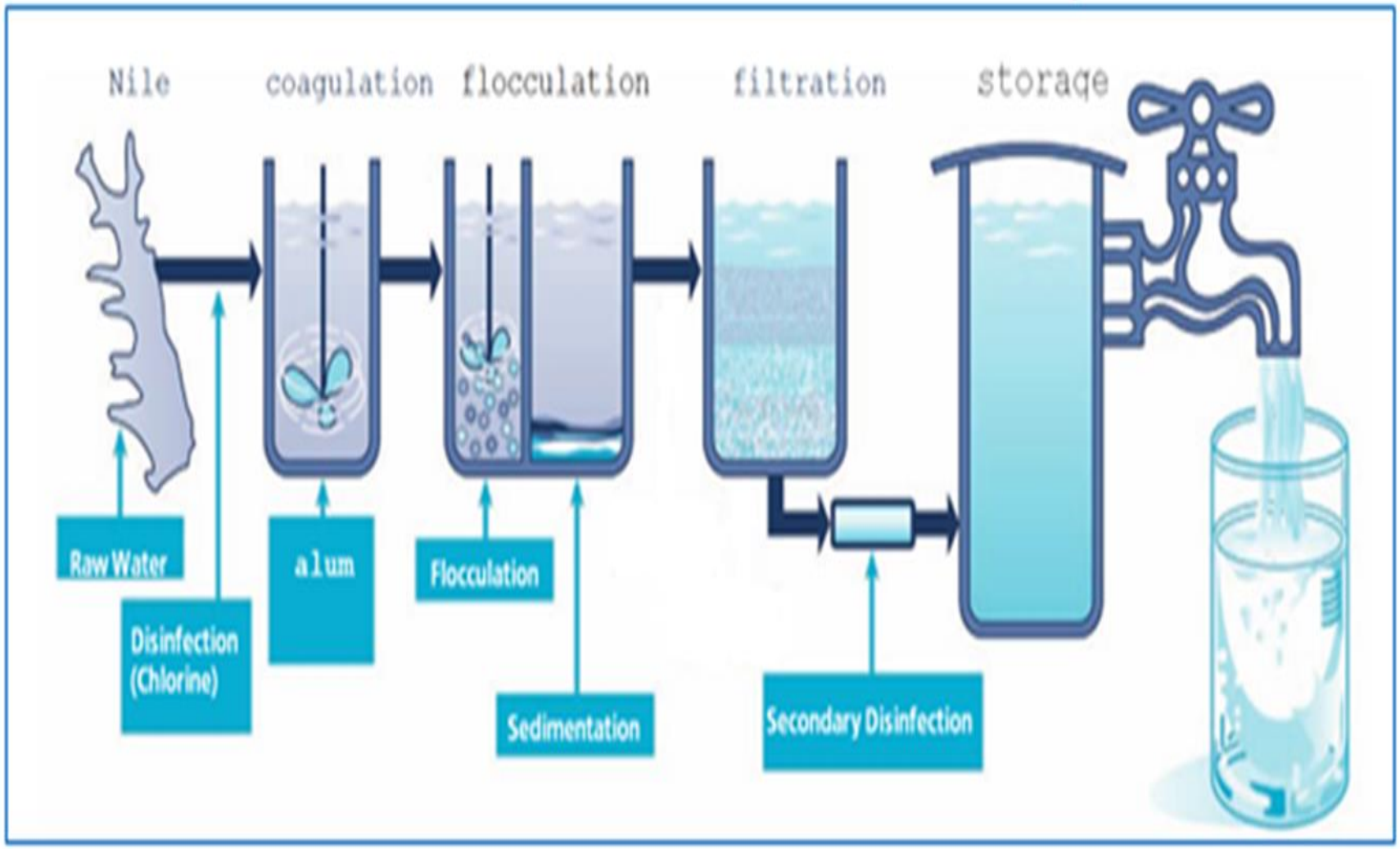
الشركة القابضة
لمياه الشرب والصرف الصحي

برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

البرنامج التدريبي كيميائي مياه

تكنولوجيا تنقية المياه

تنقية المياه



١- التنقية الذاتية للمياه الجارية:-

عوامل التنقية الذاتية:-

أولا : العوامل الطبيعية وتشمل ...

١- عوامل الترسيب

٢- عوامل التخفيف

٣- عوامل الضوء

٤- عوامل التهوية

ثانيا : العوامل الكيماوية وتشمل :-

١- عوامل أكسدة

٢- عوامل اختزال

٣- عوامل تجميع

ثالثا : العوامل الحيوية وتشمل :-

١ – البكتيريا

٢- الطحالب الخضراء

٣- الحيوانات وحيدة الخلية [البروتوزوا]

٤- الاسفنجيات والقشريات

٥- النباتات المائية الكبيرة

٦- الحيوانات المائية الكبيرة

أنواع محطات التنقية من حيث تقنية التنقية:

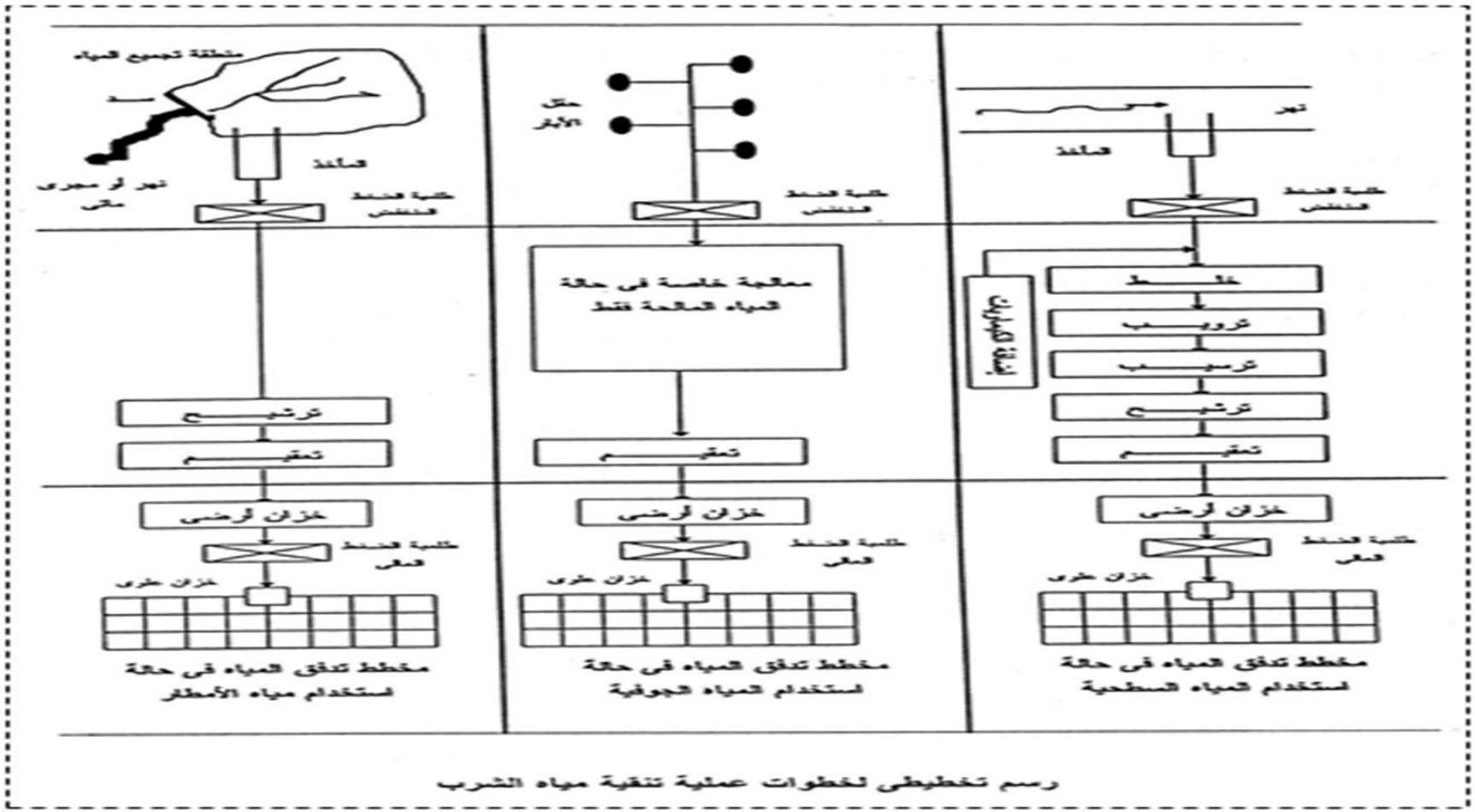
١- تنقية مياه الأمطار .

٢- تنقية المياه الجوفية.

٣- تنقية المياه السطحية .

٤- تحلية مياه البحر .

تنقية المياه السطحية	معالجة مياه الابار في حالة زيادة الاملاح او زيادة نسب الحديد والمنجنيز	تنقية مياه الامطار او في حالة استخدام المرشح الرملي البطئ مع العكارات المنخفضة



رسم تخطيطي لخطوات عملية تنقية مياه الشرب

أنواع محطات تنقية مياه الشرب السطحية من حيث الانتاجية:

الطافة التصميمه > ١٧٠٠٠ م٣/يوم وهي محطات انتاج كبيرة.

الطافة التصميمه < ١٧٠٠٠ م٣/يوم وهي محطات انتاج صغيرة.

تنقية المياه السطحية

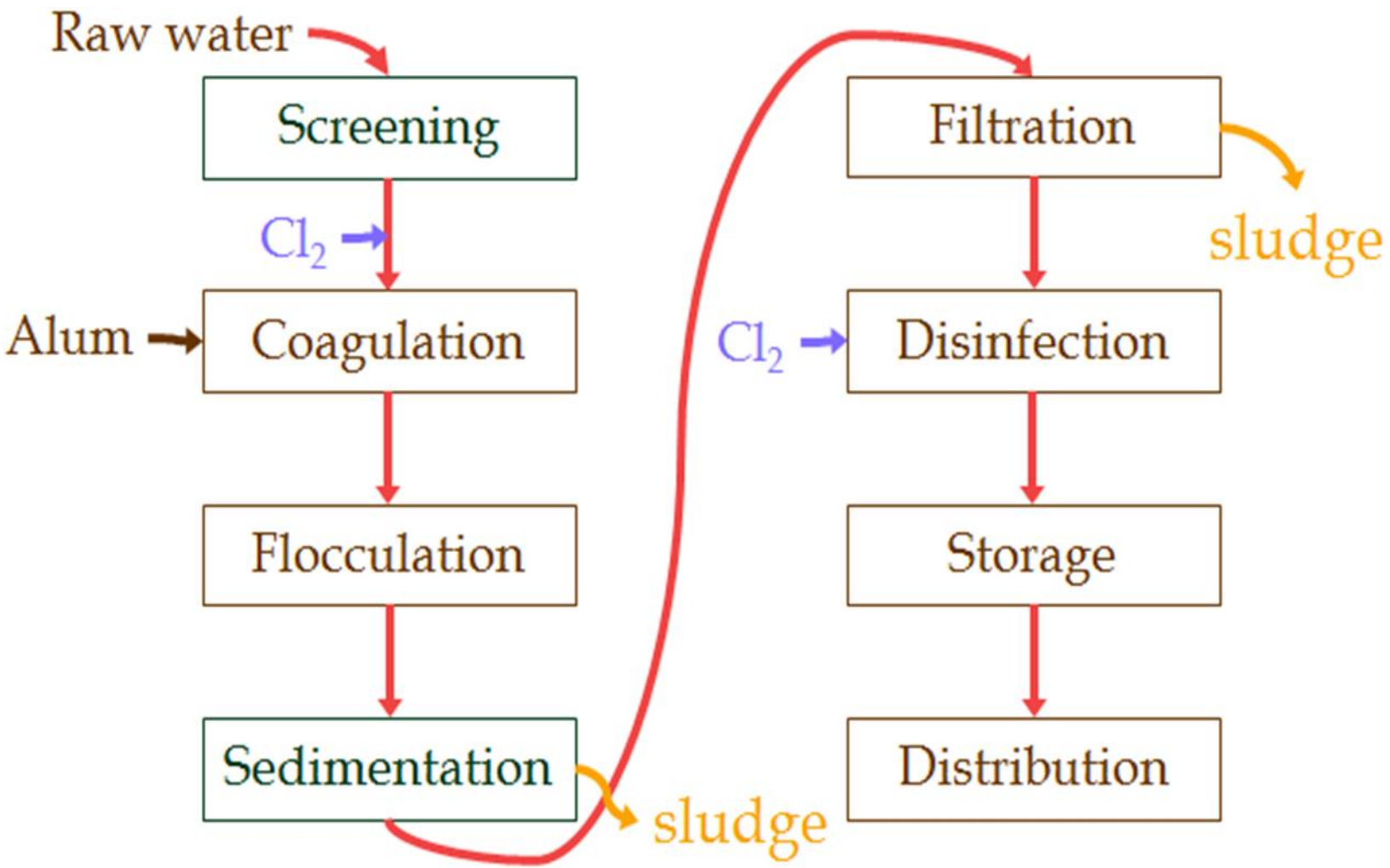
تتم أعمال التنقية لتحقيق الآتي :

١- إزالة الكائنات الحية الدقيقة والقضاء عليها، وخاصة البكتريا الممرضة

٢- تحسين الصفات الطبيعية للماء، وذلك بإزالة اللون والعكاره والرائحة وجعلها مستساغة الطعم ، مقبولة الرائحة.

٣- إزالة بعض المركبات الكيماوية، والتي قد تتعارض مع بعض الاستخدامات الخاصة.

خطوات تنقية المياه السطحية :



مكـــونـات المحطـــة:

المأخذ وطلمبات المياه العكرة

المروقات

المرشحات

خزان المياه المرشحة ونقطة حقن الكلور النهائى

عنبر طلمبات المرشحة والغسيل ونوافخ الهواء

عنبر تح الشبة

عنبر الكلور

المهمات المساعدة (المولدات – المحولات – معمل التحاليل)

المأخذ Intake :

هو الأعمال الإنشائية التي تقام على المصدر المائي ، بغرض سحب المياه العكرة (الخام) سواء كانت الأنهار أو الترع أو البحيرات ، لسحب الماء بطريقة سليمة وبالكميات المناسبة للاحتياجات.

ومنه تمر المياه من خلال المصافي إلى سحارة المأخذ حتى بيارة محطة طلمبات الرفع لضخها إلى عملية التنقية من خلال طلمبات الضغط المنخفض.

عوامل إختيار المأخذ:-

طبيعة مصدر المياه الخام

التغير فى منسوب المياه فى النهر أو البحيرة وتصرفاتها على مدار العام .

كمية المياه المطلوبة من المصدر لعملية التنقية .

احتياجات الملاحة .

تأثير التيارات والفيضانات على مبنى المأخذ . وبُعده عن أماكن الترسيب والنحر لضمان سلامة المنشآت .

بُعد المأخذ عن مصادر التلوث المحتملة

شروط المأخذ :

أن يكون سعته كافية لإمداد المدينة بالمياه اللازمة لمدة طويلة مستقبلية .

أن يكون موقع المأخذ فوق التيار (upstream) بالنسبة للمدينة أو أي مصدر تلوث.

مراجعة مناسيب المياه بالمجرى على مدار عدة سنوات ، والتأكد من مناسبتها. ومراجعة أقصى تغير بين أعلى وأقل منسوب .

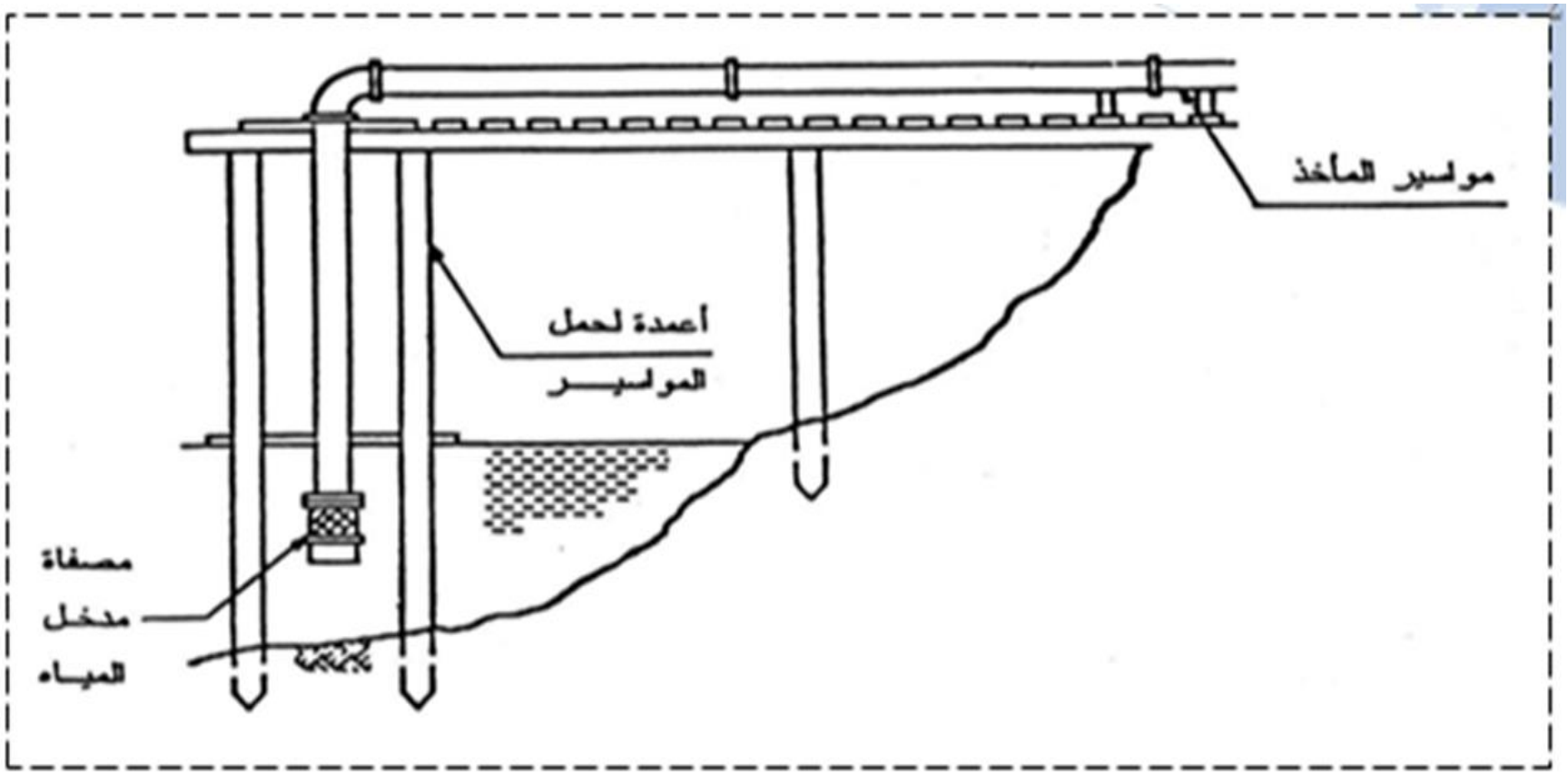
استقامة المجرى المائي في موقع المأخذ المقترح لتلافي مشاكل الترسيب والنحر والتي تنشأ عن وجود منحنيات في المجرى .

أن يكون موقع المأخذ بعيد عن المدينة مسافة تسمح بإمداد المدينة في المستقبل .

تزويد المأخذ بشبكه من القضبان الحديدية التي يسهل الوصول إليها لتنظفيها ،وذلك لمنع دخول المواد الطافية إلى ماسورة المأخذ.

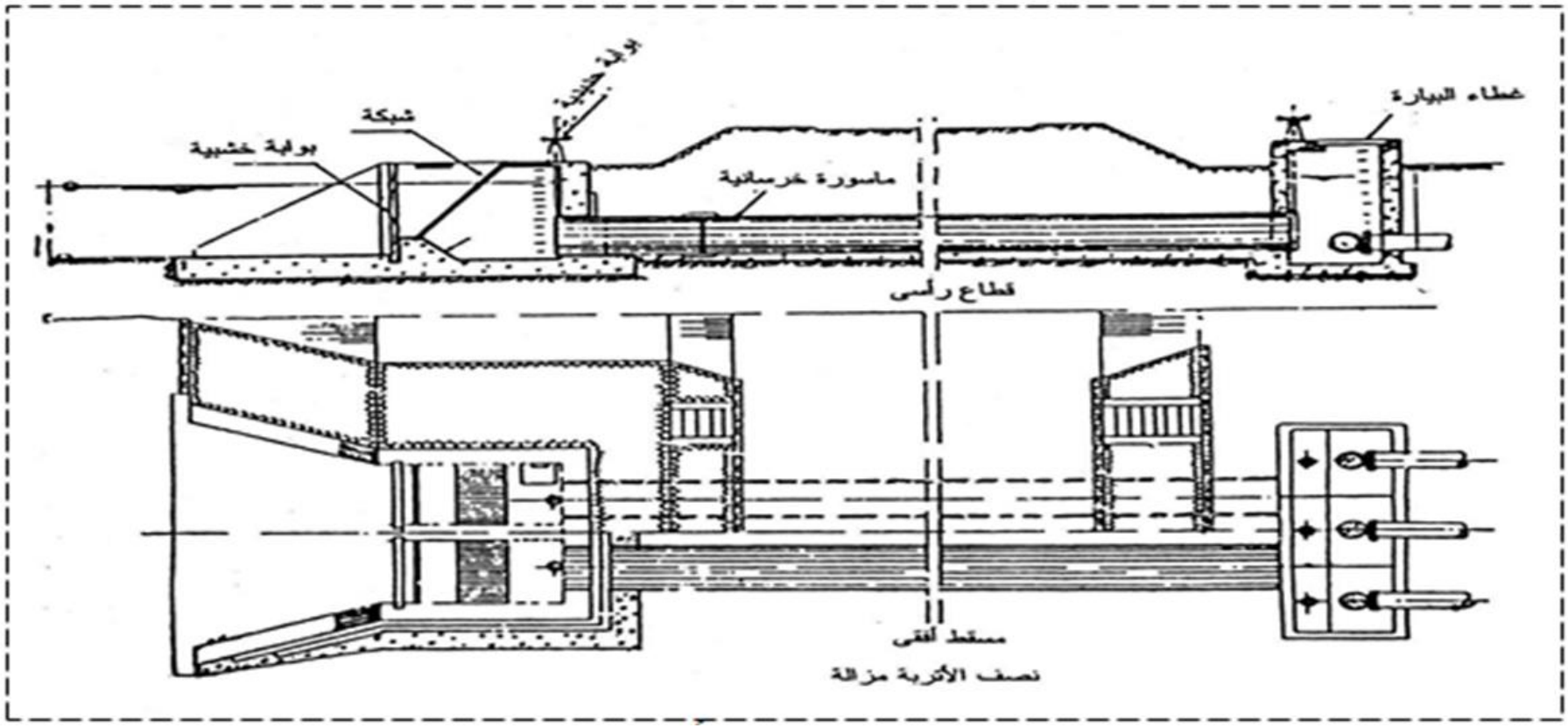
أنواع المـــــآخذ :

مأخذ الماسورة INTAKE PIPE :



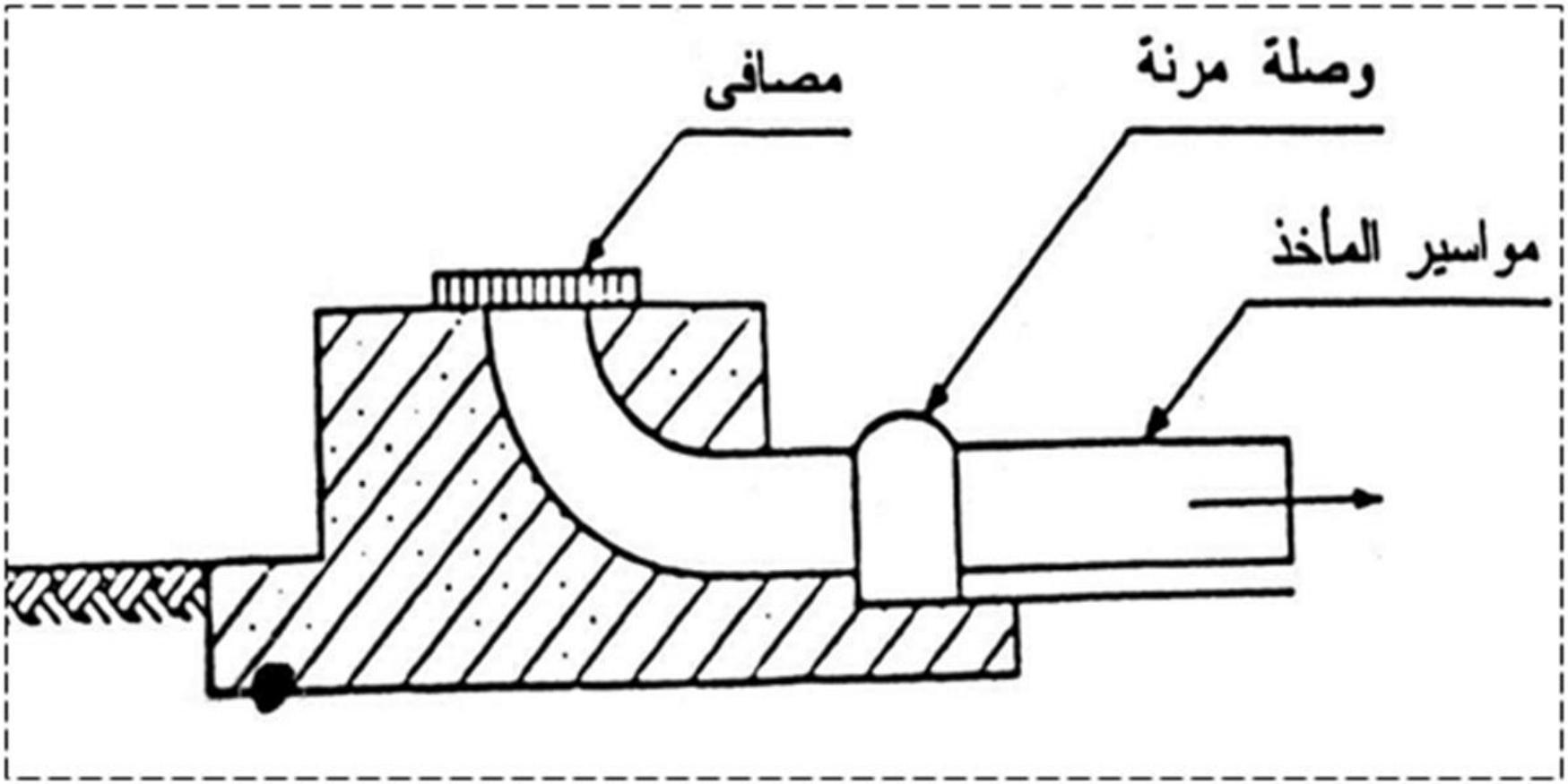
أنواع المـــــآخذ :

مأخذ شاطيء SHORE INTAKE:



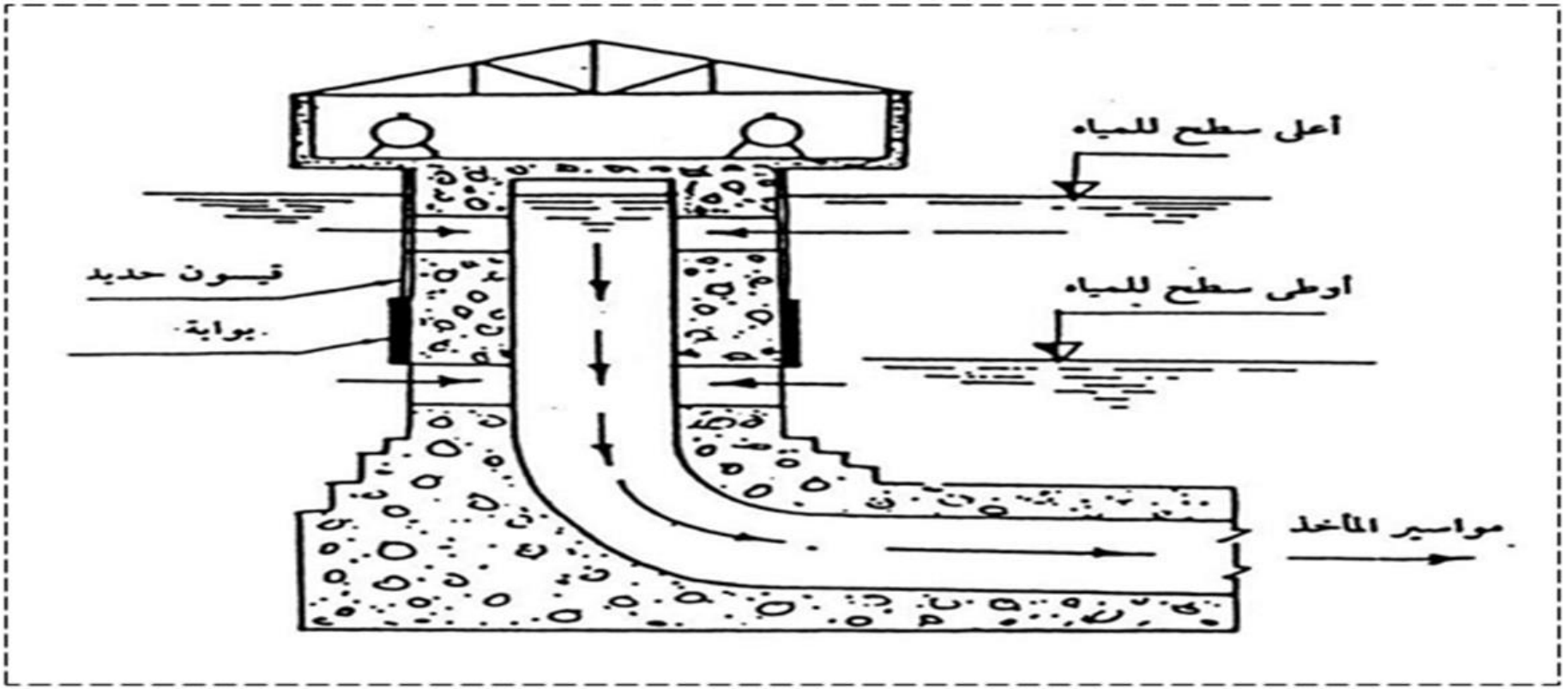
أنواع المـــــآخذ :

مأخذ عميق



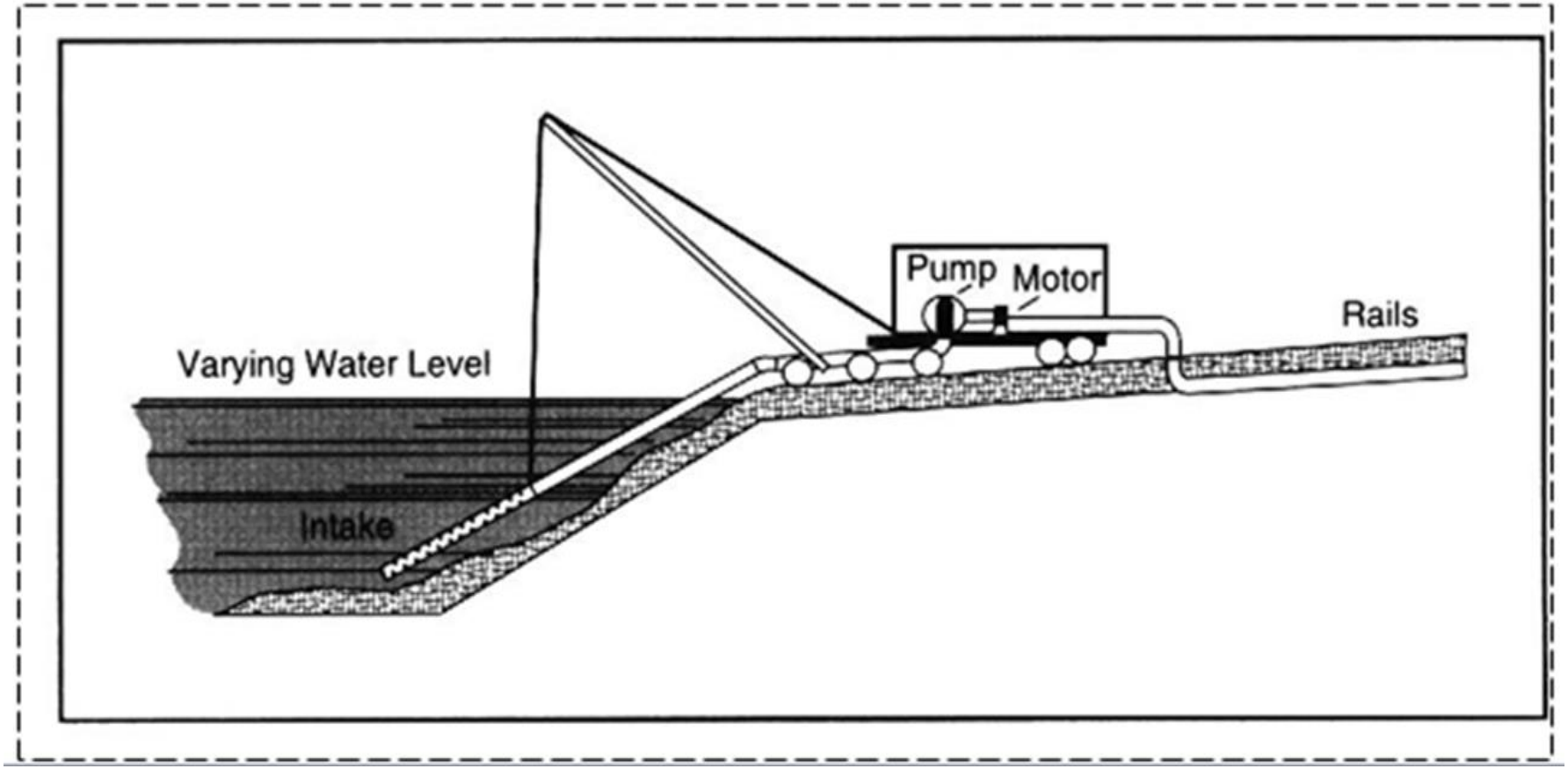
أنواع المـــــآخذ :

مأخذ برج



أنواع المـــــآخذ :

مأخذ مؤقت



المصافي Screening:

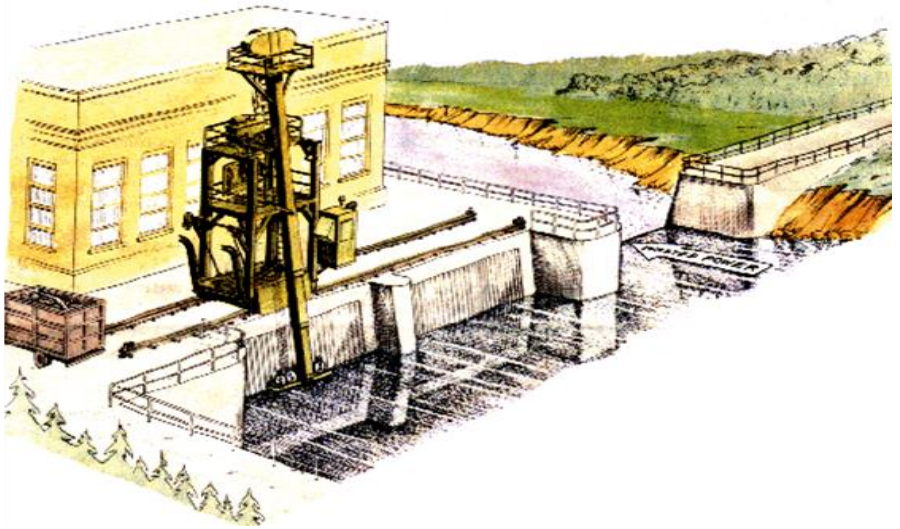
الغرض من المصافي في الأساس هو حجز الأشياء الكبيرة كالأغصان والنباتات والأسماك والأجسام الطافية الأخرى التي يمكن أن تسد أو تتلف أو تعطل معدات المحطة، وهناك أنواع منها قد تستخدم أيضا في حجز العوالق والكائنات الصغيرة .

انواع المصافي:-

أ – المصافي ذات القضبان (Bar screens)

ب – المصافي ذات الشبك (Mesh screens)

جـ المصافي الدقيقة (Micro strainers)

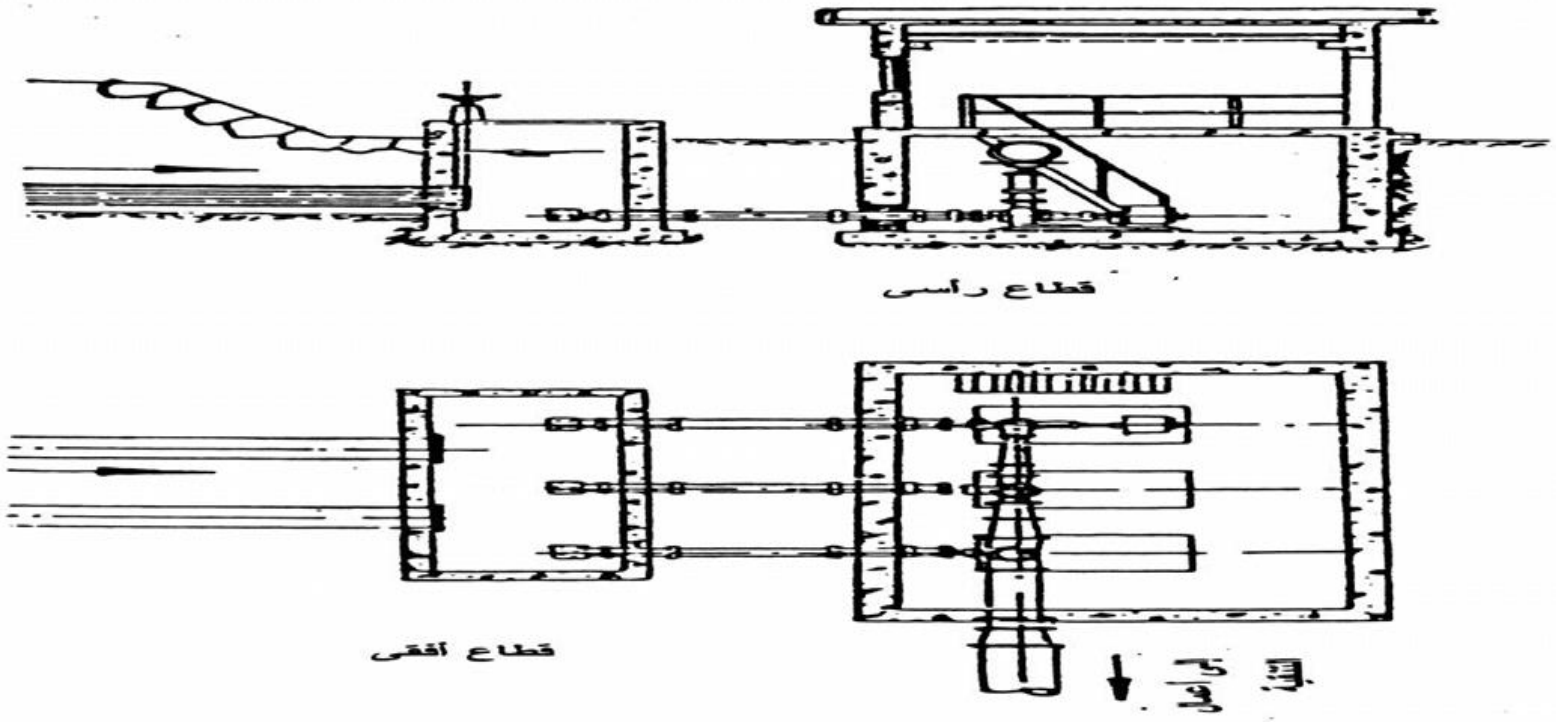


سحارة المأخذ:-

وهي الماسورة الواصلة من مبنى المأخذ على مصدر المياه حتى بيارة طلمبات الضغط المنخفض، وهي قد تكون من الصغر لتصبح ماسورة من الزهر المرن أو الصلب وقد تكون من الكبر لتصبح نفقا من الخرسانة المسلحة.

بيارة طلمبات الضغط المنخفض:

هي البيارة التي تصب فيها المياه الخام الواردة من المأخذ ، لتسحب بواسطة الطلمبات لرفعها إلى وحدات التنقية .



مواسير سحب الطلمبات:

هي المواسير التي تقوم بنقل المياه الخام من بيارة المياه العكرة (بيارة طلمبات الضغط المنخفض) الي مراحل التنقية المختلفة.

طلمبات الضغط المنخفض:

هي الوحدات المستخدمة لرفع المياه الخام من بيارة العكرة إلى بداية مراحل عملية التنقية.

ويراعى في اختيار هذه الوحدات ما يلي:

- أن يكون عدد الوحدات كافياً لظروف التشغيل القصوى، بالإضافة إلى وجود وحدات احتياطية يتراوح عددها من ٢٥ ــ ٥٠ ٪.

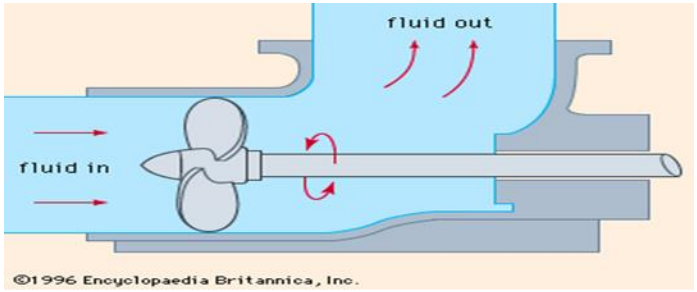
- أن يكون الضغط الكلي للطلمبات كافياً لرفع المياه من البيارة إلى وحدات التنقية في حالة أقل منسوب للمياه عند موقع المأخذ.
- يراعى أن يكون أقل منسوب للمياه في البيارة فوق منسوب مدخل مواسير السحب بمسافة لا تقل عن ثلاثة أمثال قطر الماسورة.

طلمبات الضغط المنخفض:

هي الوحدات المستخدمة لرفع المياه الخام من بيارة العكرة إلى بداية مراحل عملية التنقية .

انواع طلمبات الضغط المنخفض:

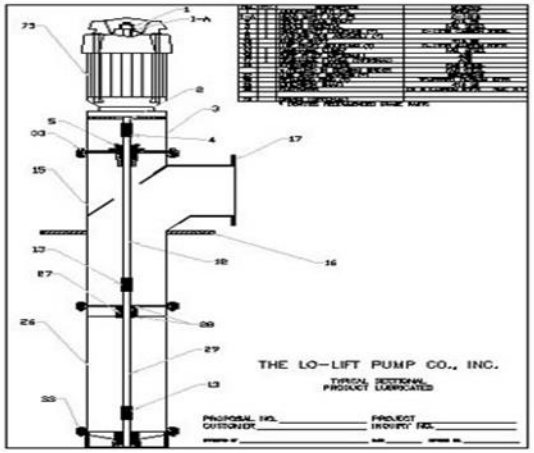
تستعمل لمحطات الرفع المنخفض طلمبات تتميز بأنها ذات تصرف عالى وسرعة نسبية عالية وضغط منخفض .



وفى الغالب تكون أما :

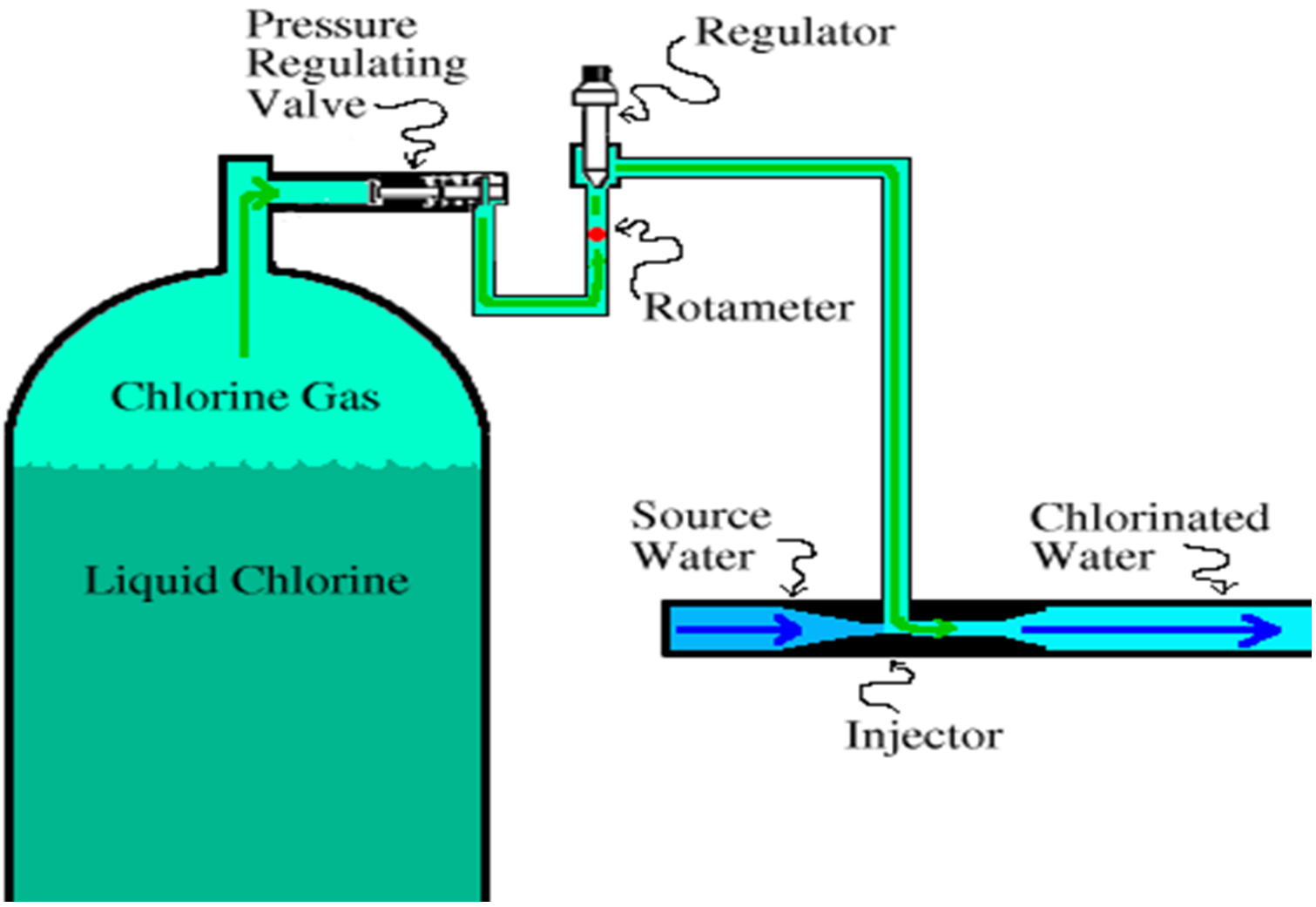
طلمبات محورية *(Axial flow pumps)*

طلمبات مختلطة (*Mixed flow pumps*)



التطهير

disinfection


Pressure
Regulating
Valve
Regulator
Rotameter
Chlorine Gas
Liquid Chlorine
Source
Water
Chlorinated
Water
Injector

الحاجة اليه:

عادة ما تكون مصادر المياه ملوثة بالامراض والتي يحملها الانسان او المتولدة منها.

ولذلك فقد ينشر مصدر مياه الشرب الامراض للمجتمع،كما يمكن للكائنات الممرضة الموجودة في المياه وعلي الاخص البكتريا ذات الاصل المعوي (البكتريا القولونية) أن تعيش لفترات طويلة.

يمكن عمل تحسين لنوعية المياه بعدة طرق:

١- حماية وتحسين المصدر.

٢- كما يستطيع المرشح الرملي البطئ إزالة ٩٠% من نسب البكتريا.

٣- في كل الأحوال حتي نستطيع التأكد بشكل مطلق،من أن الكائنات المرضية المتولدة في الماء قد قضي عليها فمن الضروري استعمال المطهر (الكلور والهيبوكلوريت و برمنجانات البوتاسيوم و .....)

الكائنات الموجودة في المياه:

انواع الكائنات الحية من حيث التأثير علي الصحة:

Pathogenic organisms are disease causing

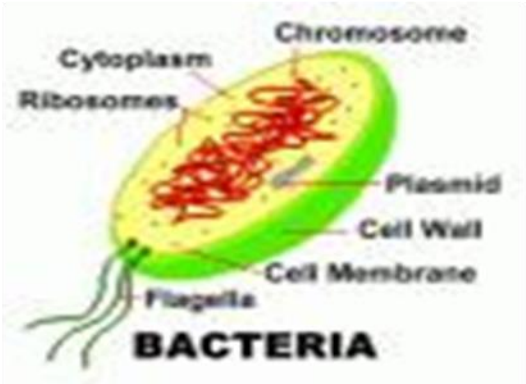
Non-pathogenic organisms are non-disease causing

انواع الكائنات الممرضة :

Bacteria, Viruses, & Protozoa

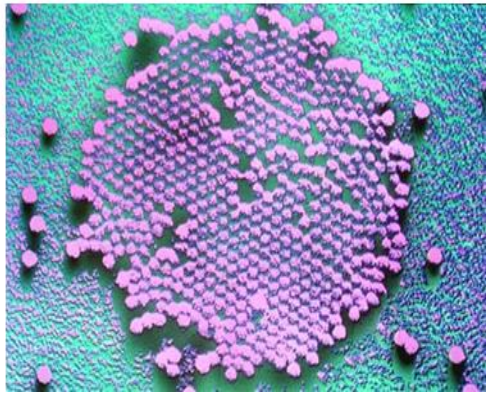
Bacteria

Organism	Disease	Primary Source
Shigella	Bacillary disentary	Human Feces
Salmonella	Salmonellosis	Human/animal Feces
E. Coli	Gastroenteritis	Human Feces
Vibro Cholerae	Cholera	Human Feces



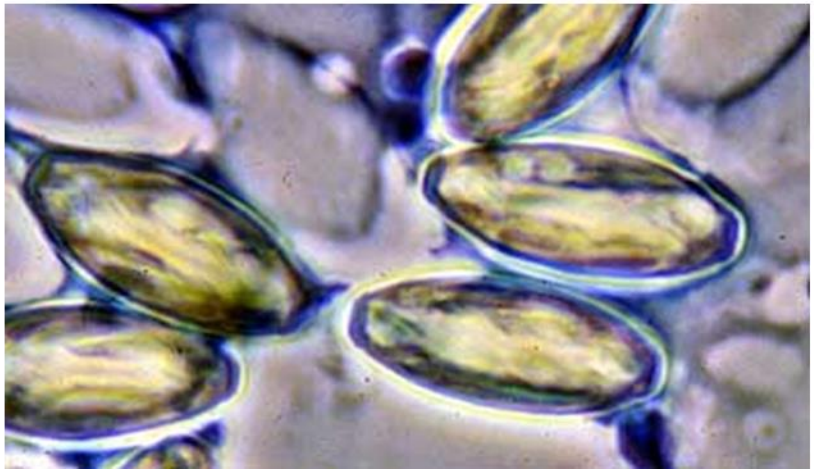
Viruses

Organism	Disease	Primary Source
Hepatitus A	Infectious Hepatitis	Human Feces
Coxsackievirus A&B	Aseptic meningitis	Human Feces
Rotavirus	Gastroenteritis	Human Feces
Adenoviruses	Upper respiratory & Gastrointestianilln	Human Feces



Protozoans

Organism	Disease	Primary Source
Giardia lamblia	Giardiasis	Human/animal Feces
Cryptosporidium	Cryptosporidiosis	Human/animal Feces
Entamoeba histolytica	Aomebic dysentary	Human/animal Feces



طرق التطهير:

فيزيـــــــائيـــــــــــة

كيمـــــــــائيـــــــــة

طرق التطهير الفيزيائية:

غلي المياه:

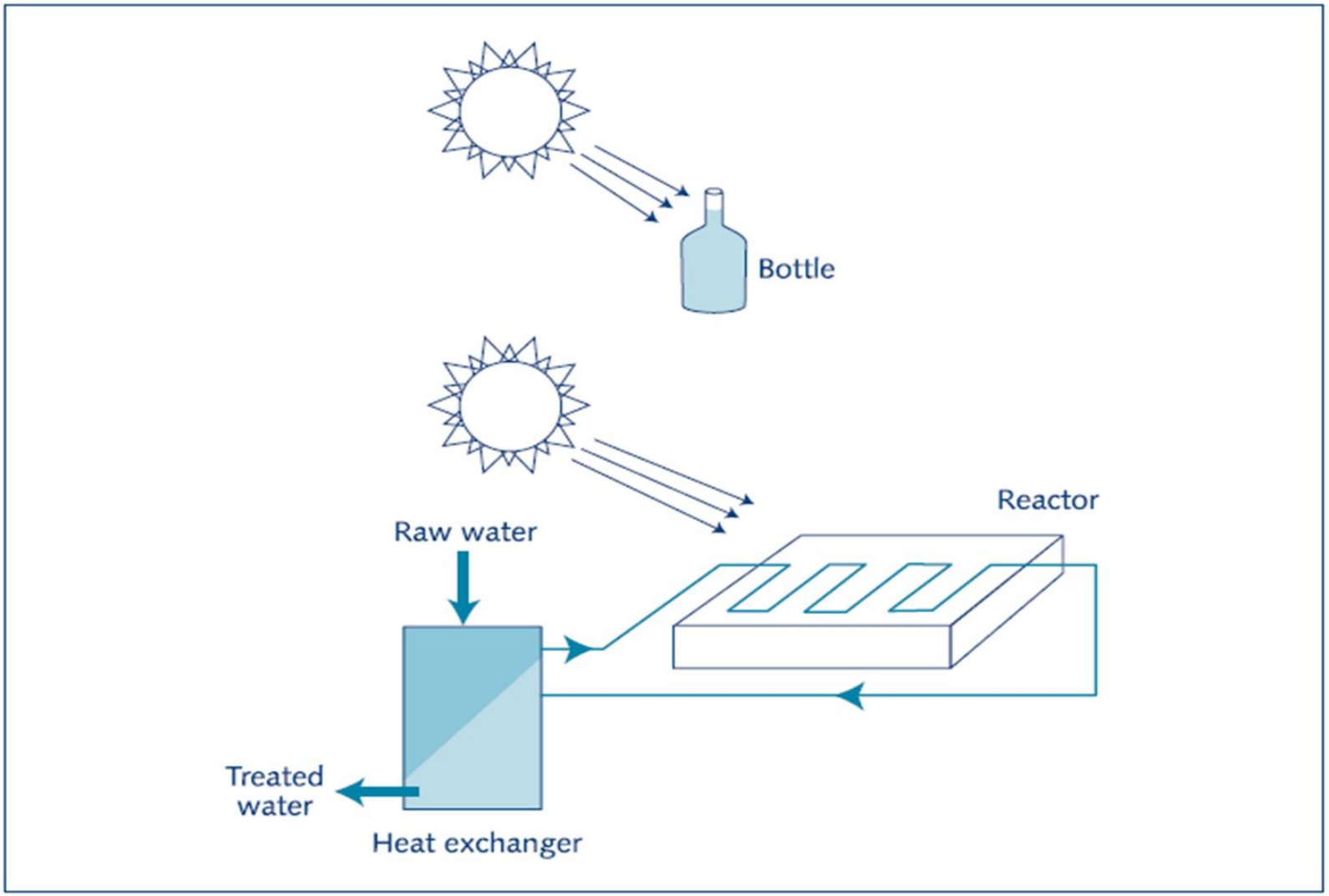
يستخدم هذا الأسلوب في بعض المناطق من العالم وهي مكلفة بالنسبة للمستخدم (الكثير من استهلاك الوقود). ولكن المستهلكون عادة لا يحبون طعم المياه مغلي وتستغرق المياه وقتا طويلا للتبريد. ومع ذلك، فهي طريقة فعالة جدا كعلاج منزلي، كما أنه يدمر الكائنات الدقيقة الممرضة مثل الفيروسات والبكتيريا، السركاريا، الحويصلات والبويضات.

طرق التطهير الفيزيائية:

الاشعة الشمسية:

استخدام الطاقة الشمسية للتطهير تعمل على مبدأ مختلف عن الغليان . فهي تستخدم تقنية البسترة ،والذي يقوم على أساس العلاقة بين الوقت / درجة الحرارة، لتدمير الجراثيم المسببة للأمراض التي قد تكون موجودة في المياه.

فقد لوحظ أن التدفئة الماء فوق ٦٢,٨ درجة مئوية لمدة ٣٠ دقيقة أو ٧١,٧ درجة مئوية لمدة ١٥ ثانية كافية لإزالة بكتيريا التي تنتقل عن طريق المياه، والفيروسات المعوية من المياه الملوثة.


Bottle
Reactor
Raw water
Treated water
Heat exchanger

طرق التطهير الفيزيائية:

الاشعة الفوق بنفسجية:

آلية التطهير هو تأثير الموجات القصيرة علي (DNA) للكائنات الدقيقة والفيروسات، وقتلهم في وقت قصير جدا.

المعلمات الأكثر أهمية تحديد كفاءة التطهير هي:

- طول الموجة
- حالة الماء
- شدة الإشعاع
- نوع الكائنات الدقيقة

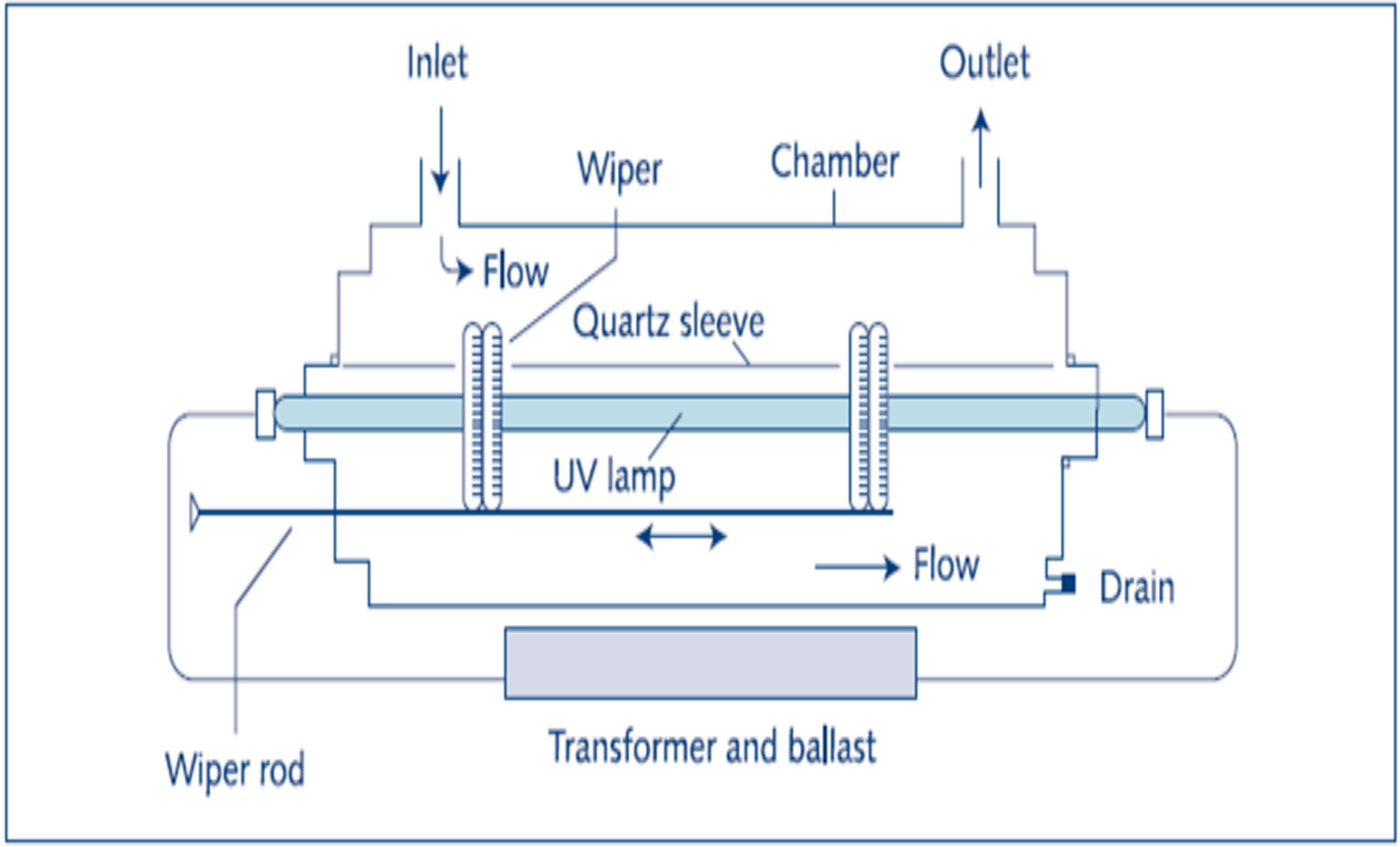
طرق التطهير الفيزيائية:

الاشعة الفوق بنفسجية.

موجات الأشعة فوق البنفسجية تتراوح بين ١٠٠-٤٠٠ نانومتر:

- الأشعة فوق البنفسجية A : 315 - 400 نانومتر
- الأشعة فوق البنفسجية B: ٢٨٠-٣١٥ نانومتر
- الأشعة فوق البنفسجية C :280 - 100 نانومتر

الجزء مبيد للجراثيم هي الأشعة فوق البنفسجية C


Inlet
Outlet
Wiper
Chamber
Flow
Quartz sleeve
UV lamp
Flow
Drain
Wiper rod
Transformer and ballast

طرق التطهير الكيمائية:

الكلور ومركباته

البرمنجانات

الاوزون

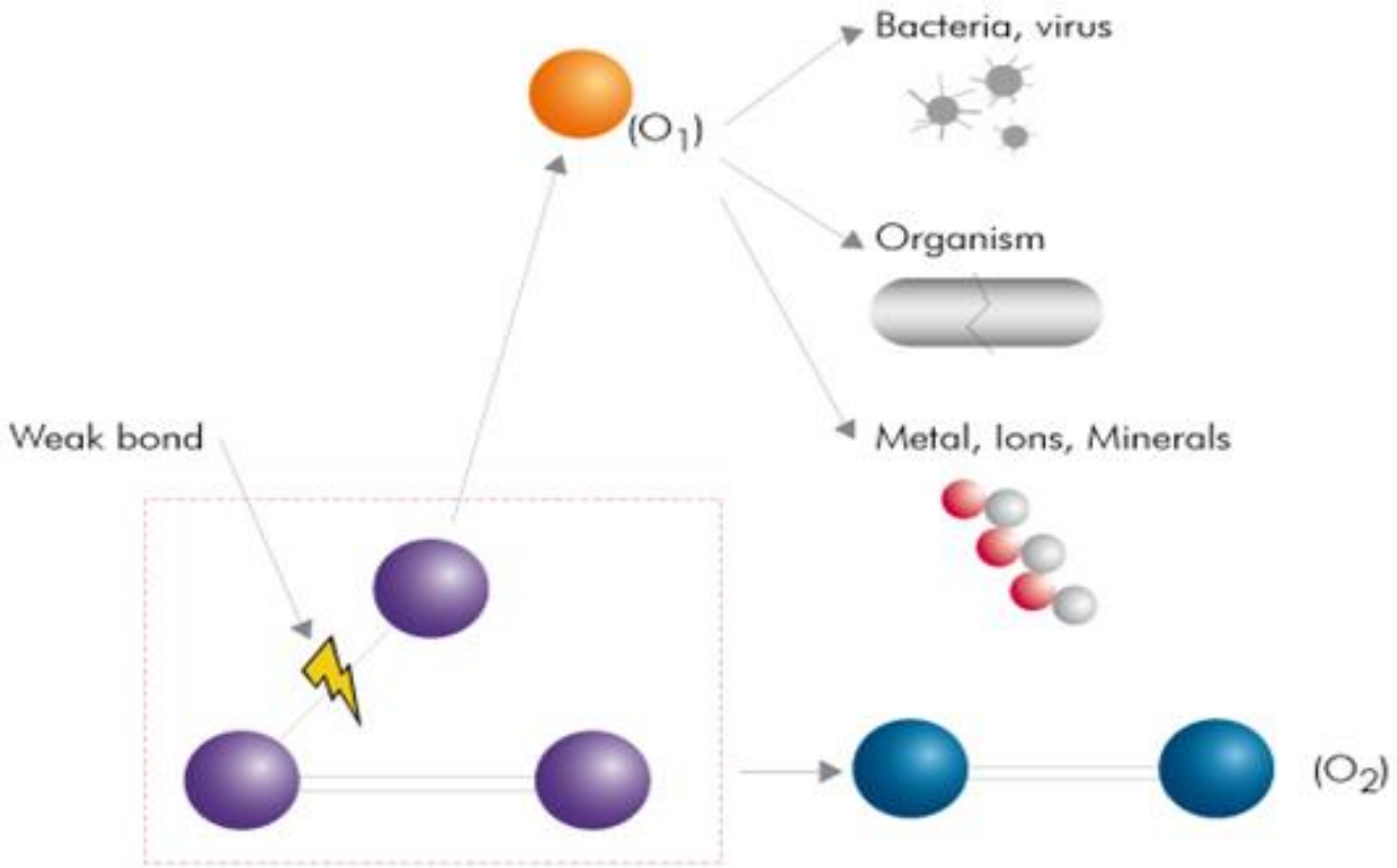
اليود

المعادن مثل النحاس والفضة وغيرها.

الأوزون :

يستخدم غاز الأوزون فى تعقيم المياه فى الدول الأوروبية لفاعليته فى قتل مسببات الأمراض وإزالة أسباب الطعم والرائحة من المياه . ويستعمل الأوزون فى عمليات المياه الكبرى والصغيرة وحمامات السباحة ويستخدم فى مصر لتعقيم المياه المعبأه.

الأوزون مؤكسد قوي جدا، وفعال في القضاء على المواد العضوية وفي القضاء على المركبات التي تعطي طعم أو لون. وفي الوقت الحاضر يستخدم في العديد من مرافق المياه في البلدان الصناعية. والأوزون لا يترك عادة متبقي قابل للقياس.


Bacteria, virus
(O_1)
Organism
Weak bond
Metal, Ions, Minerals
(O_2)

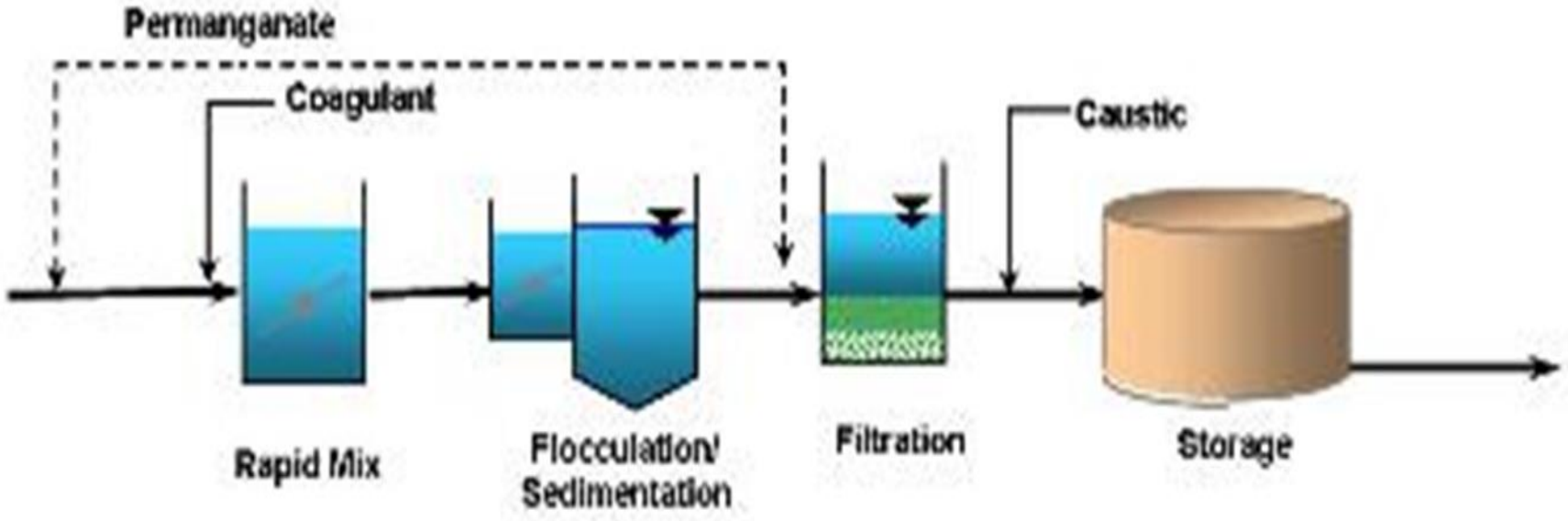
اليود:

اليود له خصائص جذابة كمطهر. وذلك لانه فعال ضد البكتريا والفيروسات في مدي واسع من الاس الهيدروجيني. في الواقع، اليود، على عكس الهالوجينات الأخرى، يصبح اليود مبيد للفيروسات بفعالية أكثر كلما زادت درجة الحموضة.

وعلى الرغم من خصائص اليود كمطهر لم يستخدم في معالجة المياه علي نطاق واسع. وذلك لانه أكثر تكلفة (حوالي عشر مرات أكثر تكلفة) من الكلور كما أن إستخدامه ذو تأثير علي الاشخاص الحساسين علي اليود.

البرمنجانات:

عامل مؤكسد قوي، ولقد وجد أن البرمنجانات فعالة ضد الكوليرا ولكنها ليست فعالة لمسببات الأمراض الأخرى. كما أنها تسبب لون، وبالتالي فإنها ليست مطهر جيد لمياه الشرب.



المعادن مثل النحاس والفضة:

الأيونات المعدنية عدة (الذهب والفضة والنحاس والزئبق وغيرها) لها خصائص مبيد للجراثيم معظمها تسمى **oligodynamia**، الا انها لها مجموعة من العيوب:

الذهب باهظ الثمن، والنحاس جيد باعتباره مبيد الطحالب ولكن ليس مبيد للجراثيم جيد؛

الزئبق سام

الفضة لها خصائص جيدة نسبيا لتطهير المياه.

الكلور ومركباته:

لاشك أن أكثر هذه الطرق استعمالا هي الكلورة وذلك لأن الكلور يمكنه قتل الكائنات الممرضة البكتيرية والفيروسات ، مثل تللك التي تسبب الاصابة بالتهاب الكبد والتهاب سحابية النخاع وايضا من الفوائد الثانوية للكلور تأكسد الحديد والمنجنيزوكبرتيد الهيدروجين والقضاء علي بعض المركبات التي تسبب الرائحة والطعم والسيطرة عي نمو الطحالب

Water treatment processes

Water contaminants

- Chemicals
  - Inorganics
  - Organics
    - Synthetic organic compounds
    - Volatile organic compounds

Microbes

- Viruses
- Bacteria
- Protozoa parasites
- Algae
- Helminths

Water contaminants (I)

TABLE 1.9 USEPA National Primary Drinking Water Contaminant Standards

Contaminant	MCLG (mg/L)	MCL (mg/L)	Potential health effects	Sources of drinking water contamination
			Fluoride Rule[a]	
Fluoride	4.0	4.0	Skeletal and dental fluorosis	Natural deposits; fertilizer, aluminum industries; drinking water additive
			Phase I Volatile Organics[b]	
Benzene	Zero	0.005	Cancer	Some foods; gas, drugs, pesticide, paint, plastic industries
Carbon Tetrachloride	Zero	0.005	Cancer	Solvents and their degradation products
p-dichlorobenzene	0.075	0.075	Cancer	Room and water deodorants and "mothballs"
1,2-dichloroethane	Zero	0.005	Cancer	Leaded gas, fumigants, paints
1,1-dichloroethylene	0.007	0.007	Cancer, liver and kidney effects	Plastics, dyes, perfumes, paints
Trichloroethylene	Zero	0.005	Cancer	Textiles, adhesives and metal degreasers
1,1,1-trichloroethane	0.2	0.2	Liver, nervous system effects	Adhesives, aerosols, textiles, paints, inks, metal degreasers
Vinyl chloride	Zero	0.002	Cancer	May leach from PVC pipe; formed by solvent breakdown
			Surface Water Treatment Rule[c] and Total Coliform Rule[d]	
Giardia lamblia	Zero	TT[e]	Gastroenteric disease	Human and animal fecal wastes
Legionella	Zero	TT	Legionnaire's disease	Natural waters; can grow in water heating systems
Heterotrophic plate count	N/A	TT	Indicates water quality, effectiveness of treatment	
Total coliform	Zero	<5%+	Indicates gastroenteric pathogens	Human and animal fecal waste
Escherichia coli	Zero	TT	Gastroenteric disease	Human and animal fecal waste
Fecal coliforms	Zero	TT	Indicates gastroenteric pathogens	Human and animal fecal waste
Turbidity	N/A	TT	Interferes with disinfection	Soil runoff
Viruses	Zero	TT	Gastroenteric disease	Human and animal fecal waste
			Phase II Rule Inorganics[f]	
Asbestos (>10 μm)	7 MFL[g]	7 MFL	Cancer	Natural deposits; asbestos cement in water systems
Barium	2	2	Circulatory system effects	Natural deposits; pigments, epoxy sealants, spent coal
Cadmium	0.005	0.005	Kidney effects	Galvanized pipe corrosion; natural deposits; batteries, paints
Chromium (total)	0.1	0.1	Liver, kidney, circulatory disorders	Natural deposits; mining, electroplating, pigments

Water contaminants (II)

Mercury (inorganic)	0.002	0.002	Kidney, nervous system disorders	Crop runoff; natural deposits; batteries, electrical switches
Nitrate	10	10	Methemoglobulinemia	Animal waste, fertilizer, natural deposits, septic tanks, sewage
Nitrite	1	1	Methemoglobulinemia	Same as nitrate; rapidly converted to nitrate
Nitrate + Nitrite	10	10		
Selenium	0.05	0.05	Liver damage	Natural deposits; mining, smelting, coal/oil combustion
			Phase II Rule Organics[a]	
Acrylamide	Zero	TT	Cancer, nervous system effects	Polymers used in sewage/waste water treatment
Alachlor	Zero	0.002	Cancer	Runoff from herbicide on corn, soybeans, other crops
Aldicarb	Delayed	Delayed	Nervous system effects	Insecticide on cotton, potatoes, other crops; widely restricted
Aldicarb sulfone	Delayed	Delayed	Nervous system effects	Biodegradation of aldicarb
Aldicarb sulfoxide	Delayed	Delayed	Nervous system effects	Biodegradation of aldicarb
Atrazine	Remanded	Remanded	Mammary gland tumors	Runoff from use as herbicide on corn and noncropland
Carbofuran	0.04	0.04	Nervous, reproductive system effects	Soil fumigant on corn and cotton; restricted in some areas
Chlordane	Zero	0.002	Cancer	Leaching from soil treatment for termites
Chlorobenzene	0.1	0.1	Nervous system and liver effects	Waste solvent from metal degreasing processes
2,4-D	0.07	0.07	Liver and kidney damage	Runoff from herbicide on wheat, corn, rangelands, lawns
o-Dichlorobenzene	0.6	0.6	Liver, kidney, blood cell damage	Paints, engine cleaning compounds, dyes, chemical wastes
cis-1,2-dichloroethylene	0.07	0.07	Liver, kidney, nervous, circulatory system effects	Waste industrial extraction solvents
trans-1,2-dichloroethylene	0.1	0.1	Liver, kidney, nervous, circulatory system effects	Waste industrial extraction solvents
Dibromochloropropane	Zero	0.0002	Cancer	Soil fumigant on soybeans, cotton, pineapple, orchards
1,2-dichloropropane	Zero	0.005	Liver, kidney effects; cancer	Soil fumigant; waste industrial solvents
Epichlorohydrin	Zero	TT	Cancer	Water treatment chemicals; waste epoxy resins, coatings
Ethylbenzene	0.7	0.7	Liver, kidney, nervous system effects	Gasoline; insecticides; chemical manufacturing wastes
Ethylene dibromide	Zero	0.00005	Cancer	Leaded gas additives; leaching of soil fumigant
Heptachlor	Zero	0.0004	Cancer	Leaching of insecticide for termites, very few crops
Heptachlor epoxide	Zero	0.0002	Cancer	Biodegradation of heptachlor
Lindane	0.0002	0.0002	Liver, kidney, nervous system, immune system, and circulatory system effects	Insecticide on cattle, lumber, gardens; restricted in 1983

Water contaminants (III)

TABLE 1.9 USEPA National Primary Drinking Water Contaminant Standards (*Continued*)

Contaminant	MCLG (mg/L)	MCL (mg/L)	Potential health effects	Sources of drinking water contamination
			Phase II Rule Organics[h]	
Methoxychlor	0.04	0.04	Growth, liver, kidney, and nervous system effects	Insecticide for fruits, vegetables, alfalfa, livestock, pets
Pentachlorophenol	Zero	0.001	Cancer; liver and kidney effects	Wood preservatives, herbicide, cooling tower wastes
PCBs	Zero	0.0005	Cancer	Coolant oils from electrical transformers; plasticizers
Styrene	0.1	0.1	Liver, nervous system	Plastics, rubber, resin, drug damage industries; leachate from city landfills
Tetrachloroethylene	Zero	0.005	Cancer	Improper disposal of dry cleaning and other solvents
Toluene	1	1	Liver, kidney, nervous system and circulatory system effects	Gasoline additive; manufacturing and solvent operations
Toxaphene	Zero	0.003	Cancer	Insecticide on cattle, cotton, soybeans; cancelled in 1982
2,4,5-TP	0.05	0.05	Liver and kidney damage	Herbicide on crops, right-of-way, golf courses; cancelled in 1983
Xyenes (total)	10	10	Liver, kidney, nervous system effects	By-product of gasoline refining; paints, inks, detergents
			Lead and Copper Rule[i]	
Lead	Zero	TT#[j]	Kidney, nervous system damage	Natural/industrial deposits; plumbing solder, brass alloy faucets
Copper	1.3	TT##[k]	Gastrointestinal irritation	Natural/industrial deposits; wood preservatives, plumbing
			Phase V Inorganics[l]	
Antimony	0.006	0.006	Cancer	Fire retardents, ceramics, electronics, fireworks, solder
Beryllium	0.004	0.004	Bone, lung damage	Electrical, aerospace, defense industries
Cyanide	0.2	0.2	Thyroid, nervous system	Electroplating, steel, damage plastics, mining, fertilizer
Nickel	Remanded	Remanded	Heart, liver damage	Metal alloys, electroplating, batteries, chemical production
Thallium	0.0005	0.002	Kidney, liver, brain, intestinal effects	Electronics, drugs, alloys, glass
			Phase V Organics[m]	
Adipate (di(2-ethylhexyl))	0.4	0.4	Decreased body weight	Synthetic rubber, food packaging, cosmetics
Dalapon	0.2	0.2	Liver, kidney effects	Herbicide on orchards, beans, coffee, lawns, roads, railways
Dichloromethane	Zero	0.005	Cancer	Paint stripper, metal degreaser, propellant, extractant

Water contaminants (IV)

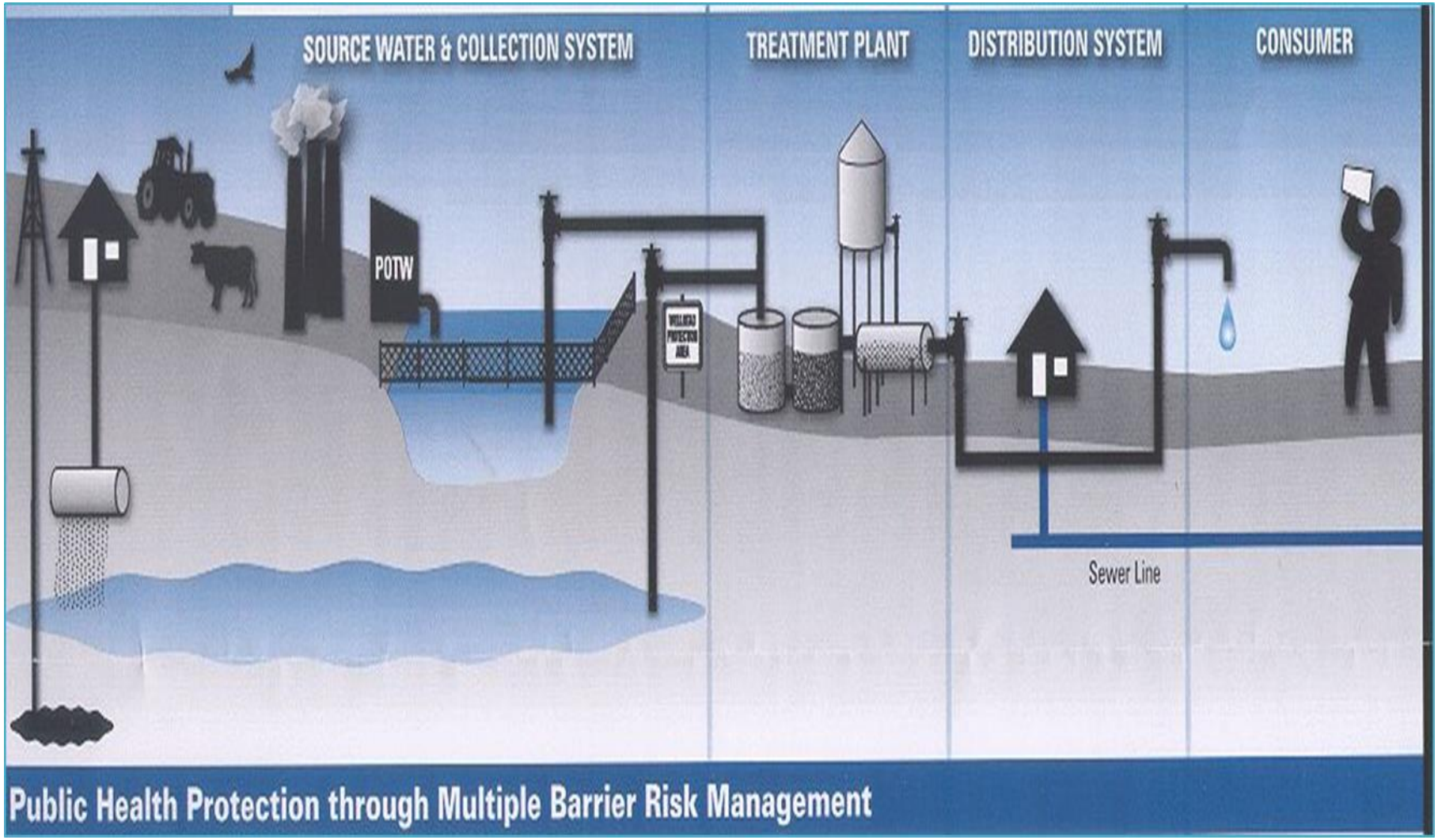
Dinoseb	0.007	0.007	Thyroid, reproductive organ damage	Runoff of herbicide from crop and noncrop applications
Diquat	0.02	0.02	Liver, kidney, eye effects	Runoff of herbicide on land and aquatic weeds
Dioxin	Zero	3×10^{-8}	Cancer	Chemical production by-product; impurity in herbicides
Endothall	0.1	0.1	Liver, kidney, gastrointestinal effects	Herbicide on crops, land/aquatic weeds; rapidly degraded
Endrin	0.002	0.002	Liver, kidney, heart damage	Pesticide on insects, rodents, birds; restricted since 1980
Glyphosate	0.7	0.7	Liver, kidney damage	Herbicide on grasses, weeds, brush
Hexachlorobenzene	Zero	0.001	Cancer	Pesticide production waste by-product
Hexachlorocyclo-pentadiene	0.05	0.05	Kidney, stomach damage	Pesticide production intermediate
Oxamyl (vydate)	0.2	0.2	Kidney damage	Insecticide on apples, potatoes, tomatoes
PAHs (benzo(a)-pyrene)	Zero	0.0002	Cancer	Coal tar coatings; burning organic matter; volcanoes, fossil fuels
Phathalate (di(2-ethylhexyl)	Zero	0.006	Cancer	PVC and other plastics
Picloram	0.5	0.5	Kidney, liver damage	Herbicide on broadleaf and woody plants
Simazine	0.004	0.004	Cancer	Herbicide on grass sod, some crops, aquatic algae
1,2,4-Trichlorobenzene	0.07	0.07	Liver, kidney damage	Herbicide production; dye carrier
1,1,2-Trichloroethane	0.003	0.005	Kidney, liver, nervous system damage	Solvent in rubber, other organic products; chemical production wastes
Interim (I) and proposed (P) standards for radionuclides[n] (USEPA 1976a, 1991e)				
Beta/photon emitters (I)	—	4 mrem/yr	Cancer	Natural and manmade deposits
Beta/photon emitters (P)	Zero	4 mrem/yr	Cancer	Natural and manmade deposits
Alpha emitters (I)	—	15 pCi/L	Cancer	Natural deposits
Alpha emitters (P)	Zero	15 pCi/L	Cancer	Natural deposits
Radium 226 +228 (I)	—	5 pCi/L	Bone cancer	Natural deposits
Radium 226 (P)	Zero	20 pCi/L	Bone cancer	Natural deposits
Radium 228 (P)	Zero	20 pCi/L	Bone cancer	Natural deposits
Uranium (P)	Zero	0.02	Cancer	Natural deposits
Disinfection by-products[o] (USEPA 1998g)				
Bromate	Zero	0.010	Cancer	Ozonation by-product
Bromodichloromethane	Zero	See TTHMs	Cancer, liver, kidney, and reproductive effects	Drinking water chlorination by-product
Bromoform	Zero	See TTHMs	Cancer, nervous system, liver and kidney effects	Drinking water chlorination by-product

Water contaminants (V)

TABLE 1.9 USEPA National Primary Drinking Water Contaminant Standards (*Continued*)

Contaminant	MCLG (mg/L)	MCL (mg/L)	Potential health effects	Sources of drinking water contamination
		Disinfection by-products[o] (USEPA 1998g)		
Chlorite	0.8	1.0	Developmental neurotoxicity	Chlorine dioxide by-product
Chloroform	Zero	See TTHMs	Cancer, liver, kidney, reproductive effects	Drinking water chlorination by-product
Dibromochloromethane	0.06	See TTHMs	Nervous system, liver, kidney, reproductive effects	Drinking water chlorination by-product
Dichloroacetic acid	Zero	See HAA5	Cancer, reproductive, developmental effects	Drinking water chlorination by-product
Haloacetic acids (HAA5)[p]	Zero	0.060 (stage 1)	Cancer and other effects	Drinking water chlorination by-products
Trichloroacetic acid	0.3	See HAA5	Liver, kidney, spleen, developmental effects	Drinking water chlorination by-product
Total trihalomethanes (TTHMs)	Zero	0.080 (stage 1)	Cancer and other effects	Drinking water chlorination by-products
		Interim Enhanced Surface Water Treatment Rule (USEPA 1998h)		
Cryptosporidium	Zero	TT	Gastroenteric disease	Human and animal fecal waste
		Other interim (I) and proposed (P) standards[q]		
Sulfate (P)	500	500[r]	Diarrhea	Natural deposits
Arsenic (I)	—	0.05	Skin, nervous system toxicity, cancer	Natural deposits; smelters, glass, electronics wastes; orchards

Multiple barrier concept for public health protection



Multiple Barrier Approach to Protect Public Health in Drinking Water

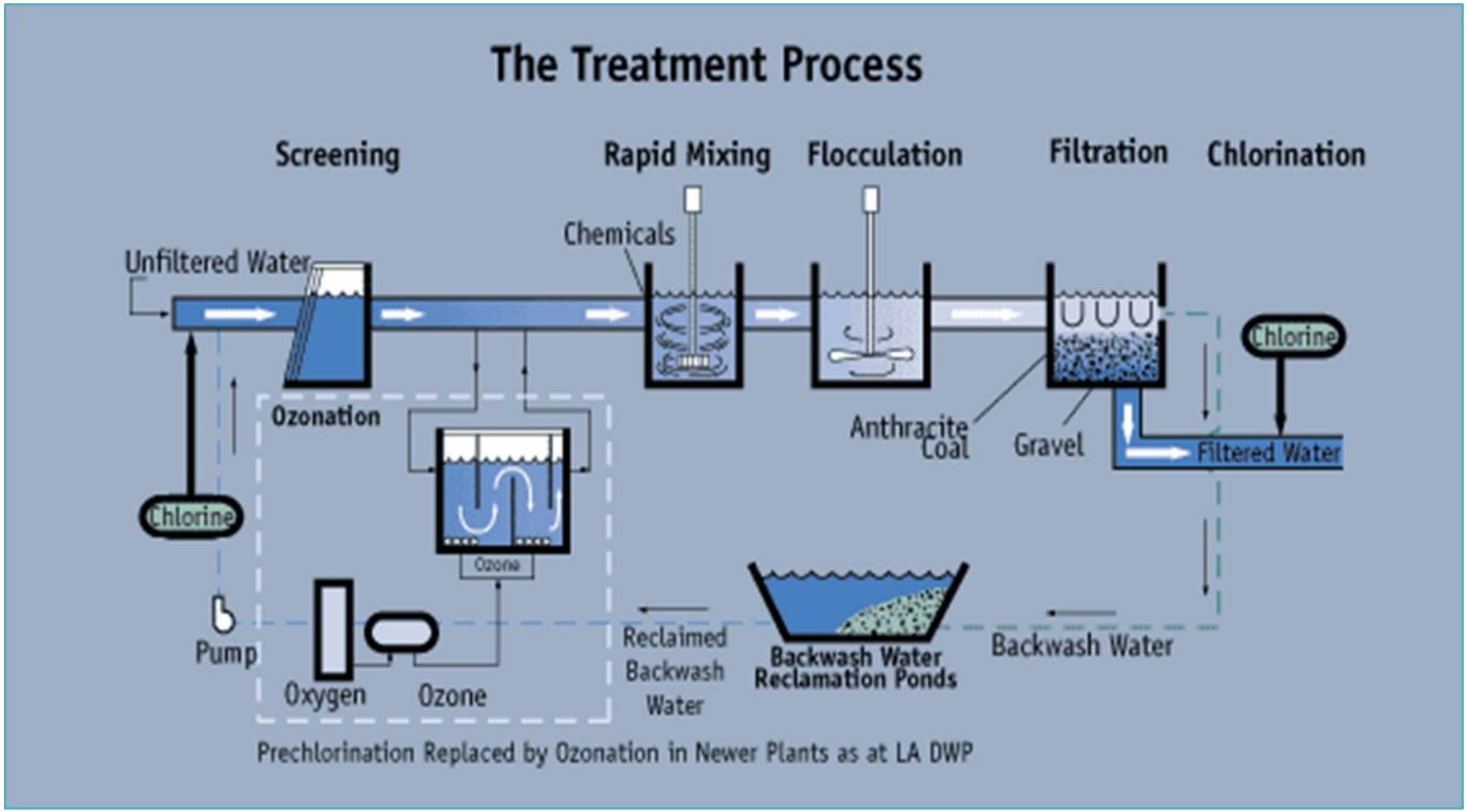
Source Water Protection

Treatment technology

Disinfection

Disinfectant residual in distribution system

Water treatment processes



Oxidation

To remove inorganics (Fe^{++}, Mn^{++}) and some synthetic organics

- Cause unaesthetic conditions (brown color)
- Promote the growth of autotrophic bacteria (iron bacteria): taste and order problem

Free chlorine, chlorine dioxide, ozone, potassium permanganate

- **Fe^{++} + Mn^{++} + oxygen + free chlorine → FeO_x ↓ (ferric oxides) + MnO_2 ↓ (manganese dioxide)**

- $Fe(HCO_3)_2$ (Ferrous bicarbonate) + $KMnO_4$ (Potassium permanganase) $\rightarrow$ $Fe(OH)_3 \downarrow$ (Ferric hydroxide) + $MnO_2 \downarrow$ (manganese dioxide)
- $Mn(HCO_3)_2$ (Manganese bicarbonate) + $KMnO_4$ (Potassuim permanganase) $\rightarrow$ $MnO_2 \downarrow$ (manganese dioxide)

Physico-chemical processes

To remove particles (colloids and suspended solids) in water

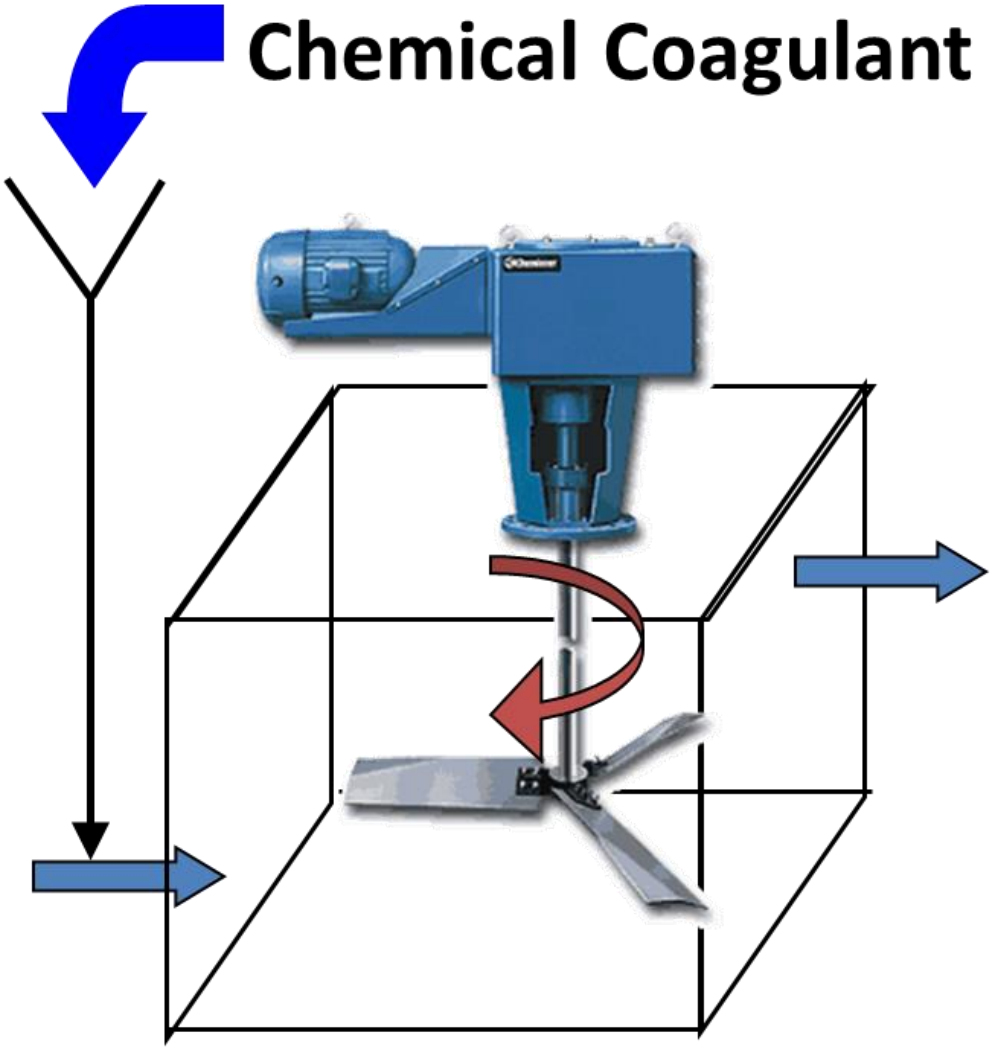
Coagulation/flocculation/sedimentation

Filtration

Coagulation chamber

Intense mixing of coagulant and other chemicals with the water

Generally performed with mechanical mixers


Chemical Coagulant

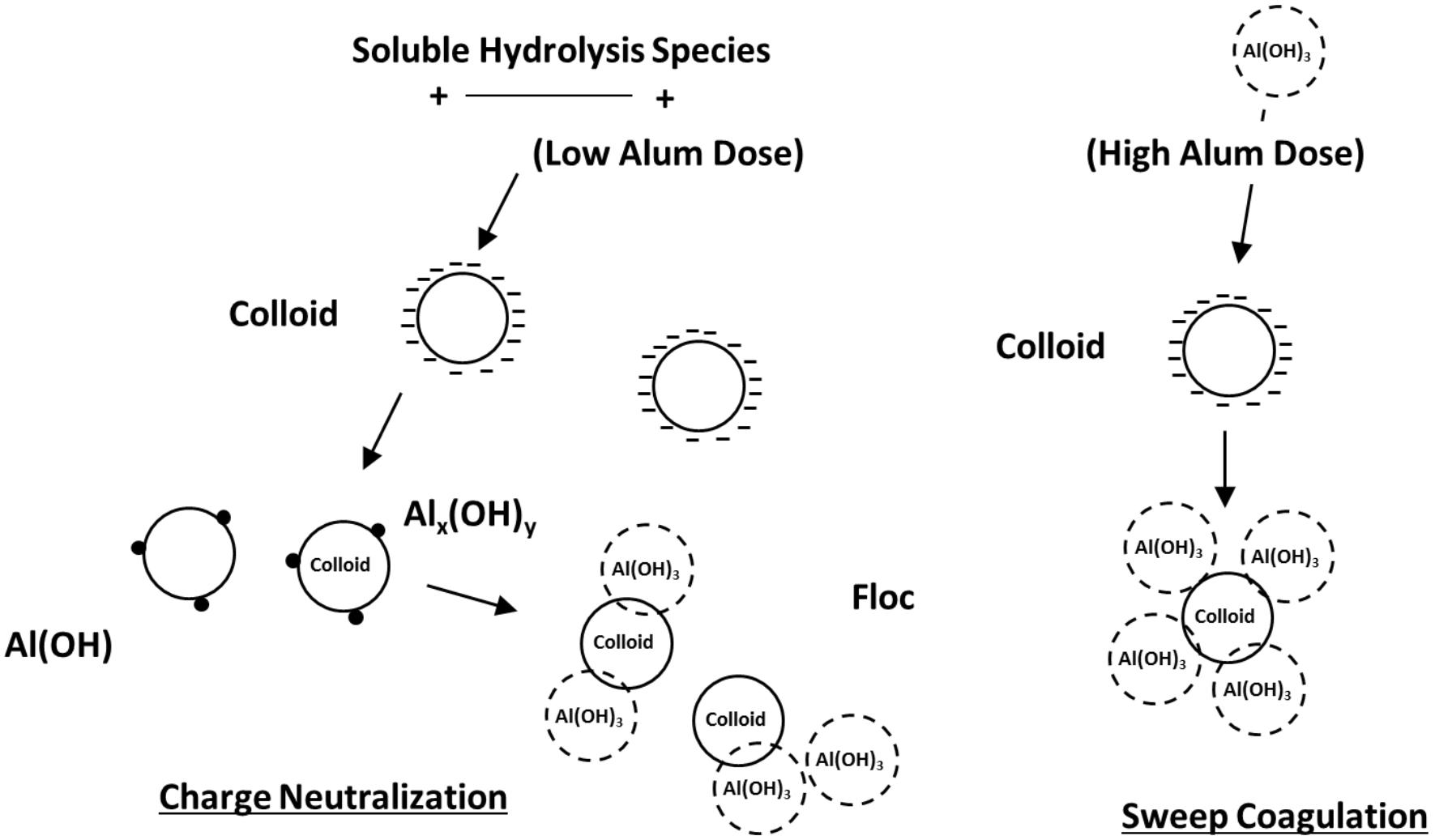
Major Coagulants

Hydrolyzing metal salts

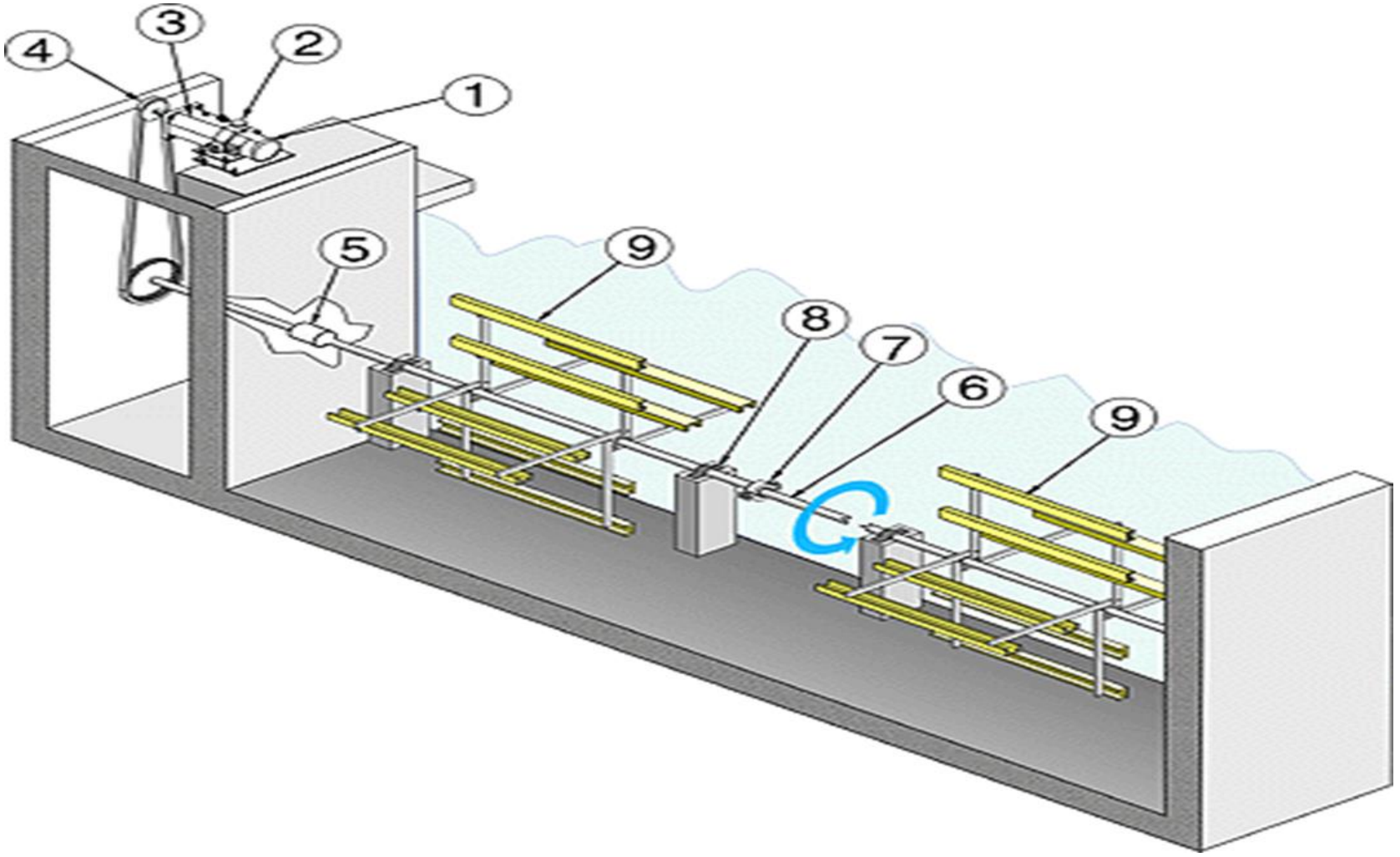
- Alum ($Al_2(SO_4)_3$)
- Ferric chloride ($FeCl_3$)

Organic polymers (polyelectrolytes)

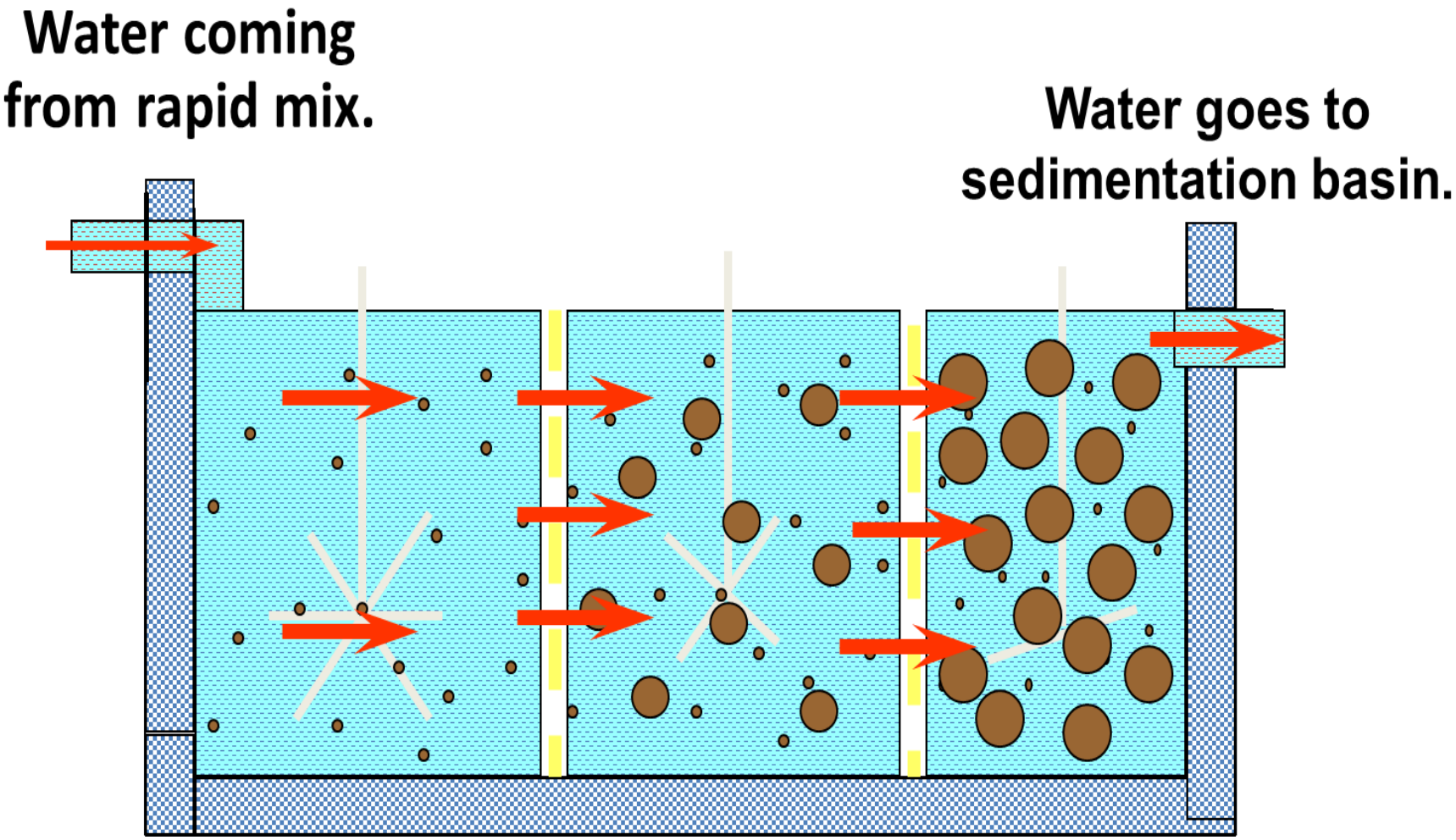
Coagulation with Metal Salts



Horizontal Paddle Flocculator

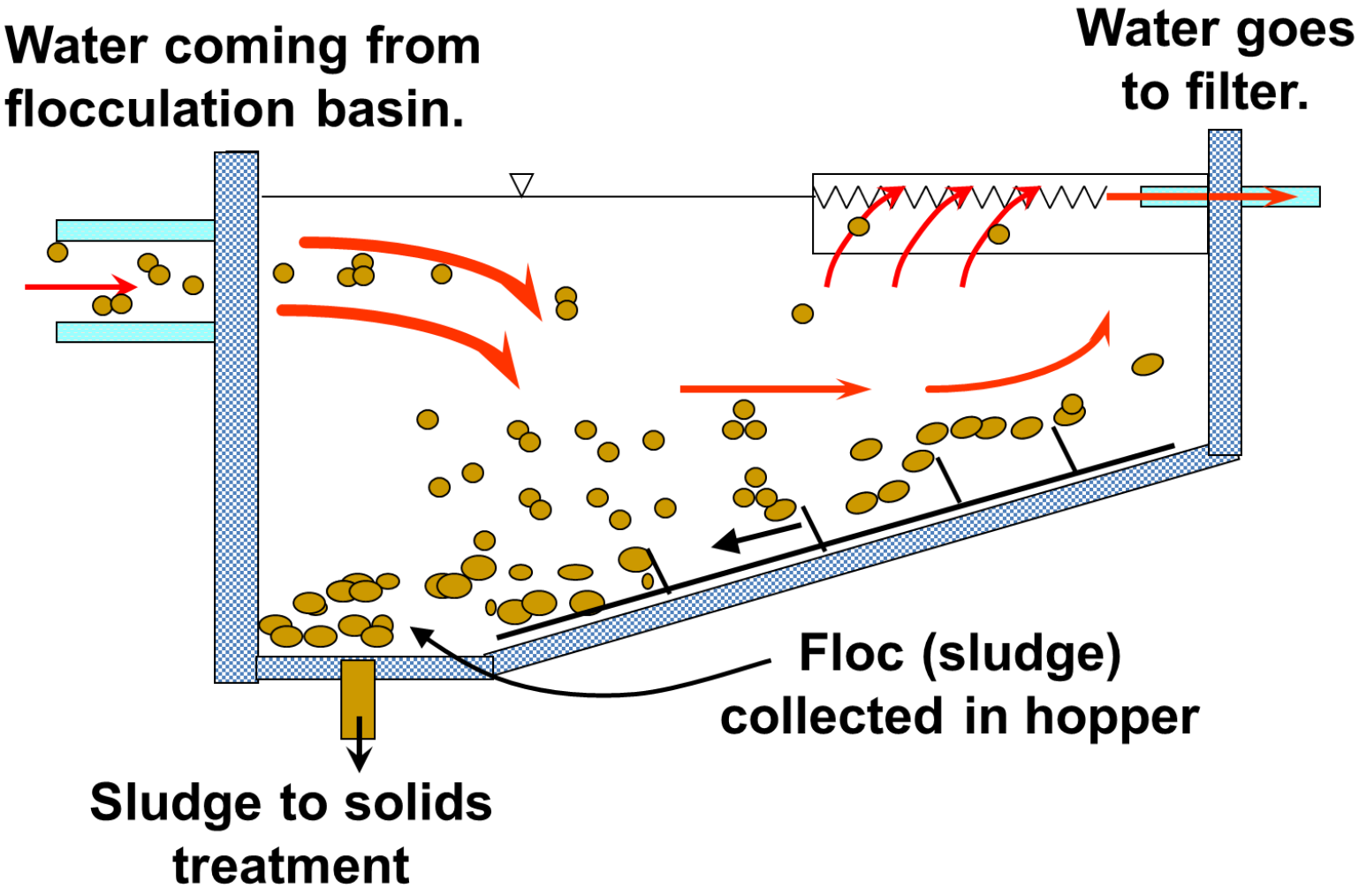


Flocculation process



Sedimentation Basin

Sedimentation Basin Example



Coagulation/flocculation / and sedimentation

To remove particulates, natural organic materials in water

Coagulation

- **20 -50 mg/L of Alum at pH 5.5-6.5 (sweep coagulation)**
- **rapid mixing: G values = 300-8000/second**

Flocculation:

- **Slow mixing: G values = 30-70/second**
- **Residence time:10 -30 minutes**

Sedimentation

- **Surface loading: 0.3 -1.0 gpm/ft^2**
- **Residence time: 1 – 2 hours**

Removal of suspended solids and turbidity:

60-80 %

Reduction of microbes

- **74-97 % Total coliform**
- **76-83 % of fecal coliform**
- **88-95 % of Enteric viruses**

- 58-99 % of *Giardia*
- 90 % of *Cryptosporidium*

Filtration

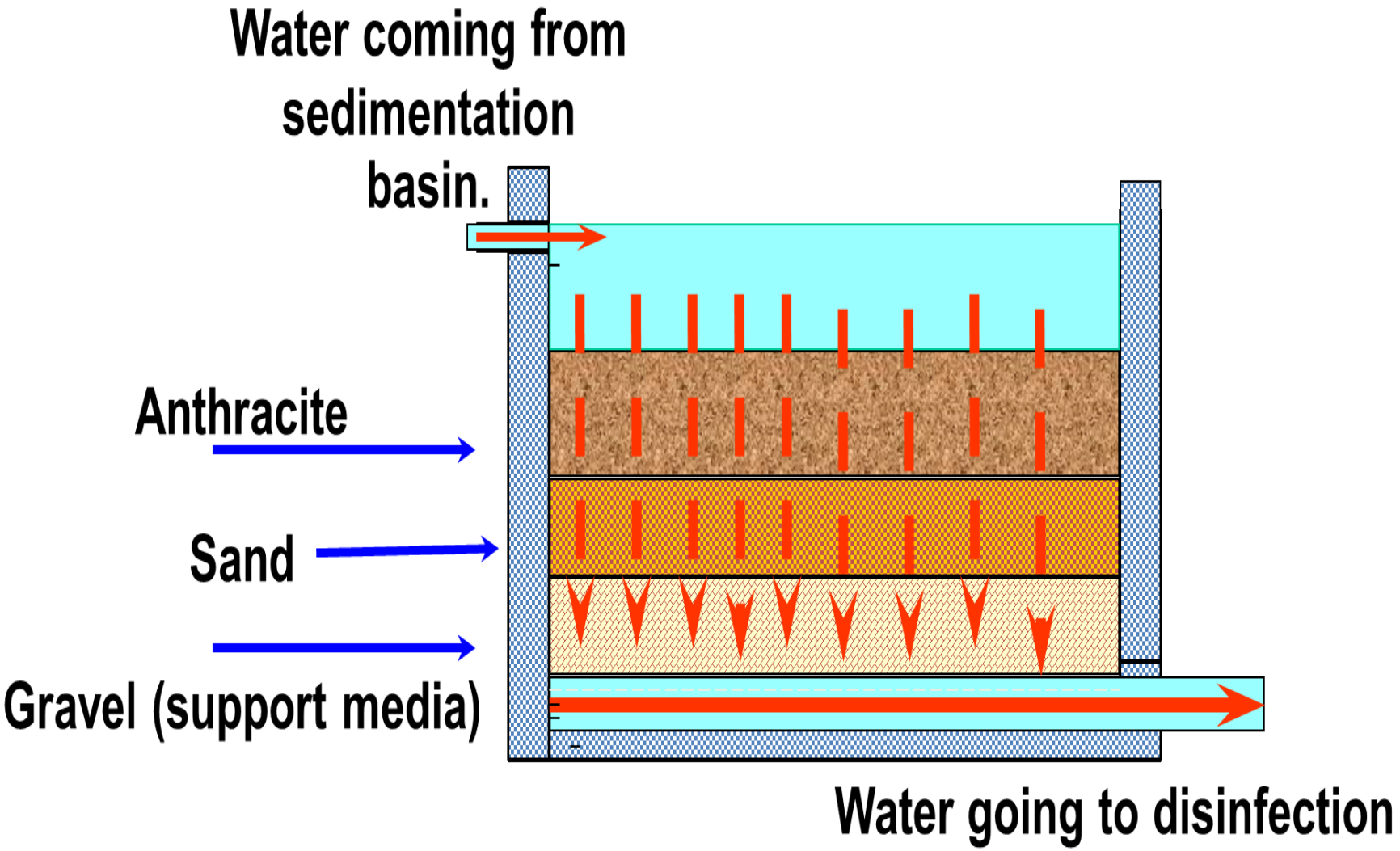
To remove particles and floc that do not settle by gravity in sedimentation process

Types of granular media

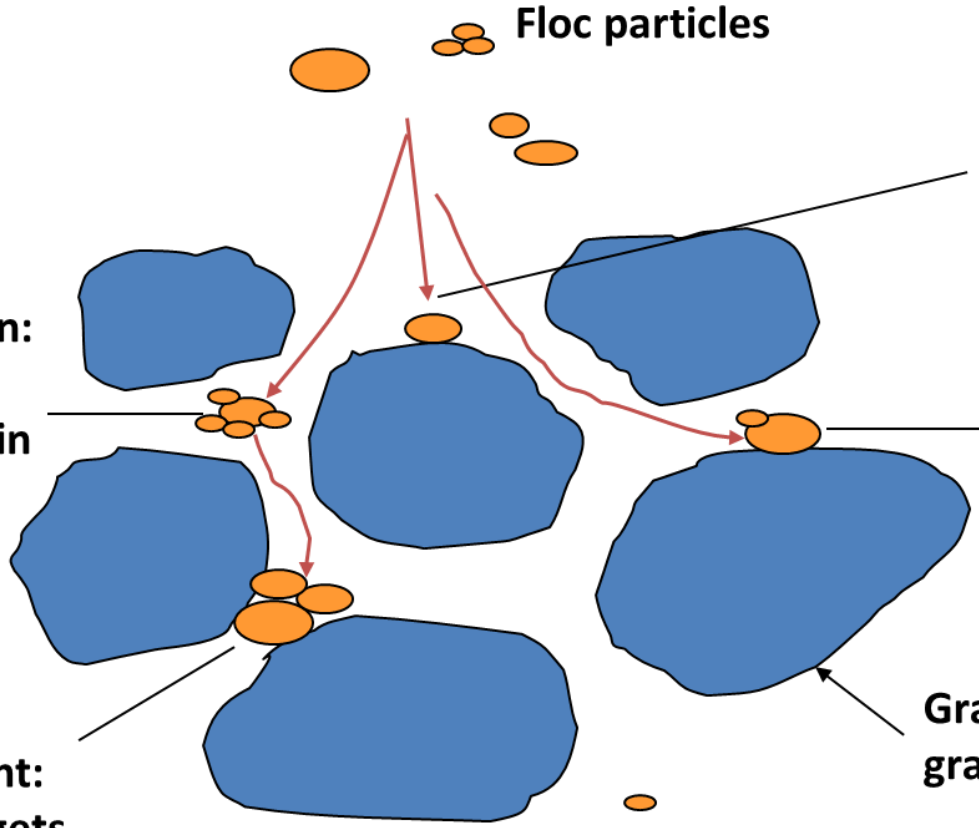
- Sand
- Sand + anthracite
- Granular activated carbon

Media depth ranges from 24 to 72 inches

Filter Example



Mechanisms Involved in Filtration



Removal of bacteria, viruses and protozoa by a granular media filter requires water to be coagulated

Rapid filtration

To remove particulates in water

Flow rate 2- 4 gpm/ft^2

Turbidity: < 0.5 NTU (often times < 0.1 NTU)

Reduction of microbes

- **50-98 % Total coliform**
- **50-98 % of fecal coliform**

- **10-99 % of Enteric viruses**
- **97-99.9 % of *Giardia***
- **99 % of *Cryptosporidium***

Disinfection in water

To inactivate pathogens in water

Various types

- Free chlorine
- Chloramines
- Chlorine dioxide
- Ozone
- UV

Trend in disinfectant use (USA, % values)

Disinfectant	1978	1989	1999
Chlorine gas	91	87	83.8
$NaClO_2$ (bulk)	6	7.1	18.3
$NaClO_2$ (on-site)	0	0	2
Chlorine dioxide	0	4.5	8.1
Ozone	0	0.4	6.6
Chloramines	0	20	28.4

Comparison between major disinfectants

Consideration	Disinfectants			
	Cl_2	ClO_2	O_3	NH_2Cl
Oxidation potential	Strong	Stronger?	Strongest	Weak
Residuals	Yes	No	No	Yes
Mode of action	Proteins/NA	Proteins / NA	Proteins / NA	Proteins
Disinfecting efficacy	Good	Very good	Excellent	Moderate
By-products	Yes	Yes	Yes?	No

C^*t_{99} Values for Some Health-related Microorganisms (5 °C, pH 6-7)

Organism	Disinfectant			
	Free chlorine	Chloramines	Chlorine dioxide	Ozone
E. coli	0.03 – 0.05	95 - 180	0.4 – 0.75	0.03
Poliovirus	1.1 – 2.5	768 - 3740	0.2 – 6.7	0.1 – 0.2
Rotavirus	0.01 – 0.05	3806 - 6476	0.2 – 2.1	0.06-0.006
G. lamblia	47 - 150	2200	26	0.5 – 0.6
C. parvum	7200	7200	78	5 - 10

$I*t_{99.99}$ Values for Some Health-Related Microorganisms

Organism	UV dose (mJ/cm2)	Reference
E.coli	8	Sommer et al, 1998
V. cholera	3	Wilson et al, 1992
Poliovirus	21	Meng and Gerba, 1996
Rotavirus-Wa	50	Snicer et al, 1998
Adenovirus 40	121	Meng and Gerba, 1996
C. parvum	< 3	Shin et al, 1999
G. lamblia	< 1	Shin et al, 2001

Ground Water Treatment

Major contaminants in groundwater

Natural sources

- Iron and manganese
- Calcium and magnesium (Hardness)
- Arsenic
- Radionuclide

Artificial sources

- Nitrate (from infiltration of fertilizer and surface application of pesticides)
- Synthetic and volatile organic compounds (from improper disposal of industrial wastewater)

Flow diagram of typical groundwater treatment systems

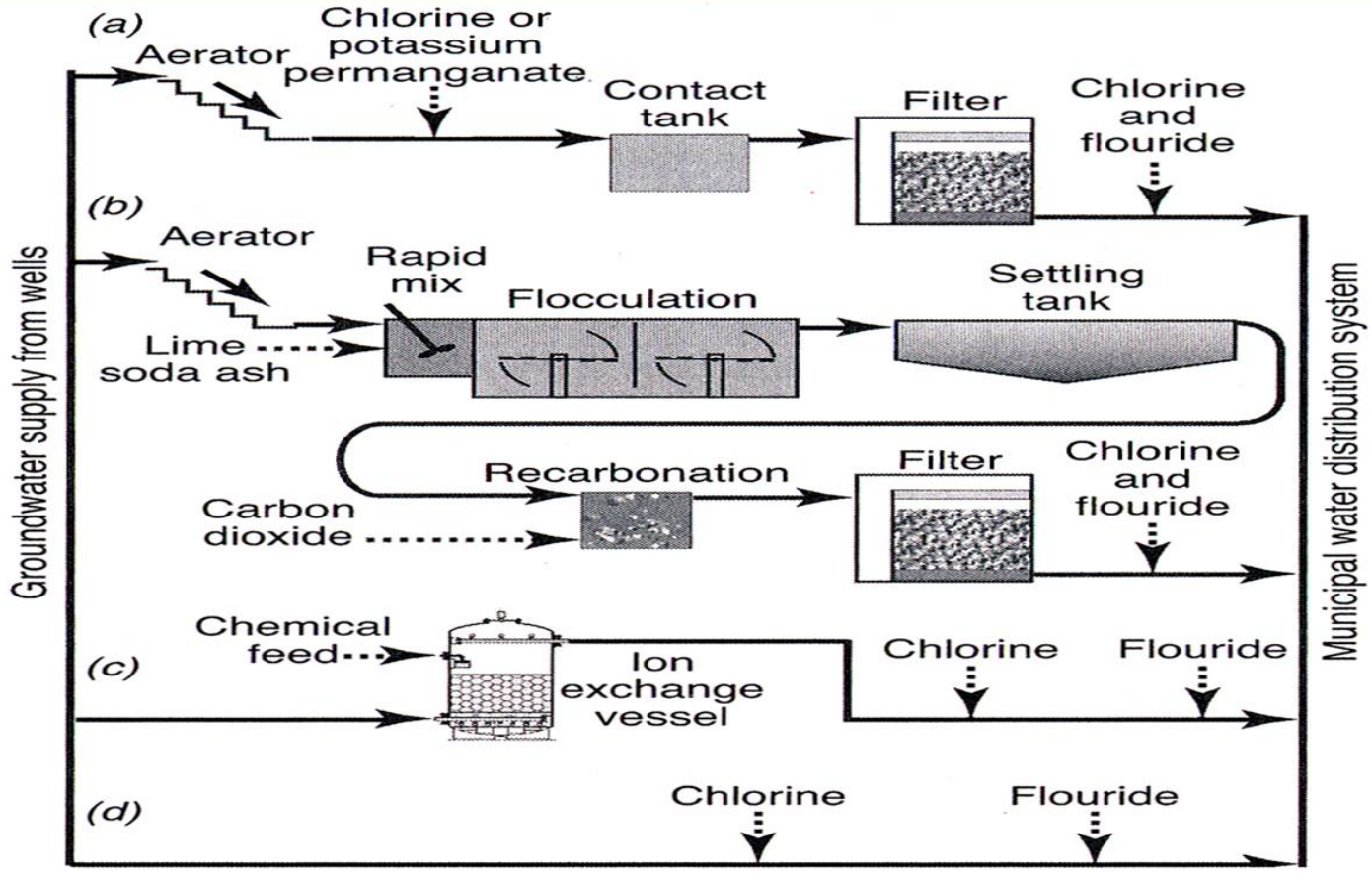


Figure 7–25
Flow diagrams of typical groundwater treatment systems. *(a)* Iron and manganese removal. *(b)* Precipitation softening. *(c)* Ion exchange. *(d)* Disinfection and fluoridation.

Iron and Manganese removal

To remove Ferrous iron (Fe^{++}) and manganous manganese ion (Mn^{++})

Aeration, sedimentation, and filtration

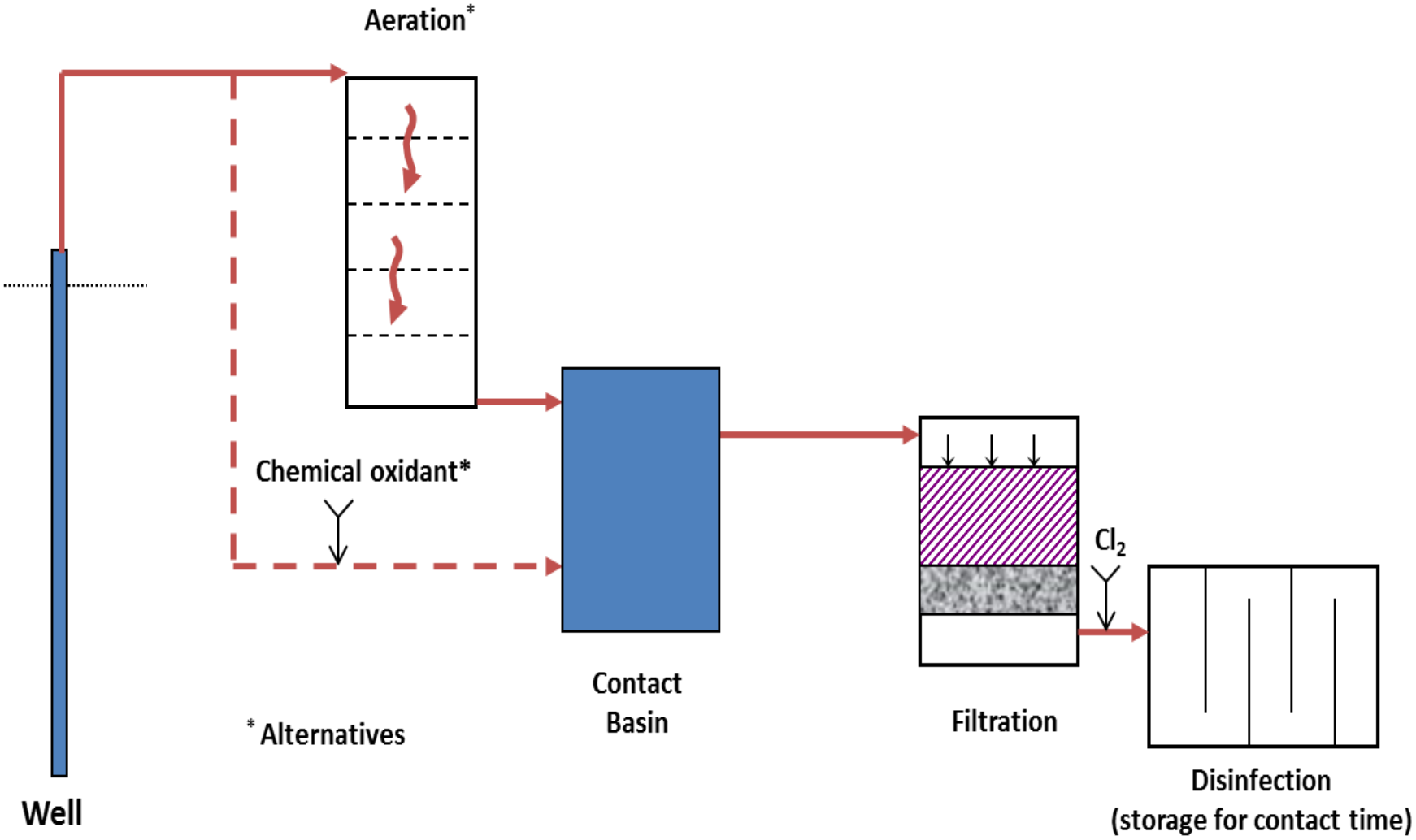
- **Fe^{++} + oxygen $\rightarrow$ $FeO_x \downarrow$ (ferric oxides)**

Aeration, chemical oxidation, sedimentation and filtration

- Fe^{++} + Mn^{++} + oxygen + free chlorine → FeO_x ↓ (ferric oxides) + MnO2 ↓

- $Fe(HCO_3)_2$ (Ferrous bicarbonate) + $KMnO_4$ (Potassium permanganase) $\rightarrow$ $Fe(OH)_3 \downarrow$ (Ferric hydroxide) + $MnO_2 \downarrow$ (manganese hydroxide)
- $Mn(HCO_3)_2$ (Manganese bicarbonate) + $KMnO_4$ (Potassuim permanganase) $\rightarrow$ $MnO_2 \downarrow$ (manganese hydroxide)

Flow diagram of typical groundwater treatment plant for Fe & Mn removal



Hardness removal

To remove Calcium (Ca++) and Magnesium (Mg++) ions

- Interfere with laundering by causing excessive soap consumption
- May produce scale in hot-water heaters and pipes

- Lime (CaO) and soda ash (Na_2CO_3)
  - Lime for carbonate hardness
  - Soda ash for noncarbonate hardness
- Equations in next slide

Hardness removal (equations)

$$CO_2 + Ca(OH)_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O \qquad (7\text{–}19)$$

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3\downarrow + 2H_2O \qquad (7\text{–}20)$$

$$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = CaCO_3\downarrow + MgCO_3 + 2H_2O$$

$$MgCO_3 + Ca(OH)_2 = CaCO_3\downarrow + Mg(OH)_2\downarrow$$

$$Mg(HCO_3)_2 + 2Ca(OH)_2 = 2CaCO_3\downarrow + Mg(OH)_2\downarrow + 2H_2O \qquad (7\text{–}21)$$

$$MgSO_4 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2\downarrow + CaSO_4 \qquad (7\text{–}22)$$

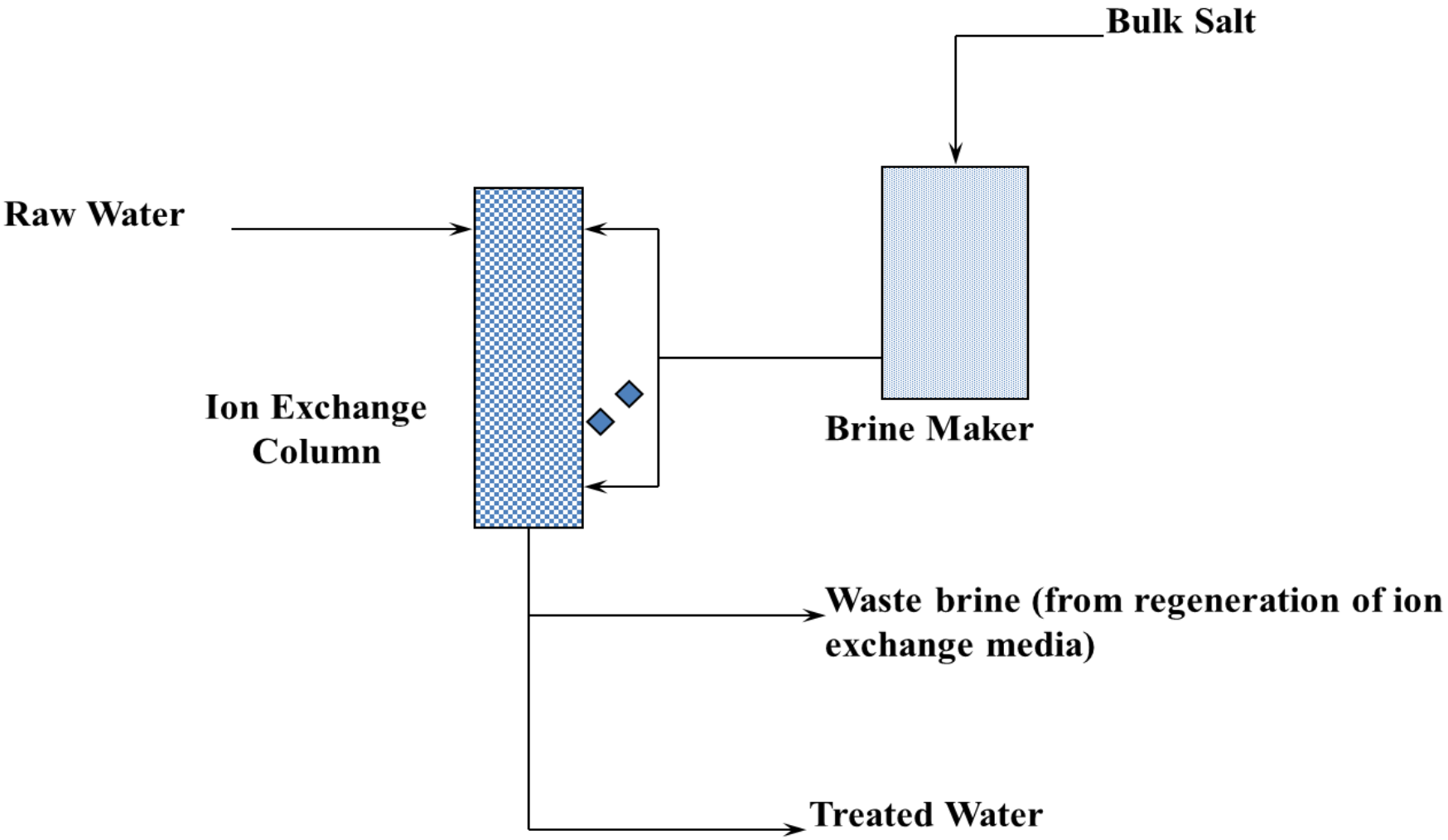
$$CaSO_4 + Na_2CO_3 = CaCO_3\downarrow + Na_2SO_4 \qquad (7\text{–}23)$$

Ion exchange

To remove anions such as nitrate, fluoride, arsenic, and other contaminants or cations such as calcium and magnesium

Ion exchange vessel, a brine tank for regeneration, a storage tank for spent brine and backwash water, and piping for filtration and backwashing

Ion Exchange Process



Anion exchange for nitrate and arsenic removal

- **Nitrate removal**

$$2\overline{RCl} + NO_3^- \rightarrow \overline{RNO_3} + Cl^-$$

- **Arsenic removal**

$$2\overline{RCl} + HAs_4^{2-} \rightarrow \overline{R_2HAsO_4} + 2Cl^-$$

Advanced Treatment Processes

Activated Carbon

Activated carbon

Manufacture

- Usually made from either coal product (bituminous coal, lignite, or peat) or wood product (sawdust, coconut shells, or wood)
- Converted to activated carbon by heating the materials to between 300^{o} and 1000^{o}C.

The resulting activated carbon

- **Are approximately 1 millimeter sized carbon grains**
- **Has large surface area (Handful of GAC has a larger surface area than ten football fields)**
- **Adsorb particles and molecules to surface, usually due to molecular-level electrical forces.**

Application of activated carbon (I)

Taste and odor control

Natural organic matters (NOM’s)

Disinfection-by-products (DBP’s)

Other artificial compounds

- Volatile organic compounds (TCE, PCE, etc.)
- MTBE
- Metals

Application of activated carbon (II)

- Pressure filters

- Gravity filters

Membrane Filtration

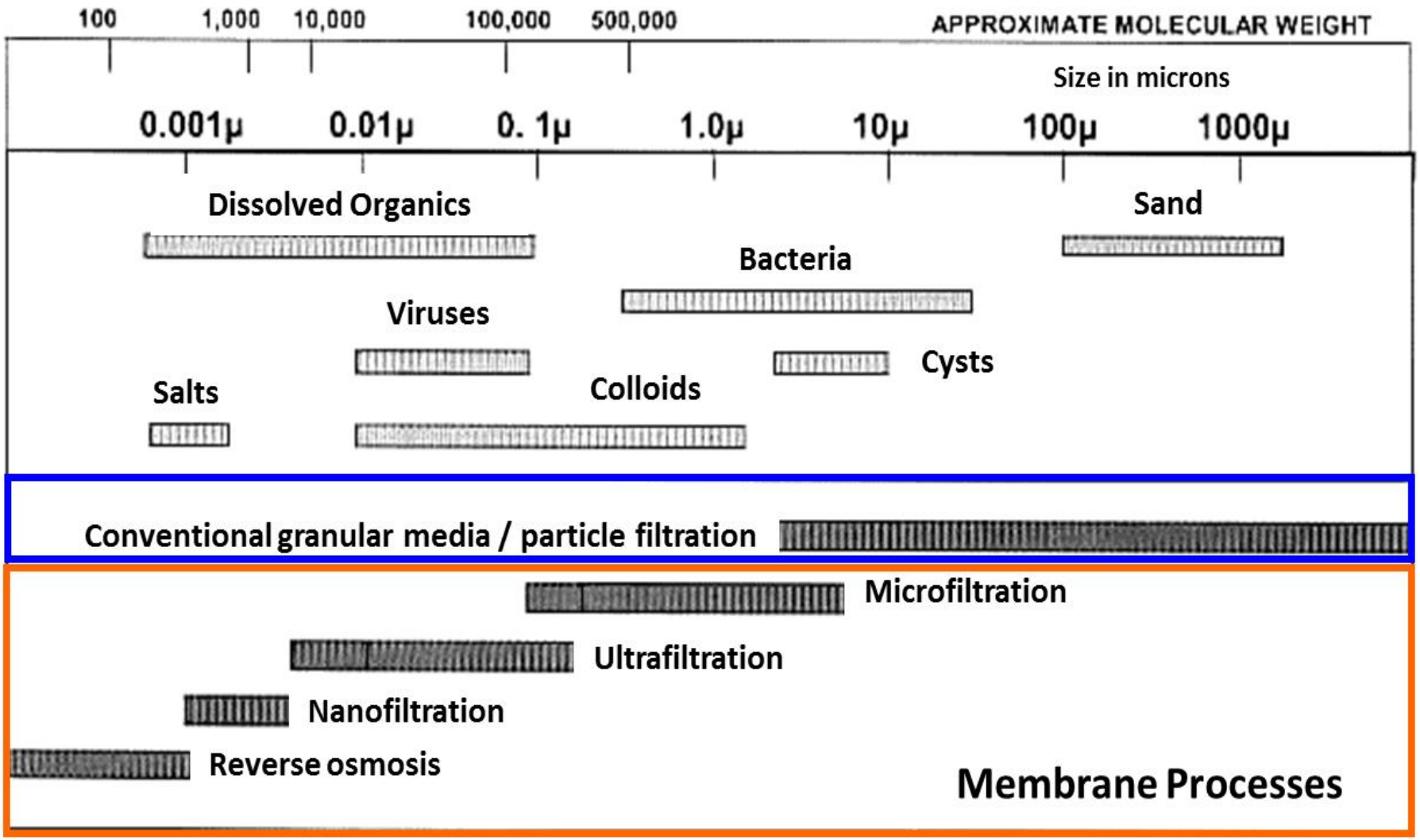
Membrane filtration

To remove colloidal and particulate contaminants including microorganisms (microfiltration and ultrafiltration) or to separate dissolved salts, organic molecules, and metal ions (nanofiltration and reverse osmosis)

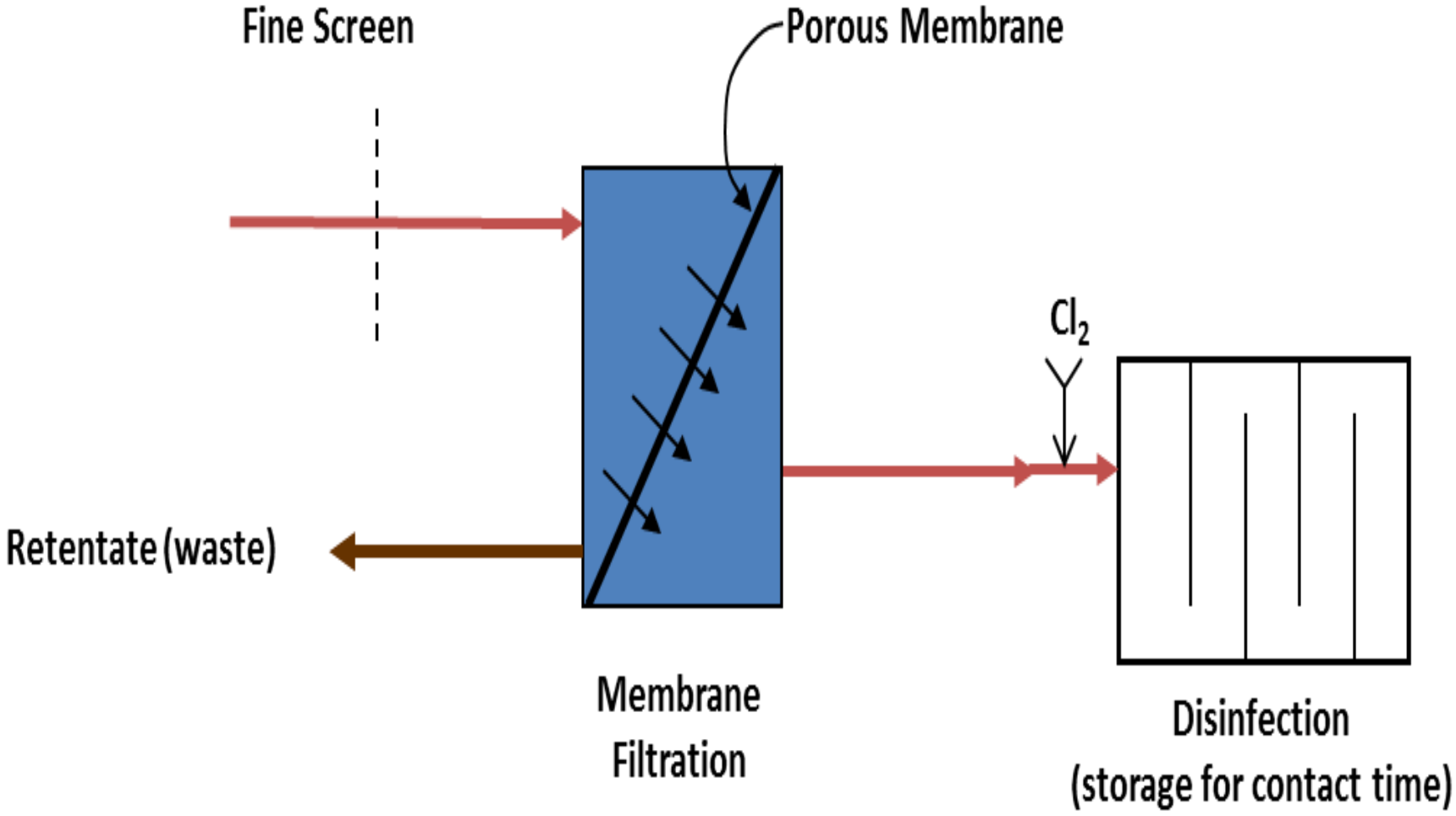
Pore size

- Microfiltration (0.7 – 7 µm)
- Ultrafiltration (0.008 – 0.8 µm)
- Nanofiltration (0.005 – 0.008 µm)
- Reverse osmosis (0.0001 – 0.007 µm)

Membrane Filtration Processes



Flow diagram of Membrane Filtration Treatment Plant



Typical modules of membrane filtration

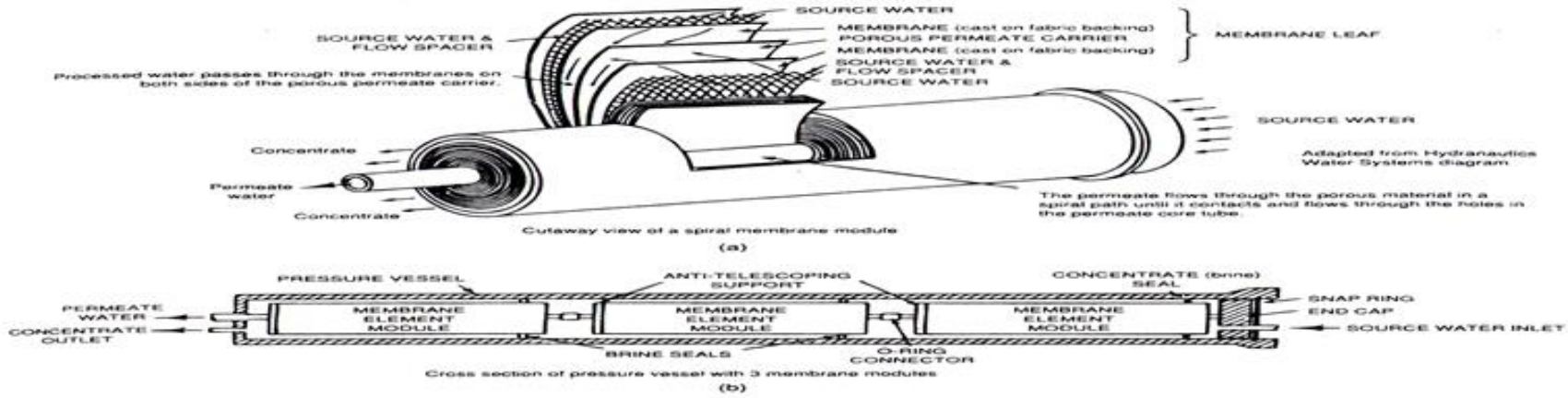


FIGURE 13.4 Typical spiral-wound RO membrane module for pressure-driven processes. Vessels with side ports near the end caps for feed and concentrate connections are also available. [*Adapted from* The U.S.A.I.D. Desalination Manual *(Buros et al., 1980) and is used courtesy of the U.S. Agency for International Development.*]

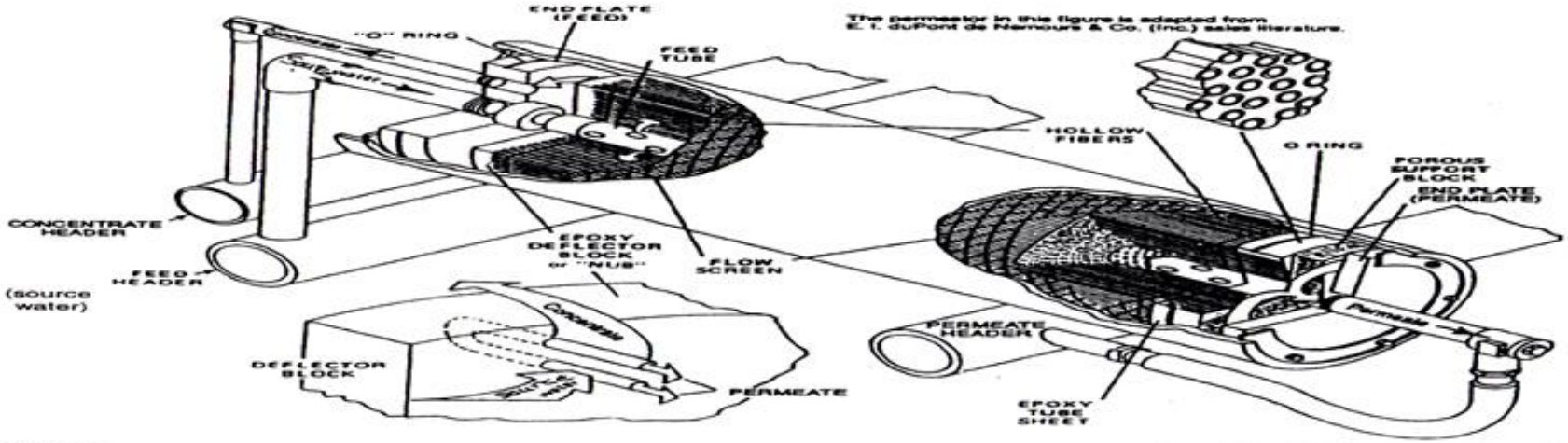
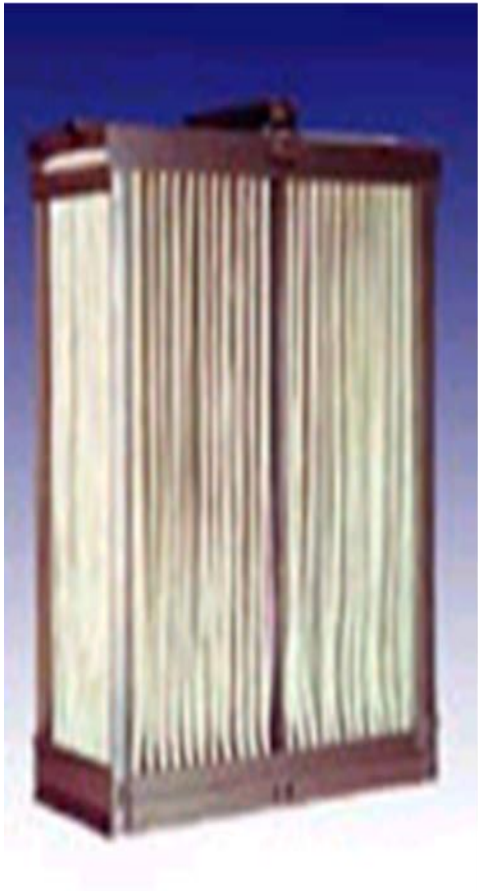


FIGURE 13.5 Typical hollow fine-fiber RO membrane module. [*Adapted from* The U.S.A.I.D. Desalination Manual *(Buros et al., 1980) and is used courtesy of the U.S. Agency for International Development.*]



Outside-in (vacuum) hollow fiber microfiltration module (install submerged in water)

Skid-mounted membrane unit

Flow diagram of a submerged membrane filtration process

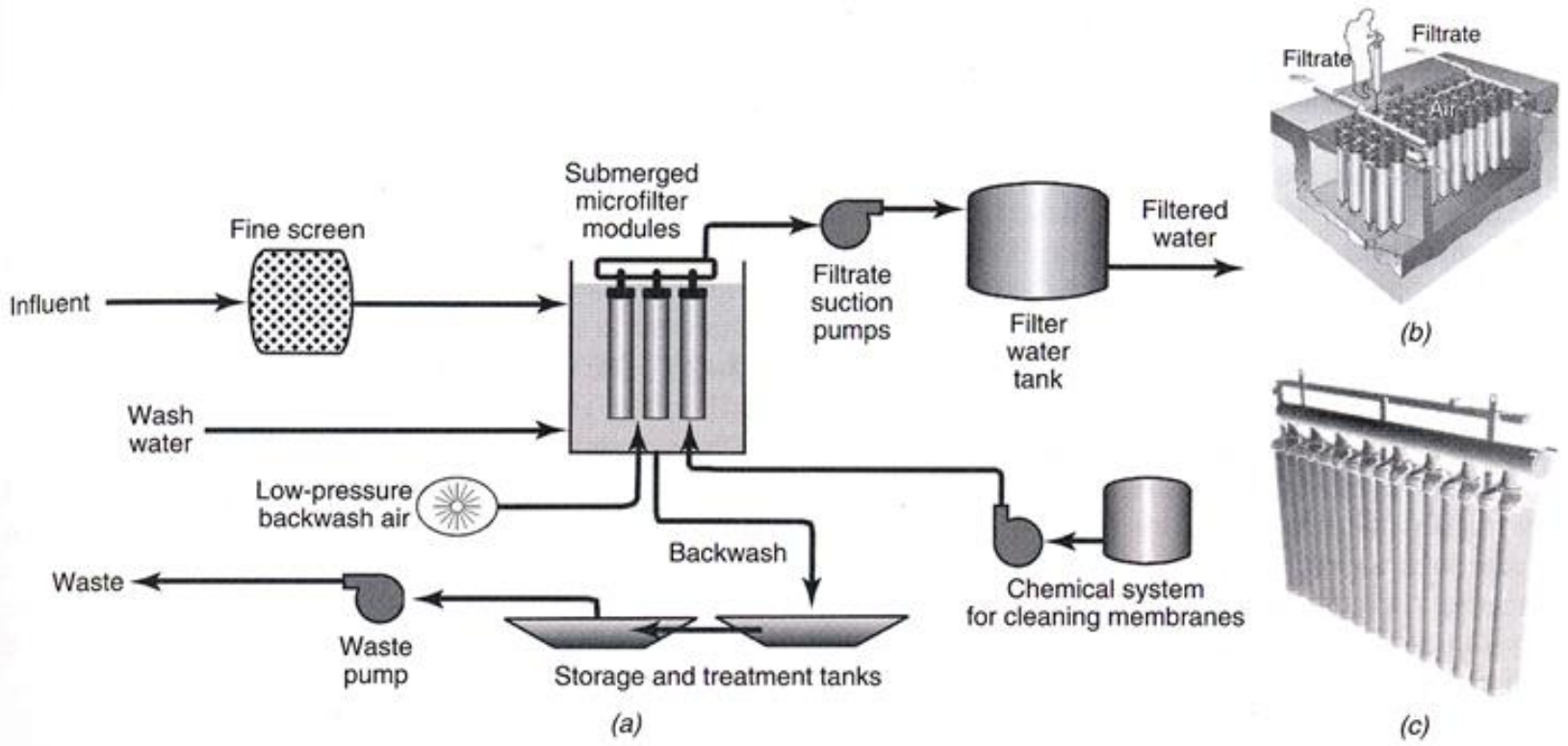


Figure 7–37

Memcor® continuous microfiltration-submerged (CMF-S) process. *(a)* Cell containing membrane modules and peripheral equipment including influent screen, filtration suction pumps, blowers for air scour, wash-water tank, chemical membrane cleaning system, and backwash processing. *(b)* Modules in a cell are grouped together in several manifolded assembles. *(c)* A manifold with suspended microfiltration modules.
(Courtesy of US Filter/Memcor.)

Multiple Membrane Units