

Metodología para la realización de excursiones
a las instalaciones de gestión del agua.

Aguas residuales



Contenido

Portada	3	4
1 Introducción general	4	
5		
1.1.1 Leyenda de niveles: 4	4	
5		
1.1.2 La historia del agua: 4	4	
5		
1.1.3 La historia de las sustancias y la energía: 4	4	
5		
1.1.4 Historia de la gente: 5	5	
6		
1.1.5 ¿Cómo prepararse para la excursión? 6	6	
7		
2 Excursión propia	9	
10		
2.1 Salud y Seguridad	9	
10		
2.2 Importancia del tratamiento de aguas residuales urbanas	10	
11		
2.3 Desarrollo del tratamiento de aguas residuales	12	
13		
2.4 La historia del agua	13	
14		
2.4.1 Fuente de aguas residuales	13	
14		
2.4.2 Camino del agua a la planta de tratamiento de aguas residuales	17	
19		
2.4.3 Planta de tratamiento de aguas residuales	20	
22		
2.4.4 Calidad y control de los efluentes	22	
25		
2.4.5 El futuro de la limpieza	23	
26		
2.5 La historia de las sustancias y la energía obtenidas de las aguas residuales	24	
27		
2.6 La historia de las personas que cuidan la red de alcantarillado y trabajan en la planta de tratamiento de aguas residuales	29	
33		

2.7 Precio del agua31.....
35

3Descripción de las tecnologías de EDAR33.....
37

3.1 Limpieza mecánica34.....
38

3.2 Purificación biológica36.....
40

3.3 Limpieza terciaria39
44

3.4 Gestión de lodos41
46

Portada

Este documento fue creado por un colectivo de autores: Jitka Czakojová, Martin Srb, Helena Bakešová, Jakub Sochor, Denisa Čadková, Lenka Procházková, Jindřich Procházka, Andrea Benáková, Eliška Maršálková, Jana Šmídková y Jiří Paul, como parte de la solución del proyecto:



Od kohoutku do záchodu

Tento projekt je financován Evropskou unií v rámci Národního plánu obnovy.

Projekt cílí na zlepšování kvality odborných exkurzí a odborných přednášek či demonstrací v oblasti vody. Primárně se zaměřuje na poskytnutí podpory a materiálů pro učitele, odborníky a pracovníky vodo hospodářských společností, kteří provádějí exkurze.

Realizace projektu: únor 2024 – červenec 2025

El director del proyecto es la Asociación del Agua.



1 Introducción general

Bienvenidos a la metodología de excursiones a plantas de tratamiento de aguas residuales (ETAP). Las plantas de tratamiento de aguas residuales son extremadamente importantes para la protección del medio ambiente y la salud humana. Esta metodología le proporcionará una introducción general y orientación sobre cómo presentar una planta de tratamiento de aguas residuales como un lugar fascinante donde se desarrolla la historia del agua, las sustancias y la energía, pero también de las personas que trabajan allí. El objetivo de la excursión no es sólo familiarizar a los estudiantes con los principios básicos del tratamiento de aguas residuales, sino también motivarlos a tratar el agua y el medio ambiente de manera responsable.

La metodología está creada para que pueda usarse en plantas de tratamiento de aguas residuales más grandes y más pequeñas. En el capítulo Descripción de las tecnologías encontrará una descripción general de las tecnologías de limpieza, entre las cuales podrá elegir solo aquellas que tenga en el lugar indicado e incluirlas en la excursión.

La metodología está diseñada para estudiantes de primaria y secundaria, o incluso para los participantes de excursiones más curiosos. Los párrafos codificados por colores se utilizan para distinguir diferentes niveles.

1.1.1 Leyenda de nivel:

Escuelas primarias: debido a la enseñanza de química y otras materias, se cuentan principalmente los alumnos de segundo grado de la escuela primaria (es decir, de 11 a 15 años aproximadamente).

Escuelas secundarias - aprox. 15-19 años de diversas escuelas (gimnasio, escuelas industriales, aprendizaje...).

Inquisitivo: útil, por ejemplo, para excursiones a seminarios optativos sobre química o medio ambiente en los años de graduación de la escuela secundaria o para clubes técnicos juveniles y otras instituciones de interés y educación informal.

La excursión se puede guiar desde diferentes puntos de vista, que se pueden combinar y así crear una visión integral del tema del tratamiento de aguas residuales. Hemos preparado tres para usted: la historia del agua, la historia de las sustancias y la energía y la historia de las personas.

1.1.2 La historia del agua:

Comienza el recorrido presentando la planta de tratamiento de aguas residuales como el lugar donde se desarrolla la historia del agua. Explique a los estudiantes que el agua residual que producimos en nuestros hogares e industrias va a una planta de tratamiento donde es tratada y devuelta a la naturaleza. Presénteles el proceso de purificación del agua y explíqueles su importancia para la protección del medio ambiente.

1.1.3 La historia de la materia y la energía:

A continuación, centrémonos en la historia de las sustancias y la energía que se reciclan en la planta de tratamiento de aguas residuales. Explique a los estudiantes que una planta de tratamiento utiliza una variedad de tecnologías y procesos para eliminar las impurezas de las aguas residuales. Muéstreles cómo a partir de las aguas residuales se obtienen sustancias valiosas como el fósforo o el nitrógeno, que luego se utilizan, por

ejemplo, en la agricultura. Menciónese también el aprovechamiento de la energía obtenida de las aguas residuales, por ejemplo para calentar una planta de tratamiento o la producción de electricidad renovable y biometano.

1.1.4 Historia de la gente:

Cuénteles a los estudiantes también la historia de las personas que trabajan en la planta de tratamiento de aguas residuales. Introducirles en las diferentes profesiones y ocupaciones que se encuentran en la planta depuradora, como químicos, técnicos u operarios. Explicar la importancia de su trabajo para la protección del medio ambiente y cómo cuidan el correcto funcionamiento de la planta depuradora.

1.1.5 ¿Cómo prepararse para la excursión?

Para que la excursión interese a los visitantes y al mismo tiempo les proporcione conocimientos para la próxima vida, es necesario prepararse y adaptar la interpretación al público, su edad, experiencia e intereses. Al mismo tiempo, es una buena idea hacer que la excursión sea lo más interactiva posible (lo que te diferencia de otras clases explicativas, por ejemplo, visitas a castillos y palacios). Recuerda que las excursiones con una parte teórica más larga son más adecuadas para estudiantes de secundaria. Los participantes más jóvenes tienden a tener un nivel de concentración significativamente menor, por lo que es necesario pensar de la manera más práctica posible, incluso a costa de un menor volumen de información transmitida.

En particular, es bueno saber:

- **¿Cuántos visitantes vendrán?**

No sólo en lo que respecta a la interpretación, ya que la atención disminuye a medida que aumenta el número de participantes, sino también en lo que respecta a la disposición técnica: ¿me oirán todos? ¿Podemos encajar en estaciones individuales? o a la sala de control? Si tiene suficientes guías, no tema dividir el grupo en varios grupos más pequeños.

- **¿Cuántos años tienen y de qué escuela son?**

Los estudiantes de una escuela industrial centrada en la automatización estarán interesados en información diferente que los estudiantes de una escuela primaria orientada a las humanidades, y estos a su vez estarán interesados en información diferente a la de las futuras enfermeras; la excursión se verá diferente para los estudiantes de sexto grado de primaria sin conocimientos de química.

- **¿Cuál es el objetivo de la excursión?**

Ya sea para transmitir principalmente conocimientos teóricos sobre los procesos de limpieza o si ya se ha impartido una lección teórica en la escuela y el objetivo de la excursión es poner en práctica los conocimientos adquiridos; o presentar la descripción del puesto de trabajo de los empleados (carrera en el sector del agua).

- **¿Cuanto tiempo tienes para la excursión?**

Un tiempo típico es de dos horas lectivas, es decir, aproximadamente 1,5 horas; Sin embargo, esto depende no sólo de la edad de los participantes, sino también de la distancia entre la escuela y el edificio de la planta de limpieza; este aspecto del recorrido siempre debe acordarse previamente con el personal docente.

Es una buena idea preparar con antelación información general sobre el tratamiento de aguas residuales, por ejemplo:

- **¿Cuánta agua fluirá a través de la planta de tratamiento de aguas residuales sin lluvia por segundo, por día y por año? ¿Cuánta agua puede limpiar la EDAR durante una lluvia intensa (es decir, cuando se llena su capacidad)?**

Para tener una mejor idea, es recomendable convertir los valores a algunas unidades más accesibles, consulte la tabla a continuación.

Unidad	Volumen
--------	---------

Piscina olímpica (profundidad 2,5 m)	3.125m ³
estanque rural	del orden de miles de m ³
camión cisterna	46-90 m ³
tanque en chasis T815	9m ³
tanque en chasis V3S	3,5m ³
baño	100-200 litros
balde	12 años
regadera de jardín	5 litros

- **¿Cuál es la proporción de aguas residuales, agua de lastre y agua industrial?**
- **¿De qué partes de la ciudad/municipio tratan las aguas residuales a una PTAR específica?**

Si todo el territorio de la ciudad/municipio se drena a esta PTAR o si algunas áreas reciben un tratamiento diferente. O si existe otra zona cercana conectada a una EDAR concreta.

- **¿De cuántas personas/hogares trata usted las aguas residuales?**

Por supuesto, no necesitas un número exacto, sino un orden de magnitud para una idea.

- **¿Cuánto mide la red de alcantarillado y de qué material está hecha?**

Nuevamente, es posible hacer zoom usando, por ejemplo, la distancia desde el lugar de la excursión o desde el centro de la ciudad/pueblo hasta la ciudad XY; cuántas gasolineras y otros objetos interesantes hay en él.

- **¿Cuánta electricidad se necesita para limpiar las aguas residuales?**

Se puede comparar con el consumo doméstico: el consumo medio de electricidad en la República Checa en 2023 para un hogar fue de 3500 kWh/año (el consumo habitual de agua en una planta depuradora por cada habitante equivalente es de unos 50 kWh/EO).

- **¿A qué curso de agua desembocan las aguas residuales tratadas?**

Además del nombre del curso de agua, es posible agregar otros datos como:

¿Cuál es la calidad del agua del arroyo? ¿Cuál es su caudal? ¿Qué parte del caudal es el efluente de la planta de tratamiento?

- **¿Cuánto cuesta purificar 1 litro de agua?**

Pensar en:

- **¿Adónde llevarás a los visitantes?**

En cuanto a su seguridad, la seguridad del tráfico, la capacidad de espacio, el tiempo previsto para el recorrido y la distancia entre los distintos lugares.

- **¿Qué información principal deben llevarse los participantes de la excursión?**

No es aconsejable cambiar sus poderes aquí, basta con quitarles de 3 a 4 datos clave.

- **¿Cómo los llamarías aproximadamente junto con el tiempo asignado para las paradas individuales?**
- **¿Qué les mostrarás y demostrarás que puedan probar por sí mismos en tus condiciones?**
- **¿Qué podrían preguntarte?**
- **¿Qué no entendías a su edad y te gustaría entender?**
- **¿Qué les preguntarás?**

Para hacer el recorrido más interactivo y al mismo tiempo conocer el estado inicial de conocimiento de los participantes sobre el tema en cuestión.

Asegúrese y prepare con antelación:

- **Documentos necesarios requeridos por el operador de la instalación (por ejemplo, salud y seguridad, lista de nombres de los participantes).**
- **Equipo de seguridad necesario, en caso de ser necesario (chalecos salvavidas, cascos, guantes,...).**
- Hojas de trabajo para visitantes (previo acuerdo con los profesores).
- Ayudas de demostración.

Por ejemplo, equipos de toma de agua en etapas tecnológicas individuales, cilindro de sedimentación de lodos, etc. También recomendamos preparar un diagrama tecnológico simplificado, mapa o fotografía aérea de la zona (para distribuirlo a los participantes o, si es necesario, mostrar periódicamente la ubicación actual en un formato grande).

- **Pequeñas recompensas para los visitantes, si están disponibles (por ejemplo, bolígrafos de empresa, caramelos...).**
- Posibilidad de utilizar el baño y lavarse las manos después de la excursión.

2 Excursión propia

2.1 salud y seguridad

Una breve capacitación sobre seguridad y salud en una excursión es la primera parte obligatoria de cada excursión. Por favor, no subestimes esta parte, aunque pueda parecer redundante o innecesaria.

Durante la formación en SST, utilice las directrices internas de su empresa o puede utilizar el apéndice de esta metodología, que contiene una descripción general sencilla de con qué familiarizar a los participantes de la excursión.

Además, es aconsejable enviar una introducción a la salud y la seguridad con antelación y solicitar una lista firmada de los nombres de los participantes con la confirmación de que se han familiarizado con la salud y la seguridad de antemano y hacer sólo un breve repaso de los puntos de salud y seguridad antes de la excursión.

Al inicio de la excursión conviene destacar que los participantes no podrán comer, beber ni abandonar el grupo durante la excursión. Antes de la salida, es recomendable dejar tiempo para que los participantes tomen un refrigerio rápido o visiten el baño.

2.2 Importancia del tratamiento de aguas residuales urbanas

? **Pregunta:** ¿Por qué purificamos el agua?

💡 **Respuesta:**

En el pasado, las alcantarillas fluían directamente a los ríos, arroyos, estanques, mares, etc. locales, el objetivo era deshacerse de las aguas residuales lo más rápido posible. Sin embargo, la contaminación de los cursos de agua a menudo provocaba la destrucción de sus ecosistemas, las enfermedades y los olores se propagaban por el agua y no era posible utilizar el agua para las actividades necesarias.

La purificación del agua es especialmente importante en lo que respecta al uso del río aguas abajo de la planta de tratamiento de aguas residuales. Si no limpiamos suficientemente las aguas residuales, existiría una amenaza para la salud pública. El agua de la planta de tratamiento de aguas residuales se puede utilizar para recreación, como fuente de agua potable o para riego. La purificación del agua previene la transferencia de gérmenes, bacterias y sustancias químicas que podrían causar enfermedades, infecciones y promover el proceso de eutrofización.

ZŠ: *La limpieza de las aguas residuales urbanas es de fundamental importancia para la protección del medio ambiente y la salud humana. Esta cuestión acompaña a la humanidad desde la antigüedad, cuando las primeras civilizaciones luchaban contra los efectos del agua contaminada sobre sus habitantes.*

SŠ: *En la antigua Roma existía un elaborado sistema de alcantarillas y alcantarillas que llevaban las aguas residuales fuera de la ciudad. Sin embargo, siguieron propagándose enfermedades como el cólera y la disentería causadas por el agua contaminada. Históricamente, estas epidemias se han cobrado millones de vidas y han llevado a la necesidad de resolver el problema de las aguas residuales de una manera más eficiente.*

El punto de inflexión fue el descubrimiento de los microorganismos y su papel en la descomposición de sustancias orgánicas en el siglo XIX. Esto ha permitido el desarrollo de plantas de tratamiento biológico de aguas residuales que utilizan procesos biológicos naturales para eliminar contaminantes. La primera planta moderna de tratamiento de aguas residuales se puso en funcionamiento en Gran Bretaña en 1892.

Hoy en día, el tratamiento de aguas residuales es absolutamente necesario para mantener la calidad de los recursos hídricos y proteger el medio ambiente. La descarga de aguas residuales no tratadas en ríos, lagos y mares tendría efectos devastadores en los ecosistemas acuáticos, matando peces y otras formas de vida acuática y haciendo imposible el uso del agua con fines recreativos o para la producción de agua potable.

Un ejemplo puede ser la situación en la India, donde el río Ganges es uno de los más contaminados del mundo debido al vertido de aguas residuales sin tratar de ciudades e industrias. Esta contaminación no sólo amenaza los ecosistemas locales, sino que también plantea un grave riesgo para la salud de los millones de personas que dependen del río.

Por el contrario, un tratamiento adecuado de las aguas residuales permite la descarga segura del agua tratada a los cursos de agua sin contaminarlos. De esta forma se protegen los ecosistemas

acuáticos, se preserva la calidad del agua potable y se reduce el riesgo de propagación de enfermedades. El tratamiento de aguas residuales también permite el reciclaje y la reutilización de recursos valiosos, como los nutrientes y la energía contenidos en las aguas residuales.

Está claro que el tratamiento de las aguas residuales urbanas es un factor clave para el desarrollo sostenible de nuestras ciudades y municipios y la protección del medio ambiente para las generaciones actuales y futuras.

Curioso: *En el verano de 1858 apareció en Londres el llamado Gran Olor. En aquella época vivían en Londres unos 2 millones de personas y el número aumentaba constantemente. Originalmente iban al baño en orinales que se vaciaban en pozos negros, que se exportaban fuera de la ciudad a los campos, y su contenido era utilizado por los agricultores como fertilizante, pero también para la producción de pólvora. Sin embargo, a medida que aumentaba el número de personas, los sumideros ya no eran suficientes y aparecieron los inodoros con cisterna, por lo que la cantidad de aguas residuales aumentó aún más. La dirección de Londres finalmente decidió que las aguas residuales se descargarían inicialmente al Támesis a través de las alcantarillas. El río se convirtió en un desagüe. En él acababa todo, desde el contenido de los retretes hasta los perros muertos, pasando por alimentos en descomposición y residuos industriales, pasando por restos de animales de los mataderos y productos químicos de las curtidorías. Además, el verano de 1858 fue extremadamente caluroso, por lo que los desechos del río se descompusieron incluso más rápido de lo habitual. Los desechos en el río estaban "literalmente hirviendo y fermentando" y el hedor era tal que la gente vomitaba y se desmayaba en las calles, la reina Victoria canceló los cruceros fluviales y el Parlamento no pudo sentarse. Ni siquiera 250 toneladas de cal clorada vertidas al río ayudaron. Al final se decidió construir un nuevo sistema de alcantarillado completo con una longitud de 1.800 km, que drenaría el agua bajo la ciudad (la construcción comenzó el año siguiente). Después de su finalización nunca hubo otra epidemia de cólera en Londres.*

? **Pregunta:** ¿Qué es la eutrofización?

💡 **Respuesta:** La eutrofización se refiere al proceso de enriquecer el agua con nutrientes, especialmente nitrógeno y fósforo contenidos en la orina y las heces. Se hace una distinción entre eutrofización natural y no natural (causada por la actividad humana). Como resultado de una gran cantidad de nutrientes, el plancton y también las cianobacterias (floraciones acuáticas) se multiplican en el agua, lo que resulta en una disminución del oxígeno en el agua, que se manifiesta por su descomposición, la muerte de los peces y otros organismos que viven en el agua.

En la mayoría de los países, existen requisitos legislativos para la calidad y el tratamiento del agua que se deben seguir. Estas regulaciones están diseñadas para proteger la salud humana y el medio ambiente.

2.3 Desarrollo del tratamiento de aguas residuales.

Es posible comenzar la excursión con una breve introducción histórica de cómo se desarrolló el tratamiento de aguas residuales en la localidad en cuestión. El objetivo de esta sección no es entrar en grandes detalles, sino sólo señalar los hitos importantes. La información sobre la evolución local se puede encontrar en el archivo de la empresa o en el archivo del municipio correspondiente. Además, es recomendable informar a los visitantes si la planta depuradora se desarrollará en los próximos años, por ejemplo, aumentará de tamaño en función del aumento de habitantes.

Si la información histórica no está disponible, puede utilizar los siguientes párrafos para una breve introducción, que tratan sobre el desarrollo general de la eliminación de aguas residuales y el tratamiento de aguas residuales.

Primaria: Recomendamos no sobrecargar a estos estudiantes con fechas exactas, sino mencionar sólo los cambios más importantes que se han producido en la planta de tratamiento durante su existencia.

Escuela secundaria: Con estos alumnos ya se puede entrar en más detalles, pero intenta intercalar los datos con varios hechos e historias interesantes, por ejemplo de la reconstrucción.

Historia general de la industria de la limpieza en la República Checa

El proceso de tratamiento de aguas residuales se extendió a la República Checa desde Inglaterra, donde a finales del siglo XIX se instalaron las primeras plantas de tratamiento (mecánicas o mecánico-químicas). A estas plantas de tratamiento se refiere también la antigua planta de tratamiento de aguas residuales de Praga en Bubenč. Curiosamente, esta planta de limpieza se encuentra bajo tierra.

A principios del siglo XX se descubrió el proceso de activación en Manchester, Inglaterra. Dos químicos británicos (Edward Arden y William Lockett) realizaron experimentos con aireación de aguas residuales y descubrieron que se formaba una suspensión en el agua, lo que acortaba el tiempo de tratamiento de las aguas residuales. A esta suspensión la llamaron lodo activado. La difusión de este descubrimiento se vio frenada por la Primera y la Segunda Guerra Mundial, y el proceso no se practicó más ampliamente hasta después de la Segunda Guerra Mundial (después de 1945). La primera planta de tratamiento de aguas residuales con tratamiento biológico mediante un proceso de activación fue la EDAR de Modřice (1961). Este proceso se utilizó posteriormente en Praga en 1968.

2.4 La historia del agua.

2.4.1 Fuente de aguas residuales



Consejo de interpretación: Aquí los participantes de la excursión tienen mucho espacio para pensar. ¿Todo va a la tintorería? ¿De donde? ¿Dónde se generan las aguas residuales en casa (inodoro, ducha, lavavajillas, lavadora, etc.) y en qué cantidad? ¿Cuáles son las otras fuentes de aguas residuales en los alrededores (empresas industriales, agricultura, hospitales, escuelas, restaurantes,...)? ¿Qué pasaría si no tratamos las aguas residuales y las vertemos directamente al río? Al mencionar contaminación orgánica se puede dar el número de habitantes equivalentes. En conclusión, cabe decir cómo pagan los residentes por el tratamiento de las aguas residuales.

? Pregunta: ¿A dónde se llevan las aguas residuales?

💡 Respuesta: Las aguas residuales son agua que hemos utilizado y que ahora está contaminada. Esta agua procede de nuestros hogares (inodoro, lavavajillas, lavadora,...), fábricas, hospitales y oficinas. Esto también incluye el agua de lluvia que no penetró en el suelo durante una tormenta o una lluvia intensa, sino que corrió por el desagüe. Toda esta agua escurre por una tubería que la lleva a una depuradora para ser limpiada y devuelta a la naturaleza.

ZŠ: Discute en general cuáles son las fuentes de aguas residuales en el hogar, dónde creen que tienen el mayor consumo de agua y qué se encuentra en las aguas residuales (agua, partículas sólidas, partículas flotantes, aceites, grasas).

Curiosidad: Según su origen, dividimos las aguas residuales en:

- *aguas residuales (o aguas residuales): provienen de hogares e instalaciones sociales*
- *aguas residuales industriales: provienen de la industria (de fábricas)*

? Pregunta: ¿Qué contienen las aguas residuales?

💡 Respuesta: La contaminación del agua está formada por sustancias disueltas y no disueltas. Los solutos pueden ser biodegradables (por ejemplo, monosacáridos) o no biodegradables (por ejemplo, colorantes azoicos). Las sustancias disueltas que se encuentran en las aguas residuales también incluyen sales inorgánicas disueltas. Las sustancias orgánicas no disueltas en las aguas residuales se dividen nuevamente en degradables (almidón, celulosa) y no degradables (plásticos). Las sustancias inorgánicas no disueltas incluyen, por ejemplo, arena y grava. El agua que entra también incluye cosas que se parecen más a los residuos municipales. Sin embargo, no pertenecen al alcantarillado y no deberían entrar en él en absoluto. Además, en el agua hay bacterias y microbios que pueden provocar enfermedades.



Consejo de interpretación: Aproveche esta oportunidad para discutir con los participantes qué no debe tirarse a los residuos. Generalmente es aconsejable tener esta conversación en un lugar donde se pueda ver el agua fluyendo y sea posible señalar inmediatamente los objetos que no pertenecen al agua residual. También es recomendable preguntar sobre su práctica en casa y quizás también sobre qué hacen con los aceites y grasas.

Escuela primaria: A los alumnos mayores se les pueden hacer preguntas orientativas directamente sobre la composición química de las aguas residuales: qué sustancias orgánicas o inorgánicas se encuentran en las aguas residuales.

? **Pregunta:** ¿Cuánta agua residual produce una persona?

💡 **Respuesta:** La cantidad y calidad de las aguas residuales producidas por los humanos pueden variar. Para efectos del diseño de las plantas de tratamiento se creó una unidad denominada población equivalente (EO), que refleja la cantidad y calidad promedio de aguas residuales producidas por un habitante en un día. La cantidad de contaminación producida por un EO corresponde a:

1 OE = 120-150 l/d de aguas residuales

1 AE = 60 g/d sustancias orgánicas (DBO5) 1 AE = 11 g/d Ntotal 1 AE = 2,5 g/d Ptotal

DBO5 (demanda biológica de oxígeno) es un método analítico para la determinación de sustancias orgánicas que están sujetas a descomposición bioquímica en condiciones aeróbicas. En otras palabras: la demanda biológica de oxígeno expresa cuánto oxígeno necesitan las bacterias para eliminar la contaminación orgánica en las aguas residuales.

Por regla general, los edificios industriales también están conectados a la planta de tratamiento de aguas residuales. Para estimar la contaminación se crean tablas de conversión, con ayuda de las cuales podemos calcular la contaminación correspondiente a habitantes equivalentes.

Por ejemplo:

La producción de 1 tonelada de remolacha en una fábrica de azúcar corresponde a 45-70 EO.

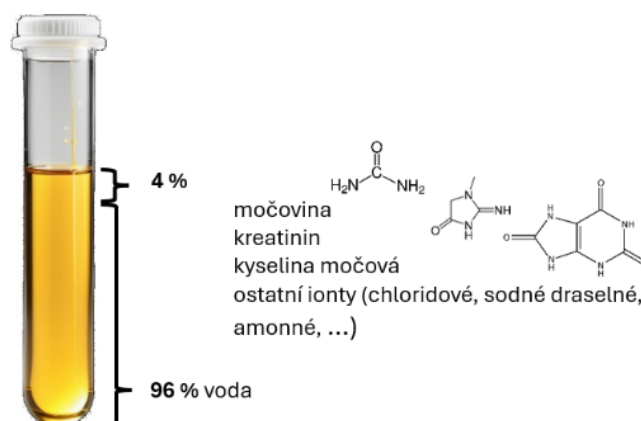
La producción de 1 m3 de cerveza corresponde a 150-350 EO.

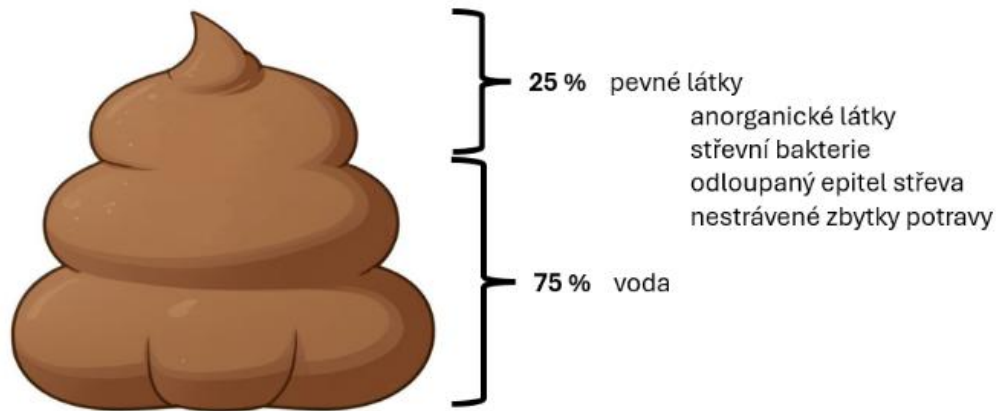
Lavar 1 tonelada de ropa en una lavandería equivale a 350-950 EO.

? **Pregunta:** ¿Qué sustancias contienen la orina y las heces humanas?

💡 **Respuesta:** La orina y las heces son productos de desecho del metabolismo humano. La orina se produce filtrando la sangre en los riñones y las heces se forman en el intestino grueso.

La composición de la orina y las heces humanas se muestra en las siguientes figuras. Desde el punto de vista del tratamiento de aguas residuales, la orina es una fuente importante de nitrógeno. Por otro lado, las heces son fuente de fósforo y sustancias orgánicas. Las sustancias orgánicas proceden de restos de alimentos que no son completamente digeridos en nuestro organismo.





? **Pregunta:** ¿La composición de las aguas residuales difiere en diferentes ciudades/lugares o es la misma en todas partes?

💡 **Respuesta:** Las aguas residuales de los hogares y de las instalaciones sociales (alcantarillado) tienen aproximadamente la misma composición. En cuanto a las aguas residuales industriales, su composición depende en gran medida del tipo de industria. La naturaleza de la contaminación influye fuertemente en la tecnología utilizada en la EDAR.

? **Pregunta:** ¿Qué pertenece y qué no debe estar en el baño?

📋 **Consejo de interpretación:** En esta sección es recomendable educar a los visitantes sobre lo que no debe tirarse al alcantarillado, o lo que no se debe tirar al inodoro, al fregadero de la cocina o al fregadero de casa.

💡 **Respuesta:** Las aguas residuales no incluyen:

- restos de comida
- residuos de trituradoras de cocina
- grasas y aceites
- artículos de higiene: toallitas húmedas y cosméticas, bastoncillos de algodón, pañales desechables,...
- residuos municipales
- residuos químicos, o quizás mercurio

Curioso: la Navidad es una época crítica en la que la gente tiene la mala costumbre de tirar grandes cantidades de petróleo a la basura. El aceite debe estar en contenedores de aceite o en el patio de recogida.

? **Pregunta:** ¿Por qué estas cosas no deben tirarse al alcantarillado?

💡 **Respuesta:** Porque pueden dañar u obstruir las tuberías y equipos de alcantarillado de la planta de tratamiento de aguas residuales. Por ejemplo, la grasa se deposita en las paredes del alcantarillado y otras impurezas (servilletas, artículos de higiene,...) quedan atrapadas en ella. Esto puede provocar que las tuberías se obstruyan por completo y que las aguas residuales no tengan por dónde drenar. No se trata sólo de las tuberías que llevan las aguas residuales a la depuradora, también pueden producirse obstrucciones en las tuberías de alcantarillado de su casa. En tal caso, el remedio es muy complicado y desagradable. O, en el caso de los restos de comida, pueden sustentar una gran cantidad de ratas en las alcantarillas, que pueden transmitir enfermedades y generalmente son huéspedes no deseados en ciudades y hogares, que luego deben ser eliminados mediante el exterminio de las alcantarillas. En el caso de sustancias peligrosas y productos químicos existe el riesgo de dañar la tecnología de la planta depuradora, especialmente el proceso biológico, así como de poner en peligro a las personas que trabajan en el sistema de alcantarillado y en la planta depuradora.

***Curiosidad:** El caso más famoso de obstrucción de alcantarillado con grasa y otros residuos de aguas residuales se produjo en Londres en 2017. El material acumulado medía 250 metros y pesaba 130 toneladas. Fueron necesarias 9 semanas de trabajo para retirarlo. En inglés, para este "depósito" incluso se acuñó el nombre "Fatberg", que se formó a partir de la palabra "fat" - fat e "iceberg" - iceberg; en checo podría llamarse "tukovec".*

2.4.2 El camino del agua hasta la depuradora.



Consejo de interpretación: Aquí es bueno saber dónde fluyen las aguas residuales a su planta de tratamiento (de qué ciudades/distritos locales/municipios), cuánto es (por año y por segundo), de cuántas personas provienen, cuánto dura la red de alcantarillado que trae el agua, cuánto tiempo tardan las aguas residuales en llegar a la planta de tratamiento. Puede hacer una encuesta entre los visitantes sobre qué aguas residuales fluyen aquí, dónde fluyen las aguas residuales de su escuela, etc.

? **Pregunta:** ¿Cómo se vierten las aguas residuales a la planta de tratamiento de aguas residuales?

💡 **Respuesta:** Las aguas residuales de los edificios se vierten a través de tuberías que desembocan en tuberías más grandes formando una red de alcantarillado. Una red de alcantarillado es un sistema de transporte que transporta aguas residuales desde el lugar donde se originan hasta el lugar donde son tratadas. La red de alcantarillado es subterránea, pero podemos saber adónde va por las tapas de alcantarilla redondas que hay en la calle.

El sistema de alcantarillado, o red de alcantarillado, se puede diseñar en diferentes estilos dependiendo de si las aguas residuales y el agua de lluvia se drenarán juntas. Una red unificada donde, como su nombre indica, se eliminan todas las aguas residuales independientemente de su tipo, es decir, se eliminan junto con el agua de lluvia. Una red de alcantarillado en la que las aguas residuales y el agua de lluvia se vierten por rutas separadas y no se mezclan se denomina sistema separado. Las aguas residuales se vierten a una depuradora, mientras que el agua de lluvia se vierte, por ejemplo, a un curso de agua.

La desventaja de una red de alcantarillado unificada es su sobrecarga durante las fuertes lluvias. La red de alcantarillado está diseñada para la máxima cantidad de aguas residuales que es capaz de contener, al igual que la planta depuradora de aguas residuales. Si se excede la capacidad de la red de alcantarillado o de la depuradora, el agua residual "sobrante" cae a través de las cámaras de alivio directamente al curso de agua. Estas aguas residuales no tratadas, que contienen, por ejemplo, aguas residuales de los inodoros, contaminan las vías fluviales.

Una opción para reducir la cantidad de agua de lluvia que llega al sistema de alcantarillado es la captura selectiva del agua de lluvia. El agua de lluvia que fluiría por la acera, la carretera o, por ejemplo, el tejado hasta el canal, se desvía para que llegue al suelo, donde puede ser utilizada por las plantas.

Escuela primaria: Descubre a qué distancia está la escuela de donde vinieron y compárala con la longitud de la red de alcantarillado. Que adivinen el tiempo que tardarán las aguas residuales en llegar a la planta de tratamiento. Discuta dónde y por qué están ubicadas las alcantarillas (carreteras principales). Es posible preguntar sobre varios objetos y dispositivos de redes de alcantarillado que hayan encontrado; la mayoría de las veces mencionarán un canal, puede decirles que se llaman correctamente desagüe o gula.

Curioso: En las calles nos encontramos con mayor frecuencia con dos objetos, a los que comúnmente se les llama "canal". Te habrás dado cuenta de que algunos "canales" tienen una rejilla y dejan pasar el agua. Se trata de desagües de alcantarillado, también conocidos como gula. Pero algunas trampillas tienen sólo pequeños agujeros o no tienen ningún agujero. Se trata de tapas de registro de alcantarillado que permiten el acceso a los objetos de la red de alcantarillado. Suelen esconder una conexión, algún cambio de dirección del alcantarillado (pozo de rotura), o se trata de un pozo de inspección que se coloca

periódicamente para asegurar el acceso al alcantarillado y su limpieza con agua a presión y equipos especiales.

? **Pregunta:** ¿Por qué huele la alcantarilla?

💡 **Respuesta:** La descomposición de compuestos orgánicos en la red de alcantarillado produce gases que provocan un fuerte olor. La descomposición de compuestos orgánicos se produce en lugares donde existe un bajo caudal de aguas residuales o una pendiente insuficiente de la red de alcantarillado. La descomposición de compuestos orgánicos que contienen azufre produce sulfano, que es un gas venenoso. El sulfán huele a huevos podridos.

El flujo de aire en el sistema de alcantarillado también juega un papel importante. Si hay suficiente oxígeno en las aguas residuales, la putrefacción se produce al mínimo.

Durante las fuertes lluvias, toda la suciedad sedimentada se arroja a la red de alcantarillado. Por tanto, la primera oleada de aguas residuales que llega a la depuradora está muy concentrada.

Escuela primaria: Puedes darles espacio a los estudiantes y preguntarles si alguna vez han oído el olor a aguas residuales y con qué lo compararían.

SÑ: El sulfán ya huele en concentraciones de 0,5 ppm (partículas por millón). Aquí puede pedir una pista a los alumnos: ¿cuántas moléculas creen que debe haber en las aguas residuales para que podamos oler el sulfano? Esta pregunta hará pensar a los estudiantes y les presentará las nuevas unidades de ppm que se utilizan a menudo para expresar la concentración en los EE. UU.

Por lo tanto, el sulfano huele debido a la concentración, cuando hay una molécula de sulfano en el aire por cada dos millones de moléculas de aire (oxígeno + nitrógeno). O con un contenido de 0,00005% de sulfano en el aire. Entonces 0,5 ml de sulfano en 1 m³ de aire.

? **Pregunta:** ¿Viven animales en las alcantarillas?

💡 **Respuesta:** Hay ratas en la red de alcantarillado, al tirar los restos a la basura les proporcionamos una fuente de alimento. Por ello, pueden incluso proliferar en algunas ciudades. En los meses de primavera y verano se produce su exterminio, cuando se colocan trampas venenosas en la red de alcantarillado para mantener la población de ratas a un nivel razonable. Para exterminar ratas se utiliza Hubex: trampas de comida adecuadas para ambientes húmedos. Estos contienen, por ejemplo, pan rallado, harina, maíz, chocolate, grasas y el principio activo anticoagulante.

A menudo se confunde a una rata con una rata. La rata tiene un pelaje más claro, es más grande, tiene una cola más corta que su cuerpo y le gusta un ambiente húmedo. Si bien la rata tiene un pelaje hasta gris negruzco, es más pequeña, pero su cola es más larga que su cuerpo y no le gustan los ambientes húmedos.

? **Pregunta:** ¿Cuál es la temperatura en la alcantarilla?

💡 **Respuesta:** La temperatura del agua residual en el alcantarillado depende de la temporada, oscila entre 8 y 20 °C.

? Pregunta: ¿Qué forma tiene la alcantarilla?

💡 Respuesta: Los perfiles transversales de las alcantarillas pueden tener diferentes formas. La forma básica es circular. Otra forma es la ovalada, ideal para desagües uniformes con flujo fluctuante. El perfil de boca se utiliza cuando la altura de sobrecarga es insuficiente.

? Pregunta: ¿De qué materiales está hecha la red de alcantarillado?

💡 Respuesta: La red de alcantarillado debe construirse con materiales resistentes a la abrasión, la corrosión, los productos químicos y la acción microbiana. Para la construcción de la red de alcantarillado se utiliza gres, hormigón, hierro fundido, basalto, ladrillos de alcantarillado (bloques de campana) o plástico.

Curiosidad: *En la construcción de alcantarillas se utilizaban anteriormente ladrillos cerámicos especiales, los llamados ladrillos de campana. Se trata de ladrillos muy duros hechos de arcilla especial, que se cuecen dos veces en un horno de ladrillos con llama reductora. Las antiguas redes de almacenamiento se pueden ver, por ejemplo, en Roma (Forum Romanum) o en Praga, donde se abre varias veces al año la entrada de extranjeros (en el Reloj Astronómico de la Ciudad Vieja). Aquí se puede acceder a la cámara de conexión, construida hace más de cien años.*

2.4.3 Planta de tratamiento de aguas residuales



Consejo de interpretación: Esta parte debe compilarse de manera que corresponda a su planta de limpieza específica. En los siguientes párrafos encontrará los pasos descritos de forma general para el tratamiento de aguas residuales. Para una explicación más específica de las tecnologías individuales que hay en su planta de tratamiento, puede utilizar el capítulo 3. Descripción de tecnologías de EDAR. Este capítulo está diseñado como un llamado catálogo, del cual usted puede elegir sólo las partes que más le convengan en la interpretación de la excursión.

? **Pregunta:** ¿Dónde y cómo se limpian las aguas residuales?

💡 **Respuesta:** En la planta de tratamiento de aguas residuales.

La red de alcantarillado lleva las aguas residuales hasta la planta depuradora, donde se inicia su tratamiento. La propia naturaleza puede limpiar pequeñas cantidades de contaminación; este proceso se llama autolimpieza. La planta depuradora de aguas residuales utiliza los mismos principios que la naturaleza, sólo que creamos las condiciones óptimas para que se produzcan lo más rápido posible.

La forma en que se depurará el agua varía según la ubicación específica, dependiendo de las tecnologías con las que esté equipada la planta de tratamiento, el tipo de agua residual que fluye y también la cantidad de agua que se está depurando.

Si es posible, las aguas residuales fluyen a través de la planta depuradora por gravedad, es decir, por caída de gravedad. Esto es especialmente ventajoso en términos de consumo de electricidad. Ahorraremos energía que de otro modo utilizaríamos para operar las bombas.

En primer lugar, debemos retirar los objetos grandes que flotan en el agua o que se encuentran en el fondo. Pueden ser, por ejemplo, piedras, arena, restos de comida o toallitas húmedas. Estos objetos se retiran de tal manera que el flujo de agua se ralentiza y la suciedad se deposita en el fondo (sala de grava, desarenador) o queda atrapada en rejillas o tamices (sala de peinado). Además de los objetos mencionados anteriormente, en el agua también se encuentran sustancias orgánicas no disueltas que se capturan en tanques de sedimentación. Este material sedimentado, llamado lodo primario, se bombea para su posterior procesamiento hacia la gestión de lodos. Entonces queda contaminación en el agua, que no es visible a simple vista, es decir, está disuelta en el agua.

La contaminación disuelta puede eliminar hasta cierto punto bacterias y otros microorganismos del agua (tanque de activación). Técnicamente, la recolección de estas bacterias se denomina lodo activado y el proceso de limpieza se denomina limpieza biológica.



Consejo de interpretación: Es aconsejable adaptar la profundidad de la descripción del tratamiento biológico de aguas residuales al grupo objetivo. A continuación ofrecemos variantes según el nivel de los oyentes.

ZŠ: En la planta de tratamiento de aguas residuales mantenemos estas bacterias como animales en un zoológico. Los cuidamos creándoles condiciones adecuadas para que vivan y dándoles agua residual como alimento. Aquí criamos varios tipos de bacterias. ¿Qué condiciones necesitan para la vida? Depende de su naturaleza, algunos necesitan mucho aire para vivir, mientras que otros agradecen no tener nada de aire. Las bacterias satisfechas

conviven y crean pequeñas ciudades, a las que llamamos copos, se multiplican y su población crece.

SÑ: *Los lodos activados se componen de microorganismos que mantenemos en la cantidad necesaria en la planta de tratamiento de aguas residuales. Los microorganismos del lodo activado incluyen bacterias, protozoos (escarabajos peloteros, moluscos, crustáceos), metazoos (rotíferos, nematodos, gusanos), así como mohos, hongos y levaduras.*

Consejo de interpretación: *Aquí sería bueno mostrar a los niños algunas imágenes de los microorganismos mencionados o un vídeo, por ejemplo en un teléfono móvil, para que no se trate de una simple explicación larga. Además, puede animar a los niños a que le pidan información adicional a su profesor de biología en la escuela.*

Las bacterias transforman la contaminación de las aguas residuales a través de su metabolismo, es decir, la contaminación les sirve de alimento. Distinguimos varios tipos de bacterias según su metabolismo. Bacterias que oxidan el sustrato orgánico (organotróficas), bacterias que oxidan el nitrógeno amoniacal y el nitrógeno nitrito a nitrógeno nitrato (nitrificantes), las bacterias que reducen el nitrógeno nitrato a nitrógeno gaseoso (desnitrificantes) y las bacterias que acumulan una mayor cantidad de fósforo (poli-P) en sus células. Los distintos tipos de bacterias necesitan condiciones de oxígeno adecuadas para su metabolismo: las bacterias oxidantes necesitan oxígeno, mientras que las bacterias reductoras necesitan condiciones prácticamente sin oxígeno. Por ello, las condiciones en la depuradora cambian para que cada tipo de bacteria pueda hacer su trabajo. Las bacterias viven juntas en escamas, se multiplican y aumenta su cantidad o concentración en el sistema.

Inquisitivo: *Existe una competencia feroz y constante por los recursos ("alimentos") entre las distintas especies de organismos en el lodo activado. La bacteria que pueda obtener la mayor cantidad de energía en las condiciones establecidas se reproducirá más y, por lo tanto, comenzará a dominar y desplazar a las menos exitosas. Los diferentes grupos de bacterias que descomponen diferentes tipos de contaminación a menudo consideran ideales condiciones completamente diferentes. Además, la mayoría de las bacterias pueden procesar los "alimentos" a través de diversas vías metabólicas. Por ejemplo, en presencia de oxígeno, eliminan la materia orgánica mediante la llamada respiración aeróbica, pero si no hay oxígeno disponible, pueden cambiar su metabolismo a la desnitrificación, mucho menos ventajosa. Los organismos siempre "eligen" el proceso del que obtienen la mayor cantidad de energía en las condiciones dadas. Sin embargo, en las plantas de tratamiento a menudo también necesitamos bacterias que realizan pocas reacciones nutritivas y, por tanto, crecen lentamente. Intentamos crear las mejores condiciones posibles para ellos y mimarlos. Un ejemplo típico son los organismos nitrificantes, para los cuales construimos tanques de regeneración con un exceso de oxígeno, donde pueden "descansar" y "digerir" las sustancias almacenadas.*

Los organismos de lodos activados son verdaderamente microscópicos, su tamaño varía desde decenas hasta unidades de micrómetros. Como referencia, un micrómetro es una millonésima de metro. Estos pequeños organismos sólo pueden ingerir pequeñas moléculas de alimentos. Sin embargo, la mayoría de los contaminantes del agua son mucho mayores. Entonces, ¿cómo

pueden las bacterias digerir estas impurezas más grandes? Para ello, las bacterias utilizan sustancias químicas especiales llamadas exoenzimas. Las enzimas son sustancias que aceleran o ralentizan las reacciones químicas. En el caso de las bacterias de los lodos activados, les ayuda un proceso llamado hidrólisis. El prefijo "exo" significa que estas enzimas son liberadas por las bacterias fuera de su cuerpo al medio ambiente. Es similar a una araña que inyecta sus jugos digestivos a una mosca atrapada en su red. En lugar de una mosca en la telaraña, en este caso tenemos aguas residuales en el depósito. Las moléculas contaminantes largas se dividen en moléculas más pequeñas con la ayuda de exoenzimas. Estos ya son lo suficientemente pequeños como para que las bacterias los acepten dentro de sus células y los procesen y digieran allí.

Luego, las bacterias continúan a los tanques de sedimentación, donde es necesario separarlas del agua purificada. Las bacterias en escamas (o en sus "ciudades") se hunden lentamente hasta el fondo del tanque. Tenemos que devolver la mayoría de las bacterias al proceso para limpiar las aguas residuales que ingresan recientemente. Este es un proceso continuo y no podemos darnos el lujo de esperar a que crezca un nuevo cultivo completo de microorganismos. Y como los microorganismos se multiplican muy rápidamente, algunos de ellos se eliminan del proceso debido a la "redundancia" y se bombean a la gestión de lodos para su posterior procesamiento.

En la parte superior del tanque de sedimentación se encuentra el agua limpia que se derrama por los bordes o en una tubería de drenaje sumergida y fluye desde la planta de tratamiento hacia la naturaleza (por ejemplo, a un curso de agua).

Curioso: Hablar de lodos activados sólo para referirse a las bacterias es una simplificación excesiva. En realidad, el lodo activado es todo un microcosmos en el que predominan innumerables tipos diferentes de bacterias, pero además de ellos, en el lodo activado se encuentran microorganismos superiores como diversos protozoos, metamorfos, ciliados, helmintos, rotíferos o ácaros y, en condiciones adecuadas y en determinados lugares, también organismos fotosintetizadores como las algas.



Consejo de interpretación: ¡Aquí es bueno advertir a los visitantes que esta agua no es potable! Y conviene explicar por qué.

? Pregunta: ¿Es potable el agua que sale de la planta de tratamiento de aguas residuales?

💡 Respuesta: El agua purificada de esta manera es lo suficientemente limpia como para no contaminar el arroyo con mayores cantidades de sustancias orgánicas, nitrógeno y fósforo, ¡pero no es potable! Es similar a beber agua directamente de un río o charco. Es necesario eliminar de esta agua las bacterias que podrían causar problemas digestivos.

? Pregunta: ¿Dónde se produce el agua potable?

💡 Respuesta: En la planta potabilizadora. Que es otro dispositivo en el que se produce agua potable a partir de agua de origen natural.

2.4.4 Calidad y control de efluentes



Consejo de interpretación: hay espacio para indicar en qué curso de agua desemboca el agua purificada y cuál es, por ejemplo, su clase de calidad y si el caudal del arroyo es suficiente.

Si dispone de análisis móviles (sonda de pH, pruebas de gotas,...), podrá hacer que los visitantes comprueben la calidad del efluente.

? **Pregunta:** ¿Cómo sabemos que las aguas residuales tratadas están bien?

💡 **Respuesta:** La calidad del escurrimiento se evalúa de diferentes maneras. Lo más fácil es utilizar los sentidos (vista, olfato): los trabajadores experimentados recuerdan cómo "se ve" normalmente el desagüe, si algo cambia (color, transparencia, cantidad de escamas, olor), buscan la causa. Otra ayuda son las sondas y analizadores en línea (por ejemplo, que miden amoníaco, nitratos, turbidez, fosfatos,...), pero son muy caros (más de decenas de miles a cientos de miles de coronas checas cada uno), por lo que se utilizan en plantas de tratamiento realmente grandes. También se pueden utilizar sondas portátiles y "pruebas de gotas", en las que se compara el color con una escala de colores. La más precisa es la determinación de sustancias en el laboratorio.

? **Pregunta:** ¿Qué calidad deben tener las aguas residuales tratadas?

💡 **Respuesta:** La calidad del efluente de la planta de tratamiento está sujeta a normas legislativas. Las normas checas corresponden a la legislación de la Unión Europea. Los límites se establecen tanto para los límites de los compuestos individuales como para la eficiencia de eliminación de sustancias individuales en la planta de tratamiento de aguas residuales. El nivel de límites se gradúa según el tamaño de la planta de tratamiento, cuanto más grande sea la planta de tratamiento, más estrictos serán los límites. Los límites exactos para las plantas de tratamiento los determina la autoridad del agua, y cada planta de tratamiento puede tener límites ligeramente diferentes. La calidad del agua depurada que sale está sujeta a controles independientes por parte de las autoridades, por ejemplo la inspección medioambiental checa, las autoridades hídricas, etc. Si se superan los límites, los operadores de las plantas de tratamiento pagan multas.

Para medir la cantidad de aguas residuales tratadas, se instalan medidores de caudal de agua tratada en la salida de la depuradora. La mayoría de las veces, se utiliza una artesa Parshall con un sensor de nivel para medir el flujo de agua.

En algunos cursos de agua (ríos, arroyos), el efluente de la planta depuradora es responsable de gran parte del agua que fluye. También hay casos en los que la calidad del efluente de la planta de tratamiento es superior a la calidad del agua del cauce. Se modifican los límites fijados por la autoridad del agua con respecto al uso del agua aguas abajo (recreación o extracción de agua potable).

ZŠ: No agobies a estos alumnos con los detalles de las normas legislativas, basta con decir que el agua purificada debe cumplir ciertos parámetros de concentración de carbono, nitrógeno y fósforo antes de desembocar en el río, y que una gran cantidad de sustancias no disueltas no debe flotar en él.

Escuela secundaria: Podemos explicar a estos alumnos con más detalle cómo funciona el muestreo y la medición del flujo de agua.

Curioso: Si alguien está muy interesado en conocer los límites de vertido de aguas residuales, puede remitirlo al Decreto nº 401/2015 Recop. Una característica interesante de la legislación es la introducción de dos límites "m" y "p". El símbolo "m" indica el límite máximo no excedido y el símbolo "p" es el límite permisible, que se puede exceder en una cierta cantidad de muestras de escorrentía en un grado permisible.

? **Pregunta:** ¿Cuáles son las opciones para una mayor purificación para que el agua esté aún más limpia?

💡 **Respuesta:** En determinados casos, el tratamiento del agua se realiza mediante el llamado tratamiento terciario (el tratamiento mecánico y el biológico pueden denominarse primarios y secundarios), que ya incluyen métodos especializados diseñados para ajustar indicadores específicos de la calidad del agua, característicos o significativos para el agua tratada o el recipiente en cuestión.

El tratamiento terciario se aplica cada vez más en las plantas de tratamiento de aguas residuales, debido al endurecimiento gradual de los límites que no se pueden cumplir utilizando únicamente tratamiento primario y secundario.

Los métodos de limpieza terciarios incluyen desinfección, tecnologías de membranas, precipitación química de fósforo o filtración a través de una capa de carbón activado. En otras palabras, se trata de métodos de abastecimiento de agua.

ZŠ: Si su planta de tratamiento no cuenta con ninguna de las tecnologías de tratamiento terciario, basta con decir al final de la instalación de drenaje que las necesidades de aguas residuales tratadas aumentarán gradualmente y por esta razón aparecerán otras tecnologías en la planta de tratamiento.

Curioso: en 2024 se publicará una nueva directiva de la Unión Europea sobre el tratamiento de aguas residuales, que endurecerá drásticamente los límites de nutrientes en las aguas residuales vertidas.

2.4.5 El futuro de la limpieza

? **Pregunta:** ¿Cómo será el tratamiento de aguas residuales en los próximos años y décadas?

💡 **Respuesta:** En algunas plantas de tratamiento del mundo ya existe tratamiento terciario y cuaternario, es decir, el siguiente nivel de limpieza, cuando el agua de alta calidad sale de la planta de tratamiento. Sin embargo, esta agua ya no va sólo al canal. Debido a su alta calidad es posible su reciclaje (reutilización).

? **Pregunta:** ¿Para qué se puede utilizar el agua reciclada?

💡 **Respuesta:** Algunos de los posibles usos del agua reciclada incluyen:

- Riego y agricultura: riego de jardines, zonas verdes urbanas, campos de golf y zonas agrícolas.
- Aplicaciones industriales: uso en diversos procesos industriales, como refrigeración o lavado.
- paisajismo: infiltración artificial o llenado de lagos y fuentes

En el futuro, habrá una gran presión sobre la calidad de las aguas residuales vertidas, no sólo desde el punto de vista de los nutrientes, sino también de los microcontaminantes como residuos de medicamentos, genes de resistencia a los antibióticos, microplásticos, pesticidas, etc.

En todo el mundo, la denominación de planta depuradora de aguas residuales (en inglés) ya está cambiando a planta de recuperación de agua, en una traducción libre, es decir, lugar donde recuperamos agua.

Tiene curiosidad: en relación con las aguas residuales, a menudo se habla de los llamados microcontaminantes. Este es un término amplio que incluye sustancias como residuos de medicamentos, hormonas, microplásticos, pesticidas, sustancias de productos de cuidado personal y algunas sustancias utilizadas en la industria. Se trata de un amplio grupo de sustancias que se encuentran en las aguas residuales en concentraciones muy bajas. El nivel de eliminación en las plantas de limpieza es diferente, siempre depende de la sustancia específica. Su eliminación también se complica por el hecho de que sus concentraciones en las aguas residuales son muy bajas. Para su eliminación más eficaz, en el futuro será necesario complementar las tecnologías de la planta de tratamiento con etapas especializadas, como oxidación química avanzada, sorción sobre carbón activado y similares.

2.5 La historia de las sustancias y la energía obtenidas de las aguas residuales.



Consejo de interpretación: Al contar esta sección, es necesario que los participantes se entusiasmen mucho, ya que todavía existe un gran estigma en la sociedad sobre el tratamiento de aguas residuales. La gente entiende la necesidad del tratamiento de aguas residuales, pero sólo lo toma como una necesidad. Puede presentar a los participantes una nueva perspectiva sobre este aspecto: en las plantas de tratamiento podemos obtener sustancias valiosas para la limpieza de aguas residuales, p. Los lodos activados se consideran residuos, ¡pero también pueden considerarse una valiosa materia prima! El lodo en sí tiene excelentes propiedades fertilizantes, libera nutrientes gradualmente y también ayuda al suelo a retener agua. Procesando el lodo adicionalmente podemos obtener energía (por ejemplo, procesando biogás), así como los elementos contenidos en el lodo, principalmente compuestos de fósforo y nitrógeno.

Las aguas residuales contienen una cantidad increíblemente grande de sustancias y energía diferentes. Por ejemplo, si nos fijamos en la digestión humana, una gran parte de las sustancias de los alimentos pasan a las aguas residuales, porque nuestra digestión no es del todo perfecta y no podemos utilizar todas las sustancias en su totalidad.

ZŠ: Resumir únicamente las sustancias que se pueden obtener de las aguas residuales y centrarse en el uso de lodos en terrenos agrícolas o la incineración.

Escuela secundaria: los alumnos mayores pueden profundizar en la estabilización anaeróbica y la precipitación de fósforo.

Curioso: Describe en detalle los diferentes tipos de combustión (pirólisis, gasificación), cuáles son los productos aquí y menciona el biocarbón como sustancia de perspectiva. Este grupo también incluye el tema de la refinación de biogás para convertirlo en biometano. Cabe mencionar que algunas plantas de tratamiento en Europa (incluso en la República Checa) ya

son energéticamente autosuficientes, o incluso producen más energía de la que consumen, gracias a la suficiente producción de biogás.

? Pregunta: ¿Qué sustancias podemos obtener de las aguas residuales?

💡 Respuesta: Resumen de sustancias que podemos obtener de las aguas residuales:

- Sustancias orgánicas, N, P,....
- Lodo
- Energía
- Otros: grasa, celulosa
- Gravas, arena

Curiosidad: En el pasado, las heces se utilizaban principalmente en la agricultura como fertilizante. La orina solía utilizarse como limpiador, los antiguos romanos la utilizaban para blanquear los dientes. Las telas se empapaban en orina antes de teñirlas para que el color fuera más duradero. La orina también era una materia prima importante para la producción de pólvora. Las heces se utilizaban para tratar el cuero, los curtidores tenían en los pubs los llamados urinarios para recoger la orina.

? Pregunta: ¿Qué sustancias se separan del agua durante la purificación mecánica del agua?

💡 Respuesta: En la parte mecánica de la depuradora obtenemos escorias, arenas, gravas, aceites y grasas de las aguas residuales. Los desechos son perjudiciales desde el punto de vista higiénico, por lo que se depositan en vertederos o se queman en incineradores. Un habitante produce una media de 5 a 15 litros de fragmentos al año. La arena y la grava también son perjudiciales desde el punto de vista higiénico, pero se pueden utilizar, por ejemplo, en la industria de la construcción después del tratamiento. Los aceites y las grasas se utilizan en la estabilización anaeróbica y luego se produce biogás a partir de ellos, que puede utilizarse como energía.

? Pregunta: ¿Cómo se eliminan los nutrientes de las aguas residuales?

💡 Respuesta: Para eliminar estos elementos se utilizan varios procesos biológicos, los cuales tienen lugar en el tanque de activación de la planta de tratamiento.

Eliminación de carbono

- Oxidación de sustancias orgánicas por acción de microorganismos en presencia de oxígeno a dióxido de carbono y agua. El dióxido de carbono es un gas inofensivo que se escapa a la atmósfera.

Eliminación de nitrógeno: nitrificación y desnitrificación

- El nitrógeno ingresa a las aguas residuales principalmente a través de la orina.
- El nitrógeno se elimina mediante dos procesos: nitrificación y desnitrificación.
- Durante la nitrificación, las bacterias nitrificantes oxidan el ion amonio a través de nitritos a nitratos. Durante este proceso, es necesario airear intensamente los tanques, ya que durante este proceso se consume una gran cantidad de oxígeno. La aireación es exigente desde el punto de vista energético y, por tanto, también económico. La aireación se realiza con la ayuda de sopladores y elementos de aireación que se encuentran

en el fondo del tanque. El soplador sopla aire hacia estos elementos. Posteriormente emergen finas burbujas de los elementos.

- Durante la desnitrificación, los nitratos se convierten en gas nitrógeno. Al final, el nitrógeno (un gas inofensivo que constituye aproximadamente el 78% de la atmósfera) desaparece de nuestra agua y se filtra a nuestra atmósfera. Durante la desnitrificación también se consume carbono orgánico de las aguas residuales.
- Si falta carbono orgánico en las aguas residuales, es necesario aplicar un sustrato externo (generalmente metanol) a los tanques; las bacterias luego usan el sustrato externo para metabolizar el nitrato en gas nitrógeno.
- Debido a que hay suficiente carbono orgánico, normalmente hay un tanque en el que tiene lugar la desnitrificación antes de la nitrificación. Luego funciona un reciclaje interno entre los tanques, donde parte del agua residual de la nitrificación se bombea de regreso a la desnitrificación, de modo que los nitratos creados en la nitrificación se transportan a la desnitrificación, donde las condiciones son adecuadas para su eliminación. Nota: esta sección puede variar significativamente dependiendo de la tintorería específica. Adapta la interpretación a tu tecnología y especialmente a tu audiencia. Una descripción detallada de la eliminación de nitrógeno puede resultar muy confusa y complicada para las escuelas primarias, pero a menudo también para las secundarias.

Eliminación de fósforo: precipitación química o eliminación biológica mejorada de fósforo

- El fósforo llega a las aguas residuales a través de las heces, de las lavanderías industriales (se permite el uso de detergentes con fosfato) y de las pastillas en los lavavajillas.
- El fósforo se puede eliminar del agua mediante precipitación química o eliminación biológica mejorada del fósforo utilizando bacterias especiales acumuladoras de fósforo.

? Pregunta: ¿Se producen gases de efecto invernadero durante la eliminación de nutrientes?

💡 Respuesta: Durante la activación se producen gases de efecto invernadero: dióxido de carbono (producto de la eliminación del carbono orgánico), óxido nitroso (creado durante la nitrificación) y, en algunos lugares con una concentración extremadamente baja de oxígeno, metano. El óxido nitroso y el metano tienen un efecto invernadero significativamente mayor que el dióxido de carbono. Otros gases de efecto invernadero se crean durante la producción de electricidad para impulsar las máquinas en la planta de tratamiento.

? Pregunta: ¿Qué son los lodos desde el punto de vista de su gestión?

💡 Respuesta: Los lodos son un producto residual del tratamiento de aguas residuales, que representan el 1-2% del volumen de agua tratada, pero en ellos se concentra el 50-80% de la contaminación original contenida en la entrada a la depuradora. El tratamiento y procesamiento de lodos tiene como objetivo minimizar los impactos negativos sobre el medio ambiente y la salud humana. Tratamos los lodos de diferentes formas, que dependen del tamaño de la depuradora.

En la depuradora de aguas residuales recogemos lodos de dos depósitos. En primer lugar, retiramos los lodos del tanque de sedimentación, lo que se denomina lodo primario. Posteriormente, retiramos los lodos del decantador, lo que se denomina secundario o sobrante. La mezcla de lodos primarios y secundarios se denomina lodo crudo.

ZŠ: *Si usted y los participantes pasan del drenaje a la gestión de lodos, es una buena idea recordarles nuevamente de forma simplificada qué son los lodos y de dónde vienen.*

SŠ: *Con este grupo de estudiantes, lo ideal es iniciar un debate al inicio de la gestión de lodos sobre qué sustancias se encuentran en los lodos y qué les puede pasar, intentando llegar a otras sustancias además de la contaminación orgánica. Los lodos contienen una mezcla de sustancias orgánicas e inorgánicas, agua y diversas sustancias tóxicas como metales pesados, pesticidas, residuos de medicamentos o microorganismos patógenos y de otro tipo.*

Curioso: *el coste de un tratamiento aceptable de lodos corresponde aproximadamente al 50% de los costes operativos del tratamiento de aguas residuales. No merece la pena gestionar los lodos en plantas de tratamiento más pequeñas.*

? **Pregunta:** ¿Cómo se procesan los lodos en las pequeñas plantas de tratamiento?

💡 **Respuesta:** La estabilización anaeróbica no se produce en las plantas de tratamiento pequeñas debido a una producción insuficiente de biogás. Esto significa que el lodo normalmente se estabiliza aeróbicamente o se deshidrata, o el líquido se transporta a una planta de tratamiento más grande. Durante la estabilización aeróbica, el lodo se deja durante más tiempo en el tanque de activación o se bombea a un sumidero de lodo aireado. Después de la deshidratación, los lodos pueden transportarse a una planta de tratamiento más grande, donde posteriormente se transfieren a tanques digestores.

? **Pregunta:** ¿Cómo se procesan los lodos en las plantas de tratamiento más grandes que cuentan con gestión de lodos?

💡 **Respuesta:** En las plantas de tratamiento medianas y grandes, la estabilización anaeróbica de lodos (o digestión anaeróbica) se utiliza con mayor frecuencia. Una gran cantidad de la contaminación original contenida en las aguas residuales entrantes se concentra en los lodos. En las plantas de tratamiento más grandes, parte de esta contaminación se convierte en biogás en tanques de digestión (mediante estabilización anaeróbica).

Durante la estabilización anaeróbica, los lodos se recogen en tanques en los que el acceso al oxígeno está restringido (=ambiente anaeróbico). En estos tanques, las sustancias contenidas en los lodos se descomponen con la ayuda de bacterias especiales (bacterias metanogénicas) para producir biogás. Según la temperatura en los tanques distinguimos entre digestión mesófila (35 °C) y termófila (55 °C).

Una vez que el lodo pasa por el tanque de digestión, se convierte en lodo estabilizado, por lo que ya no debería tener lugar en él una descomposición espontánea intensiva. En la digestión anaeróbica, aproximadamente la mitad de la materia seca del lodo se convierte en biogás.

SŠ: *El proceso de digestión también se conoce como estabilización anaeróbica. Las bacterias contenidas en el lodo metabolizan gradualmente las sustancias orgánicas en azúcares simples y alcoholes y, posteriormente, en dióxido de carbono, hidrógeno y metano. La mezcla de gases producida en este proceso se llama biogás y se compone principalmente de dióxido de carbono y metano (aprox. 60-80%). Un dispositivo en el que el biogás se convierte en calor y electricidad se llama unidad de cogeneración. El biogás se utiliza para impulsar un motor*

de combustión interna o una turbina. La quema de biogás produce calor y al mismo tiempo alimenta un generador que produce electricidad.

Curiosidad: Además de dióxido de carbono y metano, la estabilización anaeróbica también produce amoníaco (amoníaco) y sulfano, que son gases con olor fuerte.

Curioso: las bacterias metanogénicas son un grupo de bacterias muy antiguo en términos de desarrollo, aparecieron hace 3.500 millones de años (la edad de la Tierra es 4.500 millones de años). En aquella época no había oxígeno en la atmósfera y la atmósfera de la Tierra se parecía a la de Venus actual. En comparación, los dinosaurios aparecieron hace 250 millones de años y el hombre hace 2,8 millones de años. Si el eje fuera 0 la creación de la Tierra y 10 el presente, entonces los metanógenos aparecieron en el punto 2,22, los dinosaurios en el 9,44 y el hombre en el 9,99).

? **Pregunta: ¿Para qué sirven los lodos estabilizados?**

💡 **Respuesta:** El uso de lodos estabilizados depende de su calidad. Este lodo se puede aplicar en terrenos agrícolas gracias a sus propiedades fertilizantes, ya que contiene gran cantidad de materia orgánica, fósforo y nitrógeno. También se puede utilizar en plantas de compostaje. Otro método de procesamiento es el procesamiento térmico, que incluye combustión, pirólisis o gasificación. Durante la pirólisis se forman gas de pirólisis (gas de síntesis), aceite y residuos sólidos (biocarbón). Hoy en día, el biocarbón parece ser una sustancia muy prometedora que, por ejemplo, aumenta la retención de agua en el suelo.

La cuestión de la aplicación de lodos estabilizados a tierras agrícolas es compleja porque, por un lado, sabemos que los lodos son un valioso fertilizante, pero, por otro, pueden ser una fuente de numerosos contaminantes, como metales pesados, residuos de medicamentos, microorganismos patógenos (por ejemplo, Salmonella) y sustancias orgánicas persistentes. Por lo tanto, los lodos aplicados a tierras agrícolas deben cumplir necesariamente con las normas legales. Las normas legislativas controlan no sólo la calidad de los lodos, sino también en qué cantidad y dónde se pueden aplicar. Técnicamente, es necesario contratar agricultores que tengan suficiente capacidad para almacenar los lodos, porque el suelo se fertiliza varias veces al año, pero la producción de lodos es continua.

SÑ: Si usted y los estudiantes tuvieron un debate sobre qué sustancias contiene el lodo, puede intentar continuar con una pregunta sobre ellas. ¿Qué opinan? ¿Adónde van a parar los lodos de limpieza y dónde podrían utilizarse más? Los lodos estabilizados se utilizan en agricultura debido al aprovechamiento de las propiedades fertilizantes de los nutrientes inorgánicos y orgánicos que contiene. ¿Existe algún riesgo al utilizar lodos en el campo? (solo simplificado)

Curioso: Un posible riesgo de aplicar lodos estabilizados a terrenos agrícolas es el contenido de microcontaminantes en los lodos. Entre los microcontaminantes que contienen los lodos se encuentran microplásticos, pesticidas, disruptores endocrinos y residuos de medicamentos. A pesar de su baja concentración, estas sustancias pueden tener efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud humana. Los parámetros legislativos para el

uso de lodos en terrenos agrícolas incluyen criterios microbiológicos (Salmonella, E. coli y enterococos) y límites al contenido de metales pesados, bifenilos policlorados y sustancias aromáticas policíclicas.

En el lodo también se pueden encontrar genes de resistencia a los antibióticos, que luego pueden propagarse a otras bacterias.

Las tecnologías que se pueden utilizar para tratar los lodos también incluyen la pirólisis o gasificación, donde se produce combustible a partir de los lodos. P.ej. En la vecina Alemania, la forma más común de tratar los lodos es incinerarlos. Los lodos se incineran por separado en un incinerador especializado o se mezclan con otro material y se incineran juntos, p. en un incinerador de residuos, una central eléctrica/planta de calefacción o un horno de cemento.

En los lodos se almacena una gran cantidad de fósforo, que puede obtenerse de los lodos de forma térmica (recuperación del fósforo de las cenizas tras quemar el lodo) o químicamente (precipitación).

? **Pregunta: ¿Cómo se utiliza el biogás resultante?**

💡 **Respuesta:** El biogás se quema en una unidad de cogeneración, que produce calor y electricidad. El calor se utiliza nuevamente para calentar los tanques digestores. La electricidad generada se utiliza en la planta de tratamiento, p. para hacer funcionar bombas o airear el tanque de activación.

Otra posibilidad de utilizar biogás es su refinación para obtener biometano. El biometano tiene cualidades similares al gas natural y puede bombearse a la red de gasoductos.

2.6 La historia de personas que cuidan la red de alcantarillado y trabajan en la planta de tratamiento de aguas residuales.



Consejo de interpretación: la mayoría de la gente no tiene idea de lo difícil que es eliminar y tratar las aguas residuales y cuántas personas en diferentes puestos están involucradas en este proceso. Por este motivo, recomendamos enriquecer la excursión con una mención de las personas que trabajan en el alcantarillado o en la depuradora en lugares adecuados. Al aumentar el conocimiento sobre estos puestos, es posible aumentar el nivel de percepción de la importancia de estas ocupaciones y también el interés por estudiarlas. Aquí es posible mencionar cómo se desarrollará la necesidad de estas profesiones y también cómo cambiará, por ejemplo, el contenido laboral de los empleados individuales (por ejemplo, el cálculo de la huella de carbono, el gemelo digital de las plantas de tratamiento de aguas residuales o los informes ESG).

La eliminación y el tratamiento de aguas residuales es un proceso continuo que no se puede detener simplemente. Para que todo funcione y todo el proceso no se detenga, cuesta mucho esfuerzo y trabajo de muchas personas de diferentes profesiones. Las profesiones individuales se suceden unas a otras y una no puede funcionar sin la otra. Podemos ver la red de alcantarillado y la planta de tratamiento de aguas residuales como una máquina bien engrasada.

El sistema de alcantarillado debe revisarse periódicamente y, en caso de mal funcionamiento o obstrucción con suciedad, debe repararse o limpiarse. El levantamiento de la red de alcantarillado lo realiza un técnico en gestión de agua especializado en diagnóstico de redes mediante un sistema de cámaras que se coloca al inicio del lugar inspeccionado y las cámaras son guiadas a través de la tubería mediante un control remoto. En caso de detectar una permeabilidad deficiente de la tubería, se utiliza la limpieza con una boquilla y el bombeo del material con un camión de limpieza de alta presión. Recientemente, incluso hay drones que vuelan automáticamente a través de la alcantarilla y toman las medidas necesarias. Las reparaciones y la limpieza las llevan a cabo los instaladores y operadores de un camión especial para la limpieza de alcantarillado.

En la planta de tratamiento de aguas residuales se encuentran en funcionamiento varios dispositivos, cuyo funcionamiento es gestionado directamente por los ingenieros de equipos de gestión del agua. Estos trabajadores aseguran el funcionamiento de las máquinas y equipos tecnológicos y aseguran su plena funcionalidad y su inspección periódica. El mantenimiento y la reparación de equipos eléctricos son realizados por electricistas operadores. El funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales es continuo, por lo que es necesario tener una supervisión constante de los procesos en la planta de tratamiento, la cual es asegurada por los despachadores (controladores). Los despachadores observan los resultados de la operación en los monitores y utilizan el sistema de control para controlar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales. Los despachadores trabajan por turnos para garantizar la supervisión de la planta de tratamiento las 24 horas del día, los 7 días de la semana.

La calidad de las aguas residuales y los diversos resultados del proceso de tratamiento de aguas residuales se monitorean a través del laboratorio. El personal del laboratorio procesa muestras y realiza análisis químicos, microbiológicos e hidrobiológicos. Las muestras son recolectadas y transportadas al laboratorio mediante muestreadores.

El tecnólogo es responsable del buen funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales y de la calidad de las aguas residuales tratadas que salen. Basándose en los resultados de los análisis de laboratorio, los valores de las sondas, los analizadores y los caudalímetros de la planta de tratamiento, evalúa el proceso

de limpieza y ajusta la configuración de los dispositivos individuales para garantizar el buen funcionamiento y la buena calidad del agua que fluye.

El sistema de control es verificado y desarrollado por expertos en TI. Un sector interesante es también la creación de los llamados gemelos digitales de plantas de tratamiento de aguas residuales mediante software especializado, que se utilizan, por ejemplo, para probar diversas situaciones inusuales o para optimizar operaciones.

Recientemente, ha habido un interés creciente en monitorear la huella de carbono y otros parámetros relacionados con el impacto de los equipos en el medio ambiente, y con ello la necesidad de contar con estos expertos en el campo de la gestión del agua.

De la lista de profesiones mencionada anteriormente se desprende que tanto un trabajador con un certificado de formación como con un título universitario puede encontrar empleo en una planta de tratamiento de aguas residuales.

Escuela primaria: simplemente resuma las profesiones e intente enumerarlas para los tanques y máquinas donde se realiza su trabajo, para que tengan la mayor idea posible de la profesión en cuestión.

Escuela secundaria: Para los alumnos mayores hay opciones donde pueden estudiar para el puesto de tecnólogo del agua: universidades especializadas en el agua (VŠCHT, BUT, VŠB).

Inquisidores: Aquí depende de vosotros traer diversos objetos con los que trabajan estos oficios: cajas de muestras, instrumentos, probeta para medir el índice de lodos, cámara fotográfica, etc.

2.7 Precio del agua

El precio del agua es un tema frecuente en los medios y en los debates públicos, pero pocas personas saben realmente cómo se calcula el precio total del agua y cuánto esfuerzo cuesta realmente producir agua potable y tratar las aguas residuales. A menudo la gente imagina que el agua potable se puede tomar directamente de la fuente, que es gratuita, y luego surgen discusiones sobre el hecho de que las empresas de gestión del agua ganan mucho dinero con lo que en realidad es gratuito en la naturaleza. ¡No es así! Por eso es importante familiarizar a los niños con cómo se determina el precio del agua, en qué consiste y cuán exigentes económicamente son los procesos de producción de agua potable y depuración de aguas residuales.

El precio total del agua se compone de dos conceptos, que se denominan agua y alcantarillado. La tarifa del agua es una tarifa por la producción de agua potable y su entrega a nuestro hogar (al consumidor). Las aguas residuales son una tarifa por retirar las aguas residuales de su fuente (por ejemplo, de un hogar) y su posterior tratamiento.

El precio del agua está regulado, es decir, creado según las normas establecidas por el Ministerio de Finanzas de la República Checa. Estas normas definen en qué elementos puede y no puede consistir el precio final y qué beneficios pueden conservar las empresas de agua. El precio del agua se actualiza cada año. El propietario de la infraestructura de gestión del agua tiene la última palabra en la fijación del precio.

Precio del agua = costos autorizados + beneficio razonable + impuestos estatales

- Costes subvencionables (ejemplos):
 - o adquisición/alquiler, restauración y modernización de propiedades de gestión del agua
 - o consumo de electricidad, productos químicos, control de calidad del agua (trabajos de laboratorio), etc.
 - o costos de mantenimiento y reparación
 - o salarios de los empleados que garantizan las operaciones, el servicio al cliente (contratación, facturación, quejas)
- beneficio razonable
 - o regulado por el Ministerio de Finanzas de la República Checa
 - o máx. 7% del capital invertido
- impuestos estatales
 - o TINA
 - o tarifas de descarga de aguas residuales
 - o Tarifas por tomar agua cruda a partir de la cual posteriormente se produce agua potable.

ZŠ: *Simplemente explique los conceptos de agua y alcantarillado. Y compare el precio de un litro de agua del grifo con otros precios, p. agua embotellada, Coca Cola, dulces, etc. Para tener una mejor idea de cuánto es 1m³ de agua, es bueno decir que equivale a 500 botellas de dos litros.*

SŠ: *Compara el precio del agua con otros gastos – por ejemplo, con el precio de la electricidad, Netflix, factura mensual de teléfono, etc.*

Inquisitivo: *describir con más detalle en qué consiste el precio del agua, los distintos conceptos que se incluyen en él.*

? Pregunta: ¿Cuál fue el precio medio del agua en la República Checa en 2024?

💡 Respuesta: En 2024, el precio medio del agua (alcantarillado + agua) era de 125 coronas checas por m³. El precio medio del agua fue de 63 coronas checas por m³ y el precio medio de las aguas residuales fue de 59 coronas checas por m³.

Para tener una mejor idea, también presentamos una conversión del precio de un litro de agua. El precio medio total del agua fue de 0,125 coronas checas por litro, de los cuales el precio medio del agua fue de 0,063 coronas checas por litro y el precio medio de las aguas residuales fue de 0,059 coronas checas por litro.

? Pregunta: ¿Es cara el agua del grifo?

💡 Respuesta: La mejor respuesta a esta pregunta es comparar el consumo de agua de una persona con sus otros gastos y el precio del agua y el alcantarillado en el área determinada. Por ejemplo, presentamos una comparación con el precio medio del agua en la República Checa a partir de 2024.

El consumo medio de agua del grifo por persona en la República Checa es de unos 90 litros al día.

Lista de precios:

Período	Número de litros de aguas residuales (1 persona)	Precio del agua potable	Precio de la purificación del agua.	precio total
1 día	90 litros	5,67 coronas checas	5,31 coronas checas	10,98 coronas checas
1 mes	2.700 litros	170,1 coronas checas	159,3 coronas checas	329,4 coronas checas
1 año	32.850 litros	2.069,55 coronas checas	1.938,15 coronas checas	4.007,7 coronas checas

Período	Número de litros de aguas residuales (4 personas)	Precio de la purificación del agua.
1 día	360 litros	21,24 coronas checas
1 mes	10.800 litros	637,2 coronas checas
1 año	131.400 litros	7.752,6 coronas checas

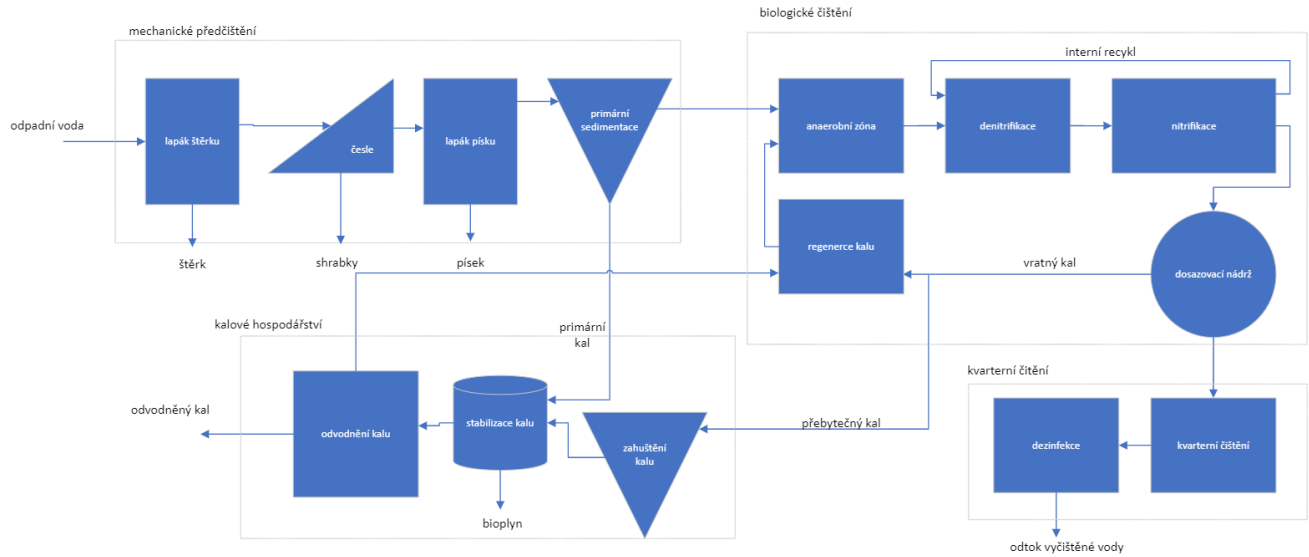
? Pregunta: ¿El precio del agua será más bajo si todos empezamos a ahorrar agua?

💡 Respuesta: No, la disminución del consumo de agua conlleva un aumento del precio del litro, porque gran parte de los costes en la industria del agua son fijos. Por ejemplo, no importa si fluye menos o más agua a través de una tubería existente, su mantenimiento, reparación y servicio seguirán siendo necesarios.

3 Descripción de las tecnologías de EDAR





Consejo de interpretación: En este capítulo encontrará información básica sobre tecnologías, hechos y datos interesantes. Utilice este capítulo como un catálogo del cual podrá elegir información sobre las tecnologías que tiene en su planta de limpieza.



3.1 Limpieza mecánica

En primer lugar, la EDAR necesita eliminar el material no disuelto que podría obstruir las bombas, depositarse en los tanques o destruir otros equipos (abrasión).

Trampa de grava		
	Importancia	Captura de objetos de gran tamaño que son capaces de depositarse en el fondo (sedimento).
	Principio	Un sumidero en el que el flujo de aguas residuales se ralentiza y por tanto sedimenta el material. Luego, el material capturado debe dragarse desde el fondo y cargarse en un contenedor que se retira de la planta de tratamiento de aguas residuales, normalmente a un vertedero.
	Material capturado	Grava, piedras.

Cinzel		
	Importancia	Remoción de escombros flotantes de mayor tamaño.
	Principio	Dispositivo parecido a un tamiz a través del cual se filtra el agua. El material que queda atrapado en esta red se llama rastrillos. Luego, el material capturado se retira de los panales (manual o automáticamente) y se carga en un contenedor, en el que normalmente se lleva a un vertedero.
	Material capturado	<p>= rastrillos</p> ramas, trapos, envases, restos de comida, frutas y verduras, preservativos, compresas, tampones, toallitas húmedas... billetera, documentos ratas muertas, dinero, joyas, ropa, llaves, almohadas, cáscaras de plátano

ZŠ: Aquí conviene llamar la atención sobre lo que no debe ir al sistema de alcantarillado y explicar por qué. Por lo general, algo de esto saldrá a la luz y el problema se podrá señalar directamente.

Curioso: Los restos suelen ser el material más higiénico que se puede encontrar en una tintorería. Al mismo tiempo, es un material que no debe entrar en absoluto al sistema de alcantarillado.



Consejo de interpretación: Es posible preparar una pequeña "exposición" de objetos interesantes sobre peines o tal vez mostrar fotografías de cosas interesantes capturadas en peines.

trampa de arena



Importancia

Separación de arena (material inorgánico) de materia orgánica en suspensión, que es importante en la siguiente parte de la tecnología de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Principio

La separación de la arena de las sustancias orgánicas en suspensión se realiza en función de sus diferentes densidades. Las trampas de arena se diferencian en si se utiliza la gravedad o la fuerza centrífuga para la separación.

Material capturado

= arena
 Sustancias inorgánicas pesadas: arena, fragmentos de vidrio, escoria fina.

? **Pregunta:** ¿Por qué se airea el desarenador cuando se supone que la arena se deposita aquí?

💡 **Respuesta:** Se debe a la separación de impurezas orgánicas de la arena. Sólo nos falta quitar la arena del desarenador. Las sustancias orgánicas provocarían la putrefacción de la trampa y de la arena excavada; además, las necesitamos como alimento para las bacterias durante el proceso.

Tanques de sedimentación

Importancia

Sedimentación de sustancias no disueltas de origen orgánico y limpieza de impurezas flotantes de la superficie.

Principio

El tanque de sedimentación funciona según el principio de gravedad, cuando las partículas más pesadas se hunden hasta el fondo y posteriormente son aspiradas desde el fondo para su posterior procesamiento.



Material capturado

= calibración primaria

El material depositado en el fondo de los tanques de sedimentación se denomina lodo primario. Estos lodos son ricos en sustancias orgánicas y se utilizan en la gestión de lodos.

Curiosidad: Los tanques de sedimentación pueden eliminar aproximadamente el 30% de la contaminación entrante y, al mismo tiempo, el lodo capturado aquí contribuye aproximadamente a la mitad de la producción total de biogás y electricidad.

3.2 Limpieza biológica

Tanque de activación



Importancia

Eliminación biológica de carbono, nitrógeno y fósforo, denominados colectivamente nutrientes.

Principio

Aquí tienen lugar innumerables procesos biológicos. La contaminación contenida en las aguas residuales es metabolizada por bacterias en condiciones específicas, que se ajustan para que cepas bacterianas seleccionadas sobrevivan (y prevalezcan) en los tanques. El grupo de bacterias y microorganismos que metabolizan la contaminación en las aguas residuales se denomina lodo activado. A medida que los microorganismos consumen la contaminación, crecen y se multiplican. De ello se deduce que la cantidad de lodo activado aumenta con el tiempo y el exceso de lodo debe eliminarse periódicamente del tanque de activación.

Material capturado

Aquí no se captura ningún material directamente, pero se produce el crecimiento y la reproducción de bacterias de lodo activado, en las que se pueden absorber (capturar) diversos tipos de sustancias. Las bacterias transforman aún más sustancias orgánicas, nitrógeno y fósforo en formas que se eliminan del agua.

? Pregunta: ¿Puedes nadar en tanques de activación?

💡 Respuesta: No se puede nadar en tanques, la mezcla está tan fuertemente aireada que tiene una densidad demasiado baja para nadar. Si alguien intentara hacer eso, se ahogaría. Por lo tanto, es necesario asegurar los tanques para que no caigan los trabajadores, o utilizar cuerdas, etc.

? Pregunta: ¿Las condiciones en los tanques son diferentes?

💡 Respuesta: Las condiciones en cada embalse difieren significativamente.

nitrificación – alta concentración de oxígeno (zona aeróbica)

desnitrificación – sin oxígeno, pero con nitratos (zona anóxica)

Eliminación de fósforo – sin acceso a oxígeno y sin nitratos (zona anaeróbica)

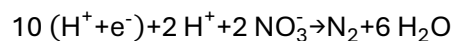
Algunas plantas de tratamiento no tienen tanques separados reservados para diferentes condiciones, pero las condiciones cambian con el tiempo en un tanque

ZŠ: Para estos alumnos es necesario garantizar que el proceso sea lo más claro posible. Sería útil tener fotografías de los microorganismos contenidos en el lodo activado, pero no es necesario mencionar los nombres. También puedes mostrarles cómo es el elemento de aireación (físicamente, una imagen, una foto del tanque drenado).

Podemos demostrar que el lodo está formado por escamas individuales que se pueden ver a simple vista. Además decir que estos copos están formados por microorganismos que se alimentan de la contaminación.

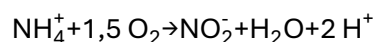
SŠ: Aquí es posible hablar con más detalle sobre los procesos biológicos individuales de eliminación de nutrientes, preparar reacciones de nitrificación y desnitrificación y mencionar directamente los organismos que son responsables de estos procesos. Mencionar que en los lodos activados, además de bacterias, también existen protozoos (filiformes, moluscos, críptidos), metazoos (rotíferos, nematodos, gusanos) y, en menor medida, mohos, hongos y levaduras.

Desnitrificación:

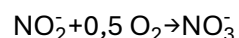


Nitrificación (consta de dos reacciones):

nitritación: oxidación del nitrógeno amoniacal a nitrógeno nitrito




nitricación: oxidación del nitrógeno nitrito a nitrógeno nitrato.



Curiosidad: En algunas plantas de tratamiento se examina periódicamente el lodo activado bajo un microscopio para comprobar qué bacterias y microorganismos se encuentran en el

lodo y con qué frecuencia. El funcionamiento de procesos individuales se puede evaluar a partir de determinadas especies y de la composición general de los organismos.

Tanque de sedimentación

	Importancia	El tanque sirve para separar los lodos activados del agua residual depurada.
	Principio	<p>El flujo de agua en el tanque disminuirá. En estas condiciones, el lodo activado puede depositarse en el fondo del tanque. Desde el fondo del tanque, la mayor parte del lodo activado regresa al tanque de activación, donde el lodo limpia nuevamente el agua. Dado que el lodo activado es un organismo vivo que se multiplica, es necesario mantener sólo la cantidad necesaria en el sistema y bombear el exceso del sistema. El lodo sobrante que no se utiliza de nuevo en el tanque de activación se bombea al sistema de gestión de lodos. En plantas de tratamiento sin gestión de lodos a tanque de almacenamiento. Desde donde luego se lleva a plantas de tratamiento de mayor tamaño con gestión de lodos.</p> <p>Por encima de los lodos sedimentados se encuentran las aguas residuales depuradas, que rebosan del depósito al desagüe y luego continúan hasta el recipiente (río, arroyo,...).</p>
	Material capturado	<p>Exceso de lodos: exceso de lodos activados que se elimina del sistema.</p> <p>Lodos de retorno: lodos activados que regresan al tanque de activación y limpian nuevamente las aguas residuales.</p>


Curioso: En el caso de tanques de sedimentación o activación, es posible explicar a los participantes cómo se determina la calidad de los lodos desde el punto de vista de la decantación, es decir, el índice de lodos. El índice de lodo se mide mediante una prueba de sedimentación, cuando se toma una muestra del tanque y se vierte en un cilindro medidor, luego, después de 30 minutos, se mide la altura de la interfaz entre el agua y el lodo. Luego, el índice de sedimento se calcula como la altura del sedimento dividida por el tiempo de sedimentación. Según el índice de lodos calculado, es posible evaluar con qué facilidad o dificultad se sedimentan los lodos.




Consejo de interpretación: Podemos realizar la prueba de sedimentación in situ. Al inicio de la interpretación en los tanques de activación se toma muestra de lodo, y al finalizar la interpretación ya se podía observar la interfaz agua-lodo y agua de compensación. Si vamos a hacer esta demostración, es aconsejable recoger el agua residual entrante de esta manera y mostrar la diferencia en la apariencia del agua residual y el agua purificada.

3.3 Limpieza terciaria


Desinfección del agua		
	Importancia	Las aguas residuales depuradas todavía contienen diversas bacterias, virus y parásitos que pueden tener un efecto negativo en los ecosistemas acuáticos. La desinfección reduce la cantidad de microorganismos y garantiza la protección del medio ambiente.
	Principio	Es posible utilizar varios métodos, p. Radiación UV u ozonización. La radiación ultravioleta de una longitud de onda determinada penetra una capa estrecha de agua. Posteriormente, esta radiación mata los microorganismos (solo mata, no elimina). Otro método es la aplicación de un desinfectante, por ejemplo peróxido de hidrógeno.

Filtración a través de una capa de carbón activado.		
	Importancia	Con límites más estrictos para sustancias distintas a los nutrientes, es posible aplicar la filtración a través de una capa de carbón activado. El carbón activado es capaz de eliminar microcontaminantes (sustancias contenidas en el agua en concentraciones muy bajas).
	Principio	Adsorción de sustancias orgánicas, fármacos, metales pesados y otras impurezas de aguas residuales al carbón activado.


Tecnología de membrana

	Importancia	Abordamos el uso de tecnologías de membranas cuando queremos tener agua de altísima calidad en la salida. Cuando se utiliza la tecnología de membranas, la cantidad de bacterias, la concentración de elementos y compuestos se reduce, dependiendo del tamaño de los poros de la membrana.
	Principio	El agua residual depurada se bombea a través de la membrana, que está formada por orificios de un tamaño determinado (diferenciamos: microfiltración, nanofiltración y ultrafiltración). El agua y las sustancias que son más pequeñas que los orificios indicados fluirán a través de la membrana, mientras que las sustancias más grandes que estos poros comenzarán a acumularse en la membrana.


Precipitación química de fósforo en el desagüe.

	Importancia	Si la concentración de fósforo en el efluente de los tanques de sedimentación sigue siendo alta y no cumple los límites, es posible reducir la concentración de fósforo mediante precipitación química.
	Principio	El fósforo residual contenido en el agua purificada se precipita utilizando un agente precipitante. Las plantas de tratamiento aplican diversas sustancias, con mayor frecuencia sulfato o cloruro férrico. La sal de hierro reacciona con los fosfatos para formar un compuesto de fosfato férrico insoluble.

3.4 Gestión de lodos

Espesamiento de lodos		
	Importancia	Reducción del contenido de agua en los lodos antes de su posterior procesamiento.
	Principio	Los lodos se espesan por gravedad en tanques espesadores o mecánicamente en una centrífuga espesadora o criba espesadora.

Estabilización de lodos

	Importancia	Producción de material estable y seguro que pueda seguir utilizándose, por ejemplo, en la agricultura.
	Principio	<p>La estabilización de lodos conduce a una disminución de la cantidad de sustancias orgánicas en el lodo y a una reducción del número de organismos patógenos y otros organismos vivos. Los lodos estabilizados no se descomponen más y no causan problemas de olores.</p> <p><u>Tipos de estabilización de lodos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> anaeróbico aerobio químico <p>Durante la estabilización anaeróbica (putrefacción) de los lodos, las sustancias orgánicas se convierten en biogás, que se procesa posteriormente para obtener energía. Se utiliza en depuradoras medianas y grandes.</p> <p>La estabilización aeróbica se basa en la aireación de lodos. Las sustancias orgánicas que contiene se oxidan.</p> <p>Durante la estabilización química, se añade cal viva (CaO) al lodo. La cal viva reacciona con el agua presente en el lodo para producir calor e hidróxido, lo que aumentará el pH y con ello inhibirá la actividad de los microorganismos.</p>

Deshidratación de lodos



Importancia

Reducir el contenido de agua en los lodos estabilizados, de modo que se puedan seguir utilizando y se reduzcan los costes de su transporte (una menor cantidad de agua significa un menor volumen de lodos, lo que significa un menor número de contenedores llenos).

Principio

Los lodos se deshidratan mecánicamente o en campos de lodos.
Los métodos de máquina incluyen:
 centrífugas
 prensas de cinta cribadora
 calopresas
 prensas de vacío
 prensa de tornillo
La centrífuga funciona según el principio de fuerza centrífuga. Se trata de una sedimentación tan acelerada de partículas (sedimentación). Durante la centrifugación, el rotor de la centrífuga gira rápidamente y el lodo se separa en partículas sólidas y agua. Los Kalolisy son entonces un tamiz que captura el lodo y deja pasar el agua.