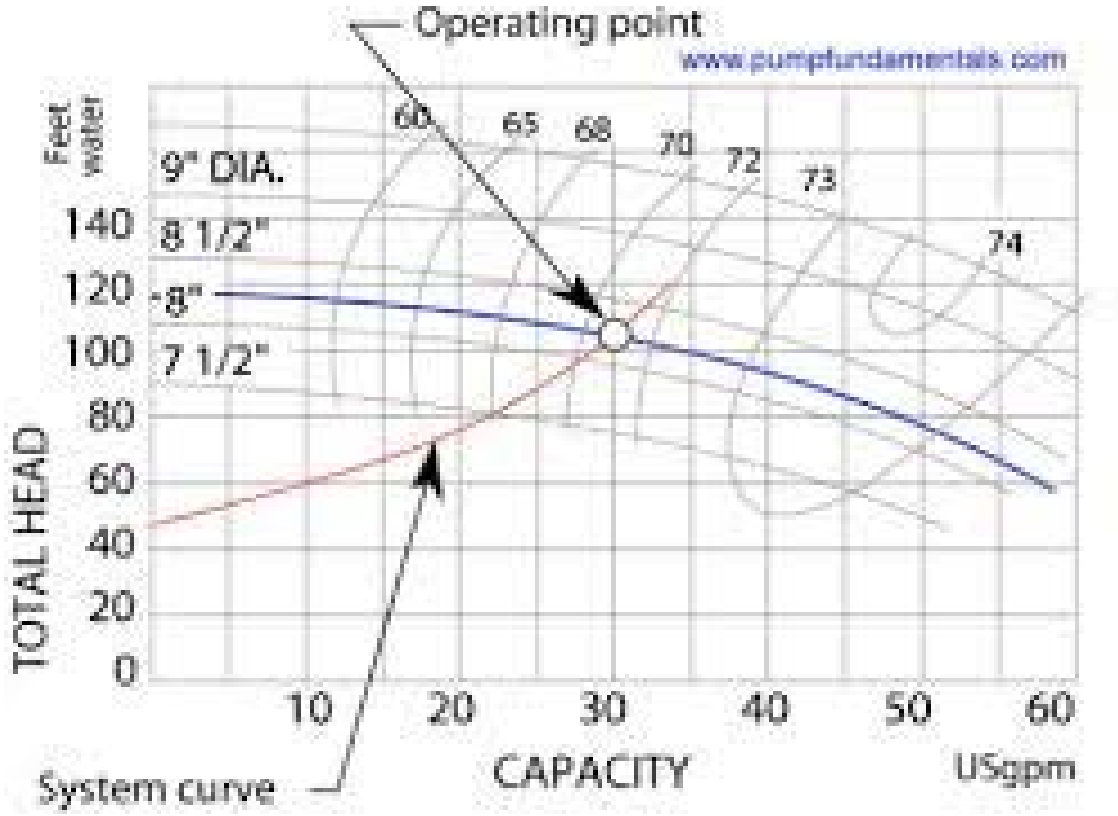
Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com



Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

وبعد ان نحسب الـ flow & head للمضخة, ندخل على كتالوج المضخات ونختارها من خلال ما يسمى بالـ performance curve, وهذا الـ curve يوضح عليه أداء المضخة من حيث معدل تدفق وضغط ويوضح عليه ايضا ما تقابله المضخة من معدل تدفق وضغط موجود فى الشبكة, فنجد مثال للـ performance curve كما فى الشكل التالى :



نجد الـ performance curve فيه محورين, الافقى يعبر عن معدل التدفق والرأسى يعبر عن الضغط, ويحتوى ايضا على two curves الاول باللون الازرق يسمى بالـ pump curve والثانى بالاحمر يسمى بالـ system curve.

الـ pump curve : اذا اخذنا مثال عند الـ operating point, فالـ pump curve معناه ان المضخة تستطيع ان تعطى معدل تدفق مثلا 30 gpm بضغط 110 feet of water وهكذا, اى ان كل نقطة موجودة على الـ pump curve تستطيع المضخة ان تؤديها ولكن بكفاءات مختلفة.

الـ system curve : اذا اخذنا مثال عند الـ operating point فالـ system curve معناه انه حتى اعطى الشبكة ما تحتاجه من معدل تدفق وهو هنا 30 gpm فإنى محتاج مضخة تتغلب على ضغط قيمته 110 feet of water.

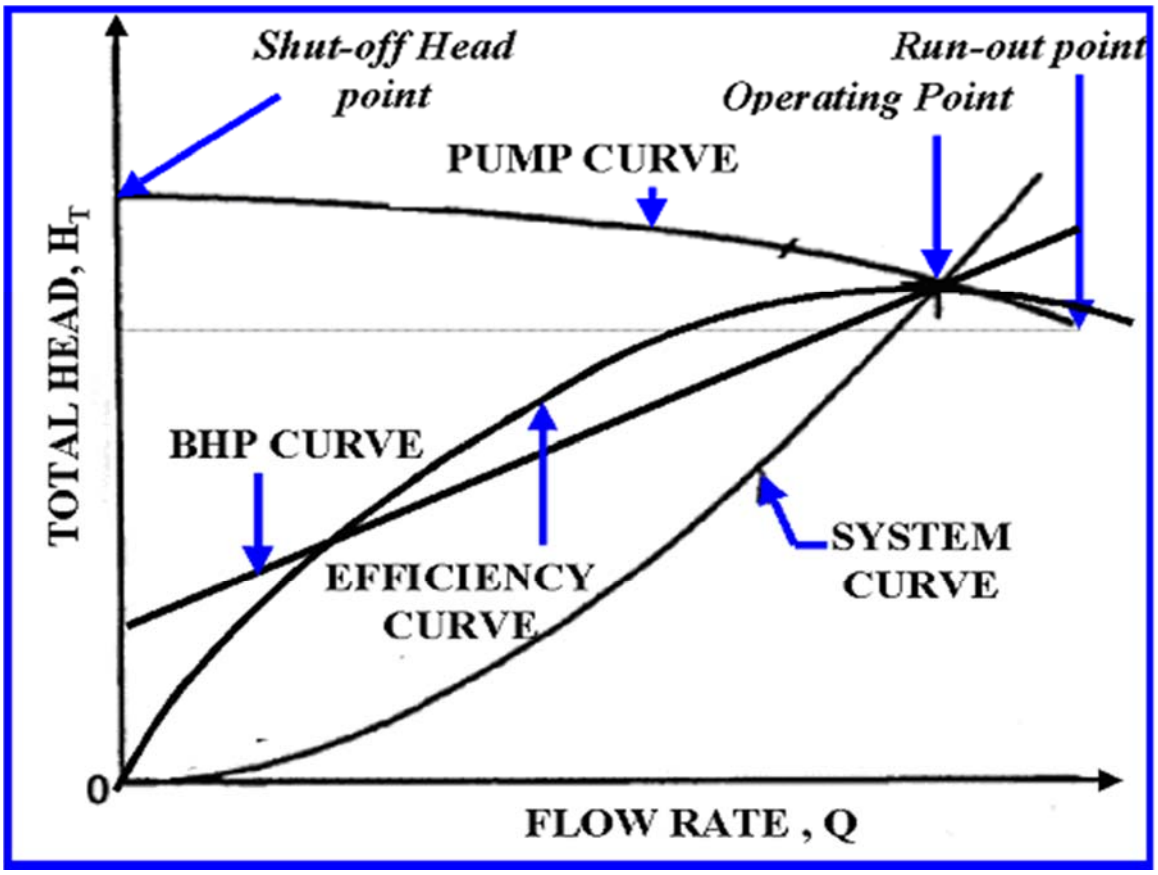
فلكى اختار المضخة المناسبة يجب ان تتلاقى نقطة احتياج الـ system على الـ pump curve وبهذا نعرف ان هذه المضخة ستكون مناسبة للاستخدام فى شبكتى, اما اذا وقعت نقطة احتياج الـ system خارج الـ pump curve فإن هذه المضخة سوف لا تعمل جيدا على شبكتى, وتلاقى نقطة الـ system curve على الـ pump curve تسمى بالـ operating point.

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

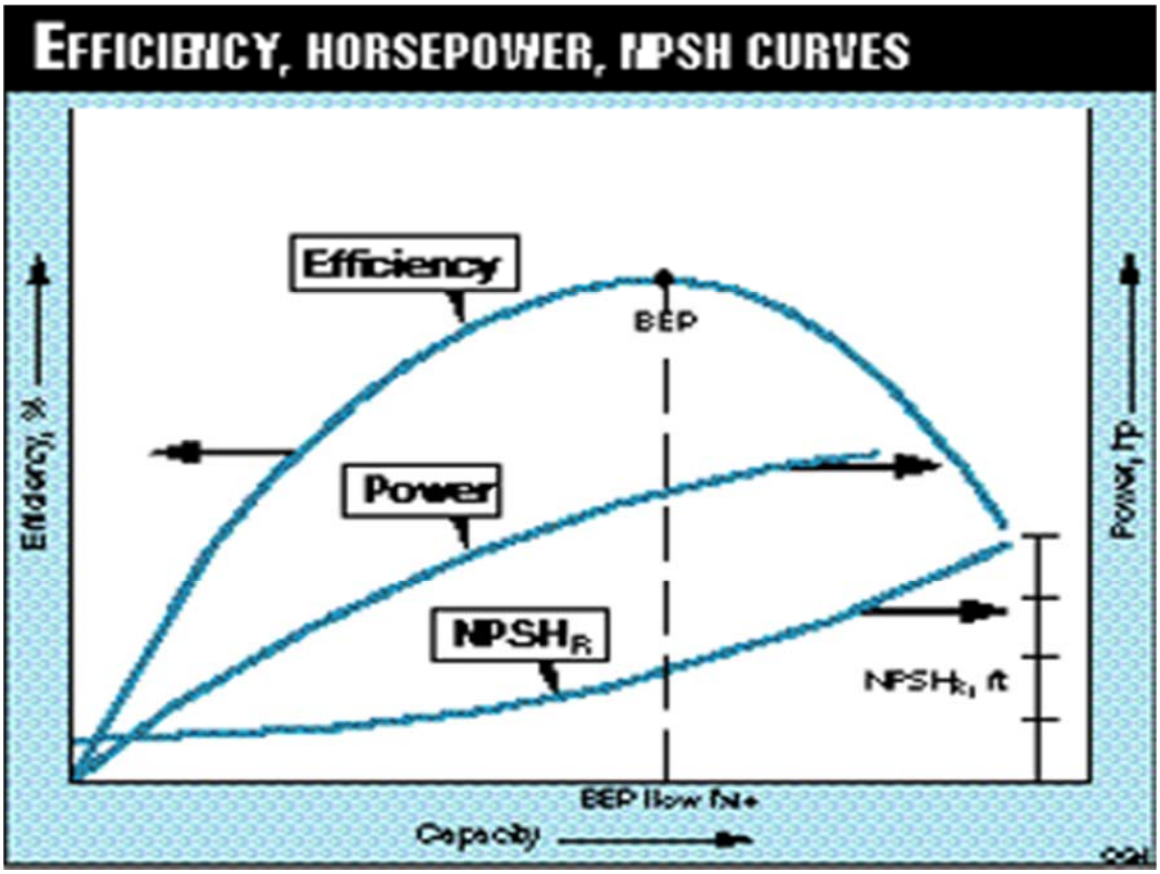
ملحوظة : يجب الا تقع الـ operating point, فى نهاية الـ pump curve حيث هذه النهاية تسمى بالـ end of curve, حيث فى هذه النقطة تقل كفاءة المضخة.

نجد ايضا فى كتالوج المضخات another curves تعبر عن قطر ريشة المضخة وايضا كفاءة المضخة وعدد اللفات وهكذا, ومن الممكن ان نجد هذه الـ curves موجودة اما فى خريطة منفردة او موجودة فى نفس خريطة الـ performance curve.

امثلة لذلك :

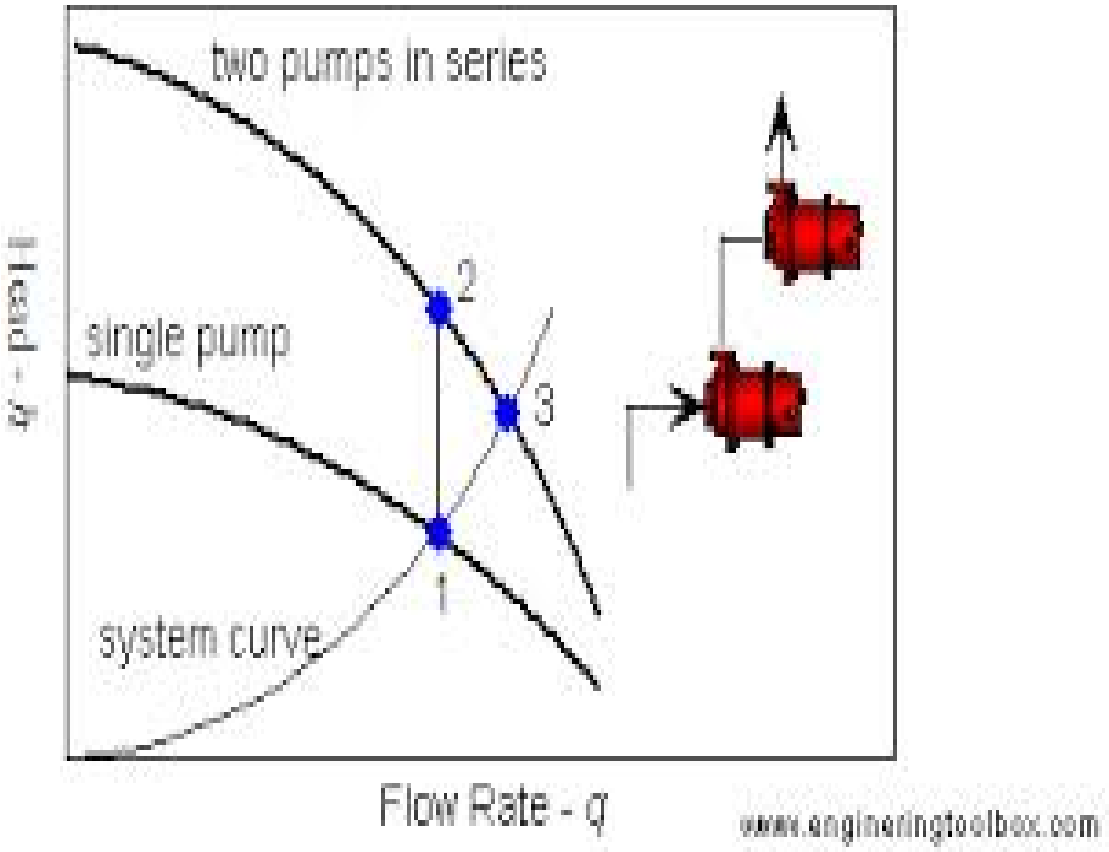


Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com



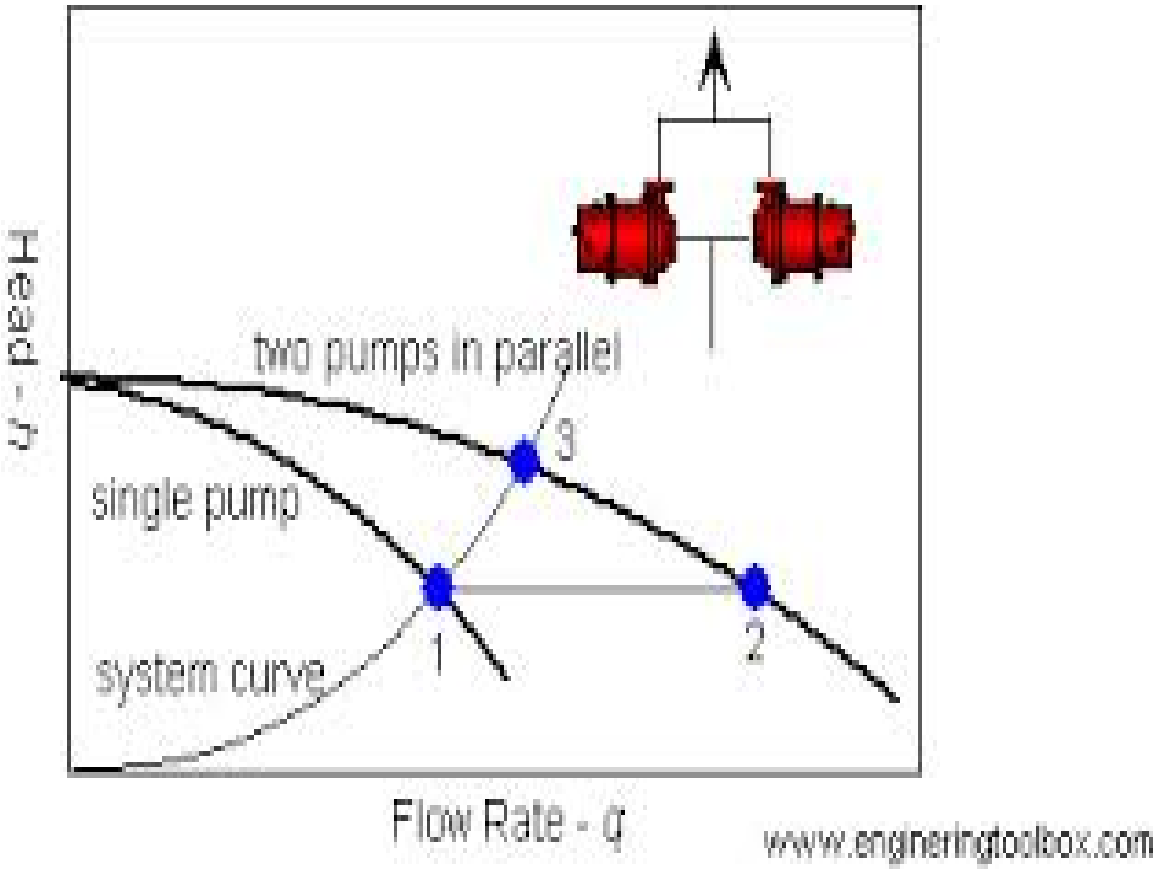
فى حالة تشغيل مضختان على التوالى نجد ان معدل التدفق يكون ثابت للمضختين اما الضغط فيزداد بقيمة ضغط المضختان, فإذا كان ضغط المضختان متساوى فإن ازدياد الضغط يكون بالضعف, اما اذا كان ضغط المضختان غير متساوى فإن ازدياد الضغط يكون بجمع الضغتين, ولكن فى كل الاحيان نختار مضختان لهما نفس الضغط ويكون مردودها على الـ performance curve بهذا الشكل :

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com



اما اذا كانت المضختان على التوازى فنجد ان معدل التدفق يزداد وذلك بحسب معدل تدفق كل مضخة, فإذا كان معدل التدفق للمضختان متساوى فإن معدل التدفق النهائى سيتضاعف اما اذا كان معدل التدفق غير متساوى فإن معدل التدفق الاجمالى سيكون بجمع التدفق للمضختان ويكون الضغط للمضختان ثابت ويكون مردودها على الـ performance curve بهذا الشكل :

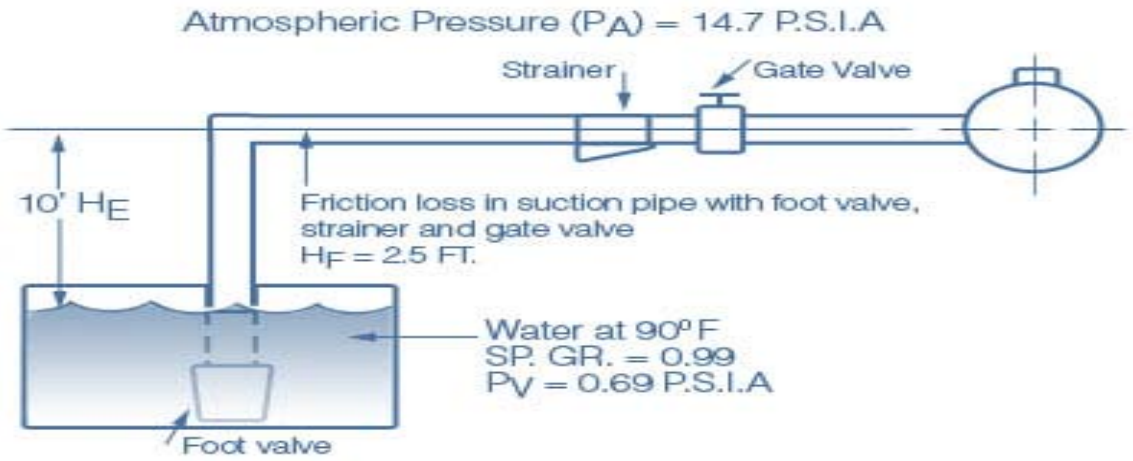
Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com



والحذر كل الحذر مما يسمى بالـ NPSH (net positive suction head) :

عنما تسحب المضخة اى مائع من تانك مثلا, فنجد انه يوجد ضغط سحب معين للمضخة وهذا الضغط نتيجة الاحتكاك بين المائع والماسورة مجموعا على الـ static (كما ذكرنا من قبل), فيجب حساب ما يسمى بالـ NPSH حتى نتأكد ان ضغط السحب على المضخة لا يكون قليل بالقدر الذى يسمح بوجود cavitation, فنجد ان كتالوج المضخة يحتوى على NPSH required, ونحن نقوم بحساب NPSH available, فإذا كان الـ NPSH available equal or less than the NPSH required, فإن هذه المضخة سوف لا تواجه مشكلة الـ cavitation نتيجة الـ NPSH اما اذا كان الـ NPSH available more than NPSH required, فإذن هذه المضخة ستواجه مشكلة الـ cavitation, وفى هذه الحالةيرجى مراجعة تصميم خط سحب المضخة, فمن الممكن ان نكبر قطر سحب المضخة او من الممكن ان نقلل مسار السحب, وهكذا من الحلول التى تقلل من الفقد فى الضغط فى خط السحب, ولحساب الـ NPSH available نتبع المعادلة التى فى الشكل الاتى :

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com



$$N.P.S.H._A = \frac{2.31\,(P_A - P_V)}{SP.\,GR.} + (H_E - H_F)$$

$$= \frac{2.31\,(14.7 - .69)}{0.99} + (-15 - 2.5)$$

$$= 32.7 - 17.5$$

$$= \underline{15.2\ FT}\ N.P.S.H._A\ Available$$

حيث الـ Pa : هو الضغط الجوى 1 بار.

الـ Pv : هو ضغط بخار المياه عند درجة الحرارة هذه والضغط هذا.

الـ GR : هى الـ specific gravity وهى عبارة عن كثافة المائع عند ظروف التشغيل من حيث درجة الحرارة والضغط مقسوم على كثافة المياه عند الظروف الـ standard

الـ He : هو الفقد فى الضغط نتيجة فرق الارتفاع بين المضخة وتانك السحب, فإذا كان مستوى التانك اقل من مستوى المضخة كان الـ He بالسالب, اما اذا كان مستوى التانك اعلى من ارتفاع المضخة فيكون الـ He بالموجب.

الـ Hf ك هو الفقد فى الضغط نتيجة الاحتكاك الناتج من المواسير والـ fittings & valves.

يمكننا ان نجد الـ Pv, GR من الجدول التالى, او من المواقع الالكترونية بسهولة.

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

PROPERTIES OF WATER

Temp F.	Absolute Vapor Pressure PSI	Absolute Vapor Pressure Ft. Water	Specific Gravity (Water at 39.2 F. = 1.00)	Temp F.	Absolute Vapor Pressure PSI	Absolute Vapor Pressure Ft. Water	Specific Gravity (Water at 39.2 F. = 1.00)
60	0.26	0.59	0.999	205	12.77	30.60	0.961
70	0.36	0.89	0.998	206	13.03	31.20	0.960
80	0.51	1.20	0.997	207	13.30	32.00	0.960
85	0.60	1.40	0.996	208	13.57	32.60	0.960
90	0.70	1.60	0.995	209	13.84	33.20	0.959
100	0.95	2.20	0.993	210	14.12	33.90	0.959
110	1.27	3.00	0.991	211	14.41	34.60	0.958
120	1.69	3.90	0.989	212	14.70	35.40	0.958
130	2.22	5.00	0.986	213	14.99	36.20	0.957
140	2.89	6.80	0.983	214	15.29	37.00	0.957
150	3.72	8.80	0.981	215	15.59	37.70	0.957
151	3.81	9.00	0.981	216	15.90	38.40	0.956
152	3.90	9.20	0.980	217	16.22	39.20	0.956
153	4.00	9.40	0.980	218	16.54	40.00	0.956
154	4.10	9.70	0.979	219	16.86	40.80	0.955
155	4.20	9.90	0.979	220	17.19	41.60	0.955
156	4.31	10.10	0.979	221	17.52	42.50	0.955
157	4.41	10.40	0.978	222	17.86	43.30	0.954
158	4.52	10.70	0.978	223	18.21	44.20	0.954
159	4.63	10.90	0.978	224	18.56	45.00	0.953
160	4.74	11.20	0.977	225	18.92	45.90	0.953
161	4.85	11.50	0.977	226	19.28	46.80	0.953
162	4.97	11.70	0.977	227	19.65	47.70	0.952
163	5.09	12.00	0.976	228	20.02	48.60	0.952
164	5.21	12.30	0.976	229	20.04	49.50	0.951
165	5.33	12.60	0.976	230	20.78	50.50	0.951
166	5.46	12.90	0.975	231	21.17	51.40	0.951
167	5.59	13.30	0.975	232	21.57	52.50	0.950
168	5.72	13.60	0.974	233	21.97	53.50	0.950
169	5.85	13.90	0.974	234	22.38	54.50	0.950
170	5.99	14.20	0.974	235	22.80	55.50	0.949
171	6.13	14.50	0.973	236	23.22	56.60	0.949
172	6.27	14.90	0.973	237	23.65	57.80	0.948
173	6.42	15.20	0.973	238	24.09	58.80	0.948
174	6.56	15.60	0.972	239	24.53	59.80	0.948
175	6.71	15.90	0.972	240	24.97	61.00	0.947
176	6.87	16.30	0.972	241	25.43	62.10	0.947
177	7.02	16.70	0.971	242	25.89	63.30	0.946
178	7.18	17.10	0.971	243	26.36	64.50	0.946
179	7.34	17.40	0.971	244	26.83	65.60	0.946
180	7.51	17.80	0.970	245	27.31	66.80	0.945
181	7.68	18.30	0.970	250	29.83	73.20	0.943
182	7.85	18.70	0.970	260	35.44	87.40	0.938
183	8.02	19.10	0.969	270	41.87	103.60	0.933
184	8.20	19.50	0.969	280	49.22	122.80	0.927
185	8.38	20.00	0.969	290	57.57	144.00	0.923
186	8.57	20.40	0.968	300	67.00	168.60	0.918
187	8.76	20.90	0.968	310	77.70	197.00	0.913
188	8.95	21.40	0.967	320	89.70	228.40	0.908
189	9.14	21.80	0.967	330	103.00	268.00	0.902
190	9.34	22.30	0.966	340	118.00	305.00	0.896
191	9.54	22.80	0.966	350	134.60	349.00	0.891
192	9.75	23.30	0.965	360	153.00	399.20	0.886
193	9.96	23.80	0.965	380	195.80	517.70	0.874
194	10.17	24.30	0.965	400	247.30	663.90	0.861
195	10.38	24.90	0.964	420	308.80	842.40	0.847
196	10.60	25.40	0.964	440	381.60	1058.50	0.833
197	10.83	25.90	0.963	460	466.90	1318.00	0.818
198	11.06	26.60	0.963	480	566.10	1630.50	0.802
199	11.29	27.10	0.963	500	680.80	2000.10	0.786
200	11.53	27.60	0.963	520	812.40	2445.50	0.767
201	11.77	28.20	0.962	540	962.50	2980.40	0.746
202	12.01	28.80	0.962				
203	12.26	29.40	0.962				
204	12.51	30.00	0.961				

ATMOSPHERIC PRESSURE AND BOILING POINTS OF WATER AT VARIOUS ALTITUDES

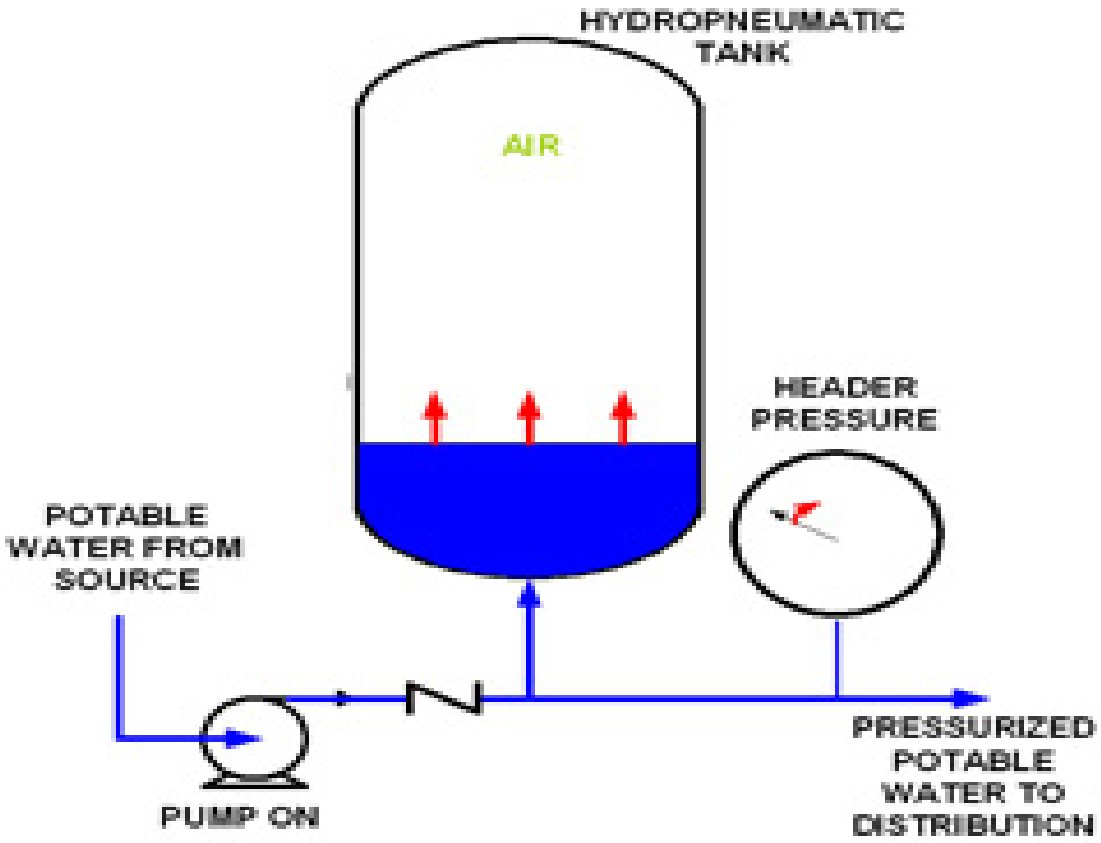
Altitude (Feet)	Barometer Inches Mercury	Atmospheric Pressure PSIA	Atmospheric Pressure (Ft. Water)	Boiling Point F.
-1000	31.00	15.20	35.10	213.80
-500	30.50	15.00	34.60	212.90
0.0	29.90	14.70	33.90	212.00
+500	29.40	14.40	33.30	211.10
+1000	28.90	14.20	32.80	210.20
+1500	28.30	13.90	32.10	209.30
+2000	27.80	13.70	31.50	208.40
+2500	27.30	13.40	31.00	207.40
+3000	26.80	13.20	30.40	206.50
+3500	26.30	12.90	29.80	205.60
+4000	25.80	12.70	29.20	204.70
+4500	25.40	12.40	28.80	203.80
+5000	24.90	12.20	28.20	202.90
+5500	24.40	12.00	27.60	201.90
+6000	24.00	11.80	27.20	201.00
+6500	23.50	11.50	26.70	200.10
+7000	23.10	11.30	26.20	199.20
+7500	22.70	11.10	25.70	198.30
+8000	22.20	10.90	25.20	197.40
+8500	21.80	10.70	24.70	196.50
+9000	21.40	10.50	24.30	195.50
+9500	21.00	10.30	23.80	194.60
+10000	20.60	10.10	23.40	193.70
+15000	16.90	8.30	19.20	184.00

VACUUM CONVERSION DATA

Vacuum Inches Mercury	PSIG	Inches of Water	Feet of Water	PSIA
30	14.70	407.70	33.90	0.00
29	14.21	393.60	32.80	0.49
28	13.72	380.05	31.60	0.98
27	13.23	366.40	30.50	1.47
26	12.74	352.90	29.40	1.96
25	12.25	339.30	28.30	2.45
24	11.76	325.70	27.10	2.94
23	11.27	312.10	26.00	3.43
22	10.78	298.60	24.60	3.92
21	10.29	285.06	23.70	4.41
20	9.80	271.40	22.60	4.90
19	9.31	257.80	21.50	5.39
18	8.82	244.30	20.30	5.88
17	8.33	230.70	19.20	6.37
16	7.84	217.70	18.00	6.86
15	7.35	203.60	17.00	7.35
14	6.86	190.02	15.80	7.84
13	6.37	176.40	14.70	8.33
12	5.88	162.80	13.50	8.82
11	5.39	149.30	12.40	9.31
10	4.90	135.70	11.30	9.80
9	4.41	122.10	10.20	10.29
8	3.92	108.50	9.00	10.78
7	3.43	95.00	7.90	11.27
6	2.94	81.40	6.80	11.76
5	2.45	67.80	5.70	12.25
4	1.96	54.20	4.50	12.74
3	1.47	40.70	3.40	18.23
2	0.98	27.10	2.30	13.72
1	0.49	13.60	1.13	12.21
0	0.00	0.00	0.00	14.70

نفرض انه يوجد شبكة مركب عليها مضخة وهذه المضخة كافية للشبكة, وهى تعمل على كامل معدل التدفق وكامل الضغط, فهل اذا تم تشغيل مثلا حنفية واحدة, هل من الصحيح ان اشغل المضخة على هذه الحنفية, فإذا لم احمى المضخة من تشغيلها بإستمرار سواء بكامل قوتها او بجزء قليل منها فإن المضخة سوف تحتاج صيانة قريبا جدا, والحل فى هذا هو انه يجب تركيب ما يسمى بالـ hydro pneumatic tank, ويركب على خط طرد المضخة وهو كما بالشكل التالى :

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com



فيتم التشغيل بالطريقة التالية :

الـ hydro pneumatic tank, يكون جزء من حجمه مضغوط بالهواء وجزء اخر من حجمه يملى بالماء.

عند تشغيل المضخة فى بادئ الامر يتم تغذية الشبكة وايضا يملى حجم التانك المخصص للماء (حيث قلنا سابقا ان جزءا من حجمه هواء), وبعد ان تنطفئ المضخة ونكون بعد ذلك فى احتياج للمياه (مثلا عند تشغيل حنفية), فيقوم التانك بتعويض هذه المياه وبالضغط المطلوب, حيث جزء الهواء الموجود داخل التانك يكون مضغوط بضغط معين حتى يضغط المياه التعويضية بنفس الضغط الذى تعمل عليه المضخة, وكل ذلك لأنه من المفترض ان تعمل المضخة 6 مرات فى الساعة, حيث تعمل 5 دقائق وتنطفئ 5 دقائق, فلكى تيم تعويض المياه فى الـ 5 دقائق التى تكون فيهم المضخة منطفئة فيجب التعويض بالـ hydrpneumatic tank.

ولاختيار حجم التانك المناسب يتم اتباع الجدول الاتى :

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

Pressure	Pressure	Water Capacity, Percent of Total Tank Capacity											
PSI	PSI	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15
100	80	6.5	7.5	8.5	9.5	11.5	11.75	12.5	13.75	15	15.75	17	Empty
90	70	7	8.5	9.5	10.5	12	13	14.25	15.5	16.5	17.5	19	Empty
80	60	8	9.5	10.75	12	13.5	15	16	17.5	19	20	Empty	—
70	50	9.25	11	12	14	15.5	17	18.5	20	21.5	24	Empty	—
60	40	11	13	14.5	16	18	20	22	24	25.5	Empty	—	—
50	30	13	16	18	20	22	24.5	26.5	29	Empty	—	—	—
40	20	17	20	23	26	28.5	31.5	34	Empty	—	—	—	—

TABLE 1

AT VARIOUS HIGH-LOW PRESSURE SETTINGS
PERCENT OF TOTAL CAPACITY WITHDRAWN FOR VARIOUS WATER RATIOS

فنجد ان العمودين على اليسار هما عمودان للضغط, الاصغر هو الضغط المحسوب للشبكة (هو نفسه ضغط المضخة) والاخر هو ضغط الهواء داخل التانك (ويكون اكبر من ضغط الشبكة بـ 20 PSI).

نجد ان الارقام فى الصف الاعلى الموجودة بجانب كلمة PSI هى نسبة المياه من حجم التانك التى سوف تملأ التانك والارقام التى بعد ذلك هى نسبة حجم الماء التى يتم سحبها عند استخدام التانك.

والمثال التالى يوضح طريقة الاختيار :

لو فرضنا ان حجم التانك 1000 gallon, وضغط الشبكة 60 PSI اذن هختار الصف اللى فيه الضغط 60 and 80 PSI, فإذا فرضنا ان نسبة حجم المياه التى سوف تملأ التانك 25 % من حجم التانك (هذا لأن باقى الحجم يكون ملئ بالهواء), إذن وبناءا على ذلك فتكون نسبة المياه التى سوف اسحبها من التانك ومن نسبة الـ 25 % قيمتها تساوى 20 % من حجم التانك, وبتطبيق هذه النسب على حجم التانك الذى هو 1000 gallon, فتكون نسبة حجم المياه التى تملأ التانك تساوى 1000*0.25 = 250 gallon, وتكون نسبة المياه التى سوف اسحبها من التانك تساوى 1000*0.2 = 200 gallon.

وبنفس الطريقة, اذا كانت نسبة حجم المياه التى تملأ التانك 40 % اى ان حجم المياه التى تملأ التانك 1000*0.4 = 400 gallon, فإن نسبة المياه التى يتم سحبها من التانك هى 16 % اى ان نسبة المياه التى يتم ضغطها الى الشبكة تساوى 1000*0.16 = 160 gallon.

ولكن فى بداية التصميم, يكون حجم التانك مجهول بالنسبة لى, فكيف احسب حجم التانك :

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

1. اضرب معدل تدفق المياه فى الدقيقة * وقت وقف المضخة (الذى هو 5 دقائق), فإذا كان معدل التدفق = 50 gpm, إذن انا محتاج 50 gpm*5minutes = 250 gallon
2. احدد ضغط الشبكة وليكن 40 PSI , إذن انا هختار حجم التانك من الصف اللى فيه الضغوط 40 and 60 PSI.
3. لو اخترت حجم التانك من اول عمود, فيكون نسبة حجم الماء التى تملأ التانك تساوى 70 %, وفى هذه الحالة يكون نسبة حجم الماء المأخوذ من التانك تساوى 11 %, إذن هعتبر الـ 250 gallon هى الـ 11 % إذن حجم التانك الكلى يساوى 2272 جالون تقريبا, فإذا اردت تقليل حجم التانك عن 2272 جالون, يمكن ان نأخذ النسب الموجودة فى العمود التالى, فيكون نسبة حجم الماء التى تملأ التانك تساوى 65 %, وفى هذه الحالة يكون نسبة حجم الماء المأخوذ من التانك تساوى 13 %, إذن هعتبر الـ 250 gallon هى الـ 13 % إذن حجم التانك الكلى يساوى 1923 جالون تقريبا, وهكذا الى ان نصل الى حجم التانك المناسب.

ملحوظة : عند اختيار عدد المضخات التى تخدم اى شبكة يجب ان يكون عددها زيادة مضخة واحدة على الاقل تكون standby حتى تعمل فى حالة عطل المضخة الاساسية, فيكون اسم المضخة الاساسية acting pump واسم المضخة الاضافية standby.

والان كيف نحسب حجم الـ elevated tank :

يعتمد حجم الـ elevated tank على كمية المياه التى اريدها فى الشبكة فى عدد الايام الايام التى اريد تخزين المياه فيها.

يجب الانتباه الى ان كمية المياه المطلوبة فى اليوم تختلف عن معدل التدفق المطلوب.

ولكل مبنى يكون له طريقة لحساب كمية المياه المطلوبة يوميا, فنجد مثلا المستشفى تحسب كمية المياه على حسب عدد السراير ونجد المبنى الادارى نحسب له كمية المياه على حسب عدد الموظفين.

الجدول التالى يوضح طريقة حساب كمية المياه المطلوبة للمبانى فى اليوم الواحد :

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

FACILITY	Gal/Day/Capita	USAGE HRS.	FACTOR Average Flow x Factor = Peak Flow	SOURCE of DATA
Office Building	20	8 to 9	2.0 to 2.5	Water meter readings
Office Building with Restaurant	25			
Apartments, Housing	80 to 100	15	2.0 to 3.0	Estimates, field surveys
Hotel, Motel	130	11	3.0	Meter readings
Hospitals	Refer to Table ..	--	--	Meter readings
Classrooms (School, University) (non-resident students, faculty and staff)	25	16¼	2.2	Meter readings
Dormitory (without food service or kitchenettes)	,75	16¼	2.2	Meter readings
Dormitory (with food service or kitchenettes)	81	16¼	2.2	Meter readings
Shopping Center	Refer to text: Area or Population	10	2.0	Meter readings
Court Houses & Detention (Jail) a. Staff	20	8	2.0 to 2.5	Field survey
b. Office	20	8		
c. Visitors (Courts)	10	6		
d. Short Term Prisoners	10	6		
e. Long Term Prisoners	80	15		

TABLE 11
PRELIMINARY ESTIMATED WATER REQUIREMENTS

فنجد مثلا فى الـ office building ان الشخص (capita), يحتاج 20 جالون لكل يوم, وهكذا.

فلكى نحسب كمية المياه المطلوبة للمبنى عموما ننتبع الطريقة الاتية :

1. نعرف طبيعة المبنى حتى نعرف الطريقة التى يحسب بها كمية المياه.
2. نحسب كمية المياه المطلوبة لليوم الواحد.
3. نضرب هذه الكمية * عدد الايام التى سوف اخزن فيها المياه فى الخزان.

طريقة حساب قطر ماسورة ملو تانك التخزين :

1. بعدما حسبنا حجم التانك, نفرض انه يساوى مثلا 1200 ليتر.
2. نحدد الوقت الذى نريد ملو التانك فيه وليكن مثلا 4 ساعات = 4*60 = 240 دقيقة.
3. نقسم الحجم / الوقت = 1200 ليتر/ 240 دقيقة = 5 ليتر / دقيقة.
4. نختار من كتالوج المواسير القطر الذى يناسب معدل تدفق مياه قيمته 5 ليتر / دقيقة.

كيفية حساب حجم الغلاى, او السخان :

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

Table 6-1 Hot Water Demand per Fixture for Various Types of Buildings (Gallons[Liters] of Water per Hour per Fixture, Calculated at a Final Temperature of 140°F [60°C])

Fixture	Apartment	Club	Gymnasium	Hospital	Hotel	Industrial Plant	Office Building	Private Residence	School	YMCA
1 Basins, private lavatory	2(7.6)	2(7.6)	2(7.6)	2(7.6)	2(7.6)	2(7.6)	2(7.6)	2(7.6)	2(7.6)	2(7.6)
2 Basins, public lavatory	4(15)	6(23)	8(30)	6(23)	8(30)	12(45.5)	6(23)	—	15(57)	8(30)
3 Bathtubs	20(76)	20(76)	30(114)	20(76)	20(76)	—	20(76)	—	30(114)	
4 Dishwashers[a]	15(57)	50-150 — (190-570)	—	50-150 — (190-570)	50-200 — (190-760)	20-100 (76-380)	—	15(57)	20-100 — (76-380)	20-100 (76-380)
5 Foot basins	3(11)	3(11)	12(46)	3(11)	3(11)	12(46)	—	3(11)	3(11)	12(46)
6 Kitchen sink	10(38)	20(76)	—	20(76)	30(114)	20(76)	20(76)	10(38)	20(76)	20(76)
7 Laundry, stationary tubs	20(76)	28(106)	—	28(106)	28(106)	—	20(76)	—	28(106)	
8 Pantry sink	5(19)	10(38)	—	10(38)	10(38)	—	10(38)	5(19)	10(38)	10(38)
9 Showers	30(114)	150(568)	225(850)	75(284)	75(284)	225(850)	30(114)	30(114)	225(850)	225(850)
10 Service sink	20(76)	20(76)	—	20(76)	30(114)	20(76)	20(76)	15(57)	20(76)	20(76)
11 Hydrotherapeutic showers				400(1520)						
12 Hubbard baths				600(2270)						
13 Leg baths				100(380)						
14 Arm baths				35(130)						
15 Sitz baths				30(114)						
16 Continuous-flow baths				165(625)						
17 Circular wash sinks				20(76)	20(76)	30(114)	20(76)		30(114)	
18 Semicircular wash sinks				10(38)	10(38)	15(57)	10(38)		15(57)	
19 Demand Factor	0.30	0.30	0.40	0.25	0.25	0.40	0.30	0.30	0.40	0.40
20 Storage capacity factor[b]	1.25	0.90	1.00	0.60	0.80	1.00	2.00	0.70	1.00	1.00

a Dishwasher requirements should be taken from this table or from manufacturers' data for the model to be used, if this is known.

b Ratio of storage tank capacity to probable maximum demand per hour. Storage capacity may be reduced where an unlimited supply of steam is available from a central street steam system or large boiler plant.

Reprinted from *ASPE Data Book: Vol. 4. Service Hot Water Systems*, American Society of Plumbing Engineers, 1989, Westlake, CA: Author. Copyright ©1989, American Society of Plumbing Engineers.

1. من الجدول السابق نحسب معدل استخدام المياه الساخنة فى الساعة لكل جهاز صحى, ويجب الاخذ فى الاعتبار انه لنفس الجهاز الصحى يكون له معدل استخدام فى تطبيق معين (مثلا مستشفى) يختلف عن معدل الاستخدام فى تطبيق اخر (مثلا مبنى سكنى), كما هو موضح فى الجدول السابق.
2. نأخذ مثالا للتوضيح :

تخيل اننا نريد حساب معدل استهلاك المياه الساخنة للاتى :

عدد 2 حوض حمام public

عدد 2 حوض مطبخ

عدد 2 بانيو

عدد 2 دش

وهذا كله موجود فى مستشفى.

فنجد الاستهلاك الاتى :

عدد 2 حوض حمام public : 2 * 6 gph = 12 gph

عدد 2 حوض مطبخ : 2 * 20 gph = 40 gph

عدد 2 بانيو : 2 * 20 gph = 40 gph

عدد 2 دش : 2 * 75 gph = 150 gph

وبالجمع, فيكون استهلاك المياه الساخنة لهذه الاجهزة فى الساعة هو التالى :

12 + 40 + 40 + 150 = 242 gallon / hour

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

3. ولكن هل سنستخدم المياه الساخنة لكل هذه الاجهزة بكامل قوتها طوال الساعة, بالطبع لا, ولكى نجد الاستخدام الفعلى التقريبى لهذه الاجهزة فى الساعة نضرب ناتج الاستهلاك الكلى (242 gph, فى المثال السابق), * ما يسمى بالـ demand factor, الذى يعتبر وكأنه diversity factor, وهو هنا فى حالة المستشفى = 0.25 فيكون ناتج الاستهلاك الفعلى التقريبى = 242 * 0.25 = 60.5 gph
4. هذا الاستهلاك هو للساعة الواحدة, ولكن نحن نريد تخزين مياه ساخنة لوقت معين, حتى لا تفرغ المياه الساخنة بعد ساعة فى حين ان طبيعة المكان تستخدم المياه الساخنة باستمرار لوقت اكثر من ساعة, او انى لا اريد ان اخزن المياه الساخنة اكثر من ساعة بل اقل من ساعة لأن طبيعة استخدام المياه الساخنة فى هذا المكان لا تستدعى تخزين المياه لأكثر من ساعة, ولذلك نضرب ناتج الخطوة الثالثة فيما يسمى بالـ storage capacity factor, ففى حالة المستشفى يكون الـ storage capacity factor يساوى 0.6, اى انى اريد تخزين المياه الساخنة بنفس درجة حرارتها لمدة 0.6 ساعة, فيكون حجم السخان الذى اريده = 60.5 * 0.6 = 36.3 جالون.

وهذه هى الطريقة التى احسب بها حجم السخان او الغلاى.

ويرجى العلم ان هذا الجدول ليس ثابتا لكل البلاد, فيمكن ان يوجد جدول لبلد ما مستقل بأرقامه ونجد هذا فى الـ local code.

ولحساب القدرة الحرارية للغلاى او السخان نتبع الاتى :

BASIC FORMULAE AND UNITS

The equations in this chapter are based on the principle of energy conservation. The fundamental formula for this expresses a steady-state heat balance for the heat input and output of the system:

Equation 6-1:

$$q = r\,w\,c\,\Delta T$$

where

q = Time rate of heat transfer, Btu/h (kJ/h)
r = Flow rate, gph (L/h)
w = Weight of heated water, lb (kg)
c = Specific heat of water, Btu/lb/°F (kJ/kg/K)
ΔT = Change in heated water temperature (temperature of leaving water minus temperature of incoming water, represented as $T_h - T_c$, °F [K])

For purposes of this discussion, the specific heat of water is constant, c = 1 Btu/lb/°F (c = 4.19 kJ/kg/K), and the weight of water is constant at 8.33 lb/gal (999.6 kg/m^3).

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

حيث الـ r : هى معدل تدفق المياه الساخنة التى تم حسابها من الخطوة رقم 3 فى الفقرة السابقة.
الـ w : كثافة الماء
الـ c : هى الحرارة النوعية للماء وهو رقم ثابت.
الـ delta T : هى فرق درجات الحرارة بين الماء الداخل للسخان وبين الماء الخرج منه.
وبمعرفة كل هذه القيم نستنتج فى النهاية قيمة الـ q
وهذا مثال لحساب القدرة الحرارية للغلاى :

Example 6-1: Calculate the heat output rate required to heat 600 gph from 50 to 140°F (2.27 m^3/h from 283.15 to 333.15K).

Solution: From Equation 6-2,

$$q = 600\ \text{gph}\left[\left(\frac{8.33\ \text{Btu}}{\text{gal}/^\circ\text{F}}\right)(140-50^\circ\text{F})\right] = 449{,}820\ \text{Btu/h}$$

$$\left\{ q = \frac{2.27\ \text{m}^3}{\text{h}}\left[\left(\frac{4188.32\ \text{kJ}}{\text{m}^3/\text{K}}\right)(333.15-283.15\ \text{K})\right] \right.$$

$$\left. = 475\ 374\ \text{kJ/h} \right\}$$

والجدول التالى يوضح درجات حرارة المياه الساخنة المطلوبة لكل جهاز صحى يرجى الرجوع للجدول التالى او الرجوع للجدول الموجود فى الـ local code اذا كان يوجد local code.

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

Table 6-3 Typical Hot Water Temperatures for Plumbing Fixtures and Equipment

Use	Temperature °F	Temperature (°C)
Lavatory:		
Hand washing	105	(40)
Shaving	115	(45)
Showers and tubs	110	(43)
Therapeutic baths	95	(35)
Surgical scrubbing	110	(43)
Commercial and institutional laundry	140–180	(60–82)
Residential dishwashing and laundry	120	(48)
Commercial, spray-type dishwashing (as required by the NSF): Single- or multiple-tank hood or rack type:		
Wash	150 min.	(66 min.)
Final rinse	180–195	(82–91)
Single-tank conveyor type:		
Wash	160 min.	(71 min.)
Final rinse	180–195	(82–91)
Single-tank rack or door type:		
Single-temperature wash and rinse	165 min.	(74 min.)
Chemical sanitizing glassware:		
Wash	140	(60)
Rinse	75 min.	(24 min.)

Note: Be aware that temperatures, as dictated by codes, owners, equipment manufacturers, or regulatory agencies, occasionally will differ from those shown.

وبما انه يوجد اختلاف فى درجات الحرارة المطلوبة لكل جهاز, فلكى نحسب الـ q للغلاى يتم الاحتساب على اعلى درجة حرارة موجودة فى هذا الجدول.

وبما اننا ندرس المياه الساخنة, فيجب الان كيفية حساب درجة الحرارة الناتجة عن اختلاط المياه الباردة بالمياه الساخنة والمعادلة التالية توضح كيفية الحساب :

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

MIXED WATER TEMPERATURE

Mixing water at different temperatures to make a desired mixed water temperature is the main purpose of domestic hot water systems.

P is a hot water multiplier and can be used to determine the percentage of supply hot water that will blend the hot and cold water to produce a desired mixed water temperature.

Equation 6-6:

$$P = \frac{T_m - T_c}{T_h - T_c}$$

where

P = Hot water ratio, unitless
T_h = Supply hot water temperature, °F (°C)
T_c = Inlet cold water temperature, °F (°C)
T_m = Desired mixed water temperature, °F (°C)

ى ان الـ P هى نسبة معدل تدفق المياه الساخنة الى معدل تدفق المياه الباردة :
والمثال التالى يوضح العلاقة :

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

(1.58 L/s) of 105°F (41°C) mixed water temperature. Determine how much 140°F (60°C) hot water must be supplied to the showers when the cold water temperature is 50°F (10°C).

Solution:

$$P = \frac{105 - 50°F}{140 - 50°F} = 0.61$$

$$\left(P = \frac{41 - 10°C}{60 - 10°} = 0.61 \right)$$

Therefore,

0.61 (25 gpm) = 15.25 gpm of 140°F water required

[0.61 (1.58 L/s) = 0.96 L/s of 60°C water required].

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

والجداول التالية توضح قيم الـ P نتيجة اختلاط درجات حرارة مختلفة مع بعضها,

Hot Water System Design

TABLE 16-4

Mixing of Hot and Cold Water

(Ratio of Gallons)

Temperature of Mixture, °F.	Temperature of Cold Water, °F.																	
	40	50	60	70	80	90	40	50	60	70	80	90	40	50	60	70	80	90
	210° Hot Water						200° Hot Water						190° Hot Water					
200	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
190	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	—	—	—	—	—	—
180	4.7	4.3	4.0	3.7	3.3	3.0	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0
170	3.3	3.0	2.8	2.5	2.3	2.0	4.3	4.0	3.7	3.3	3.0	2.7	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0
160	2.4	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	3.0	2.8	2.5	2.3	2.0	1.8	4.0	37.	3.3	3.0	2.7	2.3
150	1.8	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	2.8	2.5	2.3	2.0	1.8	1.5
140	1.4	1.3	1.1	1.0	0.9	0.7	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0	0.8	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
130	1.1	1.0	0.9	0.8	0.6	0.5	1.3	1.1	1.0	0.9	0.7	0.6	1.5	1.3	1.2	1.0	0.8	0.7
120	0.9	0.8	0.7	0.6	0.4	0.3	1.0	0.9	0.8	0.6	0.5	0.4	1.1	1.0	0.9	0.7	0.6	0.4
110	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.8	0.7	0.6	0.4	0.3	0.2	0.9	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3
100	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.7	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1
	180° Hot Water						170° Hot Water						160° Hot Water					
170	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
160	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	—	—	—	—	—	—
150	3.7	3.3	3.0	2.7	2.3	2.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0
140	2.5	2.3	2.0	1.8	1.5	1.3	3.3	3.0	2.7	2.3	2.0	1.7	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5
130	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	2.3	2.0	1.8	1.5	1.3	1.0	3.0	2.7	2.3	2.0	1.7	1.3
120	1.3	1.2	1.0	0.8	0.7	0.5	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	2.0	1.8	1.5	1.3	1.0	0.8
110	1.0	0.9	0.7	0.6	0.4	0.3	1.2	1.0	0.8	0.7	0.5	0.3	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4
100	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3	0.1	0.9	0.7	0.6	0.4	0.3	0.1	1.0	0.8	0.7	0.5	0.3	0.2
	150° Hot Water						140° Hot Water						130° Hot Water					
140	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
130	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	—	—	—	—	—	—
120	2.7	2.3	2.0	1.7	1.3	1.0	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	8.0	7.0	6,0	5.0	4.0	3.0
110	1.8	1.5	1.3	1.0	1.8	0.5	2.3	2.0	1.7	1.3	1.0	0.7	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
100	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	1.5	1.3	1.0	0.2	0.5	0.3	2.0	1.7	1.3	1.0	0.7	0.3

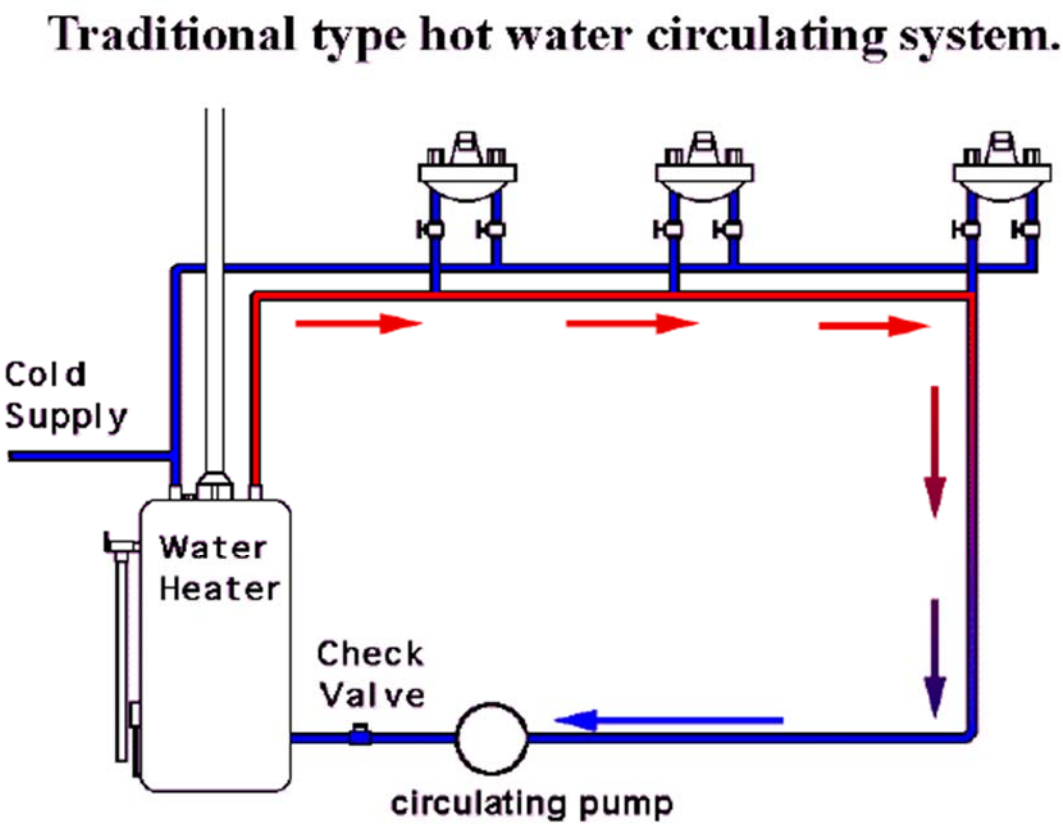
نجد فى الجدول السابق ان العمود الرأسى الذى على اقصى اليسار يوضح درجة حرارة خليط المياه الباردة مع الساخنة, وموضح فى كل مربع درجة حرارة المياه الساخنة ابتداءا من F 210 من أعلى على اقصى اليسار وانتهاءا بـ F 130 على اقصى اليمين من اسفل, وفى الصف الاعلى موضح درجة حرارة المياه الباردة ابتداءا بـ F 40 على اقصى اليسار وانتهاءا بـ F 90 على اقصى اليمين, اما الدرجات الكثيرة التى فى داخل كل مربع هى الـ P اى انها نسبة معدل تدفق المياه الساخنة بالنسبة لمعدل تدفق خليط المياه الباردة والساخنة.

أتينا الى اخر جزئية فى منهجنا وهى الـ hot water return :

كلنا يعرف ان المياه الساخنة اذا ظلت راكدة فى المواسير بدون ان تستخدم سوف تفقد من حرارتها وعندما اريد استخدامها مرة اخرى (بتشغيل اى حنفية مياه ساخنة مثلا) فسوف تأخذ المياه الساخنة وقت حتى تصل من السخان الى الحنفية, ولكى اجعل المياه الساخنة لا تفقد حرارتها بركودها فى المواسير فعلينا ان نجعلها تتحرك داخل المواسير, ولكى تتحرك داخل المواسير وترجع مرة اخرى الى الغلاى فكان يجب تركيب خط يسمى hot water return, لأنه وجد انه بحركة المياه الساخنة داخل المواسير فسوف يحل محل المياه التى ستبرد, مياها اخرى ساخنة من الغلاى وبهذا يظل يوجد مياه ساخنة داخل المواسير, اذا اردت استخدامها فى اى وقت, فبمجرد فتح

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

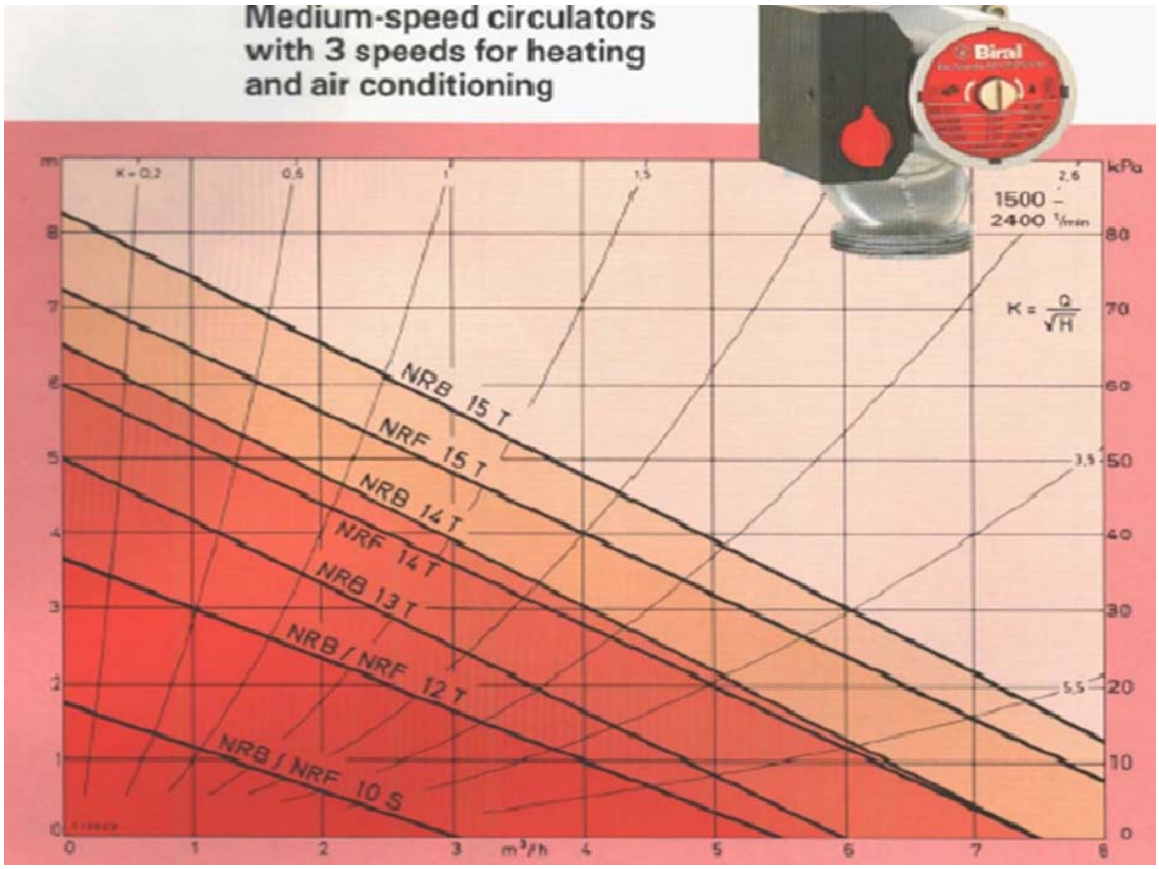
الحنفية سأجد مياها ساخنة, والشكل التالى يوضح خط المياه الباردة وخط المياه الساخنة وخط الـ hot water return.



والذى يجعل المياه الساخنة تدور فى خطى الـ hot water & hot water return, فيجب تركيب مضخة صغيرة تسمى hot water return circulating pump.

والشكل التالى يوضح شكل الـ performance curve للـ circulating pump

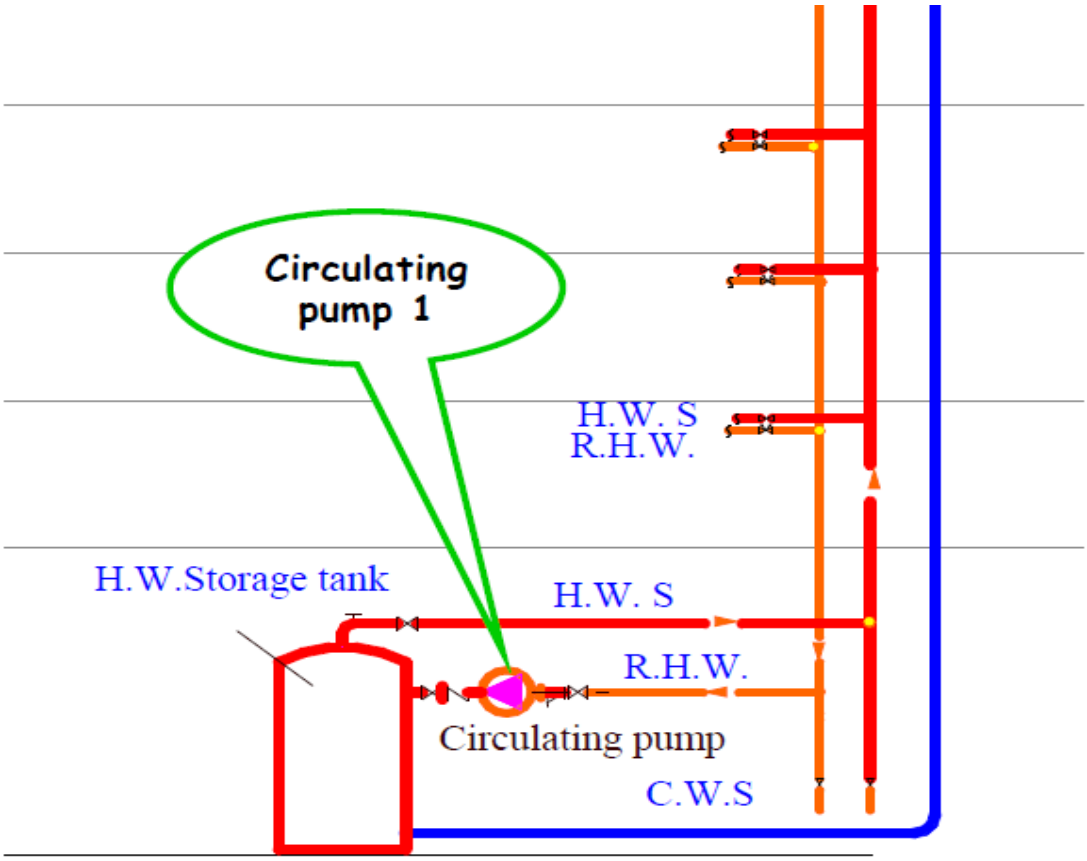
Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com



فكما نرى ان شكل الـ performance curve يعتبر very steep.

والصورة التالية توضح العلاقة بين خطوط المياه الباردة والساخنة وراجع الساخن:

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com



Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

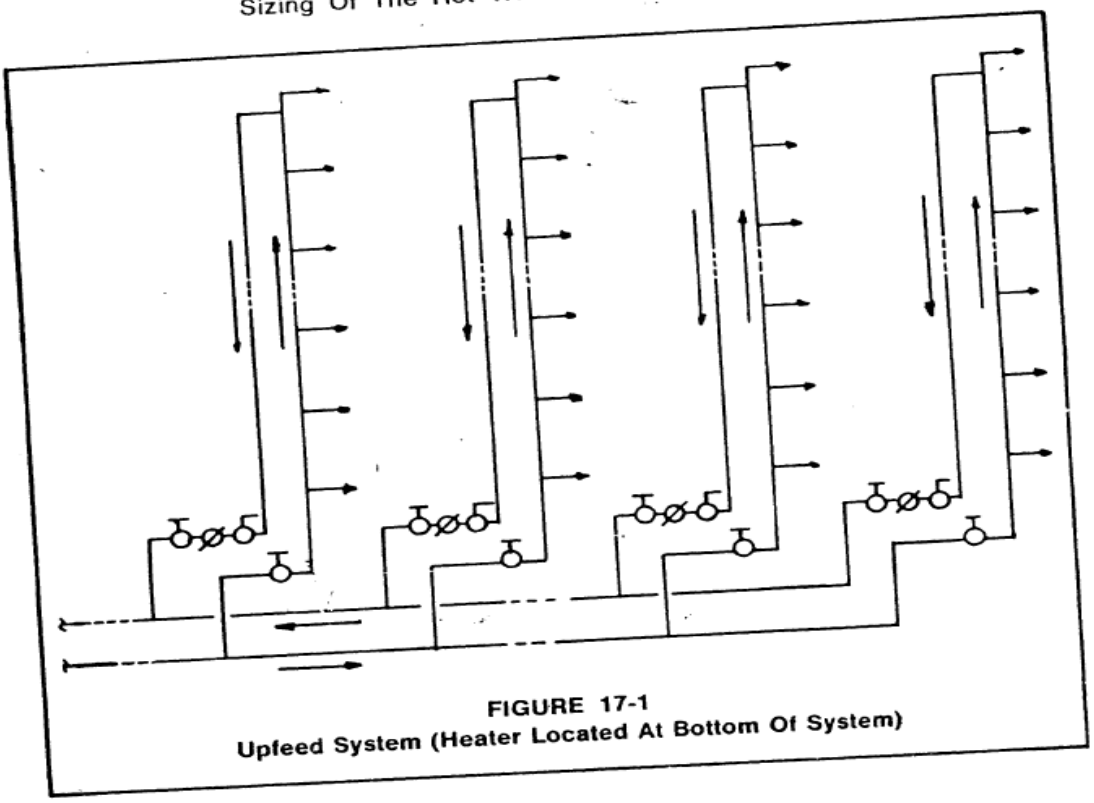


FIGURE 17-1
Upfeed System (Heater Located At Bottom Of System)

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

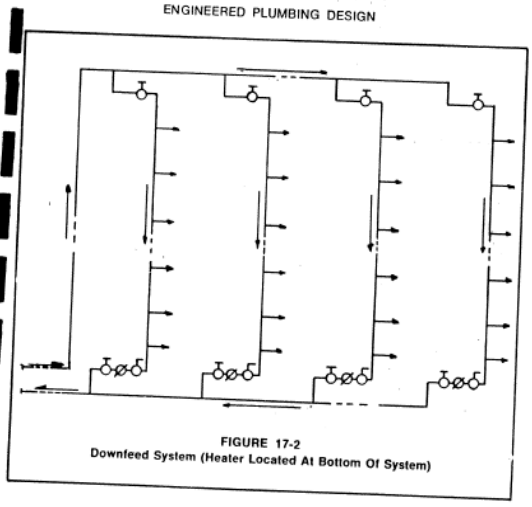


FIGURE 17-2
Downfeed System (Heater Located At Bottom Of System)

7. With these sizes, Steps 1 through 6 can now be performed without the necessity of any assumptions and the accuracy of the assumptions made can be checked.

Rules Of Thumb

As a guide to sizing circulation piping and circulation pumps the following empirical methods are listed but are not recommended in lieu of the more accurate procedures discussed.

1. An allowance of ½ gpm is assigned for each small hot water riser (¾″ to 1″), 1 gpm for each medium sized hot water riser (1¼″ to 1½″), and 2 gpm for each large size hot water riser (2″ and larger).
2. An allowance of 1 gpm is assigned for each group of 20 hot

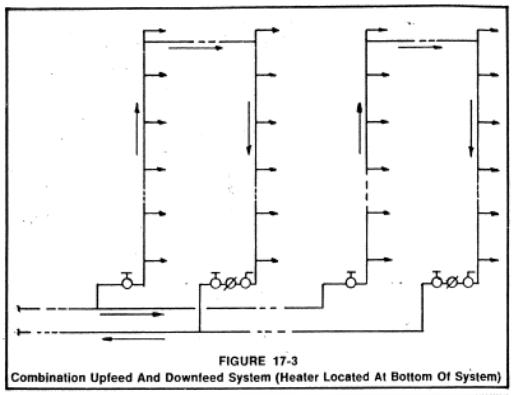


FIGURE 17-3
Combination Upfeed And Downfeed System (Heater Located At Bottom Of System)

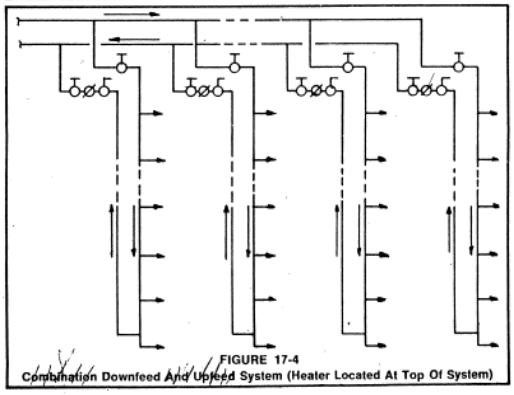


FIGURE 17-4
Combination Downfeed And Upfeed System (Heater Located At Top Of System)

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

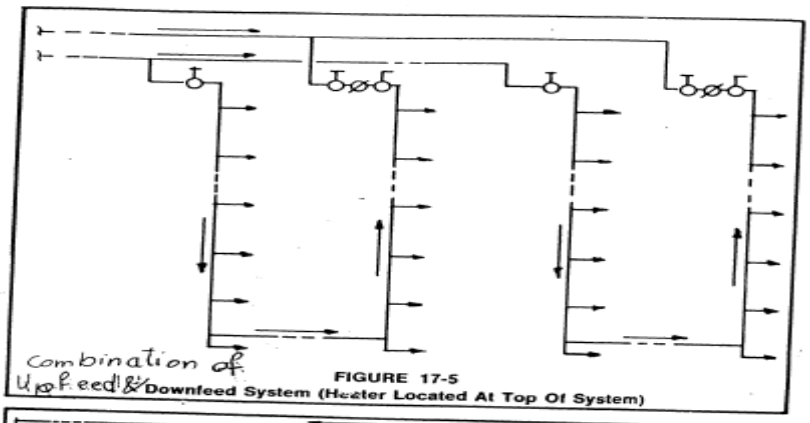


FIGURE 17-5

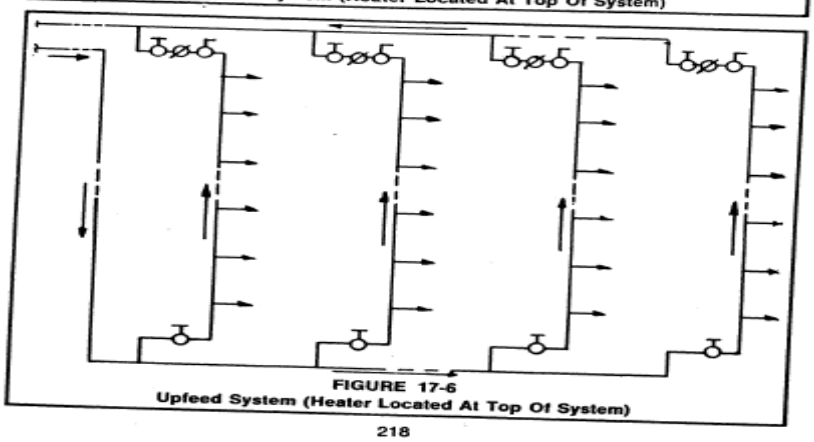


FIGURE 17-6
Upfeed System (Heater Located At Top Of System)

218

ولعمل sizing لماسورة الـ hot water return وايضا لتحديد مواصفات مضخة الـ hot water circulating من معدل تدفق وضغط, علينا اتباع الاتى :

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

The procedure for sizing the hot water circulating piping is as follows:

1. Calculate the heat loss rates of the hot water supply piping.
2. Calculate the heat loss rates of the hot water circulating piping.
3. Calculate the circulation rates for all parts of the circulating piping and the total circulation rate required.
4. Determine the allowable uniform friction head loss and the total head required to overcome friction losses in the piping when the water is flowing at the required circulation rate.
5. Calculate the rates of flow for various pipe sizes that will give the uniform pressure drop established in Step 4, and tabulate the results.
6. Size the system based upon the tabulation set up in Step 5.
7. With the sizes as established in Step 6, repeat Steps 2 through 6 as a check on the assumptions made.

1. كما هو ظاهر بالخطوات السابقة فإن اول خطوة هى ان نحسب معدل الفقد فى الحرارة فى كل مواسير تغذية المياه الساخنة.

حسبنا من قبل اقطار مواسير المياه الساخنة, اذن اصبح لدينا هذه الاقطار موجودة, ولكى نحسب معدل الفقد فى الحرارة نتبع الاتى :

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

TABLE 17-1
Piping Heat Loss
(Btu/hr. Per Lineal Ft. For 140° F. Water Temp and 70° F. Room Temp.)

Nominal Pipe Size	Insulated Pipe (½" Fiberglass)	Bare Pipe		
		Sched. 40 Steel	Brass, Copper, T.P.	Type K Copper
½"	15	35	26	19
¾"	17	43	32	26
1"	19	53	38	32
1¼"	21	65	46	39
1½"	25	73	53	46
2"	28	91	65	58
2½"	32	108	75	68
3"	38	129	90	81
4"	46	163	113	103
5"	55	199	138	127
6"	63	233	161	149
8"	80	299	201	188

أ. نحدد اولا ما اذا كانت مواسير المياه الساخنة معزولة ام لا, اذا كانت معزولة فنختار امام القطر المناسب الموجود فى اول عمود فى الجدول الاسبق يسارا, نختار معدل الفقد فى الحرارة بوحدة btu/hr/linear ft , فنحسب طول كل ماسورة لكل قطر ونضربها فى الرقم الموجود فى الخانة الثانية التى تخص المواسير المعزولة, فيكون هذا هو قيمة الفقد فى الحرارة بالـ btu/hr.

ب. اما اذا كانت المواسير غير معزولة فنتبع نفس الخطوات السابقة لكن مع اختيار قيمة الفقد فى الحرارة من العمود الثالث او الرابع او الخامس على حسب نوع الماسورة.

ملحوظة : هذا الجدول ينطبق فقط على المواسير التى تنقل مياه درجة حرارتها 140 F ودرجة حرارة الغرفة 70 F, اما اذا اختلفت هذه الظروف فنلجأ الى جدول اخر ونبحث عنه فى الكود.

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

The procedure for sizing the hot water circulating piping is as follows:

1. Calculate the heat loss rates of the hot water supply piping.
2. Calculate the heat loss rates of the hot water circulating piping.
3. Calculate the circulation rates for all parts of the circulating piping and the total circulation rate required.
4. Determine the allowable uniform friction head loss and the total head required to overcome friction losses in the piping when the water is flowing at the required circulation rate.
5. Calculate the rates of flow for various pipe sizes that will give the uniform pressure drop established in Step 4, and tabulate the results.
6. Size the system based upon the tabulation set up in Step 5.
7. With the sizes as established in Step 6, repeat Steps 2 through 6 as a check on the assumptions made.

2. كما هو موضح فى الصورة السابقة : نحسب معدل الفقد فى الحرارة فى مواسير الراجع للمياه الساحنة, ولكن قطر مواسير الراجع للمياه الساخنة غير معروف, فنتبع الاتى لحسابها :

أ. اما ان نعتبر ان قطر ماسورة راجع الساخن الرئيسية نصف قطر ماسورة تغذية الساخن, ونعتبر ايضا ان قطر كل ماسورة راجع غير اساسية branch تساوى ¾ قطر كل ماسورة تغذية ساخن غير اساسية branch, وفى هذه الحالة اصبح معلوم لدينا قطر مواسير راجع الساخن فنستطيع حساب معدل الفقد فى الضغط بنفس الخطوات رقم 1.

ب. اما ان نعتبر ان الفقد فى الحرارة فى مواسير راجع الساخن يساوى 3/2 الفقد فى الحرارة فى مواسير تغذية الساخن (هذا اذا كانت مواسير تغذية الساخن وراجع الساخن الاثنين معزولين او الاثنين غير معزولين, أو نعتبر ان الفقد فى الحرارة فى مواسير راجع الساخن يساوى 3/1 الفقد فى الحرارة فى مواسير تغذية الساخن (هذا اذا كانت مواسير تغذية الساخن وراجع الساخن احداها معزولة والاخرى غير

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

معزولة).

The procedure for sizing the hot water circulating piping is as follows:

1. Calculate the heat loss rates of the hot water supply piping.
2. Calculate the heat loss rates of the hot water circulating piping.
3. Calculate the circulation rates for all parts of the circulating piping and the total circulation rate required.
4. Determine the allowable uniform friction head loss and the total head required to overcome friction losses in the piping when the water is flowing at the required circulation rate.
5. Calculate the rates of flow for various pipe sizes that will give the uniform pressure drop established in Step 4, and tabulate the results.
6. Size the system based upon the tabulation set up in Step 5.
7. With the sizes as established in Step 6, repeat Steps 2 through 6 as a check on the assumptions made.

3. من ناتج الفقد فى الحرارة فى مواسير تغذية وراجع الساخن نحسب معدل التدفق عن طريق قسمة اجمالى الفقد فى الحرارة فى مواسير تغذية وراجع الساخن بالـ btu/hr ونقسمه على 10000 يكون الناتج بالـ gpm, وايضا يمكن ان نجد معدل التدفق فى كل ماسورة على حدة بقسمة الفقد فى الحرارة فى هذه الماسورة على 10000 فنجد معدل التدفق فى هذه الماسورة بالـ gpm.

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

The procedure for sizing the hot water circulating piping is as follows:

1. Calculate the heat loss rates of the hot water supply piping.
2. Calculate the heat loss rates of the hot water circulating piping.
3. Calculate the circulation rates for all parts of the circulating piping and the total circulation rate required.
4. Determine the allowable uniform friction head loss and the total head required to overcome friction losses in the piping when the water is flowing at the required circulation rate.
5. Calculate the rates of flow for various pipe sizes that will give the uniform pressure drop established in Step 4, and tabulate the results.
6. Size the system based upon the tabulation set up in Step 5.
7. With the sizes as established in Step 6, repeat Steps 2 through 6 as a check on the assumptions made.

ملحوظة: معدل تدفق تغذية الساخن يختلف تماما عن معدل تدفق راجع الساخن, لأن معدل تدفق تغذية الساخن يكون بكامل ما يحتاجه الجهاز الصحى من مياه ساخنة ولكن معدل تدفق راجع الساخن يكون للحفاظ فقط على وجود مياه ساخنة بصفة دائمة فى المواسير.

4. بعد ذلك نحسب الفقد فى الضغط فى المواسير نتيجة الاحتكاك, ولأننا وجدنا معدل التدفق من الثلاث خطوات السابقة ولكننا لا نعرف اقطار المواسير ولذلك فلا نستطيع ايجاد الفقد فى الضغط نتيجة للاحتكاك, ولكى نحسب الفقد فى الضغط لدينا طريقتين :

أ. الاولى اما ان نوقع اجمالى معدل تدفق المياه الساخنة (فى خط راجع الساخن) على performance curve لأى circulating pump ومنها نجد الـ pressure head.

ب. الطريقة الثانية هى ان نفرض ان معدل الفقد فى الضغط يتراوح بين 1’/100’ and 10’/100’, فيمكن ان نأخذ اعلى رقم وهو 10’/100’ و ونضربه فى طول مواسير راجع الساخن فقط ومنها نجد الفقد فى الضغط.

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

The procedure for sizing the hot water circulating piping is as follows:

1. Calculate the heat loss rates of the hot water supply piping.
2. Calculate the heat loss rates of the hot water circulating piping.
3. Calculate the circulation rates for all parts of the circulating piping and the total circulation rate required.
4. Determine the allowable uniform friction head loss and the total head required to overcome friction losses in the piping when the water is flowing at the required circulation rate.
5. Calculate the rates of flow for various pipe sizes that will give the uniform pressure drop established in Step 4, and tabulate the results.
6. Size the system based upon the tabulation set up in Step 5.
7. With the sizes as established in Step 6, repeat Steps 2 through 6 as a check on the assumptions made.

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

5. Calculate the rates of flow for various pipe sizes which will give the uniform pressure drop selected in Step 4. This can be done from available charts or can be calculated by means of the following formulas:

For brass or copper pipe: $q = 40d^{2\frac{1}{2}}\sqrt{\frac{h}{L}}$

For galvanized iron or steel pipe: $q = 28.3d^{2\frac{1}{2}}\sqrt{\frac{h}{L}}$

q = gallons per minute
d = actual internal diameter of pipe in inches
h = total head available for friction loss in feet
L = equivalent length of run in feet

5. بعد ان حسبنا الفقد فى الضغط نتيجة الاحتكاك لشبكة مواسير راجع الساخن كله, نستطيع ان نحسب قطر كل ماسورة وذلك من خلال المعادلتين فى الصورة السابقة, حيث ان المادلة الاولى تخص المواسير النحاس والمعادلة الثانية تخص مواسير الحديد المجلفن والحديد الاستيل, حيث ان الـ q هو معدل التدفق لكل ماسورة على حدة كما تم حسابها فى الخطوة الثالثة, والـ d هو قطر هذه الماسورة المراد ايجادها, والـ h هو الفقد فى الضغط نتيجة الاحتكاك فى هذه الماسورة التى يمكن ايجادها من الخطوة الرابعة, والـ L هو طول الماسورة المراد ايجاد قطرها, ومن خلال هذه المعادلة نستطيع ايجاد قطر مواسير راجع الساخن.
ملحوظة : اذا كان قطر اى ماسورة راجع الساخن اقل من ¾ بوصة, فيتم رفع قطرها الى ¾ بوصة.

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

The procedure for sizing the hot water circulating piping is as follows:

1. Calculate the heat loss rates of the hot water supply piping.
2. Calculate the heat loss rates of the hot water circulating piping.
3. Calculate the circulation rates for all parts of the circulating piping and the total circulation rate required.
4. Determine the allowable uniform friction head loss and the total head required to overcome friction losses in the piping when the water is flowing at the required circulation rate.
5. Calculate the rates of flow for various pipe sizes that will give the uniform pressure drop established in Step 4, and tabulate the results.
6. Size the system based upon the tabulation set up in Step 5.
7. With the sizes as established in Step 6, repeat Steps 2 through 6 as a check on the assumptions made.

6. **نحسب قطر كل مواسير شبكة راجع الساخن.**

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com

The procedure for sizing the hot water circulating piping is as follows:

1. Calculate the heat loss rates of the hot water supply piping.
2. Calculate the heat loss rates of the hot water circulating piping.
3. Calculate the circulation rates for all parts of the circulating piping and the total circulation rate required.
4. Determine the allowable uniform friction head loss and the total head required to overcome friction losses in the piping when the water is flowing at the required circulation rate.
5. Calculate the rates of flow for various pipe sizes that will give the uniform pressure drop established in Step 4, and tabulate the results.
6. Size the system based upon the tabulation set up in Step 5.
7. With the sizes as established in Step 6, repeat Steps 2 through 6 as a check on the assumptions made.

7. بعد ايجاد قطر مواسير راجع الساخن يتم اعادة الخطوات من الخطوة 2 الى الخطوة 6, حتى نحسب الفقد فى الضغط الحقيقى ومعدل تدفق مياه راجع الساخن الحقيقية.

ملاحظات عامة :

1. اذا زاد ضغط مياه الحكومة عن 80 psi = 5.6 bar , يتم تركيب pressure reducing valve حتى يتم تخفيض الضغط الى 80 psi or less , الا اذا كانت هذه التغذية لنقطة محتاجة لهذا الضغط مثل Sill cocks or outside hydrants.
2. اذا كان ضغط مياه الحكومة غير كافى لتغذية الاجهزة الصحية للمبانى فيجب زيادة الضغط بالمضخات, فيجب حساب ضغط الحكومة فى البداية.
3. يزداد حجم المياه عند تسخينها حتى 100F بقيمة 1.68 % من حجمها الاصلى.

Mechanical Design Engineer: Wael Nesim Henawy
WNMD Consultant Office
Cairo, Egypt
Tele: 01224317529 / E-mail: engdr_mw@yahoo.com