

بهداشت محیط

فهرست مطالب

اهداف درس
بیان مسئله
بیماری‌های منتقله از محیط
بیماری‌های منتقله توسط آب
جدول ۱ - خصوصیات بیماری‌های منتقله توسط آب و مواد غذایی
طبقه بندی عوامل
جدول ۲ - مهمترین عوامل بیماری زای منتقله به انسان از طریق آشامیدن آب
بیماری‌های منتقله توسط هوا
جدول ۳ - مهمترین عوامل بیماری زای منتقله به انسان از طریق هوا
جدول ۴ - مهمترین بیماری‌هایی که از جوندگان به انسان انتقال می‌یابند.
بیماری‌های منتقله توسط دفع نادرست مواد زاید
راهبرد بهداشت محیط در کنترل بیماری‌ها
کنترل منبع (کنترل عامل بیماری)
کنترل نحوه انتقال و سرایت بیماری‌های منتقله از محیط
کنترل حساسیت افراد در معرض ابتلا به بیماری‌های منتقله از محیط
چالش‌های عمومی و تخصصی بهداشت محیط
جدول ۵ - ساختار چالش‌های بهداشت محیط
چالش‌های عمومی بهداشت محیط
چالش‌های تخصصی بهداشت محیط
خلاصه
منابع

کلیات بهداشت محیط

دکتر علیرضا مصداقی نیا - دکتر رامین نبی زاده

دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران

اهداف درس

انتظار می‌رود فراگیرنده، پس از گذراندن این درس، بتواند:

- بهداشت محیط را تعریف نماید
- عوامل محیط و هدف اساسی بهداشت محیط را شرح دهد
- لزوم آشنایی سایر افراد (افرادی با تخصصها و مهارتهایی به جز بهداشت محیط) را با کلیات بهداشت محیط بیان کند
- بیماری‌های منتقله توسط آب و مواد غذایی را با توجه به عامل بیماری‌زا، مخزن بیماری و راه‌های سرایت آنها از محیط توضیح دهد
- بیماری‌ها و عوارضی را که عوامل محیطی نظیر آب، هوا و حشرات و جوندگان در آنها نقش دارند، توضیح دهد
- راهبرد "بهداشت محیط" را در کنترل بیماری‌ها توضیح دهد
- معیارهای هر یک از اجزای ساختاری راهبرد "بهداشت محیط" در کنترل بیماری‌ها را بیان کند
- چالش‌های عمومی و تخصصی بهداشت محیط و حوزه‌های عملکرد آنها را بیان کند
- با کسب شناختی کلی از بهداشت محیط در تحقق اهداف آن مشارکت نماید

واژه‌های کلیدی

بهداشت محیط، بهسازی، بیماری‌های ناشی از محیط، آب، هوا، مواد زاید، مواد غذایی

بیان مسئله

به طور کلی "محیط" به مجموعه‌ای از عوامل و شرایط خارجی و تاثیرات وارده ناشی از آنها بر زندگی

یک موجود زنده اطلاق می‌گردد. طبق این تعریف محیط شامل هوا، آب و خاک و روابط بین آن‌ها و کلیه موجودات زنده می‌باشد. بر این اساس هدف "بهداشت محیط" کنترل کلیه عواملی است که بالقوه و بالفعل تأثیرات سوئی بر بقاء و سلامتی انسان اعمال می‌کنند. برای رسیدن به این هدف، بهره‌گیری از دانش زیست محیطی و نیز کاربری اصول مهندسی به منظور کنترل، اصلاح و بهبود عوامل فیزیکی، شیمیایی و زیستی محیط جهت حفظ و ارتقاء سلامتی و رفاه و آسایش انسان ضرورت می‌یابد. از دیدگاه کاربردی نیز می‌توان بهداشت محیط را بدین شرح تعریف کرد: "بهداشت محیط، تکوین نظم یافته، ارتقای و اجرای معیارهایی است که شرایط خارجی مسبب بیماری، ناتوانی و سلب آسایش از انسان را کنترل می‌کنند. در این مجموعه معیارهای ساختار یافته علاوه بر حفظ سلامت و ایمنی، جنبه‌های زیبایی شناختی نیز متناسب با نیازها و انتظارات جامعه هدف گنجانده می‌شود."

بر این اساس مهمترین هدف بهداشت محیط، مطالعه عوامل محیطی مضر برای سلامتی انسان و تشخیص و پیشگیری، رفع و کنترل اثرات سوء ناشی از این عوامل تلقی می‌گردد. بهداشت محیط به طور موکد سلامتی انسان و بهداشت مردم را به عنوان هدف اصلی پیگیری می‌کند و کیفیت محیط و حفظ سلامتی اکوسیستم‌ها را به طور غیرمستقیم مورد توجه قرار می‌دهد.

بر این اساس می‌توان اصلی ترین محورهای فعالیت بهداشت محیط را به صورت زیر بیان نمود.

- بررسی و تعیین مکانیسم‌های بیماری‌های منتقله توسط محیط و نحوه پیشگیری و کنترل آنها
- تامین آب و مواد غذایی سالم
- تصفیه و دفع بهداشتی فاضلاب‌ها
- دفع و تصفیه مواد زاید جامد و سمی
- کاهش آلودگی هوا، آب، مواد غذایی و صدا
- کنترل عوامل مخاطره آمیز محیط کار

توسعه جمعیت، رشد چشمگیر در شاخه‌های مختلف توسعه نظیر صنعت، کشاورزی، حمل و نقل و غیره، افزایش نیازها و بسیاری از عوامل جانبی دیگر باعث شده‌اند تا مشکلات بهداشت محیط نیز در مقیاس گسترده‌تری مورد توجه قرار گیرد. امروزه جهت تحقق اهداف بهداشت محیط صرفاً نمی‌توان به توان فکری و اجرایی متخصصین این رشته متکی بود. حل مشکلات بهداشت محیط در چهارچوب شرایط کنونی و آتی، نیازمند مشارکت سایر گروه‌های تخصصی (با مهارت‌ها و تخصص‌هایی به غیر از بهداشت محیط) و همچنین دخالت فعال و همکاری ائتشار مختلف مردم است.

از این رو ارائه تصویر کلی از بهداشت محیط و دامنه عملکرد آن جهت ارتقای آگاهی و آشنا کردن سایر افراد به منظور جلب مشارکت آنها در حل مشکلات بهداشتی از اهم موارد تلقی می‌گردد و لذا در این گفتار، کلیاتی جهت ایجاد یک زیرساختار منسجم فکری از راهبردها، دامنه فعالیت، محورهای کارکرد و معیارهای بهداشت محیط از نظر خواهند گذشت.

بیماری‌های منتقله از محیط

با توجه به اینکه تامین و حفظ سلامتی انسان هدف اصلی بهداشت محیط می‌باشد، شناخت و کنترل عوامل بیماری‌زا و نحوه انتقال آنها از محیط به انسان از مباحث اصلی در این مقوله است. بیشترین سهم بیماری‌های منتقله توسط محیط مربوط به آب و مواد غذایی است. طبقه بندی این بیماری‌ها، عوامل، مهمترین مخازن و نیز راه‌های معمول سرایت آنها به طور خلاصه در جدول (۱) ارائه شده است.

همچنانکه در این جدول ملاحظه می‌شود، بسیاری از بیماری‌های عفونی و همچنین برخی از بیماری‌های غیرواگیر می‌تواند از طریق آب و مواد غذایی به انسان منتقل گردد. برخی از این بیماری‌ها مرگ و میر بالایی به بار آورده و در مدت زمان کوتاه ممکن است طیف وسیعی از جامعه را مبتلا کند. برخی دیگر نظیر مسمومیت‌های مزمن توسط فلزات سنگین و سموم ممکن است در اثر تماس دراز مدت سبب بروز سرطان‌ها و اختلال ژنتیکی در نسل‌های آتی شود. از بین عوامل محیطی بیشترین سهم بیماری‌های منتقله مربوط به آب، هوا، و حشرات و جوندگان (ناشی از دفع نادرست مواد زاید) می‌باشد. ذیلا به تفکیک به بیماری‌های منتقله توسط این عوامل خواهیم پرداخت :

عوامل بیماری‌زایی که انسان را از طریق آشامیدن آب آلوده مبتلا می‌کنند، در جدول (۲) فهرست شده‌اند. در این جدول علاوه بر عامل بیماری‌زا، اهمیت بهداشتی، پایداری در آب، مقاومت در برابر کلر، دوز نسبی بیماری‌زا و همچنین نقش مخزن حیوانی ارائه شده است. برخی از این عوامل نظیر سالمونلا، شیگلا، اشریشیا کولی پاتوژنیک، ویبریو کلرا، یرسینیا آنتروکولیتیکا، کامپیلوباکتر ژرونی و کامپیلوباکتر کولی، ویروس‌ها، و انگل‌هایی نظیر ژیاودییا، کریپتوسپوریدیوم، آتاموبا هیستولیتیکا و دراکونکولوس مدینسیس می‌توانند مخاطرات بهداشتی مهمی را سبب شوند.

بسیاری از این عوامل بیماری‌زا گسترش جهانی داشته و خاص یک منطقه یا ناحیه نیستند، در حالی که برخی از آنها فقط مربوط به ناحیه و منطقه خاص می‌باشند. حذف این عوامل بیماری‌زا از آب به دلیل نرخ مرگ و میر بالا و سرعت انتشار این بیماری‌ها در جامعه، از اولویت خاصی برخوردار است. برخی از عوامل بیماری‌زا در آب موسوم به عوامل فرصت طلب، از اهمیت نسبی کمتری برخوردارند. این عوامل در شرایط عادی، بیماری‌زا تلقی نمی‌شوند و صرفا افراد دچار اختلال سیستم ایمنی و سالمندان را تهدید می‌کنند (۳).

بیماری‌های منتقله توسط آب

الف - بیماری‌های منتقله توسط آب (Water Borne Diseases)

در این طبقه بیماری‌هایی گنجانده می‌شوند که عامل اصلی بیماری در آب بوده و از طریق بلع به انسان منتقل می‌شود. وبا، حصبه، شبه حصبه و بسیاری از بیماری‌های عفونی دیگر در این زمره قرار می‌گیرند. بهبود کیفیت آب و عدم استفاده از دیگر منابع غیربهداشتی آب حتی به طور موقت، می‌تواند در از بین رفتن این بیماری‌ها نقش بسزایی ایفا نماید.

ب - بیماری‌های ناشی از عدم شستشوی کافی (Water Washed Diseases)

وقوع این بیماری‌ها بیشتر به دلیل عدم دسترسی به آب کافی است. از این رو کمیت آب بیش از کیفیت آن دخیل می‌باشد. بیماری تراخم مثال خوبی از این گروه از بیماری‌ها است. افزایش کمی مقادیر آب مصرفی و بهبود شرایط دسترسی و قابل اعتماد و بهداشتی بودن آب‌های مورد مصرف در منازل و ارتقای سطح بهداشت جامعه موثرترین راهکارهای رفع این گروه بیماری‌ها تلقی می‌شود.

ج - بیماری‌هایی که آب در چرخه انتقال آنها نقش دارد (Water Based Diseases)

در این گروه بیماری‌هایی قرار دارند که عامل بیماری دوره‌ای از زندگی خود را در درون بدن ناقل آبی سپری می‌کند. شیستوزومیازیس مثال بارزی از این گونه بیماری‌ها است و بدیهی است که کاهش تماس با آب آلوده، کنترل جمعیت ناقلین و کاهش آلودگی منابع آب با مدفوع، راهکارهای موثر کنترل اینگونه بیماری‌ها هستند.

د - بیماری‌های منتقله به وسیله حشرات ناقل مرتبط با آب (Water Related Insect Vectors)

در این گروه ناقل بیماری در دوره‌ای از زندگی آبی بوده یا اینکه نزدیک آب زیست می‌کند. مالاریا از بیماری‌های شاخص این گروه است. بهبود شرایط آب‌های سطحی، حذف جایگاه‌های پرورش و تکثیر حشرات، کاهش ارتباط افراد با مکان‌های پرورش و تکثیر حشرات و استفاده از وسایل حفاظتی در کنترل این بیماری‌ها بسیار موثر هستند.

علاوه بر عوامل بیولوژیکی، بسیاری از مواد شیمیایی نیز می‌توانند در کوتاه مدت یا درازمدت عوارض سوئی را در انسان ایجاد کنند. امروزه با تکیه بر مطالعات سم شناسی و اپیدمیولوژی گسترده در خصوص بسیاری از عناصر و ترکیبات شیمیایی محدودیت‌ها و استانداردهایی وضع گردیده است. با رعایت استانداردهای آب آشامیدنی می‌توان از بهداشتی و سالم بودن آب شرب اطمینان حاصل کرد. فهرست کامل این عناصر و ترکیبات شیمیایی در کتاب *رهنمودهای کیفیت آب آشامیدنی* از انتشارات سازمان جهانی بهداشت، موجود است. اخیراً فلزات سنگین، آفت کش‌ها، باقیمانده پاک‌کننده‌ها و ترکیبات جانبی گندزداها بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته‌اند. از اثرات سوء این عوامل می‌توان به سرطانزایی، جهش‌زایی، ناقص‌الخلقگی و سمیت جنینی اشاره کرد.

بیماری‌های منتقله توسط هوا

بسیاری از عوامل میکروبی می‌توانند از طریق هوا انسان را مبتلا سازند. جدول شماره ۳ فهرستی از این بیماری‌ها و عوامل آنها را معرفی می‌کند.

علاوه بر عوامل میکروبی و بیولوژیکی دیگر بسیاری از عوارض و بیماری‌ها از طریق آلاینده‌های فیزیکی و شیمیایی از طریق هوا سلامتی انسان را تهدید می‌کنند. این آلاینده‌ها عمدتاً ذرات، منواکسید کربن، اکسیدهای گوگرد، اکسیدهای ازت، سرب، هیدروکربورها و ترکیبات آلی خطرناک و فلزات سنگین هستند. این آلاینده‌ها در

برونشیت، آمفیزم، سرطان ریه و غیره می‌باشد. مطالعه تک تک آلاینده‌ها بر روی حیوانات نیز نشان داده است که ممکن است در غلظت‌های بالا اثرات حادی بروز نماید. به عنوان مثال ممکن است تاژک‌ها از حرکت باز ایستند و در نتیجه مکانیسم اصلی پاکسازی دستگاه تنفسی مختل شود. به طور خلاصه بین آلوده کننده‌های اصلی و فیزیولوژی دستگاه تنفسی رابطه‌ای قطعی و انکارناپذیر وجود دارد.

از اهداف مهم بهداشت محیط کنترل آلودگی هوا در محیط‌های انسانی است. جهت رفع این مشکل باید در زمینه‌های مختلف نظیر فناوری کنترل، مدیریت، وضع و اجرای استانداردها، پایش مستمر، آموزش مردم، بهینه سازی فرایند احتراق سوخت‌های فسیلی، جایگزینی سوخت‌های با آلودگی کمتر و استفاده از انرژی‌های پاک را دنبال کرد.

بیماری‌های منتقله توسط دفع نادرست مواد زاید

دفع نادرست و غیر اصولی مواد زاید جامد می‌تواند مخاطرات بهداشتی بسیاری در جوامع ایجاد کند. آلودگی آب، خاک و هوا از معضلات اساسی دفع مواد زاید جامد به شمار می‌رود. قرار گرفتن منابع آب در معرض آلودگی به مواد زاید جامد کلیه پیامدهای سوء مطرح شده در خصوص بیماری‌های منتقله توسط آب را به دنبال دارد. مواد زاید جامد به لحاظ دارا بودن مواد آلی و مواد غذایی می‌تواند محیط بسیار مناسبی جهت پرورش و تکثیر حشرات و جوندگانی باشد که بالقوه ناقل بیماری‌ها هستند. جدول (۴) فهرستی از بیماری‌هایی را که جوندگان در آنها نقش اساسی دارند، ارائه می‌نماید. بدیهی است که اعمال معیارهای بهداشت محیط و بهسازی در فعالیت‌های مدیریتی مواد زاید جامد نظیر جمع آوری، حمل و نقل، فرآوری، دفع نهایی و بازیافت می‌تواند در مهار بیماری‌های مربوطه نقش ویژه‌ای ایفا نماید.

راهبرد بهداشت محیط در کنترل بیماری‌ها

همچنانکه اشاره شد، بسیاری از بیماری‌های واگیردار و نیز برخی از بیماری‌های غیر واگیر می‌توانند از طریق محیط به انسان منتقل شوند. در فرایند ابتلای انسان به بیماری‌هایی که محیط در آنها نقش دارد، می‌توان سه رکن اساسی "منبع"، "نحوه انتقال" و "حساسیت فرد" را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. این سه رکن به صورت یک ساختار زنجیره‌ای در اشاعه بیماری‌ها و عوارض زیست محیطی دخیل هستند. گرچه کنترل و حذف یک بیماری با منشاء محیطی با حذف هر یک از این ارکان ممکن است، ولی راهبرد اساسی بهداشت محیط ایجاد موانع متعدد در هر یک از این ارکان است. این ایده به فلسفه ایجاد "موانع چندگانه" در سازگان یک بیماری موسوم است. این موانع چندگانه سرانجام شیوه مطمئن و موثری در مهار و پیشگیری بیماری‌های منتقله از محیط در اختیار خواهد گذاشت. در کنترل یک بیماری منتقله از محیط می‌توان به طور نظری راهکارهای مختلفی جهت مهار و حذف بیماری طراحی کرد. دیدگاه راهبردی بهداشت محیط در کنترل بیماری‌ها، ایجاد و گسترش موانع متعدد در مسیر یک بیماری است در برقراری این موانع چندگانه همواره ملاحظات اقتصادی و هزینه - اثربخشی مهمترین عوامل خواهند بود. ذیلاً به شرح و بسط معیارهای سه رکن مذکور که نهایتاً هدف کنترل و پیشگیری از بیماری‌های منتقله توسط محیط را دنبال می‌کنند، خواهیم پرداخت.

کنترل منبع (کنترل عامل بیماری)

یکی از راه‌های موثر کنترل بیماری‌های منتقله توسط محیط، مبارزه با عامل اصلی بیماری به شمار می‌رود. شاید در مورد بیماری‌های میکروبی این تفکر بسیار موثر باشد، ولی در مواجهه با عوامل شیمیایی بیماری‌زا در دراز مدت که در بسیاری از موارد حذف کامل آنها در محیط امکان پذیر نباشد، این کار عملاً میسر نیست. به طور مثال می‌توان تماس دراز مدت با برخی از عوامل سرطان‌زا، جهش‌زا و مخرب موجود در آب، هوا و مواد غذایی را ذکر کرد. وجود غلظت‌های اندک برخی از مواد شیمیایی در کلیه عناصر محیط امروزه به دلیل تولید و کاربرد گسترده مواد شیمیایی در زندگی بشر اجتناب ناپذیر به شمار می‌روند. به هر صورت در برخی از شرایط کنترل منبع بیماری و از بین بردن کامل عامل یا عوامل بیماری کاری عملی و میسر نیست. معیارهایی که در راهکار کنترل منبع بیماری می‌توان در نظر داشت، عبارتند از:

- تغییر و جایگزینی مواد خام یا فرایندهای صنعتی جهت کاهش هرچه بیشتر ترکیبات مضر. به عنوان مثال استفاده از سوخت‌های محتوی گوگرد کمتر یا جایگزینی گاز طبیعی، حذف تولید مواد شیمیایی نظیر پلی کلرینتید بی فنیل، جلوگیری از دفع و انتشار آلاینده‌ها در محیط از طریق کاربری دستگاه‌های کنترل و حذف آلاینده‌ها، کاهش تخلیه آلاینده‌های سمی به محیط به مقادیر قابل قبول
- انتخاب پاکترین منبع آب آشامیدنی موجود به گونه‌ای که تا حد امکان عاری از عوامل بیولوژیکی و مواد شیمیایی معدنی و آلی و سمی باشد
- تامین آب حاوی مقادیر مواد معدنی در حد بهینه مثلاً فلوئورزنی به آب و کنترل سختی
- ممنوع کردن صید ماهی و صدف خوراکی از آب‌های آلوده به عوامل بیماری‌زا، متیل جیوه و پلی کلرینتید بی فنیل
- قانونمند کردن فرایند تولید، فرآورش و عرضه مواد غذایی جهت حصول اطمینان از سالم بودن مواد غذایی (نبود عوامل بیماری‌زا و مواد شیمیایی مضر) و حفظ شرایط کیفی مطلوب محصولات خوراکی.
- تامین مسکن مناسب به گونه‌ای که امکان تماس با عوامل بیماری‌زا به حداقل کاهش یابد
- تامین محیط کار سالم و ایمنی
- تشویق استفاده مجدد و بازیافت و عدم تخلیه مواد زاید خطرناک در محیط
- از بین بردن ناقلین بیماری (بندپایان و سایر ناقلین بیماری نظیر جوندگان) در منبع. (این فعالیت به مدیریت آفات موسوم است)
- جدا کردن بیمار از دیگران در دوره سرایت و درمان آن‌ها جهت حذف مخزن بیماری
- آموزش جامعه اعم از مردم، واحدهای آلوده کننده، قانون گذاران و کارگزاران
- برگزینی و اعمال استانداردهای مناسب
- حمایت از برنامه‌های مهندسی بهداشت محیط و بهسازی، برنامه‌های پایش و نظارت قانونی در سطوح محلی، ناحیه‌ای، منطقه‌ای و ملی

کنترل نحوه انتقال و سرایت بیماری‌های منتقله از محیط

در بسیاری از بیماری‌های منتقله از محیط به ویژه بیماری‌های عفونی، ناقلین و حاملین بیماری از اهمیت شایانی در گسترش ناخوشی در جامعه برخوردار هستند. در مبارزه با ناقلین، هدف اصلی کنترل عامل بیماری نیست. دخالت در چرخه بیماری و ایجاد موانع در این مواضع به نحو چشمگیر می‌تواند سبب کاهش موارد بیماری در جامعه شود.

این روش پیشگیری و کنترل نیازمند اعمال مستمر معیارهای کنترل کننده است که سرانجام منجر به حذف تماس عامل بیماری‌زا و انسان می‌شوند. این معیارهای کنترل کننده عمدتاً عبارتند از:

- جلوگیری از تحرک ناقلین و افراد حامل بیماری
- اطمینان از سالم بودن آب برای مقاصد آشامیدن، استحمام، شستشو و غیره
- جدا کردن منبع بیماری (آلودگی) و پذیرندگان بالقوه آن تا حد امکان
- اطمینان از اینکه تهیه، فرآوری و توزیع مواد غذایی هیچ گونه امکانی جهت گسترش و انتقال بیماری فراهم نخواهند کرد
- کنترل آلودگی هوا، خاک، آب و همچنین مدیریت صحیح مواد زاید خطرناک، سوانح و حوادث و ترکیبات سرطان‌زا و مواد سمی
- جلوگیری از دسترسی به منابع بیماری نظیر آب‌های آلوده جهت استحمام و شنا و مناطقی که توسط ناقلین بیماری آلوده شده است.
- برگزینی و اجرای استانداردهای زیست محیطی در خصوص آب، هوا، خاک، سروصدا، کاربری اراضی و مسکن
- آموزش مردم، واحدهای آلوده کننده، قانون گذاران و رسانه‌ها در خصوص جنبه‌های مختلف بیماری
- حمایت از برنامه‌های مهندسی بهداشت محیط و بهسازی، برنامه‌های پایش و نظارت قانونی در سطوح محلی، ناحیه‌ای، منطقه‌ای و ملی
- تغییر عادات فردی نظیر استعمال دخانیات، سوء تغذیه، تنش‌های روحی و روانی، پرخوری و بی تحرکی. ارتقای بهداشت فردی و شستشوی دست‌ها جهت پیشگیری از انتقال فرد به فرد عوامل بیماری‌زا و ترکیبات سمی

کنترل حساسیت افراد در معرض ابتلا به بیماری‌های منتقله از محیط

حتی اگر هیچ اقدامی در خصوص کنترل عامل بیماری‌زا و نحوه سرایت آن صورت نگیرد، تغییر شرایط و عواملی که منجر به تغییر حساسیت افراد شود، می‌تواند به کلی سیمای شیوع و گسترش یک بیماری را در جامعه دگرگون سازد. زیرا همه افراد از نظر استعداد ابتلا به یک بیماری در شرایط یکسان نیستند. بسیاری از عوامل نظیر سن، عادات تغذیه‌ای، کشیدن سیگار، شرایط و استانداردهای زیستی به ویژه مسکن می‌تواند شانس ابتلا را تغییر

دهند. مستعدترین افراد در ابتلا به بیماری‌های منتقله توسط محیط را کودکان و سالخوردگان و افراد دارای بیماری‌های مزمن تنفسی و قلبی عروقی تشکیل می‌دهند. از طرفی به دلیل وضعیت شغلی و حتی شرایط اجتماعی و اقتصادی برخی از افراد بطور سیستماتیک بیشتر در معرض عوامل بیماری‌زا قرار خواهند گرفت. در این بخش از زنجیره کنترل بیماری، هدف بهداشت محیط تغییر و بهبود شرایط محیطی به گونه‌ای است که فرد حداقل حساسیت در برابر بیماری را از خود نشان دهد.

با اقداماتی مانند رعایت بهداشت فردی، برقراری استانداردها، تامین شرایط مطلوب در مسکن، تامین آب آشامیدنی سالم، دفع و تصفیه فاضلاب‌ها و بسیاری از اقدامات دیگر، بهداشت محیط نه تنها می‌تواند به حذف عامل بیماری‌زا یا قطع زنجیره انتقال منجر شود، بلکه حساسیت فرد را نیز در برابر بیماری به طور چشمگیر کاهش خواهد داد.

اهمیت اقدامات بهداشت محیط از دیدگاه ارزش کنترل بیماری‌ها حتی از اقداماتی نظیر واکسیناسیون نیز بیشتر است. زیرا در واکسیناسیون، هدف کاهش حساسیت و یا افزایش مقاومت فرد به یک یا چند عامل بیماری است، با اینکه تجربیات حاکی از این واقعیت است که تامین مسکن با شرایط مطلوب، بهسازی محیط (آب، فاضلاب، مواد زاید و کنترل ناقلین)، و رعایت بهداشت فردی می‌تواند منجر به مقاومت طولانی مدت و پایدار در برابر طیف وسیعی از بیماری‌های منتقله در جامعه بشود.

چالش‌های عمومی و تخصصی بهداشت محیط

بهداشت محیط را می‌توان در زمره علوم کاربردی طبقه بندی کرد. در این شاخه کاربردی، افراد با بهره گیری از علوم مختلف جهت پیشگیری از بیماری‌ها و ارتقای سلامتی و تامین رفاه و آسایش انسان‌ها فعالیت می‌کنند. فعالیت‌های بهداشت محیط بسیار گسترده و متنوع بوده و برنامه‌های مختلفی اعم از عملیات مهندسی، فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی، اقدامات اصلاحی، کارهای ستادی و مدیریتی و غیره را شامل می‌گردد. برخی از مهمترین برنامه‌های بهداشت محیط عبارتند از: پیشگیری از بروز سوانح و حوادث، کنترل آلودگی هوا، پیشگیری از بیماری‌های واگیر، بهداشت محیط در موارد اضطراری، نظارت بهداشتی بر تهیه، توزیع و فراورش مواد غذایی، کنترل بیماری‌های ناشی از مواد غذایی و مسمومیت‌ها، کنترل مواد زاید خطرناک، بهداشت مسکن، حفظ سلامتی در محیط‌های بسته، کنترل حشرات و جوندگان، بهداشت اماکن عمومی، کنترل سر و صدا، کنترل عوامل مزاحمت آفرین، بهداشت شغلی، بهداشت و ایمنی فراورده‌های تولیدی، کنترل پرتوها، بهسازی اماکن و فعالیت‌های تفریحی، تصفیه و دفع فاضلاب‌ها، مدیریت مواد زاید شهری و مواد زاید خطرناک، بهداشت شناگاه‌ها و سایر تفریحات آبی، تامین آب آشامیدنی سالم.

گسترده‌گی فعالیت‌های بهداشت محیط ایجاب می‌کند تا افراد شاغل در این بخش از دانش و مهارت‌های لازم برخوردار باشند. به طور کلی می‌توان طبق جدول 5 فعالیت‌های بهداشت محیط را در شش گروه عمومی و دوازده گروه اختصاصی طبقه بندی کرد. ذیلا به ذکر هر یک از این گروه‌ها و زیرمجموعه‌های آنها خواهیم پرداخت.

جدول ۵ - ساختار چالش‌های بهداشت محیط (۵)

بهداشت محیط	
چالش‌های تخصصی	چالش‌های عمومی
۱- هوا	۱- علوم عمومی
۲- آب و فاضلاب	۲- ارتباطات و آموزش
۳- مواد زاید جامد	۳- برنامه ریزی و مدیریت
۴- مواد زاید خطرناک	۴- مهارت‌های فنی عمومی
۵- مواد غذایی	۵- مهارت‌های ستادی و نظارتی
۶- سروصدا	۶- نگرش حرفه‌ای
۷- حشرات و جوندگان	
۸- پرتوها	
۹- محیط‌های بسته	
۱۰- مواد شیمیایی در محیط	
۱۱- جمعیت و مسکن	
۱۲- آسیب‌های زیست محیطی	

چالش‌های عمومی بهداشت محیط

چالش‌های عمومی در بهداشت محیط را می‌توان به شش گروه اصلی زیر طبقه بندی کرد.

۱- علوم عمومی

- ۱) آگاهی از شیمی معدنی و آلی
- ۲) آگاهی از زیست شناسی عمومی
- ۳) آگاهی از میکروب شناسی عمومی
- ۴) آگاهی از حساب، جبر، مثلثات و آمار پایه
- ۵) آگاهی از فیزیک (مکانیک و سیالات)
- ۶) آگاهی از اصول اپیدمیولوژی

ارتباطات و آموزش

- ۱) آگاهی از ارتباطات مختلف اعم از شفاهی و نوشتاری

-
- ۲) آگاهی از چگونگی کار با مردم
 - ۳) آگاهی از چگونگی استفاده از وسایل کمک آموزشی
 - ۴) آگاهی از فنون پویایی گروه و کار گروهی
 - ۵) آگاهی از روش‌های گفتگو
 - ۶) آگاهی از اصول تدریس و یادگیری
 - ۷) درک نیازهای اطلاعاتی جامعه و ارتباط مناسب با رسانه‌های خبری
 - ۸) درک چگونگی ایجاد ارتباط و انگیزش در سازمانهای اجتماعی
 - ۹) آگاهی از کاربری پایگاه‌های اطلاعاتی

برنامه ریزی و مدیریت

- ۱) آگاهی از فنون مورد نیاز در تهیه برنامه اجرایی در هر یک از شاخه‌های فعالیت بهداشت محیط
- ۲) آگاهی از پردازش اطلاعات و کاربری آنها
- ۳) آگاهی از فنون و روش‌شناسی‌های مورد استفاده در تعیین و تدوین تقدم‌ها
- ۴) توانایی طراحی تحقیق و انجام آن
- ۵) توانایی استفاده از روش‌های ارزیابی جهت تعیین دامنه مشکلات زیست محیطی
- ۶) توانایی تفسیر یافته‌های تحقیق
- ۷) توانایی تعیین قابلیت پذیرش و انجام اقدامات قانونی

مهارت‌های فنی عمومی

- ۱) آگاهی کافی از اصول یادگیری و آموزش و داشتن مهارت‌های لازم در آموزش، سنجش، ارزیابی و استفاده از عوامل کمکی در بخش‌های مختلف بهداشت محیط
- ۲) آگاهی از فنون بررسی جهت شناسایی مشکلات بهداشت محیط
- ۳) آگاهی از روش‌های نمونه برداری مربوط به آب، هوا، مواد غذایی، مواد شیمیایی خطرناک و غیره
- ۴) توانایی گردآوری داده‌ها از طریق نمونه برداری، تکمیل پرسشنامه‌های تحقیقاتی و تفسیر نتایج نمونه‌های آزمایش شده بر اساس روش‌شناسی مشخص در طی پژوهش
- ۵) توانایی استفاده از وسایل و روش‌های دستگاهی در سنجش پارامترهای زیست محیطی

مهارت‌های ستادی و نظارتی

- ۱) آگاهی از قوانین، مقررات و دستورالعمل‌های زیست محیطی و بهداشت عمومی و کاربری آنها
- ۲) آگاهی از روش‌های نظارتی مورد استفاده در برنامه‌های بهداشت محیط
- ۳) آگاهی از روش‌های ستادی مورد استفاده در برنامه‌های مدیریت بهداشت محیط

-
- ۴) درک اهمیت و کاربرد قوانین زیست محیطی و بهداشت عمومی موجود
 - ۵) درک رویکرد سیستم‌ها در تجزیه و تحلیل مشکلات بهداشت محیط
 - ۶) درک نقش اساسی پیگیری مستمر در رفع کامل مشکلات مربوط به کنترل محیط
 - ۷) درک ارتباط بین نهادهای بهداشتی، سایر سازمان‌های عمومی، ارگان‌های داوطلب، موسسات اداری و صنعت
 - ۸) درک اصول بنیادی اقتصاد و چگونگی ارتباط آن با مشکلات بهداشت محیط و نیز توان اقتصادی در خصوص برنامه‌های موفق بهداشت محیط
 - ۹) درک مشکلات کلی بهداشت محیط و تقدم‌های بهداشتی
 - ۱۰) آگاهی از روش‌های مدیریت خطر

نگرش حرفه‌ای

- ۱) تمایل به همکاری با مردم و کاربرد علوم بنیادی بهداشت محیط در حل مشکلات بهداشت محیط
- ۲) حس تعهد در تامین مقررات و قوانین و انجام وظایف محوله در قالب حرفه‌ای
- ۳) ایجاد فضای همکاری در برخورد با دریافت کنندگان خدمات در زمینه بهداشت محیط
- ۴) احترام در ارتباط‌های مردمی یا سایر کارکنان
- ۵) پذیرش انتقادهای سازنده از سوی کارمندان، همکاران و مردم
- ۶) کنترل احساسات و ارائه رفتار بالنده در بروز تنشها
- ۷) تمایل به حفظ اصول بهداشت عمومی

چالش‌های تخصصی بهداشت محیط

چالش‌های تخصصی بهداشت محیط را می‌توان به دوازده گروه اصلی زیر طبقه بندی کرد.

هوا

- ۱) آگاهی از آلاینده‌های مختلف هوا و منابع آنها
- ۲) آگاهی از ارتباط شرایط آب و هوایی و آلودگی هوا
- ۳) آگاهی از اثرات آلاینده‌های هوا بر زیست کره
- ۴) درک ارتباط آلودگی هوا در رابطه با توپوگرافی
- ۵) آگاهی از جریانات هوا
- ۶) آگاهی از نحوه کارکرد دستگاه‌های کنترل آلودگی هوا
- ۷) آگاهی از معیارهای پیشگیری کننده در کنترل آلودگی هوا
- ۸) آگاهی از معیارهای اصلاحی در کنترل آلودگی هوا
- ۹) آگاهی از اقدامات عملی و فناوری‌های مختلف در روش‌های کنترل آلودگی هوا
- ۱۰) آگاهی از اصول مهندسی احتراق

-
- ۱۱) آگاهی از روش‌های نمونه برداری هوا و توانایی انجام نمونه برداری‌های مختلف در خصوص تعیین آلودگی هوا
 - ۱۲) توانایی انجام بررسی جهت مشخص کردن دامنه و شدت آلودگی هوا
 - ۱۳) توانایی ارزیابی نتایج تحقیقات مطالعات کوتاه مدت و دراز مدت در جامعه
 - ۱۴) توانایی انجام تحلیل هزینه - اثربخشی در برنامه‌های کنترل آلودگی هوا
 - ۱۵) آگاهی از ترکیبات سمی در هوا

آب و فاضلاب

- ۱) شناسایی منابع آب
- ۲) آگاهی از کیفیت آب آشامیدنی و استانداردها (فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، پرتوشناختی)
- ۳) آگاهی از بیماری‌های منتقله توسط آب و طرق سرایت آنها
- ۴) آگاهی از نمونه برداری و آزمایش آب آشامیدنی
- ۵) تفسیر داده‌های آزمایش آب
- ۶) آگاهی از جنبه‌های قانونی کنترل آلودگی آب
- ۷) آگاهی از انواع مختلف استفاده‌های از آب در جامعه
- ۸) درک مبانی حفاظت منابع آب و نحوه انتخاب آنها برای مصارف گوناگون
- ۹) درک اصول تصفیه آب
- ۱۰) آگاهی از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی فاضلاب (شهری و صنعتی)
- ۱۱) آگاهی از انواع فاضلاب‌های صنعتی و اهمیت آنها
- ۱۲) آگاهی از اثرات تخلیه فاضلابها بر کیفیت آب
- ۱۳) درک اپیدمیولوژی بیماری‌هایی که فاضلاب در انتقال آنها نقش اساسی دارد.
- ۱۴) درک فناوری و اصول مهندسی پایه مربوط به جریان آب (هیدرولیک)
- ۱۵) درک اصول و مفاهیم بنیادی دفع فاضلاب
- ۱۶) درک اصول تصفیه فاضلاب شهری
- ۱۷) آگاهی از کارکرد واحدهای کوچک تصفیه فاضلاب
- ۱۸) آگاهی از نحوه اندازه گیری ظرفیت جذب آلاینده‌ها در خاک
- ۱۹) آگاهی از اصول دفع لجن و فضولات ناشی از تصفیه فاضلاب
- ۲۰) درک فنون و روش‌های عملی موثر مورد استفاده در شرایط اضطراری در واحدهای تصفیه آب و فاضلاب
- ۲۱) درک روش‌ها و مخاطرات بهداشتی دفع لجن

مواد زاید جامد

- ۱) آگاهی از انواع مواد زاید تولید شده در اجتماع (شناخت کمی و کیفی)

- ۲) آگاهی از انواع مواد زاید تولید شده توسط فرآیندهای صنعتی
- ۳) آگاهی از روش‌های مختلف نگهداری، جمع‌آوری و دفع مواد زاید جامد
- ۴) آگاهی از جنبه‌های بهداشتی و اکولوژیکی مواد زاید جامد
- ۵) آگاهی از کاربری تحلیل سیستم‌ها در مدیریت دفع مواد زاید
- ۶) آگاهی از جنبه‌های اقتصادی دفع مواد زاید جامد
- ۷) توانایی ارزیابی نتایج و بررسی‌های مربوط به مواد زاید جامد و تکوین اهداف کوتاه و درازمدت
- ۸) توانایی اجرای تحقیقات جهت تعیین دامنه و وسعت مشکلات مربوط به مواد زاید جامد
- ۹) توانایی طراحی، اجرا و ارزشیابی برنامه‌های مرتبط با مواد زاید و ارتباط آنها با مشکلات بهداشتی جامعه

مواد زاید خطرناک

- ۱) آگاهی از مسایل و مشکلات بهداشتی مربوط به مکان‌های دفع مواد زاید خطرناک
- ۲) آگاهی از اثرات تماس با مواد زاید خطرناک
- ۳) آگاهی از راه‌های ورود مواد زاید خطرناک به بدن نظیر استنشاق، جذب پوستی، بلع و زخم‌های باز
- ۴) درک اثرات بهداشتی بالقوه تماس حاد و مزمن مواد شیمیایی مختلف در مکان‌های دفع مواد زاید خطرناک
- ۵) آگاهی از نشانه‌ها و علائم بالینی تماس با مواد شیمیایی خطرناک مثل سوختگی، سرفه، سوزش، آبریزش چشم، جوش، بی‌هوشی و مرگ
- ۶) آگاهی از واکنش‌های بالقوه شیمیایی که می‌توانند منجر به انفجار، آتش‌سوزی و یا ایجاد حرارت زیاد شوند.
- ۷) درک اثرات روانشناختی کاهش اکسیژن بر انسان که می‌تواند ناشی از افزایش مواد شیمیایی خاصی در محیط باشد.
- ۸) درک اثرات بهداشتی پرتوهای یونساز مربوط به پرتوهای آلفا، بتا، گاما و اشعه X
- ۹) آگاهی از فنون و روش‌های دفع مواد زاید پرتوزا
- ۱۰) شناخت مواد زاید بیمارستانی و موسسات تحقیقاتی که می‌توانند مخاطرات بهداشتی جدی را سبب شوند.
- ۱۱) آگاهی از مشکلات ایمنی در مکان‌های دفع مواد زاید خطرناک
- ۱۲) درک خطرات مربوط به جریان برق ناشی از خطوط انتقال نیرو، کابل‌های برق و سایر وسایل برقی که در معرض صدمات ناشی از مواد شیمیایی خطرناک واقع شده‌اند.
- ۱۳) درک اثرات روانشناختی بر افراد در مکان‌های دفع مواد زاید خطرناک ناشی از فشارهای حرارتی یا تماس با سرما

مواد غذایی

- ۱) آگاهی از فناوری مواد غذایی و ارتباط آن با سلامتی
- ۲) آگاهی از اصول تهیه، فرآوری و نگهداری مواد غذایی

-
- ۳) آگاهی از بیماری‌های منتقله توسط مواد غذایی و کنترل آنها
 - ۴) آگاهی از فنون و روشهای اپیدمیولوژی
 - ۵) آگاهی از طراحی، مکان یابی و احداث تاسیسات مربوط به مواد غذایی
 - ۶) آگاهی از چگونگی کارکرد تاسیسات مواد غذایی، نگهداری و بهره برداری
 - ۷) آگاهی از طراحی دستگاهها، نحوه کار، بهره برداری، نگهداری و روشهای پاکسازی تجهیزات
 - ۸) آگاهی از روشهای انگیزش مدیریت صنعتی جهت درک، پذیرش و اجرای مسئولیتهای محوله در ارتباط با مواد غذایی، تربیت و آموزش کارکنان و نظارت بر آنها
 - ۹) آگاهی از مقررات و قوانین مربوط به فناوری مواد غذایی
 - ۱۰) آگاهی از فرایند بازرسی، روشهای بررسی و تحقیق و اهمیت داده‌ها
 - ۱۱) آگاهی از فرایند بررسی و اعطای مجوز به متصدیان مواد غذایی
 - ۱۲) آگاهی از روشهای مورد استفاده فرهنگها و گروههای اجتماعی مختلف در تهیه و مصرف مواد غذایی
 - ۱۳) آگاهی از سازمانهای دست اندرکار تهیه و توزیع مواد غذایی
 - ۱۴) آگاهی از خصوصیات و خواص شیر
 - ۱۵) آگاهی از فرایند تولید شیر و فرآورش آن
 - ۱۶) آگاهی از استانداردهای قانونی مواد غذایی و فرآوردههای لبنی
 - ۱۷) آگاهی از فناوریهای مورد استفاده در کارخانههای شیر و فرآوردههای لبنی
 - ۱۸) آگاهی از فرآورش شیر و کنترل آن
 - ۱۹) توانایی بازرسی بهداشتی واحدهای پاستوریزاسیون

سروصدا

- ۱) آگاهی از اثرات بهداشتی و اکولوژیکی سروصدا بر افراد و اجتماع
- ۲) آگاهی از دستگاهها و روشهای اندازه گیری سروصدا در محیط
- ۳) آگاهی از قوانین موجود در ارتباط با سروصدا و مزاحمت‌های ناشی از آن
- ۴) آگاهی از کاربرد عملی معیارهای کنترلی
- ۵) توانایی اجرای تحقیقات ساختار یافته جهت تعیین دامنه و وسعت مشکل سرو صدا
- ۶) توانایی ارزیابی نتایج بررسی‌ها و تحقیقات و تکوین اهداف کوتاه مدت و دراز مدت جهت کنترل سروصدا
- ۷) آگاهی از فشارهای ناشی از سروصدا در محیطهای کار

حشرات و جوندگان

- ۱) درک اپیدمیولوژی بیماری‌های منتقله توسط ناقلین
- ۲) شناخت عادات طبیعی و کنترل حشرات معمول در مبحث بهداشت عمومی و اهمیت اقتصادی آنها

-
- ۳) آگاهی از چرخه زندگی حشرات و جوندگان مهم از دیدگاه بهداشت عمومی
 - ۴) توانایی تشخیص حشرات و جوندگان مهم از دیدگاه بهداشت عمومی یا از دیدگاه اقتصادی
 - ۵) شناخت عوامل زیست محیطی در ارتباط با کنترل ناقلین
 - ۶) توانایی تشخیص دامنه مشکلات میدانی و تعیین اقدامات کنترلی مورد نیاز
 - ۷) درک مزایا و محدودیت‌های حشره کش‌ها و اثرات آنها بر اکولوژی منطقه
 - ۸) درک نحوه کارکرد افشانه‌ها و سایر وسایل و ادوات کنترل جوندگان
 - ۹) آگاهی از اپیدمیولوژی بیماری‌های منتقله توسط جوندگان
 - ۱۰) درک دستورالعمل‌های زیست محیطی مورد استفاده در کنترل جوندگان
 - ۱۱) شناخت کنترل بیولوژیکی جوندگان
 - ۱۲) شناخت کنترل شیمیایی انگل‌های جوندگان
 - ۱۳) درک ارتباط کارکنان بهداشت محیط و اقدامات کنترل جوندگان
 - ۱۴) درک فرایند تولید، حمل و نقل، نگهداری، استفاده و دفع آفت کشها

پرتوها

- ۱) آگاهی از مبانی نظری و اصول پرتوژایی
- ۲) آگاهی از مخاطرات پرتوژایی
- ۳) آگاهی از کاربرد پرتوژایی و رادیوایزوتوپ‌ها
- ۴) آگاهی از اثرات پرتوژایی
- ۵) آگاهی از ملاحظات ایمنی
- ۶) آگاهی از فنون پایش و روشهای مورد استفاده در تشخیص پرتوها
- ۷) آگاهی از فنون نگهداری و دفع مواد پرتوزا
- ۸) آگاهی از روش‌های حمل و نقل مواد پرتوزا
- ۹) آگاهی از روش‌های آلودگی زدایی
- ۱۰) آگاهی از مقررات قانونی حمل و نقل، کاربری، نگهداری و دفع مواد پرتوزا

محیط‌های بسته

- ۱) آگاهی از جنبه‌های فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی واحدهای مسکونی شخصی و عمومی
- ۲) آگاهی از شرایط بهداشتی و رفاهی مورد نیاز مسکن
- ۳) آگاهی از قوانین مربوط به مسکن
- ۴) آگاهی از فعالیت سازمانهای مختلف در ارتباط با نظارت و صدور مجوزهای مربوط به مسکن
- ۵) آگاهی از فنون و روش‌های مورد استفاده در ارزیابی واحدهای مسکونی
- ۶) آگاهی از برنامه‌های محلی، منطقه‌ای و ملی در ارتباط با مسکن

-
- ۷) شناخت قوانین مربوط به منطقه بندی و اثرات آنها بر واحدهای مسکونی شخصی و اماکن عمومی
 - ۸) درک ارتباط اقشار آسیب پذیر و کم درآمد و استفاده از مسکن
 - ۹) آگاهی از مشکل آلودگی هوا در فضاهای بسته

مواد شیمیایی در محیط

- ۱) آگاهی از ترکیبات شیمیایی آلاینده مواد غذایی
- ۲) آگاهی از مواد شیمیایی آلاینده منابع آب آشامیدنی
- ۳) آگاهی از مقررات حمل و نقل مواد شیمیایی خطرناک
- ۴) آگاهی از روش‌ها و دستورالعمل‌های شناسایی مواد شیمیایی
- ۵) آگاهی از وسایل و روش‌های دفع مواد شیمیایی
- ۶) شناخت آلودگی زدایی از وسایل و موادی که به مواد شیمیایی خطرناک آلوده شده‌اند.
- ۷) آگاهی از آزمون‌های میدانی مورد استفاده جهت اثبات وجود و تعیین غلظت مواد شیمیایی آلاینده
- ۸) آگاهی از شیمی پاک کننده‌ها و گندزداها
- ۹) توانایی ارزیابی پاک کننده‌ها
- ۱۰) شناخت سموم و تاثیرات آنها بر اکولوژی منطقه
- ۱۱) آگاهی از اصول نظری و عملی کاربرد سموم
- ۱۲) توانایی تهیه رقت‌های مناسب از سموم تجاری
- ۱۳) آگاهی از فرمولاسیون طعمه مسموم و کنترل جوندگان
- ۱۴) درک موارد ایمنی مورد نیاز جهت پیشگیری از حوادث ناشی از مواد شیمیایی در محیط
- ۱۵) آگاهی از پاک کننده‌های گندزدا و کاربردشان در بهداشت محیط

جمعیت و مسکن

- ۱) درک معضل انفجار جمعیت و اثرات آن بر نیازهای کنونی و آتی
- ۲) درک مخاطرات بهداشتی مربوط به تراکم جمعیت
- ۳) درک فضای مورد نیاز جهت افراد در محیط مسکن
- ۴) درک تاثیرات ناشی از فرهنگ‌های مختلف بر کنترل جمعیت
- ۵) درک لزوم تنظیم خانواده و تغییر ساختارهای شهری جهت تامین مسکن
- ۶) درک ایجاد تقدمات جهت استفاده موثر از فضای موجود

آسیب‌های زیست محیطی

- ۱) آگاهی از جنبه‌های بهداشت عمومی و اکولوژی مشکلات مربوط به آسیب‌های زیست محیطی

- ۲) آگاهی از روش‌های دستگاهی و موادی که در تعیین علل حوادث بکار گرفته می‌شوند.
- ۳) آگاهی از روش‌های اپیدمیولوژی مورد استفاده در مطالعه حوادث زیست محیطی
- ۴) توانایی انگیزش و هدایت اقدامات اصلاحی با تکیه بر مشارکت مردم در رفع مشکلات مربوط به حوادث
- ۵) توانایی ارزیابی حوادث و علل آنها

خلاصه

“محیط” به مجموعه‌ای از شرایط خارجی و تاثیرات وارده ناشی از آنها بر زندگی یک موجود زنده اطلاق می‌گردد. طبق تعریف، محیط شامل هوا، آب و خاک و روابط بین آنها و کلیه موجودات زنده می‌باشد. بر این اساس هدف “بهداشت محیط” کنترل کلیه عواملی است که بالقوه و بالفعل تاثیرات سوئی بر بقا، و سلامتی انسان اعمال می‌کنند. بیماری‌های بسیاری با عوامل گوناگون اعم از بیولوژیک و شیمیایی از طریق آب، هوا، مواد غذایی بسیاری از عوامل محیطی سلامتی انسان را تهدید می‌نمایند. راهبرد اساسی بهداشت محیط در مهار این بیماری‌ها کنترل منبع بیماری، نحوه سرایت و تامین بهبود شرایطی است که حساسیت فرد را افزایش دهد. فعالیت‌های بهداشت محیط بسیار گسترده و متنوع بوده و برنامه‌های مختلفی اعم از عملیات مهندسی، فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی، اقدامات اصلاحی، کارهای ستادی و مدیریتی و غیره را شامل می‌گردد. برخی از مهمترین برنامه‌های بهداشت محیط عبارتند از: پیشگیری از بروز سوانح و حوادث، کنترل آلودگی هوا، پیشگیری از بیماری‌های واگیر، بهداشت محیط در موارد اضطراری، نظارت بهداشتی بر تهیه، توزیع و فراورش مواد غذایی، کنترل بیماری‌های ناشی از مواد غذایی و مسمومیت‌ها، کنترل مواد زاید خطرناک، بهداشت مسکن، حفظ سلامتی در محیط‌های بسته، کنترل حشرات و جوندگان، بهداشت اماکن عمومی، کنترل سر و صدا، کنترل عوامل مزاحمت آفرین، بهداشت شغلی، بهداشت و ایمنی فراورده‌های تولیدی، کنترل پرتوها، بهسازی اماکن و فعالیت‌های تفریحی، تصفیه و دفع فاضلاب‌ها، مدیریت مواد زاید شهری و مواد زاید خطرناک، بهداشت شناگاه‌ها و سایر تفریحات آبی، تامین آب آشامیدنی سالم.

اقدامات اساسی بهداشت محیط را می‌توان در قالب چالش‌های عمومی و اختصاصی آن طبقه بندی کرد. چالش‌های عمومی شامل علوم عمومی، ارتباطات و آموزش، برنامه ریزی و مدیریت، مهارت‌های فنی عمومی، مهارت‌های ستادی و نظارتی و نگرش حرفه‌ای می‌باشند. چالش‌های تخصصی بهداشت محیط را می‌توان به مسایل مربوط به هوا، آب و فاضلاب، مواد زاید جامد، مواد زاید خطرناک، مواد غذایی، سروصدا، حشرات و جوندگان، پرتوها، محیط‌های بسته، مواد شیمیایی در محیط، جمعیت و مسکن و آسیب‌های زیست محیطی منتسب نمود. *توفیقات نظری و عملی در زیرگروه‌های هر یک از محورهای چالش مذکور سرانجام منجر به تحقق هدف اصلی بهداشت محیط یعنی حفظ و ارتقای سلامتی و بهبود سطح زندگی افراد جامعه می‌گردد.*

منابع

بهداشت آب

فهرست مطالب

اهداف درس .....	.....
مقدمه .....	.....
ناخالصی‌های آب.....	.....
منابع تامین آب .....	.....
الف) منابع سطحی .....	.....
ب) منابع آب زیرزمینی.....	.....
ج) منابع آب شور .....	.....
آب سالم و پاکیزه .....	.....
آلودگی آب .....	.....
آلودگی آب از نظر منشاء .....	.....
ویژگی‌های فیزیکی یا ظاهری آب .....	.....
تصفیه آب .....	.....
راه‌های بهسازی آب .....	.....
پالایه یا صافی شنی کند .....	.....
پالایه شنی تند .....	.....
تصفیه شیمیایی .....	.....
آزمایشات تعیین کیفیت آب آشامیدنی.....	.....
روش ارتقاء آگاهی‌های جامعه در مورد بهداشت و بهسازی آب آشامیدنی .....	.....
.....

بهداشت آب

دکتر علی الماسی

بخش پزشکی اجتماعی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

اهداف درس

انتظار می‌رود فراگیرنده، پس از گذراندن این درس، بتواند:

- اهمیت آب را توضیح دهد
- ناخالصی‌های آب را نام ببرد
- منابع آب آشامیدنی را بیان کند
- آب سالم و آلوده را تعریف کند
- انواع آلودگی آب را مشخص نماید
- بیماری‌های ناشی از آب غیر بهداشتی را لیست نماید
- آلودگی آب با مواد شیمیایی را توضیح دهد
- تصفیه آب را شرح دهد
- روش‌های تصفیه آب را توضیح دهد
- ضد عفونی آب با استفاده از مواد شیمیایی متداول (کلر) را توضیح دهد
- استانداردهای کیفیت میکروبی آب را تعریف نماید
- آزمایشات میکروبی تعیین کیفیت میکروبی را توضیح دهد
- معیارهای شاخص میکروبی آب را لیست نماید
- روش ارتقاء آگاهی جامعه در مورد بهداشت و بهسازی آب را طراحی نماید

واژه‌های کلیدی

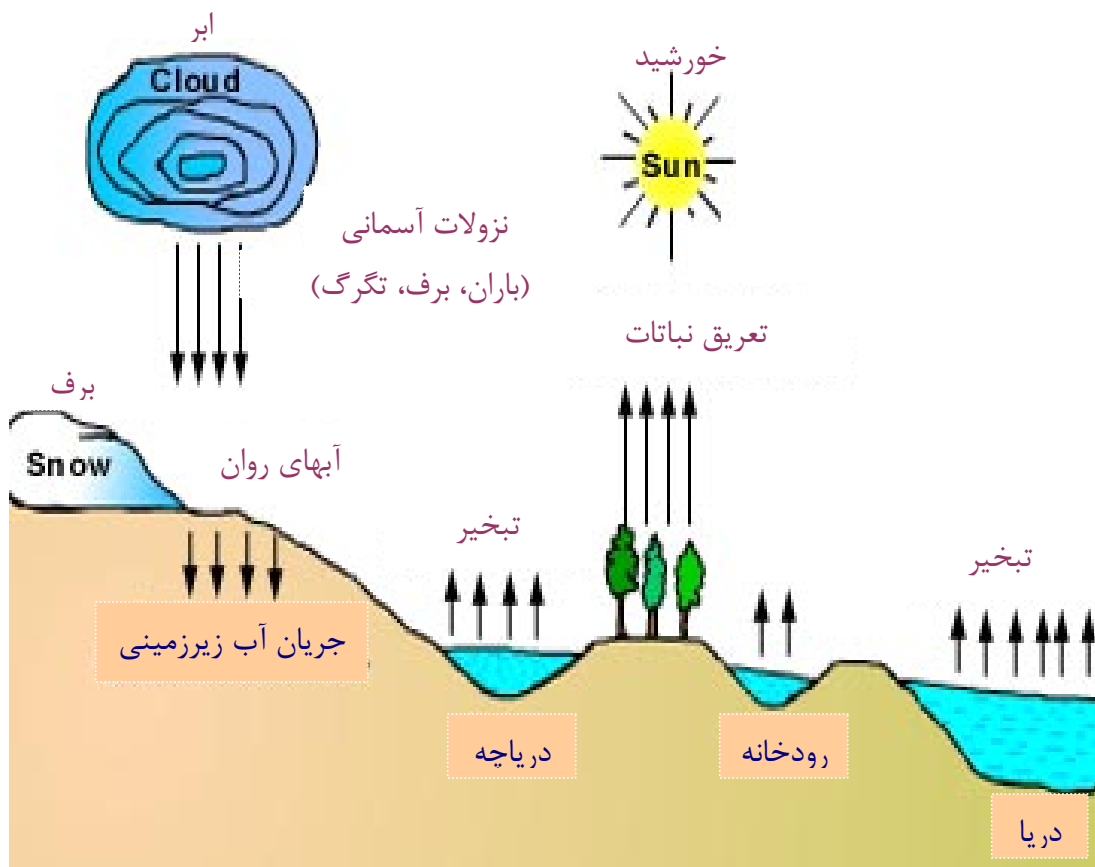
آب، آلودگی، تصفیه، کیفیت

مقدمه

بهداشت آب موضوعی بسیار مهم در بهداشت عمومی و مدیریت سلامت می‌باشد. قبل از پرداختن به راه کارهای عملی استحصال، انتقال، بهسازی و توزیع آن لازم است این عنصر حیاتی موثر بر سلامت و مرتبط با توسعه پایدار، شناخته شود.

شناخت آب از نظر کیفیت و کمیت و چگونگی حصول آن قدمی اساسی در جهت بهینه سازی مصرف آن می‌باشد. اگر چه بیش از سه چهارم کره زمین را آب فرا گرفته است، سهم خیلی کمی از آب‌های موجود، برای مصارف بهداشتی و کشاورزی، قابل استفاده است. زیرا حدود $97/3$ درصد اقیانوس‌ها و $2/1$ درصد یخ‌های قطبی و $0/6$ درصد دریاچه‌ها و رودخانه و آب‌های زیرزمینی وجود دارد که حدود $0/36$ درصد کل منابع آب می‌باشد. آب اقیانوس‌ها، دریاها و اغلب دریاچه‌ها و بسیاری از منابع آب زیرزمینی به علت شوری بیش از حد و داشتن املاح معدنی برای مقاصد بهداشتی، کشاورزی و صنعتی، غیرقابل استفاده می‌باشند.

آب ماده حیاتی است که بطور یکنواخت در سطح کره زمین موجود نمی‌باشد. در نتیجه بسیاری از نقاط کره زمین با کمبود آب مواجه است. حرکت مداوم بخار آب به هوا و برگشت آن به زمین را گردش آب در طبیعت می‌نامند (شکل ۱).



شکل ۱ - گردش آب در طبیعت

انرژی خورشید باعث تبخیر آب اقیانوس‌ها، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و منابع آب سطحی می‌گردد. بخار آب فشرده شده همراه توده‌های هوا باعث نگهداری آب در هوا شده و موجب تشکیل ابر باردار یا ذخیره کننده آب می‌شود ریشه گیاهان، آب و رطوبت موجود در خاک را گرفته و از طریق روزنه‌های تنفسی برگ‌ها به هوا فرستاده و به بخار تجمع یافته در هوا اضافه می‌شود که در شرایط مناسب به صورت نزولات جوی به زمین برمی‌گردد.

آب یک عنصر حیاتی است با ویژگی‌های قابل توجه و کم نظیر، یکی از مهم ترین عناصر شیمیایی می‌باشد که قسمت اعظم موجودات زنده و محیط زیست را تشکیل می‌دهد. این ماده ۷۰٪ گیاهان را تشکیل می‌دهد. آب فراوان ترین و بهترین حلال در طبیعت است. آب یک مایع زیست شناختی است که واکنش‌های فیزیکی شیمیایی سوخت و ساز در پیکره موجودات زنده را مقدر و تسهیل می‌نماید و محیطی است برای نقل و انتقال مواد در بدن موجودات زنده که علاوه بر نقش موثر آن در متابولیسم، دفع مواد زائد حاصل از فعالیت‌های زیست شناختی موجود زنده را موجب می‌شود. آب ناشی از تعریق در گرما باعث خنک کردن بدن می‌گردد. آب و انیدرید کربنیک توسط انرژی خورشیدی در پیکره گیاهان سبز تبدیل به کربوهیدرات یا انرژی شیمیایی می‌شود.

اگر چه آب خالص در طبیعت یافت نمی‌شود. اما آب خالص مایعی بی‌رنگ، بی‌بو و بی مزه است که دارای نقطه انجماد صفر و نقطه جوش ۱۰۰ درجه سانتی گراد می‌باشد ساختار شیمیایی آن به صورت H_2O است که به احتمال کمتر از ۳/۰ درصد آب‌های موجود در طبیعت بر دارنده ایزوتوپ‌های H_4O_2 ، H_6O_3 نیز می‌باشند. آب در چرخه گردش خود قادر است املاح و گازهای موجود در طبیعت را به صورت محلول در آورده و بسیاری از آلودگی‌ها را همراه خود به حرکت در آورد. آب باران قبل از رسیدن به زمین ناخالصی‌های موجود در هوا نظیر ذرات، گازها، مواد رادیواکتیو و میکروب‌ها را به سطح زمین آورده و در حین حرکت در زمین نیز آلاینده‌ها را با خود حمل می‌کند. به علاوه آب‌های جاری اغلب دریافت کننده فاضلاب‌ها و مواد زائد ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌باشند.

بسیاری از مشکلات بهداشتی کشورهای در حال پیشرفت، عدم برخورداری از آب آشامیدنی سالم است. از آنجایی که محور توسعه پایدار، انسان سالم است و سلامت انسان در گرو بهره مندی از آب آشامیدنی مطلوب می‌باشد بدون تامین آب سالم جایی برای سلامت مثبت و رفاه جامعه، وجود ندارد. آب از دو بعد بهداشتی و اقتصادی حائز اهمیت است. از بعد اقتصادی به حرکت درآورنده چرخ صنعت و رونق بخش فعالیت کشاورزی است. از بعد بهداشتی آب با کیفیت، تضمین کننده سلامت انسان است. آب با شکل ظاهری و با وسعت محتوایی آن دنیای زنده دیگری است.

اگر چه از دید ما پنهان است، اما آب دارای آثار بسیار زیادی در حیات جانداران به ویژه انسان می‌باشد. آب آشامیدنی علاوه بر تامین مایع مورد نیاز بدن به مفهوم مطلق آن یعنی H_2O ، در بردارنده املاح و عناصر ضروری برای موجود زنده و انسان می‌باشد. کمبود پاره‌ای از آن‌ها در آب ایجاد اختلال در بدن موجود زنده می‌کند و منجر به بروز برخی بیماری‌ها می‌شود.

فقدان ید و فلوئور و ارتباط آن‌ها با گواتر اندمیک و پوسیدگی دندان‌ها به ترتیب بیان کننده این اهمیت است. علاوه بر مواد شیمیایی، موجودات ذره بینی گوناگونی نیز در آب پیدا می‌شوند که بعضی از آنها بیماری‌زا

بوده و ایجاد بیماری‌های عفونی خطرناکی می‌کنند. بهسازی آب رابطه مستقیمی با کاهش بیماری‌های عفونی دارد. بطوری که پس از تامین آب آشامیدنی سالم میزان مرگ از وبا ۷۴/۱ درصد، میزان مرگ از حصبه ۶۳/۳ درصد، میزان مرگ به علت اسهال خونی ۲۳/۱ درصد و میزان مرگ از بیماری اسهال ۴۲/۷ درصد کاهش یافت. بنابراین برنامه ریزی و هزینه در جهت تامین آب سالم سرمایه گذاری قابل توجهی برای آینده خواهد بود. تهیه و تامین آب آشامیدنی سالم برای جامعه یکی از موثرترین و پایدارترین فنآوری‌ها برای ارتقاء سلامت جامعه است.

ناخالصی‌های آب

چنانچه آب خالص با ترکیب شیمیایی H₂O را اساس مطالعه قرار دهیم ناخالصی‌های آن عبارتند از:

۱ - ناخالصی‌های معلق

نظیر ذرات معلق زنده و غیرزنده که در آب به صورت معلق یافت می‌شوند. این نوع ناخالصی را می‌توان در سه گروه، تقسیم بندی و مطالعه نمود.

الف) ذرات معلق زنده بیماری‌زا مانند عوامل بیماری‌زای موجد وبا، حصبه، شبه حصبه، انواع اسهال‌ها، تخم انگل‌ها مانند آسکاریس و عامل کیست هیداتید و ویروس‌ها، منشاء اصلی این دسته از ناخالصی‌ها فاضلاب شهری و حضور حیوانات اهلی یا وحشی در مجاورت منابع آب می‌باشد.

ب) ذرات معلق زنده غیربیماری‌زا مانند باکتری‌های ساپروفیت، اغلب جلبک‌ها و تک سلولی‌هایی که در طبیعت به وفور پیدا می‌شوند.

ج) ذرات معلق غیرزنده مانند رس، لیمون که ناشی از فرسایش سطح زمین و سطوح آبخیز می‌باشد.

از نظر فیزیکی ذرات بالا به دو گروه تقسیم می‌شوند گروهی که در حوضچه‌های ته نشینی و یا صافی‌ها جدا می‌شوند و گروهی که برای جدا کردن آن‌ها احتیاج به مواد منعقد کننده است تا از طریق لخته سازی، به ذرات درشت تری تبدیل شده و حذف شوند.

۲ - ناخالصی‌های محلول

این دسته شامل املاح معدنی، ترکیبات آلی و گازهای محلول می‌باشند که می‌توان آن‌ها را به صورت زیر گروه بندی نمود:

الف) املاح محلول معدنی که اغلب به صورت املاح کلسیم، منیزیم، سدیم، آهن، منگنز و ... می‌باشد که برخی از آن‌ها مصرف آب را محدود می‌نمایند که در جای خود بحث خواهد شد.

ب) گازهای محلول مانند اکسیژن، انیدرید کربنیک، هیدروژن سولفور، ازت و غیره می‌باشند و این نوع ناخالصی نیز کیفیت شیمیایی آب را تحت تاثیر قرار داده و ممکن است باعث نامطلوب بودن آن شود.

منابع تامین آب

آب یک منبع حیاتی است که معمولاً از محدودیت خاصی برخوردار است آب شیرین موجود در محدوده جغرافیایی خاصی تقریباً ثابت و جوابگوی جمعیت محدودی است. منابع آب مشروب اجتماعات را می‌توان به سه دسته تقسیم نمود:

الف) منابع سطحی

آب‌هایی که در قالب آب باران، آب رودخانه، آب دریاچه‌های طبیعی، آب دریاچه‌ها یا سدهای ذخیره‌ای و قنوت در طبیعت موجود هستند و در صورتی که استحصال و بهسازی، نگهداری و بهره برداری آن‌ها با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی و فنی مقدور باشد به عنوان منبع آب آشامیدنی انتخاب می‌شوند.

ب) منابع آب زیرزمینی

منابعی نظیر چشمه سارها، آب چاه‌های کم عمق، چاه‌های عمیق، چاه‌های جاری و آب حاصل از کانال‌های ساخته شده منابع آب زیرزمینی را تشکیل می‌دهند.

ج) منابع آب شور

و بالاخره در شرایطی که هیچ کدام از منابع فوق جهت دستیابی به آب شیرین مقدور نباشد سومین منبع عبارت خواهد بود از آب دریاها و دریاچه‌های شور یا آب‌های شور زیرزمینی.

اکثر اجتماعات شهری و روستایی ایران از منابع آب‌های زیرزمینی بهره برداری می‌کنند. در دو دهه اخیر چندین طرح بزرگ و متوسط انتقال آب‌های سطحی منابع دوردست نیز تهیه و اجراء شده است. منبع اصلی آب آشامیدنی شهرهایی مانند مشهد، شیراز، تبریز، بندر عباس، کرمانشاه، کرمان و بخشی از تهران از منابع آب زیرزمینی است. اغلب روستاهای ایران به روش سنتی و علمی لیکن بعضاً غلط از آب زیرزمینی استفاده می‌کنند. انتخاب منبع آب آشامیدنی اجتماعات چه شهری و چه روستایی، کوچک یا بزرگ مبتنی است بر هزینه تهیه، تصفیه و توزیع آن. لازم است حداقل امکانات فنی اجرایی در حد معقول، وجود داشته باشد، پس با لحاظ نمودن جنبه اقتصادی و بهداشتی منابع احتمالی آب، شناسایی و از بین آن‌ها منبع مقرون به صرفه و مطمئن انتخاب گردد. در هر حال، منبع آب آشامیدنی بایستی در نهایت آب سالم و پاکیزه‌ای در اختیار مصرف کننده قرار دهد.

آب سالم و پاکیزه

آب آشامیدنی، علاوه بر سالم بودن لازم است پاکیزه نیز باشد. زیرا آب سالم و کدر یا بامزه نامطلوب و داشتن رنگ، ممکن است مورد اعتراض مصرف کننده قرار گرفته و مصرف کننده به طرف آب به ظاهر پاکیزه‌ای گرایش پیدا کند که از نظر کیفیت شیمیایی و میکروبی، نامطلوب باشد. آب سالم آبی است که حتی در درازمدت مصرف آن خطری برای مصرف کننده ایجاد نکند. توصیه می‌شود آب آشامیدنی نه تنها کاملاً سالم باشد بلکه باید

" پاکیزه " یعنی مورد پسند مصرف کننده هم باشد. چنین آبی را می توان " پذیرفتنی " یا " نوشیدنی " تلقی نمود. آب آشامیدنی از طریق تعیین کیفیت فیزیکوشیمیایی و میکروب شناختی ارزیابی و انتخاب می گردد.

ویژگی های آب سالم

۱ - عاری از عوامل زنده بیماری زا باشد ۲ - عاری از مواد شیمیایی زیان آور باشد ۳ - بدون رنگ و بو، و طعم مطبوع داشته باشد ۴ - قابل استفاده برای مصارف خانگی باشد
آبی که یک یا دو مورد از ویژگی های فوق را نداشته باشد (بویژه مورد یک و دو) آن را آلوده و برای شرب غیر قابل مصرف می دانند.

آلودگی آب

آب خالص مطابق ساختمان شیمیایی آن به هیچ وجه در طبیعت وجود ندارد، لیکن انواع ناخالصی ها به صورت حل شده، معلق یا بینابینی با خود دارد. که در بخش ناخالصی های آب آمده است. جنبه وخیم تر، آلودگی آب ناشی از فعالیت های انسانی است مانند شهرنشینی و صنعتی شدن.

تعریف آب آلوده

آبی که دارای عوامل بیماری زای عفونی یا انگلی، مواد شیمیایی سمی، ضایعات و فاضلاب خانگی و صنعتی باشد را آب آلوده گویند. آلودگی آب از فعالیت های انسانی، نشات می گیرد. منابع آلاینده آب عبارتند از:
الف) گندآب که عوامل زنده بیماری زا و مواد آلی تجزیه پذیر را در بردارد.
ب) مواد زائد تجاری و صنعتی در بر دارنده عوامل سمی از نمک های فلزی یا مواد شیمیایی پیچیده مصنوعی.
ج) آلاینده های کشاورزی نظیر کودها و آفت کش ها.
د) آلاینده های فیزیکی مانند گرما (آلودگی حرارتی) و مواد پرتوزا.

آلودگی را می توان به عنوان یک تغییر نامطلوب در خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب تعریف کرد که باعث به خطر انداختن سلامت، بقاء و فعالیت های انسان یا سایر موجودات زنده می شود. آلودگی از نظر پایداری نیز قابل بررسی و مطالعه است. لذا از این دیدگاه دو نوع آلودگی وجود دارد. آلودگی قابل انحطاط و آلودگی غیر قابل انحطاط.

آلوده کننده قابل انحطاط را می توان تجزیه کرد، از بین برد و یا برای برخی فعالیت ها مصرف نمود. از این طریق حد قابل پذیرش آلودگی را می توان طی مراحل طبیعی یا با روش های مهندسی (سیستم های تصفیه) نقصان داد. البته در صورتی که سیستم تحت تاثیر شوک ناشی از آلاینده، شکست نخورده باشد یا به عبارتی آلودگی لبریز نگردد. این دسته خود به دو گروه تقسیم می شوند قابل انحطاط تند و کند، آلوده کننده های قابل انحطاط تند، نظیر فاضلاب انسانی و زائادات حیوانی و کشاورزی، معمولاً خیلی سریع قابل تجزیه اند.

آلوده کننده های قابل انحطاط کند، مانند د.د.ت و بعضی از مواد رادیواکتیو به کندی تجزیه می شوند به هرحال اجزای آن ها یا کاملاً تجزیه شده و یا به حدّ غیر قابل ضرر کاهش می یابند. آلوده کننده های غیر قابل

انحطاط از راه‌های طبیعی تجزیه نمی‌شوند. نمونه چنین آلوده کننده‌هایی عبارتند از جیوه، سرب، ترکیبات آلی هالوژنه‌ها، دیوکسین‌ها و بعضی از پلاستیک‌ها.

آلودگی آب از نظر منشاء

آلودگی با منشاء زیست شناختی نظیر

الف) باکتری‌ها: وبا، حصبه و اشیاه آن، اسهال خونی باکتریال، اسهال به علت اشربشیاکولی، لیتوسپیروزیس و بیماری ناشی از یرسینیا آنتروکولیتیکا و ناراحتی گوارشی ناشی از کمپیلوباکترها.

ب) ویروس‌ها: هپاتیت‌های ویروسی، فلج اطفال، بیماری‌های ناشی از ویروس‌های کوکساکسی، اکو و گاستروآنتریت ویروسی.

ج) پروتوزوئرها: آمیبیازیس، ژiardیازیس، بالانتیدیازیس، نگلریافاولری مولد منگوانسفالیت آمیبی و اکانتاموبای عامل مننژیت و ناراحتی تنفسی.

د) کرم‌های انگلی: شیستوزومیازیس، بیماری خارش شناگران، آسکاریازیس، هیداتیدوز، دراکونکولوس، بیماری ناشی از کرم قلابدار و کرم نواری ماهی.

ه) سموم تولیدی از سیانوباکتری‌ها: سمومی که ایجاد ناراحتی کبدی می‌کنند، این سموم توسط میکروسیستیس، اسیلاتوریا، آنابنا و نودولاریا که مسمومیت کبدی ناشی از آن‌ها طی ۲۴ ساعت پس از خوردن، فرد را از پای در می‌آورد.

میکروارگانسیم‌هایی که از طریق آب آلوده به انسان منتقل می‌شوند و دارای اهمیت چشمگیر بهداشتی هستند در جدول شماره ۱ آمده است. در این جدول نیز برخی از میکروارگانسیم‌های فرصت طلب که در افراد با نقص ایمنی نظیر کودکان، سالمندان و یا بیماران HIV مثبت ممکن است ایجاد ناراحتی کنند، ذکر شده است. در صورتی که ارگانسیم‌های فرصت طلب، با تراکم زیادی در آب باشند موجب عفونت‌های مختلفی در پوست، مخاط، چشم، گوش، بینی و گلوئی افراد حساس یا با مقاومت پایین می‌گردند. مثال بارز این میکروارگانسیم‌ها پسودومونا آئروژینوزا و گونه‌های فلاوباکتریوم، آسینتوباکتر، کلبسیلا، سراتیا، آئروموناس و ... می‌باشد.

ناشناخته یا محقق نشده.

الف) طول زمان عفونت‌زایی عامل بیماریزا در ۲۰ درجه سانتی گراد کوتاه تا یک هفته، متوسط یک هفته تا یک ماه و طولانی از یک ماه بیشتر.

ب) هنگامی که در مقدار متداول و زمان معین عامل بیماریزا نابود شود مقاومت ندارد. مقاومت پایین است لیکن نابودی کامل عامل بیماریزا فراهم نشود از نظر مقاومت متوسط است.

ج) دز لازم برای ایجاد بیماری در ۵۰٪ افراد بالغ سالم حساس، ممکن است با کمترین مقدار یک عدد واحد عفونت‌زا برای برخی ویروس‌ها باشد.

د) براساس تجارب یا برخی افراد حساس

آلودگی آب با منشاء شیمیایی

منابع آب، اغلب در بر دارنده ناخالصی‌های شیمیایی هستند. این ناخالصی‌ها ممکن است ناشی از آلودگی هوا، آلودگی خاک یا مواد آلاینده ناشی از فعالیت‌های انسانی که به صورت فضولات جامد و مایع به محیط تخلیه می‌گردد باشد. آلاینده‌های شیمیایی با اشکال متفاوت که از زباله‌های صنعتی و فضولات جامد و مایع شهری حاصل می‌شوند منابع آب را بیش از پیش تهدید می‌نمایند. این آلاینده‌ها عبارتند از حلال‌های شوینده، سیانید، فلزات سنگین، اسیدهای آلی و معدنی، مواد ازته، مواد سفید کننده، رنگ‌ها، رنگدانه‌ها، سولفیدها، آمونیاک، مواد سمی و انواع گوناگون ترکیبات آلی کشنده موجودات زنده.

آلاینده‌های شیمیایی نه تنها می‌توانند بطور مستقیم بر سلامت انسان آسیب برسانند. بلکه از راه تجمع در آبزیان بطور غیرمستقیم هم می‌توانند بر انسان اثر کنند نظیر ماهی که برای تغذیه انسان مورد استفاده قرار می‌گیرد. آلاینده‌های شیمیایی موجود در آب ممکن است ایجاد آسیب‌های سمی حاد یا مزمن در انسان نمایند. به هر حال برخی از آلاینده‌ها حتی در دز پایین ممکن است سلامت انسان را تحت تاثیر قرار دهند یا اینکه مواجهه درازمدت انسان با برخی آلاینده‌ها سبب ضایعات پاتولوژیکی در انسان شود. مطالعات همه گیری شناختی، رابطه برخی از بیماری‌ها با کیفیت شیمیایی آب آشامیدنی یا غذاهای دریایی را نشان می‌دهد. در بیماری‌های ناشی از آلاینده‌های شیمیایی می‌توان به عارضه متهموگلوبینمیا در کودکان، مسائل مربوط به بهداشت دندان‌ها، سختی آب و بیماری‌های قلب و عروق و مسمومیت حاد یا مزمن ناشی از ترکیباتی نظیر سموم دفع آفات، ترکیبات فنلی، هیدروکربورهای حلقوی، تری‌هالومتان‌ها و فلزات سنگین استناد نمود. اقدامات بهداشت محیط متمرکز است بر روی موادی که بالقوه بحال مصرف کننده مضر هستند، محدود گردد و آن دسته در مواردی که قابلیت پذیرش عمومی را تحت تاثیر قرار می‌دهند کنترل شود.

سختی آب مربوط به املاح خاصی است که در آب وجود دارد این املاح شامل کاتیون‌های کلسیم، منیزیم، استرانسیم، آهن، آلومینیوم، منگنز و مس می‌باشد که با آنیون‌های بیکربنات، کربنات کلرور، سولفات، سیلیکات و نیترات به صورت محلول در آب وجود دارند. سختی آب را می‌توان به صورت " خراب شدن صابون در آب " تعریف کرد. اگر مقدار زیادی آب لازم شود تا صابون کف کند مصرف کننده آب، آن را سخت به شمار می‌آورد. اغلب سختی آب ناشی از چهار جزء می‌باشد: بی کربنات کلسیم، بیکربنات منیزیم، سولفات کلسیم و سولفات منیزیم. وجود هر یک از این ترکیب‌ها موجب سختی آب می‌شود، اگر چه ترکیبات دیگر هم هستند اما کمتر موجب سختی آب می‌شوند. سختی آب به صورت سختی دائم و سختی موقت نامگذاری می‌شود. مجموع سختی موقت و سختی دائم را سختی کل می‌نامند. با رویکردی دیگر، سختی را به سختی مربوط به کربنات‌ها و سختی غیرکربناتی تقسیم بندی نموده‌اند. سختی کربناتی موقتی و سختی غیرکربناتی، دائمی است. سختی موقت در اثر جوشاندن آب ته نشین می‌شود و جرم داخل ظروف را تشکیل می‌دهد، این پدیده به املاح کربنات کلسیم و منیزیم مربوط می‌شود. جوشاندن آب به مدت چند دقیقه موجب تجزیه شدن بی کربنات کلسیم و منیزیم و خارج شدن CO₂ و رسوب کربنات‌های کلسیم و سدیم می‌گردد. اما سختی مربوط به سولفات‌ها، نیترات‌های کلسیم، منیزیم و ... در اثر حرارت رسوب نمی‌دهند. سختی آب معمولاً برحسب میلی اکسی والان در لیتر یا میلی گرم در

لیتر کربنات کلسیم بیان می‌شود و آب‌ها را بر این اساس طبق جدول زیر درجه بندی می‌نمایند.

جدول شماره ۲ - طبقه بندی سختی آب

مقدار سختی آب برحسب میلی اکسی والان در لیتر آب (میلیگرم در لیتر)	طبقه یا درجه سختی آب
۱ (کمتر از ۵۰ میلی گرم در لیتر)	الف) سبک
۱-۳ (۵۰-۱۵۰ میلی گرم در لیتر)	ب) سختی متوسط
۳-۶ (۱۵۰-۳۰۰ میلی گرم در لیتر)	ج) آب سخت
۶ (بیش از ۳۰۰ میلی گرم در لیتر)	د) آب خیلی سخت

معیار آب آشامیدنی از نظر سختی این است که آب آشامیدنی باید دارای سختی متوسط باشد. اگر سختی آب بیش از ۳ میلی اکسی والان در لیتر باشد، پیشنهاد می‌شود سبک گردد. سختی آب بیشتر از نظر اقتصادی اهمیت دارد اگرچه طبق مطالعات انجام شده امکان رویداد بیماری‌های قلب و عروق در استفاده کنندگان از آب سبک بیشتر است.

ویژگی‌های فیزیکی یا ظاهری آب

ویژگی‌های فیزیکی آب نظیر بو، مزه، کدورت، درجه حرارت و رنگ آب می‌تواند آب را برای مصرف کننده نامطلوب سازد.

بو و طعم

اساسی ترین مساله در مورد آب تصفیه شده عدم داشتن بو و طعم می‌باشد، بوی آب قاعدتا ارتباط نزدیکی با طعم آن دارد. عوامل مختلفی در ایجاد طعم و بوی آب موثر است. از جمله این عوامل جلبک‌ها، تجزیه گیاهان آبی، محصولات حاصل از کلرینه نمودن آب نظیر کلر و فنل‌ها و آب‌های راکدی که در انتهای سیستم توزیع ساکن می‌مانند.

کدورت آب

پدیده‌ای است که میزان زلال بودن یا شفافیت آن را مشخص می‌کند و یکی از معیارهای تعیین کیفیت ظاهری آب است. کدورت معمولا به علت وجود مواد معلق در آب ایجاد می‌شود. در برنامه‌های تهیه، تامین و توزیع آب بهداشتی معیار کدورت نیز مورد توجه است. و معمولا برای کدورت‌های قابل توجه از واحد J.T.U برای سنجش استفاده می‌شود و برای کدورت‌های پایین از واحد N.T.U استفاده می‌گردد.

آب خالص معمولا بی رنگ است. رنگ آب آلوده نشده می‌تواند ناشی از مواد در حال گندیدگی زمین یا نمک‌های فلزی موجود در طبیعت (آهن و منگنز) باشد. آلاینده‌های صنعتی نیز می‌توانند بوجود آورنده طیف وسیعی از رنگ‌ها در آب‌های پذیرنده باشند. رنگ آب معمولا با واحد هیزن که معروف به مقیاس پلاتین - کبالت

است، بیان می‌شود.

دمای آب

از آنجایی که گوارایی آب مربوط به میزان اکسیژن محلول در آن می‌باشد هر قدر دمای آب بالاتر باشد میزان حلالیت اکسیژن محلول در آن کمتر خواهد بود لذا آب به اصطلاح گرم با دمای ۲۰ درجه بالاتر اکسیژن کمتری در بر دارد و مورد رضایت مصرف کننده نیست در حالی که آب با دمای بین ۵ تا ۱۵ درجه سانتیگراد اکسیژن محلول بیشتری در خود دارد که گوارا و مطلوب است البته دمای پایین تر از ۵ درجه نیز برای نوشیدن مطلوب نیست.

غلظت یون هیدروژن در آب با معیار PH سنجیده می‌شود. این ویژگی یکی از مهم ترین خواص فیزیکی - شیمیایی آب محسوب می‌شود. زیرا گزینه بهینه در مورد بهسازی آب به PH آن بستگی دارد. در آب نزدیک خلوص، غلظت یون های H^+ و OH^- خیلی کم و تقریباً نزدیک به هم هستند، چنین آبی را خنثی گویند. که PH آن در ۲۵ درجه سانتی گراد حدود ۷ است. در شرایطی که غلظت یون هیدروژن بیش از یون هیدروکسید باشد PH کمتر از ۷ و آب اسیدی است در صورتی که غلظت یون هیدروکسید بیش از یون هیدروژن باشد PH بیشتر از ۷ و آب قلیایی است.

تصفیه آب

کیفیت آب‌های مورد نیاز برای مصارف خاص به ندرت با ویژگی‌های طبیعی آن‌ها مطابقت دارد. آب آشامیدنی با ویژگی ذکر شده که بایستی سالم و تمیز باشد به طور طبیعی به مقدار کافی در دسترس نمی‌باشد. اکثر منابع آب از نظر کیفیت شیمیایی و بیولوژیکی برای شرب مناسب نیستند و قبل از مصرف احتیاج به یک سری عملیات دارند. چنین عملیاتی که به منظور متناسب سازی آب برای مصرف خاصش صورت می‌گیرد تصفیه نامیده می‌شود. تصفیه یا پالایش آب از نظر پزشکی و بهداشت اهمیت زیادی دارد. از بین منابع آب، آب‌های سطحی ناخالصی‌های بیشتری در بر دارند تا آب‌های زیرزمینی. پس این قبیل منابع احتیاج به بهسازی جدی دارند لیکن آب‌های زیرزمینی از نظر کیفیت میکروب شناختی برای حفظ سلامت، حداقل باید ضد عفونی شوند و شاید برخی از آن‌ها به خاطر داشتن پاره‌ای عناصر شیمیایی نظیر آهن و منگنز احتیاج به تصفیه بیشتری داشته باشند. بطور کلی عملیات بهسازی یا تصفیه آب به یکی از طرق زیر صورت می‌گیرد.

راه‌های بهسازی آب

بهسازی آب ممکن است به چند روش فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی یا بعضاً ترکیبی از این روش‌ها انجام شود. در مجموع با در نظر گرفتن میزان مصرف و شرایط موجود، اغلب تصفیه آب از طرق زیر انجام می‌شود:

الف) جوشاندن در سطح خانوار و گروه‌های محدود جمعیتی

در این روش جوشاندن حدود ۵ دقیقه آب علاوه بر از بین بردن زیستوارک‌های بیماری‌زا سختی آب نیز

تا حدودی کاهش می‌یابد.

ب) انبار کردن آب

که برای اجتماعات کوچک و بزرگ قابل اجرا است. آب در منبع اصلی در مخازن طبیعی یا مصنوعی برای مدتی نگهداری می‌شود، جلوگیری از آلودگی بعدی بایستی مورد توجه باشد. انبار کردن آب به مقدار قابل ملاحظه‌ای ناخالصی‌های معلق آب را کاهش می‌دهد. این فرایند متابعت از روند طبیعی حذف آلودگی‌ها می‌باشد. ذخیره نمودن آب برای مدتی، از چند دیدگاه مورد تامل است.

۱) از نظر فیزیکی، کاهش مواد معلق از طریق ته نشینی که مواد معلق موجود در آب در اثر قوه ثقل ته نشین می‌شوند، تجربه نشان می‌دهد در ۲۴ ساعت اولیه حدود ۹۰٪ ناخالصی‌های معلق ته نشین می‌گردند. در نتیجه فرایند تصفیه در مراحل بعدی آسان تر می‌شود.

۲) از نظر شیمیایی، در مدت ذخیره سازی آب ممکن است برخی تغییرات شیمیایی و بیوشیمیایی روی دهد. بیکربنات‌ها تجزیه شده و تولید انیدریک کربنیک نمایند، گازهای سمی نظیر آمونیاک، هیدروژن، سولفور و انیدریک کربنیک از آب خارج می‌شوند. مواد آلی موجود در آب خام در اثر فعالیت‌های میکروبی به کمک اکسیژن محلول در آب تجزیه و تثبیت می‌شوند و در نتیجه، مواد آلی فساد پذیر، به مواد معدنی تبدیل می‌گردند.

۳) از نظر زیست‌شناختی، موجودات زنده بیماری‌زای موجود در آب خام در اثر عوامل مختلف رو به کاهش گذاشته و شمار قابل توجهی از آن‌ها نابود می‌شوند. تجربه نشان می‌دهد با انبار کردن آب رودخانه در مدت ۵-۷ روز اول تا ۹۰٪ میکروب‌ها کاهش می‌یابند و این یکی از مزایای ذخیره کردن آب است. مدت نگهداری بهینه آب ۱۴-۱۰ روز است لیکن از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست ضمناً احتمال رشد جلبک‌ها و تغییر کیفیت فیزیکی آب وجود دارد.

ج) پالایش آب

معمولاً در سطح وسیع تر از مصرف خانوار، یعنی اجتماعات کوچک و بزرگ در صورتی که منابع آب سطحی باشد پس از انبار کردن پالایش می‌شود. پالایش آب دومین مرحله بهسازی آب و در واقع مهم ترین مرحله آن است زیرا اکثر قریب به اتفاق میکروب‌ها (۹۹٪-۹۸٪) در مرحله پالایش از بین می‌روند و دیگر ناخالصی‌ها معلق و احیاناً بینابین از آب گرفته می‌شود.

پالایش آب آشامیدنی از طریق دو نوع پالایه یا صافی انجام می‌شود یکی پالایه شنی کند و دیگری پالایه شنی تند یا مکانیکی است.

پالایه یا صافی شنی کند

تقریباً در سراسر جهان متداول است، به عنوان روش استاندارد برای بهسازی آب در سطح اجتماعات کوچک و موسسات با مصرف محدود کاربرد دارد. مهمترین بخش صافی شنی کند، بستر شنی آن است که

ارتفاعی در حدود ۱/۲ متر دارد.

برای ساختن این نوع صافی، حوض‌ها یا مخازنی از بتون ساخته و در کف آن مجاری فرعی و اصلی با آجر، تمبوشه (سفالی) یا لوله برای خروج آب تعبیه می‌نمایند و بر روی آن‌ها به ترتیب سنگ ریزه و شن نرم می‌ریزند و دانه‌های شن با دقت بسیار برگزیده می‌شوند بطوری که ترجیحا گرد باشند و قطر موثر آن‌ها بین ۰/۱۵ تا ۰/۳۵ میلی متر باشد. شن‌ها لازم است تمیز و عاری از خاک رس و مواد آلی باشند. آب هدایت شده یا ذخیره شده بر روی صافی به کمک نیروی ثقل از خلل و فرج قشرهای ماسه و شن و سنگ ریزه عبور کرده و بوسیله مجاری زیر صافی جمع آوری می‌شود.

سطح بستر صافی‌های کند از وسعت قابل توجهی برخوردارند به طوری که یک متر مکعب بستر صافی، سطحی در حدود ۱۵۰۰۰ متر مربع دارد. آب به آهستگی در بین ماسه تراوش می‌کند (فرایند عبور بیش از ۲ ساعت به طول می‌انجامد) و در طی عبور خالص سازی از طریق چند فرایند صورت می‌پذیرد که عبارتند از پالایش مکانیکی، ته نشینی، جذب سطحی، اکسیداسیون بیوشیمیایی که هر یک سهم ویژه‌ای در بهسازی آب دارند. بازدهی این صافی بطور معمول ۰/۴-۰/۱ متر مکعب آب در ساعت در متر مربع سطح می‌باشد.

لایه زیستی تشکیل شده بر روی سطوح بستر، فعالیت زیست شناختی بسیار خوبی در بهسازی آب دارد. در ابتدای فعالیت صافی، عمل تصفیه مکانیکی است. بطوری که نمی‌توان به آن عنوان صافی کند داد، لیکن بتدریج در زمان کوتاهی لایه‌ای از یک توده حیاتی بر روی سطوح بستر، رشد می‌کند که به نام لایه زیستی Schmutzdecke یا لایه زیست شناختی لجنی لزج باکتریایی نامیده می‌شود. این لایه زیست شناختی ژلاتینی شکل که شامل رگه‌های جلبک و اشکال پر شمار حیات از جمله پلانکتون‌ها، دیاتومه‌ها و باکتری‌ها است، تشکیل لایه‌ای زیستی به عنوان "عمل کردن یا به کار آمدن" صافی شناخته می‌شود. دیگر قسمت‌های پالای شنی کند عبارت است از دستگاه زه کشی کف صافی، شیر کنترل، مخزن برداشت آب که در کتب مرجع بهسازی آب به تفصیل آمده است.

مزایای صافی شنی کند

- ۱ - آسان بودن ساخت و بهره برداری
- ۲ - ارزان تر بودن نسبت به صافی تند
- ۳ - کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب تصفیه شده، بسیار خوب است و کارایی آن در حذف میکروب‌ها ۹۹/۹ تا ۹۹/۹۹ درصد می‌باشد و E. coli را ۹۹ تا ۹۹/۹ درصد کاهش می‌دهد. در صافی شنی کند پیش تصفیه صورت نمی‌پذیرد و از مواد منعقد کننده استفاده نمی‌شود. به همین دلیل آب مورد استفاده بایستی کدورتی کمتر از ۱۰ واحد J.T.U داشته باشد.

پالایه شنی تند

پالایه شنی تند در اواخر قرن نوزدهم بکار گرفته شد و اولین بار در سال ۱۸۸۵ در ایالات متحده آمریکا

نصب گردید. پس از آن این نوع فن آوری بهسازی آب در کشورهای صنعتی، مورد توجه قرار گرفت. در حال حاضر دو نوع پالای شنی تند مورد استفاده است یکی صافی شنی تند که با قوه ثقل، جاذبه کار می‌کند و نوع دوم صافی شنی تند که با فشار، کار می‌کند. در هر دو نوع پالایه مراحل انعقاد، اختلاط و لخته سازی، ته نشینی و پالایش به ترتیب صورت می‌گیرد.

بستر صافی دارای سطحی در حدود ۸۰-۹۰ متر مربع است که در آن شن محیط پالاینده است. حجم فعال بخش شنی بین ۰/۶-۲ متر مکعب و عمق بستر شنی بطور معمول نزدیک به یک متر است. در زیر بستر شنی لایه‌ای از سنگ ریزه به ارتفاع ۰/۴-۰/۳ متر است. سنگ ریزه‌ها در نگهداری بستر شنی کمک می‌کنند و امکان می‌دهند که آب پالایش شده به سوی قسمت زه کشی آزادانه جریان یابد. عمق در بخش بالای بسترشنی ۱-۱/۵ متر است. میزان پالایش ۵-۱۵ متر مکعب به ازای هر متر مربع سطح پالایه در هر ساعت است.

مزایای پالاهای شنی تند

مزایای پالایه‌های شنی تند نسبت به پالایه‌های شنی کند عبارت است از:

- ۱ - بسترهای شنی تند سطح کمتری را اشغال می‌کنند
- ۲ - پالایش‌های سریع انجام می‌شود و حدود ۴۰-۵۰ برابر سریع تر از پالایه‌های شنی کند است.
- ۳ - شستن پالایه آسان است
- ۴ - عملیات آن انعطاف پذیر است

د - استفاده از اشعه ماوراء بنفش (U.V)

پرتوهای فرابنفش به علت خاصیت میکروب کشی که دارند در بهسازی آب آشامیدنی موسسات، بیمارستان‌ها، هتل‌ها و کاخ‌ها بکار می‌رود. اگر چه این فرایند فیزیکی در نابودی خرده زیست‌مندهای آب آشامیدنی موثرند، ولی به علت معایب زیر بکارگیری آنها محدود است:

محدودیت‌های استفاده از پرتوهای فرابنفش

- ۱ - مقرون به صرفه نبودن مخصوصاً برای مقادیر بالا از نظر حجمی
 - ۲ - اثر میکروب کشی ابقایی ندارد
 - ۳ - رنگ و کدور مانع گندزدایی پرتوهای فرابنفش می‌شود
- لازم به ذکر است بهسازی یا خالص کردن آب در مقادیر محدود یا برای مصارف خانوار و جمعیت‌های کوچک از طریق جوشاندن، گندزدایی شیمیایی و پالایش انجام می‌شود و اقدامات محافظتی در خصوص استخرهای شنا و دیگر تفریحگاه‌های آبی نظیر رودخانه‌ها و سواحل نیز طبق دستورالعمل‌های محلی و استانداردهای ملی نیز صورت می‌گیرد.

۲ - تصفیه شیمیایی

اگرچه در مراحل مختلف تصفیه آب برای سبک کردن، حذف موادمسمی، منعقدسازی از مواد شیمیایی به

عنوان لخته ساز و کمک منعقدکننده استفاده می‌شود. ولی متداول ترین ماده شیمیایی که در تصفیه آب کاربرد دارد کلر و ترکیبات آن می‌باشد. کلرزنی (Chlorination) به صورت معمول آخرین مرحله بهسازی آب است. این فرایند، مهم ترین پیشرفتی است که در عمل تصفیه آب حاصل شده است. کلرزنی مکمل پالایش است زیرا علاوه بر از بین بردن عوامل میکروبی بیماری‌زا از آلودگی ثانویه میکروبی نیز جلوگیری می‌کند. اما کلر در مقدار متداول آن بر هاگ میکروب‌ها، تخم و کیست انگل‌ها و بعضی ویروس‌ها تاثیری ندارد. کلر علاوه بر اثر گندزدایی که دارد به علت داشتن ویژگی اکسیدکنندگی آن عناصری نظیر آهن، منگنز، هیدروژن سولفید و سیانور را اکسیده می‌کند. بعضی از عوامل مولد بو و طعم نامطبوع را از بین می‌برد.

چگونگی اثر گندزدایی کلر

کلر افزوده شده به آب، منجر به تشکیل اسید کلریدریک و اسید هیپوکلرو می‌شود. اسید هیپوکلرو موثرترین ترکیب کلردار برای گندزدایی آب می‌باشد. هرچه قدر PH آب پایین باشد اثر گندزدایی آن بیشتر می‌شود، زیرا در PH نزدیک ۷ اسیدهیپوکلرو بیشتر تولید می‌گردد و در PH حدود ۸/۵ اثر گندزدایی کلر، ضعیف خواهند شد. خوشبختانه بیشتر آب‌ها دارای $PH = 6-7.5$ هستند.

مبانی کلرزنی

برای حصول اطمینان از درستی کلرزنی قواعد زیر بایستی رعایت شود:

- ۱ - آب مورد گندزدایی، صاف و بدون کدورت باشد.
- ۲ - کلر مورد نیاز آب مشخص گردد، نقطه شکست کلر و کلر باقی مانده آزاد حائز اهمیت است.
- ۳ - در هر حال زمان تماس حدود یک ساعت برای از بین بردن زیستوارک‌های حساس در مقابل کلر منظور گردد.
- ۴ - حداقل کلر باقیمانده پس از یک ساعت ۰/۵ میلی گرم در لیتر پیشنهاد می‌شود. این مقدار در همه گیری‌های بیماری‌های روده تا ۱ میلی گرم در لیتر نیز توصیه شده است.
- ۵ - مقدار کلر مورد نیاز هر نوع آب برابر خواهد بود با مقدار کلری که به آب اضافه می‌شود تا پس از یک ساعت مقدار ۰/۵ میلی گرم در لیتر کلر باقی مانده داشته باشد.

روش کلرزنی

با توجه به حجم آب مورد گندزدایی و وسعت پروژه، روش کلرزنی تعیین می‌گردد. کلر ممکن است به یکی از اشکال زیر در دسترس باشد:

الف) گاز کلر Cl_2

ب) کلرامین NH_2Cl و $NHCl_2$

ج) پرکلرین (High Test Hypochlorit) H.T.H

د) دی اکسید کلر ClO_2

کلر اولین ماده انتخابی در گندزدایی آب است زیرا ارزان، موثر و کاربرد آن بسیار ساده است. برای جلوگیری از آثار سمی آن توسط دستگاه کلرزی به آب اضافه می‌شود. ترکیب آمونیاکی کلر نیز برای گندزدایی آب به کار می‌رود لیکن اثر آن کندتر از اثر کلر است این امر باعث محدودیت استفاده از آن شده است.

پرکلرین یا H.T.H یا هیپوکلریت پر قدرت، یکی از ترکیبات کلسیم است که ۶۰-۷۰ درصد کلر دارد. محلول ساخته شده از H.T.H و ترکیبات دیگر کلردار برای گندزدایی آب بکار می‌رود.

- پرکلرین $Ca(OCl)_2$ به صورت پودر یا کریستال ریز در بسته‌هایی با وزن مشخص تهیه و توزیع می‌گردد.

- گرد سفید کلر $CaOCl_2$ که کلر قابل استفاده آن ۳۹/۵-۳۳٪ است.

- محلول هیپوکلریت سدیم NaOCl که دارای ۳-۵ و ۱۶-۱۰ درصد وزنی کلر قابل استفاده است.

به هر حال علی‌رغم ترکیبات جانبی کلر با مواد آلی آب و خطرات احتمالی آن برای سلامت هنوز کلر به عنوان یک ماده شیمیایی گندزدا برای بهسازی آب آشامیدنی مورد استفاده است.

آزمایشات تعیین کیفیت آب آشامیدنی

برای تعیین کیفیت آب، آزمایشات شیمیایی و میکروبی آب انجام می‌شود و آنچه که قبل از انجام آزمایش مهم است نمونه گیری صحیح از نظر تعداد و تکرار نمونه گیری است: نمونه‌ها بایستی متناسب با اهداف تهیه و تامین آب آشامیدنی سالم باشد.

استانداردسازی

استاندارد نمودن هر محصولی یعنی تطابق آن با نیازها و خواست‌های منطقی مصرف کنندگان، رواج دادن پذیرش عمومی محصولی برای عامه به گونه‌ای که در قالب هزینه اثربخشی بدون عوارض و عواقب ناخوشایند مورد مصرف یا استفاده مردم قرار گیرد. مثلا در مورد آب آشامیدنی، استاندارد مواد آلوده کننده برای ارزیابی خطراتی است که ممکن است در نتیجه آب آلوده متوجه انسان گردد. اصولا استانداردها از محلی به محل دیگر و از کشوری به کشور دیگر در حال تغییر است، لیکن کشورهایی که تاکنون استاندارد مدونی برای خود تهیه نکرده‌اند، استاندارد سازمان جهانی بهداشت را ملاک قرار می‌دهند. معمولا دو نوع استاندارد برای مقاصد بالا متصور است: استاندارد اولیه که مقامات مسئول باید برای حفظ بهداشت عمومی و جلوگیری از آثار مواد آلوده کننده اقدامات جدی به عمل آورند، درحالی‌که در استانداردهای ثانویه، باید تدابیر لازم برای ارتقاء بهداشت عمومی، به عمل آید.

آزمایش‌های آب

مشخص کردن اینکه آب آشامیدنی، دارای چه وضعی باشد کار ساده‌ای نیست، از آنجا که آبی که در اختیار ما قرار می‌گیرد محصولی ساختگی نمی‌باشد، نمی‌توان اختصاصات ثابتی را برای آشامیدن در نظر گرفت. لذا احتمالا بایستی اعمالی بر روی آب انجام گیرد تا قابل شرب گردد. این تغییرات که به نام مجموعه اعمال تصفیه، نامیده می‌شود، آب را از نظر فیزیکی و شیمیایی و میکروبی، مناسب مصرف می‌سازد. آزمایشات فیزیکی و

شیمیایی آب طبق روش‌های استاندارد آزمایشات کیفی آب برای تعیین کیفیت آب آشامیدنی، صورت می‌گیرد. بررسی احتمالی آلودگی میکروبی منابع آب آشامیدنی در این درس مورد بحث و گفتگو قرار گرفته و روش‌های نمونه برداری از منابع آب و آزمایشات باکتریولوژی مورد مطالعه می‌باشد. آزمایش‌های میکروبی آب، کیفیت آب را جهت آشامیدن و سایر استفاده‌ها مشخص می‌سازد. این آزمایشات، درجه آلودگی آب به فضولات انسانی و حیوانی را مشخص می‌سازد. امروزه روش‌های پیشرفته‌ای وجود دارد که امکان تعیین باکتری‌های بیماری‌زا را در آب فراهم ساخته است ولی از آنجایی که جدا کردن آن‌ها از نمونه‌های آب مشروب به صورت کار روزمره عملی دشوار است جستجو و شمارش میکروب‌های اندیکاتور به عوض میکروب‌های بیماری‌زا انجام می‌گیرد.

روش‌های آزمایش

سه روش عمده که برای تعیین باکتری‌های اندیکاتور در آب وجود دارد به قرار زیر می‌باشد:

الف) روش تخمیر چند لوله‌ای

ب) روش صافی غشایی

ج) روش شمارش بشقابی

ویژگی‌های میکروب‌های نشانگر عبارت است از

الف) سهولت شناخت و شمارش نشانگر

ب) وفور آن در طبیعت و حضور در روده حیوانات خونگرم

ج) مقاومت در مقابل عوامل محیطی

روش ارتقاء آگاهی‌های جامعه در مورد بهداشت و بهسازی آب آشامیدنی

تأمین آب آشامیدنی سالم و پاکیزه مبتنی است بر آگاهی و مشارکت همه جانبه جامعه درخصوص بهره‌برداری و نگهداری از منابع آب، برنامه‌های مؤثر و پایدار مراقبت از اقدامات تأمین آب آشامیدنی در گرو احساس مسئولیت و پشتیبانی جوامع محلی است، بطوریکه جامعه در تمامی مراحل توسعه منابع، انتقال، بهسازی، توزیع و بهره‌برداری، مشارکت داشته و با اظهار نظر و اقدامات عملی مسئولین محلی را در تهیه و تأمین آب آشامیدنی منطبق با استانداردهای تعیین شده یاری نمایند. افراد جامعه بایستی به سؤالات زیر به آسانی پاسخ دهند:

- اهمیت بهداشتی آب چیست؟
- آبی که برای آشامیدن و دیگر مقاصد بهداشتی در دسترس قرار می‌گیرد از کجا تأمین می‌شود؟
- آب سالم و پاکیزه چگونه استحصال می‌شود؟
- هزینه استحصال، بهره‌برداری و نگهداری آب آشامیدنی چگونه تأمین می‌شود؟
- آیا منابع موجود آب برای حال و آینده جمعیت‌ها کافی است؟
- منابع آلاینده منابع آب و سیستم‌های تهیه و توزیع کدامند؟

جدول ۳ - رویکرد رفتاری حاصل از آموزش بهداشت آب در جامعه

منبع آب :

- همه آحاد جامعه لازم است اهمیت آب سالم برای مقاصد شرب و پخت و پز را بدانند
- برای مقاصد بهداشتی نظیر استحمام، شستشو و تمیزی از آب متناسب استفاده گردد
- مصرف صحیح آب و اجتناب از به هدر دادن آن مورد تأکید قرار گرفته و پساب، تخلیه گردد
- منابع حفاظت شده آب، مورد استفاده قرار گیرد و نسبت به نگهداری آن اقدام گردد
- منابع و مجاری آب مورد استفاده بایستی در معرض آلودگی ناشی از سیستم‌های دفع مدفوع با کانال‌های فاضلاب، سموم کشاورزی و مواد زائد ناشی از دامداری‌ها قرار داشته باشد

بهسازی آب :

- روش‌های ساده بهسازی آب در جامعه صورت گیرد
- در مناطقی که امکان آلودگی به انگل‌هایی نظیر کرم پیوک یا تخم انگل‌ها وجود دارد آب، صاف شود و یا حداقل، مصرف کنندگان نسبت به صاف کردن آن اقدام نمایند

جمع آوری با برداشت آب :

- آب آشامیدنی بایستی بوسیله مجاری یا ظروفی برداشت یا جمع آوری گردد که آلودگی پیدا نکند
- در صورت استفاده از مخازن برای جمع آوری و برداشت آب حتماً سربسته باشد

محل یا جای ذخیره آب :

- آب ذخیره شده را بایستی در ظروف درب داری که مرتب تمیز می شود ذخیره نمود
- آب شرب، حتی الامکان از دیگر آب‌های مصرفی جداگانه ذخیره و نگهداری شود

استفاده از آب ذخیره شده برای شرب :

هنگام برداشت آب از ظروف ذخیره بایستی توجه داشت توسط ظروف برداشت نظیر لیوان، دست یا عوامل خارجی آلودگی پیدا نکند

مصرف آب :

ضمن اینکه آب مورد استفاده به مقدار کافی تهیه شود مقادیر متناسبی بایستی برای شرب یا دیگر مصارف برداشت نمود. تقریباً مقدار ۴۰-۳۰ لیتر برای مصارف فردی و خانگی روزانه نیاز می‌باشد

بنابراین توانمندسازی جامعه در خصوص ارتقاء آگاهی، رغبت و رفتار بهداشتی در رابطه با تأمین آب از اصول اساسی طراحی برنامه آموزش بهداشت آب می‌باشد. برای پاسخگویی به سئوالات فوق، موارد زیر بایستی طراحی و اجراء گردد:

- گفت و شنود با جامعه و سازمانهای محلی ذیربط
 - اولویت بندی رفتارهای بهداشتی مرتبط مبتنی بر داده‌های موجود در خصوص مسئله آب آشامیدنی
 - تجزیه و تحلیل رفتارهای غالب و استفاده از آنها در بهسازی و بهداشت آب آشامیدنی
 - و بالاخره تهیه یک برنامه عملی برای آموزش بهداشت آب مستلزم پاسخ به سئوالات زیر است:
 - چگونه بایستی مشارکت جامعه، ارتقاء داده شود؟
 - چه کسی بایستی آموزش بهداشت آب را رهبری نماید (برای گروه‌های هدف)؟
 - محتوای آموزش برای آب آشامیدنی سالم چه باشد؟
 - چه کسی بایستی آموزش بهداشت آب را انجام دهد؟
 - چه روش‌های آموزشی بایستی به کار برده شود؟
 - چه اقدامات حمایتی بایستی توسط سازمان‌های مراقبتی انجام شود؟
- هدف این برنامه جلب مشارکت جامعه برای دستیابی به اهداف بهینه سازی منابع آب آشامیدنی و تأمین و تضمین سلامت جمعیت‌ها می‌باشد.

منابع

به مبحث فاضلاب و مسائل مربوط به آن مراجعه فرمایید

فاضلاب و مسائل مربوط به آن

فهرست مطالب

اهداف:
انتظار می رود دانشجو پس از گذراندن این درس
فاضلاب چیست ؟
ترکیب فاضلاب
شدت آلودگی یا قدرت فاضلاب
الف) اکسیژن مورد نیاز زیست شیمیایی
ب) نیاز شیمیایی به اکسیژن
ج) مواد جامد معلق
جدول شماره ۳ قدرت فاضلاب
انواع فاضلاب
علل لزوم تصفیه فاضلاب
اهداف ویژه تصفیه فاضلاب
روش های متداول هوازی در تصفیه فاضلاب
روش متداول بی هوازی در تصفیه فاضلاب عبارتند از
.....

فاضلاب و مسائل مربوط به آن

دکتر علی الماسی

بخش پزشکی اجتماعی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

اهداف

انتظار می‌رود فراگیرنده، پس از گذراندن این درس بتواند:

- تعریف فاضلاب و مسائل مربوط به آن را بیان کند
- تعریف فاضلاب را بداند بطوری که ضمن تعریف، منبع را ذکر کند
- ترکیب فاضلاب را بشناسد و ترکیبات فاضلاب را لیست نماید
- شدت یا قدرت فاضلاب را بداند و بتواند فاضلاب‌ها را درجه بندی کند
- انواع فاضلاب را بشناسد و آن‌ها را لیست نماید
- اهمیت فاضلاب از دو جنبه بهداشتی و اقتصادی را شرح دهد
- شدت یا قدرت فاضلاب را بداند و بتواند درجه بندی کند
- روش‌های متداول تصفیه فاضلاب را نام ببرد

واژه‌های کلیدی

فاضلاب، بازیافت، تصفیه

فاضلاب چیست؟

فاضلاب یا گنداب عبارت است از آب استفاده شده‌ای که برای مصرف خاص خود قابل استفاده مجدد نیست یا به عبارتی کیفیت آن پایین تر از قبل از استفاده از آن می‌باشد. این آب دارای مقادیری فضولات جامد و مایع است که از خانه‌ها، خیابان‌ها، شستشوی زمین‌ها و در مجموع ناشی از فعالیت‌های انسانی نظیر سرویس‌های بهداشتی، کارخانه‌ها، صنایع و کشاورزی است. چون این آب اغلب ناپاک و دارای بویی ناخوشایند است "گنداب" نیز نامیده می‌شود.

فاضلاب یا گنداب ممکن است خانگی یا ترکیبی از فاضلاب خانگی، فاضلاب صنعتی و کشاورزی نیز باشد. در این بحث، بیشتر فاضلاب ناشی از فعالیت‌های خانگی، مورد نظر است. این فاضلاب، آبی است که مواد زائد بدن انسان (مدفوع و ادرار) و فاضلاب حاصل از اقدامات بهداشتی مانند استحمام، شستشوی لباس، پخت و پز و دیگر مصارف آشپزخانه را تشکیل می‌دهد. حجم فاضلاب تولیدی در اجتماعات به موارد زیر بستگی دارد:

- ۱ - عادات فردی: هر چه میزان مصرف آب مردم بیشتر باشد فاضلاب تولیدی آن‌ها بیشتر خواهد شد.
- ۲ - نوع شبکه گردآوری فاضلاب (ترکیبی یا مجزا) در نوع ترکیبی حجم فاضلاب بیشتر خواهد شد.
- ۳ - تغییرات فاضلاب در زمان

ترکیب فاضلاب

فاضلاب تقریباً ۹۹/۹ درصد آب و حدود یک دهم در صد مواد جامد در بر دارد که بخشی از آن مواد آلی و بخش دیگر مواد معدنی جامد به حالت محلول یا معلق در آب می‌باشند. بوی بد فاضلاب اغلب به علت مواد آلی موجود در آن می‌باشد. این مواد بیشتر قابل تجزیه میکروبی هستند و بعضاً تجزیه میکروبی منجر به تولید بوی نامطبوع می‌شود. علاوه بر مشکل تولید بو فاضلاب‌های دریافت کننده مدفوع انسانی و حیوانات زنده در بر دارنده زیستوارک‌های بیماری‌زا هستند که از نظر آلودگی محیط بویژه منابع آب و خاک فوق‌العاده اهمیت دارند. طبق پژوهش‌های انجام شده هر گرم مدفوع حدود یک بیلیون عدد اشیریشیا کولی، حدود $2/2 \times 10^7$ عدد استرپتوکوک مدفوعی و مقادیر قابل توجهی اسپور کلستریدیوم پرفرنژنس و انواع موجودات زنده بیماری‌زای دیگر نیز در بر دارد. اگرچه مقدار مدفوع انسان در جوامع و نژادهای مختلف، متفاوت است ولی میانگین یکصد گرم برای هر فرد بالغ مقداری است که اغلب محققین بر آن اتفاق نظر دارند.

شدت آلودگی یا قدرت فاضلاب

قدرت آلایندگی فاضلاب یا غلظت آن، هر چقدر مواد زائد موجود در فاضلاب بیشتر باشد، آن را قوی تر می‌گویند. معمولاً شدت و ضعف فاضلاب از نظر مواد آلی موجود در آن برحسب معیارهای زیر سنجیده می‌شود:

(الف) اکسیژن مورد نیاز زیست شیمیایی (Biochemical Oxygen Demand) BOD5

این معیار مهمترین ابزار سنجش مواد آلی قابل تجزیه زیست شناختی است که در مورد فاضلاب کاربرد متداول دارد. در این روش مقدار اکسیژن مورد نیاز برای اکسیداسیون مواد آلی فاضلاب توسط باکتری‌ها به دست می‌آید. با استفاده از اندازه گیری مقدار اکسیژن مورد نیاز، غلظت مواد آلی موجود در فاضلاب که قابل اکسیداسیون باکتریایی است به دست می‌آید (تجزیه پذیری زیست شناختی) * مقدار BOD معمولاً براساس پنج روز در حرارت ۲۰ درجه سانتی گراد بیان می‌گردد. این مقدار همان اکسیژن مصرف شده در طول اکسیداسیون فاضلاب، در زمان پنج روز و حرارت ۲۰ درجه است.

(ب) نیاز شیمیایی به اکسیژن COD (Chemical Oxygen Demand)

در این روش مقدار اکسیژن متناسب برای تجزیه و تثبیت شیمیایی مواد آلی را اکسیژن مورد نیاز تجزیه

شیمیایی یا اصطلاحاً COD گویند. این معیار از طریق اکسیداسیون فاضلاب توسط محلول اسید دی کرمات، تقریباً تمام مواد آلی موجود در فاضلاب را به گاز کربنیک و آب، اکسیده می‌نماید که در این واکنش معمولاً حدود ۹۵٪ اکسیداسیون مواد آلی صورت می‌گیرد.

ج) مواد جامد معلق SS (Suspended Solids)

مواد جامد معلق یکی دیگر از نشانگرهای کیفیت فاضلاب از نظر غلظت مواد می‌باشد این مواد ممکن است از ۱۰۰ تا ۵۰۰ میلی گرم در لیتر در فاضلاب متغیر باشد. جدول زیر وضعیت فاضلاب از نظر COD BOD و SS بر حسب میلی گرم در لیتر را نشان می‌دهد.

جدول ۳ - قدرت فاضلاب بر حسب COD BOD و SS میلی گرم در لیتر

قدرت (درجه)	SS	COD	BOD
ضعیف	≤ ۱۰۰	≤ ۴۰۰	≤ ۲۰۰
متوسط	۳۰۰	۷۰۰	۳۵۰
قوی	۵۵۰	۱۰۰۰	۵۰۰
خیلی قوی	≥ ۵۵۰	≥ ۱۵۰۰	≥ ۷۵۰

انواع فاضلاب

فاضلاب از نظر منشأ آن ممکن است خانگی، صنعتی، کشاورزی یا به صورت ترکیبی باشد. از نظر خصوصیات فیزیکی شیمیایی و بیولوژیکی و قدرت آلاینده‌گی دارای چهار حالت ضعیف، متوسط، قوی و خیلی قوی می‌باشد.

اهمیت بهداشتی فاضلاب به عواملی نظیر وجود عوامل شیمیایی و عوامل بیماری‌زای زنده و مواد آلی متعفن که علاوه بر ایجاد بیماری‌های مختلف موجب تعفن و بدمنظر شدن محیط نیز می‌گردد، بستگی دارد. عوامل باکتریایی نظیر ویبریو کلرا، سالمونلا تیفی، سالمونلا پاراتیفی، شیگلا، باسیل سیاه زخم، لپتوسپیروا، عوامل ویروسی نظیر انواعی از هپاتیت‌ها، عوامل تک یاخته‌ای نظیر آمیب ژیا ردیا و تخم انگل‌های پریاخته‌ای نظیر کرم شلاق، آسکاریس و ۰۰۰ از طریق فاضلاب و لجن فاضلاب مصرف شده باعث ایجاد بیماری می‌شود. از نظر اقتصادی علاوه بر اینکه آب تبدیل شده به فاضلاب به خودی خود غیرقابل استفاده شده است، خود نیز باعث آلودگی منبع آب سطحی و زیرزمینی می‌شود و بنابراین آب به عنوان منبع حیاتی محدود با کمبود شدیدی که در جهان دارد در معرض تهدید قرار گرفته است. با توجه به مخاطرات بهداشتی و ملاحظات اقتصادی توجه به تولید، جمع‌آوری و بهسازی فاضلاب امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. پرداختن به امر کم‌خطر

نمودن فاضلاب و یا انجام اقداماتی در جهت صدور جواز تخلیه آن‌ها در محیط یا استفاده مجدد از فاضلاب، تصفیه فاضلاب نامیده می‌شود. چرا فاضلاب را تصفیه کنیم؟ سئوالی است که همه کارگزاران مرتبط با امر سلامت با آن مواجه هستند و بایستی به نحو منطقی و مقتضی با این سؤال و پاسخ مناسب آن آشنا باشند.

علل لزوم تصفیه فاضلاب

فاضلاب می‌بایست قبل از اینکه در مرحله نهایی به آبهای پذیرنده دفع گردد، تصفیه شود تا اینکه:

الف) بیماری‌های واگیر ناشی از آلودگی‌های فاضلاب مهار و بهداشت عمومی تامین گردد.

ب) حفظ منابع آب، از طریق عدم آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی و در صورت امکان استفاده مجدد از بخش عظیمی از آب مصرف شده برای مصارف خاص نظیر فعالیت‌های کشاورزی و پرورش آبزیان.

ج) حفظ محیط زیست: فاضلاب را به روش‌های متعددی تصفیه می‌کنند. در بین این روش‌ها، تصفیه زیست شناختی، رایج تر است. هدف از تصفیه فاضلاب به نوعی همان پاسخ سؤال " چرا فاضلاب را تصفیه کنیم " می‌باشد. اما اگر به صورت ویژه به آن نگاه شود، هدف از تصفیه فاضلاب عبارت است از:

اهداف ویژه تصفیه فاضلاب

الف) تثبیت مواد آلی.

ب) تولید پساب قابل تخلیه در محیط و محافظت از محیط زیست.

ج) استفاده مجدد از آب و مواد جامد ناشی از تصفیه فاضلاب.

تجزیه و تثبیت مواد آلی موجود در فاضلاب اغلب از طریق فرایندهای زیست شناختی، به دو روش هوازی و بی هوازی صورت می‌گیرد.

روش‌های متداول هوازی در تصفیه فاضلاب

لجن فعال، لاگول هوادهی، صفحات چرخان بیولوژیکی، حوضچه‌های جلادهی و صافی چکنده.

روش متداول بی هوازی در تصفیه فاضلاب عبارتند از

سپتیک تانک، برکه‌های بی هوازی، UASB و ۰۰۰ هر کدام از فرایندهای مزبور ممکن است مراحل مقدماتی و پایانی به صورت تکمیلی داشته باشند. از نگاه دیگر ممکن است مراحل تصفیه فاضلاب به صورت اولیه، ثانویه و پیشرفته انجام شود.

منابع

1) K. Park, Environmental Health. In: Park's Textbook of Preventive and Social Medicine, 18th edition, M/s Banarsidas Bhanot Publishers, India, 2005. pp.519-42.

مدیریت زباله‌های شهری

فهرست مطالب

اهداف درس

مقدمه	
۱ - خطرات ناشی از دفع زباله به طریق غیر بهداشتی	
۱ - ۱ مگس	
۱ - ۲ جوندگان	
۱ - ۳ آلودگی‌های آب	
۲ - طبقه بندی مواد زاید جامد	
۲ - ۱ زباله‌های شهری	
۲ - ۲ زباله‌های صنعتی	
۲ - ۳ زباله‌های خطرناک	
۲ - ۴ زباله‌ها بیمارستانی	
۳ - منبع تولید زباله‌های شهری	
۴ - جمع آوری و حمل و نقل زباله‌های شهری	
۵ - کمیت زباله‌های شهری	
۶ - روش‌های دفع زباله	
۶ - ۱ سوزاندن	
۶ - ۲ کمپوست یا کودگیاهی	
۶ - ۳ دفن بهداشتی زباله	
۷ - بازیافت مواد	
الف - تفکیک از مبدأ تولید	
ب - تفکیک در مقصد	
۸ - راه کارهای اساسی ویژه بهینه سازی مدیریت مواد زاید جامد شهری	
خلاصه	

مدیریت زباله‌های شهری

دکتر قاسم‌علی عمرانی

دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی تهران

اهداف درس

انتظار می‌رود فراگیرنده، پس از گذراندن این درس، بتواند:

- خطرات و زیان‌های ناشی از عدم کنترل زباله‌های شهری، صنعتی و روستایی را شناسایی کند
- با نوع میزان و ترکیبات مختلف زباله‌های شهری، صنعتی، بیمارستانی آشنا گردد
- سیستم‌های جدید جمع‌آوری، حمل و نقل را شناسایی کند
- به روش‌های دفع زباله از قبیل سوزاندن، کمپوست و دفن بهداشتی، توجه خاص نماید
- در زمینه بازیافت، آگاهی کامل داشته باشد

واژه‌های کلیدی

بهداشت محیط، مدیریت، زباله

بیان مسئله

توجه به محیط زیست و حفظ سلامتی انسان و کلیه موجودات کره زمین یکی از اصول اساسی در بقای زندگی و استفاده از مواهب خدادادی است که به وفور در اختیار ما قرار دارد. کنترل آلودگی‌های محیط از جمله مواد زاید جامد، بخش مهمی از این وظیفه را تشکیل می‌دهد که با توجه به اصول و موازین بهداشتی اقتصادی جایگاه ویژه‌ای را در علوم و فنون جدید به خود اختصاص داده است. بدین لحاظ در این مجموعه سعی خواهد شد تا در حد امکان مواردی همچون اهمیت مسئله، شناخت و طبقه‌بندی مواد، سیستم‌های جمع‌آوری و حمل و نقل و روش‌های دفع مواد به وضوح مورد توجه قرار گرفته و در اختتام، مبادرت به ارائه راه کارهای اساسی در جهت بهبود شرایط و بهینه سازی تکنولوژی موجود در مدیریت مواد زاید جامد کشور نماید که در صورت اعمال،

بازتاب آن تاثیر اساسی در حفظ بهداشت و سلامت محیط زیست جامعه ما خواهد داشت.

مقدمه

در کشور ما ایران با محاسبه ۸۰۰ گرم زباله سرانه، هر روزه بالغ بر ۵۰۰۰۰ تن مواد زاید جامد تولید می‌شود که در مقایسه با سایر کشورهای جهان با ۲۹۲ کیلوگرم زباله هر نفر در سال در حد متعادلی قرار گرفته است، لکن ازدیاد جمعیت و توسعه صنعت به گونه‌ای که در برنامه سوم جمهوری اسلامی ایران مطرح است موجبات ازدیاد مواد زاید جامد و بالطبع تغییرات فیزیکی - شیمیایی آن‌ها را بوجود می‌آورد به طوری که برنامه‌های جمع آوری و دفع زباله موجود جوابگوی نیازهای این بخش از کار نخواهد بود. امر جمع آوری، دفع، بازیافت و اصولاً مدیریت مواد زاید جامد در ایران با توجه به نوع و کیفیت زباله‌های ایران تفاوت فاحشی با سایر کشورهای جهان دارد، لذا بکارگیری هر گونه تکنولوژی بدون شناخت مواد و سازگاری عوامل محلی کار ارزنده‌ای نیست. وجود ۷۰ درصد مواد آلی قابل کمپوست و بیش از ۴۰ درصد رطوبت در زباله‌های خانگی از یک سو و تفاوت فاحش آب و هوا و شرایط زیست در مناطق مختلف کشور با سبک و فرهنگ منحصر به خود از سوی دیگر خود دلیلی بر عدم استفاده بی رویه از تکنولوژی‌های وابسته به خارج است، تجربه سال‌ها رکود در عمل آوردن کمپوست و پرداخت هزینه‌های گزاف جمع آوری و دفع زباله که تنها برای شهرهای مختلف کشور روزانه حدود ۲۰٪ بودجه شهرداری‌ها را تشکیل می‌دهد نشانگر اهمیت این مسئله در برنامه‌های محیط زیست کشور است.

توجه به امر بهداشت و سلامت جامعه و رعایت جنبه‌های پیش‌گیری قبل از درمان بدون توجه به سیستم‌های جمع آوری و دفع مواد زاید که مسبب اصلی آلودگی در شهرها و روستاهای کشور است، امکان‌پذیر نیست. اشاعه بیماری کیست هیداتیک، بروز گهگاه وبا، انواع بیماری‌های پوستی همچون لیشمانیوز و سلسله بیماری‌های سرطان‌زا و سکت‌های ناهنگام در جوامع کنونی که معمولاً به مواد فساد پذیر و پس مانده‌های شیمیایی محیط زیست نسبت داده می‌شود ماحصل تداخل صدها نوع مواد سمی و عفونت‌زا با زباله‌های شهری و انتشار آن‌ها در آب، خاک و هوای زندگی روزمره ماست. علیهذا به منزله بهبود مدیریت مواد زاید جامد و اجرای اهداف بهداشتی اقتصادی کشور گفتار حاضر به صورت فشرده، کلیاتی از موارد آلودگی و طبقه بندی مواد زاید جامد را با توجه خاص به سیستم‌های جمع آوری، دفع و بازیافت مواد، مورد بحث قرار می‌دهد که امیدوار است مورد توجه علاقمندان بویژه دانشجویان عزیز و مسئولین محترم بهداشت محیط کشور قرار گیرد.

۱ - خطرات ناشی از دفع زباله به طریق غیر بهداشتی

اصول بهداشت و بهسازی محیط، در هر شهر ایجاب می‌کند که زباله‌ها در حداقل زمان از منازل و محیط زندگی انسان دور شده و در اسرع وقت دفع گردند. پیدایش این ایده (دفع بهداشتی زباله در محیط زیست) در قرن نوزدهم میلادی به مشابه یک دستورالعمل بهداشتی، شهروندان را به رعایت آن ملزوم می‌ساخت. اهمیت دفع بهداشتی زباله‌ها موقعی بر همه روشن خواهد شد که خطرات ناشی از آن‌ها بخوبی شناخته شود. زباله‌ها نه فقط باعث تولید بیماری، تعفن و زشتی مناظر می‌گردند، بلکه می‌توانند به وسیله آلوده کردن خاک، آب و هوا خسارات فراوانی را ببار آورند. به همان اندازه که ترکیبات زباله مختلف است، خطرات ناشی از مواد

تشکیل دهنده آن‌ها نیز می‌توانند متفاوت باشند. جمع آوری، حمل و نقل و آخرین مرحله دفع این مواد بایستی به طریقی باشد که خطرات ناشی از آن‌ها در سلامتی انسان به حداقل ممکن کاهش یابد.

راجع به خطرات حاصل از زباله‌های شهری و صنعتی باید گفت که در کلیه منابع علمی و کتب مربوطه همواره اشاره به ابتلای انسان‌ها به بیماری‌های گوناگون شده است. در کتب علمی تعداد باکتری‌های مختلف موجود در خاکروبه خیابان‌ها از ۲ تا ۴۰ میلیون به صورت خاص و از ۵۰۰۰۰ تا ۱۰ میلیون بطور عموم در هر گرم برآورده شده است. این تعداد باکتری می‌توانند به سادگی موجب بروز بیماری‌های گوناگونی گردند. مخصوصاً اینکه در این مواد انواعی از باکتری‌های مولد وبا، تیفوس و کزاز بطور مسلّم و صریح تشخیص داده شده است. شایان ذکر است که سابقاً فضولات حیوانی (پهن گاو و اسب) قسمت عمده‌ای از خاکروبه‌های خیابانی را تشکیل می‌داد. این حالت هم اکنون نیز در پاره‌ای از روستاها و شهرهای کوچک مشاهده می‌شود.

۱-۱- مگس

خطرات ناشی از وجود مگس برای انسان و عموم حیوانات اهلی بر همه روشن است، مگس خانگی (*Musca domestica*) مخصوصاً از نظر انتشار بسیاری از باکتری‌های بیماری‌زا قابل اهمیت می‌باشد. اصولاً بیش از ۵۰-۴۰ هزار نوع مگس در این زمان شناسایی شده ولی نام گذاری همه آن‌ها به اتمام نرسیده است. بر اساس مطالعات انجام شده در صحرا و آزمایشگاه انتشار بسیاری از امراض همچون اسهال‌های آمیبی و باسیلی، تراخم، حصبه و شبه حصبه، وبا، سل، جذام، طاعون و سیاه زخم به وسیله مگس امکان پذیر است. این حشره به وسیله پُرزهای چسبنده و مژک‌های فراوان بدن خود با نشستن بر روی مدفوع انسان و حیوان و بسیاری از کثافات و زباله‌ها میکروب‌های مختلف را از طریق تماس مستقیم بدن انسان و یا اغذیه مورد نیاز او به محیط زندگی وارد نموده و به طور مکانیکی باعث انتقال بیماری‌ها به موجود زنده دیگری می‌گردد.

ساختن مستراح‌های بهداشتی در شهر و روستا و حفظ محیط زیست از پهن و دیگر فضولات فساد پذیر انسانی و حیوانی نیز از جمله عواملی است که باعث جلوگیری از تولید و رشد لارو مگس خواهد شد. مواد زاید صنعتی اعم از فرآورده‌های گیاهی، میوه‌ها، فضولات کشتارگاه‌ها و غیره چه در شهرها و چه در مراکز تولید و مصرف می‌تواند محل پرورش لارو (کرمینه) مگس قرار گیرد. در صورتی که روش دفع زباله به صورت تلنبار کردن در فضای آزاد باشد کرمینه مگس در داخل زباله که از نشر حرارت، رطوبت و مواد غذایی مناسب ترین محیط به شمار می‌رود رشد و نمو کرده و پس از رسیدن زمان بلوغ به منازل و اماکن مجاور پرواز می‌نماید. قدرت پرواز مگس تا حدود ۲۰ کیلومتر مشخص شده است (۲).

۱-۲- جوندگان

سالم سازی محیط بخصوص کنترل زباله‌ها چه در امر جمع آوری و چه در دفع بهداشتی آن‌ها مفیدترین راه مبارزه با جوندگان می‌باشد و بدیهی است که یکی از خطرناکترین مضرات عدم توجه به دفع زباله نشو و نما و انتشار موش در شهرها است. خطر ازدیاد موش در شهرها را نمی‌توان به سادگی با هیچ بودجه‌ای جبران نمود.

موش‌های خانگی و جوندگان دیگر به طرز وسیع و دامنه داری در جهان پراکنده و در جوار انسان‌ها زندگی می‌کنند. از این نظر اینگونه موجودات بالقوه ناقل بسیاری از بیماری‌های انسانی هستند. ناراحتی‌های حاصل از موش‌ها از یک گاز گرفتگی ساده تا تب تیفوس و طاعون متفاوت است. بیماری لپتوسپیروز در نتیجه تغذیه مواد غذایی آلوده به مدفوع موش بیمار و با استحمام در آب آلوده و یا در تماس مستقیم با موش آلوده، به وجود می‌آید. موش می‌تواند در انتقال بیماری‌هایی چون اسهال آمیبی و انتقال کرم کدو و تریشین نیز به طور غیرمستقیم، نقش مهمی ایفاء کند. موش و سایر جوندگان برای تولید مثل و ازدیاد جمعیت خویش به سه چیز احتیاج دارند، غذا، آب و پناهگاه که هر سه در اغلب موارد در زباله‌های شهری وجود دارد.

۱-۳- آلودگی‌های آب

آب شرط اصلی ادامه حیات در جهان است، کلمه آبادانی در زبان فارسی از آب گرفته شده که خود عامل مهمی در جهت عمران و بهسازی مناطق کشور به شمار می‌رود. سرعت افزایش جمعیت، بهبود سطح بهداشت و پیشرفت‌های صنعتی در سطح جهان بیش از پیش باعث محدود شدن منابع آب شده است، اما باید قبول کرد که دنیا تشنه است و این تشنگی یک تصور شاعرانه و خیال نیست بلکه یک حقیقت مسلم است.

در کشور ما مسئله کمبود آب مخصوصاً چه در امر صنعت و چه در امر کشاورزی مشکلات فراوانی را به بار آورده است. مصرف زیاد از حد آب در شهرها و اسراف‌های بی رویه در هر زمینه نیز تشدید کننده این مشکل است. گرمسیر بودن مناطق مختلف کشور و عدم وجود منابع آب کافی از یک سو و عدم کنترل آلودگی آب به وسیله تخلیه فاضلاب‌ها و زباله‌های شهری و صنعتی از سوی دیگر تاثیر زیان بخشی در اقتصاد و بهداشت جامعه ما دارد. همچنین تخلیه مواد زاید جامد و مایع (زباله و فاضلاب‌ها) در محیط به وسیله جاری شدن آب‌های سطحی اعم از جویبارها، رودخانه‌ها و دیگر آب‌های حاصل از بارندگی به نقاط مختلف موجب انتشار آلودگی می‌گردند و این در حالیست که متأسفانه در بعضی از شهرهای ما دفع بی رویه زباله اکثراً به وسیله تخلیه مواد به جویبارها صورت می‌گیرد و یا دفن غیر بهداشتی آن در سراسی‌ها و دیگر اماکن که مخالف ضوابط حفاظت آب‌های زیرزمینی است انجام می‌شود که از نظر بهداشت محیط کاملاً خطرناک است. مخصوصاً اینکه محل تخلیه و یا دفن در خاک‌های سبک شنی و یا در حوالی رودخانه‌ها و چشمه سارها باشد.

۱-۴- آلودگی خاک

زباله‌های شهری که خود ترکیبی از فضولات انسانی و حیوانی و بسیاری دیگر از مواد زائد صنعتی و کشاورزی است، متأسفانه در آخرین مرحله دفع به خاک و یا آب منتقل می‌شوند. کالاهای مصنوعی که از مواد پلاستیکی ساخته شده‌اند پس از استعمال به صورت مواد زائد تجزیه نشدنی در زباله انباشته و در خاک باقی می‌مانند زیرا پلیمرهای مصنوعی (نایلون) بر عکس پلیمرهای طبیعی موجود در پشم و پنبه به علت نبودن آنزیم ویژه، سال‌ها جهت تجزیه در طبیعت به صورت خام و بدون تغییر باقی می‌ماند. این مواد خود خلی در تبادل آب و هوا و دیگر عکس‌العمل‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بوجود می‌آورند. مجاورت و یا احاطه شدن ریشه گیاهان بوسیله مواد پلاستیکی در خاک سبب نرسیدن آب و غذا به ریشه گیاه شده و در طی زمان در اطراف ریشه حرارت،

رطوبت و خواص شیمیایی کاملاً غیرمتعادلی بوجود می‌آورند که موجب ضعف رشد و یا خشکی گیاه می‌شوند. وجود انواع مختلف قوطی‌های کنسرو، لاستیک‌های مستعمل، لاشه‌های اتومبیل، فضولات بیمارستان‌ها و مواد شیمیایی کارخانه‌ها که هم اکنون در اغلب شهرها جزو لاینفک زباله‌های شهری هستند به خارج از شهر در دامان طبیعت پراکنده و یا دفن می‌شوند. نتیجه این عمل، تجزیه‌هایی است که طی سالیان دراز خطرات مهیبی را در آب و خاک منطقه بوجود آورده و موجب بیماری‌های گوناگونی در انسان و حیوان و کلیه موجوداتی که در آن منطقه زندگی می‌کنند می‌شود.

از جمله امور متداول در استفاده مجدد از زباله‌های شهری، تهیه کمپوست است که هم اکنون در بسیاری از شهرهای پیشرفته دنیا معمول است. در ایران متاسفانه بدون مطالعه در سیستم تهیه کمپوست، نوع کمپوست و امکانات مصرف، اقدام به تاسیس کارخانه‌هایی شده است که نتایج حاصل، مطلوب نبوده و آلودگی‌های محیط جامعه شهری و روستایی ما را تشدید می‌نماید. امروزه به علت پیشرفت صنایع سنگین و مصرف زیاده از حد فلزات سنگین که از راه هوا و زمین و آب وارد و خسارات زیادی را به بار می‌آورند. Wainered و Lenihan عقیده دارند که امروزه بیش از ۶۰ ماده شیمیایی در صنایع، مورد استفاده قرار می‌گیرند که نقش آنها در سیستم‌های حیاتی گیاه و حیوان، ناشناخته است. ازدیاد فلزات سنگین مثل جیوه، سرب، کادمیوم و آرسنیک در کمپوست و در نتیجه در خاک، باعث مسمومیت‌های زیاد و بیماری‌های گوناگونی در انسان می‌شود.

۱ - ۵ - آلودگی هوا

در این زمینه گفته می‌شود احتراق مواد پلاستیکی که متاسفانه امروزه به میزان فراوانی در زباله‌ها وجود دارند صرفنظر از تولید دیوکسین‌ها گازهایی همچون گاز کربنیک، انیدرید سولفور، گازهای سمی کلره و غیره می‌نماید که فوق‌العاده خطرناک بوده و موجب آلودگی شدید هوا می‌گردند.

شایان ذکر است که در مناطقی که مبادرت به ایجاد زباله سوز می‌شود تعبیه هواکش‌های طویل و فیلترهای ویژه‌ای که طبق ضوابط محیط زیست قادر به جلوگیری از آلودگی‌های هوا باشند از ضروریات امر است. گازهای حاصل از تخمیرهای هوازی و غیر هوازی در مراکز دفن زباله قادرند به طبقات زیرین خاک نفوذ کرده و اختلالاتی در خاک‌های زراعی به وجود آورند. طبق مطالعات انجام شده در نواحی نزدیک به جایگاه‌های دفن زباله میزان گاز متان (CH₄) تا حدود ۶۰ درصد و گاز کربنیک (CO₂) حداکثر تا ۳۰ درصد تایید شده است که قطعاً در جلوگیری از رشد و نمو صحیح گیاهان منطقه بی‌تاثیر نیست.

۲ - طبقه بندی مواد زاید جامد

عبارت مواد زاید جامد (solid wastes) به مجموعه مواد ناشی از فعالیت‌های انسان و حیوان که معمولاً جامد بوده و به صورت ناخواسته و یا غیر قابل استفاده دور ریخته می‌شوند اطلاق می‌گردد. این تعریف به صورت کلی در برگزیده همه منابع، انواع طبقه بندی‌ها، ترکیب و خصوصیات مواد زاید بوده و به سه دسته کلی زباله‌های شهری، زباله‌های صنعتی و زباله‌های خطرناک تقسیم می‌گردند:

۲-۱- زباله‌های شهری

در نشریات و کتب از تعاریف و طبقه بندی‌های مختلفی برای توضیح اجزاء مواد زاید جامد شهری استفاده شده است. تعاریف ارائه شده در زیر می‌تواند به عنوان یک راهنما برای شناسایی اجزاء مواد زاید شهری مورد استفاده قرار گیرد (۲).

زایدات غذایی

به قسمت فسادپذیر زباله که معمولاً از زایدات گیاهی، تهیه و طبخ و یا انبار کردن مواد غذایی به دست می‌آید، اطلاق می‌شود. کمیت پس مانده‌های غذایی در طول سال متغیر بوده و در ماه‌های تابستان، که مصرف میوه و سبزی بیشتر است، به حداکثر می‌رسد. پس مانده‌های غذایی مهمترین قسمت زباله است، چرا که از یک سو به دلیل تخمیر و فساد سریع، بوهای نامطبوع تولید کرده و محل مناسبی برای رشد و تکثیر مگس و سایر حشرات و جوندگان است و از سوی دیگر به دلیل قابلیت تهیه کود از آن (کمپوست) حائز اهمیت است. قابل ذکر است که میزان پس مانده‌های فسادپذیر در زباله‌های شهری ایران بین ۳۵ تا ۷۶ درصد گزارش شده است.

آشغال

به قسمت فساد ناپذیر زباله به جز خاکستر گفته می‌شود. آشغال در زباله معمولاً شامل کاغذ، پلاستیک، قطعات فلزی، شیشه، چوب و موادی از این قبیل می‌شود. آشغال را می‌توان به دو بخش قابل اشتعال و غیرقابل اشتعال تقسیم کرد.

خاکستر

باقیمانده حاصل از سوزاندن زغال، چوب و دیگر مواد سوختنی که برای مقاصد صنعتی، پخت و پز و یا گرم کردن منازل بکار می‌رود گفته می‌شود.

زایدات ناشی از تخریب و ساختمان سازی

به زایدات حاصل از تخریب ساختمان، تعمیر اماکن مسکونی، تجاری، صنعتی، و یا سایر فعالیت‌های ساختمان سازی اطلاق می‌شود.

زایدات ویژه

این قسمت از زباله‌ها شامل مواد حاصل از جاروب کردن خیابان‌ها و معابر، برگ درختان، اجساد حیوانات مرده و موادی که از وسایل نقلیه به جای مانده است می‌شود.

۲-۲- زباله‌های صنعتی

زباله‌های صنعتی، مواد زاید ناشی از فعالیت‌های صنعتی هستند و معمولاً شامل فلزات، مواد پلاستیکی، مواد شیمیایی و بالاخره زباله‌های ویژه و زباله‌های خطرناک هستند. که عمل جمع‌آوری، حمل و نقل و دفع آن‌ها

ضوابط خاص و مقررات ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است.

۲-۳- زباله‌های خطرناک

مواد زاید خطرناک، مواد زاید جامد یا مایعی هستند که به علت کمیت، غلظت و یا کیفیت فیزیکی، شیمیایی و یا بیولوژیکی می‌توانند باعث افزایش میزان مرگ و میر و یا بیماری‌های بسیار جدی شوند. براساس تعریف آژانس حفاظت محیط زیست (Environmental Protection Agency : EPA) *زباله‌های خطرناک به مواد زاید جامدی اطلاق می‌شود که بالقوه خطرناک بوده و یا اینکه پس از طی مدت زمانی موجبات خطر را برای محیط زیست، فراهم می‌کنند.* زباله‌های خطرناک معمولاً یکی از مشخصات قابلیت انفجار، احتراق، خوردگی، واکنش پذیری و سمی را دارا بوده و اغلب تحت عنوان مواد زاید رادیواکتیو، پس مانده‌های شیمیایی، زایدات قابل اشتعال، زایدات بیولوژیکی و مواد منفجره دسته بندی می‌شوند :

از منابع عمده زایدات بیولوژیکی، بیمارستان‌ها، آزمایشگاه‌ها و مراکز تحقیقات پزشکی هستند. زباله‌های بیمارستانی به دلیل آنکه حاوی زایدات پاتولوژیکی، مواد زاید رادیواکتیو، زایدات دارویی، مواد زاید عفونی، مواد زاید شیمیایی و بعضاً ظروف مستعمل تحت فشار هستند، از منابع عمده، زباله‌های خطرناک در شهرها محسوب می‌شوند. تکنولوژی جمع آوری، دفع و یا احیای این مواد در مقایسه با زباله‌های شهری و خانگی تفاوت بسیار دارد و باید جداگانه مورد توجه قرار گیرد.

۲-۴- زباله‌ها بیمارستانی

زباله‌های بیمارستانی شامل موادی هستند که با توجه به نوع کار و وظیفه در هر بخش بیمارستانی، متفاوت می‌باشند. مثلاً زباله بخش عفونی یا اطاق عمل، با مواد زاید آزمایشگاه یا بخش رادیولوژی، تفاوت محسوسی دارد و طبق یک بررسی، زباله بخش‌های مختلف بیمارستان‌ها به هفت گروه تقسیم می‌شوند (۴):

الف - زباله‌های معمولی بیمارستان

عموماً شامل زباله‌های مربوط به بسته بندی مواد و دیگر زباله‌های پرسنل شاغل در بیمارستان و خوابگاه‌های آنهاست.

ب - زباله‌های پاتولوژیکی

شامل بافت‌ها، ارگان‌ها، قسمت‌های مختلف بدن، پنبه‌های آغشته به خون و چرک و مواد دفعی بدن همچون نمونه‌های مدفوع و ادرار و غیره جزو این گروه از مواد زاید، محسوب می‌شوند.

ج - مواد زاید رادیواکتیو

شامل جامدات، مایعات و گازها بوده و در برخی از بخش‌ها و آزمایشگاه‌های بیمارستان‌ها وجود دارند که جمع آوری و دفع آن‌ها دارای خصوصیات ویژه‌ای است.

د - مواد زاید شیمیایی

شامل جامدات، مایعات و گازهای زاید می‌باشد که به وفور در بیمارستان‌ها وجود دارد، در بخش‌های تشخیص و آزمایشگاه‌ها حاصل نظافت و ضدعفونی بیمارستان، وسایل و ابزار تنظیف و ضدعفونی به انضمام داروها و وسایل دور ریختنی اطلاق عمل بخش دیگری از این فضولات را تشکیل می‌دهند. مواد زاید شیمیایی ممکن است خطرناک باشند. فضولات شیمیایی خطرناک در سه بخش زیر، طبقه‌بندی می‌شوند:

- **فضولات سمی:** این فضولات با PH کمتر از ۲ (به شکل اسیدی) و بالاتر از ۱۲ (به حالت قلیایی) در زباله‌های بیمارستانی وجود دارند. بخشی از داروهای اضافی و یا فاسد شده، جزو اینگونه فضولات به حساب می‌آیند

- **مواد قابل احتراق:** شامل ترکیبات جامد، مایع و گازی شکل

- **مواد واکنش دهنده و موثر:** در سایر فضولات که تا حدودی در زباله‌های بیمارستانی، قابل تشخیص هستند.

از فضولات شیمیایی بی‌خطر می‌توان قندها، اسیدهای آمینه و برخی از نمک‌های آلی و معدنی را نام برد. اسیدهای آمینه و نمک‌های شیمیایی نظیر نمک‌های سدیم، منیزیم، کلسیم، اسید لاکتیک، انواع اکسیدها، کربنات‌ها، سولفات‌ها و فسفات‌ها قسمتی از مواد زاید شیمیایی هستند.

ه - مواد زاید عفونی

این مواد، شامل چرم‌های پاتوژن در غلظت‌های مختلف هستند که می‌توانند به سادگی منجر به بیماری شوند. منشاء آن‌ها ممکن است پس‌مانده‌های آزمایشگاهی، جراحی و اتوپسی بیماران عفونی باشد. وسایل آغشته به چرم‌های عفونی در بیمارستان، شامل دستکش، وسایل جراحی، روپوش، لباس‌های بلند جراحی، ملحفه و غیره است. این زباله‌ها تقریباً ۱۰٪ کل زباله‌های بیمارستانی را تشکیل می‌دهند. از وسایل جراحی سرنگ‌ها، اره‌های جراحی، شیشه‌های شکسته، کاردهای کوچک جراحی و غیره را می‌توان در یک دسته بندی خاص منظور کرد.

و - مواد زاید دارویی

شامل داروهای پس مانده، محصولات جانبی درمان و داروهای فاسد شده یا مواد شیمیایی هستند که تا حدود زیادی در زباله‌های بیمارستانی وجود دارد.

ز - ظروف مستعمل تحت فشار

ظروفی مثل قوطی‌های افشانه (آئروسول)، گازهای کپسوله شده و غیره که اگر برای از بین بردن آن‌ها از دستگاه‌های زباله سوز، استفاده گردد موجب بروز خطر می‌شود زیرا در پاره‌ای از موارد دارای قابلیت انفجار هستند.

۳ - منبع تولید زباله‌های شهری

توجه به منابع تولید همراه با آگاهی از ترکیب و نرخ تولید زباله، اساس مدیریت مواد زاید جامد را تشکیل

می‌دهد. از بررسی‌های انجام شده در این زمینه چنین نتیجه‌گیری می‌شود که نوع زباله تولید شده در هر شهر و منطقه در ارتباط مستقیم سیستم فعالیت، اماکن تولید و نحوه زندگی مردم است. وجود قطب‌های صنعتی، ساخت و سازها و دیگر عوامل تولید زباله تاثیر اساسی مدفوع و ترکیبات مختلف مواد زاید جامد و در نتیجه سیستم‌های مدیریتی آن دارد (۳).

۴ - جمع آوری و حمل و نقل زباله‌های شهری

جمع آوری و حمل و نقل زباله یکی از مهمترین عملیات مدیریت مواد زاید جامد است. طبق محاسبات انجام شده حدود ۸۰ درصد کل مخارج مدیریت مواد زاید جامد مربوط به جمع آوری زباله است. که درصد بالایی از این مقدار مربوط به حقوق کارگران و نیروی انسانی است. به عبارت دیگر اکثریت مخارج سیستم مدیریت مواد زاید جامد فقط صرف حقوق و دستمزد می‌شود. به همین جهت اصلاح، بهینه‌سازی و مکانیزه کردن سیستم جمع آوری و حمل زباله، ضمن تسریع در عملیات، هزینه و نیروی انسانی کمتری را نیاز خواهد داشت. ذیلاً چند مورد از سیستم‌های مختلف جمع آوری و حمل و نقل زباله که هم اکنون در کشور ما رایج بوده و به عبارتی مناسب تشخیص داده شده است، به اختصار، بیان می‌شود.

الف - جمع آوری زباله از کیسه‌های پلاستیکی و یا بشکه‌های مستعمل که به عنوان ظروف نگهداری زباله مورد استفاده قرار گرفته و مبادرت به تخلیه آن‌ها در کامیون‌های زباله کش می‌گردد. این روش که در حال حاضر در اغلب شهرهای کشور انجام می‌گیرد. در صورتیکه در خطوط جمع آوری مناسب قرار گیرد یکی از روش‌های متناسب و مفید به حساب می‌آید.

ب - حمل زباله از منازل بوسیله گاری‌های دستی و انتقال مستقیم آن‌ها به کامیون‌های سرپوشیده. در این روش زباله‌های خانگی طبق برنامه‌های پیش بینی شده توسط کارگران نظیف شهری از منازل جمع آوری و بوسیله چرخ‌های زباله با حجم کافی به ایستگاه‌های مشخص شده در سیستم منتقل گردیده و مستقیماً در کامیون‌های زباله کش، بارگیری می‌شوند.

ج - جمع آوری زباله از منازل و مراکز تولید و انتقال آن به جایگاه‌های موقت شهری. استفاده از این روش عموماً در شهرهای قدیمی به علت وجود کوچه‌های تنگ و باریک، عدم دسترسی به ماشین آلات ویژه حمل و نقل و یا کمبود پرسنل نظیف، معمول است. در این روش زباله‌های خانگی بوسیله مامورین شهرداری با استفاده از چرخ‌های زباله که عموماً غیربهداشتی است به جایگاه‌های موقت حمل گردیده و بر روی هم تلبار می‌شوند تا بوسیله کامیون‌های زباله کش و یا هر وسیله دیگر به ترمینال‌های زباله و یا محل دفع حمل شوند.

د - کاربرد وانت‌ها در حمل و نقل زباله : استفاده از وانت‌های حمل زباله که طی چند سال اخیر در بسیاری از شهرهای کشور معمول گردیده روشی است که زباله مستقیماً از کوچه و خیابان‌های باریک برداشته شده و به ایستگاه‌های انتقال، حمل می‌گردد. توصیه صریح در استفاده از وانت‌ها منحصر به نواحی و محله‌هایی از شهر است که امکان تردد برای کامیون‌های بزرگتر نباشد.

ه - سیستم‌های جمع آوری زباله با کانتینرهای ثابت : (Stationary Container System : S.C.S)
در این روش کانتینرهای مستقر در اماکن تولید زباله بوسیله مردم و یا مامورین شهرداری بارگیری می‌شوند. سپس کامیون‌های ویژه حمل زباله، طبق برنامه از پیش تعیین شده به محل استقرار کانتینر حرکت نموده و پس از تخلیه زباله در مخزن خود، کانتینر را در محل اصلی مستقر می‌نمایند. زباله‌های تخلیه شده از کانتینرها به ایستگاه انتقال، ترمینال‌های زباله و یا محل‌های دفع منتقل می‌شوند (۲).

۴ - ۱ - ایستگاه‌های انتقال یا ترمینال‌های زباله

ایستگاه‌های انتقال یا ترمینال‌های زباله که عموماً در شهرهای بزرگ احداث می‌شوند فضاهای مسطح و حصارکشی شده‌ای هستند که در اصل برای بارگیری زباله از ماشین آلات کوچک به کامیون‌های بزرگ زباله کش مورد استفاده قرار می‌گیرند.

این تاسیسات زمانی بکار گرفته می‌شوند که محل دفع نهایی از محل جمع آوری زباله فاصله زیادی داشته باشد. در چنین شرایطی حمل مستقیم زباله با ماشین آلات کوچک و کم حجم از اماکن تولید به محل اصلی دفع غیر اقتصادی بوده و هزینه‌های گزافی را در بر خواهد داشت، کنترل کامل ایستگاه‌های انتقال زباله از نظر آلودگی، انتقال سریع زباله از محل به کمک روش‌های پیشرفته و نیز ترتیب فضای سبز و گل کاری الزامی خواهد بود.

۵ - کمیت زباله‌های شهری

آگاهی از کمیت زباله‌های شهری برای طراحی سیستم مدیریت مواد زاید جامد شهری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و بدون اطلاع از آن نمی‌توان پرسنل، ظرفیت و تعداد ماشین آلات مورد نیاز را محاسبه نمود. تاکنون برآوردهای مختلفی برای میزان تولید زباله‌های شهری ارائه شده است. مثلاً برای ایران نرخ تولید سرانه زباله حدود ۸۰۰ گرم برآورد شده که مسلماً در شهرهای مختلف متفاوت است.

باید توجه داشت که نرخ زباله به عوامل متعددی از قبیل موقعیت جغرافیایی محل، شرایط آب و هوایی، فصول سال، وجود یا عدم وجود سیستم بازیافت، آداب و رسوم، فرهنگ مردم، وضعیت اقتصادی، سطح آموزش و سطح بهداشت جامعه بستگی دارد که باید برای هر شهر به صورت جداگانه و اختصاصی محاسبه شود. نکته مهم اینکه از اعداد و ارقام به دست آمده در نقاط دیگر مستقیماً در طراحی سیستم مدیریت مواد زاید شهر مورد نظر می‌توان استفاده نمود.

۶ - روش‌های دفع زباله

روش‌های معمول که تاکنون برای دفع زباله بکار گرفته شده است شامل بازیافت، سوزاندن، دفن بهداشتی و تهیه کمپوست با استفاده از سیستم‌های سنتی، نیمه صنعتی و مدل‌های پیشرفته هوازی و غیرهوازی است. با توجه به موقعیت جغرافیایی و آب و هوایی شهرهای کشور و وجود زمین‌های بایر فراوان در اطراف شهرها و همچنین ویژگی‌های خاص زباله‌های شهری در ایران که بیش از ۷۰٪ آن‌ها را مواد آلی تشکیل می‌دهد،

روش‌های سوزاندن، کمپوست و دفن بهداشتی به صورتی که در ابتدا با اجرای سیستم‌های بازیافت از مبدأ تولید همراه باشد از اهمیت خاصی برخوردار است که ذیلاً به صورت خلاصه مورد بحث قرار می‌گیرد.

۶-۱ - سوزاندن (Incineration)

در ایران با توجه به کیفیت زباله‌های شهری که بهره‌وری بازیافت و کودسازی در آن‌ها زیاد است و نیز با عنایت به وجود زمین‌های بایر و فراوانی که در اطراف شهرها تناسب خاصی برای دفن بهداشتی زباله دارند، سرمایه‌گذاری در جهت احداث کارخانه‌های زباله سوز، توصیه نمی‌شود. اما از آنجا که آلودگی بیولوژیکی و عفونی زباله‌های بیمارستانی معمولاً بیش از انواع دیگر زباله است، کارشناسان، بهترین روش برای دفع زباله‌های مراکز درمانی را سوزاندن در کوره‌های زباله سوز، توصیه کرده‌اند. ضمناً محاسن و معایب سوزاندن زباله با دستگاه‌های زباله سوز به شرح زیر خلاصه می‌شود:

محاسن

- این روش موثرترین روش دفع زباله است که در مقایسه با سایر روش‌های دفع به زمین کمتری نیاز دارد. خاکستر باقیمانده به علت عاری بودن از مواد آلی و باکتری‌ها از نظر بهداشتی مخاطره آمیز نبوده و قابل دفن است.
- آب و هوا و تغییرات جوی تقریباً تأثیر مهمی در این روش ندارد.
- سوزاندن زباله در دستگاه‌های زباله سوز منافع جنبی نظیر استفاده از حرارت ایجاد شده برای گرم کردن بویلرها و در نتیجه تولید انرژی بهره دارد.

معایب

- این روش در مقایسه با سایر روش‌ها به سرمایه‌گذاری و هزینه اولیه بیشتری نیاز دارد.
- این روش ایجاد بو، دود و آلودگی هوا می‌نماید که عموماً مورد اعتراض مردم است.
- به پرسنل کارآموده و افراد مجرب برای بهره‌برداری و نگهداری از دستگاه‌های زباله سوز نیاز است.
- هزینه نگهداری و تعمیرات در این روش بیش از سایر روش‌های دفع زباله است.
- این روش برای دفع مواد زائد خطرناک نظیر مواد رادیواکتیو و مواد قابل انفجار روش مناسبی نیست (۵).

۶-۲ - کمپوست یا کود گیاهی

تهیه بیوکمپوست از فضولات شهری در مقایسه با سایر روش‌های دفع زباله، بخصوص سوزاندن، ارزان‌تر و اقتصادی‌تر است، بطوریکه در حوالی شهرها با سرمایه‌گذاری کمی می‌توان کود مناسبی جهت توسعه فضای سبز شهری و یا به منظور فروش تهیه نمود. یادآور می‌شود که به علت گنجایش نسبتاً زیاد تاسیسات تهیه کمپوست و نیز محدودیت حجم تولید و الزام به رعایت زمان تبدیل مواد آلی زباله به کمپوست، نمی‌توان کلیه زباله‌های شهری را به کود کمپوست تبدیل کرد، بلکه استفاده از روش‌های دیگر دفع زباله نظیر دفن بهداشتی نیز

یک مسئله اجتناب ناپذیر است. از آنجا که بیش از ۷۰٪ از زباله‌های شهری در ایران را مواد آلی تشکیل می‌دهند تولید بیوکمپوست می‌تواند بخوبی در صدر برنامه‌های بازیافت و دفع بهداشتی زباله در کشور ما قرار گیرد.

تعریف کلمه کمپوست - عبارت است از تجزیه کنترل شده مواد آلی در حرارت و رطوبت مناسب بوسیله باکتری‌ها، قارچ‌ها، کپک‌ها و سایر میکروارگانیسم‌های هوازی و یا غیر هوازی. کمپوست دارای درصد زیادی هوموس است. هوموس اصلاح کننده خاک بوده و باعث بهبود شرایط زندگی و عملکرد موجودات خاک می‌شود. نکته مهم اینکه هوموس حاوی مقدار زیادی مواد ازته می‌باشد که بتدریج در خاک آزاد شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (۴).

عوامل موثر در تهیه کود از زباله

- رطوبت توده کمپوست بایستی بین ۵۰ تا ۶۰ درصد باشد.
- تامین اکسیژن مورد نیاز برای تجزیه مواد (هوادهی).
- درجه حرارت مورد نیاز برای تجزیه مواد حدود ۶۰ درجه سانتی گراد است.
- همگن بودن مواد به منظور کنترل عمل تجزیه .
- تنظیم نسبت $\frac{C}{N}$ (این نسبت باید حدود ۳۰ باشد) .
- ابعاد و قطعات موادی که باید تجزیه گردند هرچه کوچکتر باشد، مجموع سطح آن‌ها بیشتر شده و در نتیجه سطح تماس آن‌ها با میکروارگانیسم افزایش می‌یابد.

اصول کار در تهیه کود از زباله، هوادهی متناوب موادی است که از آن‌ها کمپوست تهیه می‌شود. هوادهی علاوه بر تامین اکسیژن مورد نیاز برای تجزیه مواد، باعث افزایش درجه حرارت، کنترل مگس و بوهای ناهنجار و در نهایت تسریع در عمل تجزیه مواد می‌شود. در تهیه کود از زباله، دفع مواد غیر قابل کمپوست، جداسازی مواد غیرقابل کمپوست، میزان نیاز به کمپوست، و نحوه کاربرد آن، تولید بو و کنترل آن، جنبه‌های بهداشتی و قیمت تمام شده کمپوست همگی فاکتورهایی هستند که باید به دقت مورد توجه قرار گیرند.

۶-۳ - دفن بهداشتی زباله

دفن بهداشتی زباله عبارت است از انتقال مواد زاید جامد به محل ویژه دفن آن‌ها در دل خاک بنحوی که خطری متوجه محیط زیست نشود. دفن بهداشتی، یک روش موثر و ثابت شده برای دفع دائم مواد زاید است. در هر منطقه‌ای که زمین کافی و مناسب وجود داشته باشد، روش دفن بهداشتی می‌تواند بخوبی مورد استفاده قرار گیرد. این روش متداول ترین روش دفع زباله در جهان است. عملیات دفن بهداشتی زباله شامل چهار مرحله زیر است:

- ریختن زباله در یک وضع کنترل شده
- پراکندن و فشردگی زباله در یک لایه نازک برای حجم مواد (به ضخامت حدود ۲ متر)

- پوشاندن مواد با یک لایه خاک به ضخامت حدود ۲۰ سانتی متر
- پوشش لایه نهایی زباله به ضخامت حدود ۶۰ سانتی متر با خاک

دفن بهداشتی زباله یک روش کاملاً قابل قبول و مطمئن برای دفع زباله‌های شهری است و به عنوان یک جایگزین در مقابل تلبار کردن زباله مطرح است. پوشاندن مواد در دفن بهداشتی زباله به طور موثر از تماس حشرات، جوندگان، حیوانات دیگر و پرندگان با زباله‌ها جلوگیری به عمل می‌آورد. لایه پوششی خاک همچنین از تبادل هوا و مواد زاید جلوگیری کرده و مقدار آب سطحی را که ممکن است به داخل محل دفن نفوذ کند به حداقل می‌رساند. ضخامت لایه خاکی که برای پوشش روزانه مواد به کار می‌رود بایستی حداقل ۱۵ سانتی متر و پوشش نهایی خاک در روی شیارهای زباله ۶۰ سانتی متر باشد تا از نظر ایجاد و یا نشت گازهای تولیدی در اعماق و یا سطح زمین کنترل لازم به عمل آید.

۳-۶-۱ - انتخاب محل دفن زباله

انتخاب زمین مورد نیاز مناسب برای دفن زباله‌های شهری، مهمترین عمل در دفن بهداشتی محسوب می‌شود که باید با دقت کافی و همکاری ادارات و موسساتی چون حفاظت محیط زیست، بهداشت محیط، سازمان آب منطقه‌ای، سرچنگلداری، کشاورزی و منابع طبیعی و نیز با تشریح مساعی شهرداری‌ها انجام شود. محل دفن بهداشتی زباله باید حداقل به مدت ۲۵ سال محاسبه شده و در جهت توسعه شهر نباشد. این امر هم از نظر ایجاد ترافیک ناشی از رفت و آمد کامیون‌های زباله کش و هم از نظر مسائلی که در اجرای عملیات در محل دفن مورد توجه است، حائز اهمیت است. انتخاب نوع زمین برای طراحی دفن بهداشتی زباله و عملیات بهره برداری و نیز ابزار مورد نیاز تاثیر بسیار مستقیمی در این مورد دارد. بطور خلاصه فاکتورهای مهمی که در انتخاب محل دفن زباله باید مورد توجه قرار گیرند، عبارتند از توجه به بهداشت و سلامت عمومی، سطح زمین مورد نیاز، توپوگرافی منطقه، مطالعات هیدرولوژی و زمین شناسی جایگاه، قابلیت دسترسی به خاک پوششی مناسب، قابلیت دسترسی به محل دفن، فاصله شهر تا محل دفن، رعایت جهت بادهای غالب، زهکشی محل دفن، هزینه‌ها و استفاده‌های آتی از زمین و توجه خاص هر طرح جامع توسعه شهری.

۳-۶-۲ - روش‌های مختلف دفن بهداشتی زباله

روش‌های مختلف دفن بهداشتی زباله بر حسب موقعیت جغرافیایی، سطح آبهای زیر زمینی و میزان خاک قابل دسترس جهت پوشش زباله بسیار متفاوت است. قابل ذکر است که توضیح کامل یکایک این روش‌ها از حوصله این گفتار، خارج بوده و تنها با شرح کلی روش‌های مسطح، سرایشی، ترانشه‌ای اکتفا می‌گردد. توضیح کامل این روش‌ها و یا سیستم‌های دیگر دفن بهداشتی زباله در کتب و مراجع مربوطه موجود است (۶).

الف - روش دفن بهداشتی به صورت مسطح (Area Method)

از این روش در موقعی استفاده می‌شود که زمین برای گودبرداری، مناسب نباشد در این روش زباله‌ها بعد

از تخلیه به صورت نوارهای باریکی به ضخامت ۷۵-۴۰ سانتی متر در روی زمین تسطیح گردیده و لایه‌های زباله فشرده می‌شوند تا ضخامت آن‌ها به ۳۰۰-۱۸۰ سانتی متر برسد. از این مرحله به بعد روی لایه‌های آماده شده قشری از خاک به ضخامت ۳۰-۱۵ گسترده و فشرده می‌شوند.

ب - روش سرایشی (Ramp Method)

اغلب در مواردیکه مقدار کمی خاک برای پوشش زباله در دسترس باشد از روش سرایشی استفاده می‌نمایند. اصولاً مساعدترین منطقه برای عملیات دفن بهداشتی زباله در این روش، مناطق کوهستانی با شیب کم است، که خوشبختانه به وفور در کشور ما یافت می‌شود. در این عملیات جایگزینی و فشردن مواد طبقه روش قبلی صورت گرفته و خاک لازم برای پوشاندن زباله از قسمت‌های دیگر محل تامین می‌گردد.

ج - روش ترانشه‌ای یا گودای (Trench Method)

این روش در مناطقی که خاک به عمق کافی در دسترس بوده و سطح آب‌های زیر زمینی به کفایت پایین است مورد استفاده قرار می‌گیرد. بدین ترتیب ترانشه‌هایی بطول ۳۰-۱۲، عمق ۴-۱ و عرض ۱۵-۴/۵ متر حفر می‌شود. از این پس زباله در ترانشه‌هایی که از قبل آماده شده است تخلیه گردیده و به صورت لایه‌های نازکی که معمولاً بین ۲۰۰-۱۵۰ سانتی متر است فشرده می‌گردد.

ارتفاع این لایه‌ها بایستی حداکثر ۲/۵-۲ متر رسیده و در صورت لزوم با قشری از خاک به ضخامت ۳۰-۱۰ سانتی متر پوشیده شوند.

۷ - بازیافت مواد

یکی از مهمترین اهداف در پردازش مواد زاید جامد، بازیافت و جداسازی ترکیبات با ارزش از داخل زباله و تبدیل آن به مواد اولیه می‌باشد. امروزه تکنیک‌های مختلفی در جهان برای تفکیک و جداسازی اجزای ترکیبی مواد زاید جامد توسعه یافته‌اند که از مهمترین این تکنیک‌ها می‌توان به دو روش عمده تفکیک از مبدأ تولید و تفکیک در مقصد که ذیلاً به آن پرداخته خواهد شد، اشاره کرد:

الف - تفکیک از مبدأ تولید

روش جداسازی و تفکیک در مبدأ یکی از مهمترین و کم هزینه ترین روش‌های جداسازی و تفکیک مواد زاید، محسوب می‌شود.

در این روش، زایدات قابل بازیافت پس از جداسازی در منزل جهت ذخیره سازی به ظروف ویژه‌ای که بدین منظور در محیط‌های مسکونی، نصب گردیده‌اند، منتقل و سپس توسط سرویس‌های ویژه و منظم از محل تولید به محل تبدیل، حمل می‌گردند. یکی از محسّنات این روش عدم اختلاط و آلودگی مواد زاید قابل بازیافت با هم و در نتیجه عدم نیاز به ضد عفونی و شستشوی مضاعف و همچنین صرف هزینه‌های مازاد است.

ب - تفکیک در مقصد

روش جداسازی و یا تفکیک در مقصد نیز یکی دیگر از روش‌های بازیافت و جداسازی مواد زاید به حساب می‌آید. در این روش زایدات قابل بازیافت پس از ورود به مراکز انتقال و یا دفع به توسط روش سنتی و با صرف نیروی انسانی و یا توسط انواع سیستم‌های مکانیزه همانند سرنده، آهن ربا، تونل باد و . . . از داخل مواد تفکیک و جداسازی می‌گردند. بطور کلی هر کارخانه بازیافت و تبدیل مواد زاید جامد از سه قسمت اساسی زیر تشکیل شده است:

۱ - قسمت دریافت مواد

۲ - قسمت جداسازی

۳ - قسمت آماده سازی محصول و تولید

از نظر کلی تمام موادی را که مصرف کنندگان به دور می‌ریزند می‌توان بازیابی کرد. در عمل بین کمیت و کیفیت این مواد تفاوت وجود دارد. موادی که برای بازیابی و برگشت به صورت مواد اصلی نامناسب هستند موادی می‌باشند که عناصر تشکیل دهنده آن‌ها بسیار متفاوت بوده و نامرغوب می‌باشند. از اینرو مدیریت مواد زاید جامد با دارا بودن اهداف مشخص در مورد مقداری از زباله که باید بازیابی شده و یا به روش‌های دیگر دفع تحویل گردد، قادر به ارائه سیستم مشخصی از بکارگیری و استفاده مجدد این مواد خواهد بود. با توجه به میزان مواد تشکیل دهنده زباله، میزان بازیافت آن‌ها نیز در هر کشوری بر حسب سیاست گذاری‌ها و وضعیت اقتصادی و نیاز به منابع تفاوت دارد (۷).

در کشور ما با وجود ۲۰ درصد مواد بازیافتی از قبیل کاغذ، کارتن، پلاستیک، شیشه و فلزات و نیز حدود ۷۰ درصد مواد قابل کمپوست اتخاذ سیستم بازیافت از مبدأ یک تحول اساسی در مدیریت مواد زاید جامد خواهد بود. قابل ذکر است که در حال حاضر بازیافت از زباله‌های بیمارستانی و مراکز بهداشتی ممنوع می‌باشد.

۸ - راه کارهای اساسی ویژه بهینه سازی مدیریت مواد زاید جامد شهری

در این زمینه انجام مدیریت صحیح مواد زاید جامد و از آن جمله توجه به تولید زباله کمتر در محور بازیافت از مبدأ تولید، جمع آوری و دفع صحیح اینگونه مواد که در واقع ارکان اصلی بهینه سازی این مدیریت را تشکیل می‌دهد از ضروریات امر است. توجه به رفاه پرسنلی، تهیه قانون صحیح و عاری از نقص مدیریت پس مانده‌ها، وابستگی به خارج از جمله مواردی است که می‌بایستی در برنامه مدیریت زایدات شهری کشور مدنظر قرار گیرد. بدین ترتیب آنچه مسلم است بهره گیری از تجربه‌های کسب شده شهرداری‌های کشور طی سال‌های اخیر می‌باشد که قادر است با توجه به محاسن و معایب آن راهکارهای اساسی و خطوط اصلی روند این مدیریت را در سال‌های آتی ترسیم نماید. به منظور احتراز از اطاله کلام، مواردی چند از راهکارهای اساسی را که قطعاً در بهینه سازی مدیریت زایدات شهری کشورمان ایران، موثر است به شرح زیر خلاصه نموده، امید است در برنامه‌های ویژه بهداشت و محیط زیست کشور مورد توجه قرار گیرد.

• انجام مطالعات لازم جهت بررسی وضعیت جمع آوری و دفع زباله در شهرهای مختلف کشور با توجه

خاص بر اصول تولید زباله کمتر

- تهیه مقدمات تدوین، ارائه و تصویب قوانین و استانداردهای لازم در این زمینه با توجه خاص بر مواد زاید سمی و خطرناک بویژه زباله مراکز بهداشتی درمانی کشور
- برگزاری سمینارها و آموزش‌های لازم جهت کادر خدمات شهری در شهرداری‌های کشور
- تامین اعتبارات لازم جهت بهبود بهداشت محیط شهرها از طریق وزارت کشور بویژه توسعه صنایع بیوکمپوست
- انجام اقدامات اساسی در جهت تامین ماشین آلات مورد نیاز به منظور مکانیزه نمودن روش‌های جدید جمع آوری و دفع مواد زاید
- انجام هماهنگی‌های لازم جهت تامین اعتبارات مورد نیاز جهت احداث کارخانه‌های بیوکمپوست و بازیافت از مبدأ تولید از طریق سیستم بانکی کشور
- تهیه دستورالعمل‌ها و بخشنامه‌های لازم جهت بهبود مدیریت مواد زاید جامد و جلوگیری و ممانعت از بازیافت غیر بهداشتی مواد زاید در شهرها

خلاصه

کنترل مواد زاید جامد و از جمله زباله‌های سمی و خطرناک که بخشی از آنرا زباله‌های بیمارستانی تشکیل می‌دهد یک امر اجتناب ناپذیر در مدیریت زایدات شهری است. همه روزه وجود هزاران تن زباله در شهرهای مختلف کشور با همه تنوعی که از نظر آلودگی دارند مسئله ایست که با توجه به افزایش جمعیت و توسعه صنعت و تکنولوژی می‌بایستی در صدر برنامه‌های بهداشت و محیط زیست کشور قرار گیرد. بدین لحاظ و با توجه به اهمیت مسئله در این مقوله ابتدا مواردی چند از خطرات بهداشتی، نوع و میزان زباله و سپس سیستم‌های جمع آوری و دفع، مورد توجه قرار می‌گیرد. در روش‌های دفع زباله سیستم‌های کمپوست بازیافت از مبدأ و دفع بهداشتی هرچند به صورت مختصر لکن با اهمیت خاصی توضیح داده شود. نکته قابل ذکر در این است که مطالب منتخب در این مجموعه با توجه به محدودیتی که وجود دارد به صورت کاملاً اختصار بیان گردیده و به علاقمندان توصیه می‌شود که در صورت نیاز به منابع علمی ذکر شده در این مبحث مراجعه فرمایند.

آلودگی هوا و اثرات آن

فهرست مطالب

اهداف درس :	.....
مقدمه :	.....
تاریخچه و حوادث تاریخی آلودگی هوا.....	.....
حادثه دره میوزبلژیک .....	.....
(۲) دونوراپنسیلوانیا - آمریکا .....	.....
(۳) لندن .....	.....
تقسیم بندی آلاینده‌های هوا .....	.....
از نظر منشاء .....	.....
از نظر اثرات فیزیولوژیکی .....	.....
منابع آلودگی هوا .....	.....
نمونه برداری و اندازه گیری آلودگی هوا.....	.....
اثرات آلودگی هوا .....	.....
مونوکسید کربن و اثرات آن .....	.....
اکسیدهای ازت .....	.....
اوزن و سایر اکسیدان‌های فوتوشیمیایی .....	.....
ترکیب آلی فرار .....	.....
دی اکسید گوگرد.....	.....
ذرات معلق .....	.....
آلودگی هوا و سرطان .....	.....
خطر ابتلاء به سرطان ریه ناشی از ترکیبات مختلف حاصل احتراق .....	.....
استانداردهای هوای آزاد به صورت راهنما برای اروپا .....	.....
.....:

آلودگی هوا و اثرات آن

دکتر منصور غیاث الدین

دانشگاه علوم پزشکی تهران

اهداف درس

انتظار می‌رود فراگیرنده، پس از گذراندن این درس، بتواند :

- به تاریخچه آلودگی هوا اشاره نماید
- آلودگی هوا را تعریف کند
- منابع آلودگی هوا را بیان کند
- اثرات هوا بر سلامت جامعه را شرح دهد
- ارتباط آلودگی هوا و سرطان را توضیح دهد
- استانداردهای هوای آزاد را توضیح دهد

واژه‌های کلیدی

آلودگی، هوا، سوخت‌های فسیلی، صنعت، بیماری

مقدمه

از زمان برپایی آتش، آلودگی هوا با انسان بوده است ولی در دوران‌های مختلف به جنبه‌های متفاوتی از آلودگی اهمیت داده شده است. در مقیاس کوچک آلودگی‌های محلی که اثراتی از مزاحمت‌های ساده تا بیماری‌های خطرناک و دیرعلاج را باعث می‌شوند مورد توجه می‌باشند و در حد جهانی مسائلی مثل تخریب لایه اوزن، باران‌های اسیدی و گرمایش زمین مورد توجه و بحث است. منشاء آلودگی‌های هوا در اوایل انقلاب صنعتی عمدتاً صنایع و سوخت زغال سنگ بوده است و در قرن بیستم و بیست و یکم مسئولیت آلودگی هوا در شهرها با حمل و نقل درون شهری می‌باشد. سوخت‌های فسیلی در حمل و نقل صنعت از یک طرف و فرآیندهای صنعتی با

مصرف مواد خام و محصولات تولیدی از طرف دیگر از عوامل عمده آلودگی‌های دست ساز می‌باشند. در این گفتار مختصری از تاریخچه حوادث مهم آلودگی هوا، طبقه بندی، اثرات و استانداردهای آلاینده‌های مهم هوا مورد بحث قرار خواهند گرفت.

تاریخچه و حوادث تاریخی آلودگی هوا

در قرن ۶۱ میلادی فیلسوف رومی به نام سِنِکا (Seneca) در گزارشی از وضعیت رم می‌گوید: "وقتی من از هوای سنگین رم و بوهای بد دودکش‌ها که می‌چرخیدند و بخارات بیماری زا و دوده را به هوا می‌ریختند خارج شدم احساس تغییر در حالت خود نمودم" (۱) وقتی که آلودگی هوا در کاخ تاتبری (Tutbury Castle) در ناکینگ‌هام برای الینور همسر هنری دوّم غیرقابل تحمل بود، تغییر مکان داد. ۱۶۰ سال بعد سوخت زغال سنگ در لندن ممنوع شد بطوری که در سال ۱۳۰۰ میلادی ادوارد اوّل فرمانی صادر کرد که در آن گفته شده است: "تمام کسانی که صدای مرا می‌شنوند آگاه باشند که اگر به علت سوزاندن زغال مقصر شناخته شوند سر خود را از دست خواهند داد" در سال ۱۶۶۱ جان اولین (John Evelyn) در بروشوری با عنوان فومی فوجیوم (Famifugium) که در سال ۱۷۷۲ منتشر شد راه‌حلهایی را برای کاهش آلودگی‌های هوا پیشنهاد کرد که بسیاری از آنها هنوز کاربرد دارند (۲). مسائل و مشکلات آلودگی در دوران‌های انقلاب صنعتی، شروع قرن بیستم تا ۱۹۲۵ و از ۱۹۲۵ به بعد متفاوت بوده است.

در دوره بعد از ۱۹۲۵ جهان شاهد چند حادثه مهم آلودگی هوا بوده است که جهت مثال و برای بیشتر روشن شدن موضوع به نمونه‌هایی از آن اشاره می‌شود.

(۱) حادثه درّه میوز بلژیک

در روز اول دسامبر ۱۹۳۰ به علت وجود وارونگی هوا و تراکم آلاینده‌های خروجی از صنایع، اسید سولفوریک، شیشه سازی و تهیه روی، ۶۰ نفر انسان و تعداد زیادی گاو و گوسفند تلف شدند. البته حالت وارونگی حدود ۵ روز طول کشیده و بیشتر مرگ و میرها در روزهای چهارم و پنجم دسامبر گزارش شده است. غلظت SO₂ هوا طی روزهای فوق، تا ۳۸ قسمت در میلیون بوده است.

(۲) دونورا پنسیلوانیا - آمریکا

از ۳۱ اکتبر ۱۹۴۸ حالت پایدار برفراز شهر دونورا مستقر گردید و تراکم آلاینده‌ها که عمدتاً از صنایع فولاد ناشی می‌شوند باعث بیماری ۶۰۰۰ نفر از جمعیت ۱۲ هزار نفری شهر شد که تعدادی هم بستری شدند. مرگ و میرها در این حادثه مشخص نشده است.

(۳) لندن

مه - دود (اسماگ) ۵ تا ۹ دسامبر ۱۹۵۲ لندن از معروفترین حوادث ناگوار آلودگی هوا است که طی آن روزها حدود ۴۰۰۰ نفر اضافه مرگ و میر به علت آلودگی هوا گزارش شده است. در این حادثه نیز که تراکم ذرات

و انیدرید سولفورو به علت پدیده وارونگی هوا افزایش یافته بود، مسئول مرگ و میرها شناخته شده است. در کلیه موارد فوق و سایر حوادث مشابه بیشتر قربانیان افراد مُسن، بیماران ریوی و اطفال خردسال بوده‌اند. شرح بیشتر در مورد این حوادث را می‌توانید در اکثر کتاب‌های آلودگی هوا، از جمله کتاب آلودگی هوا، ترجمه دکتر غیاث الدین، انتشارات دانشگاه تهران مطالعه فرمایید.

این حوادث و حوادث مشابه در نیویورک، لوس آنجلس، پوزاریکای مکزیک و غیره منجر به وضع قوانین، مقررات و استانداردهایی شد که از آن زمان تا به حال چندین بار تجدید نظر شده است و در پایان این مبحث استانداردهای منتشره در سال ۱۹۹۸ سازمان جهانی بهداشت درج خواهد شد. سابقه قانون‌گذاری در ایران از سه دهه تجاوز نمی‌کند. ولی آخرین قانون در سال ۱۳۷۴ به تصویب مجلس شورای اسلامی رسید که آیین نامه اجرایی آن پس از ۵ سال در شهریور ۱۳۷۹ به تصویب هیئت وزیران رسید و ابلاغ گردید.

طبقه بندی آلاینده‌های هوا

آلاینده‌های هوا را به چند طریق تقسیم کرده‌اند که از آن جمله می‌توان به تقسیم از نظر منشاء آلودگی که اولیه و ثانویه می‌باشد و تقسیم از نظر اثرات فیزیولوژیکی نام برد.

از نظر منشاء

آلاینده‌های اولیه آنهایی هستند که به همان شکل و ترکیبی که از منبع تولید خارج شده‌اند در هوا وجود دارند و آلاینده‌های ثانویه معمولاً از ترکیب آلاینده‌های اولیه تحت تاثیر اشعه خورشید تولید می‌شوند. اولیه مانند SO_2 ، CO ، HC و ثانویه مثل اسماگ فوتوشیمیایی، اوزن و قسمت عمده NO_2 .

از نظر اثرات فیزیولوژیکی

به ۵ گروه عمده تقسیم می‌شوند که عبارتند از:

- ۱) خفه کننده‌ها شامل خفه کننده‌های ساده مانند CO_2 ، متان و سایر گازهای خنثی که با رقیق کردن اکسیژن محیط (محیط‌های بسته) باعث خفگی می‌شوند و خفه کننده‌های ترکیبی که به علت ترکیب با آنزیم‌ها و ارگان‌های بدن ایجاد خفگی می‌کنند مانند CO
- ۲) تحریک کننده‌ها شامل تحریک کننده‌های مجاری فوقانی تنفسی (SO_2) و مجاری تحتانی تنفسی (NO_2) می‌شوند
- ۳) سموم سیستمیک که با حمله به ارگان‌ها باعث بیماری عضوی از بدن می‌گردند مثل ترکیبات جیوه، سرب، هیدروکربن‌های آروماتیک
- ۴) ترکیبات مخدّر و بیهوش کننده که روی اعصاب اثر می‌گذارند مثل هیدروکربن‌های ایفاتیک کلره
- ۵) مواد سرطان‌زا - بنزپیرن، بنزن، هیدروکربن‌های عطری چند هسته‌ای.

منابع آلودگی هوا

منابع انتشار آلاینده‌های هوا را به دو گروه ثابت و متحرک تقسیم کرده‌اند. گروه ثابت همانطور که از اسم آن‌ها پیداست شامل صنایع، نیروگاه‌ها و مراکز تجاری و مسکونی می‌شود و منابع متحرک انواع وسایل نقلیه از موتور سیکلت تا هواپیما و کشتی را شامل می‌گردد.

آلودگی هوا در صنایع هم به علت مصرف سوخت است و هم نوع فرآیند، در حالیکه در منابع متحرک عمدتاً حاصل احتراق سوخت بوده و به صورت گازهای آلاینده و یا ذرات، وارد هوا می‌شود. مقدار آلودگی تولید شده از منبع را با وزن آلودگی به واحد وزن مواد خام مصرفی یا محصول تولیدی بیان می‌کنند و به آن ضریب انتشار می‌گویند.

ضریب انتشار برای آلاینده‌های مهم بعضی منابع بدون وسیله کنترل به شرح جدول‌های شماره ۱ و ۲ می‌باشد.

جدول ۱ - ضریب انتشار مواد نفتی بر حسب کیلوگرم آلودگی برای ۱۰۰۰ لیتر سوخت

VOC	NO _x	Co	So ₃	So ₂	ذرات	دیگ بخار
۰/۰۹	۸	۰/۶	۰/۴۳ S	۱۹ S	۱/۲۵۵	سوخت مازوت برای نیروگاه‌ها
۰/۰۳۴	۶/۶	۰/۶	۰/۲۴ S	۱۹ S	۱/۲۵۵	مازوت صنعتی
۰/۰۲۴	۲/۴	۰/۶	۰/۲۴ S	۱۷ S	۰/۲۴	گازوئیل صنعتی
۰/۱۴	۶/۶	۰/۶	۰/۲۴ S	۱۹ S	۱/۲۵۵	مازوت تجاری
۰/۰۴	۲/۴	۰/۶	۰/۲۴ S	۱۷ S	۰/۲۴	گازوئیل تجاری
۰/۰۸۵	۲/۲	۰/۶	۰/۲۴ S	۱۷ S	۰/۳	نفت و گاز خانگی

S = درصد گوگرد موجود در سوخت

در صنایع، علاوه بر آلاینده‌های ناشی از سوخت و مواد خام، تولیدات میانی و محصول نهایی هم وارد هوا می‌شود (۳) مثلاً در صنعت آلومینیوم، فلوراید و ذرات هیدروکربن چند هسته‌ای عطری تولید می‌شوند. در صنایع فلزی، سرب وارد هوا می‌شود و از زباله سوزها، فلزات سنگین مثل کادمیوم و ترکیبات خطرناک دی اکسین و فورین منتشر می‌شوند. نوع آلاینده و ضرایب انتشار برای صنایع با شناخت و بررسی فرآیند و در نهایت اندازه‌گیری امکان پذیر می‌باشد.

نمونه برداری و اندازه گیری آلودگی هوا

نمونه برداری آلودگی هوا هم از منابع و هم هوای آزاد صورت می‌گیرد و برای این کار روش استاندارد وجود دارد که در صورت نیاز توصیه می‌شود به کتاب‌های Standard Method, ASTM و کتاب‌های Text آلودگی هوا مراجعه شود. برای آنالیز شیمیایی نیز روش‌های الکترونیک، نورسنجی و کاملاً اتوماتیک و دقیق و

همچنین روش‌های ساده دستی که مورد تایید ASTM می‌باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جدول ۲ - ضرایب انتشار برای اتومبیل و کامیون

کامیون		اتومبیل		
دیزل G/km	جرقه‌ای G/km	کاهش در اتومبیل جدید (%)	ساخت قبل از ۱۹۶۸ G/km	آلودگی
۱۲	۷	۷۵	۲/۵	NOx
۱۷	۱۵۰	۹۵	۶۵	CO
۳	۱۷	۹۰	۱۰	هیدروکربن نسوخته
۰/۵	خیلی کم	۴۰	۰/۵	ذرات

اثرات آلودگی هوا

مقدمه

اثرات مضر آلودگی هوا بر سلامت انسان، حیوان و گیاهان و همچنین تخریب مواد و آثار فرهنگی موضوع بررسی و مطالعات زیادی بوده است. طی چند دهه اخیر مساله باران‌های اسیدی لایه اوزن و گرمایش زمین و پیامدهای آن بر اکوسیستم و در نهایت انسان، نیز مورد مطالعه و بحث دانشمندان قرار گرفته است. به قول A.V. Kneese (۴) در خصوص آلودگی هوا، تقریباً در همان وضعی هستیم که ماهی‌ها در آب آلوده، از آنجا که عوامل زیادی در ارتباط بین آلودگی هوا و سلامت انسان موثرند اثبات اثرات آلودگی هوا بر سلامت انسان مشکل خواهد بود. با این حال اطلاعات زیادی وجود دارد که می‌توان به آن‌ها استناد کرد. مطالعات اپیدمیولوژی در جریان حوادث ناگوار لندن، دونورا و غیره، مطالعات انجام شده در محیط‌های کار و مطالعات روی حیوانات آزمایشگاهی بسیاری از اثرات نامساعد آلودگی هوا بر سلامت انسان را به خوبی نشان داده است. البته در این موارد عمدتاً غلظت‌های غیر معمول آلودگی مطرح بوده‌اند. در سال‌های اخیر نیز مطالعاتی در بعضی از شهرهای بزرگ و آلوده انجام گرفته و به روابطی بین غلظت آلودگی به خصوص در مورد ذرات معلق و میزان مرگ و میر دست یافته‌اند که در ادامه به آن‌ها اشاره خواهد شد.

مونوکسید کربن و اثرات آن

مونوکسید کربن با فرمول CO وزن مولکولی ۲۸/۰۱ نقطه ذوب ۲۰۷ درجه سانتیگراد و نقطه جوش ۱۹۲ درجه سانتیگراد، گازی است بی‌رنگ و بی‌بو که حاصل احتراق ناقص زغال و سوخت‌های فسیلی است.

حد طبیعی آن در هوا ۰/۰۱ تا ۰/۲ قسمت در میلیون (حجمی) است. در مناطق شهری معمولاً زیر ۱۷ قسمت در میلیون است ولی در شهر تهران در ساعات ترافیک و بعضی مناطق برای کوتاه مدت تا ۵۰ PPM و حتی بیشتر هم گزارش شده است. در محیط‌های بسته و کارگاه‌ها غالباً از ۱۰۰ پی پی ام هم تجاوز می‌نماید. مونوکسید کربن چهار نوع اثر مهم بر اعمال فیزیولوژیکی انسان دارد :

(۱) اثرات قلب و عروق

(۲) رفتارهای عصبی

(۳) اثر Fibrinolysis

(۴) اثر بر جنین

هیپوکسی که بوسیله مونوکسید کربن ایجاد می‌شود منجر به نارسایی در اعمال حسی و عضلات مثل مغز، قلب، جدار داخلی عروق خونی و پلاکت‌ها می‌شود.

با توجه به اینکه میل ترکیبی مونوکسید کربن با هموگلوبین خون حدود ۲۲۰ برابر بیشتر از اکسیژن است، در محیط‌های آلوده کربوکسی هموگلوبین خون به سرعت افزایش می‌یابد. در جوانان با رسیدن کربوکسی هموگلوبین خون به ۵٪ ظرفیت اکسیژن گیری بدن پایین آمده و اثرات آن روی قلب به وضوح نشان داده شده است. در جدول ۳ و ۴ اثر روی سلامت انسان که در اثر تماس با غلظت‌های مختلف CO و افزایش کربوکسی هموگلوبین بوجود می‌آید، مشاهده می‌شود.

جدول ۳ - اثرات بهداشتی مونوکسید کربن

مقدار (PPM)	مدت تماس	اثرات
۹	۸ ساعت	حد استاندارد ملی
۵۰	۶ هفته	تغییر در ساختار قلب و مغز حیوانات
۵۰	در ۵۰ دقیقه	تغییر در دید و شفافیت نسبی
۵۰	۸ تا ۱۲ ساعت	اختلالات عصبی

در مورد رابطه بین غلظت مونوکسید کربن هوا و کربوکسی هموگلوبین خون مدل‌های زیادی ارائه شده است. رابطه Haldane غلظت کربوکسی هموگلوبین خون را با غلظت CO در هوا نشان می‌دهد (۵) :

که $\frac{COHb}{O2Hb} = M \times \frac{PCO}{PO2}$ و COHb و O2Hb به ترتیب غلظت‌های کربوکسی هموگلوبین و اکسی هموگلوبین

در خون هستند و PCO و PO2 فشار جزئی CO و O2 در هوا و M عدد ثابت معمولاً ۲۱۰ می‌باشد.

COHb و O2Hb غلظت‌های اکسی هموگلوبین و کربوکسی هموگلوبین هستند که معمولاً به صورت

جدول ۴ - اثرات افزایش کربوکسی هموگلوبین خون

غلظت	اثرات COHb%
< ۱	بدون اثر محسوس
۱-۲	بعضی شواهد در رفتار
۲-۵	اثر روی اعصاب مرکزی و اختلال در تشخیص فواصل زمانی
۵-۱۰	عدم تشخیص روشن و سایر اعمال Psychomotor
۱۰-۸۰	سر درد شدید، خستگی، گیجی، کما، قطع تنفس و مرگ

درصد نسبت به اشباع بیان می‌شوند و M عدد ثابت، معمولاً برابر ۲۱۰ می‌باشد که نشان می‌دهد میل ترکیبی CO حدود ۲۱۰ برابر O₂ است و PCO و PO₂ فشار جزئی یا غلظت CO و O₂ در هوا می‌باشند مثلاً اگر غلظت CO در هوا به ۱۰۰ پی پی ام برسد نسبت COHb به Hb₂O معادل ۰/۱ یا ۱۰ درصد خواهد رسید. در فرمول تغییر یافته Chovin که به صورت درصد داده شده است:

$$\text{COHb} = 0/096C - 0/28$$

که اگر میانگین غلظت چهار ساعته CO برابر ۱۰۰ پی پی ام باشد، کربوکسی هموگلوبین خون به ۹/۳۲ خواهد رسید که نزدیک به عدد قبلی است.

در مدل‌های فوق زمان تماس ۸ ساعت در نظر گرفته شده است. ضمناً Peterson و Stewart مطالعه‌ای روی تعداد جوان داوطلب با غلظت‌های متفاوت CO (> ۱، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی پی ام) برای مدت زمانی از ۳۰ دقیقه تا ۲۴ ساعت (کمتر از زمان لازم برای رسیدن به تعادل) انجام دادند و COHb خون افراد را مرتباً اندازه‌گیری نمودند و در نتیجه به فرمول زیر رسیدند:

$$\text{Log}\% \text{COHb} = 0/85753 \text{ Log}C + 0/62995 \text{ Log}t - 2/29519$$

که در آن CO برحسب پی پی ام و t مدت تماس بر حسب دقیقه می‌باشد. همانطور که در این معادله ملاحظه می‌شود زمان تماس به عنوان عامل موثر در جذب CO و تشکیل کربوکسی هموگلوبین مورد توجه قرار گرفته است (۵).

اکسیدهای ازت NOx

از بین ۷ اکسید مختلف ازت، آنچه در آلودگی هوا اهمیت دارد NO و NO₂ از نظر سلامت انسان و N₂O به عنوان گاز گلخانه‌ای در گرمایش زمین می‌باشند.

NO گازیست بی‌رنگ و بی‌بو در حالیکه NO₂ گازیست قرمز متمایل به نارنجی نزدیک به قهوه‌ای دارای نقطه جوش ۲۱/۲ درجه سلسیوس و فشار جزئی کم که آن را در حالت گازی نگه می‌دارد. این گاز خورنده اکسیدان قوی و از نظر فیزیولوژیکی محرک مجاری تنفسی و سمی است، سمیت آن چندین برابر NO می‌باشد.

NO_x ابتدا به صورت NO در جریان احتراق از ترکیب ازت و اکسیژن هوا در درجه حرارت بالا و بخصوص در موتورهای احتراق داخلی تشکیل می‌گردد و پس از ورود به هوا به سرعت تبدیل به NO₂ می‌شود.

اثرات

افزایش مت هموگلوبین - میزان مت هموگلوبین در خون بطور طبیعی بین صفر تا ۸ درصد هموگلوبین است وقتی در اثر تماس در محیط آلوده غلظت آن در خون به ۱۰ تا ۱۵ درصد هموگلوبین برسد (این غلظت در هوای آزاد بدست نمی‌آید) علائمی مانند تنگ نفس کوششی (exertional dyspnea) که به نارسایی اکسیژن و یا هیپوکسی با افزایش مت هموگلوبین منجر می‌شود (۱۵۰۰-۱۲۰۰ پی پی ام، NO₂). البته غلظت بالاتر که منجر به سیانوز و مرگ در حیوانات بوده، مشاهده شده است.

بازدارندگی فعالیت آنزیم

غلظت ۲۰ پی پی ام NO باعث توقف فعالیت هیدروژناز باکتری پروتئوس و لگاریس شده است.

اثرات مجاری تنفسی

تغییرات در فعالیت ریه‌ها - تماس با غلظت تا ۵۰ پی پی ام در کوتاه مدت یا غلظت‌های کم (۰/۸ PPM) در مدت طولانی تر با افزایش تعداد تنفس و کاهش ظرفیت ریه‌ها همراه بوده است.

اثرات عمومی پاتولوژیک

مطالعه روی حیوانات نشان داده است که تغییرات پاتولوژیکی مشابه در اکثر حیوانات مورد بررسی بوجود می‌آید. عکس العمل‌های التهابی با هجوم ماکروفاژها - دژنراسیون سلول‌های اپیتلیال، ادم ریه‌ها که این تغییرات در خرگوش‌هایی که با غلظت ۱۰۰ پی پی ام مدت ۲۴ ساعت تماس داشته‌اند مشاهده شده است سایر عوارض شامل تغییرات سلولی - هیپرپلازی و جراحات آمفیومی با غلظت‌های ۰/۵ تا ۲۵ پی پی ام از جمله اثرات پاتولوژیکی هستند.

اثرات سیستمیک شامل تغییرات بافت‌های کلیه و کبد و قلب پس از ۲ ساعت تماس با غلظت ۱۵ PPM ، کاهش وزن، کاهش مصونیت در برابر بیماری‌های عفونی و حساسیت در برابر باکتری‌ها و احتمالاً عفونت‌های ویروسی نیز از عوارض آلودگی هوا به دی اکسید ازت می‌باشد. بطور خلاصه اثرات حاد کوتاه مدت (یک ساعته) با غلظت‌های کم در حیوانات دیده نشده است.

مطالعات اپیدمیولوژی

از سال ۱۹۷۰ به بعد مطالعاتی در هلند، انگلیس و آمریکا انجام شده است. بطور کلی مطالعاتی در هوای آزاد انجام گرفته است ولی داده‌های به دست آمده حتی کافی برای تهیه یک راهنمای استاندارد نبوده است. مهمترین مطالعه در ایالات متحده روی دانش آموزان ۱۰-۶ ساله بوده است که در ۶ شهر انجام گرفته و چنین نتیجه گیری شده که کودکانی که در منزل آن‌ها برای پخت و پز از گاز استفاده می‌شود بیشتر در معرض بیماری‌های ریوی می‌باشند. چهار سال بعد مطالعه مشابهی در همین مدارس ولی با کودکان دیگر انجام گرفت که نشان داد رابطه بین پخت و پز با گاز و بیماری‌های ریوی بچه‌ها ضعیف تر است و وقتی اثر سایر عوامل مداخله کننده در ایجاد بیماری را حذف کردند رابطه از نظر آماری معنی دار نبود. مطالعه بزرگسالان هم رابطه بین پخت و

پز با گاز و بیماری‌های ریوی را نشان نداد. در مجموع، از مطالعات اپیدمیولوژی چنین نتیجه گرفته شده است که استفاده از گاز در منازل اثر مختصری روی کودکان دارد و این اثر پس از رشد بیشتر از بین می‌رود (۷).

چرخه اوزن و اسماگ فوتوشیمیایی

اثر غیر مستقیم اکسیدهای ازت را می‌توان تولید ترکیبات فوتوشیمیایی اوزن و اسماگ دانست :



و این اوزن علاوه بر اثرات بهداشتی که دارد در حضور رادیکال‌های OH و هیدروکربورها وارد یک سری واکنش‌های زنجیره‌ای می‌شود که حاصل آن تولید آلاینده جدیدی بنام پراکسی استیل نترات (PAN) می‌باشد.

منبع

منبع تولید NOx همانطور که اشاره شد عمدتاً با ترکیب ازت و اکسیژن هوا در شرایط دمایی بالا (حدود ۱۷۰۰ درجه فارنهایت) انجام می‌گیرد. در شهرها مهمترین منبع انتشار آن حمل و نقل شهری است و در صنایع عمدتاً نیروگاه‌ها، اعم از نفت سوز یا گازسوز و صنایعی که به نحوی با ترکیبات ازت سروکار دارند مثل تولید اسید نیتریک می‌باشد. علاوه بر منابع انسان ساخت اکسیدهای ازت توسط باکتریها، آتش فشان‌ها، رعد و برق نیز تولید می‌گردد. روند تغییرات دی اکسید ازت در تهران و در سال ۱۳۷۵ بین ۱۰/۲ تا ۸۶/۴ پی بی بوده است (۷).

اوزن و سایر اکسیدان‌های فوتوشیمیایی

اوزن یک اکسیدان بسیار قوی است که به عنوان آلودگی ثانویه تحت تاثیر اشعه خورشید بر دی اکسید ازت و تولید اکسیژن اتمی رادیکال در هوا بوجود می‌آید. این اوزن که آنرا اوزن تروپوسفر می‌نامند حداکثر غلظت ۲۴ ساعته آن بطور طبیعی ۰/۰۶ پی بی ام است که در فراز اقیانوس اطلس و در ارتفاع ۳۰۰۰ متری اندازه گیری شده است. در بعضی شهرهای اروپایی غلظت یک ساعته بالاتر از ۰/۱۸ پی بی ام بوده است. غلظت اوزن در شهر تهران بسیار متغیر وابسته به اشعه خورشید و غلظت NO₂ می‌باشد. حداکثر ۲۱/۴ پی بی در مهر ماه ۱/۷ پی بی در آبان ماه و بطور متوسط حدود ۴ پی بی گزارش شده است. این اوزن به غیر از اوزن استراتوسفر است که جاذب اشعه ماوراء بنفش خورشید بوده و در واقع محافظ زندگی در کره زمین می‌باشد.

راه ورود اوزن به بدن عمدتاً از طریق تنفس است و به غیر از این انتظار برداشت به وسیله انسان

نمی‌شود. بطور کلی طبق نظر میلر (Miller) برداشت اوزن به شرح زیر است :

(۱) اوزن می‌تواند در هر قسمت از بافت ریه نفوذ کند که خود، بستگی به غلظت اولیه آن دارد

(۲) حداکثر دوز در سطوح بافت در منطقه بین برونشیول و آلوئول‌ها می‌باشد

(۳) جزء مختصری از اوزن وارد خون می‌شود

(۴) افزایش کمی در مقدار برداشت روی نای و نایژه‌ها (تراکتوبرونشیال) اثر کمی دارد ولی اثر محسوسی

روی قسمت اصلی ریه دارد (۳).

اثرات بهداشتی

همانطور که قبلاً اشاره شده است اوزن یک اکسیدان بسیار قوی است و بنابراین می‌تواند روی هر ماده بیولوژیکی اثر داشته باشد. بطور کلی اوزن اثر خود را با دو مکانیسم وارد می‌نماید :

الف) اکسیداسیون گروه سولفیدریل، امینواسیدها، آنزیم‌ها، کوانزیم‌ها، پروتئین‌ها و پپتیدها
ب) اکسیداسیون اسیدهای چرب (Polyunsaturate) به پراکسیدهای اسید چرب

غشاءها هم از پروتئین و هم چربی تشکیل شده‌اند و به همین دلیل هدف مناسبی برای حمله اوزن می‌باشند. علاوه بر آزمایش‌های انجام شده روی حیوانات، مطالعات انجام شده روی تعداد زیادی انسان عوارض و نارسایی‌های مشخص ریوی به علت در معرض اوزن بودن مشاهده شده است. در بسیاری از مطالعات، انسان بین ۱ تا ۳ ساعت در معرض غلظت‌های بین ۲۰۰ تا ۲۰۰۰ میکروگرم در متر مکعب اوزن قرار گرفته است (۳).

مطالعات میدانی اپیدمیولوژی روی بچه‌ها کاهش عملکرد ریه‌ها را در غلظت‌های ۲۰۰ میکروگرم در متر مکعب و کمتر نشان داده است. سایر بررسی‌ها تغییرات عمل کرد ریه و حالت‌های آسمی را در تماس با غلظت‌های ۱۶۰ تا ۳۴۰ میکروگرم در متر مکعب نشان داده است. این تغییرات با حرارت و وجود سایر آلاینده‌ها تشدید می‌شده است. سایر علائم عمده در بچه‌ها شامل سرفه، سردرد با غلظت‌های ۱۶۰ تا ۳۰۰ میکروگرم در متر مکعب رابطه داشته است. تنفس اوزن بدون سایر اکسیدان‌ها نیز باعث بروز ناراحتی‌های ریوی حتی در غلظت‌های پایین بوده است. بعلاوه خستگی زودرس و کاهش رکوردهای ورزشی در مناطق با اوزن بالا (لوس آنجلس) گزارش شده است.

مطالعات زیادی روی حیواناتی که از چند ساعت تا چند روز با اوزن تماس داده شده بودند انجام شد و مشخص گردید که کمترین اثر با غلظت‌های بین ۴۰۰-۱۶۰ میکروگرم در متر مکعب (۰/۲-۰/۸ پی پی ام) بروز نموده است.

این اثرات شامل عفونت‌های باکتریایی ریه - افزایش مصرف اکسیژن سیتوکونوزیایی در موش‌های دارای کمبود ویتامین E، تغییرات مرفولوژیک ریه و افزایش کلاژن‌ها بوده است.

ترکیب آلی فرار (VOC) (Volatile Organic Compounds)

این ترکیبات از دو نقطه نظر حائز اهمیت می‌باشند، اولاً پیش نیاز تشکیل اکسیدان‌های فوتوشیمیایی هستند و ثانیاً گونه‌هایی از این ترکیبات سرطان زا‌های شناخته شده‌ای می‌باشند. در این گروه چندصد ترکیب وجود دارد که سمی ترین آن‌ها بنزن است معمولاً غلظت این گروه را بدون متان ذکر می‌کنند زیرا با آنکه متان با غلظت بیشتری در هوا وجود دارد ولی در حد موجود در هوا سمی نمی‌باشد اما در تشکیل اکسیدان‌های فوتوشیمیایی موثر است. اثرات بهداشتی بیشتر بر بنزن متمرکز می‌باشد که استاندارد آن را ۵ قسمت در بیلیون تعیین کرده‌اند که در نظر است در آینده به ۱ قسمت در بیلیون کاهش داده شود. طبق گزارش‌های موجود حدود ۵ درصد بنزن در بنزین

وجود دارد که در ایران اخیراً به ۱ تا ۱/۵ درصد کاهش داده شده است. ده درصد از موارد لوسمی را در انگلیس به علت بنزن هوا می‌دانند (۹).

بنزن با فرمول C6H6 مایعی است شفاف بدون رنگ با دانسیته ۰/۸۷ و نقطه جوش ۸۰ درجه سانتیگراد، فشار بخار آن ۹/۹۵ کیلو پاسکال در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد می‌باشد در گذشته این ماده به عنوان حلال مصرف زیادی داشته است که به علت خطرات آن، در حال حاضر ممنوع می‌باشد. برداشت روزانه انسان از منابع مختلف در جدول شماره ۵ آمده است. بطور کلی در انگلیس ۷۸٪ بنزن هوا از آگزوز اتومبیل‌های بنزینی و ۹ درصد از اتومبیل‌های دیزلی، ۷ درصد از طریق تبخیر و بقیه از منابعی مثل پالایشگاه‌های نفت و غیره منتشر می‌شود (۱۰).

جدول ۵ - برآورد برداشت روزانه بنزن از منابع عمده بر حسب میکروگرم

کل	تنفسی			غذا و نوشیدنی‌ها
	(b) هوای آزاد (c) سیگار			(a) غذا (a) آب
	تعداد یا کمتر			
۱۳۰۰-۵۵۰	۰	۰	۳۰ تا ۳۰۰	۱-۵ ۱۰۰-۲۵۰
۷۰۰-۱۲۰۰	۶۰۰	۱	در مناطق	
۱۳۰۰-۱۸۰	۱۲۰۰	۲	مسکونی	

a - با فرض جذب کامل

b - فرض ۲۰ متر مکعب تنفس در روز و ۵۰٪ جذب

c - هر پاکت محتوی ۲۰ سیگار

(منبع) WHO , Air Quality Guidelines for Europe

گروه IARC تعداد زیادی موارد لوسمی میلو بلاستیک و اریتروبلاستیک مرتبط با بنزن در مقالات گوناگون گزارش کرده‌اند و موارد پراکنده لوسمی میلوئید و بیماری‌های دیگر مشاهده شده است. تماس کارگران در معرض تماس با بنزن، رابطه معنی دار آماری را بین لوسمی حاد و بنزن به اثبات رسانده است. در یک بررسی ۶ ساله از ۴۴ مورد بنزن کاهش رده‌های گلبولی خون (پان‌سیتوپنی)، ۶ مورد (۱۴٪) تبدیل به لوسمی شده است. در یک بررسی دیگر از ۶۶ مورد تحت تعقیب ۱۱ مورد و از ۱۳۵ مورد ۱۳ مورد لوسمی دیده شده است (۹).

سایر هیدروکربن‌های سمی و خطرناک شامل پلی کلرپنتیدهیدروکربن (Poly Chlorinated Biphenyl) PCB) : دی اکسین‌ها (Poly Chlorinated Dibenzodioxin : PCDD) ، فورین‌ها (Poly chlorinated dibenzofuran: PCDF) و هیدروکربن‌های چند هسته آروماتیک‌ها (PAJ) می‌باشد که PCB ها با نام اسکارل در ترانسفورماتورها مصرف دارد و دی‌اکسین و فورین از سوزاندن زباله‌های شهری وارد هوا می‌شود.

دی اکسید گوگرد

دی اکسید گوگرد که عمدتاً از مصرف سوخت‌های فسیلی وارد جو می‌شود در بسیاری از شهرهای بزرگ عمده ترین آلاینده به حساب می‌آید. مسئولیت حوادث ناگوار آلودگی هوا در شهرهای میوز - بلژیک، دونورا - لندن و غیره به علت غلظت بالای دی اکسید گوگرد همراه با ذرات معلق بوده است. دی اکسید گوگرد، گازی است بی‌رنگ که بر روی سطوح بسیاری از مواد جامد و ذرات هوا واکنش انجام می‌دهد. در آب و نیز قطرات باران حل می‌شود و به تری اکسید گوگرد و نهایتاً اسید سولفوریک تبدیل می‌گردد.

اثرات بهداشتی

مدت ۱۰ دقیقه در غلظت‌های ۱ تا ۵ پی پی ام در بعضی از افراد آسمی علائم مشخص تنگ نفس (Dyspnea) بروز می‌کند که به معالجه برونکودیلاتاسیون (Bronchodilatation) نیاز خواهد داشت. با غلظت ۱ تا ۰/۵ پی پی ام در ۱۰ دقیقه فرد دچار خس خس و اشکال در تنفس می‌شود. در غلظت ۰/۲۵ تا ۰/۵ پی پی ام در مدت ۶۰ دقیقه تغییرات معنی دار آماری در FVC یا S Raw دیده می‌شود. در غلظت ۰/۳ پی پی ام در ۱۲۰ دقیقه علائم ریوی مشاهده نگردید (۴). در مطالعات انجام شده در هلند چنین نتیجه گیری شده است که عملکرد کمتر ریه در مناطق شهری در مقایسه با مناطق روستایی می‌تواند به علت اثرات دراز مدت تماس با آلودگی‌های شهری باشد (۱۱). در یک مطالعه دیگر که در سوئد انجام شده است عکس العمل‌های دلهره و کج خلقی در مناطق شهری آلوده یک پدیده معمولی است (۱۲). مطالعاتی که در دانشگاه اریزونا انجام شده در بررسی خون میزان DNA بوسیله SO₂ کاهش یافته و در کروموزوم‌ها تغییراتی بوجود آمده است. همچنین دیده شده است که لنفوسیت‌ها از بین می‌روند و مقاومت بدن در برابر بیماری‌های عفونی کاهش می‌یابد (۱۳). دی اکسید گوگرد همراه با ذرات معلق اثر تشدیدکنندگی دارد زیرا با میزان حالیتی که دی اکسید گوگرد با آب و در نتیجه مایعات مخاط حلق و حنجره دارد اثر آن بیشتر بر دستگاه فوقانی تنفسی است ولی در حضور ذرات به خصوص حدود ۱۸۰ میکروگرم در متر مکعب ذره به علت جذب سطحی و یا واکنش‌هایی که با ذرات می‌دهد تا اعماق ریه نفوذ می‌نماید و ضایعات ریوی و سایر اثرات مورد اشاره را تشدید می‌نماید. بطور کلی بررسی‌های WHO برای تعیین آستانه اثر نشان داده است که با ۱۰۰۰ میکروگرم در مدت ۱۰ دقیقه اولین اثر ظاهر می‌شود و با توجه به ضریب ایمنی بیش از ۵۰۰ میکروگرم، تماس در مدت ۱۰ دقیقه توصیه نشده است (۳).

ذرات معلق

به هر نوع ماده پراکنده اعم از جامد یا مایع که از یک مولکول بزرگتر و از ۵۰۰ میکرون کوچکتر باشد، ذره گفته می‌شود. برای ذرات با توجه به نوع و منشاء آن نام‌های مختلف مثل دود، دوده، مسیت فیوم و غیره داده شده است. مجموع ذرات را TSP و ذرات کوچکتر از ۱۰ میکرون را PM_{۱۰} و کوچکتر از ۲/۵ میکرون را PM_{۱۰} می‌گویند. با توجه به اینکه ذرات کوچکتر از ۱۰ میکرون به قسمت‌های تحتانی ریه وارد می‌شوند و عمده ذرات راسب در الوئول‌ها یا آن‌ها که از جدار ریه عبور کرده وارد جریان خون می‌شوند کوچکتر از ۲/۵ میکرون هستند، از نظر بهداشتی این دو گروه از ذرات دارای اهمیت خاصی می‌باشند.

اثرات ذرات

در مورد اثرات ذرات بررسی‌های زیادی انجام گرفته است در یک بررسی اپیدمیولوژی که توسط وینکشین و همکاران در شهرهای بافلوواریه از ایالت نیویورک آمریکا صورت گرفته میانگین دو ساله ذرات معلق در چهار سطح آلودگی به شرح زیر: سطح ۱ کمتر از ۸۰، سطح ۲ بین ۸۰ تا ۱۰۰، سطح ۳ از ۱۰۰ تا ۱۳۵ و سطح ۴ بیش از ۱۳۵ میکروگرم در متر مکعب بررسی شده است. هر یک از این مناطق آلوده به پنج کلاس اقتصادی اجتماعی تقسیم شدند. میزان مرگ و میر به سبب تمام علل کشنده مثل بیماری‌های تنفسی و سرطان معده با افزایش غلظت ذرات افزایش یافته و نتیجه مستقل از وضعیت اقتصادی جامعه تحت مطالعه بوده است. در یک مطالعه دیگر دوکلاس و والر در سال ۱۹۴۶ بچه‌های تازه متولد شده را تا سن ۱۵ سالگی مورد مطالعه قرار دادند و نشان دادند که غلظت‌های حدود ۱۳۰ میکروگرم در متر مکعب ذرات با عفونت در دستگاه تحتانی تنفسی رابطه دارد ولان و همکاران نیز مطالعه مشابهی را در انگلیس انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که عفونت دستگاه‌های فوقانی و تحتانی ریه هر دو با افزایش غلظت آلودگی هوا با ذرات معلق و SO₂ رابطه معنی داری دارند (۱۳).

در ۵ شهر آمریکا رابطه مرگ و میر با ذرات PM₁₀ را به شرح جدول ۶ بدست آورده‌اند. همانطور که مشاهده می‌شود مرگ در هر ۱۰۰ هزار نفر در شهر لوس آنجلس که بالاترین غلظت ذرات ۱۰ PM را دارد از سایر شهرها بیشتر است و بطور کلی ۳۵ میکروگرم ذرات کوچکتر از ۱۰ میکرون در متر مکعب عامل ۵۵ مورد مرگ در هر صد هزار نفر بوده است (۱۴).

جدول ۶- رابطه مرگ و میر به علت ذرات در ۵ شهر آلوده آمریکا

نام شهر	میانگین غلظت سالانه / m ³ میکروگرم	مرگ و میر در هر صد هزار نفر
لوس آنجلس	۴۴	۷۹
نیویورک	۲۹	۴۴
شیکاگو	۳۴	۴۹
فیلادلفیا	۳۳	۵۵
X	۳۳	۴۵
میانگین	۳۵	۵۵

طبق بررسی‌های سازمان جهانی بهداشت هر ۱۰ میکروگرم افزایش ذرات معلق باعث ۳-۱ درصد اضافه مرگ و میرها خواهد شد. حال با توجه به این امر وضعیت آلودگی هوا به ذرات معلق در شهر تهران در ۵ ایستگاه مختلف بطور متوسط ۹۶ میکروگرم در متر مکعب ذرات زیر ۱۰ میکرون می‌باشد یعنی اگر بطور متوسط برای هر ۱۰ میکروگرم اضافه غلظت ۲ نفر به تعداد مرگ و میر اضافه شود ما در تهران برای هر صد هزار نفر ۶۳ مورد مرگ و میر و برای ۸ میلیون نفر جمعیت فعلی تهران حدود ۵۰۰۰ مورد فوت در اثر ذرات معلق هوا وجود دارد.

بسیاری از مطالعات نشان داده است که وقتی غلظت ذرات معلق ۱۰ میکرون و کمتر از ۲۰ میکروگرم در متر مکعب تجاوز می‌کند افزایش مرگ و میر، معنی دار می‌شود (۱۵).

آلودگی هوا و سرطان

جدول ۷ - بعضی مواد سمی در هوای تهران

هیدروکربورهای عطری چند هسته‌ای	۱۵۸ نانوگرم در متر مکعب
اتان	۱۵
پروپان	۱۸
بنزن	۳۱
بوتادین	۵
فرمالدئید	۱۰
استالدئید	۷

این مواد حاصل احتراق سوخت‌های فسیلی هستند که از طریق مصرف بنزین یا گازوئیل در خودروها وارد هوا می‌شوند البته هزاران ترکیب پیچیده وجود دارد که سرطان‌زاهای شناخته شده هستند و یا سلامت انسان را با ابتلا به بیماری‌های مزمن مثل آسم و یا حساسیت‌ها به خطر می‌اندازند.

برآورد میزان رابطه آلودگی هوا با سرطان بسیار مشکل است زیرا بسیاری از ترکیبات، شناخته شده نیستند و ضمناً عوامل زیاد دیگری نیز در ابتلاء به سرطان موثرند. به هر حال تحقیقات اپیدمیولوژیک، خطر بروز سرطان را در افرادی که در معرض آلودگی هوا بوده‌اند نشان داده است. شاید موثق‌ترین شواهد از مطالعات مواجهه شغلی به دست آمده باشد که در آن یک آلاینده مشخص مورد بررسی قرار گرفته است. بیشترین بروز سرطان در ریه بوده است ولی سایر اعضا مثل مثانه، معده و کبد نیز مورد حمله سرطان ناشی از آلودگی هوا بوده‌اند (۱۶). همچنین مرگ و میر ناشی از سرطان ریه در افراد سیگاری مقیم شهر ۱/۵ برابر افراد سیگاری مناطق روستایی می‌باشد و این دلالت بر این دارد که یک سوم از سرطان‌ها در افراد سیگاری مربوط به آلودگی هوا می‌باشد. در جدول ۸ برآورد موارد سرطان در تهران با توجه به اندازه گیری غلظت هیدروکربن‌ها که توسط دانشگاه صنعتی شریف انجام گرفته و اثر هر یک از آلاینده‌ها که از جدول صفحه ۴-۱۵-۲ ماخذ (۱۴) اخذ شده، محاسبه گردیده است. طبق این برآورد ۷۰ درصد از موارد سرطان ریه در افراد غیر سیگاری به آلودگی هوا مربوط می‌شود. ضمناً باید متذکر شد که در این برآوردها عدم اطمینان هم وجود دارد زیرا خطر ابتلا به سرطان تابع تجمع مواد سرطان‌زا در طول زندگی می‌باشد لذا نمی‌توان کاملاً به دریافت روزانه نسبت داد.

با این برآورد سالانه ۵۱ نفر از هر ۱۰۰ هزار شهروند تهرانی در معرض خطر سرطان قرار دارند که برای حدود ۸ میلیون جمعیت تهران متجاوز از ۴۰۰۰ مورد احتمال وقوع سرطان وجود دارد.

جدول ۸ - خطر ابتلاء به سرطان ریه ناشی از ترکیبات مختلف حاصل احتراق

نوع ترکیب	تعداد بیمار در سال در هر ۱۰۰ هزار نفر
PAH به صورت ذره از طریق تنفس	۱۰
PAH از راه غذا	۲۹
PAH گازی	؟
Ethen	۲/۹
Ethan	۱/۱
Butadiene	۴/۸
Benzene	۱/۵
Formaldehyde	۲/۴
جمع	۵۱/۷

جدول ۹ - استانداردهای هوای آزاد به صورت راهنما برای اروپا (۱۷)

نوع ترکیب	غلظت	میانگین زمان
مونوکسید کربن	۱۰۰ میلی گرم در متر مکعب	۱۵ دقیقه
	۶۰ میلی گرم در متر مکعب	۳۰ دقیقه
	۳۰ میلی گرم در متر مکعب	۱ ساعت
	۱۰ میلی گرم در متر مکعب	۸ ساعت
اوزن	۱۲۰ میکروگرم در متر مکعب	۸ ساعت
دی اکسید ازت	۲۰۰ میکروگرم در متر مکعب	۱ ساعت
	۴۰ میکروگرم در متر مکعب	سالانه
دی اکسید گوگرد	۵۰۰ میکروگرم در متر مکعب	۱۰ دقیقه
	۱۲۵ میکروگرم در متر مکعب	۲۴ ساعت
	۵۰ میکروگرم در متر مکعب	سالانه
ذرات ۱۰ PM	150	۲۴ ساعته
	۵۰	سالانه
بنزن	6×10^{-6} میکروگرم در متر مکعب	UR/Lifetime

UR* واحد ریسک است یعنی ۶ نفر از هر یک میلیون نفر اگر در تمام عمر با ۱ میکروگرم در متر مکعب بنزن مواجهه باشند خواهند مرد.



... اگر یکی از کیفیات هوا بسیار زیادت‌ر و یا بسیار کمتر از حد لازم گردد نوعی تعفن در هوا پدید می‌آید که شباهت به گندیدگی آب مرداب‌های متعفن دارد، گوهر هوا به تباهی می‌گراید و همه‌گیری، پدید می‌آید. (ابن سینا - قانون در طب)



آلودگی ناشی از صنعت

آلودگی صوتی

فهرست مطالب

اهداف درس.....

.....	مقدمه
.....	مطالعات انجام شده در ایران
.....	مطالعات انجام شده در سایر کشورها
.....	تعریف و کلیات
.....	واتر
.....	سرعت انتشار
.....	طول موج و انواع انتشار
.....	کمیت صدا
.....	تراز شدت دسی بل
.....	فشار صوت و تراز فشار صوت
.....	تراز بلندی : مقیاس فان
.....	اندازه گیری تراز فشار صدا
.....	واژه‌های مرتبط با آلودگی صدا
.....	تراز صدا
.....	وزن یافته
.....	اثرات صدا بر روی انسان
.....	برنامه‌های حفاظت از شنوایی
.....	

آلودگی صوتی

دکتر پروین نصیری

دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران

اهداف درس

انتظار می‌رود فراگیرنده، پس از گذراندن این درس، بتواند:

- مفهوم آلودگی صوتی و اهمیت بررسی آن را شرح دهد
- سابقه تاریخی پژوهش‌های انجام شده در زمینه آلودگی صوتی در صنعت و محیط زیست را توضیح دهد
- مفاهیم مطروحه در آلودگی صوتی را بیان کند
- واژه‌های مرتبط با آلودگی صوتی را توضیح دهد
- اثرات آلودگی صدا بر انسان را طبقه بندی نماید
- اثرات صدا بر سیستم شنوایی را شرح دهد
- اثرات غیرشنیداری صدا را توضیح دهد
- اهداف برنامه حفاظت از شنوایی را شرح دهد
- مراحل مختلف اجرای برنامه حفاظت از شنوایی را بیان نماید
- ضرورت اجرای برنامه‌های حفاظت از شنوایی در صنعت را گوشزد نماید

واژه‌های کلیدی

آلودگی صوتی، صنعت، محیط زیست، شنیداری، غیرشنیداری، حفاظت از شنوایی

مقدمه

نیاز به صنعت در جوامع گوناگون، ایجاد کارخانه‌ها و صنایع تولیدی مختلف را به دنبال داشته است.

صنعتی شدن نیز سبب گردیده تا نیروی انسانی شاغل در تماس همیشگی با وسایل ماشینی و تجهیزات قرار گیرد. اثرات ناشی از استفاده گسترده از وسایل ماشینی و تجهیزات صنعتی به صورت مواجهه انسان‌ها با مخاطرات گوناگون در محیط کار خودنمایی می‌کند. یکی از انواع مخاطرات در محیط کار، انتشار صدای آزار دهنده و ارتعاشات ناشی از کار کردن خط تولید صنعتی است. علاوه بر این رشد سریع تکنولوژی در تمام زمینه‌ها و همچنین افزایش جمعیت سبب گردیده تا انسان‌ها نه تنها در زندگی شغلی و اجتماعی خود که حتی در خارج از محیط کار نیز در معرض صداهای ناهنجار ناخواسته با شدت‌های گوناگون قرار گیرند. از جمله می‌توان به مواجهه انسان با صدای ناشی از کار کردن وسایل الکتریکی خانگی، وسایل ارتباط جمعی مانند رادیو و تلویزیون، صدای ناشی از حرکت وسایل حمل و نقل در شهرها و حتی خارج از شهرها، صدای ناشی از ماشین آلات مختلف ساختمان سازی و حتی در محیط‌های کار اداری صدای ناشی از ماشین‌های تایپ و غیره اشاره داشت.

هر چند امواج صوتی به عنوان عاملی ضروری در زندگی انسان به حساب می‌آیند، زیرا به وسیله آن امکان ارتباط با دیگران فراهم شده یا از خبر وقوع حادثه‌ای آگاه می‌شویم، اما در پاره‌ای از موارد و در شرایط خاص شنیدن این امواج صوتی و با عوامل ضروری، چندان خوش آیند نیست. آن دسته از امواج صوتی که به صورت ناخواسته منتشر می‌شوند و می‌توانند برای شنوایی آزاردهنده باشند، **سروصدا (Noise)** یا **آلودگی صوتی (Noise pollution)** نامیده می‌شوند.

بهترین و ساده ترین عاملی که تفاوت بین صدا و آلودگی صوتی را تشخیص می‌دهد، تفاوت بین احساس و ذهنیت آن است که به ما می‌گوید اولی صدای خواسته و دومی صدای ناخواسته و آزاردهنده است. این تعریف در برگرفته نوع صوت نمی‌شود. برای مثال، **گفتار (Speech)** که در اکثر موارد صدای خواسته است. هنگامی که از منزل یا آپارتمان همسایه و یا در محل کار از اتاق مجاور شنیده می‌شود می‌تواند مانند سروصدا آزار دهنده، احساس شود و آلودگی صوتی ارزیابی گردد. از طرف دیگر صدای برخاسته از دستگاه تهویه که مٌخل آسایش به حساب می‌آید با غلبه بر گفتار ناخواسته و نابجا می‌تواند صدای خواسته محسوب شود.

موضوع آلودگی صوتی و اثرات بهداشتی ناشی از آن تنها به صداهای صنعتی و محیط کار محدود نمی‌شود. هر چند که اثرات سوء ناشی از کارکنان با صدای صنعتی قابل بررسی جدی بوده و حتی محیط اطراف را تحت تاثیر قرار می‌دهد، لذا موضوع آلودگی صوتی را می‌توان شامل دو بخش عمده دانست، صنعت و محیط زیست.

آلودگی صوتی در ترازهای بالای فشار صوت (بیش از ۸۵ دسی بل) باعث اثرات مستقیم بر روی اندام شنوایی شامل تغییر موقت آستانه شنوایی (Temporary Threshold Shift : TTS) و در صورت تماس طولانی ایجاد افت دائم شنوایی (Permanent Threshold Shift : PTS) می‌گردد. اما در محدوده‌ای از ترازهای پایین تر (بین ۵۰ تا ۸۰ دسی بل) اثرات عمده آن تحت عناوین آزاردهندگی (Annoyance) ، مزاحمت (Disturbance) ، اختلال در آسایش (Bother) و ناخواسته بودن (Intrusion) قلمداد می‌شود، به عبارت دیگر قسمتی از اثرات صدا مربوط به تاثیر آن بر روی دستگاه عصبی نباتی و وضع روانی و رفتاری افراد است.

مطالعات انجام شده در ایران

پس از شکل گرفتن گروه بهداشت حرفه‌ای در دانشکده بهداشت در سال ۱۳۵۱ برای اولین بار مسئله سروصدای محیط کار از نظر علمی در یک کارخانه نساجی، مورد بررسی قرار گرفت، نتایج حاصله از این بررسی نشان داد که شدت صوت در این صنایع به حدی است که احتمالاً به قدرت شنوایی لطمه می‌زند. مطالعه دیگری که در همین زمینه در سال ۱۳۵۱ بر روی کارگران بافنده انجام گرفته گویای همان نتیجه فوق است. ضمناً پژوهش دیگری در سال ۱۳۵۶ برای مطالعه تاثیر عواملی چون شدت صدا، سابقه کار و استراحت ضمن کار روزانه بر روی افت شنوایی حاصله در کارگران هم زمان با اندازه گیری و تجزیه و تحلیل صدای محیط کار در سه محیط مختلف انجام شده که با در نظر گرفتن ضوابطی ۸۴۴ نفر از کل کارگران شاغل در این صنایع انتخاب و آزمایش سنجش شنوایی گردیدند. بررسی نتایج حاصل از آزمایش سنجش شنوایی و شدت صوت نشان داد که میزان افت شنوایی حاصله در کارگران رابطه مستقیم با شدت صدای موجود در محیط کار و سابقه خدمت داشته و در مقابل استراحت ضمن کار روزانه تاثیر معکوس در این زمینه دارد. در تحقیق دیگری که در سال ۱۳۶۲-۱۳۶۱ در زمینه افت دائم و موقت آستانه شنوایی در اثر سروصدای محیط کار نساجی بر روی ۱۵۷ نفر کارگر نساج صورت گرفته مشخص شده است که:

- ۱ - کارگران جوان حساسیت بیشتری به سروصدای محیط کار داشته و در نتیجه در کلیه فرکانس‌ها بخصوص در فرکانس ۴۰۰۰ هرتز افت دیده می‌شود، در صورتی که در کارگران مسن تر افت کمتر می‌باشد
 - ۲ - افت دائم در کارگران مسن تر و با سابقه بیشتر مشاهده شده و بطور کلی نتیجه تحقیق گویای ارتباط مستقیم صدای بالاتر از حد مجاز بر روی آستانه شنوایی و ایجاد کری شغلی می‌باشد. پژوهش دیگری در زمینه تاثیر مستقیم شدت صدا بر کاهش آستانه شنوایی در محیط کار آهنگری‌ها در سال ۱۳۶۰ بر روی ۷۰۷ نفر کارگر شاغل به عمل آمده که نتایج بررسی به شرح زیر می‌باشد:
 - ۱ - صدای زیاد در کارگاه‌های آهنگری موتناژ بویژه اطراف فرکانس ۴۰۰۰ سیکل در ثانیه تولید افت در آستانه شنوایی کرده است. میزان افت شنوایی با افزایش شدت صدا و زیاد شدن زمان مواجهه بیشتر شده است
 - ۲ - در کارگرانی که مدت زیادی در معرض صدا بوده‌اند از نظر شنوایی عقب افتادگی اجتماعی ایجاد شده است
 - ۳ - شدت صدای ۸۵ دسی بل A و به بالا افت شنوایی قابل اندازه گیری بوجود آورده است.
- مطالعه دیگری که در سال ۱۳۶۳ تحت عنوان اختلالات شنوایی و گفتاری ناشی از کار در کارگران مشاغل مختلف (بخار، آهنگر، پرس کار) انجام پذیرفته نمایانگر آنست که:
- ۱ - کارگرانی که در تماس با صداهای ضربه‌ای هستند دچار ضربه‌های صوتی (Acoustics Trauma) می‌شوند. به این مفهوم که منحنی شنوایشان در فرکانس ۴۰۰۰ هرتز افت دارد
 - ۲ - کارگرانی که در تماس با صداهای ممتد هستند، کم شنوایشان ابتدا در فرکانس ۴۰۰۰ هرتز آغاز

شده و به سایر فرکانس‌ها (۶۰۰۰-۳۰۰۰ هرتز) گسترش می‌یابد
۳ - نتایج حاصله از بررسی وضعیت گفتاری - صوتی کارگران فوق‌الذکر نشان می‌دهد که اکثر آنها دچار گرفتگی صدا (Dysphonia) با درجات مختلف می‌باشند.

مطالعات انجام شده در سایر کشورها

در بررسی دیگری که در مرکز بهداشت حرفه‌ای دانشگاه دانیو اسکاتلند در بین سال‌های ۱۹۶۹-۱۹۷۰ تحت عنوان اثرات اجتماعی کاهش شنوایی در نتیجه صداهای ناشی از ماشین‌های بافندگی بر ریبو ۹۶ نفر کارگران انجام گردید، نتایج زیر به دست آمد:

- ۱ - کاهش آستانه شنوایی در بین کارگران بافنده بیش از گروه شاهد بود
 - ۲ - بافندگان در درک صحبت ضعیف‌تر از گروه شاهد بودند
 - ۳ - بافندگان از نظر عقب افتادگی اجتماعی از نقطه نظر شنوایی نسبت به گروه شاهد درصد بیشتری بودند
 - ۴ - نه درصد از بافندگان از وسایل کمک شنوایی نظیر سمعک استفاده می‌کردند، در صورتی که در گروه شاهد هیچ‌یک از وسایل کمکی شنوایی استفاده نمی‌کردند.
- پژوهشی که در سال ۱۹۷۸ بر روی ۱۰۰ کارگر مرد تحت عنوان تاثیر حساسیت‌های فردی بر روی اثرات صدا از نظر کاهش قدرت شنوایی انجام گرفت، تاثیر عواملی چون سن، سابقه تماس با صدا، اختلالات قلبی و عروقی، دیابت و اعتیاد به سیگار بر روی افراد تحت مطالعه ارزشیابی گردید. نتایج حاصله از این مطالعه نشان داد که:
- ۱ - علاوه بر تاثیر مستقیم سن و سابقه کار، اعتیاد به سیگار نیز با کاهش شنوایی ارتباط مستقیم دارد
 - ۲ - هیچگونه ارتباطی بین کاهش شنوایی و اختلالات قلبی و عروقی، دیابت به دست نیامد.

پژوهش‌های انجام شده در زمینه اثرات صدا بر انسان

باوجود قوانین و دستورالعمل‌های مناسب جهت جلوگیری از انتشار آلودگی صدا در نواحی مختلف شهری در کشورهای مختلف دنیا هنوز بررسی آلودگی صدا یکی از موضوعات مهم تحقیقاتی نیز به شمار می‌رود. بطوری که نتیجه این تحقیقات مستمر معمولاً منجر به کاهش تراز فشار صوت مجاز از سوی مراجع بین‌المللی و ملی می‌گردد: در سال ۱۹۹۰ در لهستان تحقیقی توسط Gorynski, Koszarng تحت عنوان مواجهه معلمان و دانش‌آموزان با صدا انجام شد. صدای موجود در مدرسه مورد مطالعه ناشی از فعالیت کودکان تراکم بیش از حد در کلاس‌ها، عدم وجود وسایل و مواد آکوستیکی بوده است. در بررسی به عمل آمده، تراز فشار صوت گستره (60-95 dBA) با حداکثر 80 dBA داشته است. گاهی تراز فشار صوت اندازه‌گیری شده در حد تراز فشار صوت صنعتی بوده است. این وضعیت در مورد دفاتری مثل دفتر پزشک مدرسه، مدیر مدرسه، اتاق قرائت و دفتر آموزگاران صدق می‌کند و معمولاً در این فضاها اصول کنترل صدا رعایت نشده است.

مطالعه‌ای توسط W-Baumbah و همکارانش در آلمان در زمینه جنبه‌های جدیدی از مشکل صدای ترافیک در داخل شهر در سال ۱۹۹۰ انجام گرفته است. محققین، میزان آرامش افرادی را که در مناطق مختلف

شهر زندگی می‌کنند و ارتباط آن را با تراز معادل، Leq و تراز حداکثر L_{max} ، صدای ترافیک و همچنین ارتباط آن را با کاهش صدا بررسی می‌کنند و علاوه بر آن نتایج اثرات صدای ترافیک راروی ساکنین قبل و بعد از کاهش بار ترافیک نشان داده‌اند. یک مطالعه جامعه‌شناسی راجع به اثرات صدای ترافیک و استرس ناشی از آن توسط B. Schulze و همکاران در شهر Erfurt آلمان انجام شد. نمونه‌های مورد مطالعه به صورت تصادفی از میان ساکنین شهر انتخاب گردید و میزان ناراحتی و آزرده‌گی در میان آنها مورد مقایسه و مطالعه قرار گرفت. با اندازه‌گیری میزان صدا و تعیین ارتباط آن با ناراحتی یک حد آستانه مبتنی بر آسایش افراد به دست آمد.

در سال ۱۹۹۱ نتیجه تحقیقات I. Kawabata در ژاپن در زمینه اثرات صدای ترن‌های Tohoku Shinkansen با سرعت‌های زیاد بر محیط زندگی دانش‌آموزان، منتشر شده حداکثر سرعت این ترن‌ها در مارس ۱۹۸۵ از ۲۱۰ کیلومتر بر ساعت به ۲۴۰ کیلومتر بر ساعت افزایش داده‌اند. در این بررسی، میزان صدا اندازه‌گیری شده و از طریق پرسشنامه مطالعه‌ای بر روی دانش‌آموزان و مادران آنها صورت گرفت. در فاصله ۲۵ متری از خط آهن تراز صدا از ۷۳ به ۷۶ دسی بل افزایش یافته و در کنار ریل میزان تراز فشار صوت از ۷۷ دسی بل افزایش را نشان داده است. وقتی ترن با سرعت 216 Km/hr حرکت می‌کند تراز صدا در محیط کلاس ۶۷ دسی بل گزارش شده است. بیشترین ناراحتی گزارش شده، اختلال در شنیدن و گفتار بوده است. در محیط خانه بیشترین ناراحتی ناشی از ارتعاش ساختمان خانه، اختلالات در تصاویر تلویزیونی و اختلال در شنیدن و میزان ناراحتی گزارش شده در مادران، بیش از کودکان بوده است.

به منظور بررسی اثر صدای ناشی از ترافیک بر روی مراحل و کیفیت خواب، Ohrstrom و Rylander تحقیقی بر روی ۲۸ نفر با سنین ۲۰ الی ۲۹ سال انجام دادند. نتایج تحقیق نشان داد که کیفیت خواب این افراد با افزایش صدا به میزان 60 dB کاهش می‌یابد و این کاهش به ازای ۱۶ تردد صوتی در شب معنی دار است. Kuno و Hyashi در سال ۱۹۹۳ مطالعه‌ای روی میزان صدا در مناطق مسکونی شهرهای ناگویای ژاپن و پکن انجام داده‌اند. تراز صوت در مدت زمان یک شبانه روز انجام گرفته و بررسی اجتماعی واکنش ساکنین نسبت به صدا صورت گرفته است نتایج این پژوهش نشان داده است که توزیع تراز صدا در هر دو شهر تقریباً مشابه است ولی واکنش ساکنین این دو شهر نسبت به صدا کاملاً متفاوت بوده است ؟

صدا : تعریف و کلیات

صدا می‌تواند به طرق مختلف که بستگی به نحوه مطالعه ما دارد تعریف شود. صدا یک موج فیزیکی، یا ارتعاشی مکانیکی و یا به زبان ساده، یک سری تغییرات فشار، در یک فراگیر (Mediune) کشسان (Elastic) است. در مورد صدای هوابرد، فراگیر کشسان هواست. برای صوت پیکری فراگیر کشسان، بتن، فولاد، چوب، شیشه و ترکیباتی از این مواد است. در این گفتار، صدا را ساده تر و محدود تر تعریف می‌نماییم. یعنی صدا را با علائم قابل شنیدن تعریف می‌کنیم. ولی این بدان معنا نیست که علائم مادون صوت و فراصوت، جزء صدا نیستند و حتی منظور این نیست که آیا صداهای غیرقابل شنیدن برای انسان وجود دارد یا خیر. صداهایی که نمی‌توانیم بشنویم معمولاً به این بحث مربوط نمی‌شوند. برای روشن تر شدن مطلب، همیشه فرض بر این است که شنونده،

جوانی است با قدرت شنوایی طبیعی در گستره ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز. با این فرضیات، صدا به صورت یک سری از تغییرات فشار، تعریف می‌شود. در هوا، این تغییرات فشار شکل تراکم و انبساط را به خود می‌گیرد. صدای یک زنگ، صوت خالص (Pure tone) را بطور یکنواخت در تمام جهات پخش می‌کند، یعنی از پخش این صدا سطح موج دایره‌ای بوجود می‌آید.

باید توجه داشت که تغییرات فشار، حامل اطلاعات صوتی در جهت سطح موج حرکت می‌کند یعنی طولی. این برخلاف علائم رادیویی است، برای مثال در علائم رادیویی، موج به صورت طولی حرکت می‌کند ولی اطلاعات یعنی آمایش، بر حسب ارتفاع موج و شکل آن تشریح می‌شود یعنی عرضی. بنابراین *صدا حرکت موجی مکانیکی طولی است.*

تواتر

تعداد دفعاتی که چرخه تراکم و انبساط هوا در واحد زمان روی دهد، تواتر صدا تعریف می‌شود. برای مثال اگر ۱۰۰۰ چرخه در یک ثانیه روی دهد تواتر (Frequency) صدا ۱۰۰۰ CPS (۱۰۰۰ هرتز) است. در صدا، مفهوم تواتر اغلب به واژه‌ای به نام "نواک" (Pitch) که از موسیقی گرفته شده است، اطلاق می‌شود. هر قدر تواتر بیشتر باشد، نواک بیشتر است و بر عکس. گستره تقریبی تواتر برای شنوایی یک جوان سالم، بین ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز است. ولی با افزایش سن و به علت پدیده سنگینی گوش (Presbycusis) قدرت شنوایی کاهش می‌یابد. شناخت این پدیده در مدارس از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا صداهایی با نواک خیلی بلند که برای اکثر افراد بالغ غیرقابل شنیدن است (صدای مردان بیشتر از صدای زنان) می‌تواند برای دانش آموزان آزاردهنده باشد. برای مثال، به گزارش دندانپزشکان استناد می‌کنیم که صدای ناشی از مته‌های توربینی با سرعت زیاد و وسایل پاک کننده دندان برای بسیاری از بیماران جوان ناراحت کننده است. این وسایل صداهایی را در گستره ۱۵ تا ۲۰ کیلو هرتز ایجاد می‌کنند. تواتر اصلی صدای گفتاری انسان تقریباً در گستره ۱۰۰ تا ۶۰۰ هرتز است، ولی تواتر هماهنگ‌های (Harmonic) آن تا ۷۵۰۰ هرتز می‌رسد. اطلاعات گفتاری، غالباً با تواترهای زیاد انجام می‌گیرد. در حالی که انرژی صوتی غالباً در تواترهای پایین متمرکز است. گستره بحرانی ارتباطات گفتاری بین ۳۰۰ تا ۴۰۰۰ هرتز است. هارمونیک‌هایی خارج از این حد تواتر، به صدای گفتاری، ویژگی خاص می‌دهد.

صوتی که تنها از یک تواتر تشکیل شده باشد، نغمه خالص (Pure tone) (موج صوتی که به وسیله حس شنوایی طبیعی قابل شنیدن است) خالص است، غیر از صوتی که توسط دیاپازون (**Diapason**) : این واژه فرانسوی است که معادل آن در زبان انگلیسی است و به معنی آلتی دو شاخه و فولادین که برای امتحان ارتعاشات یا میزان کردن صدا به کار می‌رود) ایجاد می‌گردد، نغمه خالص به ندرت یافت می‌شود. اصوات موسیقی از یک تواتر اصلی و مضرب‌های صحیح تواتر اصلی (هارمونیک) تشکیل شده است. صداهای معمولی ترکیبات مختلفی از تواترها هستند.

سرعت انتشار

صدا بسته به نوع محیط انتشار، با سرعت‌های متفاوتی حرکت می‌کند. در هوا، در سطح دریا، سرعت

صوت 344 m/s یا 113 fps است. این مقادیر معادل ۷۷۰ مایل بر ساعت یا ۱۲۳۹ کیلومتر بر ساعت است. سرعت صوت در مقایسه با سرعت نور که ۱۸۶۰۰۰ مایل بر ثانیه است، آهسته به نظر می‌رسد. از آنجا که صدا علاوه بر هوا در محیط‌های دیگر نیز منتشر می‌شود، لازم است سرعت آن را در سایر محیط‌ها بدانیم. جدول ۱ سرعت انتشار صدا را در محیط‌های مختلف نشان می‌دهد از تغییرات سرعت در دما و ارتفاع صرف نظر می‌شود و محاسبات تقریبی با خطای ۳٪، سرعت را در هوا 1100 fps و ۳۵۰ m/s تعیین می‌کند.

طول موج و انواع انتشار

فاصله‌ای که موج در یک چرخه طی می‌کند یا فاصله بین دو نقطه مشابه از امواج پی در پی، طول موج نامیده می‌شود. رابطه بین طول موج، تواتر و سرعت صوت در رابطه ۱، بیان شده است.

رابطه: $\lambda = c / f$ که در این رابطه λ = طول موج، بر حسب متر یا فوت c = سرعت صوت بر حسب m/s یا fps و f = تواتر بر حسب هرتز است. صداهای کم تواتر با طول موج بلند و امواج با تواتر زیاد با طول موج کوتاه مشخص می‌شود. گستره طول موج قابل شنیدن برای انسان از ۱/۲۷ سانتی متر تا ۱۵/۲۴ متر است.

جدول ۱ - سرعت انتشار صدا در محیط‌های مختلف

سرعت		محیط
فوت بر ثانیه ft/s	متر بر ثانیه m/s	
۱۱۳۰	۳۴۴	هوا
۶۴۲۵	۱۴۱۰	آب
۱۰۸۲۵	۳۳۰۰	چوب
۱۱۸۰۰	۳۶۰۰	آجر
۱۲۱۰۰	۳۷۰۰	بتن
۱۶۰۰۰	۴۹۰۰	فولاد
۱۶۴۰۰	۵۰۰۰	شیشه
۱۹۰۰۰	۵۸۰۰	آلومینیوم

توجه: اعداد جدول تقریبی هستند، زیرا چگالی محیط‌ها متغیر است. متوسط تواتر در نظر گرفته شده است.

کمیت صدا

کمیت علامت صوتی موضوع پیچیده تری است زیرا از عبارات مختلفی استفاده می‌شود و اعداد و مقادیر

زیادی در این میان مطرح است. هنگامی که از قدر مطلق صدا صحبت می‌شود، ما به بلندی فکر می‌کنیم که کمیته ذهنی (Subjective) و نشان دهنده واکنش غیرخطی گوش نسبت به کمیته فیزیکی صدا است. تراز (کمیت) صدا برحسب توان صوتی، فشار صدا، تراز فشار صدا (SPL)، شدت صوت و تراز شدت صدا (IL) تعریف می‌شود که تمام آن‌ها با یکدیگر و با کمیته ذهنی بلندی نیز تفاوت دارند. به منظور درک این مفاهیم، لازم است چگونگی شنیدن و نحوه انتشار صدا در فضای آزاد را بدانیم.

آستانه شنوایی، یعنی حداقل شدت صدایی که یک گوش سالم می‌تواند تشخیص دهد $10^{-16} \text{ W / cm}^2$ است که (عملاً گوش همچنان که شرح داده خواهد شد به فشار صدا جواب می‌دهد). حداکثر شدت صدایی که گوش بدون صدمه می‌پذیرد تقریباً 10^3 W/cm^2 است. گسترده این دو آستانه 10^{13} است.

جدول ۲ - مقایسه مقادیر اعشاری، نمایی و لگاریتمی شدت‌های مختلف اکوستیکی

مثال	تراز شدت رقم لگاریتمی	شدت W / cm^2	
		رقم نمایی	رقم اعشاری
دردناک	130 db	10^3	۰/۰۰۱
	120 db	10^4	۰/۰۰۰۱
ارکستر ۷۵ نفره	100 db	10^5	۰/۰۰۰۰۱
	100 db	10^6	۰/۰۰۰۰۰۱
فریادزدن در فاصله ۱/۵ متری	90 db	10^7	۰/۰۰۰۰۰۰۱
گفتگو در فاصله یک متری	70 db	10^9	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱
دفتر کار در حد متوسط	50 db	10^{11}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱
دفتر کار در محیط آرام	30 db	10^{13}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱
محیط شهری	20 db	10^{14}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱
	10 db	10^{15}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱
آستانه شنوایی	0 db	10^{16}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱

جدول ۲ مفهوم فیزیکی این اعداد را نشان می‌دهد. هنگام بررسی این نوع کلیات دو مشکل وجود دارد. خود اعداد کوچک هستند، در حالی که نسبت‌هایشان بسیار بزرگ است. به علاوه گوش انسان بطور لگاریتمی به فشار و شدت جواب می‌دهد. یعنی با دو برابر شدن شدت، احساس بلندی دو برابر نمی‌شود. این تغییرات کوچک قابل درک هستند. برای حل این مشکلات لازم است معیاری به ترتیب زیر تعیین نمود:

۱ - حداقل شدت یا فشار قابل درک را صفر فرض کرد.

۲ - از توان‌های مثبت در پایه ۱۰ استفاده کرد.

۳ - رابطه ثابتی بین تفاضل حسابی و تغییرات بلندی وجود داشته باشد، در صورتی که بین دو شدت صدا ۱۰ واحد اختلاف باشد، این اختلاف معادل دو برابر شدن (یا نصف شدن) بلندی است. بنابراین در چنین مقیاسی، تفاوت بین ۲۰ تا ۳۰ و همچنین ۶۰ و ۷۰، همیشه معادل دو برابر شدن بلندی است و آن را مقیاس دسی بل گویند.

تراز شدت (IL) دسی بل (dB)

کلمه "تراز" نسبت کمیّت اندازه گیری شده به کمیّت مبنا است. تراز شدت، نسبت شدت اندازه گیری شده به شدت مبنا است. تراز شدت با رابطه زیر نشان داده می‌شود.

رابطه: $IL = 10 \text{ Log } I/I_0$ که $IL = \text{تراز شدت}$ ، بر حسب dB، $I = \text{شدت}$ ، بر حسب W/cm^2 ، $I_0 = \text{شدت مبنا}$ (یعنی، $10^{-16} W/cm^2$ ، آستانه شنوایی است) $\log = \text{لگاریتم در پایه } 10$.

بنابراین ما مقیاسی را برقرار کرده‌ایم که سه شرط بالا را در برمی‌گیرد. تراز شدت صدا بدون بُعد است زیرا نسبت دو کمیّت است که دارای واحد یکسان بوده و واحدها حذف می‌شوند. تراز شدت بر حسب dB اندازه گیری می‌شود. جدول ۲ سهولت استفاده از مقیاس لگاریتمی دسی بل را در مقایسه با اعداد اعشاری و نمایی نشان می‌دهد. جدول ۳ فهرست کوتاهی از تغییرات شدت بر حسب dB و تغییرات ذهنی احساس بلندی را نشان می‌دهد. توجه کنید که تراز شدت ۱۰ دسی بل معادل دو برابر شدن بلندی است. تغییرات تراز شدت به میزان dB معادل ۴ برابر شدن احساس بلندی صدا است. تفاوت بین دو تراز شدت به صورت رابطه زیر است:

$$IL = 10 \text{Log } I^2/I_1$$

چند مثال که در آن از dB و محاسبات لگاریتمی استفاده شده، به خواننده کمک می‌کند تا با این سیستم مفید بیشتر آشنا شود.

جدول ۳ - تغییرات ذهنی و تغییرات تراز شدت مربوطه

تغییر در تراز (dB)	تغییر ذهنی در بلندی
۳	تا اندازه‌ای محسوس
6^{-1}	محسوس
۷	کاملاً محسوس
۱۰	دو برابر یا نصف بلندی
۲۰	چهار برابر یا ۱/۴ بلندتر

(۱) وقتی فاصله از منبع در میدان آزاد دو برابر یا (نصف) می‌شود، این معادل است با تغییر dB در تراز فشار صدا

فشار صوت و تراز فشار صوت (SPL)

آستانه شنوایی یا حد اقل فشار صوت قابل درک برای انسان 20 pa یا 2×10^4 میکروبار فرض می‌شود. در محاسبات تراز فشار صوت مینا، مشابه تراز شدت مینا، OdB می‌باشد. از آنجا که گوش بطور لگاریتمی به شدت جواب می‌دهد و کمیّت فشار با ریشه دوم شدت متناسب است رابطه تراز فشار صوت به صورت زیر نشان داده می‌شود:

رابطه: $SPL = 20 \log (P^2/P_0^2)$ ، در این رابطه: SPL = تراز فشار صوت، بر حسب dB ، P = فشار، بر حسب پاسکال (بار) P_0 = فشار صوت مینا، بر حسب پاسکال (pa یا ۲۰ bar یا 2×10^{-4} μ). چون برای تراز شدت و تراز فشار صوت، مبنای OdB را مطابق با آستانه قرار دادیم، از این رو می‌توان مقیاس dB را برای تراز فشار صوت (SPL) و تراز شدت صوت (IL) به کار برد و همچنین مقادیر dB مربوط به دو کمیّت فوق را به جای هم به تناوب استفاده کرد، هر چند که کمیّت شدت و کمیّت فشار مربوط به تراز dB بخصوص از نظر مقدار و واحد با هم کاملا متفاوتند. برای مثال، تراز 70 dB معادل شدت 10^9 W/cm² و فشار 0/063 pa است. واقعیت این است که ۷۰ dB تقریبا مطابق با تراز نوفه خاصی است. می‌گوییم "تقریبا" زیرا اگر یک عدد برای تراز صدا به دسی بل (dB) تعیین کنیم، دو مشکل ایجاد می‌شود:

۱ - تراز فشار صوت با زمان تغییر می‌کند، مگر برای صدای خالص پایا

۲ - تراز فشار اجزای مختلف اکثر صداهای عادی متغیر است.

برای فایق آمدن بر این دو مشکل از دو روش فنی می‌توان استفاده کرد. اگر صدایی دارای یک تواتر مشخصی باشد، تراز فشار صوت مربوط به آن تواتر را می‌توان به کار برد. این حالت در مورد صداهای نسبتا ثابت مانند صدای ناشی از موتور یا هواکش و یا دستگاه دمنده (Blower) صادق است. صداهای دیگری که تراز و تواترشان متغیرند را می‌توان روی نمودار بند یک هنگامی رسم کرد و حداکثر تراز فشار صوت را به ازای درصد زمانی، روی آن مشخص نمود. بنابراین صدای ناشی از تردد وسایل حمل و نقل توسط ترازهایی نشان داده می‌شود که ۹۰٪ از زمان دارای بیشترین مقدار است.

تراز بلندی: مقیاس فان (Phon)

گوش انسان، به تمام گستره تواتر 20 Hz تا 20 KHz به طور یکنواخت حساس نیست. حد آستانه دردناکی به میزان ۱۲۰ تا ۱۳۰ dB برای تمام تواترها وجود دارد. در حالی که حد پایین آستانه (آستانه شنوایی) به میزان OdB فقط در تواتر ۱۰۰۰ Hz تعیین شده است. گوش انسان در تواتر ۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ هرگز بیشترین حساسیت را دارد و آستانه شنوایی در این تواترها -۵ dB کمتر از سایر تواترها است. این حساسیت غیرخطی در تمام طیف شنوایی وجود دارد. برای تعیین حساسیت غیرخطی گوش، آزمایش‌های زیادی در تواترهای مختلف با نغمه‌های ساده انجام گرفته است و از شنونده خواسته شده تا بلندی ذهنی برابر را اعلام کند.

اندازه گیری تراز فشار صدا

برای اندازه گیری ترازهایی صدا وسایل اندازه گیری مورد نیاز است. یکی از این وسایل تراز سنج صدا

است. برای تعیین میزان همبستگی مقادیر اندازه گیری شده با احساس بلندی، اکثر وسایل اندازه گیری مجهز به شبکه‌های حساسیت اند. شبکه A مطابق با منحنی ۴۰ فان است و تواترهای پایین را از هم مجزا می‌کند. شبکه B با منحنی ۷۰ فان مطابق دارد و شبکه C حساسیت‌های خطی را نشان می‌دهد. در عمل، شبکه‌های B و C به خوبی با نمودارهای بلندی مطابقت ندارند. این بدان علت است که منحنی‌های بلندی برای نغمه‌های خالص بدست آمده است. در حالی که صدا در محیط به صورت صداهای مختلط است. شبکه A، به عنوان مقیاس اندازه گیری معیار برای بلندی صداهایی تا هر تواتر و هر شدتی تعیین شده است. اندازه گیری‌هایی که با استفاده از شبکه A انجام می‌گیرد و به صورت dBA نشان داده می‌شود. هر صداسنج مجهز به دو وضعیت سریع و کند است. از اولی به هنگام تغییرات سریع تراز فشار صدا و از دومی هنگامی که مقدار متوسط صدا تغییراتی بیش از ۴ dB دارد، استفاده می‌گردد، برای اندازه گیری صدای کوبه‌ای، وسایل مخصوصی نیاز است.

اندازه گیری‌های دقیق تر صداهای مختلط توسط دستگاه‌های دقیقی که شدت را بر حسب بندهای هنگامی اندازه می‌گیرد امکان پذیر است. چنین اندازه گیری‌هایی در استفاده صحیح از اثر جذب صدا و همچنین استفاده از مواد کاهش دهنده صدا که دارای ویژگی‌های غیرخطی در تمام بیناب تواتر هستند لازم به نظر می‌رسد. در صورتی که تراز صدا فقط بر حسب dB A اندازه گیری شود، تراز کلی نامیده می‌شود که فقط اطلاعات کلی و اولیه‌ای را ارائه می‌دهد.

واژه‌های مرتبط با آلودگی صدا

تراز صدا (Sound Level)

تراز هر صدایی با تقریبی که در عمل قابل قبول است بر اساس یکی از دو رابطه زیر مشخص می‌گردد:

$$L_p = 20 \log P/P_0 \text{ یا } L_1 = 10 \log I/I_0 \text{ که در آن : } L_1 = \text{تراز شدت صدا، به مقیاس dB، } L_p = \text{تراز فشار صدا، به مقیاس dB، } I_0 = \text{شدت صدای مینا (وات به مترمربع } 10^{-12} \text{، } P_0 = \text{فشار موثر صدای مینا که مقدار آن برابر است با } 2 \times 10^{-5} \text{ نیوتن به مترمربع (پاسکال)، } I = \text{شدت صدای مورد نظر، بر حسب وات به مترمربع، } P = \text{فشار موثر صدای مورد نظر، بر حسب نیوتن به مترمربع (پاسکال)، } \log = \text{لگاریتم به پایه ده نسبت مورد نظر.}$$

وزن یافته (Sound Level)

وقتی بیناب صدایی عمدتاً و به روش خاصی تغییر داده شود عمل انجام شده را وزن دادن می‌نامند. اعمال این روش بر روی یک بیناب به صورت پسوندی استاندارد در فراسنج اندازه‌گیری شده مشخص می‌گردد.

اثرات صدا بر روی انسان

بطور کلی اثرات صدا بر روی انسان را می‌توان در دو قسمت جداگانه شنیداری و غیرشنیداری، مورد

الف - اثرات صدا بر روی دستگاه شنوایی

هر چند صداهای خیلی شدید (مثلاً 150 dB) می‌تواند باعث پارگی پرده صماخ یا تخریب دیگر قسمت‌های گوش بشود اما صدمه به شنوایی معمولاً در ترازهای پایین تر (90-85 dB) رخ می‌دهد که ناشی از آسیب موقت یا دائم سلول‌های مژه دار حسی که روی سطح و ستیولی غشاء پایه در گوش داخلی قرار دارند، می‌باشد. وقتی در فرکانس‌های معینی افت شنوایی ایجاد شود برای آنکه شخص قادر به شنیدن آن فرکانس باشد بایستی تراز صدا از حد معمول آستانه شنوایی بالاتر باشد، به این جهت افرادی که دچار افت شنوایی هستند بطور غیرعادی بلند حرف می‌زنند، چون صدای خودشان را نمی‌شنوند. به علاوه این افراد اغلب اوقات حرف بی صدا را که دارای فرکانس بالا هستند خوب درک نمی‌کنند. به این جهت برای آنان درک صحیح کلمات مشکل می‌شود. شخص با وجود اینکه اصوات حاصل از کلمات را درک می‌کند اما قادر به فهم صحیح کلمات و تعقیب مکالمه نمی‌باشد، مگر اینکه گوینده کلمات را به آرامی و بطور واضح و مشخص ادا نماید. این چنین افت شنوایی معمولاً به یکی از دو صورت زیر است:

۱ - تغییر موقت آستانه شنوایی (Temporary Threshold Shifts : TTS)

که در آن شنوایی معمولاً در طی ۱۶ ساعت پس از تماس با صدای آسیب‌زا برگشت می‌کند.

۲ - تغییر دائم آستانه شنوایی ناشی از صدا (Permanent Threshold Shifts : PTS)

که معمولاً یک ماه پس از توقف مواجهه با صدای آسیب‌زا اندازه‌گیری می‌شود. بروز افت شنوایی ناشی از صدا معمولاً به صورت تدریجی بوده و در ابتدا فرکانس‌های مکالمه‌ای را در بر نمی‌گیرد، در نتیجه شخص از نقصان شنوایی خود بی‌اطلاع است. تشخیص زودرس شروع افت شنوایی و اطلاع از کیفیت تحمل گوش فرد نسبت به صدا بوسیله آزمایشات شنوایی سنجی، امکان‌پذیر است. در مجموع عواملی چون شدت صدا، طول مدت تماس، سن و حساسیت ویژه گوش فرد عواملی هستند که در ایجاد و پیشرفت عارضه افت شنوایی دخالت دارند.

در رابطه با اثرات شنوایی صدا مطالعات زیادی به عمل آمده و با استفاده از دستگاه‌های شنوایی سنجی، عوارض شنوایی صدا بخوبی شناخته شده است به طوری که در بسیاری از کشورها افت شنوایی ناشی از صدا از نظر قانونی جزو "بیماری‌های ناشی از کار" منظور می‌شود.

اثرات درازمدت صدا بر روی شنوایی

اثرات درازمدت صدا بر گوش انسان به صورت کوری ادراکی یا عصبی ظاهر می‌گردد. یعنی به واسطه کار در محیط‌های پر سروصدا سلول‌های شنوایی معدوم گشته و منجر به کوری غیرقابل برگشت می‌گردد. به این نوع افت شنوایی کوری حرفه‌ای هم می‌گویند. این افت شنوایی معمولاً متقارن و دو طرفه بوده و هر دو گوش مانند هم دچار افت شنوایی می‌گردند. کوری حرفه‌ای ناشی از کار که در طی چندین سال فعالیت در محیط‌های پرصدا ایجاد

می‌گردد، معمولاً دارای چهار مرحله است:

مرحله اول : مرحله شروع یا مرحله خستگی گوش

در این مرحله کارگر بعد از پایان کار روزانه احساس گرفتگی و سنگینی و خستگی در گوش را دارد که به فاصله دو یا سه ساعت از بین می‌رود، چنانچه در این مرحله ادیومتری به عمل آید کاهش شنوایی در فرکانس‌های ۴۰۰۰ هرتز، مشهود خواهد بود که جبران پذیر است. این مرحله دو یا سه هفته طول می‌کشد و بعد از آن کارگر هیچگونه ناراحتی در گوش خود احساس نمی‌کند.

مرحله دوم : مرحله اختفاء کامل

این مرحله ممکن است بسته به شرایط محیط کار و ویژگی‌های فردی و یا سن افراد از ۲۰-۲ سال طول بکشد. در این مرحله سلول‌های شنوایی در فرکانس‌های ۳۰۰۰-۶۰۰۰ هرتز و مخصوصاً در فرکانس ۴۰۰۰ هرتز آسیب دیده ولی چون این فرکانس‌ها در مکالمات روزمره لازم نیست و شنوایی فرکانس‌های مکالمه‌ای سالم است، فرد آسیب دیده، هیچگونه احساسی از مصدوم شدن گوش خود ندارد.

مرحله سوم : مرحله اختفای نسبی

در این مرحله در اثر گسترش ناشنوایی از فرکانس‌های ۴۰۰۰ هرتز به طرف فرکانس‌های زیر ۶۰۰۰ و ۸۰۰۰ و همچنین فرکانس‌های بم ۲۰۰۰-۱۰۰-۵۰۰ کارگر به تدریج صوت‌های با فرکانس‌های بالا را نمی‌شنود و احساس نیمه شنوایی دارد. گسترش و پیشرفت این مرحله سرانجام منجر به کری یا ناشنوایی کامل می‌گردد.

مرحله چهارم : مرحله ناشنوایی کامل یا قطعی

در این مرحله کارگر به ناشنوایی خود پی می‌برد و شنوایی فرکانس‌های مکالمه‌ای شخص بطور واضح و قطعی مصدوم شده است.

ب - اثرات غیرشنیداری

کاوینیو (Cavigneaus) و دروبر (Derobert) اثرات غیرشنیداری صدا را به ترتیب زیر بیان نموده اند: صدای مزاحم و ناخوشایند می‌تواند باعث عصبانیت و تحریک پذیری شود. برای این منظور لازم نیست حتما صدا شدید باشد بلکه تیک تاک یک ساعت دیواری در یک سالن انتظار کافی است که روی یک زمینه حساس و آماده اثر نموده، باعث عصبانیت و حالت تهاجمی به خود گرفتن گردد.

تحقیقات به عمل آمده در محیط‌های صنعتی نشانگر آن است که صدای شدید با سردرد، حالت تهوع، پرخاشگری، اضطراب، ناتوانی جنسی و تغییرات در خلق و خو ارتباط دارد. همچنین مطالعات انجام شده بر روی کارگران صنایع فلزی که در محیط پُر صدا کار می‌کنند، نشان داده که نسبت اختلافات خانوادگی و مناقشات کارگران در بین این افراد به مراتب بیش از کارگرانی است که در محیط‌های کم صدا و آرام کار می‌کنند.

اثرات صدا بر روی کارایی (Performance)

بر اساس تحقیقات آزمایشگاهی هر چند صدای پیوسته بر میزان کارایی در فعالیتهای ذهنی و حرکتی ساده اثر سویی ندارد، اما اگر صدا نامنظم و متناوب و غیرقابل پیش بینی باشد بر کارایی در امور مراقبتی (Vigilance tasks)، حافظه‌ای (Memory tasks) و وظایف پیچیده (Complex tasks) که شخص در آن واحد باید دو عمل انجام دهد تاثیر منفی می‌گذارد. ضمناً اثرات صدا بر روی کارایی به عوامل مختلفی چون: نوع صدا و شدت آن، قابل پیش بینی یا غیرقابل پیش بینی بودن آن، نوع کار و وظیفه، میزان قدرت تحمل استرس و دیگر ویژگی‌های شخصیتی فرد بستگی دارد.

برنامه‌های حفاظت از شنوایی (Hearing Conservation Programs)

هدف از برنامه‌های حفاظت از شنوایی در محیط کار، جلوگیری از بوجود آمدن و پیشرفت افت شنوایی ناشی از مواجهه با صدا در کارگران می‌باشد. در آمریکا پس از شناخت افت شنوایی به عنوان یک مشکل بهداشتی، OSHA (Occupational Safety and Health Administration) دستورالعمل‌هایی را اعلام نمود که شامل حداقل اصول و مقررات لازم بود تا کارفرمایان بتوانند آن‌ها را در محیط کار برقرار کنند. هر چند اجرای این اصول به تنهایی نیز ضامن موثر بودن کامل این برنامه در جلوگیری از بوجود آوردن ضایعات شنوایی نیست.

افت شنوایی بدون توجه به منشاء تولید آن به جنبه‌های مختلف زندگی صدماتی وارد می‌کند، در درجه اول تداخل در ارتباطات شغلی و اجتماعی است که قسمت اعظم زندگی را تشکیل می‌دهد. در اکثر مشاغل و حرفه‌ها داشتن حس شنوایی سالم جزء ارکان اصلی است. در محیط کار، افراد نیاز دارند تا دستورات و علائم آگاهی دهنده و غیره را بخوبی بشنوند، علاوه بر این در سایر موارد نیز در اجتماع، ارتباط با خانواده، فامیل و دوستان قسمت اساسی از زندگی اجتماعی را تشکیل می‌دهد. تمام این موارد، بر لزوم حفظ قدرت شنوایی بیش از پیش تاکید می‌کند. اجرای برنامه حفاظت از شنوایی در محیط کار علاوه بر مسائل شغلی موارد غیرشغلی را شامل خواهد شد، چون ناراحتی‌های شنوایی غیرشغلی نیز از طریق معاینات شنوایی دوره‌ای مشخص خواهد شد. مزایای اجرای این برنامه برای کارفرمایان، مستقیماً متوجه حفظ و ارتقاء سطح تولید خواهد شد. بازده کار افزایش یافته و سبب کاهش حوادث ناشی از کار می‌شود و علاوه بر این استرس و خستگی ناشی از مواجهه با صدا نیز کاهش خواهد یافت.

برنامه حفاظت در برابر شنوایی کارگران شامل ۵ مرحله می‌شود که عبارتند از: بررسی منظم صدا، اجرای روش‌های مهندسی یا اداری به منظور برقراری حدود مجاز، آموزش، استفاده از وسایل حفاظت فردی، ارزشیابی از طریق ادیومتری. در محیط کار، بر حسب مورد، اجرای یکی از مراحل فوق می‌تواند مورد تاکید بیشتری قرار گیرد. ولی به طور کلی اجرای تمام ۵ مرحله، اساسی و موثر می‌باشد.

آموزش

مرحله آموزش از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا کارگران و همچنین کارفرمایان تا زمانی که بخوبی از هدف برنامه و مزایای اجرای آن آگاه نباشند، نمی‌توانند بطور موثر و فعال در این برنامه شرکت کنند. باید تاکید

داشت که رعایت و اجرای اصول حفاظت و بهداشت نیز جزء شرایط کار، محسوب می‌شود. بدون آموزش و آگاهی افراد، برقراری اصول بهداشتی و اجرای برنامه HCP موفقیت آمیز نخواهد بود. به منظور اجرای صحیح بررسی صدا، پذیرش تغییرات محیطی، تغییرات احتمالی در ماشین آلات و همچنین اجرای موفقیت آمیز استفاده از وسایل حفاظت فردی و ادیومتری مرحله آگاهی و آموزش کارگران حتی قبل از ۴ مرحله فوق باید بخوبی انجام گیرد و در فواصل منظمی تکرار گردد.

بررسی صدا

هدف اصلی از بررسی صدا در محیط کار تعیین TWA برای کارگران یا برای ایستگاه کار و یا به منظور طبقه بندی مشاغل برحسب میزان صدای موجود می‌باشد. به طور کلی بررسی صدا میزان مخاطره آمیز بودن آن را برای کارگران تعیین می‌کند تا به دنبال آن خط مشی مناسب برای HCP تعیین شود. پس از بررسی صحیح و مناسب صدا، میزان صدای بیش از حد مجاز در کارخانه تعیین شده و می‌توان روش‌های موثر کنترل را برای کاهش دائم صدا در آن محیط به کار بست و یا بر حسب نوع کار، به عنوان یک روش تکمیلی، استفاده از وسایل حفاظت فردی را به کارگران توصیه نمود.

کنترل مهندسی و اداری

روش‌های کنترل مهندسی و اداری سبب کاهش مواجهه کارگران با صدا می‌شود. اصول کنترل مهندسی شامل ایجاد تغییرات در منابع مولد صدا (مانند نصب مافلرها و غیره، کاهش انتشار صدا در محیط مانند نصب جاذب‌ها، مانع‌ها و نصب محفظه‌های کامل می‌شود. کنترل اداری عبارتست از جابجایی و تعویض تجهیزات قدیمی و مستهلک شده، تعیین و اجرای مرتب برنامه تعمیرات و نگهداری وسایل. علاوه بر این، تغییرات در برنامه کارگران توسط محدود کردن زمان مواجهه، جزو مراحل مختلف کنترل اداری است.

وسایل حفاظت فردی

در صورتی که اجرای روش‌های کنترل مهندسی به طور کامل نتواند صدا را به حد مجاز کاهش دهد. استفاده از وسایل حفاظت فردی می‌تواند بطور مکمل مورد استفاده قرار گیرد از این رو در چنین مواردی با انتخاب مناسب این وسایل از نظر راحتی کارگران به هنگام استفاده و همچنین موثر بودن آن‌ها در کاهش صدا می‌توان شنوایی کارگران را حفاظت نمود.

ارزشیابی از طریق ادیومتری

وضعیت شنوایی هر کارگر باید بطور دوره‌ای و منظم توسط شنوایی سنجی مورد بازرسی قرار گیرد. در صورتی که برنامه حفاظت از شنوایی بطور صحیح و موفقیت آمیز انجام گیرد، اودیوگرام افراد نباید تغییری در آستانه شنوایی آن‌ها که ناشی از کار در محیط پر صدا است را نشان دهد. در صورت مشاهده هر نوع تغییر لازم

است افراد مسئول به چاره جویی بپردازند، هنگامی که تغییر در وضعیت شنوایی منشاء غیرشغلی داشته باشد، در اودیوگرام‌های مشخص شده و جهت تصحیح این ضایعه روش‌های اصولی اعمال خواهد شد، از جمله کاهش زمان مواجهه با صدا در محیط کار.