الترشيح Filtration

ان الترسيب مع او بدون تخثير سوف لا يعطي عادة معالجة كافية للماء لإنتاج ماء صافي ذات نوعية جيدة مع امان ضد الامراض . ولذلك يتم اللجوء الى الترشيح والتعقيم . ان استعمال المرشحات يسهم في ازالة اللون والطعم والرائحة والحديد والمنغنيز . تكون حركة الماء في المرشحات اثناء العمل من الاعلى الى الاسفل اما اثناء الغسل الرجعي تكون من الاسفل الى الاعلى .

أنواع المرشح حسب معدل الترشيح:

هنالك نوعان من المرشحات الرملية:

1- المرشح الرملي البطئ Slow sand filter أقل من 10 $m^3/m^2/d$

2- المرشح الرملي السريع Rapid sand filter 120-240$m^3/m^2/d$

انواع المرشحات حسب طريقة العمل

1- **المرشحات التي تعمل بالجاذبية** : المرشحات التي تعمل بالجاذبية تكون مفتوحة وارتفاع الماء 2-3m ويكون وسط الترشيح وعمود الماء فوق الوسط داخل حاوية كونكريتية او حوض من الستيل مفتوحة .

2- **المرشحات الضغطية** : المرشحات الضغطية فتحتاج الى شحنة عمود ماء اعلى ويكون الوسط داخل حاوية مغلقة مصنوعة من الستيل وتكون كلفتها عالية لذا ينحصر استخدامها في محطات الاسالة الصغيرة.

نظرية الترشيح :

عند امرار ماء يحوي على مواد عالقة خلال (الرمل) فان معظم العوالق سوف تزال نتيجة العمليات الفيزياوية والكيمياوية والبايولوجية على النحو التالي :

العمليات الفيزياوية : تشمل الحجز المصفاتي Straining، والترسيب Sedimentation

العمليات الكيمياوية : وتشمل عملية التلبيد Flocculation

العمليات البيولوجية Biological activity : حيث ان الشوائب الموجودة بالماء مثل الطحالب والاشنات سوف تترسب على سطح الفلتر وتعمل على اصطياد الاحياء المجهرية ، حيث ان هذه الاحياء سوف تتخذ من الطحالب مأوى ومصدر للغذاء والبقاء وهذا يؤدي الى بعض التغيرات الكيمائية والبايولوجية المهمة في نوعية المياه .

الحجم الفعال ومعامل الانتظام

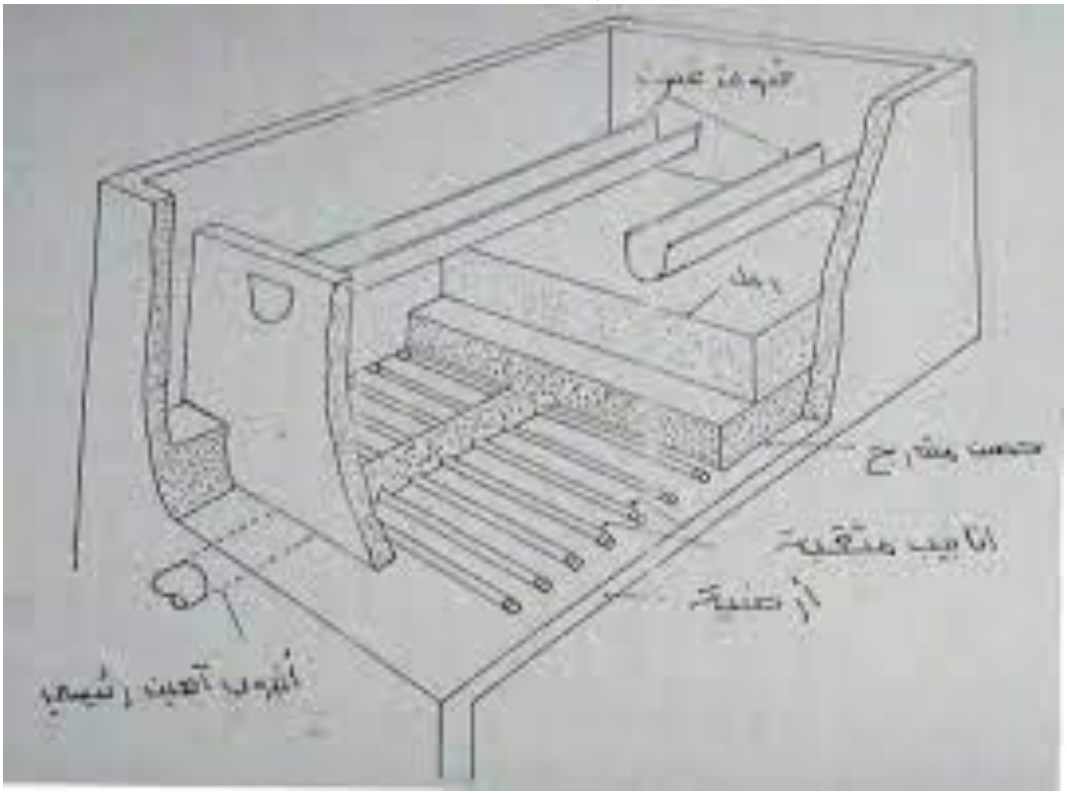
الحجم الفعال Effective size D10 : ويقصد ابعاد شبكة المنخل التي تسمح بمرور 10% وزنا من الرمل .

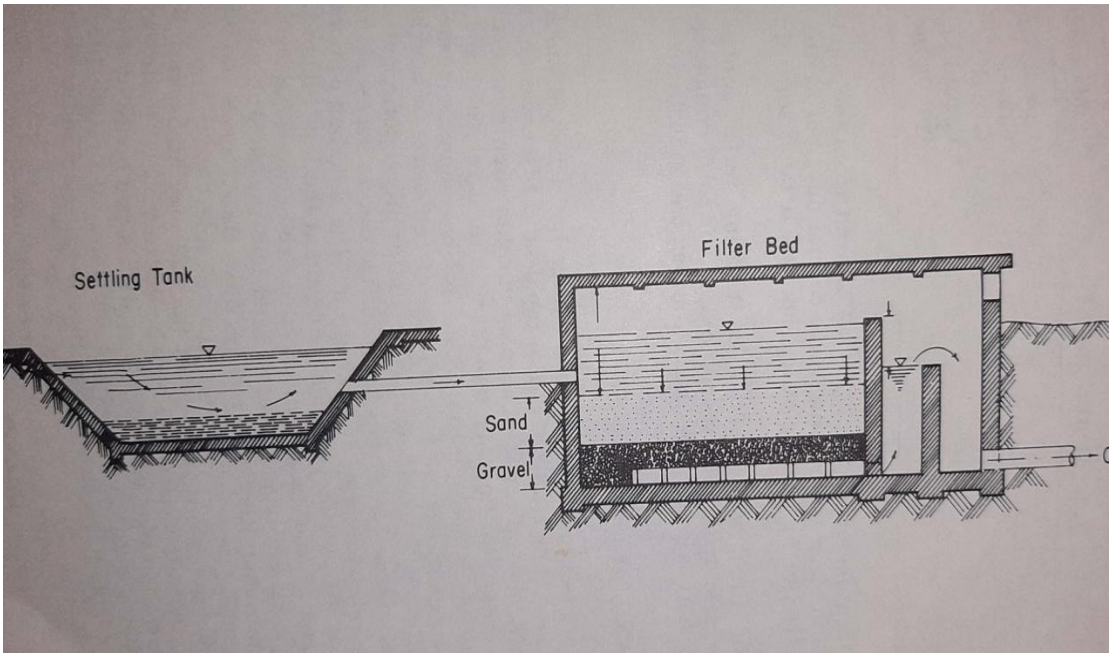
الحجم الفعال Effective size D60 : ويقصد ابعاد شبكة المنخل التي تسمح بمرور 60% وزنا من الرمل

معامل الانتظام Cu Coefficient of Uniformity : Cu=D60/D10

المرشح الرملي البطئ Slow sand filter

عبارة عن حوض بعمق 3 م وله مساحة سطحية كبيرة 200–4000 م وسط الترشيح هو الرمل بعمق 1.15 م والحجم الفعال للرمل 0.35 ملم ومعامل الانتظام 2– 3 م يليه طبقة من الحصى الناعم وظيفته اسناد طبقة الرمل بسمك 0.3 –0.5 م شحنة الماء فوق فرشة الرمل 0.6–0.9 م وان معدل الترشيح 2.4–9.6 م^3/م^2/يوم اي اقل من 10 . يستعمل المرشح الرملي البطي في المناطق ذات الكثافة السكانية الواطئة وفي المناطق الصناعية نظرا لقلة انتاجه .





مساوئ المرشح الرملي البطئ :

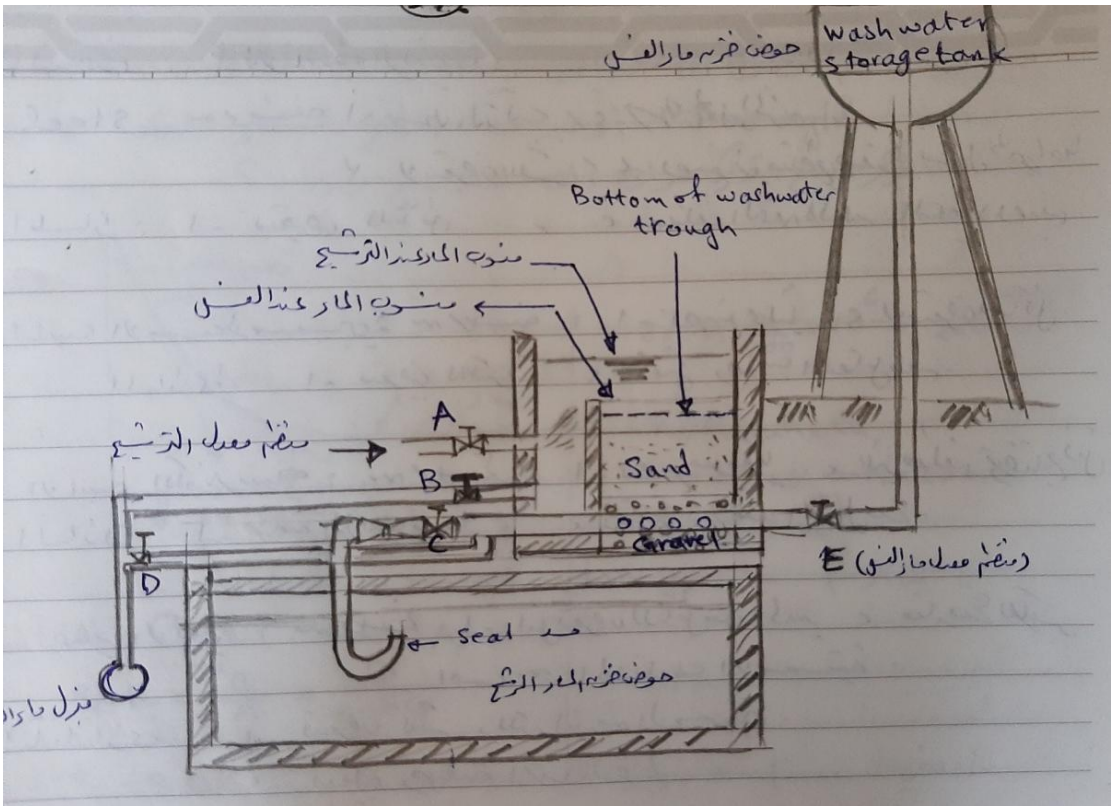
1- الحاجة الى مساحات واسعة لفرش الرمل

2- كذلك فان المرشحات الرملية البطيئة غير ملائمة لمعالجة المواد الغنية بالمواد العضوية ويصلح استخدامها للمدن الصغيرة فقط .

3- ان عملية تنظيف المرشح الرملي البطئ تتم بقشط عدة سنتيمترات من سطح الرمل وتبديلها برمل نظيف وبذلك يتطلب توقف المرشح لغاية استبدال الرمل وان عملية القشط تتم اما يدويا او ميكانيكيا ولا وجود لعملية الدفق العكسي من الاسفل الى الاعلى .

المرشح الرملي السريع

ان اغلب المرشحات العاملة الحديثة تكون من النوع السريع وذلك لانتاجيتها العالية والتي تزيد عن المرشحات البطيئة باكثر من عشرة مرات بالإضافة الة قلة مساحتها وقابليتها على الغسل الرجعي و لاتتطلب قشط الطبقة العلوية من الرمل ولا تتطلب توقف اثناء الصيانة كما هي الحال في المرشحات الرملية البطيئة.



شكل يبين المرشح الرملي السريع

ان الصمامات A,B,C,D,E هي صمامات تعمل هيدروليكيا ، حيث يسمح للصمام D بطرح الماء الراشح . أثناء العمل تكون الصمامات C,A مفتوحة والباقي مغلقة وعند الغسل الرجعي تكون باقي الصمامات مفتوحة و الصمامات C,A مغلقة .

جدول يبين الفروقات الرئيسية بين المرشحات الرملية البطيئة والسريعة

الخاصية	السريع	البطئ
المساحة المطلوبة	صغيرة نسبيا	كبيرة
الحجم الفعال للحبيبات	0.45-0.55	0.25-0.35
سمك طبقة الرمل	0.8m	1-1.15m
سمك طبقة الركام الخشن	0.38-0.6 m	0.3-0.5
معامل الانتظام Cu	اقل من 1.5	2-3
منظومة البزل	معقدة تتضمن رجع الدفق	بسيطة ولا تتضمن رجع الدفق
معدل الترشيح	120-140 $m^3/m^2/d$	2.4-9.6 $m^3/m^2/d$
الكلفة	عالية	قليلة

النقاط او الخصائص الرئيسية عند استخدام المرشح الرملي السريع :

1- يجب ان تكون هنالك معالجة مسبقة للماء اي يجب ان تتضمن عملية المعالجة التخثير والتلبيد والترسيب ومن ثم الترشيح .

2- لا تزيد كدرة الماء المستخدم في المرشحات عن عشر وحدات ويفضل ان لا تزيد عن خمس وحدات (Turbidity = 5-10 NTU)

ملاحظات عن عملية الغسل الرجعي :

1. يتم الغسل بعكس اتجاه الجريان اي من الاسفل الى الاعلى .
2. يتم التنظيف باستخدام الهواء اولا تحت ضغط لتعويم الرمل والأطيان لفترة خمس دقائق ثم يغلق الهواء المضغوط ويفتح ماء الغسل لمدة خمس دقائق او اكثر لضمان ذهاب كل الاوحال المتجمعة على سطح الوسط حيث يذهب ماء الغسل الى الخارج بمسارت خاصة الى النهر علما ان ماء الغسل يجب ان يكون ماء نظيف ومعقم في خزانات خاصة توفر الضغط والتصريف المطلوب .
3. يتم الغسل في نهاية فترة التشغيل او في بدايته اوكل 24 ساعة او عندما يعتقد المشغل ان المرشح بحاجة الى الغسل او عندما تصل ضائعات الشحنة خلال الوسط المرشح 2-3م .

اوساط المرشحات Filter media

يعتمد اختيار الوسط المرشح على التحمل المطلوب ودرجة النقاوة المرغوبة وطول فترة تشغيل المرشح وسهولة الغسل الرجعي . يعتبر الرمل ارخص وسط مرشح ومن شروط استخدامه في الترشيح ان يكون خال من الاتربة وصلب ومقاوم ويفضل غالبا رمل الكوارتز وان لا يفقد 5% وزنا بعد وضعه في حامض الهيدروكلوريك لمدة 24 ساعة . ان اختيار وسط مرشح مناسب سوف يكون له تاثير كبير على تقليل نسبة المواد الصلبة العالقة بالإضافة الى امكانية السيطرة على معدل الحمل الهيدروليكي .

مواصفات الوسط المثالي :

1- له مقاس بحيث يوفر دفق خارج جيد .

2- يحجز كمية كبيرة من المواد الصلبة العالقة.

3- ينظف بسهولة بأقل كمية من مواد الغسل.

4- يعطي الدرجة المطلوبة من التنقية بأقل وقت تشغيل. Mim. time

5- ان لا يزيد معامل الانتظام له CU عن 1.7 ولا يقل عن 1.2 .

أنواع الاوساط المرشحة :

1- وسط مرشح منفرد Single (mono) : مثل الرمل جيد التدرج

2- وسط مرشح ثنائي Dual media : مثل ا الفحم والرمل .

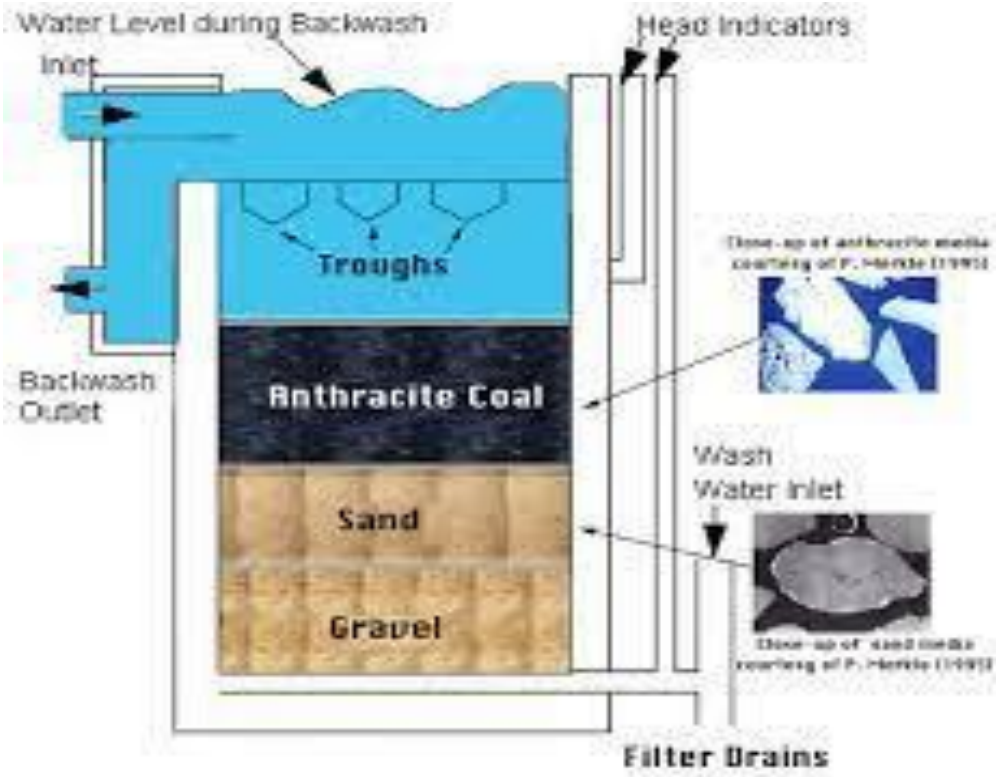
3- وسط متعدد : فحم ورمل ورمل الغاريت :Mixed (multi media)

علما ان فحم الانثراسيت هو اجود انواع الفحم الحجري ويدعى بالفحم الصلب ايضا وهو قاس وبراق ويكون الكاربون نسبة 92-98% منه وهو قليل الدخان عند الاحتراق . اما رمل الكارنيت فهو رمل ناعم توفره قليل ومكلف وذو كثافة نسبية عالية تصل الى 4.2 اما الرمل الاعتيادي فهو رمل السليكات ذات الوزن النوعي 2.65 فقط .

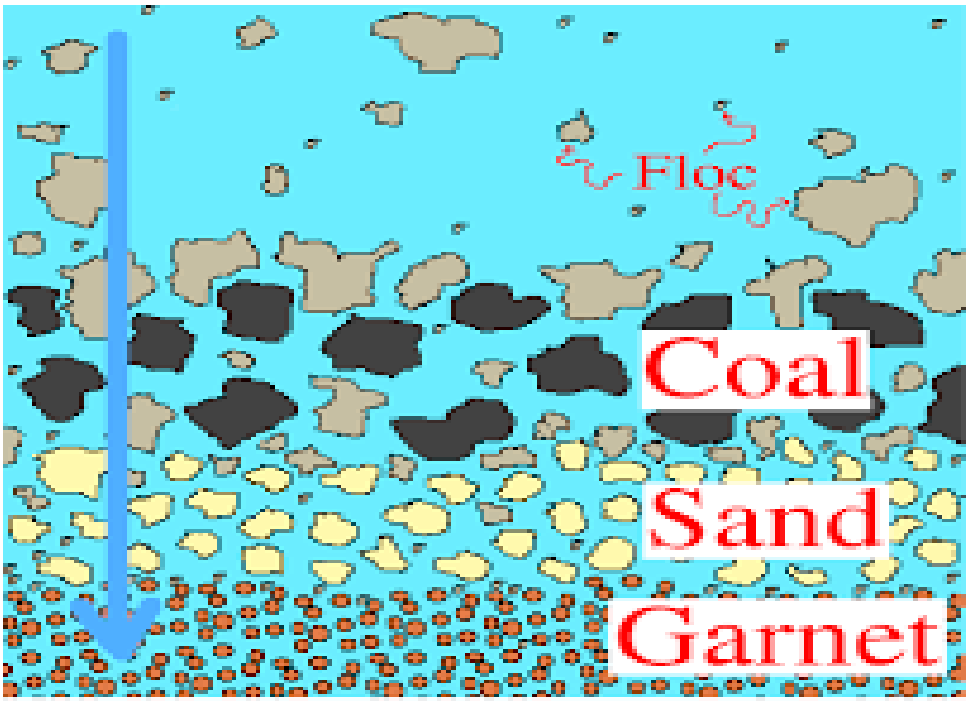
الركام الخشن (الحصى)

تزود المرشحات السريعة بطبقة حصوية سفلية يتراوح عمقها من 400 الى 600 ملم والتي تعمل كمسند للطبقة الرملية وتسمح بمرور الماء الراشح بطلاقة نحو المبزل وكذلك تسمح لماء الغسل بالحركة بشكل اكثر انتظاما نحو الاعلى باتجاه الرمل . يوضع الحصى بخمس طبقات او ستة متدرجة على ان يكون القطر الانعم في الاعلى في الطبقة التي تلي الرمل ومن صفات الحصى الجيد ان يكون مدور وصلب ويكون خاليا من القطع المسطحة والرقيقة والطويلة ويزن 1600 كغم/م3 ويكون تدرجه من الاعلى الى الاسفل كما في الجدول التالي :

القطر	العمق
5-25 ملم	6-60 ملم
5-10 ملم	60-80 ملم
10-20 ملم	80-100 ملم
20-40 ملم	100-120 ملم
40-60 ملم	120-140 ملم



شكل(٦) : مرشح متعدد الطبقات.



أوساط الترشيح

المشاكل التصميمية والتشغيلية للمرشحات :

1- تكون الطحالب الابرية : وهي طحالب ابرية الشكل تظهر اسفل طبقات الترشيح ومع الجدران وتكون صعبة الازالة بالغسل لقوة التصاقها مما يتوجب ازالتها بعمل مزجة خاصة من الكلور المركز تقريبا 10% وبدون ازالة طبقة الوسط المرشح .

2- ظهر كرات الطين : وتحدث في حالة قلة الغسل او تكون سرعة الدفق قليلة مما يؤدي الى ترسب الطين على السطح العلوي للمرشح وبالتالي غلقه ويمكن معالجة هذه الحالة بعملية تكسير الكرات الطينية بواسطة الة من السطح ومن ثم استعمال الماء مع الهواء المضغوط في عملية الغسل الرجعي

3- ظاهرة فوران الرمل او تحرك وسط المرشح : وتحدث في حالة كون سرعة ماء الغسل كبيرة (أكبرمن 27 م/ساعة) او استعمال هواء مضغوط اكبر من الحد المسموح به مما يتسبب في حصول ظاهرة التدرج المعكوس .

ظاهرة التدرج المعكوس

المرشحات ذات الوسط المفرد المكون من طبقة واحدة مثل الرمل جيد التدرج فان هذا الوسط بعد عملية الغسل الرجعي فان ذرات الرمل الكبيرة الحجم سوف تترسب بسرعة اكبر من تلك الذرات ذات القطر الاصغر وتسمى هذه الظاهرة ب reverse gradation وتعني التدرج المعكوس وتعتبر هذه الظاهرة اكبر شئ سلبي لهذا الوسط حيث ان حبيبات الرمل الناعمة الملتصقة بسطح الفلتر تعمل على اصطياد معظم الدقائق وعليه فان سمك طبقة الترشيح سوف تنحصر ب 4-5 cm .

التغلب على مشكلة التدرج المعكوس :

يمكن التغلب على هذه المشكلة بطريقتين :

1- اختيار وسط عميق و قطر الحبيبات للوسط ذات مقاس كبير مع معامل انتظام قريب من الواحد .

2- استخدام المرشح ثنائي الوسط المكون من فحم الأنثراسيت ورمل الكوارتز . الفحم ذات وزن نوعي 1.55 وهو اخف من الرمل ذات الوزن النوعي 2.65 وعليه فان حبيبات فحم الأنثراسيت ستمتلك سرعة ترسيب اقل بكثير من حبيبات الرمل وهذه الخاصية ستسمح لحبيبات الفحم لأن تكون بالأعلى فوق حبيبات الرمل الناعمة.

3- استخدام الاوساط المتعددة حيث يتم استخدام ثلاثة انواع من المواد والتي تشمل الفحم ذات وزن نوعي 1.55 ورمل بوزن نوعي 2.65 والغارنيت بوزن نوعي 4.05 حيث توضع الحشوة بداخل المرشح بحيث ان الوزن النوعي يزداد مع العمق وهذه النوعية من الأوساط تزيد من فترة التشغيل للمرشح وتحسن من نوعية الفق الخارج .

4- تقليل سرعة دفق الماء الراجع للغسل بحيث يكون اقل من 27 م/ساعة.

حساب أقطار الجسيمات المطلوبة في وسط المرشح ذات الكثافات المختلفة:

يمكن حساب أقطار الجسيمات المطلوبة في وسط المرشح ذات الكثافات المختلفة من خلال العلاقة التالية :

$$\frac{d1}{d2} = [\frac{\rho 2-\rho w}{\rho 1-\rho w}]^{2/3}$$

d_1= قطر وسط المرشح مثل الفحم

d_2= قطر وسط المرشح مثل الرمل

ρ_2= d_2 كثافة وسط المرشح ذو قطر الحبيبة

ρ_1= d_1 كثافة وسط المرشح ذو قطر الحبيبة

ρ_w =كثافة الماء

مثال : اوجد اقطار جسيم فحم الانثراسيت ورمل الالمنيت التي لها سرعة ترسيب مساوية الى سرعة الرمل بقطر 0.5 mm وذات كثافة نسبية 2.65 ؟

Solution:

بالنسبة لفحم الانثراسيت

$$\frac{d1}{d2} = [\frac{\rho 2-\rho w}{\rho 1-\rho w}]^{2/3}$$

$$\frac{d1}{0.5} = [\frac{2.65-1}{1.55-1}]^{2/3}, \ d_1=1.1mm$$

بالنسبة رمل الالمنيت

$$\frac{d1}{0.5} = [\frac{4.05-1}{2.65-1}]^{2/3}, \ d_1=0.33mm$$

ولذلك سوف تبقى حبيبات الفحم الاصغر من 1.1 ملم فوق حبيبات الرمل وحبيبات الالمنيت الاكبر من 0.3 ملم تحت حبيبات الرمل.

اعداد المرشحات N

المحطات الصغيرة التي انتاجيتها اقل من 8000 m^3/d عدد المرشحات اثنان .

المحطات التي سعتها اكثر من 8000 m^3/d فان اقل عدد من المرشحات هو اربعة .

يتم حساب عدد المرشحات المطلوبة خلال العلاقة التالية :

$$N=0.0195\ Q^{0.5}$$

حيث ان N : يمثل عدد المرشحات المطلوبة.

وان Q : تمثل معدل الجريان التصميمي الاعظم m^3/d .

مثال 1 :احسب عدد المرشحات المطلوبة لمحطة اسالة معدل الجريان اليومي الاعظم 150,000 m^3/d ؟

Solution :

$N=0.0195\ Q^{0.5}$, $N=0.0195(150,000)^{0.5}=7.55$

نختار 8 مرشحات

مثال 2 : احسب عدد المرشحات المطلوبة لمحطة اسالة معدل الجريان اليومي الاعظم 18,400 m^3/d ؟

Solution :

$N=0.0195\ Q^{0.5}$, $N=0.0195(18,400)^{0.5}=2.65$

وبما ان عدد المرشحات يكون زوجي دائما لذلك فان عدد المرشحات هو اربعة لأنه اذا كانت سعة المحطة أكثر من 8000m^3/d فان اقل عدد هو اربعة مرشحات

معدل الترشيح Filtration Rate (q)

(q) =Q/ (A*N)

A= Q/(N*q)

A = Filtration surface area m^2

Q=Max. daily discharge m^3/d

N= Number of filtrations

q= Filtration Rate (m/d)

الابعاد القياسية للمرشحات :

1- مساحة المرشح الناتجة تقع ضمن المدى $25\text{-}100 m^2$ اي معدل $50\ m^2$.

2- ان نسبة الطول الى العرض 1:(2-4) وان عرض المرشح اقل من 5 m .

3- وان عمق الوسط في المرشح هو 4-8m لتوفير فضاء المنظومة المبازل ووسط الترشيح وضائعات الشحنة

4- تتألف المرشحات من عدد زوجي اي خليتين او اربعة او ستة وهكذا .

<u>مثال 1:</u> يعالج حوض ترشيح سريع $24,000\ m^3/d$ بمعدل ترشيح $120 m^3/m^2/d$ ، اوجد عدد الوحدات وأبعاد حوض الترشيح ؟

Solution:

$N=0.0195\ Q^{0.5}$

$N=0.0195(24,000)^{0.5}=3.02$

N=4 لان اقل عدد من المرشحات هو اربعة عندما تزيد السعة عن $8000\ m^3/d$

$A= Q/(N*q)$, $A=24,000/(4*120)=50\ m^2$

Since L=2W, So, L=10m and W=5 m

مثال 2 : تتضمن محطة ترشيح سريع وحدات بسعة $8000\ m^3/d$ بمعدل $120 m^3/m^2/d$ ، ماذا يجب ان تكون سعة الحوض الخزان العالي بحيث تكفي لفترتي غسل متعاقبتين 5 min ، اذا علمت ان السرعة المطلوبة في انبوب الغسل 0.8m/min ؟

Solution :

Filter size $A =8000/120=66.67\ m^2$

حجم الخزان العالي المستخدم للغسل = المساحة المراد غسلها *سرعة الغسل * فترة الغسل *عدد مرات الغسل

$\forall= A*V*t*n$

$\forall= 66.67*0.8*5*2 =533.3\ m^3$

سرعة تسييل الرمل في المرشحات Vb والسرعة النهائية Vf

ملاحظة مهمة : تسال الطبقة بشكل كامل عندما تكون قوة الاحتكاك المبذولة عبر ماء الغسل تساوي وزن الجسم .

$$Vb=Vt*F^{4.5}$$

Vb : سرعة تسييل حبيبات الرمل

Vt: السرعة النهائية

F: مسامية وسط المرشح

سرعة تسييل حبيبات الرمل $Vt=10D_{60}$

سرعة تسييل حبيبات الفحم $Vt=4.7\ D_{60}$

مثال مهم حول حساب سرعة تسييل الرمل :

احسب السرعة النهائية وسرعة تسييل الرمل للمرشح بقطر فعال (D_{10}) 0.55 ملم ومعامل انتظام Cu =1.5 ، وان مسامية الرمل 0.45 ؟

Solution

Cu=D60/D10 , D60=Cu*D10= 1.5*0.55= 0.825

Vt= 10*D60 for sand , Vt= 10*0.825=8.25 m/min

$Vb=Vt*(F)^{4.5}$

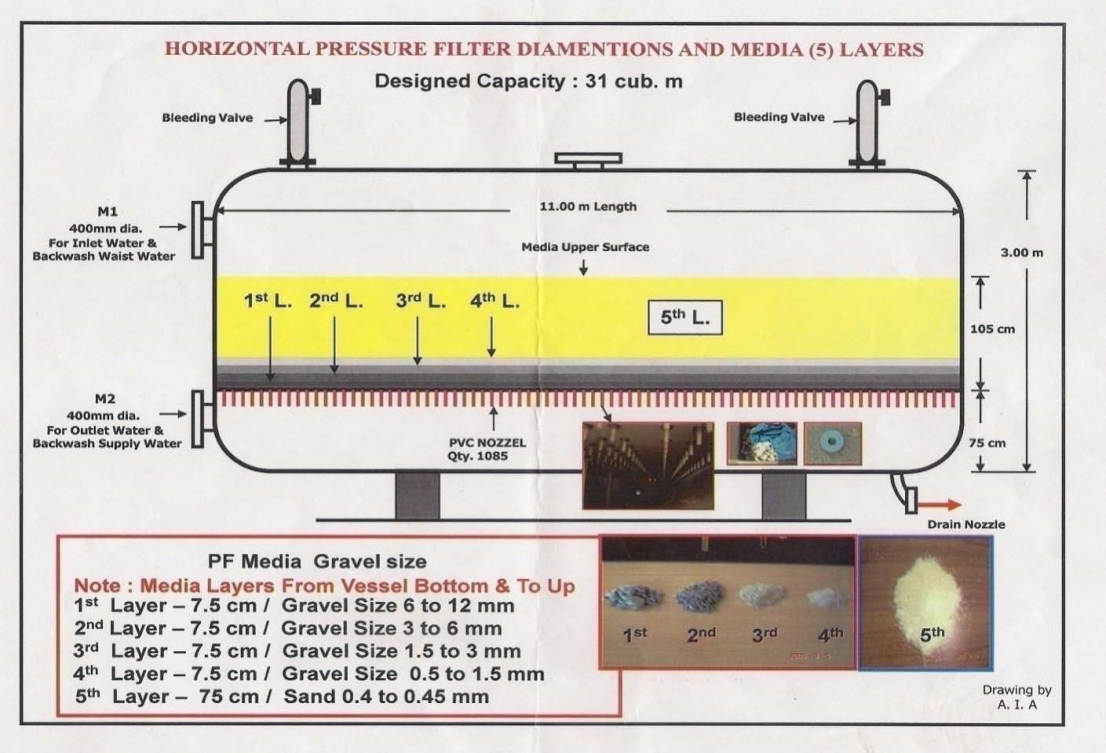
$Vb=8.35*(0.45)^{4.5}= 0.23$ m/min

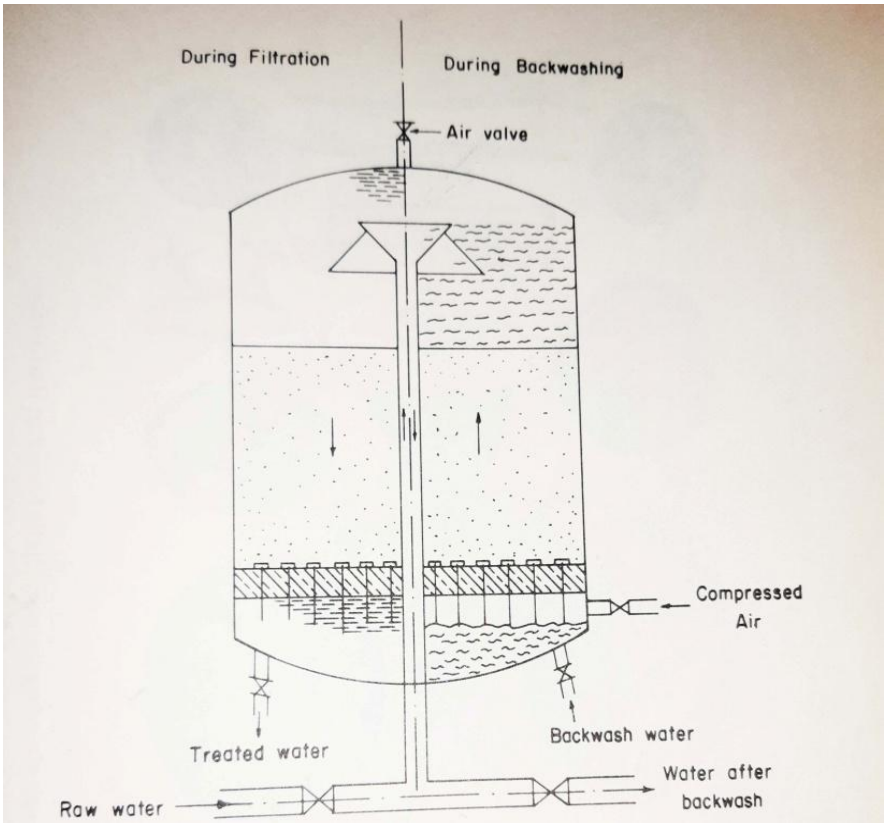
المرشحات الضغطية

المرشحات الضغطية مناظرة للمرشحات الجاذبية عدا ان الوحدات موضوعة في اسطوانة مغلقة حديدية مانعة للهواء صممت لمقومة الضغط لغاية 10 ضغط جوي . تستعمل هذه المرشحات في معالجة الماء للاستعمال العام مثل الغسل والتبريد والصناعة.

مواصفاتها :

1) معدل الترشيح عالي يصل الى 15m/hr ، علما ان معدل الترشيح المقبول 4.8 m/hr .
2) العدد البكتري للمياه الخارجة من هذه المرشحات تكون عالية .
3) .هذه المرشحات غير كفوءة في حالة الكدرة العالية .
4) من محاسن هذه المرشحات انها لا تحتاج لضخ الماء المرشح .


HORIZONTAL PRESSURE FILTER DIAMENTIONS AND MEDIA (5) LAYERS
Designed Capacity : 31 cub. m
Bleeding Valve
Bleeding Valve
M1
400mm dia.
For Inlet Water &
Backwash Waist Water
11.00 m Length
Media Upper Surface
3.00 m
1st L. 2nd L. 3rd L. 4th L.
5th L.
105 cm
M2
400mm dia.
For Outlet Water &
Backwash Supply Water
PVC NOZZEL
Qty. 1085
75 cm
Drain Nozzle
PF Media Gravel size
Note : Media Layers From Vessel Bottom & To Up
1st Layer – 7.5 cm / Gravel Size 6 to 12 mm
2nd Layer – 7.5 cm / Gravel Size 3 to 6 mm
3rd Layer – 7.5 cm / Gravel Size 1.5 to 3 mm
4th Layer – 7.5 cm / Gravel Size 0.5 to 1.5 mm
5th Layer – 75 cm / Sand 0.4 to 0.45 mm
1st
2nd
3rd
4th
5th
Drawing by
A. I. A


During Filtration
During Backwashing
Air valve
Compressed
Air
Backwash water
Treated water
Water after
backwash
Raw water

منظومة البزل السفلية

الشروط التصميمية لمنظومة البزل السفلية :

- يجب ان تكون سرعة ماء الغسل كبيرة بشكل كاف لحمل المواد العالقة المزالة من قبل وسط الترشيح ويجب ان لا تجرف وسط الترشيح .
- معدل سرعة ماء الغسل يجب ان تكون اكبر من 0.3m/min ، مع ملاحظة ان السرعة المذكورة هي عند درجة حرارة 20 درجة مئوية .

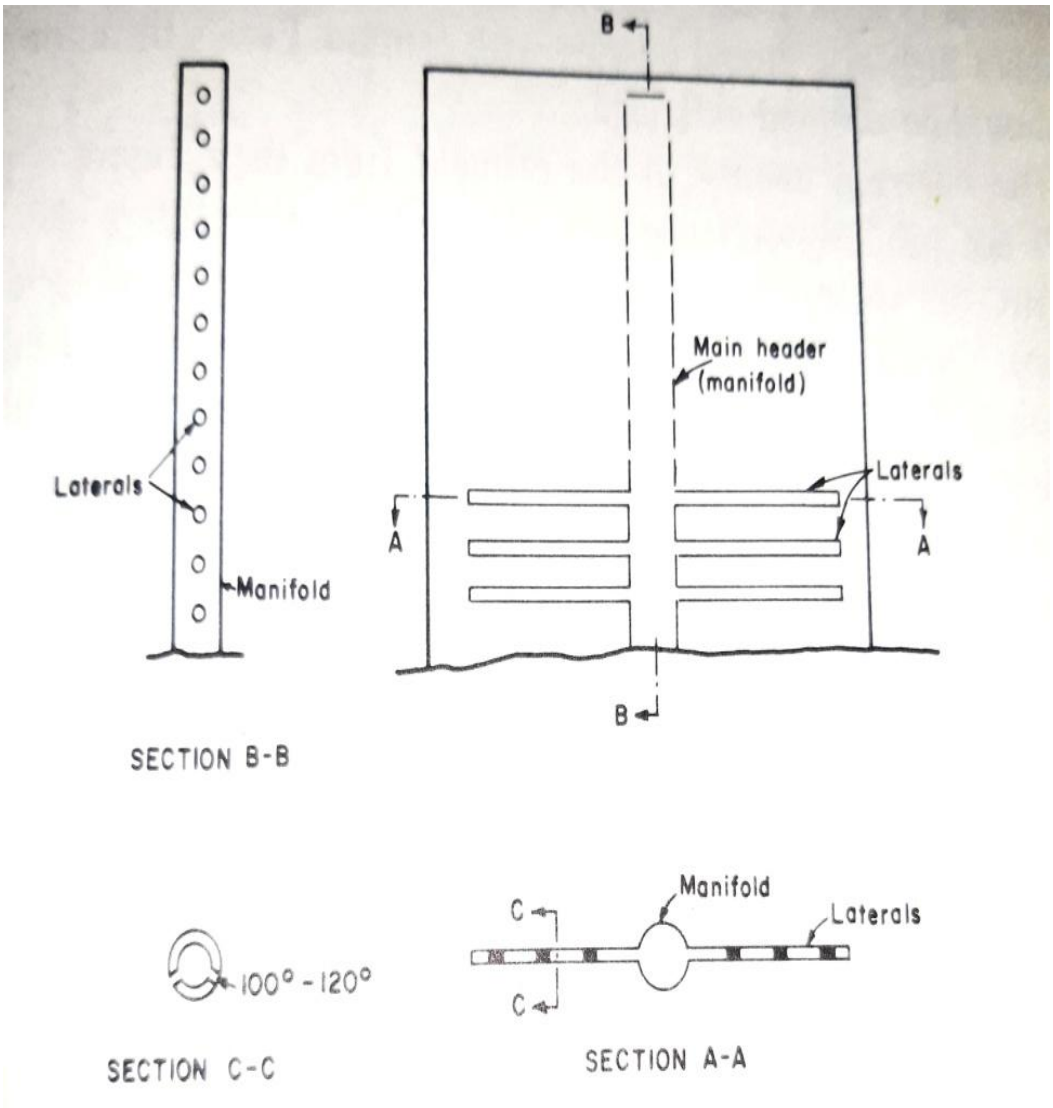
انواع المبازل السفلية

1. **منظومة الانابيب المثقبة :** حيث تتكون من شبكة من الانابيب الفرعية والتي تجمع المياه الى انبوب رئيسي وكلها مثقبة وتغلف شبكة الانابيب بطبقة من الحصى لكي تمنع من انسداد الثقوب. قطر الفتحات 6–الى 12 ملم ومساحة الانبوب الفرعي =4* قطر الفتحات في حال كون الفتحات 6 ملم بينما مساحة الانبوب الفرعي =2* قطر الفتحات في حال كون الفتحات 12 ملم .
2. **Wheeler type :** حيث يتكون من ارضية كونكريتية تحتوي على مناطق هرمية منخفضة معكوسة وتوجد تحت كل مخروط قناة لتجميع ونقل الماء الراشح وهذا النوع رخيص
3. **نوع الصفائح المسامية Porous plate type :** في هذا النوع يوضع الرمل فوق الارضية الكاذبة للصفائح المسامية .ويمتاز هذا النوع بما يلي :

1– طبقة الحصى غير موجودة .

2– معدل الترشيح والغسل اكثر انتظاما .

3– الصفائح المسامية اكثر مقاومة للتاكل ويمكن تنظيفها باستعمال حامض او قاعدة .



شكل يبين البزل الخارج من المرشحات بواسطة الانابيب المثقبة

مثال حول تصميم المرشح الرملي السريع :

EX: Design a rapid sand filter for a flow of 400 m^3/hr (approximately 2000 gpm) . assume the rate of flow through the filter 5 m^3/m^2/hr.

Solution:

Area of the bed =400/5=80 m^2

Use four filter beds each =80/4=20 m^2

Dimensions of each filter =4*5 m

Laterals and Header

Size of the openings in a lateral = 6 mm to 12 mm

Cross sectional area of the lateral =four times the area of the opening = 4Ap (if the size of the opening is 6 mm)

Area lateral=4 A opening

=4/3 *3.14*36=113.1

But A=2Ap (if the size of the opening is 12 mm)

= 12*3.14*144 =226.2

Use A =226.2 =3.14/4*d^2 (d is the diameter of the lateral) =17 mm

Number of laterals =500/20=25 0n each side of manifold

Total number of laterals =50

Total cross sectional area of laterals =(226.2/100)*50=113 cm^2

Total area of the header=(2)*A=2*113=226 cm^2

Dia. Of the header =[(226*4)/3.14]$^{1/2}$

Total length of the lateral =400-(2*17+3.5+5+3.5)=354 cm

Using two headers , length of each lateral =354/4=88 cm

The length of the lateral should be less than 60 times its diameter, 60*1.7=102 cm >88 cm . hence the condition is satisfied

Check : Area of the opening in laterals should be 0.2-0.3% of the filter area.