

**بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ**

**(و جعلنا من الماء كل شیء حی افلا یؤمنون)**



## تصفیه و بازیافت فاضلاب

**هدف:**

**آشنایی با اصول و روشهای تصفیه فاضلاب**



## مراجع:

1. مهندسی محیط زیست (جلد اول) ترجمه دکتر محمد علی کی نژاد و مهندس سیروس ابراهیمی، انتشارات دانشگاه صنعتی سهند ۱۳۸۲
2. راهنمای طراحی هیدرولیکی تصفیه خانه های فاضلاب، نشریه شماره ۴۰۵، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی وزارت نیرو ۱۳۸۶.
3. راهنمای بهره برداری و نگهداری از تصفیه خانه های فاضلاب شهری، بخش دوم: تصفیه ثانویه، نشریه شماره ۲۸۴، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی وزارت نیرو ۱۳۸۳.
4. راهنمای تعیین و انتخاب وسایل و لوازم آزمایشگاه تصفیه خانه های فاضلاب، نشریه شماره ۲۸۵، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور ۱۳۸۳.

## فهرست مطالب:

1. تاریخچه تصفیه فاضلاب، شناسایی منابع تولید فاضلاب و تقسیم بندی آنها
2. اهداف تصفیه فاضلاب و تعیین خصوصیات فاضلاب، استانداردهای کیفی تخلیه پساب
3. تصفیه مقدماتی فاضلاب
4. فرایندهای تصفیه ثانویه فاضلاب (سیستم لجن فعال، صافی چکنده و ...)
5. ضد عفونی کردن پساب
6. کاربرد پساب برای مصارف غیر شرب

دروس پیش‌نیاز: ندارد	۲ واحد نظری	نوع درس: تخصصی اختیاری	تعداد واحد: ۲ تعداد ساعت: ۳۲	ردیف درس: ۱۰	عنوان درس به فارسی: تصفیه و بازیافت فاضلاب عنوان درس به انگلیسی: Wastewater Treatment
آموزش تکمیلی عملی؛ دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>					
سفر علمی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					

هدف درس: آشنایی با اصول و روش‌های تصفیه فاضلاب

رئوس مطالب:

-نظری: انواع فاضلاب و مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی آنها، اهداف تصفیه فاضلاب، استانداردهای زیست محیطی تخلیه فاضلاب، آثار زیست محیطی و بهداشتی فاضلاب، دسته‌بندی روش‌های تصفیه فاضلاب، انتخاب نمودارهای جریان فرآیند تصفیه، تصفیه فیزیکی: اندازه‌گیری جریان، آشغال-گیری، یکتواخت‌سازی، اختلاط، ته‌نشینی، شناوری و فیلتراسیون، تصفیه شیمیایی شامل ترسیب شیمیایی، جذب سطحی، روش‌های ضد عفونی (کلر، اوزون، پرتو فرابنفش)، کلرزدایی، تصفیه زیستی شامل آشنایی با سوخت و ساز میکروبی، سیتیک رشد میکروبی، فرآیندهای تصفیه زیستی (هوازی و بی‌هوازی)، جداسازی زیستی، فرآیند تصفیه حوضچه‌ای، بازیابی و استفاده مجدد از فاضلاب، دفع و استفاده مجدد از لجن، بازدید از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب صنعتی و شهری



## فاضلاب :

آب یا سیالی که مقادیر آلاینده ها و مواد خارجی وارد در آن به قدری زیاد باشد که سلامت انسان و محیط زیست را به خطر بیندازد.

## تصفیه فاضلاب:

هرگونه عملیاتی که برای کاهش یا حذف آلودگی ها از فاضلاب انجام شود.

- پساب تولید شده باید قابلیت استفاده مناسب و مطمئن برای مصارف غیر شرب را داشته باشد.

## اهمیت تصفیه فاضلاب:

1. حفظ محیط زیست

2. سلامت و بهداشت انسان

3. استفاده مجدد شامل:

- تصفیه فاضلاب خام و استفاده مجدد از پساب برای مصارف غیر شرب به ویژه کشاورزی
- استفاده از لجن باقی مانده در فرایندهای تصفیه به عنوان کود جهت مصارف کشاورزی و صرفه جویی در مصرف کودهای شیمیایی
- استفاده از گاز متان تولید شده در تصفیه خانه جهت تامین انرژی لازم برای بخش های مختلف

## ضرورت تصفیه فاضلاب

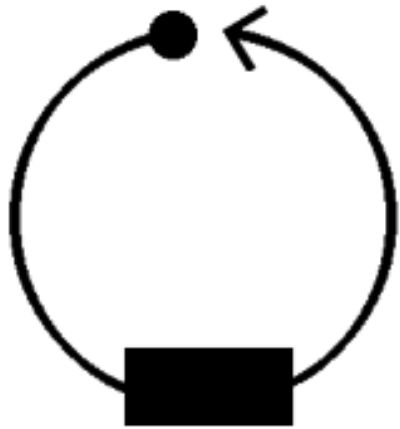
- بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی WHO و یونیسف در سال ۲۰۰۰ از هر شش نفر یک نفر به آب سالم دسترسی ندارد و در نتیجه آن سالیانه حدود ۲/۱ میلیارد نفر در جهان به لحاظ بهداشتی و سلامتی دچار مشکل هستند.
- بر اساس گزارشهای برنامه محیط زیست ملل متحد UNEP که نهادی وابسته به سازمان ملل متحد است، حدود یک سوم جمعیت جهان در کشورهایی زندگی می کنند که تنش آبی دارند و سالیانه بیش از ده درصد از منابع آب تجدید پذیر خود را مصرف می کنند.
- در ایران کمبود آب یکی از مهمترین چالشهای زیست محیطی است و سالیانه بیش از ۸۰ درصد از کل آب تجدیدپذیر کشور مورد استفاده قرار می گیرد که حاکی از وضعیت بحران شدید آبی در ایران است.



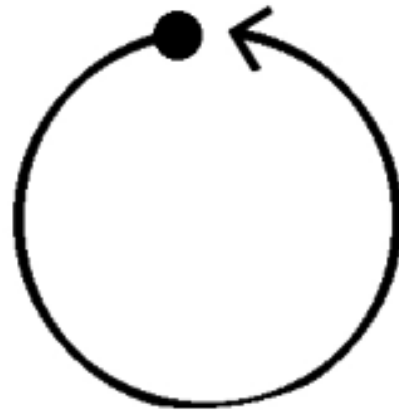
- ایران با وجود محدودیت منابع آبی، با ۱۹۰ لیتر میانگین روزانه مصرف آب شرب خانگی در مقایسه با متوسط جهانی ۱۵۰ لیتر در روز، جزء پرمصرف ترین کشورها می باشد.
- میانگین بارندگی در ایران حدود ۲۵۰ میلی متر در سال است که در حدود یک سوم متوسط جهانی بارندگی است.
- بر اساس پایگاه اطلاع رسانی وزارت نیرو، سرانه آب تجدیدپذیر سالانه کشور از حدود ۱۳۰۰۰ متر مکعب به ازای هر نفر در سال ۱۳۰۰، به حدود ۱۴۰۰ مترمکعب به ازای هر نفر در سال ۱۳۹۳ تقلیل یافته

• سه اصل اساسی در مدیریت مصرف آب (3-R) وجود دارد:

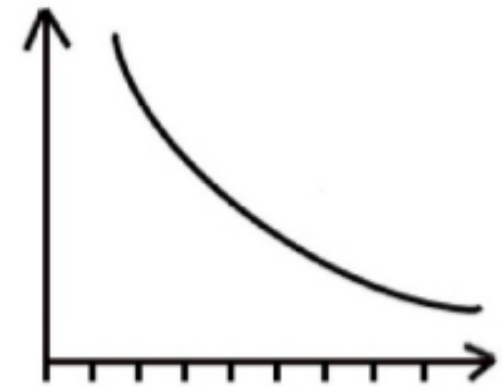
کاهش مصرف، استفاده مجدد از آب (به صورت مستقیم و بدون هیچ تصفیه ای) و بازچرخانی آب (تصفیه و استفاده مجدد).



ج) بازچرخانی



ب) استفاده مجدد



الف) کاهش مصرف



## مهمترین دلایل استفاده مجدد و بازچرخانی فاضلاب برای مصارف غیر شرب:

خشکسالی و تغییرات آب و هوایی

افزایش جمعیت و تامین تقاضای آب مورد نیاز

افزایش نیازهای کشاورزی و صنعتی، حفظ آبهای با کیفیت بالاتر برای استفاده های مناسب تر

آگاهی از مزایای استفاده از پساب در بخش کشاورزی

توسعه شهرنشینی و تغییر الگوی مصرف آب

پیشرفتهای ایجاد شده در روش های تصفیه فاضلاب

کاربردهای پساب بر اساس تجارب کشورهای مختلف

توضیحات	درصد تخصیص	نوع کاربری
آبیاری درختان میوه، سبزیجات، غلات، علوفه و ...	۳۲	کشاورزی
دریاچه های مصنوعی و استخرهای شنا، ماهیگیری، قایق سواری	۷	تفریحی
ایجاد مرداب های مصنوعی، احیا مرداب های طبیعی و ...	۸	احیا محیط زیست
احیای آبخوان ها برای مصارف شرب، کنترل نفوذ آب شور، کنترل فرو نشست زمین	۲	تغذیه آبخوان ها
خنک کردن دیگهای بخار، صنایع نفت، نساجی، ذوب فلزات و ...	۱۹	مصارف صنعتی
آبیاری پارکها، زمین های بازی، حیاط مدارس، گورستان ها، کمربند سبز شهرها، ذوب برف و ...	۲۰	مصارف غیر شرب شهری
آتش نشانی، ساخت و ساز و ...	۱۰	سایر مصارف شهری
ترکیب فاضلاب با آب شرب شهری قبل از ورود به شبکه آبرسانی	۲	مصارف غیر مستقیم شرب



استفاده از پساب در قلعه اساکا ژاپن



احیا رودخانه مگورو در توکیو با استفاده از پساب





پارک Huascar در لیما پایتخت پرو



دریاچه مصنوعی Santee در کالیفرنیا



تغذیه آب زیرزمینی در لوس انجلس کالیفرنیا



استفاده از فاضلاب تصفیه شده در بخش کشاورزی

تصفیه فاضلاب (متمرکز یا غیر متمرکز)

**Centralized Wastewater treatment plant**

**Decentralized Wastewater treatment plant**

- انتخاب سیستم تصفیه غیر متمرکز فاضلاب یا سیستم تصفیه متمرکز فاضلاب با توجه به مزایا و معایب هر کدام از روش ها یکی دیگر از مواردی است که باید به آن پاسخ داد.
- منظور از تصفیه غیر متمرکز فاضلاب، جمع آوری، تصفیه و بازیافت آب در همان محل یا نزدیکی مکان تولید فاضلاب است.



## انواع فاضلاب :

□ فاضلاب شهری (فاضلاب بهداشتی):

فاضلاب خانه ها، موسسات، ساختمان های تجاری و ...  
و گاهی فاضلاب صنایع کوچک

- فاضلاب شهری شامل ۹۹/۹٪ آب و ۰/۱٪ مواد خارجی (آلاینده ها) می باشد.
- پارامتر های کیفی فاضلاب معمولا در شهر های مختلف یکسان بوده ولی غلظت مواد تشکیل دهنده فاضلاب تابع الگوی مصرف آب است.

□ **فاضلاب صنعتی ( صنایع و کارخانه های بزرگ ):** به لحاظ کمی و کیفی از صنعتی به صنعت دیگر متفاوت است. حتی در یک صنعت فاضلاب بخش های مختلف به لحاظ کیفی با هم تفاوت دارند.

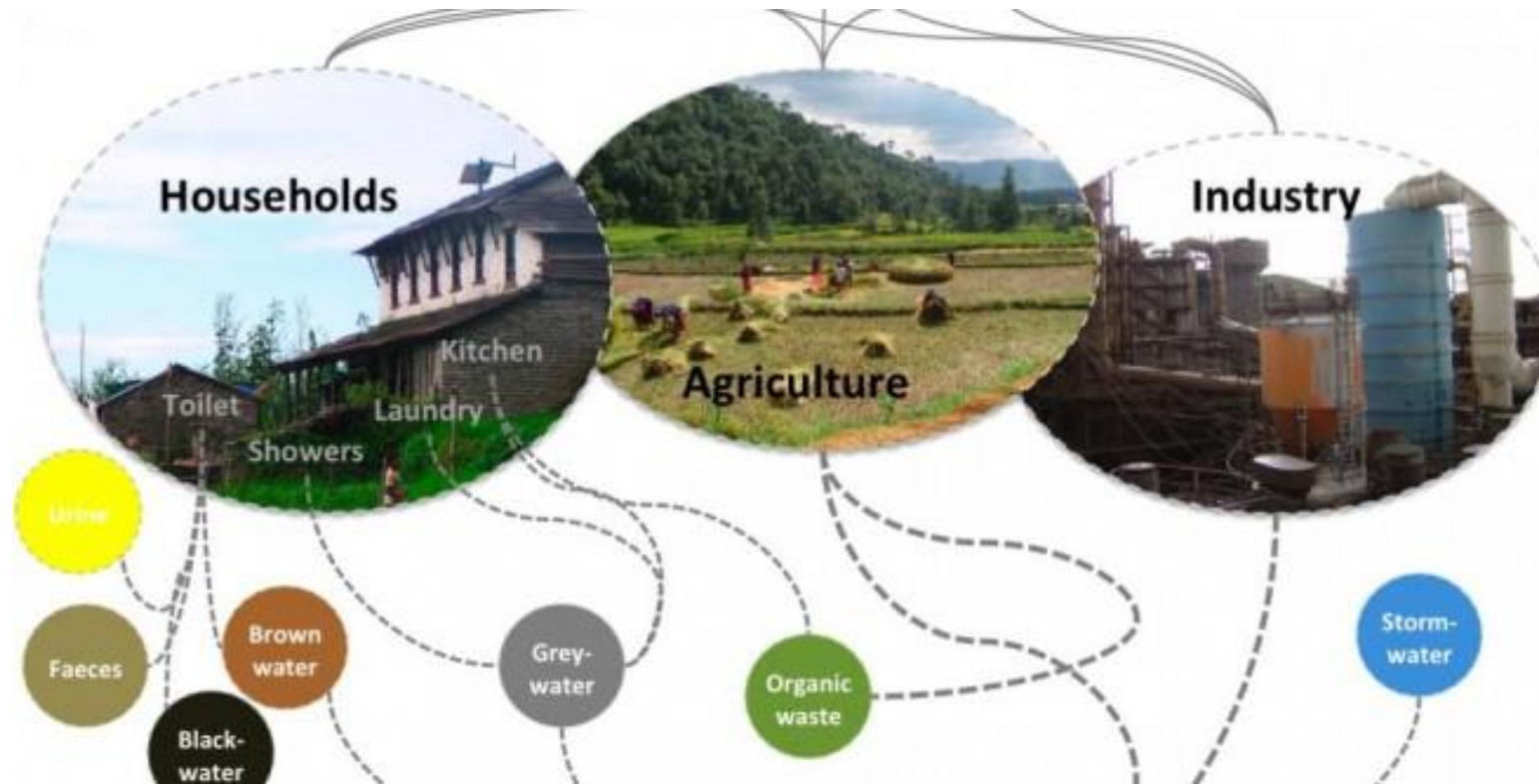
مهمترین تفاوتی که فاضلاب صنعتی با شهری دارد عبارت است از:

- ۱- امکان وجود مواد و ترکیبات شیمیایی و سمی در فاضلاب صنعتی بیشتر است.
- ۲- خاصیت خورندگی آن بیشتر است.
- ۳- خاصیت اسیدی و قلیائی بیشتری دارد
- ۴- امکان وجود ارگانیزم های زنده در آن کمتر است.



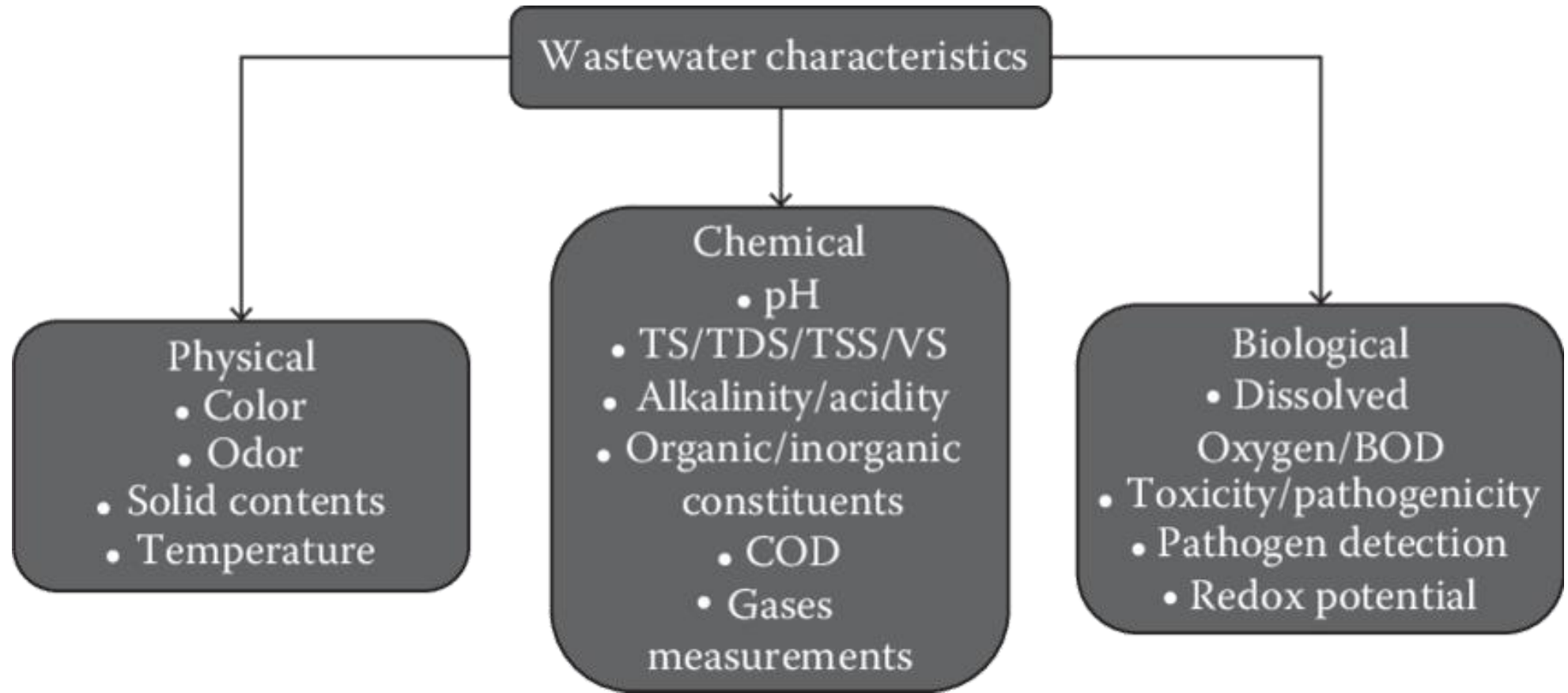
## □ فاضلاب های کشاورزی:

حاوی انواع آفت کش ها، سموم شیمیایی، و حشره کش ها و ترکیبات نیترات و فسفات





# مشخصات کیفی فاضلاب



## خصوصیات فیزیکی فاضلاب

**(1) رنگ:** رنگ فاضلاب شهری نشان دهنده عمر آن است.

- فاضلاب تازه دارای رنگ خاکستری است.
- با گذشت زمان در اثر گندیدگی و کهنه شدن رنگ فاضلاب تیره و سیاه می گردد.
- در صنایع رنگ آن بستگی به نوع مواد مصرفی دارد.

**(۲) بو:**

- بوی فاضلاب ناشی از گازهایی است که در اثر متلاشی شدن مواد آلی بوجود می آید.
- بوی فاضلاب کهنه ناشی از گاز هیدروژن سولفور است که در اثر فعالیت باکتریهای بی هوازی رخ می دهد.

(۳) دمای فاضلاب :

بعلت اعمال زیستی گرمای فاضلاب معمولا بیشتر و گرمتر از آب در همان محیط است.

(۴) وزن مخصوص فاضلاب:

با توجه به سبک بودن مواد خارجی برابر آب در نظر گرفته می شود.

## خصوصیات شیمیایی و بیولوژیکی فاضلاب شهری

### CHARACTERISTICS OF WASTEWATER

Parameters	UNITS	GUIDELINE VALUE
pH	-	4-12
Suspended solids	mg/l	24-5700
BOD <sub>5</sub>	mg/l	450-4,790
COD	mg/l	80 - 95000
Total nitrogen	mg/l	15-180
Total phosphorus	mg/l	11-160
Oil and grease	mg/l	10
Total coliform bacteria	Mpn/100ml	400
Magnesium	mg/l	25-49
Potassium	mg/l	11-160
Chloride	mg/l	48-469
Calcium	mg/l	57-112

pH فاضلاب شهری

فاضلاب تازه دارای pH=7 است ولی در اثر گندیدگی پی اچ آن اسیدی می شود.

# مهم ترین اجزای تشکیل دهنده فاضلاب شهری

## 1) جامدات معلق:

عمدتاً شامل پسماندهای غذایی، فضولات انسانی، کاغذ، پارچه و ذرات خاک

## 2) مواد آلی فاضلاب:

عمدتاً شامل پروتئینها (۴۰ تا ۶۰ درصد)، کربوهیدراتها (۲۵ تا ۵۰ درصد) و لیپیدها (تقریباً ۱۰ درصد)

## 3) عوامل بیماریزا:

انواع عوامل بیماریزا با منشأ آبی یافت می شوند که شامل باکتریها، ویروسها، پرتوزوآ و انگلها می باشند.

## استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران جهت استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده

پارامتر کیفی	کشاورزی	تخلیه به رودخانه ها	تخلیه به آبهای زیرزمینی
pH	۶- ۸/۵	۶/۵- ۸/۵	۵-۹
(mg/l) BOD	۱۰۰	۳۰	۳۰
COD	۲۰۰	۶۰	۶۰
TSS	۱۰۰	۴۰	۴۰
رنگ (واحد رنگ)	۷۵	۷۵	۷۵
کدورت (NTU)	۵۰	۵۰	-
مواد پاک کننده (mg/l)	۰/۵	۱/۵	۰/۵
کل کلیفرم	≤۱۰۰۰ عدد/۱۰۰ml	≤۱۰۰۰ عدد/۱۰۰ml	≤۱۰۰۰ عدد/۱۰۰ml
کلیفرم مدفوعی	≤۴۰۰ عدد/۱۰۰ml	≤۴۰۰ عدد/۱۰۰ml	≤۴۰۰ عدد/۱۰۰ml
تخم نماتودها	یک عدد در لیتر ≤	-	-

## انواع مراحل تصفیه فاضلاب :

۱. تصفیه مقدماتی ( اولیه )

۲. تصفیه ثانویه

۳. تصفیه پیشرفته

- برای تخلیه فاضلاب به محیط زیست (آب یا خاک) لازم است تصفیه اولیه و ثانویه انجام شود .

## □ عملیات واحد :

کار های فیزیکی برای تصفیه فاضلاب مثل آشغال گیری ، ته نشینی ، انعقاد و فیلتراسیون

## □ فرایند واحد :

افزودن مواد شیمیایی یا استفاده از فعالیت های بیولوژیکی میکروارگانیسم ها جهت تصفیه فاضلاب

فرایند واحد شیمیایی : افزودن مواد تصفیه کننده برای لخته سازی ، میکروب کشی با افزودن کلر

فرایند واحد بیولوژیکی : راکتور لجن فعال یا فیلتر چکنده ، لاگون هوادهی و ...

□ راکتور : هر مخزن یا حوضچه ای که عملیات واحد یا فرایند واحد در آن انجام شود .



## □ تصفیه مقدماتی ( اولیه )

جداسازی تقریباً نیمی از جامدات معلق و تقریباً ۳۰ درصد کل BOD فاضلاب ورودی

شامل:

۱. آشغالگیر

۲. ایستگاه پمپاژ

۳. کانال انتقال آب : آرام کردن جریان فاضلاب

۴. آشغالگیر ریز

۵. کانال دانه گیر : ذرات جامد درشت مثل شن و ماسه را از فاضلاب حذف کند ( قطر بیش از ۰.۲ mm )

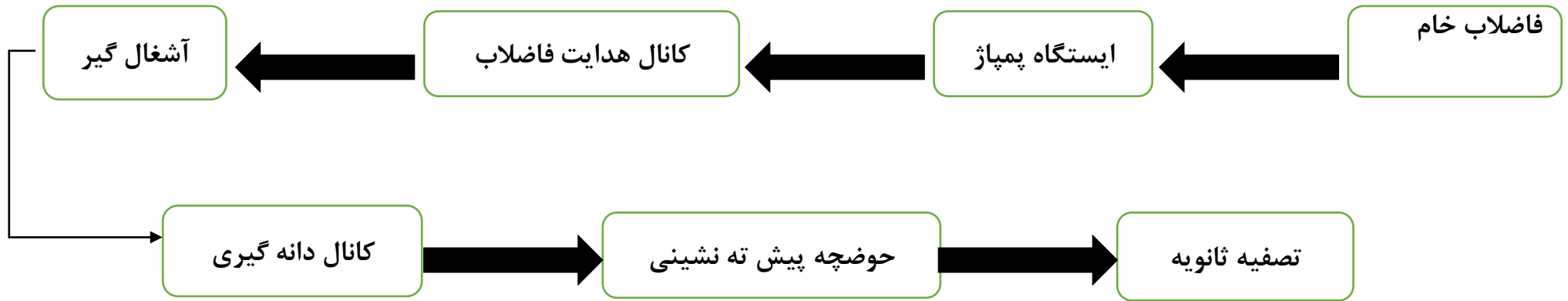
۶. حوضچه پیش ته نشینی:

- فاضلاب خروجی از حوضچه پیش ته نشینی بین ۵۰ تا ۷۰ درصد ذرات جامد معلق خود را از دست می دهد. TSS خروجی = ۵۰٪ تا ۷۰٪ TSS ورودی
- حدود ۳۰٪ ذرات جامد حذف شده در تصفیه اولیه مواد آلی بوده و بقیه مواد معدنی هستند.

۷. حوضچه متعادل ساز: تنظیم دبی فاضلاب و همین طور کیفیت فاضلاب.

منظور از دبی فاضلاب مقدار حجمی از فاضلاب است که در واحد سطح در واحد زمان می گذرد.

۸. واحد خنثی سازی: برای تنظیم pH فاضلاب.

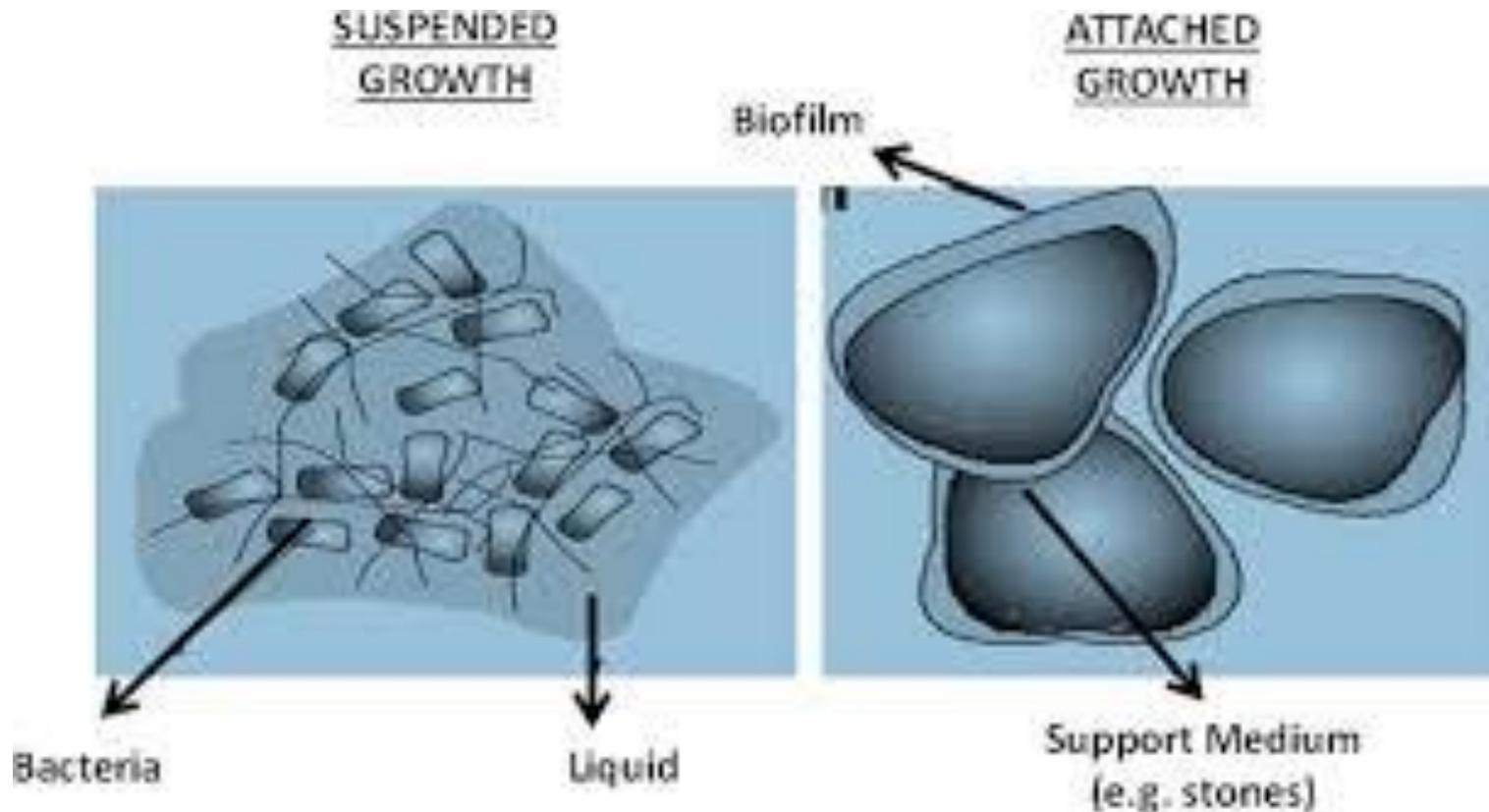


## بخش های مختلف تصفیه اولیه فاضلاب

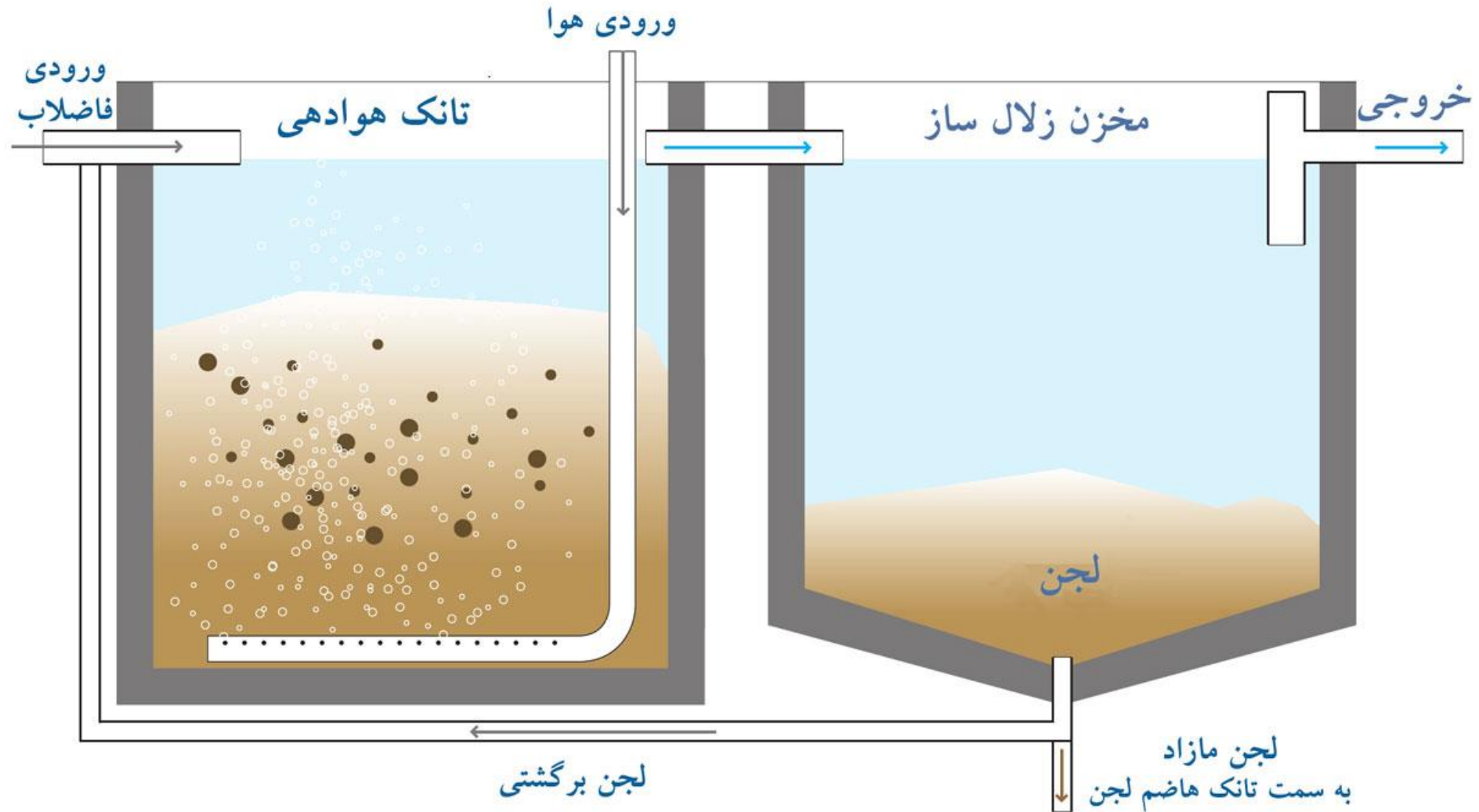
## تصفیه ثانویه :

1. روش کشت میکروبی معلق ( مثل راکتور لجن فعال )

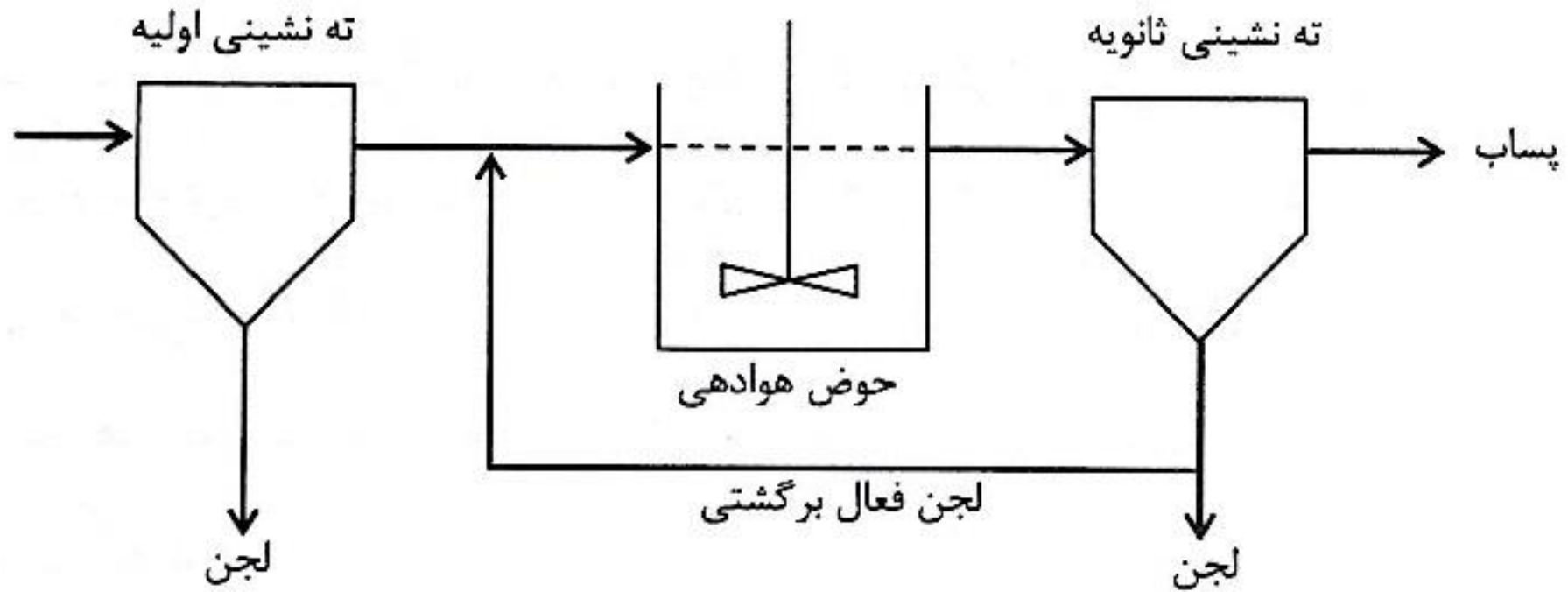
2. روش کشت میکروبی متصل ( مثل صافی های چکنده )



# راکتور لجن فعال با دیفیوزر هوا در کف



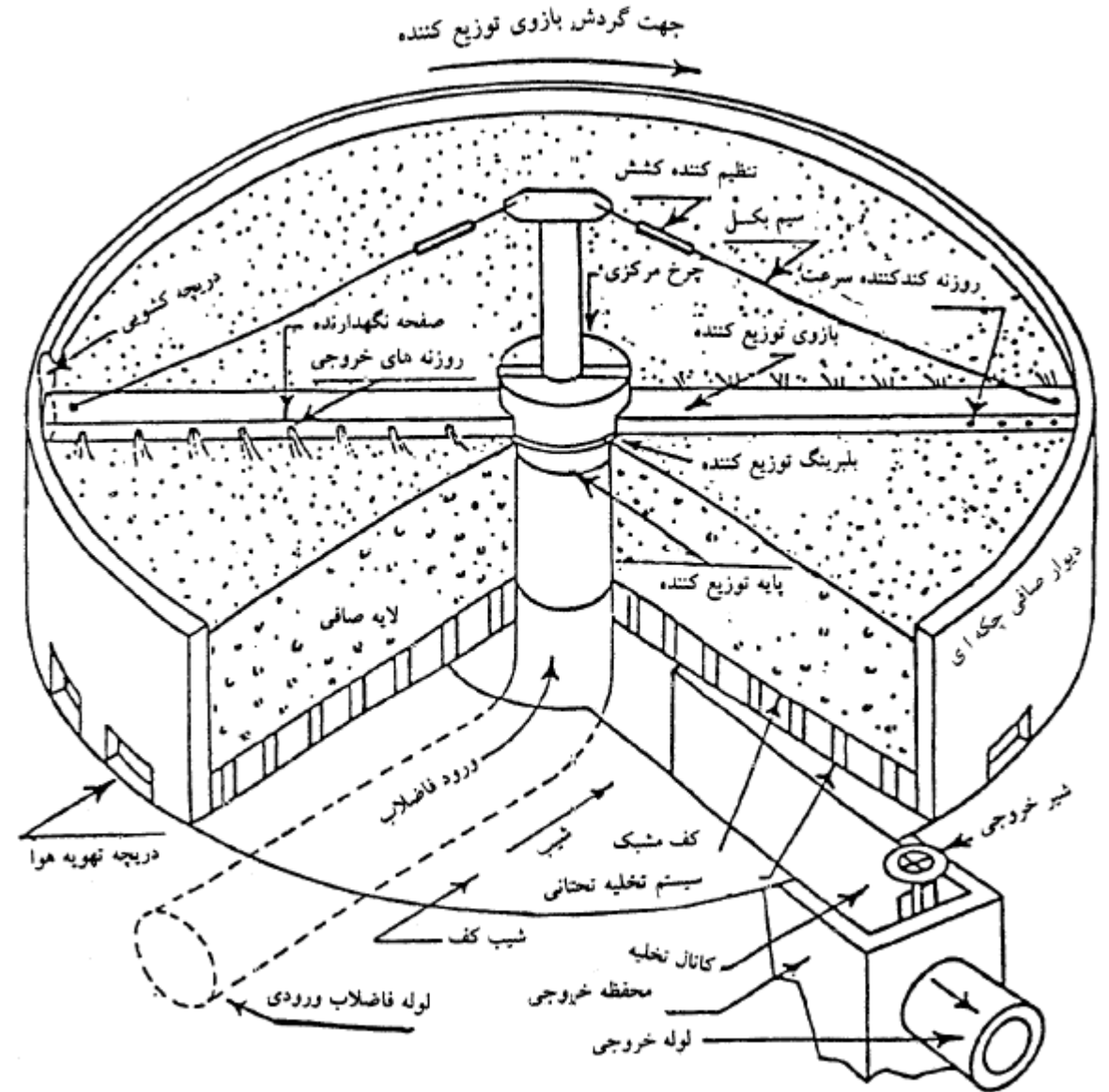
## راکتور لجن فعال با هوادهی پره ای



## صافی های چکنده

- بنا به دلایل اقتصادی از این روش برای تصفیه فاضلابهای شهرهای کوچک تا متوسط به کار می روند.
- این سیستم از یک استوانه که درون آن قطعات قلوه سنگ و یا پلاستیک وجود دارد تشکیل شده است که فاضلاب بر روی آنها پخش می گردد.
- میکروارگانیسم ها بر روی قطعات موجود در استوانه رشد کرده و مواد آلی موجود در فاضلاب را تجزیه می نمایند.

# صافی چکنده





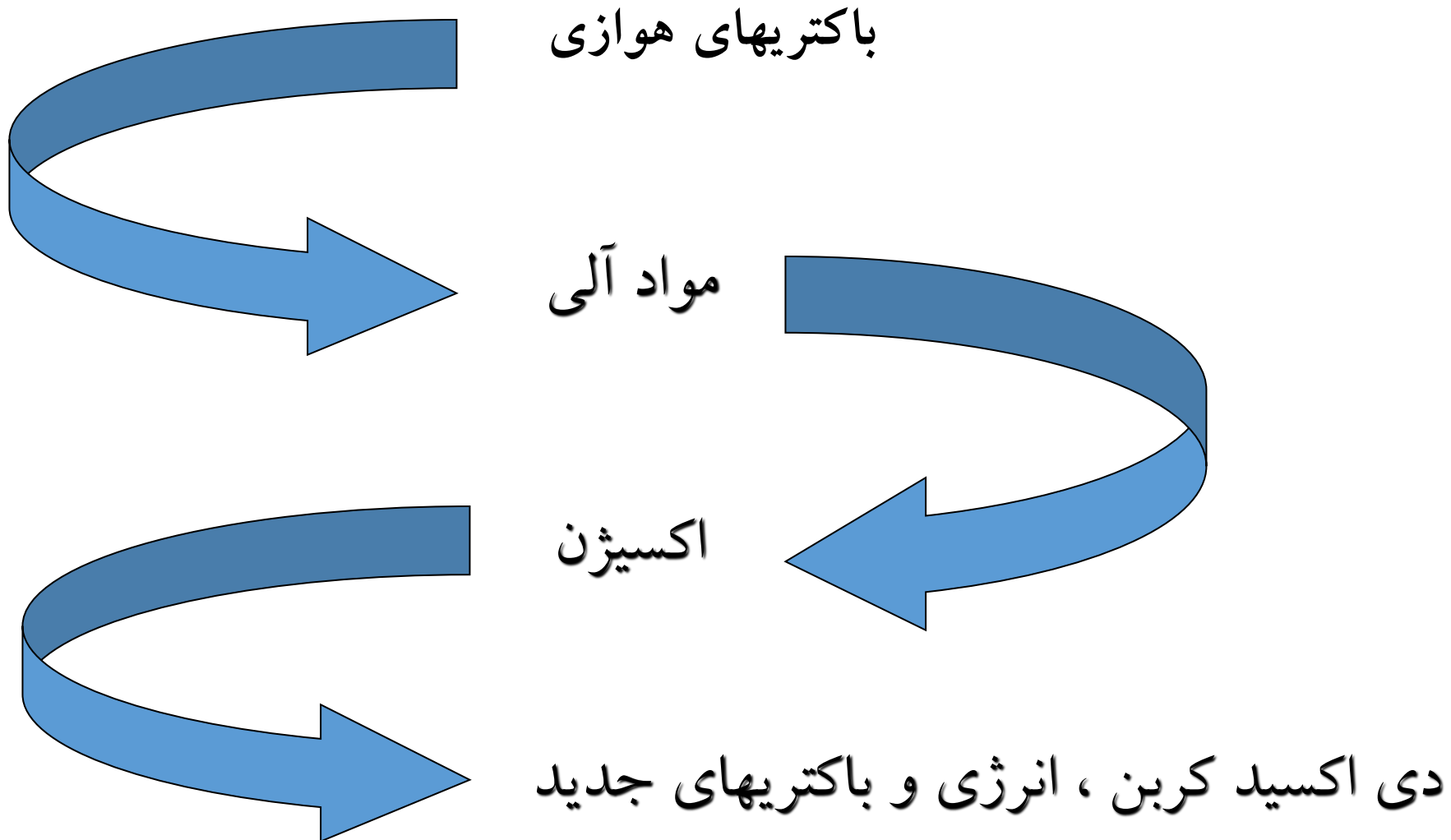
میکروارگانیزم های هوازی

میکروارگانیزم های بی هوازی



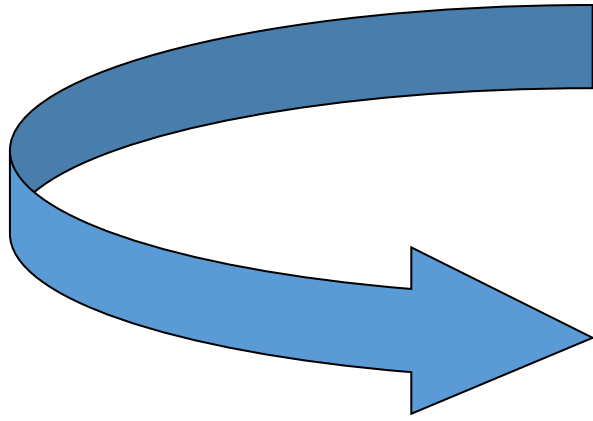
میکروارگانیزم های اختیاری

# تصفیه بیولوژیک هوای

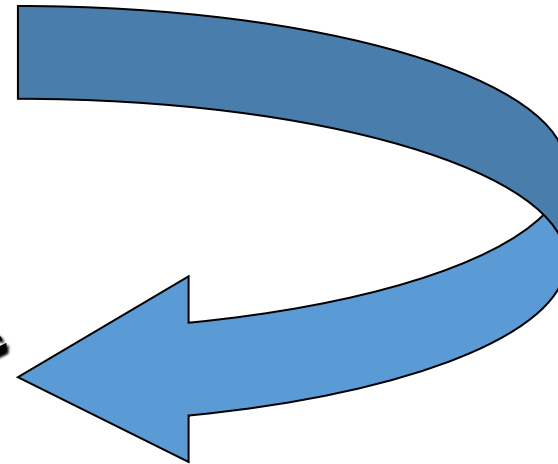


# تصفیه بیولوژیک بی هوازی

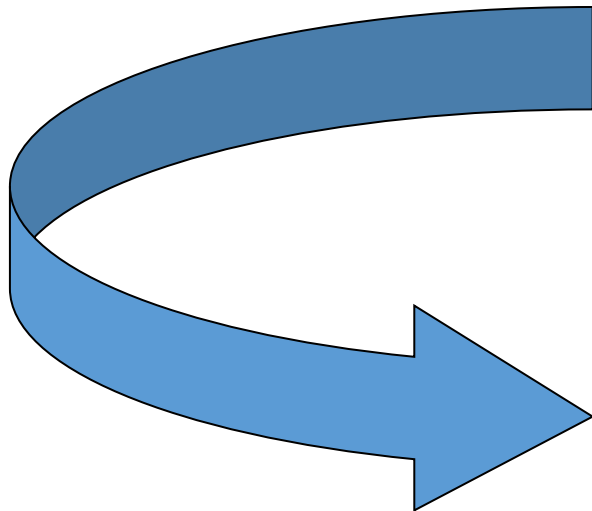
باکتریهای بی هوازی



مواد آلی

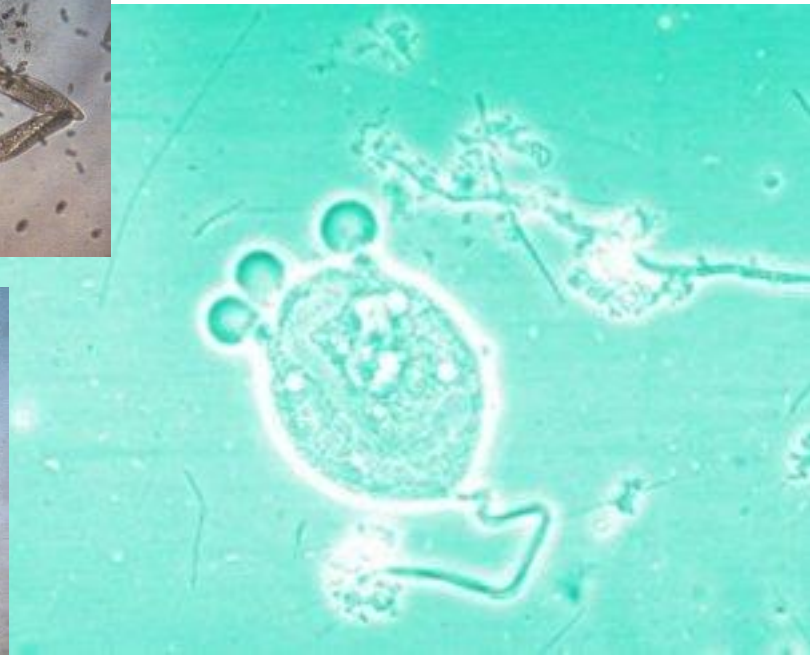
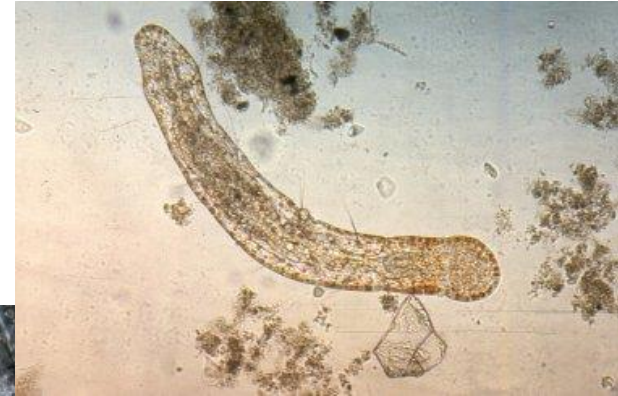


عدم وجود  
اکسیژن



متان، هیدروژن سولفید، باکتریهای جدید و...

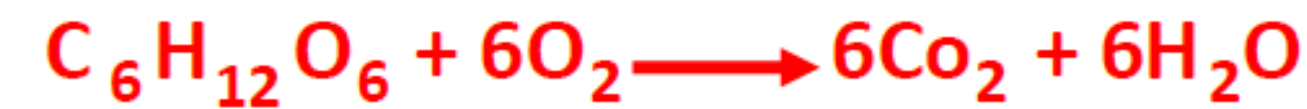
# برخی میکروارگانیسم های موجود در فاضلاب



## □ تاثیر دما و pH بر میکروارگانیسم ها

- به ازاء هر ۱۰ درجه سانتیگراد افزایش دما فعالیتهای باکتریها ۲ برابر می شود. این عمل تا دمای ۴۰ درجه سانتیگراد ادامه دارد.
- مناسب ترین pH برای رشد باکتریها ۶/۵ الی ۷/۵ می باشد. اما برخی از آنها در pH های بسیار پایین و یا محیط های بسیار قلیایی نیز می توانند رشد نمایند.
- تغییرات ناگهانی pH می تواند منجر به توقف رشد و یا مرگ باکتریها شود.

تجزیه هوازی



ماده آلی فاضلاب                      ماده معدنی فاضلاب

تجزیه بی هوازی



ماده آلی فاضلاب    باکتریهای  
                                 گوگردی

29% متان                      آمونیاک

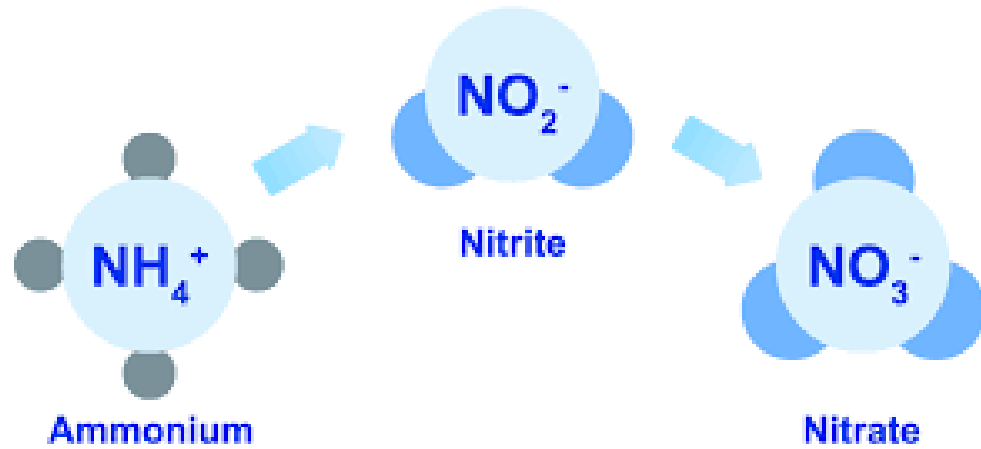
68.8%

سولفید هیدروژن

بیوگاز (Biogas)

(بوی بد فاضلاب)

## Nitrification



نیترات سازی یا آمونیاک زدایی (نیتریفیکاسیون)



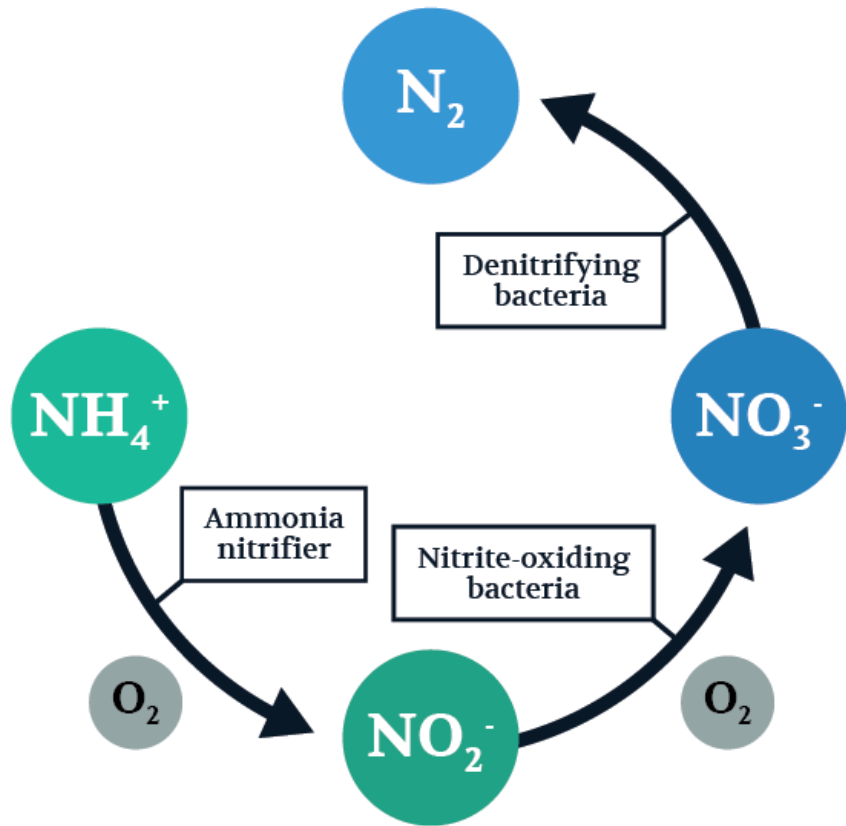
نیترات ایجاد BOD نمی کند و تجزیه هوازی آن ممکن نیست، بنابراین باعث کاهش DO آب نمی شود. ولی منجر به تحریک شدید رشد جلبکها می گردد و مجدداً پس از مرگ جلبکها مواد آلی به آبهای پذیرنده وارد می شود.

## مشکلات ناشی از حضور نیترات

- ایجاد پدیده شکوفایی جلبکی
- در صورت ورود این پساب به منابع آب آشامیدنی منجر به ایجاد بیماری کودک آبی (Blue baby) می گردد.
- ایجاد آلودگی در آبهای زیر زمینی



## نیترات زدایی یا ازت زدایی (دنیتریفیکاسیون)

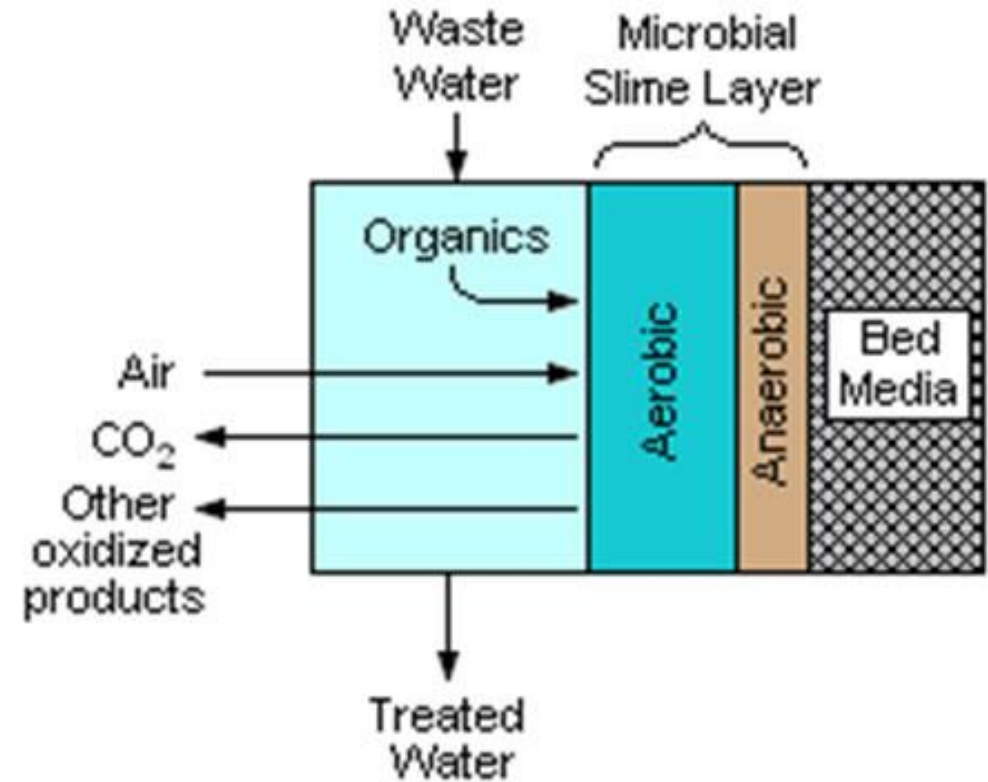
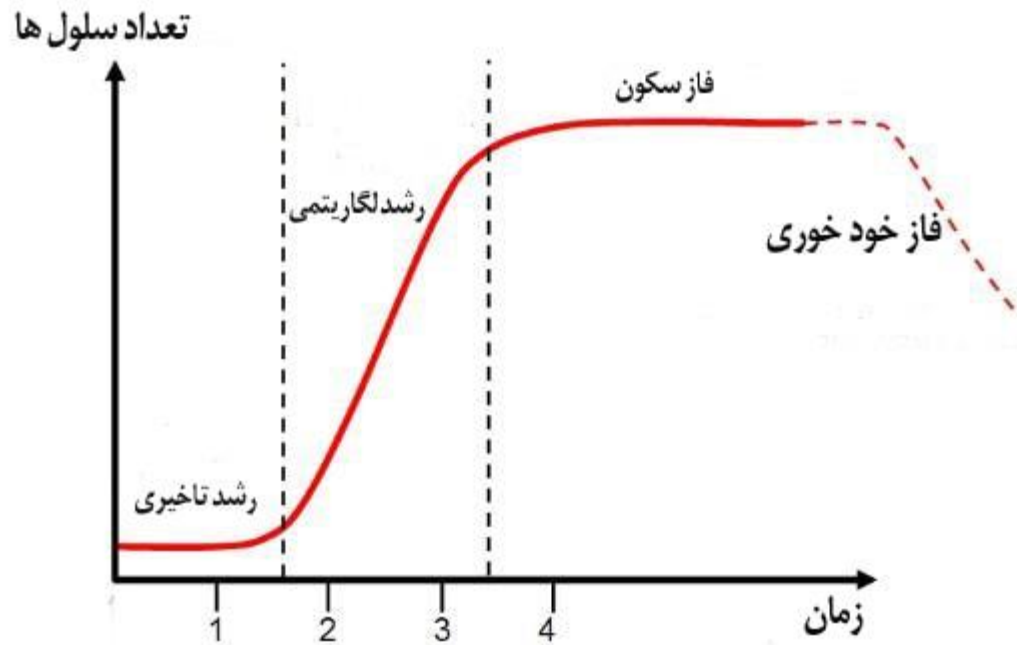


Reaction route of conventional nitrification and denitrification

این فرایند کاملاً بی هوازی بوده و در حضور اکسیژن انجام نمی شود.

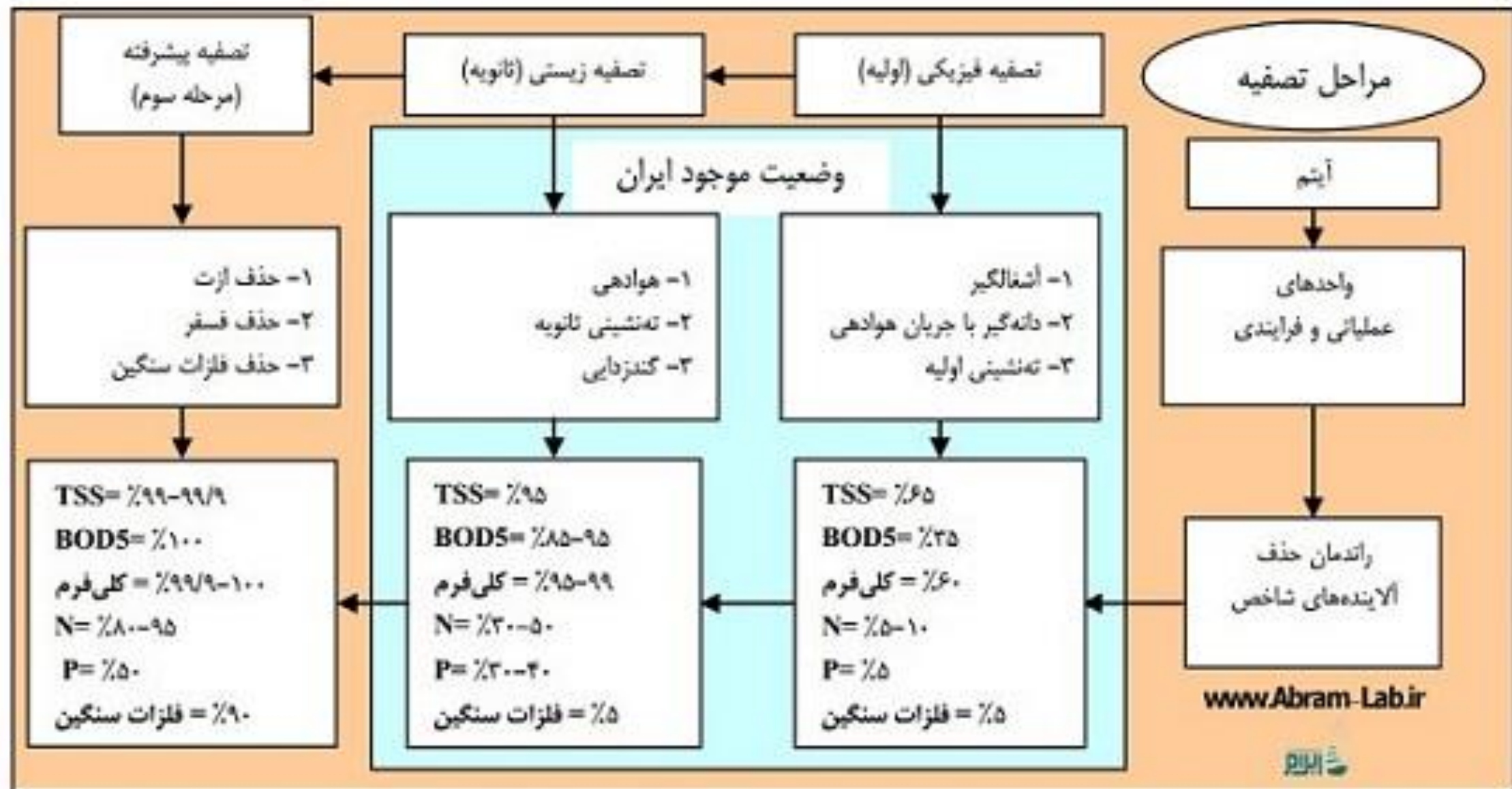


## منحنی رشد باکتریایی در تصفیه فاضلاب



نحوه رشد توده سلولی در کشت میکروبی متصل

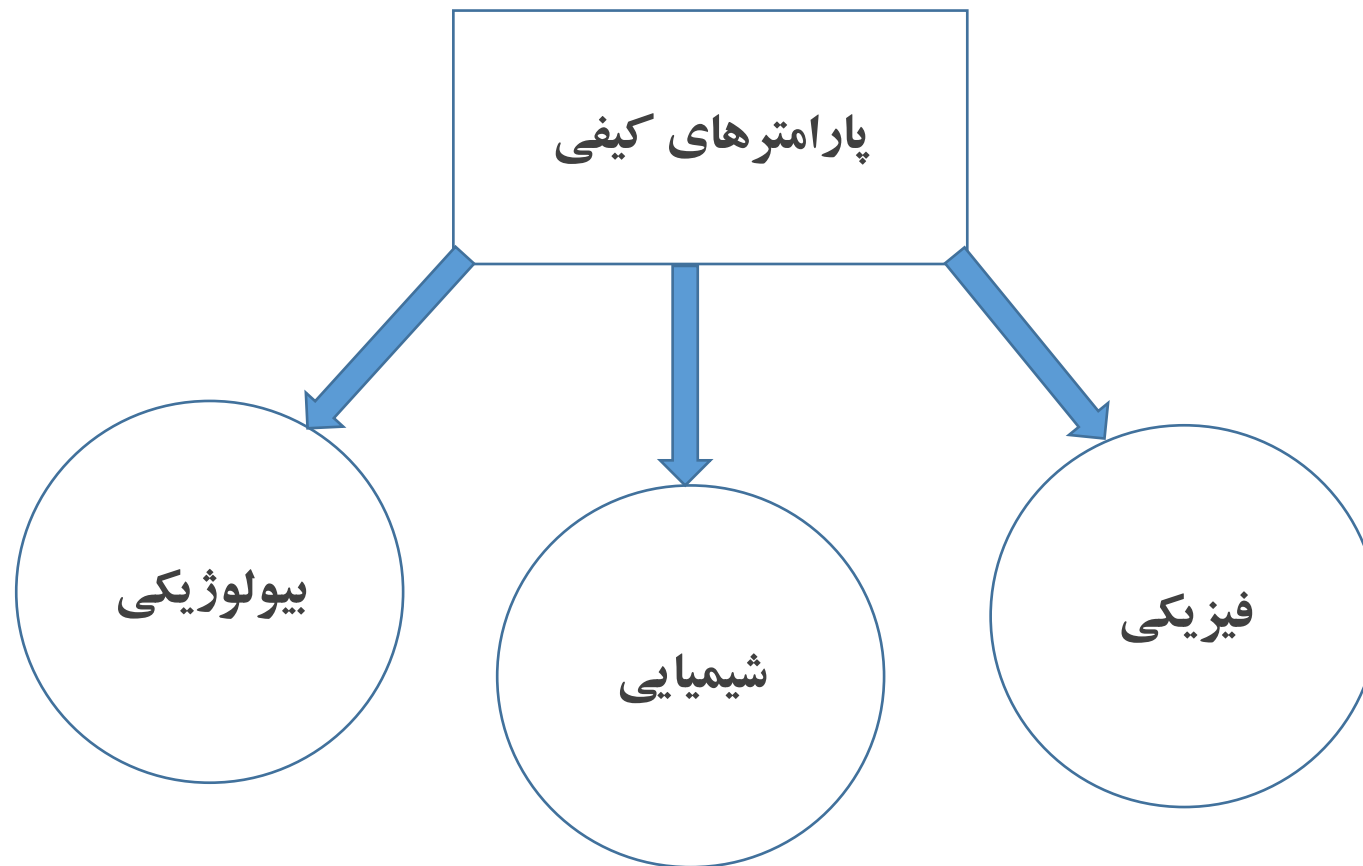
نوع فعالیت	عملکرد	تصفیه
ایستگاه پمپاژ	انتقال فاضلاب از اعماق پایین تر به سطح زمین ( گاهی چاهک پمپاژ نقش متعادل ساز را نیز دارد )	اولیه (مقدمه‌ای)
آشغال گیری	برای حذف یا جدا کردن مواد جامد بزرگ مثل چوب ، پارچه و ... استفاده می شود .	
کانال انتقال فاضلاب	آرام کردن جریان فاضلاب قبل از ورود به بخش های دیگر تصفیه خانه	
کانال دانه گیری	حذف ذرات شن و ماسه ( ذرات معدنی ) از فاضلاب . ( قبل از ته نشینی )	
حوضچه پیش ته نشینی	ته نشینی ذرات معدنی قابل ته نشینی	
تانک متعادل ساز	تنظیم دبی کیفیت فاضلاب ، تنظیم pH ، تنظیم دما	
واحد خنثی سازی	تنظیم pH در فاضلاب صنعتی	
واحد های بیولوژیکی تصفیه فاضلاب (راکتور لجن فعال یا صافی چکنده)	کمک گرفتن از میکروارگانیسم ها برای حذف مواد آلی فاضلاب و تبدیل آن ها به توده سلولی ( جرم زنده )	
تانک ته نشینی ثانویه (زالال ساز ثانویه)	اجازه دادن به توده سلولی برای ته نشینی در زلال ساز و تشکیل لجن در کف زلال ساز . پساب خروجی از زلال ساز ثانویه میتواند برای مصارف غیر شرب استفاده شود .	
هضم لجن	لجن تغلیظ می شود ( آبگیری می شود ) - با گرما دادن به لجن توده سلولی تبدیل به CH4 و CO2 و سایر گاز ها شده و باقیمانده آن به عنوان کود مصرف می شود .	
خشک کردن لجن		



طرح شماتیک واحدهای عملیاتی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری

## عوامل مؤثر بر طراحی بخش های مختلف تصفیه خانه

### ۱- کیفیت فاضلاب



پارامترهای اصلی در طراحی واحدهای تصفیه: TSS و BOD

# BOD

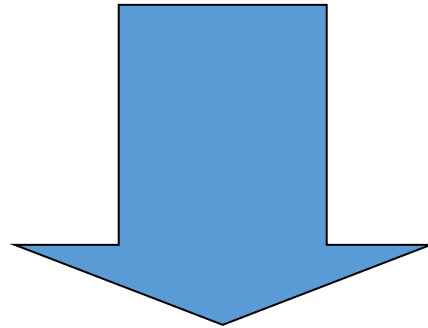
تعیین مقدار اکسیژن لازم که باید به فاضلاب داده شود تا باکتریهای هوازی مواد آلی موجود در فاضلاب را اکسید نمایند.



## مقدار BOD به عوامل زیر وابسته است:

- مقدار مواد آلی موجود در آب
- میزان فعالیت باکتری ها
- درجه حرارت
- توربولانس یا اختلاط فاضلاب

بیشتر از هفتاد درصد مواد آلی در پنج روز اول اکسید می شوند



بنابر این برای صرفه جویی در زمان از **BOD<sub>5</sub>** (پنج روزه) استفاده می شود



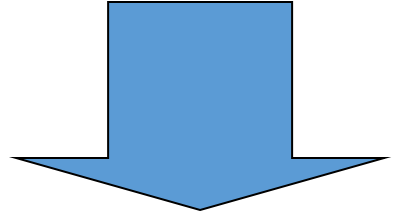
غلظت (mg/L)	پارامتر
۱۰۰۰-۵۰۰	TS کل جامدات
۴۰۰-۲۰۰	TDS کل جامدات محلول
۶۰۰-۳۰۰	TSS کل جامدات معلق
۳۵۰-۱۵۰	$BOD_5$ (20°C)
۵۰۰-۳۰۰	COD
۶۰-۳۰	کل نیتروژن
۸-۵	کل فسفر
۱۲۰-۸۰	کل قلیائیت

هرچقدر  $\frac{BOD}{COD}$  بزرگتر باشد ، کیفیت فاضلاب بهتر است .

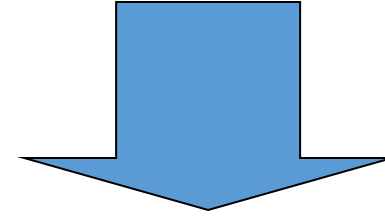
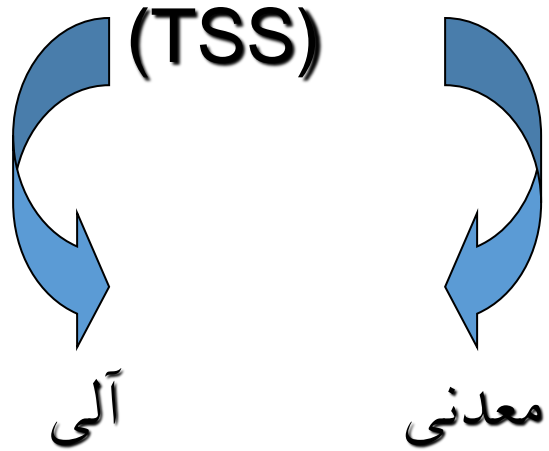
$$\text{راندمان تصفیه BOD} = \left( \frac{\text{پساب BOD} - \text{ورودی BOD}}{\text{ورودی BOD}} \right) \times 100$$

$$\text{راندمان حذف TSS} = \left( \frac{\text{پساب TSS} - \text{ورودی TSS}}{\text{ورودی TSS}} \right) \times 100$$

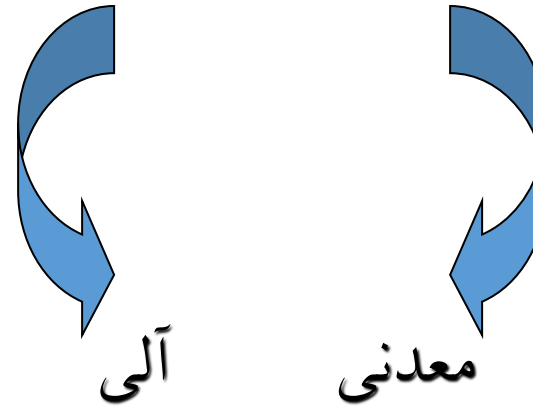
# جامدات موجود در فاضلاب (TS)



جامدات معلق



جامدات محلول (TDS)



## ۲- دبی جریان و نوسانات آن

مقدار حجم فاضلابی است که روزانه وارد تصفیه خانه می شود.

واحد دبی متر مکعب در روز یا مترمکعب در ثانیه ( $\frac{m^3}{d}$  و  $\frac{m^3}{s}$ ) است.

$Q_{avg}$  مبنای طراحی قسمت اصلی تصفیه خانه است.

برای فاضلاب شهری مجزا

$$Q_{avg} = \frac{\sum_d Q_d}{365}$$

$Q_{peak} = Q_{max}$  برابر است با حداکثر مقدار دبی روزانه در طول مدت یک سال.

$Q_{min}$  برابر است با حداقل مقدار دبی روزانه در طول مدت یک سال.

$$Q_{max(h)} = \frac{\sum_{n=1}^{365} Q_{max(h)_i}}{365}$$

$$Q_{min(h)} = \frac{\sum Q_{min(h)_i}}{365}$$

$$Q_{avg(h)} = \frac{\sum Q_{(h)_i}}{24}$$

معمولا دوره طرح برای تصفیه خانه های فاضلاب ۲۵ تا ۳۰ سال است.

$$\text{ضریب حداکثر دبی} = \frac{Q_{max}}{Q_{avg}} = [1.5, 3] \Rightarrow Q_{max} = (1.5 - 3) \cdot Q_{avg}$$

$$\text{ضریب حداقل دبی} = \frac{Q_{min}}{Q_{avg}} = [0.1, 0.3] \Rightarrow Q_{min} = (0.1 - 0.3) \cdot Q_{avg}$$

□ کاربرد  $Q_{max}$  تعیین زمان ماند فاضلاب در حوضچه متعادل ساز و مخزن کلرزنی است.

□ کاربرد  $Q_{avg}$  برای طراحی قسمت های مختلف تصفیه خانه از جمله حوضچه های ته

نشینی و همچنین تعیین ظرفیت تصفیه خانه و تعیین حجم لجن تولیدی است.

□ کاربرد  $Q_{min}$  کنترل سرعت در کانال های انتقال فاضلاب جهت جلوگیری از ته نشینی رسوبات است.

□ کاربرد  $Q_{max(h)}$  طراحی ایستگاه های پمپاژ، کانال انتقال، کانال دانه گیری، کنترل نرخ بار هیدرولیکی در حوضچه های ته نشینی و ... است.

□ کاربرد  $Q_{min(h)}$  کنترل جریان در فیلتر چکنده، کنترل نرخ بار هیدرولیکی در حوضچه ته نشینی، ایستگاه های پمپاژ و ... است.

## بار آلی (Mass Load):

مقدار ماده آلی یا *BOD* که روزانه وارد تصفیه خانه می شود.

$$\text{غلظت } BOD \text{ فاضلاب خام} \times \text{دبی فاضلاب} = \text{بار آلی } BOD \quad \left(\frac{kg}{d}, \frac{mg}{l}, \frac{kg}{m^3}\right)$$

$$\text{غلظت } TSS \text{ فاضلاب خام} \times \text{دبی فاضلاب} = \text{بار آلی } TSS \quad \left(\frac{kg}{d}\right)$$

روز یا ساعت	$Q_{avg}$	BOD	TSS
1	$Q_1$	$BOD_1$	$TSS_1$
2	$Q_2$	$BOD_2$	$TSS_2$
3	$Q_3$	$BOD_3$	$TSS_3$
“	“	“	“
n	$Q_n$	$BOD_n$	$TSS_n$
		$BOD_{avg}$	$TSS_{avg}$
	متوسط ریاضی	$= \frac{\sum_i BOD_i}{n}$	$= \frac{\sum_i TSS_i}{n}$



متوسط گیری وزنی پارامترهای کیفی:

$$BOD = \frac{\sum_i BOD_i \cdot Q_i}{\sum_i Q_i}$$

$$TSS = \frac{\sum_i TSS_i \cdot Q_i}{\sum_i Q_i}$$

زمان (ساعت)	Q (m <sup>3</sup> /hr)	(mg/l, g/m <sup>2</sup> ) BOD	TSS (mg/l)	بار آلی BOD	بار آلی TSS
0	16.5	171	192	2.822	3.168
1	15.2	142	163	2.158	2.478
2	13.7	103	125	1.411	1.713
3	13.4	74	97	0.992	1.3
4	12.6	51	67	0.643	0.844
5	12.4	55	60	0.682	0.744
6	12.3	69	62	0.849	0.763
7	13.5	118	105	1.593	1.418
8	16.6	149	216	2.473	3.586
9	18.4	190	271	3.496	5.562
10	19.2	212	283	4.07	5.395
11	19.6	221	294	4.332	5.246
12	19.2	223	281	4.282	4.556
13	19.5	218	269	4.251	3.913
14	18.6	210	245	3.906	3.186
15	18.2	205	215	3.751	2.923
16	17.6	192	181	3.379	2.904
17	17.5	166	167	2.905	3.44
18	17.6	160	165	2.816	4.12

$$Q_{avg} = \frac{\sum_i Q_i}{24} = 16.185 \text{ m}^3/\text{hr}$$

متوسط گیری ریاضی

$$BOD_{avg} = \frac{\sum_i BOD_i}{24} = 173.25$$

$$TSS_{avg} = \frac{\sum_i TSS_i}{24} = 188$$

متوسط گیری وزنی

$$BOD_{avg(w)} = \frac{\sum_i BOD_i \cdot Q_i}{\sum_i Q_i} = 182 \text{ mg/l}$$

$$TSS_{avg(w)} = \frac{\sum_i TSS_i \cdot Q_i}{\sum_i Q_i} = 198 \text{ mg/l}$$

## معیارهای طراحی بخش های مختلف تصفیه خانه

۱- زمان ماند هیدرولیکی (HRT یا  $\theta$ ):

متوسط زمانی که فاضلاب ورودی به هر یک از بخش های تصفیه خانه طول می کشد تا از آن بخش خارج شود.

$$HRT = \frac{V}{Q}$$

V : حجم فاضلاب ( $m^3$ )

Q : دبی فاضلاب ( $\frac{m^3}{s}$ )

## مثال :

حوضچه ته نشینی به ابعاد  $2 \times 1.5 \times 20$  متر موجود است . اگر دبی فاضلاب  $0.5 \frac{m^3}{s}$  باشد ، زمان ماند هیدرولیکی  $\theta$  را به دست آورید.

$$\theta = \frac{V}{Q} = \frac{20 \times 1.5 \times 2}{0.5 \times 60} = 2min$$

۲- سرعت افقی ( $V_h$ )

$$V_h = \frac{Q}{Ax} = \frac{Q}{WH}$$

$A_x$ : سطح مقطع عمود بر جریان کانال یا حوضچه

$$V_h = \frac{L}{\theta}$$

دبی ورودی به استخر

۳- سرعت ته نشینی ( $V_s$ )

$$v_s (m/s) = \frac{Q}{A}$$

سرعت ته نشینی

سطح حوضچه ته نشینی

سرعت ته نشینی به عمق حوضچه ته نشینی بستگی ندارد.

## سرعت ته نشینی با استفاده از رابطه استوکس

$$v_s = \frac{(\gamma_1 - \gamma) \times d^2}{18\eta}$$

وزن مخصوص ذره

وزن مخصوص فاضلاب

قطر ذره

$v_s$

سرعت ته نشینی

لزجیت دینامیکی



**مثال :**

یک قطعه چوب شناور در حوضچه ی زلال ساز مستطیلی به عرض ۲m و عمق ۱.۵m فاصله ی ۱.۵ متری را در مدت زمان ۳۰ ثانیه طی می کند. سرعت افقی جریان فاضلاب را به دست آورید.

**حل:**

$$V_h = \frac{L}{t} = \frac{1.5}{30} = 0.5 \frac{m}{sec}$$

مثال :

کانال دانه گیری به عمق 0.9m موجود است . اگر سرعت ته نشینی ذرات ماسه به قطر 0.2mm ، 2.3cm/sec باشد مدت زمان لازم برای ته نشینی این ذرات چقدر است ؟ طول کانال دانه گیری را به دست آورید . سرعت افقی جریان را 0.3m/s در نظر بگیرید.

$$V_s = \frac{H}{\Theta}$$

حل:

$$\Theta = \frac{H}{V_s} = \frac{0.9}{2.3 \times 10^{-2}} = 39.13 \text{ sec}$$

$$V_h = \frac{L}{\Theta}$$

$$L = V_h \times \Theta = 0.3 \times 39.13 = 11.75 \text{ m}$$

## ۴- نرخ بار سطحی (بار هیدرولیکی) (q یا SLR)

$$q = \frac{Q}{A_s}$$

اگر کانال یا حوضچه مستطیلی باشد:  $A_s = L \times w$

اگر کانال یا حوضچه دایره ای باشد:  $A_s = \frac{\pi D^2}{4}$

## ارتباط بین $q$ و $V_s$ :

$$q = \frac{Q}{As}$$

در حوضچه مستطیلی  $Q = \frac{V}{\theta}$  :

$$q = \frac{V}{\theta}$$

$$q = \frac{V}{As \theta} = \frac{WHL}{WL\theta} = \frac{H}{\theta}$$

$$q = v_s$$

## مثال :

تانک زلال ساز ثانویه به قطر 20m و عمق 2.5m موجود است . اگر دبی جریان 10MLD (میلیون لیتر بر روز) می باشد . نرخ بار سطحی q را به دست آورید .

حل:

$$Q = 10\text{MLD} = 10 \times 10^6 \frac{L}{d} = 10 \times 10^3 \frac{m^3}{d}$$

$$A_s = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (20)^2}{4} = 314.16 \text{ m}^2$$

$$q = \frac{Q}{A_s} = \frac{10000}{314.16} = 31.8 \frac{m^3}{m^2 \cdot d} \left( \frac{m}{d} \right)$$

$$\Theta = \frac{V}{Q} = \frac{A_s H}{Q} = \frac{314.16 \times 2.5}{10000} = 0.07854 \text{ day}$$

## ۵- نرخ سرریز (WLR) :

$$WLR = \frac{Q}{\text{طول سرریز}}$$

$$WLR = \frac{Q}{W}$$

$$\text{در کانال دایره ای} : WLR = \frac{Q}{\pi D}$$

**نکته:**

در کانال مستطیلی و دایره ای می توان طول سرریز را با افزایش طول مسیر سرریز افزایش داد.

**مثال:**

زالال ساز ثانویه دایره ای به قطر 20m موجود است . نرخ سرریز را برای دبی 10MLD محاسبه کنید.

**حل:**

$$Q = 10\text{MLD} = 10 \times 10^3 \frac{m^3}{day}$$

$$WLR = \frac{Q}{\pi D} = \frac{10000}{\pi D} \cong 160 \frac{m^3}{m.day}$$

**مثال:**

حوضچه ته نشینی به طول 10m و عرض 5m موجود است . نرخ سرریز را برای دبی 10MLD به دست آورید.

**حل:**

$$WLR = \frac{10000 \frac{m^3}{day}}{5 m} = 200 \frac{m^3}{m.day}$$



## ۶- نرخ بار آلی:

$$\text{BOD بار آلی} = \text{BOD} \times Q$$

$$\text{نرخ بار آلی} = \frac{\text{بار آلی} \left(\frac{Kg}{d}\right)}{\text{حجم حوضچه} (V)(m^3)}$$

### نکته:

از روی واحد نرخ بار آلی می توان تشخیص داد از کدام فرمول استفاده شده است.

## مثال:

صافی چکنده به قطر 20m و عمق 25m موجود است . اگر دبی جریان 10MLD باشد و  $BOD = 220 \frac{mg}{L}$  باشد ، نرخ بارالی را محاسبه کنید.

حل:

$$BOD = 220 \frac{mg}{L} \times \frac{10^{-6}}{10^{-3}} = 0.22 \frac{kg}{m^3} \quad Q = 10MLD = 10000 \frac{m^3}{day}$$

$$BOD \text{ بارآلی} = 0.22 \left( \frac{kg}{m^3} \right) \times 10000 \left( \frac{m^3}{day} \right) = 2200 \frac{kg}{day}$$

$$\text{نرخ بارآلی} = \frac{2200}{785.4} = 2.8 \frac{kg \text{ BOD}}{m^3 d} \quad \text{حجم صافی چکنده} = \frac{\pi \times (20)^2}{4} \times 25 = 785.4 m^3$$

۷- نسبت  $\frac{F}{M}$  میکروارگانسیم غذا:

این پارامتر در طراحی راکتور لجن فعال مهم می باشد.

Q: دبی ورودی به راکتور ( $\frac{m^3}{day}$ )

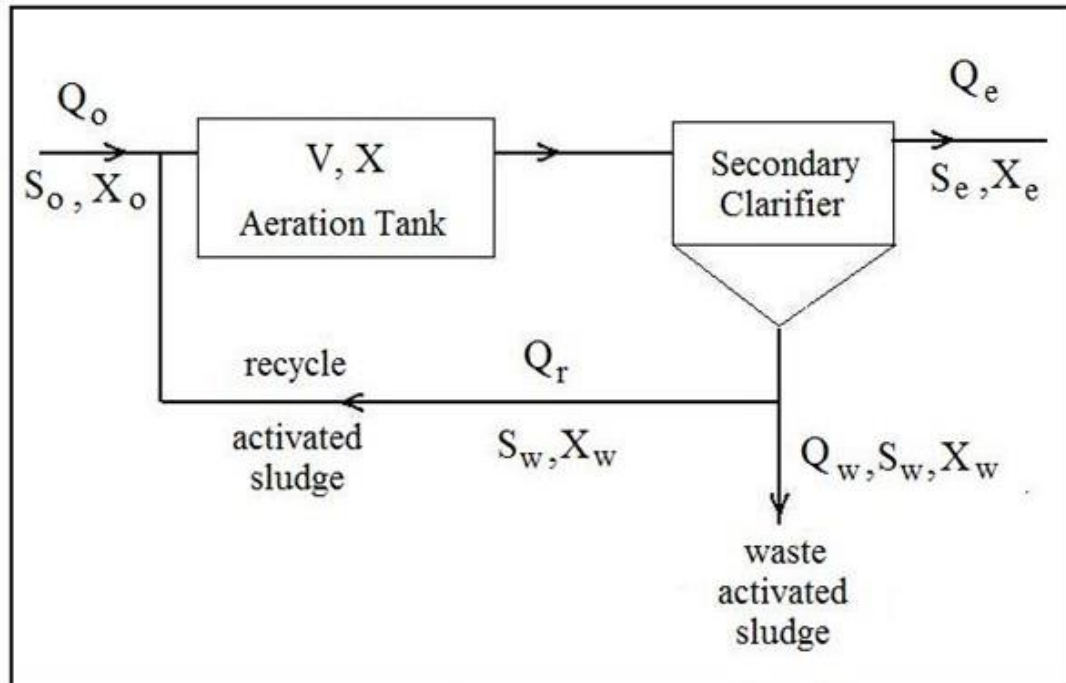
$S_0$ : غلظت BOD (مواد غذایی) ورودی ( $\frac{mg}{L}$ )

V: حجم راکتور ( $m^3$ )

X: غلظت توده سلولی در راکتور ( $\frac{mg}{L}$ )

$$\frac{F}{M} = \frac{S_0 Q_0 \left(\frac{kg}{day}\right)}{XV (kg)} \quad \left(\frac{1}{day}\right)$$

□ طبق رابطه فوق F بار آلی BOD است.

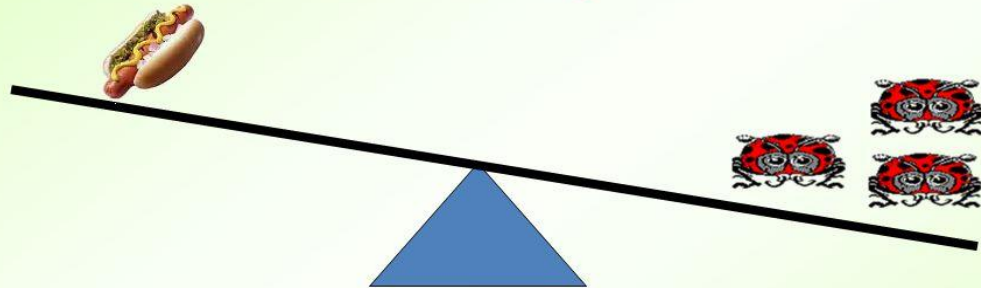


- نسبت غذا به میکروارگانسیم نشان دهنده مقدار مواد غذایی است که در اختیار میکروارگانسیم قرار می گیرد.

- کوچک بودن این نسبت به معنای کمبود مواد غذایی و تجزیه بهتر ترکیبات آلی موجود در فاضلاب می باشد.

- برای کاهش این نسبت باید میزان لجن برگشتی افزایش یابد.

**Need to Balance Organic Load (lbs BOD)  
With Number of Active Organisms in  
Treatment System**



**Food to Microorganism Ratio**

**F:M or  $\frac{F}{M}$**

## مثال:

غلظت BOD فاضلاب خام ورودی به تصفیه خانه  $220 \frac{mg}{L}$  می باشد. اگر تصفیه اولیه فاضلاب ۲۵٪ BOD را حذف کند و نسبت  $\frac{F}{M} = 0.6$  و دبی 0.5MLD باشد مقدار M را به دست آورید. (سیستم تصفیه ثانویه راکتور لجن فعال است)

حل:

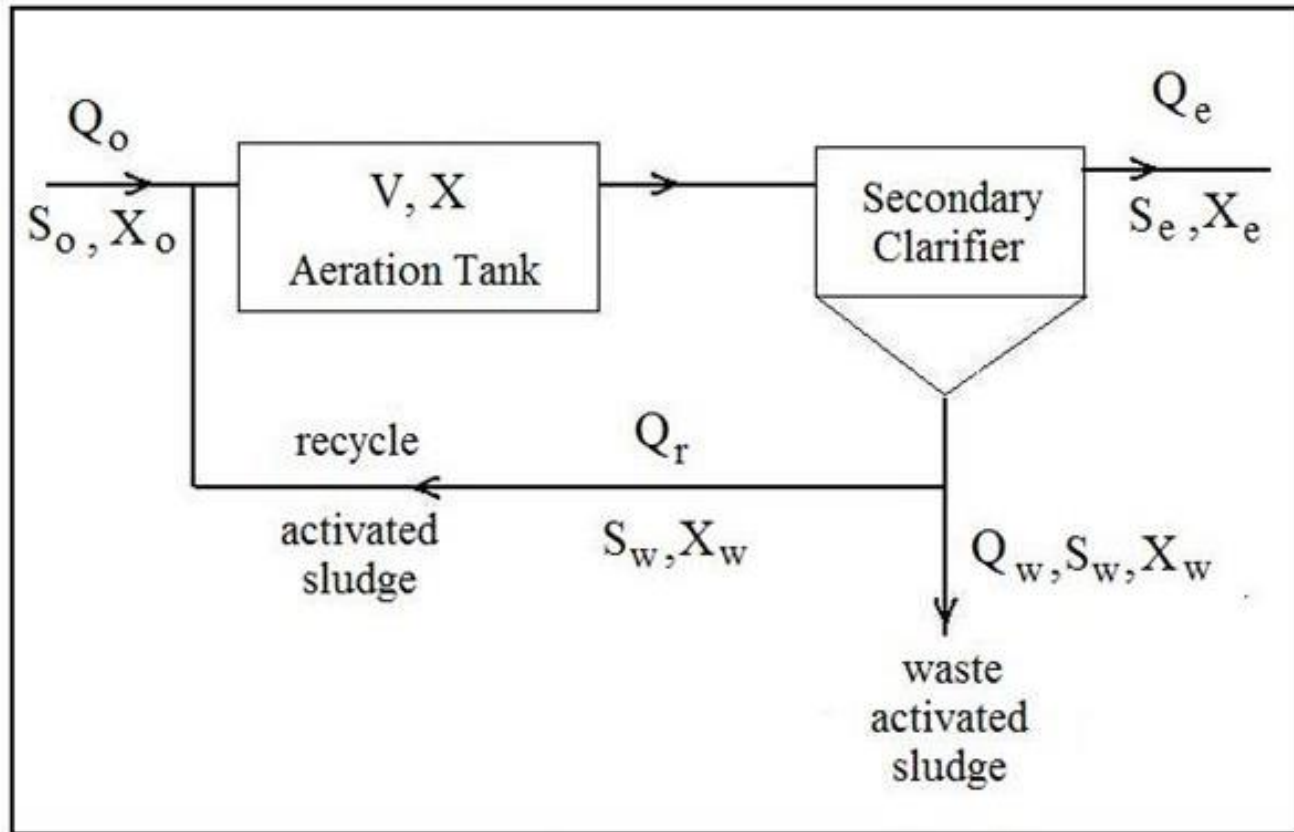
$$\text{BOD} = 0.75 \times 220 = 165 \frac{mg}{L} = 165 \times 10^{-3} \frac{kg}{L}$$

$$\frac{F}{M} = \frac{S_0 Q}{XV} = 0.6 = \frac{165 \times 10^{-6} \left( \frac{kg}{L} \right) \times 0.5 \times 10^6 \left( \frac{L}{d} \right)}{XV}$$

$$M = XV = 137.5 \text{ kg}$$

## ۸- زمان ماند سلولی ( $\theta_c$ )

□ متوسط زمانی است که توده سلولی یا جرم زنده در داخل راکتور می ماند.



$$\theta_c = \frac{\text{مقدار جرم زنده داخل راکتور}}{\text{جرم زنده خروجی از سیستم}}$$

$$\theta_c = \frac{VX}{Q_w X_w + Q_e X_c} \cong \frac{VX}{Q_w X_w}$$

Activated Sludge Flow Diagram & Parameters

**مثال – مطلوب است محاسبه زمان ماند سلولی در سیستم لجن فعال با مشخصات زیر:**

**دبی ورودی  $Q_0=10\text{MLD}=1000\text{ m}^3/\text{day}$**

**دبی خروجی  $Q_e=9.92\text{ MLD}$**

**نرخ لجن دفع شده  $Q_w=0.08\text{ MLD}$**

**زمان ماند هیدرولیکی  $\theta = 6\text{ hr}$**

**غلظت جرم زنده در تانک هوادهی  $X=3000\text{ mg/L}$**

**غلظت جرم زنده در خروجی  $X_e=20\text{ mg/L}$**

**غلظت جرم زنده در لجن  $X_r=9000\text{ mg/L}$**

$$\theta = \frac{V}{Q_0} \rightarrow V = Q_0 \theta$$

$$Q_0 = 10 \text{MLD} = 10000 \text{ m}^3/\text{day}$$

$$\theta = 6 \text{hr} = \frac{6}{24} = 0.25 \text{ day} \quad \Rightarrow V = 10000 * 0.25 = 2500 \text{m}^3$$

$$\theta_c = \frac{Vx}{Q_e x_e + Q_w x_r} = \frac{2500 * 3000}{9.92 * 10^3 * 20 + 0.08 * 10^3 * 9000} = 8.16 \text{day}$$



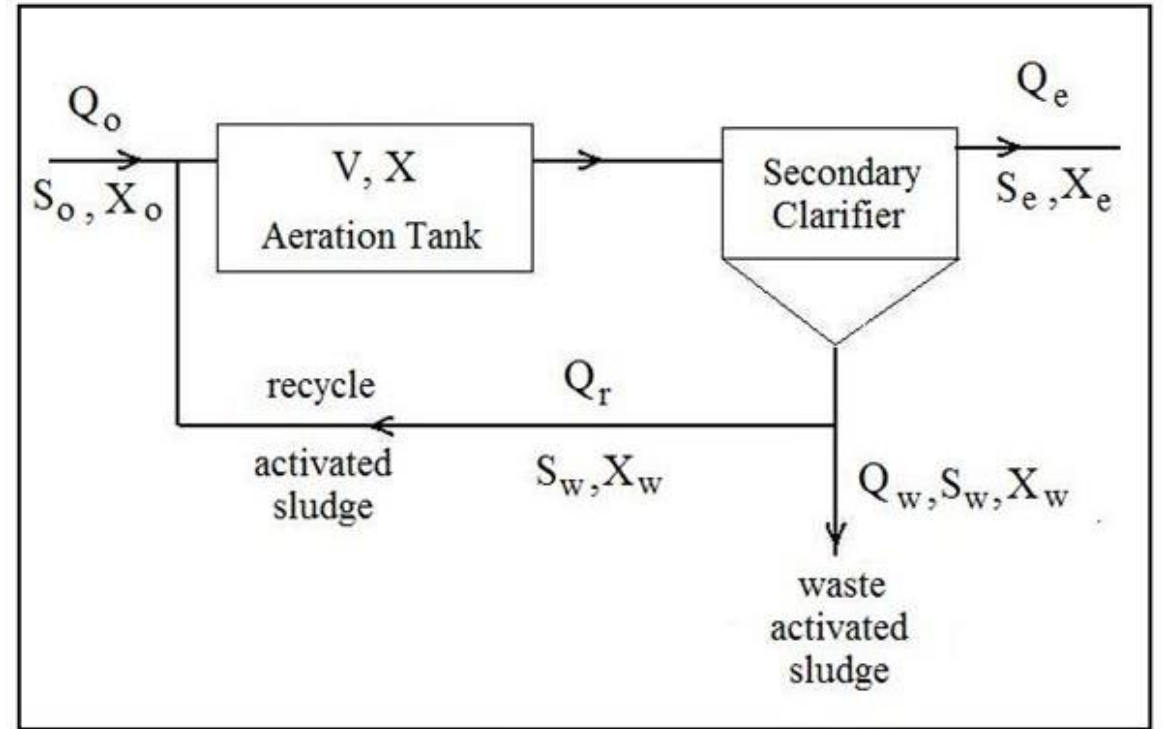
تعیین  $Q_r$ : نوشتن موازنه جرم حول راکتور هوادهی

$$Q_0 x_0 + Q_r x_r = (Q_0 + Q_r) x$$

$$Q_r (x_r - x) = Q_0 x$$

$$Q_r = \frac{Q_0 x}{x_r - x} = \frac{1000 * 3000}{(9000 - 3000)} = 5000 m^3 / day = 5MLD$$

نسبت جریان برگشتی  $R = \frac{Q_r}{Q_0} = \frac{5}{10} = 0.5$



Activated Sludge Flow Diagram & Parameters

## ضوابط طراحی کانال هدایت فاضلاب:

مبنای طراحی  $Q_{max}$

$$Q_{max}=(2-3)Q_{avg}$$

سرعت افقی جریان  $V_h \geq 0.45 \frac{m}{s}$

معمولا  $V_h=1.5 \text{ m/s}$

$$\frac{\text{عمق کانال}}{\text{عرض کانال}}=1/1.5 \text{ to } 1/2$$

طول کانال  $L=2-3 \text{ m}$

حداقل تعداد کانال هدایت فاضلاب = ۲

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

**کنترل:**

**V=سرعت جریان در کانال باز**

**n=ضریب زبری مانینگ تابع جنس کانال**

**R=شعاع هیدرولیکی**

$$R = \frac{A}{P}$$

**A=سطح مقطع جریان**

**P=محیط تر شده**

**S=شیب کانال**

**مثال: مطلوبست طراحی کانال هدایت فاضلاب برای انتقال  $Q_{max}=26\text{MLD}$**

$$n = 0.013$$

**مفروضات:**

$$V_h = 0.75 \text{ m/s}$$

$$\frac{W}{H} = 1.5$$

**تعداد کانال = ۲**

$$S = 0.001$$

**حل:**

$$Q_{des} = \frac{26}{2} = 13MLD = 13000m^3/day = 0.15m^3/s$$

$$V_h = \frac{Q_{des}}{A_x} \rightarrow A_x = \frac{Q_{des}}{V_h} = \frac{0.15}{0.75} = 0.2m^2$$

$$w * H = 0.2 \rightarrow 1.5H * H = 0.2 \rightarrow H = 0.4m$$

$$B = 1.5 * 0.4 = 0.6m$$

## کنترل سرعت رابطه مانینگ:

$$V_n = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0.4 * 0.6}{0.4 * 2 + 0.6} = 0.171m$$

$$V_h = \frac{1}{0.013} (0.171)^{\frac{2}{3}} \sqrt{0.001} = 0.77 m/s \geq 0.45 \rightarrow ok$$

## کنترل سرعت جریان در کانال در دبی حداقل:

$$Q_{\min} = \frac{1}{3} Q_{\max}$$

$$R = \frac{\frac{0.4}{3} * 0.6}{\frac{0.4}{3} * 2 + 0.6} = 0.092m$$

$$(Vh_{\min}) = \frac{1}{0.013} (0.092)^{\frac{2}{3}} \sqrt{0.001} = 0.51 m/s \geq 0.45 \rightarrow ok$$

# طراحی آشغالگیر

• جدا کردن مواد جامد بزرگ مثل پارچه، تکه چوب و شاخ و برگ گیاهان از آب یا فاضلاب

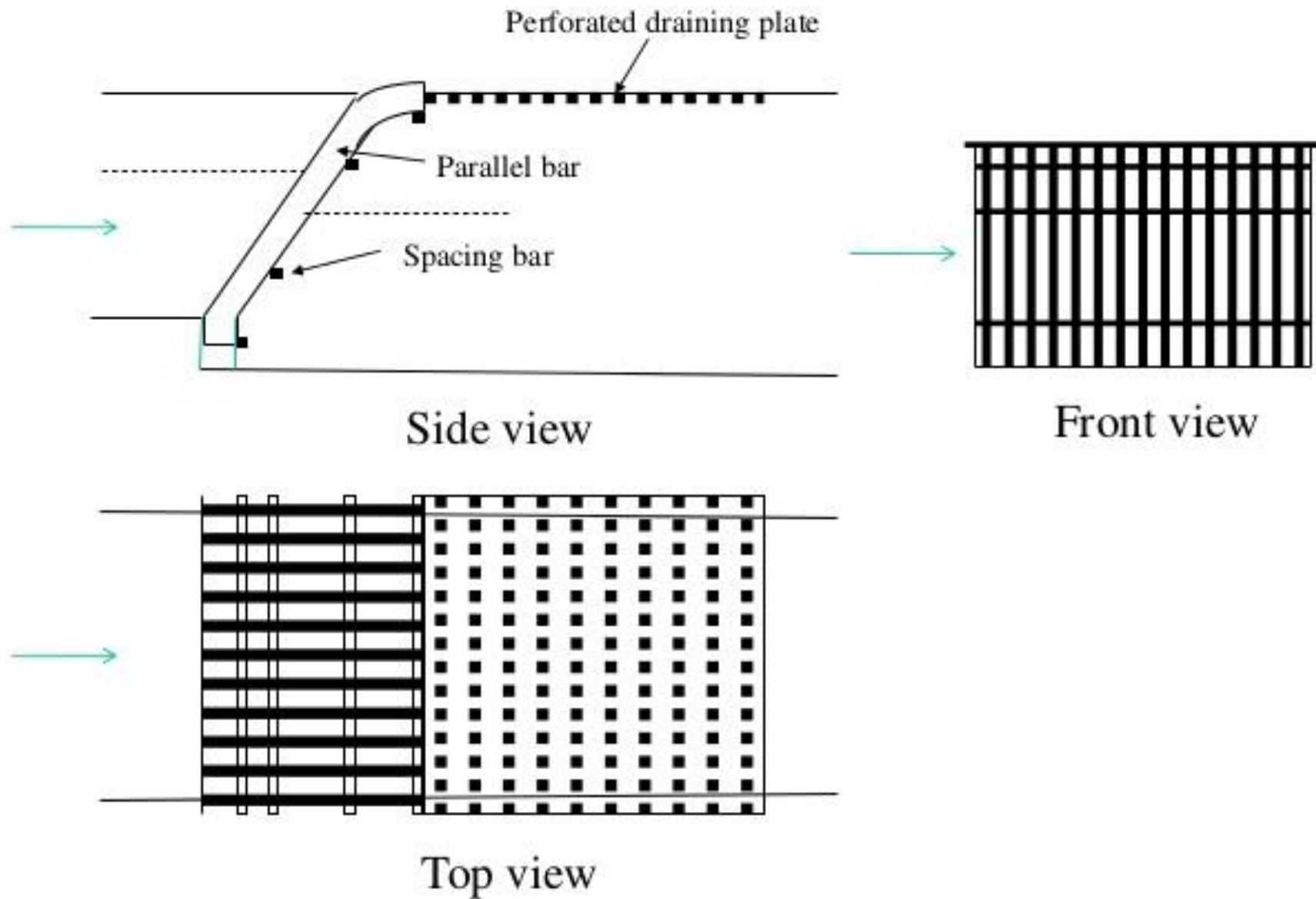
آشغال گیر درشت: قبل از ایستگاه پمپاژ

آشغال گیر ریز: قبل از کانال دانه گیر



نوع آشغالگیر	اندازه بازشدگی (فاصله بین میله ها)
درشت	بیشتر از ۵ سانتی متر
متوسط	2.5-5 cm
ریز	1-2.5 cm

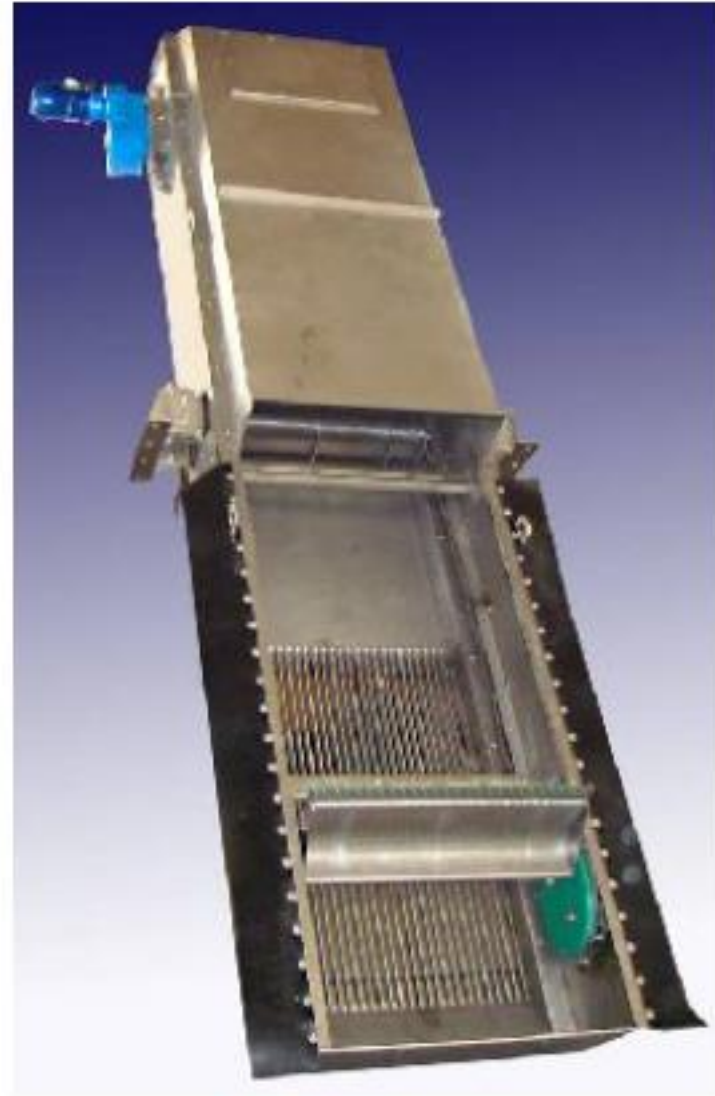




**Bar Screen and Perforated Draining Plate**



Manual Bar Screen



Mechanical Bar Screen

## ضوابط طراحی آشغال گیر

$$Q_{des}=Q_{max}=3Q_{avg}$$

سرعت افقی در کانال قبل از آشغالگیر  $V_h \geq 37.5 \frac{cm}{s}$

$V_{max}=30 \text{ cm/s}$  (تمیز کردن دستی)

$V_{max}=75 \text{ cm/s}$  (تمیز کردن مکانیزه)

حداکثر سرعت عبوری از آشغالگیر:

**اندازه میله ها: 10mm\*50mm**

### **Characteristics of manual bar screen**

- **Bar spacing is in range of 2-5 cm**
- **The screen is mounted at an angle of 45-70 from horizontal**
- **Bars are usually 1 cm thick, 2.5 wide**
- **Minimum approach velocity in the bar screen channel is 0.45 m/s to prevent grit deposition.**
- **Maximum velocity between the bars is 0.9m/s to prevent washout of solids through the bars.**

### **Characteristics of mechanical bar screen**

- **Bar spacing is in range of 1.5-4 cm**
- **The screen is mounted at an angle of 70- 90 from horizontal**
- **Bars are usually 1 cm thick, 2.5 wide**
- **Minimum approach velocity in the bar screen channel is 0.45 m/s to prevent grit deposition.**
- **Maximum velocity between the bars is 0.9 m/s to prevent washout of solids through the bars.**

**TABLE 3 DESIGN CRITERIA FOR  
MECHANICALLY CLEANED BAR  
SCREENS**

<b>Item</b>	<b>Design Criteria</b>	
	<b>Metric Units</b>	<b>English Units</b>
Bar width	5-15 mm	0.2-0.6 in
Bar depth	25-40 mm	1.0-1.5 in
Clear spacing between bars	15-75 mm	0.6-3.0 in
Slope from vertical	0-30 degrees	0-30 degrees
Approach velocity	0.6-1.0 m/s	2.0-3.25 ft/s
Allowable Headloss	150 mm	6 in

$$E = \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + z$$

E=انرژی کل سیال

$$h_L = \frac{k(v_2^2 - v_1^2)}{2g}$$

hL=افت هد در کانال آشغالگیر

Vh=سرعت جریان قبل از آشغالگیر

$$h_L = 0.729(v^2 - v_h^2)$$

V=سرعت جریان عبوری از آشغالگیر

• افت هد در آشغالگیر حداکثر ۱۵ سانتی متر می باشد.

مثال – مطلوبست طراحی کانال آشغالگیر برای عبور فاضلابی با دبی حداکثر 26MLD

حل:

با فرض ۲ کانال دانه گیر

$$Q_{des} = \frac{Q_{max}}{2} = 5MLD = 0.15m^3 / s$$

$$V_h = \frac{Q_{des}}{A_d} = \frac{0.15}{0.4 * 0.6} = 0.625m / s \geq 0.375m / s \rightarrow ok$$

با فرض استفاده از میله های 10\*50mm با باز شدگی 2.5cm

$$w = (n + 1)b + na \rightarrow 0.6 = (n + 1)0.025 + n * 0.01$$

$$\rightarrow n = 16$$

$$w_e = w - 16a = 0.6 - 16 * 0.01 = 0.44m$$

$$A_g = 0.44 * 0.4$$

$$V = \frac{Q_{des}}{A_g} = \frac{0.15}{0.44 * 0.4} = 0.9 \frac{m}{s}$$

$$h_L = 0.0729(v^2 - v_h^2) \rightarrow h_L = 0.0729(0.9^2 - 0.625^2) = 0.03m$$





## کانال دانه گیری

هدف: ته نشینی و حذف ذرات شن و ماسه از فاضلاب

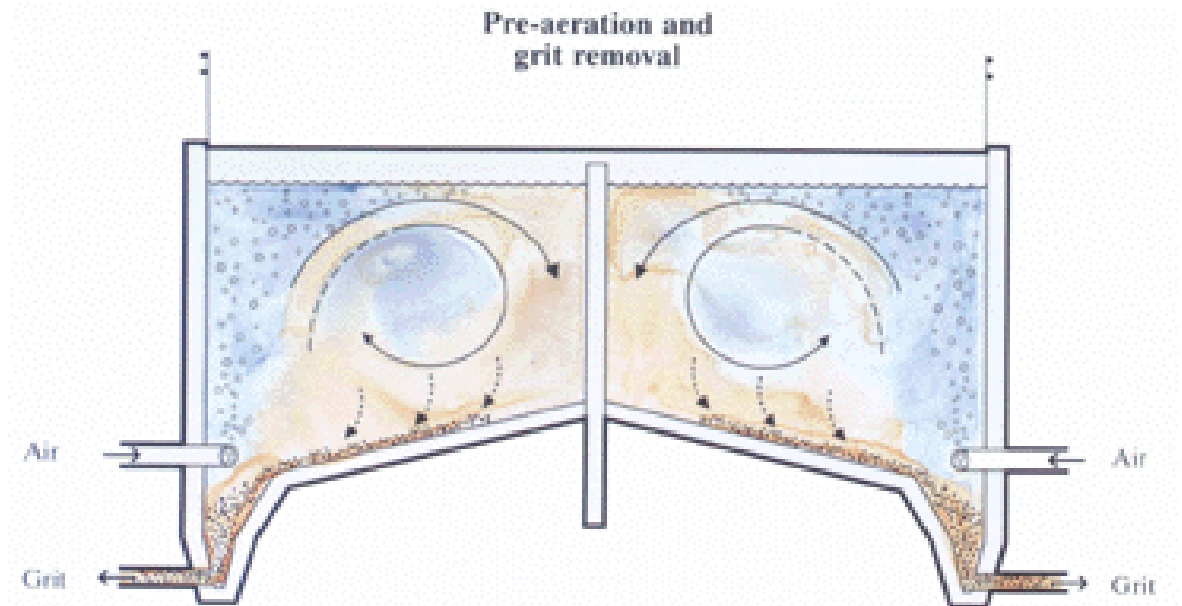
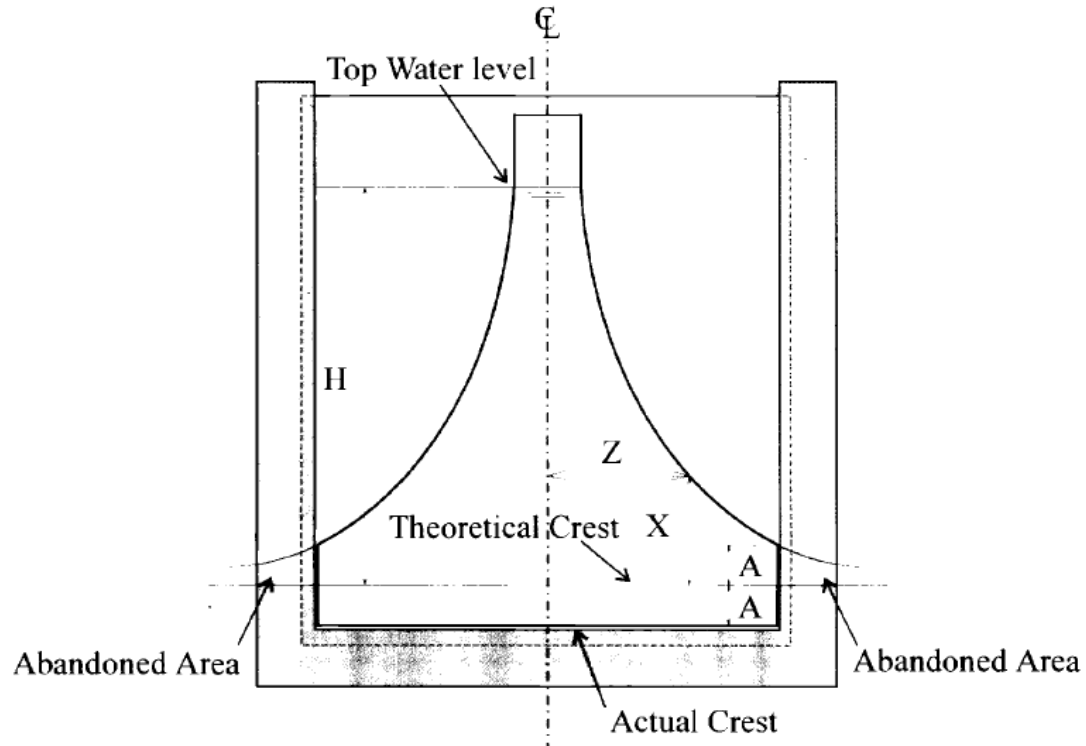
دلیل استفاده از کانال دانه گیری :

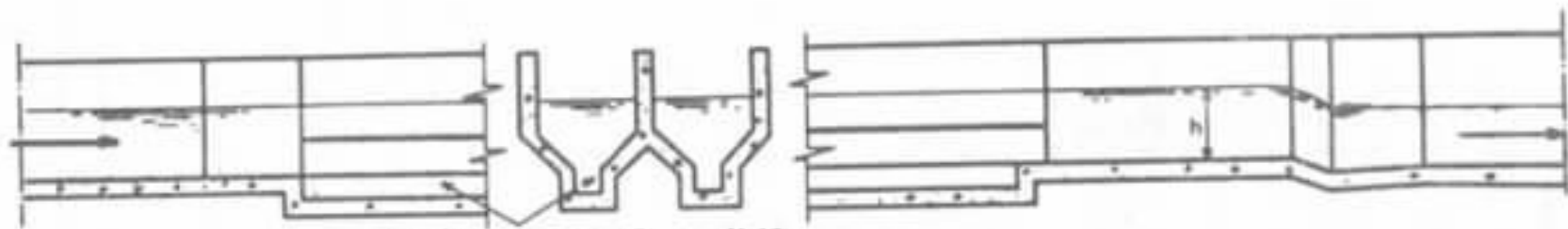
- جلوگیری از آسیب رسیدن به پمپ ، شیرالات و سایر اجزای موجود در تصفیه خانه
- جلوگیری از افزایش حجم لجن در حوضچه های پیش ته نشینی و زلال سازها
- جلوگیری از ایجاد اختلال در تصفیه بیولوژیکی فاضلاب

## انواع کانال دانه گیری :

۱- کانال مستطیلی با سرعت افقی کنترل شده

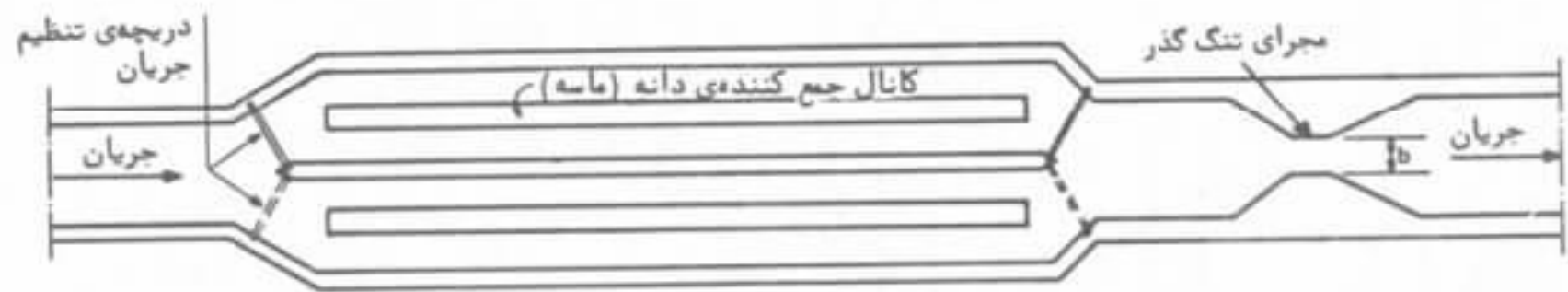
۲- کانال های مستطیلی هوادهی





کانال جمع کننده دانه (ماسه)

برش طولی و عرضی از حوض دانه گیر



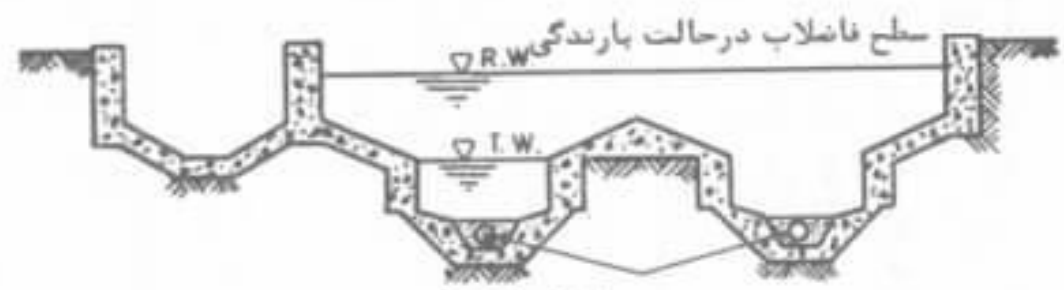
دریچه‌ی تنظیم جریان

جرایان

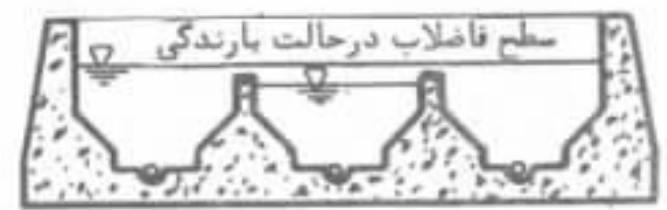
کانال جمع کننده دانه (ماسه)

جرای تنگ گذر

جرایان



برش (a)



برش (b)

## ضوابط طراحی کانال مستطیلی با سرعت افقی کنترل شده

دبی طراحی  $Q_{des} = Q_{max} = (2.5 - 3)Q_{avg}$

سرعت افقی جریان  $V_h = 0.2 - 0.4 m / s$  (معمولا 0.3 m/s)

زمان ماند  $\theta = 30 - 90 sec$  (معمولا 60 sec)

- اگر سرعت بیش از محدوده مشخص شده باشد ، باعث شستن ذرات شن و ماسه و خروج آن از کانال دانه گیری می شود .
- اگر سرعت افقی کم باشد باعث ته نشینی ذرات آلی درشت نیز می شود که مطلوب نیست .

عمق کانال  $H = 1 - 1.5m / s$

طول کانال  $L = 3 - 25m$

نرخ بار سطحی به ازای  $Q_{\max}$   $q = 1200 - 1700m^3 / m^2.d$

سرعت ته نشینی ذرات کروی به قطر  $0.2$  میلی متر  $v_s = 0.01 - 0.021m / s$

مثال: مطلوب است طراحی کانال دانه گیری برای دبی حداکثر ۶۰۰۰۰ متر مکعب بر روز و عرض کانال ۱/۵ متر. طراحی بر اساس ۲ کانال دانه گیر انجام شود. دبی متوسط و حداقل فاضلاب به ترتیب ۴۵۰۰۰ و ۱۵۰۰۰ متر مکعب بر روز است. سرعت افقی جریان را ۰/۳ متر بر ثانیه در نظر بگیرید.

حل: سطح مقطع عمود بر جریان برابر است با:

$$V_h = \frac{Q_{des}}{A_s} \Rightarrow A_s = \frac{Q_{des}}{V_h}$$

$$Q_{des} = Q_{max} / 2 = 0.35 m^3 / s$$

$$A_s = 0.35 / 0.3 = 1.16 m^2$$

$$A_s = WH \Rightarrow 1.16 = 1.5H \Rightarrow H = 18m$$

$$m = 60 \rightarrow =_h \Rightarrow = 0.3 \times 160 \times 18$$

طول نهایی کانال برابر است با:

$$0.1L + L = 1.1L = 1.1 * 18 \cong 20m$$

$$q = \frac{Q_{des}}{LW} = \frac{30000}{18 \times 1.5} = 1112 m^3 / m^2 .d \rightarrow OK$$

کنترل نرخ بار سطحی:

# Aerated Grit Chamber

Detention time at peak flow rate	3 minutes
Depth	2 - 5 m
Length	8 - 20 m
Width	2.5 - 7 m
Width/Depth	1:1 - 5:1
Length/Width	3:1 - 5:1
Air supply	0.2-0.5m <sup>3</sup> /min/m

## کانال دانه گیری با هوادهی :

1. جلوگیری از ته نشینی ذرات آلی درشت
2. جلوگیری از ایجاد شرایط بی هوازی در کف کانال

ضوابط طراحی:

زمان ماند هیدرولیکی  $\theta = 2 - 4 \text{ min}$



سرعت ته نشینی ذرات کروی در کانال دانه گیری با رابطه زیر به دست می آید:

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} g \frac{(\rho_s - \rho_w) d}{C_D \cdot \rho_w}}$$

ضریب درگ تابع عدد رینولدز جریان می باشد. عدد رینولدز مشخص کننده نوع جریان است. (جریان آرام، گذرا، آشفته)

$$C_D = \frac{24}{\text{Re}} \quad \text{جریان آرام}$$

$$C_D = \frac{24}{\text{Re}} + \frac{3}{\sqrt{\text{Re}}} + 0.34 \quad \text{جریان انتقالی (گذرا)}$$

$$C_D = 0.4 \quad \text{جریان آشفته}$$

$Re < 1$  جریان آرام

$Re > 10^4$  جریان آشفته

$1 \leq Re \leq 10^4$  جریان گذرا

جریان آرام:

$$C_D = \frac{24}{Re} = \frac{24g}{V_s d}$$

$$V_s^2 = \frac{4}{3} g \frac{(\rho_s - \rho_w) d}{\frac{24g}{V_s d} \rho_w} = \frac{gd^2 (\rho_s - \rho_w)}{18g \rho_w}$$

سرعت سقوط ذرات دانه طبق قانون استوکس بر حسب متر در ساعت

							قطر ذره (میلیمتر)	جنس ذره معلق
۰/۰۰۵	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۱	۰/۲	۰/۵	۱	وزن مخصوص (تن بر متر مکعب)	
۰/۰۶	۰/۳	۶/۱	۲۴	۸۲	۲۵۸	۵۰۲	۲/۵۶	ماسه
۰/۰۱۵	۰/۰۸	۱/۵	۷/۶	۲۶	۷۶	۱۵۲	۱/۵	ذغال
۰/۰۰۸	۰/۰۳	۰/۷۶	۳	۱۸	۶۱	۱۲۲	۱/۲	ذرات معلق فاضلاب خانگی

**مثال:** سرعت ته‌نشینی یک ذره کروی به قطر ۰/۵ میلیمتر و وزن مخصوص ۲/۶۵ را در آب با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آورید.

**حل:** در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد:

$$\mu = 1.002 * 10^{-3} \text{ pa.s}$$

$$\rho_w = 998.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

با فرض جریان آرام

$$V_s = \frac{9.81 * (0.5 * 10^{-3})^2 * (2650 - 998.2)}{18 * 1.002 * 10^{-3}} = 0.22$$

$$\text{Re} = \frac{0.22 * 0.5 * 10^{-3} * 998.2}{1.002 * 10^{-3}} = 112 < 10^4$$

پس جریان از نوع گذرا است.

$$C_D = \frac{24}{112} + \frac{3}{\sqrt{112}} + 0.34 = 0.84$$

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{9.81 * (2650 - 998.2)}{0.84 * 998.2} * 0.5 * 10^{-3}} = 0.11 \text{ m/s}$$

تکرار:

$$\text{Re} = 55 \rightarrow C_D = 1.18 \rightarrow V_s = 0.11 \text{ m/s}$$

# حوضچه های ته نشینی

انواع حوضچه ته نشینی:

۱. دایره ای

۲. مستطیلی

مزیت حوضچه مستطیلی: هزینه اجرای پایین به خاطر ساخت دیوار مشترک

مزیت حوضچه دایره ای: سهولت در نظافت حوضچه و تخلیه لجن

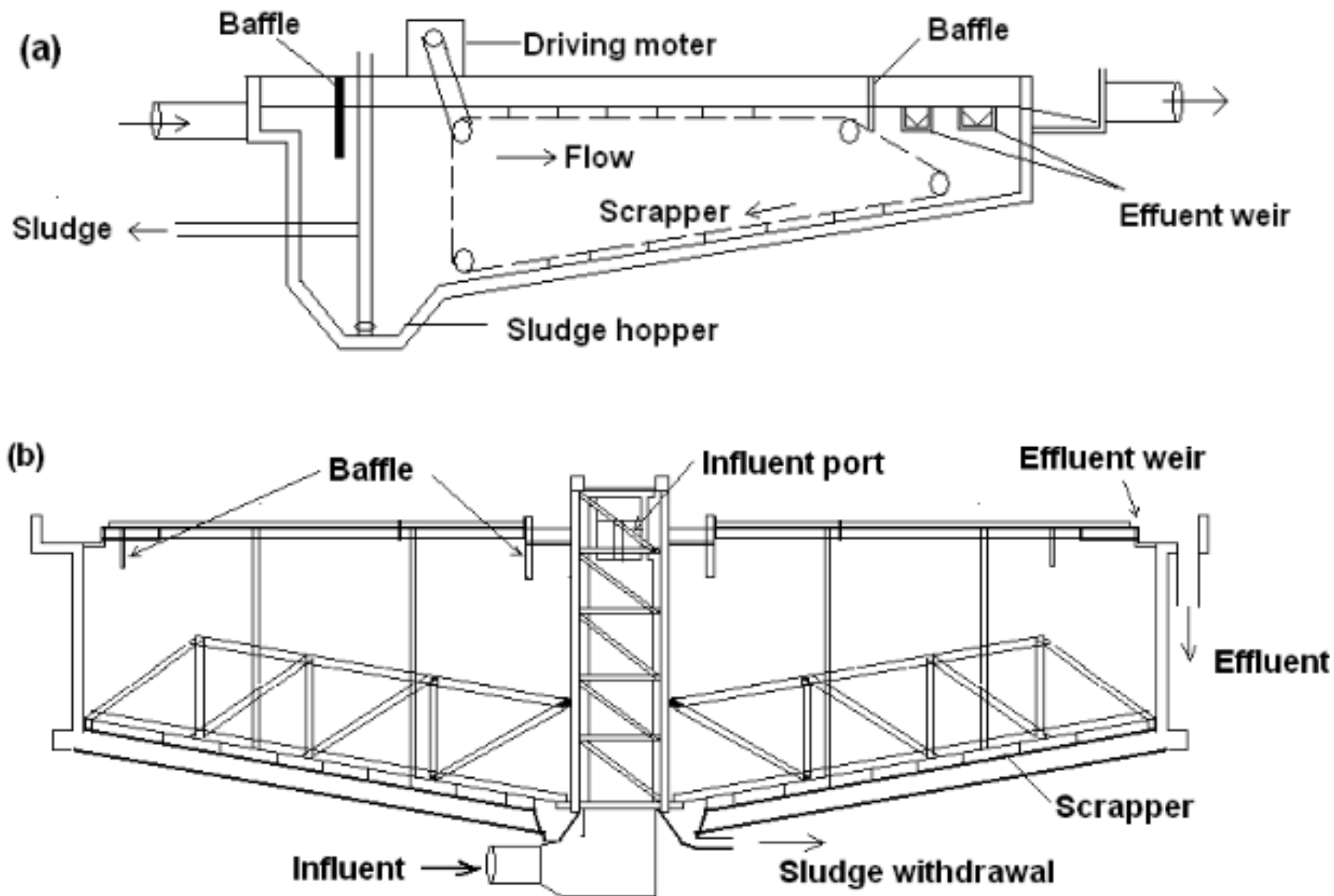


Figure 11.3 (a) Rectangular and (b) Circular primary sedimentation tank

## معیار های طراحی حوضچه پیش ته نشینی

$$Q_{des} = Q_{avg}$$

شیب کف حوضچه  $60 \sim 150 \text{ mm/m} = 6 \sim 15\%$

تانک مستطیلی:

$$L = 15 \sim 100m (\approx 30m)$$

$$W = 3 \sim 30m (\approx 10m)$$

$$H = 2.5 \sim 5m (\approx 4m)$$

تانک دایره ای:

$$D = 3 \sim 60m (\approx 30m)$$

$$H = 3 \sim 5m (\approx 4m)$$



زمان ماند هیدرولیکی  $t = 1 \sim 4hr (\approx 2hr)$

سرعت افقی  $V_h = 0.6 \sim 3.6 m/min (\approx 0.9 m/min)$

نرخ سرریز  $WLR = \frac{Q}{L} = 125 \sim 500 m^3/m.d (\approx 250 m^3/m.d)$

نرخ بار سطحی بر مبنای دبی متوسط  $q = 1.2 \sim 2.5 m^3/m^2.h (\approx 1.6 m^3/m^2.h)$

Table 11.2 Typically design information for P S T

Parameter	Range	Typical
Detention time(h)	1.5- 2.5	2.0
Overflow rate $m^3/m^2.d$		
Average flow	30 – 50	40
Peak flow	80 – 120	100
Weir loading, $m^3/m.d$	125 – 500	250
For Rectangular Tank:		
Depth, m	3 – 4.9	3 - 4
Length, m	15 – 90	24 – 40
Width, m	3 – 24	5 – 10
Scupper velocity, m/min	0.6 – 1.2	0.9
Circular Tank:		
Depth, m	3 – 4.9	3-4
Diameter	3 – 60	12 – 45
Bottom slope	1/16 – 1/6	1/12

مثال: با توجه به اطلاعات داده شده، مطلوبست طراحی حوضچه پیش ته‌نشینی برای تصفیه خانه فاضلاب شهری با جمعیت ۵۰۰۰۰۰ نفر.

ad.  $250 \text{ lit/y}$  متوسط مصرف روزانه آب

$0.8 =$  ضریب تبدیل آب به فاضلاب

$S = 250 \text{ mg/l}$  = اشد لاب  $ST$

متر در روز  $q = 40$  نرخ بار سطحی

$BOD_5 = 200 \text{ mg/l}$

زمان ماند هیدرولیکی  $t = 2 \text{ hr}$

$$Q_{avg} = 0.25 * 500000 * 0.8 = 100000 m^3 / day$$

حل:

با فرض اینکه سه تانک تهنشینی مستطیلی استفاده شود.

$$Q_{des} = \frac{Q_{avg}}{3} = \frac{100000}{3} \cong 33.5 * 10^3 m^3 / day$$

$$q = \frac{Q_{des}}{A_s} \quad A_s = \frac{Q_{des}}{q} = \frac{33.5 * 10^3}{40} = 837.5 \cong 838 m^2$$

$$\frac{L}{W} = 3 \quad \text{با فرض:}$$

$$A_s = W.L = 838 m^2 \xrightarrow{\frac{L}{W}=3} 3W^2 = 838 \rightarrow W = 16.8 m$$

$$L = 3 * 16.8 = 50.4 m$$

$$t = \frac{\nabla}{Q_{des}} \rightarrow \nabla = t.Q_{des} = \frac{2}{24} * 33.5 * 10^3 \cong 2792 m^3$$

$$\nabla = W.L.H \rightarrow H = \frac{2792}{16.8 * 50.4} = 3.3 m$$

با فرض اینکه حوضچه دایره ای باشد.

$$A_s = \frac{\pi D^2}{4} \rightarrow D = 33m$$

$$\forall = t \cdot Q_{des} = 2792m^3$$

$$H = \frac{\forall}{A_s} = \frac{2792}{838} \Rightarrow H \cong 3.35m$$

## معیار های طراحی حوضچه ته نشینی

### Design parameters for settling tank

Types of settling	Overflow rate $m^3/m^2/day$		Solids loading $kg/m^2/day$		Depth	Detention time
	Average	Peak	Average	Peak		
Primary settling only	25-30	50-60	-	-	2.5-3.5	2.0-2.5
Primary settling followed by secondary treatment	35-50	60-120	-	-	2.5-3.5	
Primary settling with activated sludge return	25-35	50-60	-	-	3.5-4.5	-
Secondary settling for trickling filters	15-25	40-50	70-120	190	2.5-3.5	1.5-2.0
Secondary settling for activated sludge (excluding extended aeration)	15-35	40-50	70-140	210	3.5-4.5	-
Secondary settling for extended aeration	8-15	25-35	25-120	170	3.5-4.5	-

## Design Details

- ✓ Detention period: for plain sedimentation: 3 to 4 h, and for coagulated sedimentation: 2 to 2.5 h.
- ✓ Velocity of flow: Not greater than 30 cm/min (horizontal flow).
- ✓ Tank dimensions: **L:B = 3 to 5:1**. Generally **L= 30 m** (common) maximum 100 m. **Breadth= 6 m to 10 m**. **Circular: Diameter not greater than 60 m**. generally 20 to 40 m.

- ✓ Depth 2.5 to 5.0 m (3 m).
- ✓ Surface Overflow Rate: For plain sedimentation 12000 to 18000 L/d/m<sup>2</sup> tank area; for thoroughly flocculated water 24000 to 30000 L/d/m<sup>2</sup> tank area.
- ✓ Slopes: Rectangular 1% towards inlet and circular 8%.



## 11.5 Secondary Sedimentation Tank

Table 11.3 Design parameters for SST

Parameter	Overflow rate, $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$		Solid loading rate, $\text{kg}/\text{m}^2.\text{d}$		Depth, m	Detention time, h
	Average	Peak	Average	Peak		
SST for TF	15 - 25	40 - 50	70 - 120	190	2.5 – 3.5	1.5 – 2.0
SST for ASP	15 - 25	40 - 50	70 - 140	210	3.5 – 4.5	1.5 – 2.0
SST for extended aeration ASP	8 - 15	25 - 35	25 - 120	170	3.5 – 4.5	1.5 – 2.0

Weir loading rate less than  $185 \text{ m}^3/\text{m}.\text{d}$  is used for design of SST.

## معیار های طراحی صافی های چکنده

### Types of Filters

Trickling filters are classified as high rate or low rate, based on the organic and hydraulic loading applied to the unit.

S.No.	Design Feature	Low Rate Filter	High Rate Filter
1.	Hydraulic loading, $m^3/m^2.d$	1 - 4	10 - 40
2.	Organic loading, kg BOD / $m^3.d$	0.08 - 0.32	0.32 - 1.0
3.	Depth, m.	1.8 - 3.0	0.9 - 2.5
4.	Recirculation ratio	0	0.5 - 3.0 (domestic wastewater) up to 8 for strong industrial wastewater.



## معیار های طراحی حوضچه هوادهی راکتور لجن فعال

### Design criteria

- ✓ No of aeration tanks,  $N = \text{min. } 2$  (small plants)  
= 4 or more (large plants)
- ✓ Depth of waste water in tank = 3-4.5 m (usually)  
= 4.5-7.5 m (diffuse aeration)  
= 1-6 m (surface aeration)
- ✓ Freeboard = 0.3-6 m (diffuse aeration)  
= 1-1.5 m (surface aeration)
- ✓ Rectangular aeration tank  $L:B = 5:1$  and  $B:D = 3:1$  to  $4:1$   
(depends on the aeration system)

✓ Air requirement:

I. 20-55 m<sup>3</sup> of air/Kg of BOD removed for diffuse aeration when  $F/M \Rightarrow 0.3$

II. 70-115 m<sup>3</sup> air/Kg of BOD removed for diffuse aeration when  $F/M \leq 0.3$

✓ Power required for complete mixing : 10-14 kW/1000 m<sup>3</sup> of tank volume for surface aeration system

## برکه ها و لاگون ها



لاگون هوادهی برای تصفیه پساب صنایع کاغذ



## برکه های (استخرهای) تثبیت فاضلاب

### Waste Stabilization Ponds (WSP)

- استخرهای تثبیت فاضلاب در ساده ترین شکل خود حوضچه های عریض و کم عمق خاکی هستند که در آن فاضلاب خام به روشهای کاملاً طبیعی و به مدت نسبتاً طولانی نگهداری شده و در اثر واکنش جلبکها و باکتریها نور خورشید و حرارت، تصفیه می گردد.
- هزینه های ساختمانی، میزان سرمایه گذاری اولیه و تعمیرات مورد نیاز آنها پایین و بهره برداری و نگهداری از آنها بسیار آسان و کم هزینه است.
- در این روش **کاهش کلیفرمهای مدفوعی** نسبت به سایر روشهای تصفیه فاضلاب بیشتر می باشد.
- استخرهای تثبیت فاضلاب در **مناطق گرمسیری** و جایی که **زمین کافی** در اختیار باشد یکی از مؤثرترین روشهای تصفیه انواع فاضلاب های شهری و صنعتی است.

- استفاده از این استخرها منحصر به مناطق گرمسیر نمی باشد و در اکثر شرایط آب و هوایی حتی مناطق سردسیری مانند آلاسکا راندمان مناسبی داشته است.

- در کشورهای صنعتی نیز علیرغم وجود تکنولوژی مدرن و پیشرفته امروزی سهم عمده ای به استخرهای تثبیت فاضلاب واگذار گردیده است.

**به طور مثال یک سوم از کل تصفیه خانه های فاضلاب شهری در آمریکا از نوع استخرهای تثبیت می باشند.**

- راندمان تصفیه در این روش عمدتاً بستگی به **نور خورشید**، **درجه حرارت و شدت وزش باد و ...** داشته که این پارامترها مستقیماً بر روی بیولوژی سیستم دارای تاثیر می باشند.

- پساب خروجی از برکه ها از نظر کیفیت میکروبی و شیمیایی در حدی است که از آن می توان برای **آبیاری زمین های کشاورزی و دیگر مصارف** استفاده نمود .

- به طور کلی بر اساس ماهیت واکنشهای بیولوژیکی بر که ها به سه دسته اساسی زیر تقسیم بندی می شوند:

**Aerobic pond**

(1) استخرهای هوازی

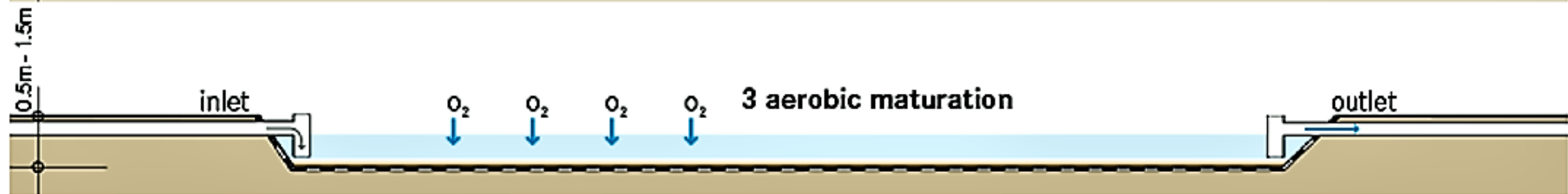
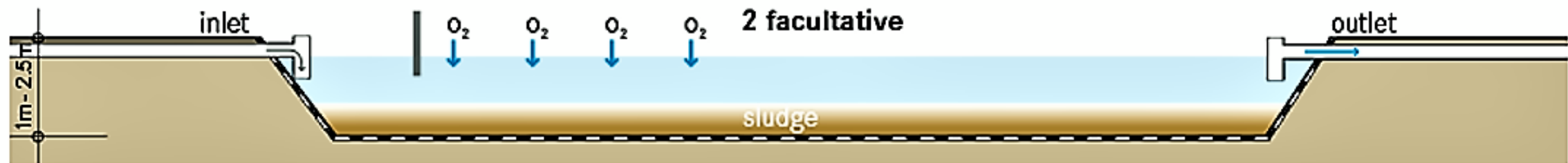
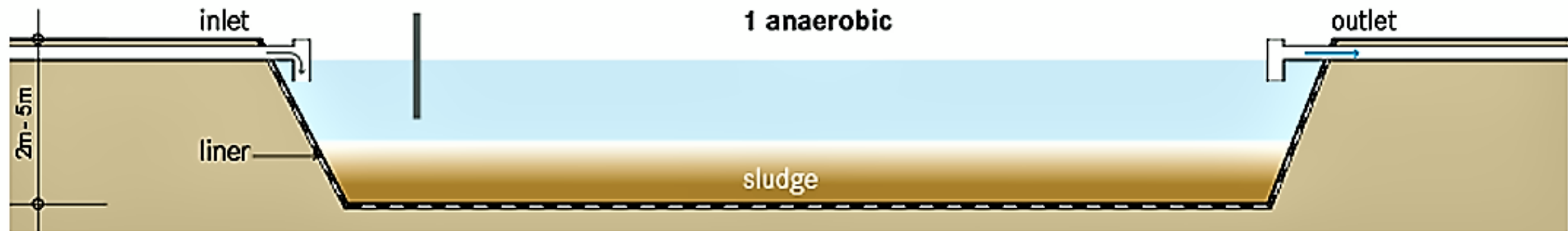
**Anaerobic pond**

(۲) استخرهای بیهوازی

**Facultative pond**

(۳) استخرهای هوازی و بیهوازی (اختیاری)

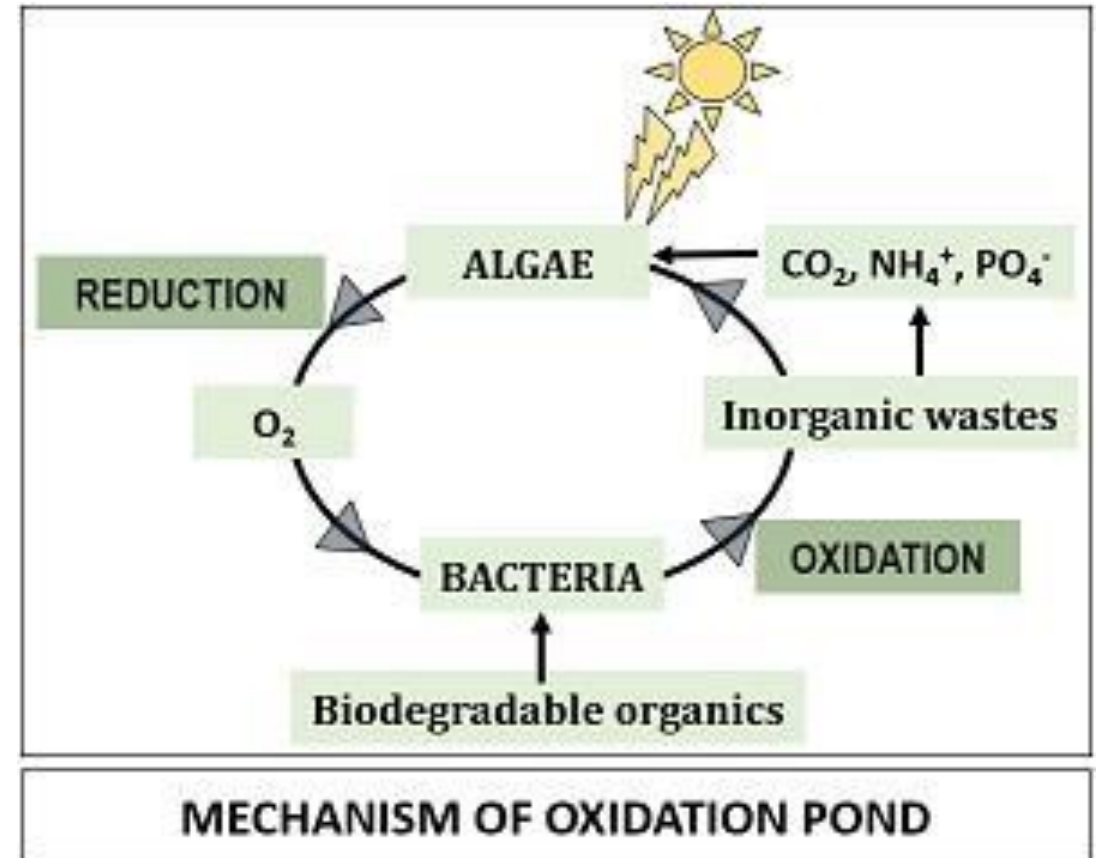
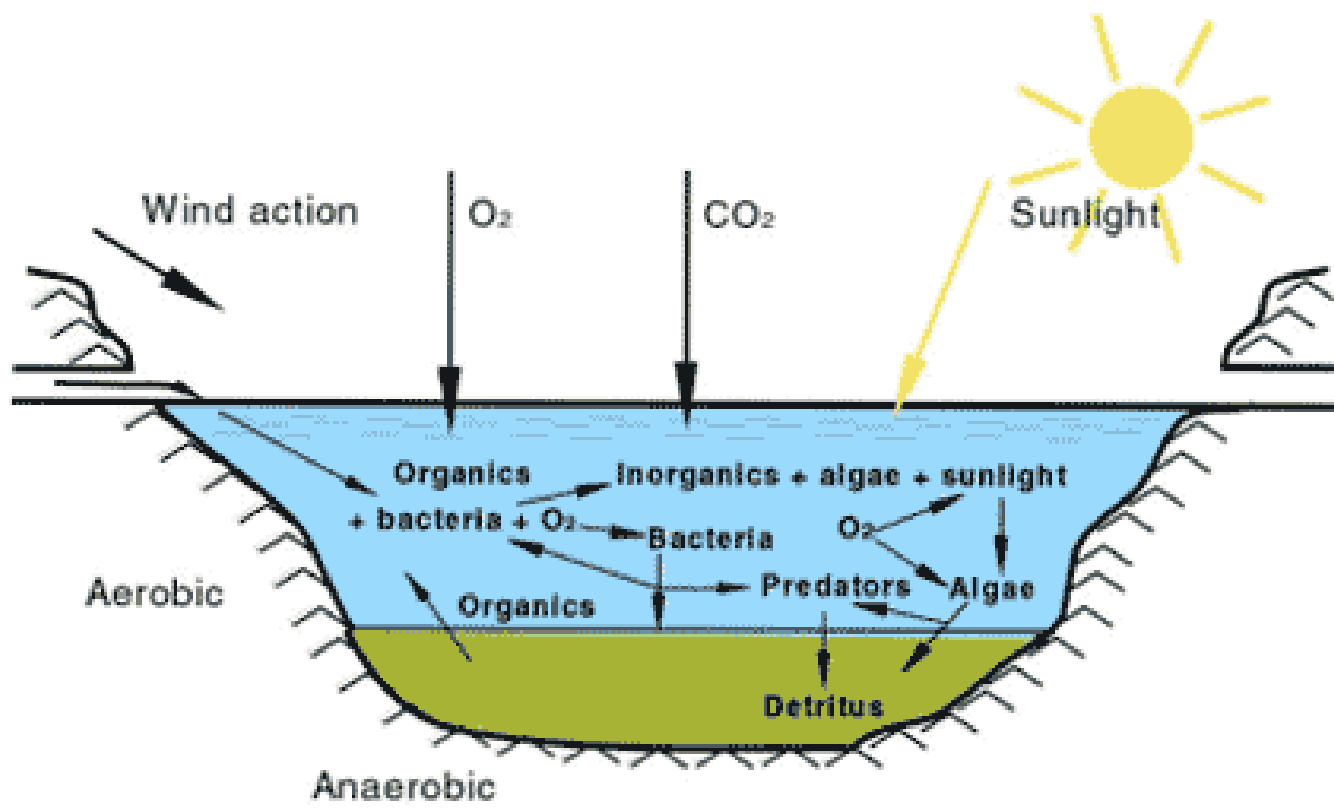




## برکه های هوازی Aerobic Ponds

- یک برکه هوازی شامل باکتریها و جلبکهای در حال تعلیق بوده که در عمق آن نیز شرایط هوازی غالب باشد.
- در این برکه ها اکثر اکسیژن مورد نیاز میکروارگانیسم ها توسط عمل فتوسنتز جلبکها و مقداری هم توسط عمل هواذهی طبیعی که در استخر صورت می گیرد تأمین می شود.
- صرفنظر از وجود جلبکها در محیط بیولوژیکی موجود، استخرهای تثبیت هوازی شبیه یک سیستم لجن فعال میباشد. اکسیژن تولید شده از جلبکها در طول عمل فتوسنتز توسط باکتریها هنگام تجزیه هوازی مواد آلی مصرف می گردد و در عوض مواد غذایی غیر آلی ( نظیر فسفر و ازت ) و دی اکسید کربن که در اثر این تجزیه آزاد می شوند توسط جلبکها مصرف می گردند.
- عمق این برکه ها معمولا ۱ تا ۱/۵ متر می باشد. زمان ماند ۱۰ تا ۱۵ روز است.
- هدف اصلی از ساخت این برکه ها حذف پاتوژن ها از فاضلاب است.

# برکه های هوازی



## برکه های بی هوازی: Anaerobic Ponds

- در این برکه ها اکسیژن محلول در فاضلاب وجود نداشته و **باکتری های بی هوازی** مواد آلی را تجزیه می نمایند .
- عمق این برکه ها معمولا بین **۲-۵ متر** است که دریافت کننده بار مواد آلی زیاد می باشند .
- به دلیل بار زیاد مواد آلی در برکه های بی هوازی هیچ گونه اکسیژن محلول و جلبکی در فاضلاب ندارد . در بعضی مواقع یک لایه نازکی از جلبک در سطح این برکه ها دیده می شود .
- هدف اصلی از ساخت این برکه ها **حذف BOD از فاضلاب** است.

• تصفیه رضایتبخش در برکه های بیهوازی بستگی به رفتار متقابل باکتریهای مولد اسید و باکتریهای مولد گاز دارد و بنابراین لازم است pH آن باید بیش از ۶ باشد و درجه حرارت برکه بیشتر از ۱۵ درجه سانتیگراد.

• زمان ماند فاضلاب در این برکه ها بین ۲-۵ روز نگهداری می شود. اگرچه زمان ماندهای طولانی تری نیز گزارش شده است.

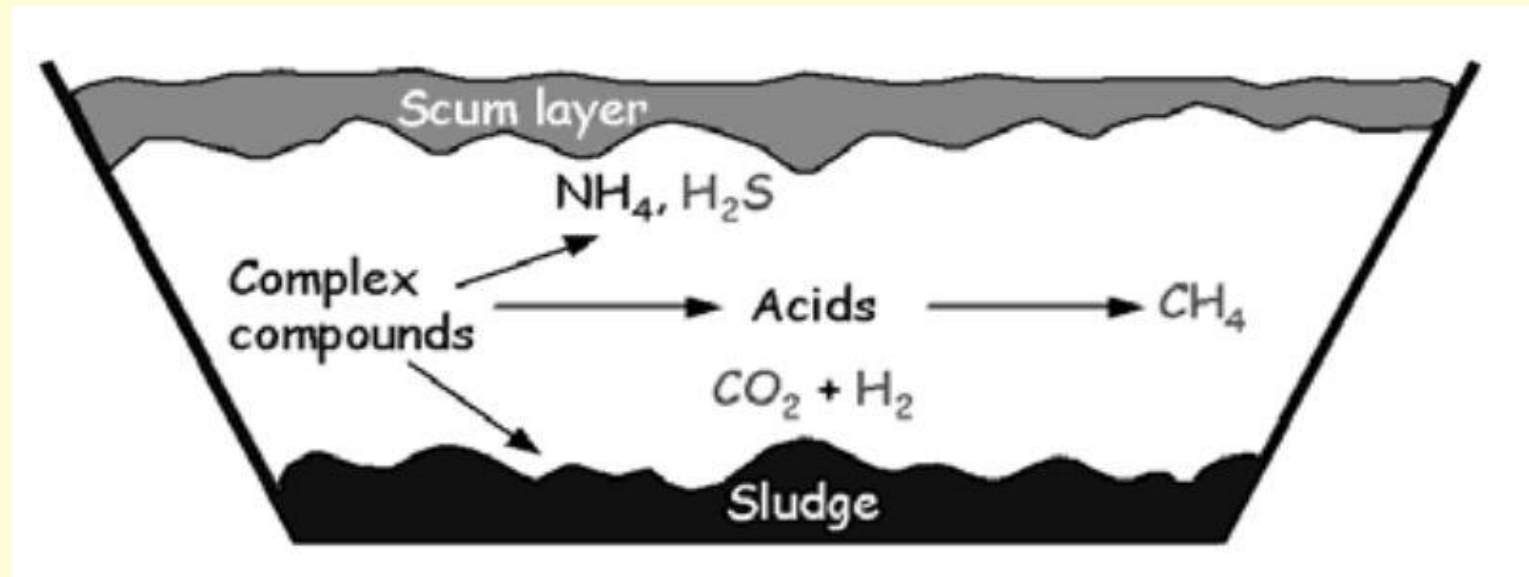
• در حین عبور فاضلاب از برکه های تثبیت بی هوازی تغییرات زیر در فاضلاب صورت می گیرد :

- اکثر جامدات معلق در کف برکه ته نشین می شود .
- تا حدودی حذف پاتوژن ها صورت گرفته و تخم انگل ها نیز ته نشین می شوند .
- مواد سبک و کم وزن همچون روغن ، چربی ، کرک ، و کف بر روی سطح فاضلاب تجمع یافته و تشکیل لایه کفاب را می دهد.
- مواد آلی تبدیل به گاز و جامدات تثبیت شده می شوند .

# 1. Anaerobic Ponds

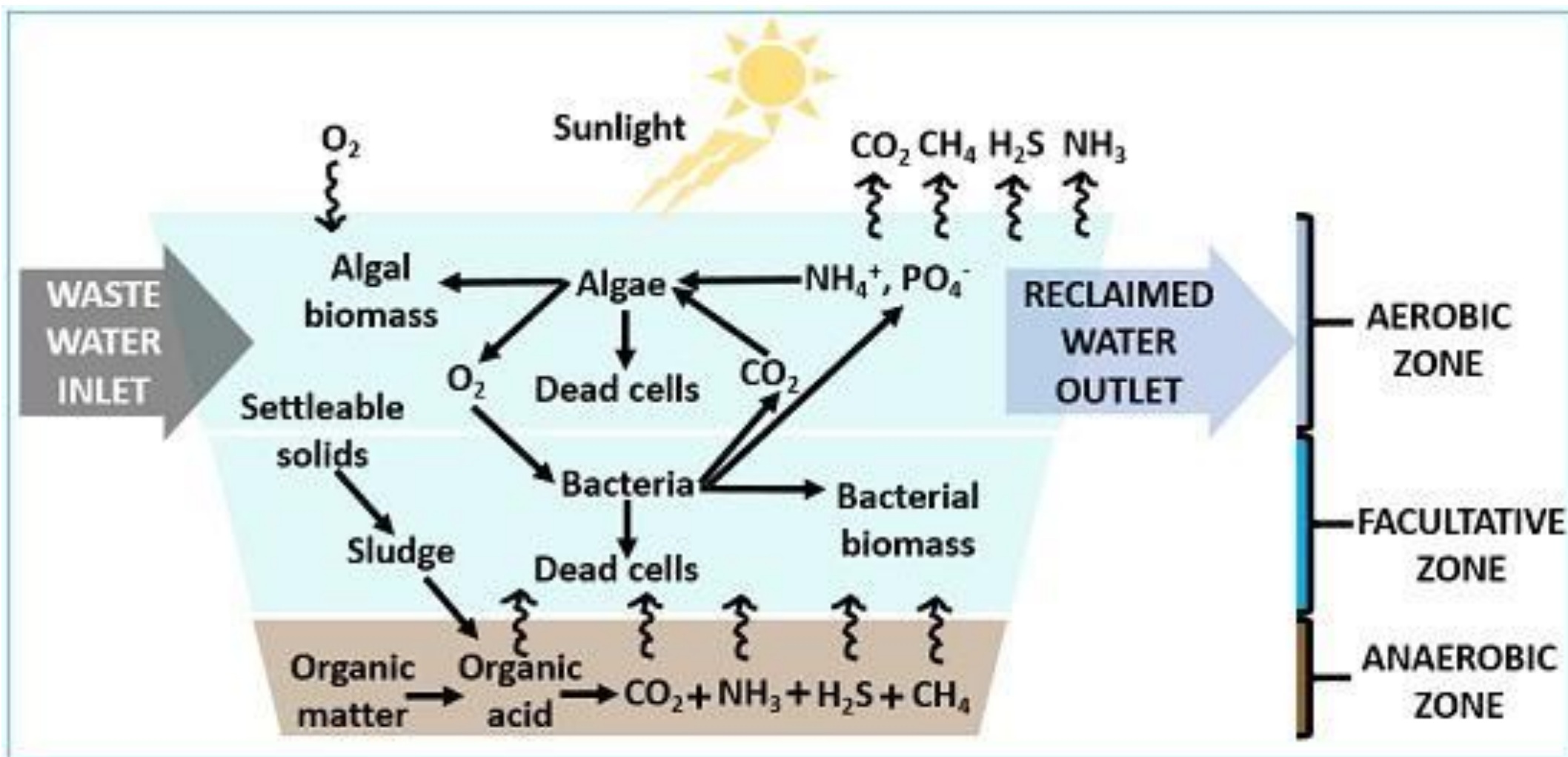
## Characteristics:

- High organic load;
- Deep (3-6m);
- Biomass formation small (5-15% of C in feed)



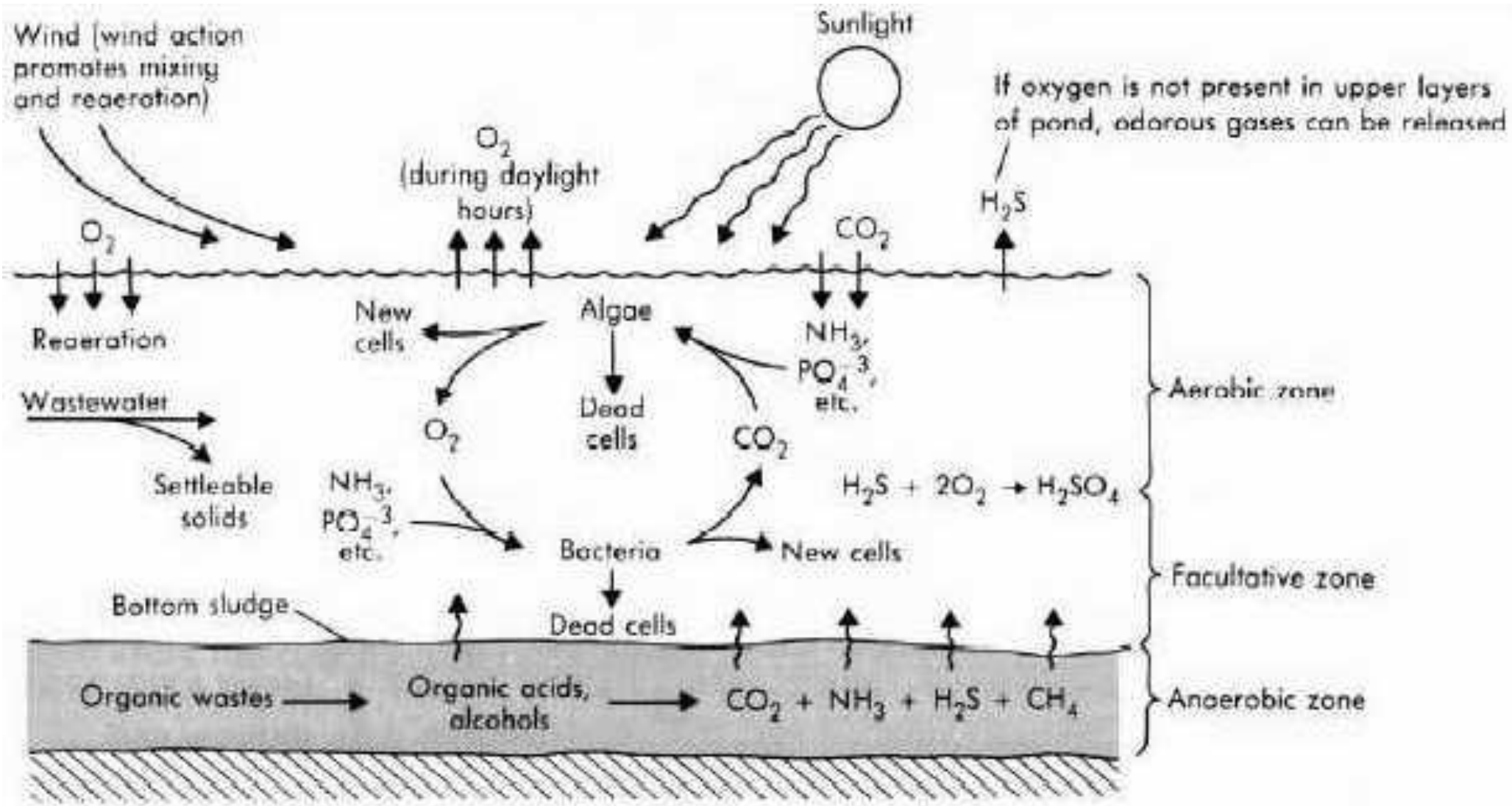
## برکه های اختیاری : Facultative Ponds

- متداول ترین نوع برکه ها هستند که در لایه های فوقانی آنها به دلیل وجود اکسیژن محلول شرایط **هوازی** وجود دارد و در لایه های تحتانی به دلیل عدم وجود اکسیژن محلول شرایط **بی هوازی** غالب می باشد .
- لایه حد واسط نیز در بین لایه هوازی و بی هوازی شناسایی شده است .
- عمق این برکه ها معمولا بین  $1/5 - 2/5$  متر و زمان ماند در آنجا بین  $90 - 30$  روز می باشد .
- در لایه هوازی فوقانی ، جلبک ها و باکتری های هوازی و اختیاری به صورت همزیستی زندگی می کنند .



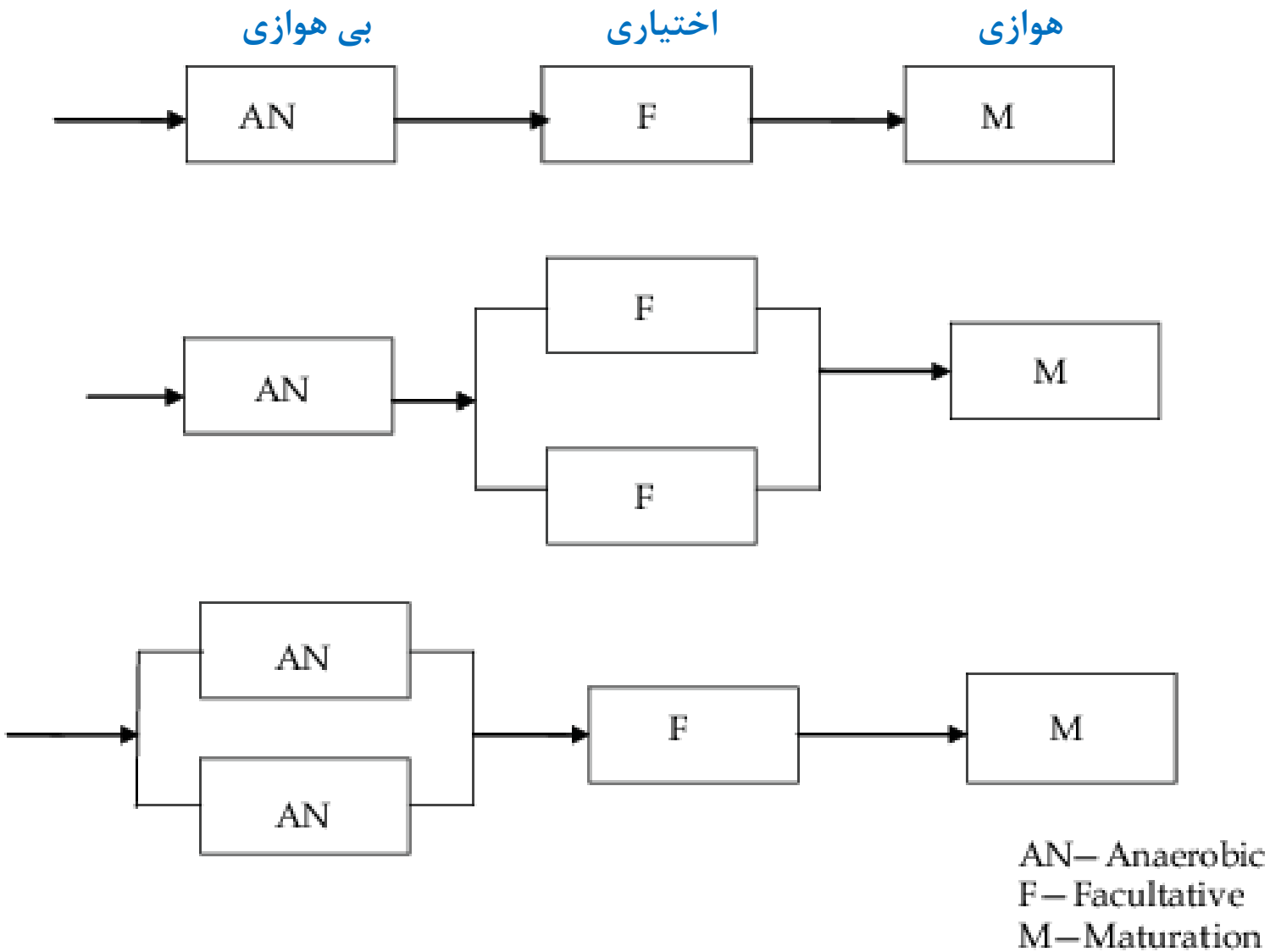
## DESIGNING OF OXIDATION POND





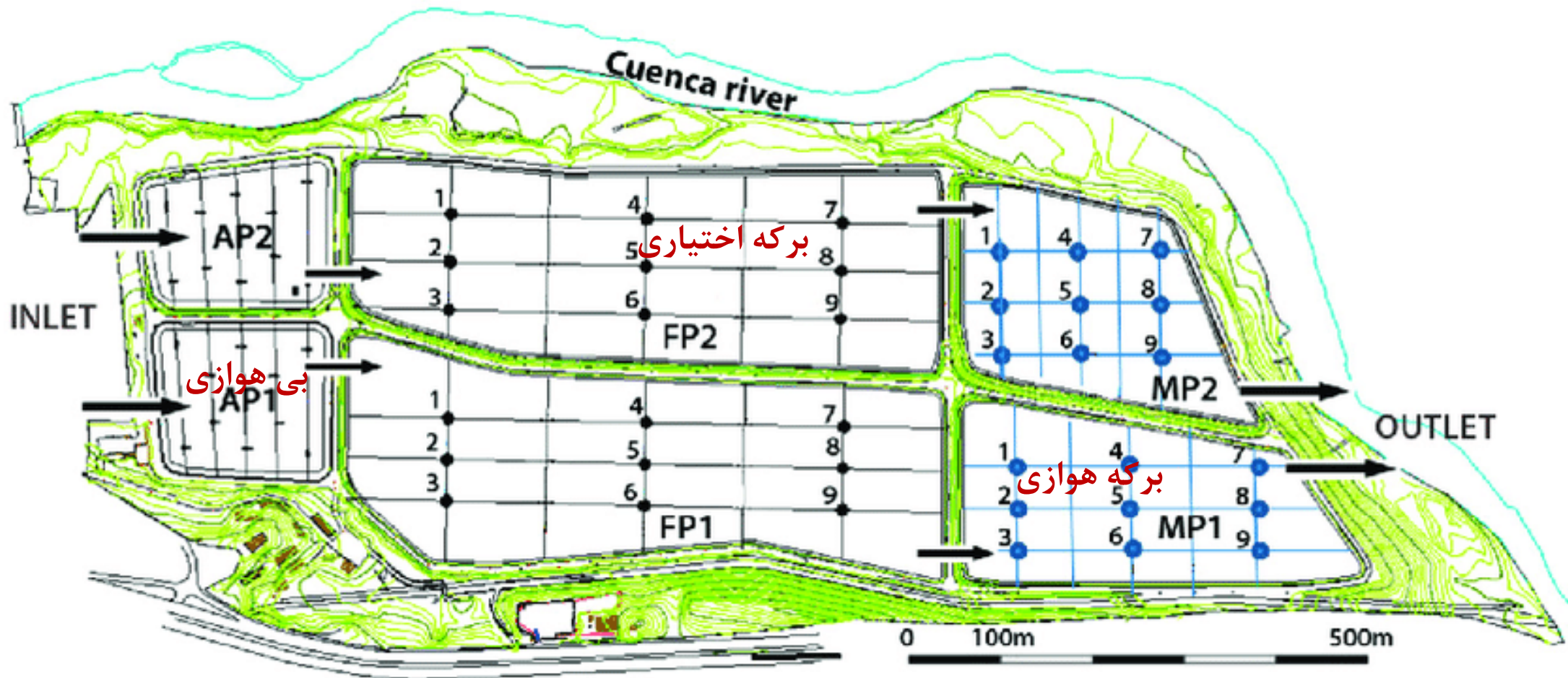
- جلبکها در حضور نور خورشید و مواد معدنی شروع به فعالیت فتوسنتز می نمایند که در نتیجه آن تولید جلبکهای جدید و همچنین تولید اکسیژن محلول ( DO ) می باشد.
- باکتری ها از اکسیژن محلول تولیدی توسط جلبکها استفاده نموده و شروع به اکسیداسیون مواد آلی موجود در فاضلاب می نمایند که نتیجه آن تجزیه مواد آلی و رشد و تکثیر باکتری ها می باشد .
- در اثر اکسیداسیون مواد آلی گاز و ترکیباتی همچون  $CO_2$ ,  $NO_3$ ,  $PO_4$  و .....تولید می شود که بخشی از این گازها و ترکیبات مجددا توسط جلبکها در فعالیت فتوسنتز استفاده می شود.

- جامدات معلق موجود در فاضلاب که قسمت عمده آنها را مواد آلی تشکیل می دهد در اثر نیروی وزن در کف برکه تجمع یافته و تشکیل لایه لجن را می دهند.
- در این لایه لجن با توجه به عدم وجود اکسیژن محلول، فعالیتهای بیولوژیکی بی هوازی اتفاق افتاده و مواد آلی لجن را تجزیه می نمایند که نتیجه آن تولید گازهای همچون  $H_2S$ ,  $NH_3$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$  و  $CH_4$  و ..... می باشد .
- گازهای تولیدی در اثر نیروی شناوری به سمت بالا حرکت نموده و به صورت حباب از سطح فاضلاب خارج می شوند .



**ترتیب قراگیری برکه ها برای تصفیه فاضلاب**

ترتیب قراگیری برکه ها برای تصفیه فاضلاب



# مزایای سیستم برکه های تثبیت

## (1) سادگی ساخت و راهبری

- برکه های تثبیت از نظر ساختمانی بسیار ساده هستند و مهمترین مرحله ساخت آنها را گود برداری ، تاسیسات تصفیه مقدماتی ، سازه های ورودی و خروجی ، جداره سازی و آب بندی دیواره ها و کف برکه تشکیل می دهد.
- از نظر بهره برداری و نگهداری نیز ساده بوده به طوری که بهره برداری از آنها شامل جمع آوری کفاب روی سطح برکه ، درو کردن علف ها ، تمیز نمودن سازه های ورودی و خروجی و تعمیر هر گونه صدماتی که به خاکریزهای اطراف آنها وارد می شود را شامل می گردد.
- همچنین از نظر پرسنل بهره برداری نیز به کارگران ساده و یا با مهارت کم نیازمند می باشد .

## ۲) ارزان بودن

- برکه های تثبیت نسبت به سایر روش های تصفیه فاضلاب معمولا ارزان تر می باشند.
- برکه ها نیاز به تجهیزات الکتریکی و مکانیکی نداشته و از نظر هزینه های جاری نیز مصرف انرژی در آنها بسیار پایین است.
- از نظر نیروی انسانی لازم برای بهره برداری نیز در برکه های تثبیت هم به نیروی انسانی کمتری مورد نیاز بوده و هم اینکه نیاز به نیروی متخصص و ماهر نمی باشد که در مجموع سبب کاهش هزینه های جاری تصفیه خانه می گردد.

## ۳) راندمان بالا

- پساب خروجی از برکه های تثبیت با استانداردهای کیفیت پساب ارائه شده از سوی جامعه اروپا (EC) و سازمان محیط زیست (EPA) مطابقت دارد.
- در برکه های تثبیت راندمان حذف BOD، ازت و فسفر در حد مطلوبی است.
- همچنین برکه های تثبیت در زدایش عوامل بیماری زا بسیار موثر می باشند. در اکثر فرآیند های متداول تصفیه فاضلاب راندمان زدایش عوامل بیماری زا پایین بوده به طوری که جهت نابود سازی عوامل بیماری زا در پساب خروجی نیاز به گند زدایی پساب اجتناب ناپذیر است.

### High Efficiency

**BOD removals > 90%**

**Total nitrogen removals is 70-90%**

**Total phosphorus removal is 30-45%**

**Efficient in removing pathogens**



## ۴) قابلیت تحمل شوک مواد آلی و سمی و بالا بودن راندمان حذف فلزات سنگین

- بر که های تثبیت به دلیل دارا بودن حجم زیاد و طولانی بودن زمان ماند هیدرولیکی در آنها ، نسبت به تحمل شک مواد آلی و سمی در برابر دیگر فرایندهای متداول تصفیه فاضلاب دارای مقاومت بیشتری می باشد .
- علاوه بر این ، بر که ها نسبت به بالا بودن غلظت فلزات سنگین در فاضلاب ورودی دارای مقاومت زیادی می باشند بطوری که حتی تا غلظت ۶۰ میلی گرم در لیتر فلزات سنگین را تحمل می نماید .
- بالا بودن مقاومت بر که ها نسبت به شک فلزات سنگین به دلیل کاهش غلظت فلزات از طریق رقیق سازی فاضلاب خام با حجم زیاد فاضلاب موجود در بر که ها است .
- فاضلاب خیلی قوی همچون فاضلاب صنایع مواد غذایی به راحتی توسط بر که های تثبیت تصفیه می شوند . به دلیل اینکه طراحی بر که ها بر اساس سردترین فصل سال است ، در فصول گرم سال ظرفیت تصفیه پذیری آنها بالا بوده بطوری که در تابستان فاضلاب بیشتری را می توانند تصفیه نمایند که این مسئله در شهرهای توریستی دارای اهمیت زیادی می باشد .

## معایب برکه های تثبیت

### (۱) تولید بو

- برکه های تثبیت اگر بطور صحیح طراحی و راهبری شوند و بار مواد آلی ورودی به آنها بیش از حد مجاز نباشد ، مشکلات مربوط به تولید بو وجود نخواهد داشت .
- علت تولید بو در برکه های بی هوازی تولید گاز  $H_2S$  و متان می باشد.
- مشکلات مربوط به تولید احتمالی بو را در برکه های تثبیت می توان از طریق رعایت فاصله با مناطق مسکونی به حداقل کاهش داد .
- همچنین وجود کمربند فضای سبز در اطراف تصفیه خانه در کاهش مزاحمت ناشی از تولید بو مؤثر بوده خواهد بود .

## ۲) مزاحمت حشرات

رشد گیاهان و علف های هرز در برکه ها بخصوص بوته های نی ، محیط را برای تخم ریزی و رشد و تکثیر حشرات مساعد می سازد.

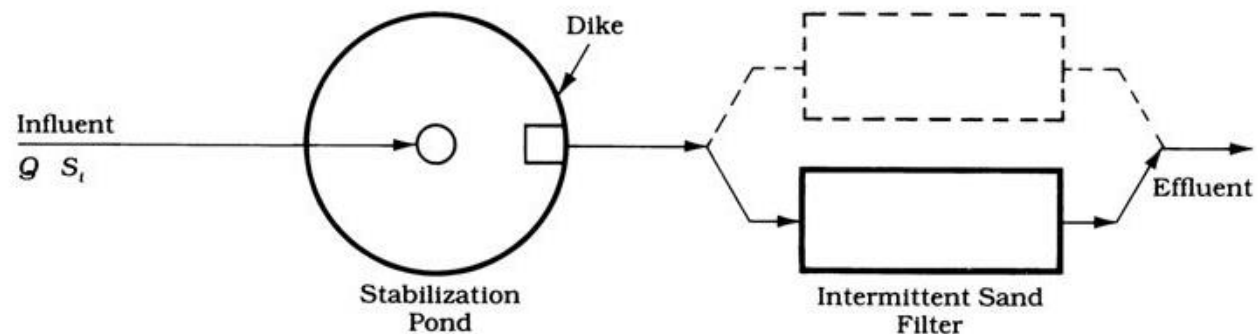
یکی از راههای مؤثر جهت مقابله با حشرات ، درو کردن مرتب علف های هرز می باشد

### ۳) بالا بودن غلظت جامدات معلق

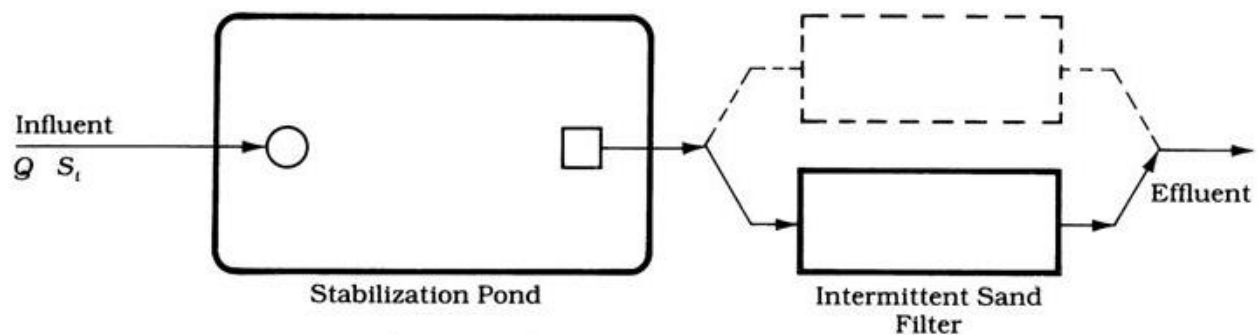


- در پساب خروجی از برکه های تثبیت به دلیل رشد بیش از حد جلبک ها غلظت جامدات معلق بالا خواهد بود که این بالا بودن غلظت جامدات معلق در مواردی جهت استفاده مجدد از پساب ممکن است مشکل ساز باشد به ویژه برای تغذیه آبهای زیر زمینی و همچنین در سیستم های آبیاری تحت فشار و قطره ای نیز سبب مسدود شدن نازل ها می شود .
- در صورت نیاز از طریق روش های ارزان قیمت می توان نسبت به جدا سازی جلبک از پساب خروجی برکه ها اقدام نمود .

# استفاده از فیلتر برای حذف جامدات معلق از خروجی برکه ها



(a) Layout for a Circular Pond and Filter



(b) Layout for a Rectangular Pond and Filter



(c) Profile of Stabilization Pond and Intermittent Sand Filter

**FIGURE 18.1** *Stabilization Pond System*

## ۴) نیاز به زمین زیاد

- یکی از معایب عمده برکه های تثبیت نیاز به زمین زیاد می باشد که دلیل آن بالا بودن زمان ماند هیدرولیکی فاضلاب در برکه ها است .
- میزان زمین مورد نیاز تابعی از شرایط آب و هوایی و کیفیت فاضلاب خام ورودی می باشد بطوری که در مناطق گرمسیری برای احداث برکه ها به زمین کمتری نیاز است که علت آن بالا بودن سرعت واکنش های بیولوژیکی در آب و هوای گرم است .
- در مناطق سرد سیر برای احداث برکه ها به زمین بیشتری نیاز می باشد . تملک زمین ارزان قیمت در بعضی از شهر ها با مشکل مواجه خواهد بود به همین دلیل در دسترس نبودن زمین کافی در بسیاری از مناطق کاربرد آنها را با محدودیت مواجه می کند .
- در اکثر کشور ها استفاده از این روش علی رغم نیاز به زمین زیاد ، از نظر اقتصادی باز هم نسبت به سایر روش ها ارزان ترین گزینه می باشد .

## ۵) اتلاف آب

- اتلاف زیاد آب از طریق تبخیر و همچنین نشت در داخل زمین از طریق برکه ها سبب کاهش مقدار پساب قابل استفاده برای مصارف کشاورزی و دیگر مصارف می شود .

## ۶) احتمال آلودگی آب های زیر زمینی

- در صورتی که محل انتخابی برای احداث برکه ها از نظر جنس خاک مناسب نباشد مسئله نشت فاضلاب در داخل زمین وجود داشته و آلودگی احتمالی آب های زیر زمینی را به همراه خواهد داشت .
- با انجام لاینینگ یا آب بندی در کف و دیواره برکه ها می توان میزان نشت فاضلاب را به حد اقل کاهش داد . پارامتر اصلی در رابطه با نشت فاضلاب ضریب نفوذ پذیری خاک است .

## فاکتورهای موثر در تصفیه در برکه های تثبیت :

### 1- فاکتورهای طبیعی :

- باد

برکه های تثبیت می بایست طوری طراحی شوند که از طریق جریان باد ، تلاطم لازم در آنها ایجاد شود.

- درجه حرارت

تصفیه فاضلاب در برکه ها از طریق مجموعه ای از فرآیندهای فیزیکی ، شیمیایی و بیولوژیکی اتفاق می افتد که درجه حرارت بر روی این فرآیندها تاثیر قابل ملاحظه ای دارد .

- بارندگی

بارندگی متوسط و شدید میتواند دارای اثراتی بر روی عملکرد و ضریب اطمینان برکه ها دارا باشد .



## • نور خورشید

شدت تابش نور خورشید پارامترهای مهم در عملکرد رضایت بخش برکه ها به حساب می آید .  
زیرا نور خورشید بطور غیر مستقیم بر روی تولید اکسیژن به واسطه فعالیت فتوسنتز تاثیر دارد .

## • تبخیر

تبخیر از سطح برکه ها سبب اتلاف آب شده که این اتلاف آب هم از نظر استفاده مجدد از پساب و هم از نظر تاثیر بر روی کیفیت پساب دارای اهمیت خواهد بود .

## • نشت

نفوذ آب از کف و دیواره برکه ها به لحاظ اتلاف مقادیر قابل توجهی آب و از لحاظ آلودگی آبهای زیر زمینی دارای اهمیت می باشند .

## ۲- فاکتورهای فیزیکی شامل:

- ارتفاع فاضلاب

برکه های تثبیت معمولاً در عمق ثابت فاضلاب بهره برداری می شوند . کاهش ناگهانی ارتفاع آب در برکه ها به واسطه نشت یا تبخیر و یا برداشت اضطراری می تواند سبب بروز مسائلی شود .

- میان بر زدن

میان بر زدن در برکه ها به علل مختلفی اتفاق افتاده و سبب می شود فاضلاب کوتاهترین مسیر را طی نموده و کمترین زمان ماند را داشته باشد که نتیجه آن به وجود آمدن نقاط کور و مرده است به طوری که سطح و حجم برکه ها را کاهش داده و تولید بو را به همراه خواهد آورد . همچنین جریان میان بر در کاهش راندمان تصفیه نیز موثر می باشد.

### ۳- فاکتورهای شیمیایی

- pH

هر دو نوع برکه ها بی هوازی و اختیاری تحت شرایط قلیایی جزئی دارای بهترین عملکرد می باشند .

- مواد سمی

وجود غلظت زیاد مواد سمی در فاضلاب ورودی به برکه ها می تواند مشکل آفرین باشد .

- اکسیژن محلول

اکسیژن محلول بهترین شاخص جهت بررسی عملکرد مطلوب برکه های اختیاری و هوازی می باشد .

- پارامترهای کمی و کیفی فاضلاب

علاوه بر درجه حرارت و تبخیر که در بخش های قبلی توضیح داده شد ، دبی جریان و **BOD** نیز پارامتر مهم در طراحی برکه ها هستند .

چنانچه پساب برای مصارف کشاورزی و پرورش آبزیان مورد استفاده قرار گیرد ، تعداد کلی فرم ها و تخم انگل ها نیز دارای اهمیت می باشد .

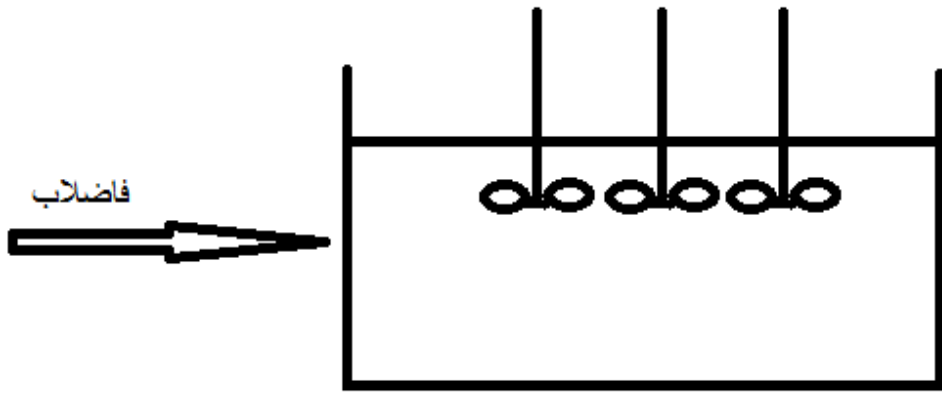
# لاگون ها Lagoons



لاگون



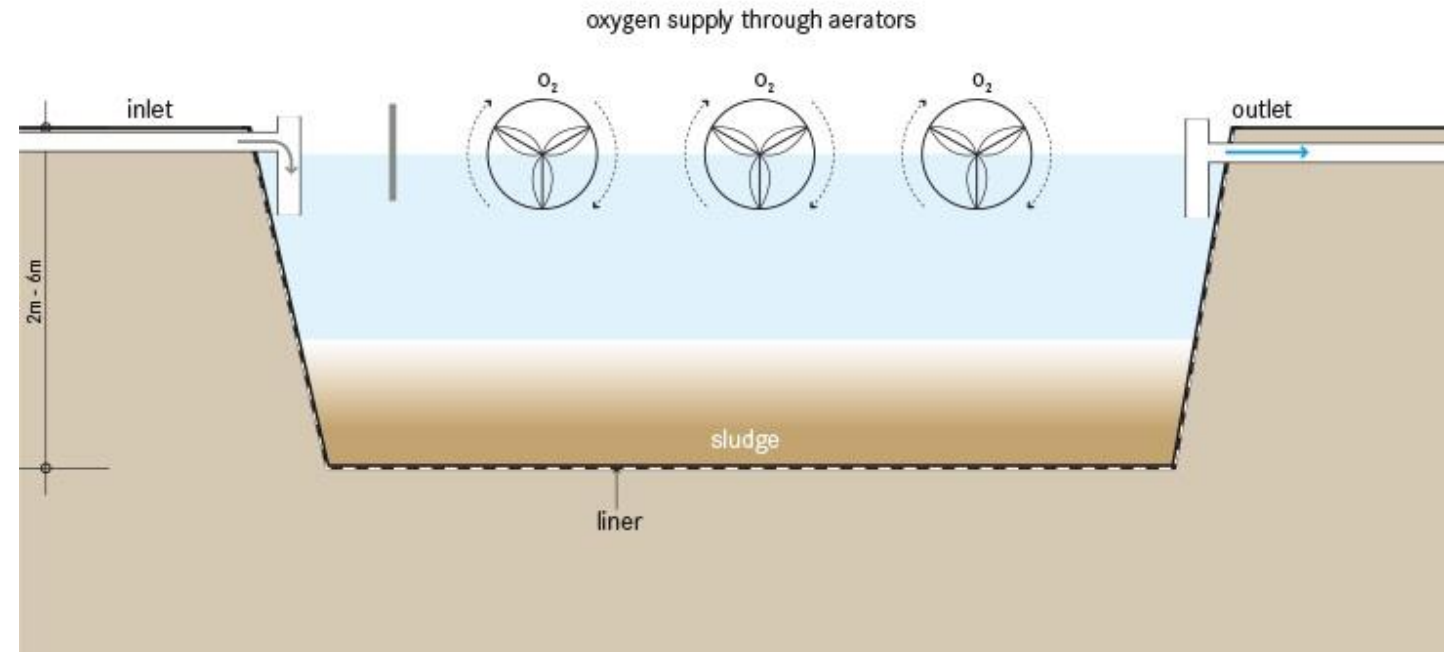
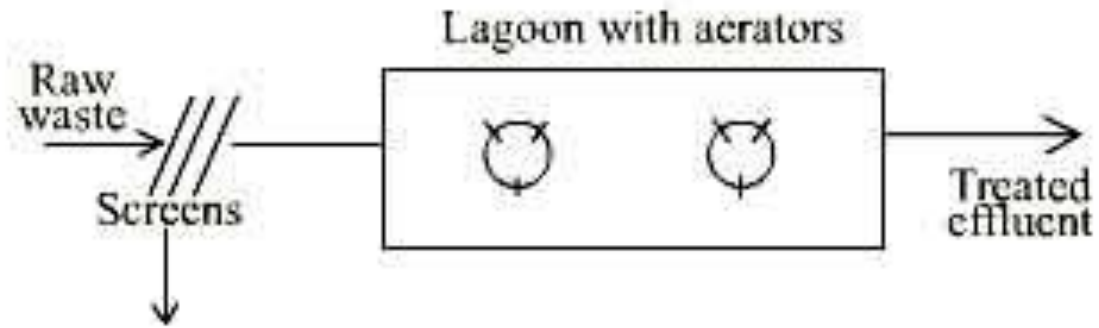
- لاگون ها بر که های کم عمقی هستند که اکسیژن مورد نیاز آنها از طریق هوادهی سطحی یا عمقی تامین می شود.



- زمان ماند در لاگون ها بین ۶ تا ۱۸ روز می باشد.
- درصد حذف BOD می تواند از ۷۵ تا ۹۰ درصد باشد.
- ۲ کیلوگرم اکسیژن به ازای هر کیلوگرم BOD لازم است.

- لاگون های هوادهی تشابه بسیار زیادی به برکه های هوازی دارند که از هوادهی مکانیکی برای تسریع در فعالیت های بیولوژیکی استفاده می رود.
- دیواره ی این لاگون ها از بتن ساخته می رود و دلیل این کار افزایش مقاومت در برابر امواج ایجاد شده است.
- معمولاً عمق این نوع از لاگون ها ۲ الی ۵ متر است.

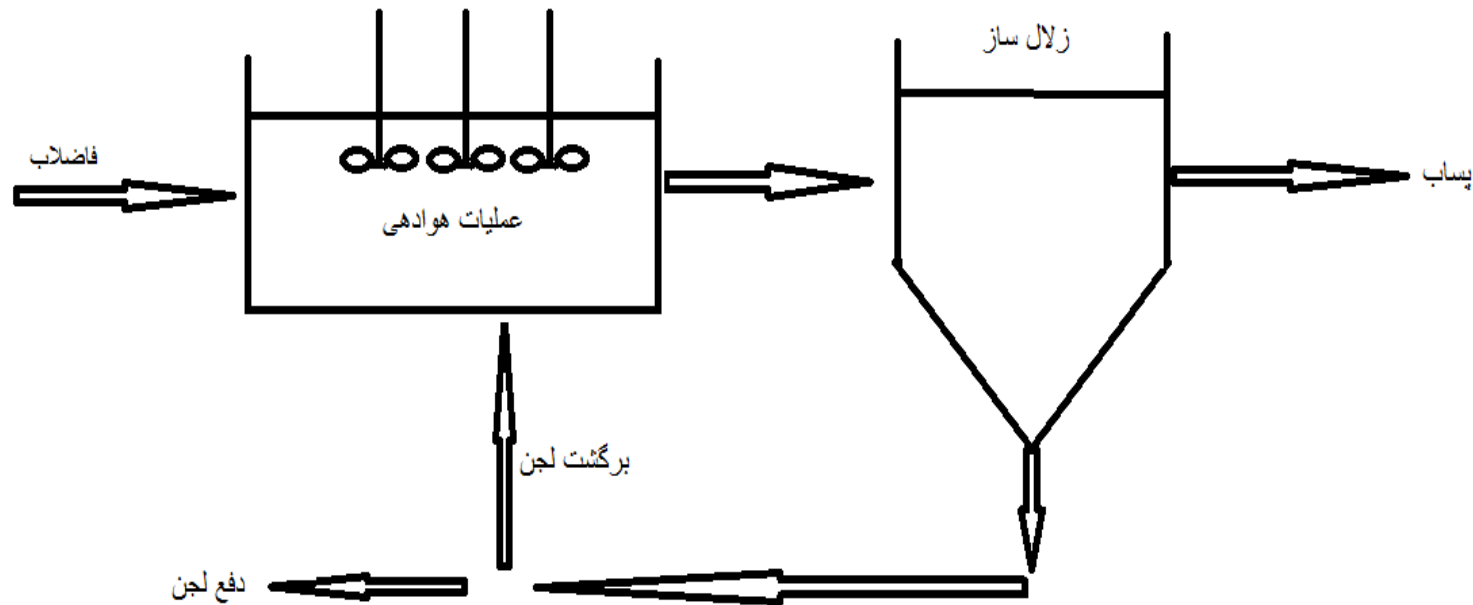
# An aerated lagoon system







## مزیت لاگوونها نسبت به برکه ها:



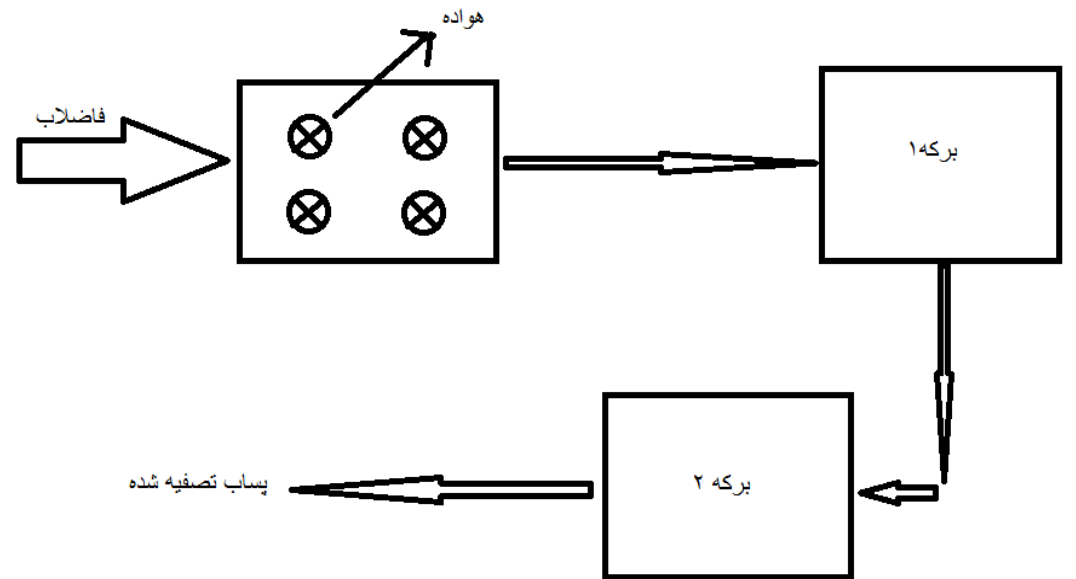
۱- فرایند تصفیه سریع تر اتفاق می افتد

۲- سطح اشغال زمین کم می شود.

۳- امکان برگشت لجن وجود دارد.

۴- شوک پذیری بالایی دارد.

معمولا بعضی جاها از ترکیب برکه و لاگون استفاده می شود:



گندزدایی فاضلاب

**Disinfection**

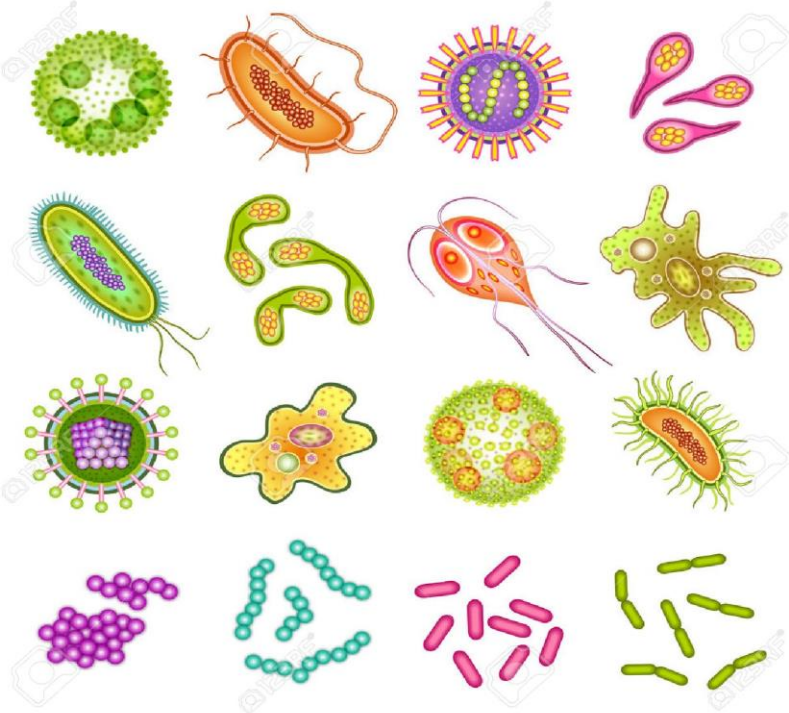
**گندزدایی:** حذف یا بی ضرر کردن میکروارگانیسم های بیماری زا از آب یا فاضلاب

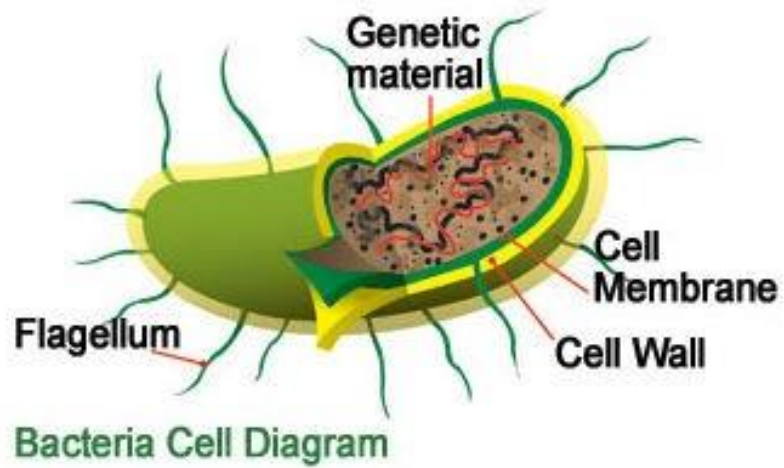
انواع باکتریها، انگلها، قارچها و ویروسها و ...

روش های گندزدایی: شیمیایی و فیزیکی

روشهای شیمیایی: کلر زنی و استفاده از گاز ازن،

روشهای رایج فیزیکی: حرارت، فیلتراسیون و پرتو UV





## خصوصیات یک گندزدای ایده آل:

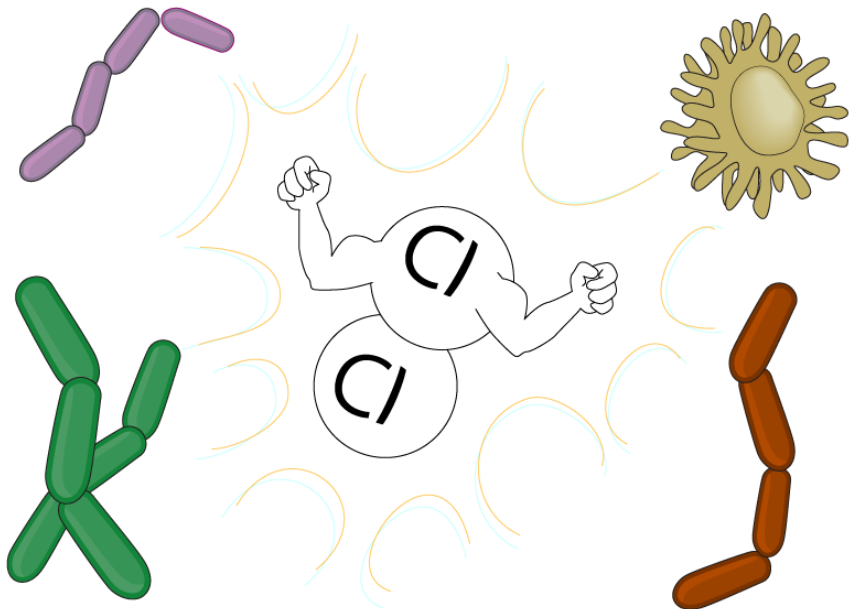
- ۱- بر روی تمام میکرو ارگانیسم ها موثر باشد.
- ۲- در مدت زمان کوتاهی تاثیر نماید.
- ۳- برای سلولهای انسان، گیاهان و جانوران، سمی و محرک نباشد.
- ۴- در مجاورت مواد آلی اثر و فعالیت آن کاسته نشود.
- ۵- قدرت نفوذ کافی داشته باشد.
- ۶- محلول در آب بوده و براحتی و مقدار زیاد قابل تهیه باشد.
- ۷- ارزان و قابل حمل بوده و در وسایل نگهداری ایجاد خوردگی نکند.



## عوامل موثر بر گندزدایی:

- نوع و غلظت میکروارگانیزم
- نوع و غلظت گندزدا
- زمان تماس گندزدا
- کیفیت شیمیایی و دمای فاضلاب
- pH و کدورت فاضلاب

## ۱- کلرزنی



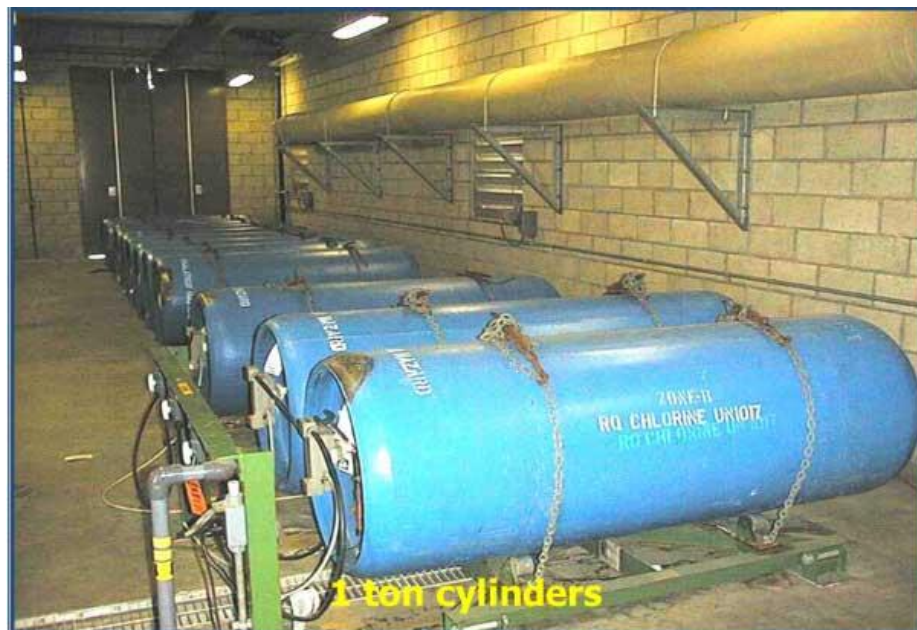
از مهمترین دلایل استفاده از کلر به عنوان گندزدا:

- ارزان بودن
- به جای گذاشتن باقیمانده
- مؤثر در غلظت‌های کم
- در دسترس بودن در سه حالت:

گاز (گاز کلر)

مایع (هیپو کلریت سدیم)

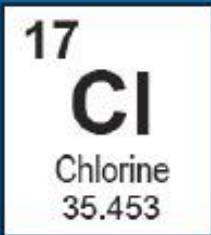
جامد (هیپو کلریت کلسیم)





## شرایط بهینه واکنش کلر با آب یا فاضلاب:

- pH پایین (۶ تا ۷)
- دمای آب ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی گراد
- زمان تماس بیشتر از ۳۰ دقیقه
- مقدار کلر آزاد باقیمانده بیشتر از ۰/۵ میلی گرم در لیتر



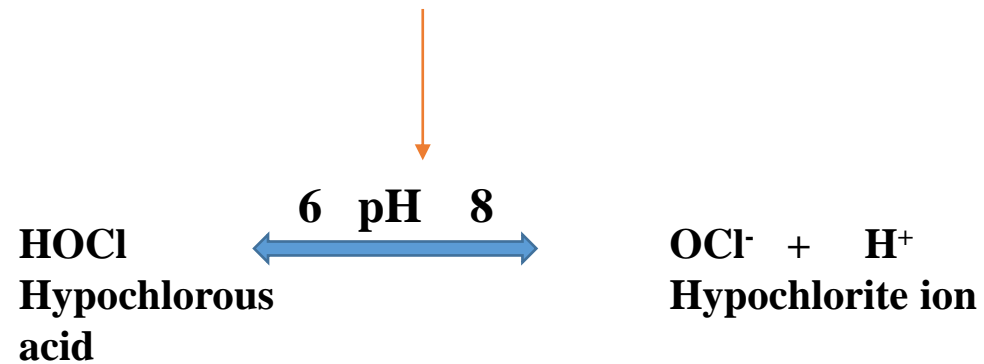
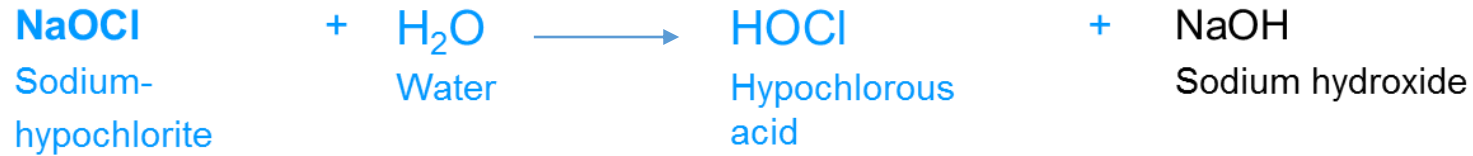
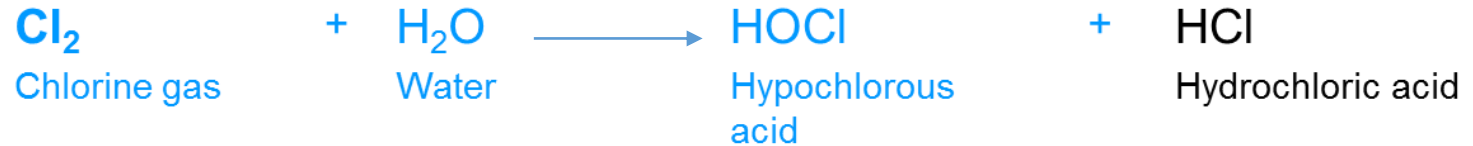
## SOURCES OF CHLORINE

Chemical Name	Chemical Formula	Form	% Chlorine
Chlorine Gas	$\text{Cl}_2$	Gas	100%
Calcium Hypochlorite	$\text{Ca}(\text{OCl})_2$	Solid	65-70%
Sodium Hypochlorite	$\text{NaOCl}$	Liquid	~12%

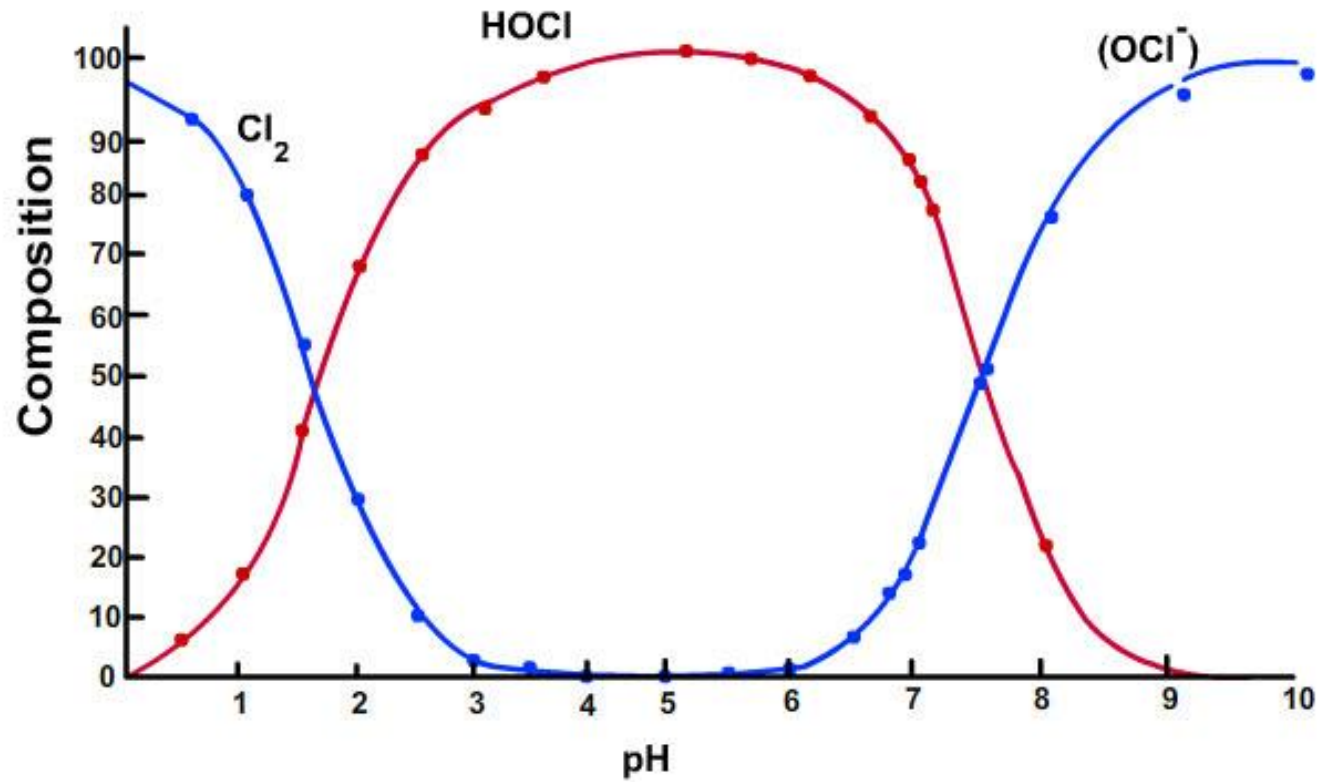
هیپو کلریت کلسیم در مقایسه با هیپو کلریت سدیم حلالیت کمتری در آب دارد اما گندزدای قوی تری است.

# واکنش های گاز کلر و هیپوکلریت سدیم در تماس با آب یا فاضلاب:

اسید هیپوکلرو



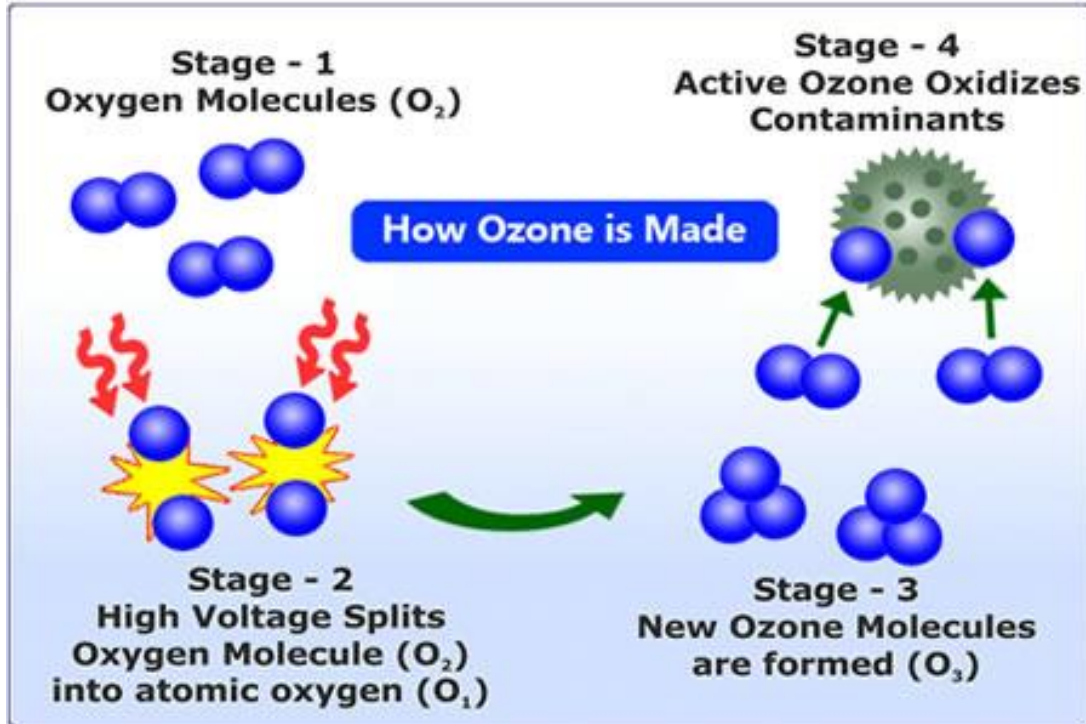
pH آب یا فاضلاب تاثیر زیادی در امکان تشکیل اسیدهیپوکلرو یا هیپوکلریت دارد.



**OCl+HOCl**      کلر آزاد:



ازن به عنوان گندزدا



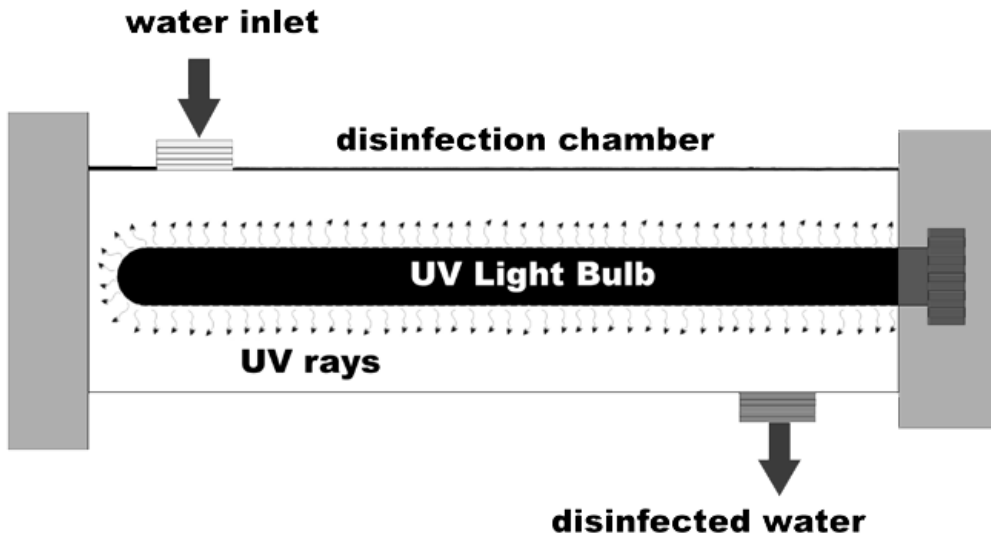
نحوه تولید ازن

عبور اکسیژن از یک میدان الکتریکی با ولتاژ زیاد



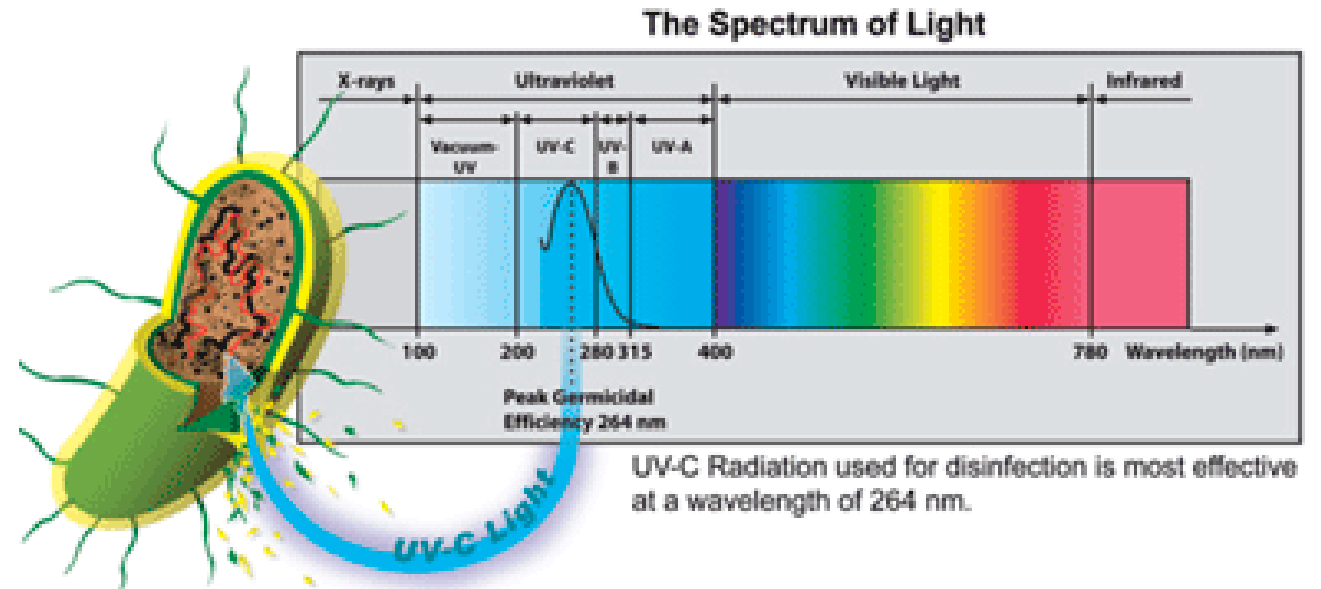
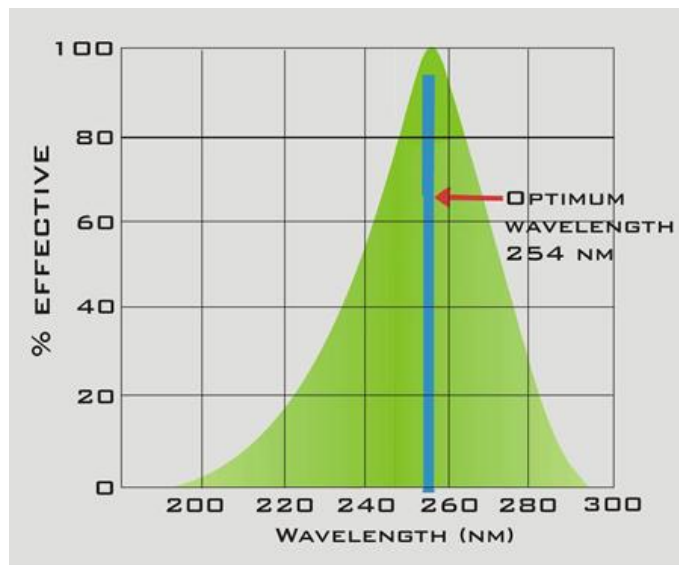
ژنراتور تولیدکننده ازن در تصفیه خانه فاضلاب

## UV به عنوان گندزدا



طیف غیر قابل رویت اشعه خورشید با طول موج ۲۵۴ نانومتر

عبور آب از حوضچه ای که لامپ های UV در آن قرار دارند و تخریب دیواره سلولی میکروارگانیسم ها





**توجه: زمان تماس ۳ ثانیه برای گندزدایی آب کافی است.**