



Méthodologie de réalisation d'excursions sur les installations de gestion de l'eau

Eaux usées



Contenu

Feuille de couverture	3	4
1 Introduction générale	4	
5		
1.1.1 Légende des niveaux:	4	
5		
1.1.2 L'histoire de l'eau:	4	
5		
1.1.3 L'histoire des substances et de l'énergie:	4	
5		
1.1.4 L'histoire des gens:	5	
6		
1.1.5 Comment préparer l'excursion?	6	
7		
2 Propre excursion	9	
10		
2.1 Santé et sécurité	9	
10		
2.2 Importance du traitement des eaux usées urbaines	10	
11		
2.3 Développement du traitement des eaux usées	12	
13		
2.4 L'histoire de l'eau	13	
14		
2.4.1 Source des eaux usées	13	
14		
2.4.2 Cheminement de l'eau jusqu'à la station d'épuration	17	
20		
2.4.3 Station d'épuration des eaux usées	20	
23		
2.4.4 Qualité et contrôle des effluents	22	
26		
2.4.5 L'avenir du nettoyage	23	
27		
2.5 L'histoire des substances et de l'énergie obtenues à partir des eaux usées	24	
28		
2.6 L'histoire des personnes qui s'occupent du réseau d'égouts et travaillent à la station d'épuration	29	
34		

2.7 Tarification de l'eau31
36

3Description des technologies des STEP33
38

3.1 Nettoyage mécanique34
39

3.2 Épuration biologique36
41

3.3 Nettoyage tertiaire39
45

3.4 Gestion des boues41
47

Feuille de couverture

Ce document a été créé par un collectif d'auteurs: Jitka Czakořová, Martin Srb, Helena Bakeřová, Jakub Sochor, Denisa Čadková, Lenka Procházková, Jindřich Procházka, Andrea Benáková, Eliška Maršálková, Jana Šmídková et Jiří Paul, dans le cadre de la solution du projet:



Od kohoutku do záchodu

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

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

Realizace projektu: únor 2024 – červenec 2025

Le maître d'oeuvre du projet est l'Association de l'Eau



1 Introduction générale

Bienvenue dans la méthodologie des excursions vers les stations d'épuration des eaux usées (STEP). Les stations d'épuration des eaux usées sont extrêmement importantes pour la protection de l'environnement et de la santé humaine. Cette méthodologie vous fournira une introduction générale et des conseils sur la manière de présenter une station d'épuration comme un lieu fascinant où se déroule l'histoire de l'eau, des substances et de l'énergie, mais aussi des personnes qui y travaillent. Le but de l'excursion n'est pas seulement de familiariser les étudiants avec les principes de base du traitement des eaux usées, mais aussi de les motiver à traiter l'eau et l'environnement de manière responsable.

La méthodologie est créée de manière à pouvoir être utilisée dans des usines de traitement des eaux usées de plus en plus petites. Dans le chapitre Description des technologies, vous trouverez un aperçu des technologies de nettoyage, parmi lesquelles vous pourrez choisir uniquement celles dont vous disposez à un endroit donné et les inclure dans l'excursion.

La méthodologie est conçue pour les élèves des écoles primaires et secondaires, ou même pour les participants aux excursions les plus curieux. Des paragraphes codés par couleur sont utilisés pour distinguer les différents niveaux.

1.1.1 Légende du niveau:

Écoles élémentaires - en raison de l'enseignement de la chimie et d'autres matières, les élèves de la deuxième année de l'école primaire (c'est-à-dire environ 11-15 ans) sont principalement pris en compte.

Écoles secondaires - env. 15-19 ans issus de diverses écoles (gymnase, écoles industrielles, apprentissages...).

Curieux - utile, par exemple, pour des excursions vers des séminaires au choix en chimie ou en environnement pendant les années d'obtention du diplôme d'études secondaires ou pour les clubs techniques de jeunes et d'autres institutions d'intérêt et d'éducation informelle.

L'excursion peut être guidée sous différents points de vue, que vous pouvez combiner et ainsi créer une vision globale de la problématique du traitement des eaux usées. Nous en avons préparé trois pour vous: l'histoire de l'eau, l'histoire des substances et de l'énergie et l'histoire des personnes.

1.1.2 L'histoire de l'eau:

Commencez la visite en présentant la station d'épuration comme le lieu où se déroule l'histoire de l'eau. Expliquez aux élèves que les eaux usées que nous produisons dans nos maisons et nos industries sont acheminées vers une usine de traitement où elles sont traitées et rejetées dans la nature. Présentez-leur le processus de purification de l'eau et expliquez-leur son importance pour la protection de l'environnement.

1.1.3 L'histoire de la matière et de l'énergie:

Ensuite, concentrez-vous sur l'histoire des substances et de l'énergie recyclées dans la station d'épuration des eaux usées. Expliquez aux élèves qu'une usine de traitement utilise diverses technologies et processus pour éliminer les impuretés des eaux usées. Montrez-leur comment des substances précieuses telles que le

phosphore ou l'azote sont obtenues à partir des eaux usées, qui sont ensuite utilisées, par exemple, dans l'agriculture. Mentionnons également l'utilisation de l'énergie issue des eaux usées, par exemple pour chauffer une station d'épuration ou la production d'électricité renouvelable et de biométhane.

1.1.4 L'histoire des gens:

Faites également connaître aux élèves l'histoire des personnes qui travaillent à la station d'épuration des eaux usées. Faites-leur découvrir les différents métiers et métiers que l'on retrouve dans la station d'épuration, comme ceux de chimiste, de technicien ou d'opérateur. Expliquer l'importance de leur travail pour la protection de l'environnement et comment ils veillent au bon fonctionnement de la station d'épuration.

1.1.5 Comment préparer l'excursion?

Pour que l'excursion intéresse les visiteurs et en même temps leur enlève des connaissances pour la vie suivante, il est nécessaire de s'y préparer et d'adapter l'interprétation au public, à son âge, à son expérience et à ses intérêts. En même temps, c'est une bonne idée de rendre l'excursion la plus interactive possible (ce qui vous différencie des autres cours explicatifs, par exemple les visites de châteaux et de châteaux). N'oubliez pas que les excursions avec une partie théorique plus longue sont plus adaptées aux élèves du secondaire. Les participants plus jeunes ont tendance à avoir un niveau de concentration nettement inférieur, c'est pourquoi il est nécessaire de penser de la manière la plus pratique possible, même au prix d'un plus petit volume d'informations transmises.

Il est notamment bon de savoir:

- **Combien de visiteurs viendront?**

Non seulement en ce qui concerne l'interprétation, car l'attention diminue à mesure que le nombre de participants augmente, mais aussi en ce qui concerne l'organisation technique: est-ce que tout le monde m'entendra? pouvons-nous installer des stations individuelles? ou à la salle de contrôle? Si vous disposez de suffisamment de guides, n'hésitez pas à diviser le groupe en plusieurs petits groupes.

- **Quel âge ont-ils et de quelle école viennent-ils?**

Les étudiants d'une école industrielle axée sur l'automatisation seront intéressés par des informations différentes de celles des étudiants d'un lycée à vocation littéraire, et ceux-ci, à leur tour, seront intéressés par des informations différentes de celles des futures infirmières; l'excursion sera différente pour les élèves de 6e année du primaire sans connaissances en chimie.

- **Quel est le but de l'excursion?**

Qu'il s'agisse principalement de transmettre des connaissances théoriques sur les processus de nettoyage ou qu'un cours théorique ait déjà eu lieu à l'école et que le but de l'excursion soit de montrer les connaissances acquises dans la pratique; ou présenter la description de poste des salariés (carrière dans le secteur de l'eau).

- **De combien de temps disposez-vous pour l'excursion?**

Une durée typique est de deux heures d'enseignement, soit environ 1h30; cependant, cela dépend non seulement de l'âge des participants, mais aussi de la distance entre l'école et le bâtiment de l'usine de nettoyage - cet aspect de la visite doit toujours être convenu à l'avance avec le personnel enseignant.

C'est une bonne idée de préparer à l'avance des informations générales sur le traitement des eaux usées, par exemple:

- **Quelle quantité d'eau s'écoulera dans la station d'épuration sans pluie par seconde, par jour et par an? Quelle quantité d'eau la STEP peut-elle nettoyer lors d'une forte pluie (c'est-à-dire lorsque sa capacité est pleine)?**

Pour une meilleure idée, il est conseillé de convertir les valeurs dans des unités plus accessibles, voir le tableau ci-dessous.

Unité	Volume
Piscine olympique (profondeur 2,5 m)	3 125 m ³
étang rural	de l'ordre de milliers de m ³
camion-citerne	46 à 90 m ³
réservoir sur châssis T815	9m ³
réservoir sur châssis V3S	3,5m ³
bain	100-200 litres
seau	12 ans
arrosoir de jardin	5 litres

- **Quelle est la part des eaux usées, des eaux de ballast et des eaux industrielles?**
- **De quelles parties de la ville/commune traitez-vous les eaux usées vers une STEP spécifique?**

Que l'ensemble du territoire de la ville/municipalité soit drainé vers cette station d'épuration ou que certaines zones soient traitées différemment. Ou s'il existe une autre zone à proximité connectée à une STEP spécifique.

- **De combien de personnes/ménages traitez-vous les eaux usées?**

Bien entendu, vous n'avez pas besoin d'un nombre exact, mais plutôt d'un ordre de grandeur pour une idée.

- **Quelle est la longueur du réseau d'égouts et de quel matériau est-il constitué?**

Là encore, il est possible de zoomer en utilisant, par exemple, la distance du lieu d'excursion, ou du centre ville/village à la ville XY; combien de stations-service et autres objets intéressants s'y trouvent.

- **Quelle quantité d'électricité faut-il pour nettoyer les eaux usées?**

Vous pouvez comparer avec la consommation domestique: la consommation moyenne d'électricité en République tchèque en 2023 pour 1 ménage était de 3 500 kWh/an (la consommation habituelle d'eau dans une station d'épuration pour 1 équivalent habitant est d'environ 50 kWh/EO).

- **Dans quel cours d'eau s'écoulent les eaux usées traitées?**

En plus du nom du cours d'eau, il est possible d'ajouter d'autres informations telles que:

Quelle est la qualité de l'eau du ruisseau? Quel est son débit? Quelle partie du flux représente l'effluent de la station d'épuration?

- **Combien coûte la purification d'un litre d'eau?**

Penser à:

- **Où emmèneriez-vous les visiteurs?**

En ce qui concerne leur sécurité, la sécurité routière, la capacité d'espace, le temps alloué à la visite et la distance entre les différents sites.

- **Quelles informations principales les participants doivent-ils retenir de l'excursion?**

Il n'est pas conseillé de changer leurs pouvoirs ici, il suffit qu'ils leur enlèvent 3-4 informations clés.

- **Comment les appellerez-vous en gros, ainsi que le temps alloué pour les arrêts individuels?**
- **Qu'allez-vous leur montrer et leur démontrer qu'ils peuvent essayer par eux-mêmes dans vos conditions?**
- **Que pourraient-ils vous demander?**
- **Qu'est-ce que vous ne comprenez pas à leur âge et aimeriez-vous comprendre?**
- **Que leur demanderez-vous?**

Afin de rendre la visite plus interactive et en même temps de connaître l'état initial des connaissances des participants sur la question donnée.

Assurez-vous et préparez à l'avance:

- **Documents nécessaires exigés par l'exploitant de l'installation (par exemple, santé et sécurité, liste nominative des participants).**
- **Équipements de sécurité nécessaires, si besoin (gilets de sécurité, casques, gants,...).**
- Fiches de travail pour les visiteurs (après accord avec les enseignants).
- Aides à la démonstration.

Par exemple, un équipement de prélèvement d'eau par étapes technologiques individuelles, un cylindre de décantation des boues, etc. Nous recommandons également de préparer un schéma technologique simplifié, une carte ou une photographie aérienne de la zone (pour soit la distribuer aux participants, soit, si nécessaire, montrer régulièrement la localisation actuelle sur un grand format).

- **Petites récompenses pour les visiteurs, si disponibles (par exemple stylos d'entreprise, bonbons...).**
- Possibilité d'utiliser les toilettes et de se laver les mains après l'excursion.

2 Propre excursion

2.1 santé et sécurité

Une courte formation sur la sécurité et la santé lors d'une excursion est la première partie obligatoire de chaque excursion. Ne sous-estimez pas cette partie, même si elle peut sembler redondante ou inutile.

Pendant la formation SST, utilisez les directives internes de votre entreprise, ou vous pouvez utiliser l'annexe de cette méthodologie, qui contient un aperçu simple de ce avec quoi familiariser les participants à l'excursion.

De plus, il est conseillé d'envoyer à l'avance une introduction à la santé et à la sécurité et de demander une liste signée des noms des participants avec la confirmation qu'ils ont été familiarisés à l'avance avec la santé et la sécurité et de ne faire qu'un bref rappel sur les points de santé et de sécurité avant l'excursion.

Au début de l'excursion, il convient de souligner que les participants ne pourront pas manger, boire ou quitter le groupe pendant l'excursion. Avant le départ, il est conseillé de laisser du temps aux participants pour prendre une collation rapide ou aller aux toilettes.

2.2 Importance du traitement des eaux usées urbaines

? Question: Pourquoi purifie-t-on l'eau?

💡 Réponse:

Autrefois, les égouts se déversaient directement dans les rivières, ruisseaux, étangs, mers, etc. locaux, le but étant d'évacuer les eaux usées le plus rapidement possible. Cependant, la pollution des cours d'eau entraînait souvent la destruction de leurs écosystèmes, des maladies et des odeurs se propageaient dans l'eau, et il n'était pas possible d'utiliser l'eau pour les activités nécessaires.

L'épuration de l'eau est particulièrement importante en ce qui concerne l'utilisation de la rivière en aval de la station d'épuration des eaux usées. Si nous ne nettoyons pas suffisamment les eaux usées, la santé de la population serait menacée. L'eau de la station d'épuration peut être utilisée à des fins récréatives, comme source d'eau potable ou pour l'irrigation. La purification de l'eau empêche le transfert de germes, de bactéries et de produits chimiques qui pourraient provoquer des maladies, des infections et favoriser le processus d'eutrophisation.

ZŠ: L'épuration des eaux usées urbaines revêt une importance fondamentale pour la protection de l'environnement et de la santé humaine. Ce problème accompagne l'humanité depuis l'Antiquité, lorsque les premières civilisations luttèrent contre les effets de l'eau polluée sur leurs habitants.

SŠ: Dans la Rome antique, il existait un système complexe d'égouts et d'égouts qui évacuait les eaux usées de la ville. Néanmoins, des maladies telles que le choléra et la dysenterie provoquées par l'eau contaminée ont continué à se propager. Historiquement, ces épidémies ont coûté la vie à des millions de personnes et ont conduit à la nécessité de résoudre le problème des eaux usées de manière plus efficace.

Le tournant fut la découverte des micro-organismes et de leur rôle dans la décomposition des substances organiques au XIXe siècle. Cela a permis le développement de stations d'épuration biologiques des eaux usées qui utilisent des processus biologiques naturels pour éliminer les polluants. La première station d'épuration moderne a été mise en service en Grande-Bretagne en 1892.

Aujourd'hui, le traitement des eaux usées est absolument nécessaire pour maintenir la qualité des ressources en eau et protéger l'environnement. Le rejet d'eaux usées non traitées dans les rivières, les lacs et les mers aurait des effets dévastateurs sur les écosystèmes aquatiques, tuant les poissons et autres espèces aquatiques et rendant impossible l'utilisation de l'eau à des fins récréatives ou pour la production d'eau potable.

Un exemple peut être la situation en Inde, où le fleuve Ganga est l'un des fleuves les plus pollués au monde en raison des rejets d'eaux usées non traitées des villes et des industries. Cette pollution menace non seulement les écosystèmes locaux, mais présente également un grave risque sanitaire pour les millions de personnes qui dépendent du fleuve.

Au contraire, un traitement approprié des eaux usées permet de rejeter en toute sécurité les eaux traitées dans les cours d'eau sans les polluer. Les écosystèmes aquatiques sont ainsi protégés, la

qualité de l'eau potable est préservée et les risques de propagation de maladies sont réduits. Le traitement des eaux usées permet également le recyclage et la réutilisation de ressources précieuses telles que les nutriments et l'énergie contenus dans les eaux usées.

Il est clair que le traitement des eaux usées urbaines est un facteur clé pour le développement durable de nos villes et municipalités et pour la protection de l'environnement pour les générations actuelles et futures.

Curieux: au cours de l'été 1858, ce qu'on appelle la Grande Odeur est apparue à Londres. À cette époque, Londres comptait environ 2 millions de personnes et ce nombre ne cessait d'augmenter. À l'origine, ils allaient aux toilettes dans des pots qui étaient vidés dans des puisards, qui étaient exportés hors de la ville vers les champs, et leur contenu était utilisé par les agriculteurs comme engrais, mais aussi pour la production de poudre à canon. Cependant, à mesure que le nombre de personnes augmentait, les puisards ne suffisaient plus et des toilettes à chasse d'eau sont apparues, de sorte que la quantité d'eaux usées a encore augmenté. La direction de Londres a finalement décidé que les eaux usées seraient dans un premier temps déversées dans la Tamise par les égouts pluviaux. La rivière s'est transformée en égout. Tout, du contenu des toilettes aux chiens morts, en passant par les aliments en décomposition et les déchets industriels, y compris les parties d'animaux provenant des abattoirs et les produits chimiques des tanneries, finissait dedans. De plus, l'été 1858 fut extrêmement chaud, de sorte que les déchets présents dans la rivière se décomposèrent encore plus rapidement que d'habitude. Les déchets dans la rivière étaient « littéralement bouillants et fermentés » et la puanteur était telle que les gens vomissaient et s'évanouissaient dans les rues, la reine Victoria annulait les croisières fluviales et le Parlement ne pouvait pas siéger. Même les 250 tonnes de chaux chlorée déversées dans la rivière n'ont pas aidé. Finalement, il a été décidé de construire un nouveau réseau d'égouts complet d'une longueur de 1 800 km, drainant les eaux sous la ville (la construction a commencé l'année suivante). Après son achèvement, il n'y a plus eu d'épidémie de choléra à Londres.

? Question: Qu'est-ce que l'eutrophisation?

💡 Réponse: L'eutrophisation fait référence au processus d'enrichissement de l'eau en nutriments, notamment en azote et en phosphore contenus dans l'urine et les selles. Une distinction est faite entre l'eutrophisation naturelle et non naturelle (causée par l'activité humaine). En raison d'une grande quantité de nutriments, le plancton ainsi que les cyanobactéries (prolifération d'eau) se multiplient dans l'eau, ce qui entraîne une diminution de l'oxygène dans l'eau, qui se manifeste par sa pourriture, la mort des poissons et d'autres organismes vivant dans l'eau.

Dans la plupart des pays, il existe des exigences législatives concernant la qualité de l'eau et le traitement de l'eau qui doivent être respectées. Ces réglementations visent à protéger la santé humaine et l'environnement.

2.3 Développement du traitement des eaux usées

Il est possible de commencer l'excursion par une brève introduction historique sur l'évolution du traitement des eaux usées dans la localité donnée. Le but de cette section n'est pas d'entrer dans les détails, mais seulement de souligner les étapes importantes. Des informations sur les développements locaux peuvent être trouvées dans les archives de l'entreprise ou dans les archives de la commune concernée. En outre, il est conseillé d'informer les visiteurs si la station d'épuration va se développer dans les années suivantes, par exemple si sa taille augmente en fonction du nombre croissant d'habitants.

Si les informations historiques ne sont pas disponibles, vous pouvez utiliser les paragraphes suivants pour une brève introduction, qui traite du développement général de l'évacuation des eaux usées et du traitement des eaux usées.

École primaire: Nous recommandons de ne pas imposer de dates exactes à ces élèves, mais plutôt de mentionner uniquement les changements les plus importants survenus à la station d'épuration au cours de son existence.

Lycée: Avec ces élèves, vous pouvez déjà approfondir les choses, mais essayez d'entrecouper les données avec divers faits et histoires intéressants, par exemple issus de la reconstruction.

Histoire générale de l'industrie du nettoyage en République tchèque

Le procédé de traitement des eaux usées s'est répandu en République tchèque depuis l'Angleterre, où les premières stations d'épuration (mécaniques ou mécano-chimiques) ont été implantées à la fin du XIXe siècle. Parmi ces stations d'épuration figurent également l'ancienne station d'épuration de Prague, à Bubeneč. Il est intéressant de noter que cette usine de nettoyage est située sous terre.

Au début du XXe siècle, le processus d'activation a été découvert à Manchester, en Angleterre. Deux chimistes britanniques (Edward Arden et William Lockett) ont mené des expériences sur l'aération des eaux usées et ont découvert qu'une suspension se formait dans l'eau, ce qui réduisait le temps de traitement des eaux usées. Ils ont appelé cette suspension boues activées. La diffusion de cette découverte a été ralentie par les Première et Seconde Guerres mondiales, et le procédé n'a été plus largement pratiqué qu'après la Seconde Guerre mondiale (après 1945). La première station d'épuration des eaux usées avec traitement biologique utilisant un processus d'activation a été la STEP de Modřice (1961). Ce procédé fut ensuite utilisé à Prague en 1968.

2.4 L'histoire de l'eau

2.4.1 Source des eaux usées



Conseil d'interprétation: Ici, les participants à l'excursion ont beaucoup de place pour réfléchir. Qu'est-ce qui va au pressing? D'où? Où sont générées les eaux usées à la maison (toilettes, douche, lave-vaisselle, lave-linge, etc.) et en quelle quantité? Quelles sont les autres sources d'eaux usées à proximité (entreprises industrielles, agriculture, hôpitaux, écoles, restaurants,...)? Que se passerait-il si nous ne traitons pas les eaux usées et les rejetons directement dans la rivière? Lorsqu'on parle de pollution organique, on peut donner le nombre d'équivalents habitants. En conclusion, il convient de dire comment les habitants paient pour le traitement des eaux usées.

? Question: Où sont récupérées les eaux usées?

💡 Réponse: Les eaux usées sont l'eau que nous avons utilisée et qui est désormais polluée. Cette eau provient de nos habitations (toilettes, lave-vaisselle, lave-linge,...), d'usines, d'hôpitaux et de bureaux. Cela inclut également l'eau de pluie qui n'a pas pénétré dans le sol lors d'un orage ou de fortes pluies, mais qui s'est écoulée dans les égouts. Toute cette eau s'écoule dans un tuyau qui l'emmène vers une station d'épuration pour être nettoyée afin de pouvoir être restituée à la nature.

ZŠ: Discutez en général des sources d'eaux usées dans le ménage - où pensent-ils qu'ils consomment le plus d'eau et ce que l'on trouve dans les eaux usées (eau, particules solides, particules flottantes, huiles, graisses).

Curieux: Selon leur origine, nous divisons les eaux usées en:

- eaux usées eaux usées (ou eaux usées) - proviennent des ménages et des installations sociales
- eaux usées industrielles - proviennent de l'industrie (des usines)

? Question: Que contiennent les eaux usées?

💡 Réponse: La pollution de l'eau est constituée de substances dissoutes et non dissoutes. Les solutés peuvent être biodégradables (par exemple les monosaccharides) ou non biodégradables (par exemple les colorants azoïques). Les substances dissoutes trouvées dans les eaux usées comprennent également des sels inorganiques dissous. Les substances organiques non dissoutes dans les eaux usées sont à nouveau divisées en substances dégradables (amidon, cellulose) et non dégradables (plastiques). Les substances inorganiques non dissoutes comprennent, par exemple, le sable et le gravier. L'eau entrante contient également des éléments qui ressemblent davantage à des déchets municipaux. Cependant, ils n'ont pas leur place dans les égouts et ne doivent pas du tout y pénétrer. De plus, l'eau contient des bactéries et des microbes qui peuvent provoquer des maladies.



Conseil d'interprétation: Profitez de cette occasion pour discuter avec les participants de ce qui n'a pas sa place dans les déchets. Il est généralement conseillé d'avoir cette discussion dans un endroit où l'on peut voir l'eau qui coule et où il est possible de signaler immédiatement les objets qui n'ont pas leur place dans les eaux usées. Il est également conseillé de se renseigner sur leur pratique à la maison et peut-être aussi sur ce qu'ils font avec les huiles et les graisses.

École primaire: pour les élèves plus âgés, vous pouvez poser des questions d'orientation directement sur la composition chimique des eaux usées - quelles substances organiques ou inorganiques se trouvent dans les eaux usées.

? Question: Quelle quantité d'eaux usées une personne produit-elle?

💡 Réponse: La quantité et la qualité des eaux usées produites par les humains peuvent varier. Aux fins de la conception des stations d'épuration, une unité appelée population équivalente (EO) a été créée, qui reflète la quantité et la qualité moyennes des eaux usées produites par un habitant en une journée. La quantité de pollution produite par un OE correspond à:

1 EO = 120-150 l/j d'eaux usées

1 EO = 60 g/j de substances organiques (DBO5) 1 EO = 11 g/j Ntotal 1 EO = 2,5 g/j Ptotal

La DBO5 (demande biologique en oxygène) est une méthode analytique pour la détermination des substances organiques sujettes à une décomposition biochimique dans des conditions aérobies. En d'autres termes: la demande biologique en oxygène exprime la quantité d'oxygène dont les bactéries ont besoin pour éliminer la pollution organique des eaux usées.

En règle générale, les bâtiments industriels sont également raccordés à la station d'épuration. Pour estimer la pollution, des tables de conversion sont créées, à l'aide desquelles on peut calculer la pollution correspondant à des habitants équivalents.

Par exemple:

La production d'1 tonne de betteraves dans une sucrerie correspond à 45-70 EO.

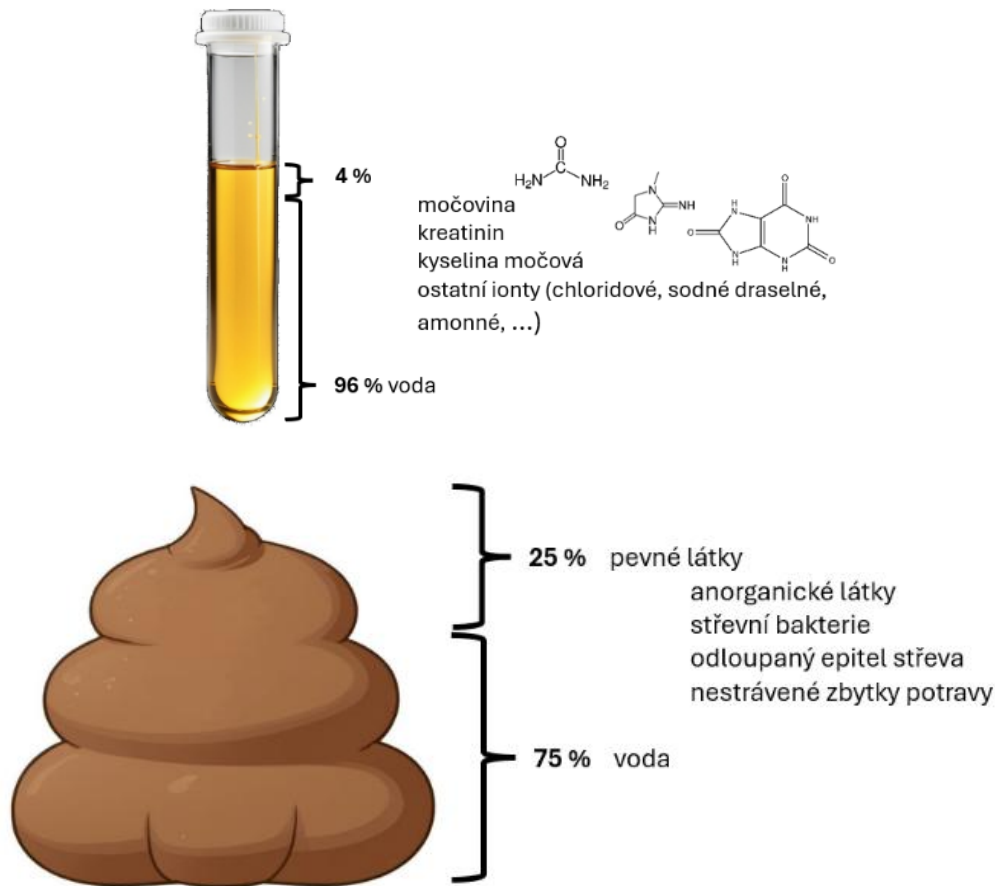
La production de 1 m3 de bière correspond à 150-350 EO.

Laver 1 tonne de linge en blanchisserie correspond à 350-950 EO.

? Question: Quelles substances contiennent l'urine et les selles humaines?

💡 Réponse: L'urine et les selles sont des déchets du métabolisme humain. L'urine est produite en filtrant le sang dans les reins et les selles se forment dans le gros intestin.


La composition de l'urine et des selles humaines est présentée dans les figures suivantes. Du point de vue du traitement des eaux usées, l'urine est une source importante d'azote. En revanche, les matières fécales sont une source de phosphore et de substances organiques. Les substances organiques proviennent des restes d'aliments qui ne sont pas complètement digérés par notre organisme.



? Question: La composition des eaux usées diffère-t-elle selon les villes/sites, ou est-elle la même partout?

💡 Réponse: Les eaux usées des ménages et des équipements sociaux (eaux usées) ont à peu près la même composition. Quant aux eaux usées industrielles, leur composition dépend ici beaucoup du type d'industrie. La nature de la pollution influence fortement la technologie utilisée à la STEP.

? Question: Qu'est-ce qui doit et n'a pas sa place dans les toilettes?

 **Conseil d'interprétation: Dans cette section, il est conseillé de sensibiliser les visiteurs sur ce qui n'a pas sa place dans les égouts, ou sur ce qui ne doit pas être jeté dans les toilettes, l'évier de la cuisine ou l'évier de la maison.**

💡 Réponse: Les eaux usées ne comprennent pas:

- restes de nourriture
- déchets des broyeurs de cuisine
- graisses et huiles
- produits d'hygiène – lingettes humides et cosmétiques, cotons-tiges, couches jetables,...
- déchets municipaux
- des résidus chimiques, ou peut-être du mercure

Curieux: Noël est une période critique où les gens ont la mauvaise habitude de verser d'énormes quantités d'huile dans les poubelles. L'huile doit être stockée dans des conteneurs à huile ou dans le parc de collecte.

? Question: Pourquoi ces choses n'ont-elles pas leur place dans les égouts?

💡 Réponse: Parce qu'ils peuvent endommager ou obstruer les conduites d'égout et les équipements de la station d'épuration des eaux usées. Par exemple, de la graisse se dépose sur les parois des égouts, et d'autres impuretés (serviettes, articles d'hygiène,...) s'y accrochent alors. Cela peut entraîner un colmatage complet des canalisations et les eaux usées n'ont alors nulle part où s'écouler. Il ne s'agit pas seulement des canalisations transportant les eaux usées vers la station d'épuration, des blocages peuvent également se produire dans les canalisations d'égouts de votre maison. Dans un tel cas, le remède est très compliqué et désagréable. Ou bien, dans le cas des restes de nourriture, ils peuvent héberger une abondance de rats dans les égouts, qui peuvent être porteurs de maladies et sont généralement des invités indésirables dans les villes et les maisons, qui doivent ensuite être traités par une extermination des égouts. Dans le cas de substances et de produits chimiques dangereux, il existe un risque d'endommagement de la technologie de la station d'épuration, en particulier du processus biologique, ainsi que de mise en danger des personnes travaillant dans le réseau d'égouts et à la station d'épuration.

Curieux: Le cas le plus célèbre de blocage d'égouts dû à de la graisse et d'autres déchets d'eaux usées se produit à Londres en 2017. Les matériaux accumulés mesuraient 250 mètres et pesaient 130 tonnes. Il aura fallu 9 semaines de travail pour l'enlever. En anglais, le nom "Fatberg" a même été inventé pour ce "dépôt", créé à partir du mot "fat" - fat et "iceberg" - iceberg, en tchèque on pourrait l'appeler "tukovec".

2.4.2 Le chemin de l'eau jusqu'à la station d'épuration



Conseil d'interprétation: Ici, il est bon de savoir où les eaux usées s'écoulent vers votre station d'épuration (de quelles villes/communes/communes), combien elles sont (par an et par seconde), de combien de personnes elles proviennent, quelle est la longueur du réseau d'égouts qui amène l'eau, combien de temps il faut pour que les eaux usées s'écoulent jusqu'à la station d'épuration. Vous pouvez faire un sondage auprès des visiteurs pour savoir à qui les eaux usées s'écoulent ici, où s'écoulent les eaux usées de leur école, etc.

? **Question:** Comment les eaux usées sont-elles évacuées vers la station d'épuration?

💡 **Réponse:** Les eaux usées des bâtiments sont évacuées par des canalisations qui débouchent dans des canalisations plus larges formant un réseau d'égouts. Un réseau d'assainissement est un système de transport qui transporte les eaux usées de leur lieu d'origine jusqu'à leur lieu de traitement. Le réseau d'égouts est souterrain, mais on peut savoir où il va grâce aux plaques d'égout rondes dans la rue.

Le système d'égouts, ou réseau d'égouts, peut être conçu dans différents styles selon que les eaux usées et les eaux de pluie sont évacuées ensemble. Un réseau unifié où, comme son nom l'indique, toutes les eaux usées sont évacuées quel que soit leur type, c'est-à-dire que les eaux usées sont évacuées avec l'eau de pluie. Un réseau d'égouts où les eaux usées et les eaux de pluie sont évacuées par des voies distinctes et ne se mélangent pas est appelé système séparé. Les eaux usées sont évacuées vers une station d'épuration, tandis que les eaux de pluie sont rejetées, par exemple, dans un cours d'eau.

L'inconvénient d'un réseau d'égouts unifié est sa surcharge lors de fortes pluies. Le réseau d'égouts est conçu pour la quantité maximale d'eaux usées qu'il est capable de retenir, et il en va de même pour la station d'épuration. Si la capacité du réseau d'égouts ou de la station d'épuration est dépassée, les eaux usées « extra » tombent directement dans le cours d'eau par les chambres de décharge. Ces eaux usées non traitées, qui contiennent par exemple les eaux usées des toilettes, polluent le cours d'eau.

Une option pour réduire la quantité d'eau de pluie qui pénètre dans le réseau d'égouts est le piégeage ciblé de l'eau de pluie. L'eau de pluie qui s'écoulerait le long du trottoir, de la route ou, par exemple, du toit dans le canal, est détournée pour atteindre le sol, où elle peut être utilisée par les plantes.

École primaire: Découvrez à quelle distance se trouve l'école d'où ils viennent et comparez-la avec la longueur du réseau d'égouts. Laissez-les deviner le temps qu'il faudra pour que les eaux usées arrivent à la station d'épuration. Discutez de l'endroit et de la raison pour laquelle se trouvent les regards des égouts (routes principales). Il est possible de poser des questions sur divers objets et dispositifs de réseaux d'égouts qu'ils ont rencontrés - le plus souvent ils mentionneront un canal, vous pourrez leur dire qu'ils sont correctement appelés drain ou gula.

Curieux: Dans la rue, on rencontre le plus souvent deux objets, communément appelés « canaux ». Vous avez peut-être remarqué que certains « canaux » sont dotés d'une grille et permettent à l'eau de s'écouler. Il s'agit de drains d'égouts, également appelés gula. Mais certaines écoutilles n'ont que de minuscules trous, voire aucun trou. Il s'agit de couvercles de regards d'égout qui permettent d'accéder aux objets du réseau d'égouts. Ils cachent généralement un raccordement, un changement de direction de l'égout (puits de rupture), ou

encore il s'agit d'un puits de visite qui est placé régulièrement pour assurer l'accès à l'égout et son nettoyage avec de l'eau sous pression et des équipements spéciaux.

? Question: Pourquoi les égouts sentent-ils?

💡 Réponse: La décomposition des composés organiques dans le réseau d'assainissement produit des gaz qui provoquent une forte odeur. La décomposition des composés organiques se produit dans les endroits où il y a un faible débit d'eaux usées ou une pente insuffisante du réseau d'égouts. La décomposition des composés organiques contenant du soufre produit du sulfane, un gaz toxique. Sulfane sent les œufs pourris.

Le débit d'air dans le réseau d'égouts joue également un rôle important. S'il y a suffisamment d'oxygène dans les eaux usées, la putréfaction se produit au minimum.

Lors de fortes pluies, toutes les saletés déposées sont évacuées vers le réseau d'égouts. La première vague d'eaux usées qui arrive à la station d'épuration est donc très concentrée.

École primaire: Vous pouvez laisser de l'espace aux élèves et leur demander s'ils ont déjà senti l'odeur des eaux usées et à quoi ils la compareraient.

SŠ: Le sulfane sent déjà à des concentrations de 0,5 ppm (particules par million). Ici, vous pouvez demander un indice aux élèves: combien de molécules doivent-ils contenir dans les eaux usées, selon eux, pour que nous puissions sentir le sulfane? Cette question fera réfléchir les élèves et leur fera découvrir les nouvelles unités de ppm souvent utilisées pour exprimer la concentration aux États-Unis.

Le sulfane sent donc par concentration, alors qu'il y a une molécule de sulfane dans l'air pour deux millions de molécules d'air (oxygène + azote). Ou à une teneur de 0,00005 % de sulfane dans l'air. Donc 0,5 ml de sulfane dans 1 m³ d'air.

? Question: Des animaux vivent-ils dans les égouts?

💡 Réponse: Il y a des rats dans le réseau d'égouts, en jetant les restes dans les déchets nous leur fournissons une source de nourriture. Pour cette raison, ils peuvent même proliférer dans certaines villes. Au printemps et en été, leur extermination a lieu lorsque des pièges venimeux sont placés dans le réseau d'égouts pour maintenir la population de rats à un niveau raisonnable. Hubex est utilisé pour exterminer les rats - pièges alimentaires adaptés aux environnements humides. Ceux-ci contiennent, par exemple, de la chapelure, de la farine, du maïs, du chocolat, de la graisse et le principe actif anticoagulant.

Un rat est souvent confondu avec un rat. Le rat a une fourrure plus claire, est plus grand, a une queue plus courte que son corps et aime un environnement humide. Bien que le rat ait une fourrure allant jusqu'au gris noir, il est plus petit, mais sa queue est plus longue que son corps et il n'aime pas les environnements humides.

? Question: Quelle est la température dans les égouts?

💡 Réponse: La température des eaux usées dans les égouts dépend de la saison, elle varie de 8 à 20 °C.

? Question: Quelle est la forme de l'égout?

💡 Réponse: Les profils transversaux des égouts peuvent avoir différentes formes. La forme de base est circulaire. Une autre forme est la forme ovale, idéale pour les canalisations uniformes à débit fluctuant. Le profil de bouche est utilisé lorsque la hauteur des morts-terrains est insuffisante.

? Question: De quels matériaux est constitué le filet d'égout?

💡 Réponse: Le réseau d'égouts doit être construit à partir de matériaux résistants à l'abrasion, à la corrosion, aux produits chimiques et à l'action microbienne. Pour construire le réseau d'égouts, on utilise du grès, du béton, de la fonte, du basalte, des briques d'égout (blocs cloches) ou du plastique.

Curieux: Dans la construction des égouts, on utilisait auparavant des briques en céramique spéciales, appelées briques en cloche. Il s'agit de briques très dures, fabriquées à partir d'argile spéciale, cuites deux fois dans un four à briques à flamme réductrice. D'anciens filets de stockage peuvent par exemple être vus à Rome (Forum Romanum) ou à Prague, où l'entrée des étrangers est ouverte plusieurs fois par an (à l'horloge astronomique de la vieille ville). Ici, il est possible d'entrer dans la chambre de connexion, construite il y a plus de cent ans.

2.4.3 Usine de traitement des eaux usées



Conseil d'interprétation: Cette partie doit être rédigée de manière à correspondre à votre installation de nettoyage spécifique. Dans les paragraphes suivants, vous trouverez les étapes généralement décrites pour le traitement des eaux usées. Pour une explication plus spécifique des technologies individuelles présentes dans votre usine de traitement, vous pouvez utiliser le chapitre 3. **Description des technologies des STEP.** Ce chapitre est conçu comme un soi-disant catalogue, dans lequel vous pouvez choisir uniquement les parties qui vous conviennent dans l'interprétation de l'excursion.

? Question: Où et comment sont nettoyées les eaux usées?

💡 Réponse: À la station d'épuration.

Le réseau d'assainissement amène les eaux usées jusqu'à la station d'épuration, où commence leur traitement. De petites quantités de pollution peuvent être nettoyées par la nature elle-même, ce processus est appelé autonettoyage. La station d'épuration utilise les mêmes principes que la nature, à la seule différence que nous créons les conditions optimales pour qu'elles se déroulent le plus rapidement possible.

La manière dont l'eau sera purifiée varie en fonction de l'emplacement spécifique, des technologies dont la station d'épuration est équipée, du type d'eaux usées qui y entrent et également de la quantité d'eau à purifier.

Si possible, les eaux usées s'écoulent dans la station d'épuration par gravité, c'est-à-dire par chute gravitaire. Ceci est particulièrement avantageux en termes de consommation électrique. Nous économiserons de l'énergie que nous utiliserions autrement pour faire fonctionner les pompes.

Tout d'abord, nous devons retirer les gros objets qui flottent dans l'eau ou qui se trouvent au fond. Il peut s'agir par exemple de pierres, de sable, de restes de nourriture ou de lingettes humides. Ces objets sont enlevés de telle sorte que le débit de l'eau soit ralenti et que les saletés se déposent au fond (bac à gravier, bac à sable) ou soient accrochées sur des grilles ou des tamis (salle de peignage). En plus des objets mentionnés ci-dessus, l'eau contient également des substances organiques non dissoutes, qui sont capturées dans des bassins de décantation. Ces matières décantées, appelées boues primaires, sont pompées pour un traitement ultérieur dans le système de gestion des boues. Il reste alors une pollution dans l'eau, qui n'est pas visible à l'œil nu, c'est-à-dire qu'elle est dissoute dans l'eau.

La pollution dissoute peut éliminer dans une certaine mesure les bactéries et autres micro-organismes de l'eau (réservoir d'activation). Techniquement, la collecte de ces bactéries est appelée boue activée et le processus de nettoyage est appelé nettoyage biologique.



Conseil d'interprétation: Il est conseillé d'adapter la profondeur de la description du traitement biologique des eaux usées au groupe cible. Ci-dessous nous vous proposons des variantes selon le niveau des auditeurs.

ZŠ: À la station d'épuration, nous gardons ces bactéries comme des animaux dans un zoo. Nous prenons soin d'eux en leur créant des conditions de vie adaptées et en leur donnant des eaux usées comme nourriture. Nous élevons ici plusieurs types de bactéries. De quelles conditions ont-ils besoin pour vivre? Cela dépend de leur nature, certains ont besoin de beaucoup d'air pour vivre, tandis que d'autres apprécient de ne pas avoir d'air du tout. Les

bactéries satisfaites vivent ensemble et créent de telles petites villes, que nous appelons des flocons, se multiplient et leur population augmente.

SŠ: Les boues activées sont constituées de micro-organismes que nous maintenons en quantité requise dans la station d'épuration. Les micro-organismes présents dans les boues activées comprennent des bactéries, des protozoaires (bousiers, mollusques, crustacés), des métazoaires (rotifères, nématodes, vers) ainsi que des moisissures, des champignons et des levures.

Conseil d'interprétation: Il serait bon ici de montrer aux enfants des photos des micro-organismes mentionnés ou une vidéo, par exemple sur un téléphone portable, afin qu'il ne s'agisse pas d'une simple longue explication. De plus, vous pouvez encourager les enfants à demander des informations complémentaires à leur professeur de biologie à l'école.

Les bactéries transforment la pollution des eaux usées grâce à leur métabolisme, c'est-à-dire que la pollution leur sert de nourriture. On distingue plusieurs types de bactéries selon leur métabolisme. Bactéries oxydant le substrat organique (organotrophique), bactéries oxydant l'azote ammoniacal et l'azote nitrique en azote nitrate (nitrifiant), bactéries réduisant l'azote nitrate en azote gazeux (dénitrifiant) et bactéries qui accumulent une plus grande quantité de phosphore (poly-P) dans leurs cellules. Certains types de bactéries ont besoin de conditions d'oxygène appropriées pour leur métabolisme - les bactéries oxydantes ont besoin d'oxygène, tandis que les bactéries réductrices ont besoin de conditions pratiquement sans oxygène. Par conséquent, les conditions dans la station d'épuration changent afin que chaque type de bactérie puisse faire son travail. Les bactéries vivent ensemble en flocons, se multiplient et leur quantité ou concentration dans le système augmente.

Curieux: Il existe une compétition féroce et constante pour les ressources (« nourriture ») entre les différentes espèces d'organismes présents dans les boues activées. La bactérie qui peut obtenir le plus d'énergie dans les conditions définies se reproduira le plus et commencera ainsi à dominer et à déplacer les moins performantes. Différents groupes de bactéries qui décomposent différents types de pollution considèrent souvent que des conditions complètement différentes sont idéales. De plus, la plupart des bactéries peuvent transformer les « aliments » par diverses voies métaboliques. Par exemple, en présence d'oxygène, ils éliminent la matière organique en utilisant ce qu'on appelle la respiration aérobie, mais si l'oxygène n'est pas disponible, ils peuvent faire basculer leur métabolisme vers la dénitrification, beaucoup moins avantageuse. Les organismes « choisissent » toujours le processus dont ils tirent le plus d'énergie dans les conditions données. Mais dans les stations d'épuration, nous avons souvent aussi besoin de bactéries qui effectuent peu de réactions nutritives et se développent donc lentement. Nous essayons de créer pour eux les meilleures conditions possibles et de les chouchouter. Un exemple typique est celui des organismes nitrifiants, pour lesquels nous construisons des réservoirs de régénération avec un excès d'oxygène, où ils peuvent « se reposer » et « digérer » les substances stockées.

Les organismes des boues activées sont véritablement microscopiques, leur taille varie de quelques dizaines à des unités de micromètres. Pour référence, un micromètre équivaut à un milliardième de mètre. Ces minuscules organismes ne peuvent ingérer que de petites molécules

alimentaires. Cependant, la plupart des polluants présents dans l'eau sont beaucoup plus importants. Alors, comment les bactéries peuvent-elles digérer ces impuretés plus grosses? Pour ce faire, les bactéries utilisent des produits chimiques spéciaux appelés exoenzymes. Les enzymes sont des substances qui accélèrent ou ralentissent les réactions chimiques. Dans le cas des bactéries des boues activées, un processus appelé hydrolyse les aide. Le préfixe «exo» signifie que ces enzymes sont libérées par les bactéries hors de leur corps et dans l'environnement. C'est semblable à une araignée qui injecte ses sucs digestifs à une mouche prise dans sa toile. Au lieu d'une mouche dans la toile d'araignée, nous avons dans ce cas des eaux usées dans le réservoir. Les longues molécules polluantes sont divisées en molécules plus petites à l'aide d'exoenzymes. Ceux-ci sont déjà suffisamment petits pour que les bactéries puissent les accepter à l'intérieur de leurs cellules et les y traiter et les digérer.

Ensuite, les bactéries continuent vers des bassins de décantation, où elles doivent être séparées de l'eau purifiée. Les bactéries en flocons (ou dans leurs «villes») coulent lentement au fond du réservoir. Nous devons réintroduire la plupart des bactéries dans le processus pour nettoyer les nouvelles eaux usées. Il s'agit d'un processus continu et nous ne pouvons pas nous permettre d'attendre qu'une nouvelle culture à part entière de micro-organismes se développe. Et comme les micro-organismes se multiplient très rapidement, certains d'entre eux sont retirés du processus en raison de la «redondance» et pompés vers la gestion des boues pour un traitement ultérieur.

Au sommet du bassin de décantation se trouve l'eau nettoyée qui se déverse sur les bords ou dans un tuyau d'évacuation immergé et s'écoule de la station d'épuration vers la nature (par exemple dans un cours d'eau).

Curieux: Parler de boues activées uniquement de bactéries est une simplification excessive. En fait, les boues activées sont un microcosme complet avec d'innombrables types de bactéries qui dominent, mais en plus d'eux, on trouve également dans les boues activées des micro-organismes supérieurs tels que divers protozoaires, métamorphes, ciliés, helminthes, rotifères ou acariens et, dans des conditions appropriées et dans certains endroits, des organismes photosynthétiques tels que les algues.



Conseil d'interprétation: Ici il est bon de prévenir les visiteurs que cette eau n'est pas potable! Et il convient d'expliquer pourquoi.

? Question: L'eau qui sort de la station d'épuration est-elle potable?

💡 Réponse: L'eau ainsi purifiée est suffisamment propre pour ne pas polluer le ruisseau avec des quantités accrues de substances organiques, d'azote et de phosphore, mais elle n'est pas potable! C'est comme boire de l'eau directement d'une rivière ou d'une flaque d'eau. Les bactéries pouvant causer des problèmes digestifs doivent être éliminées de cette eau.

? Question: Où est produite l'eau potable?

💡 Réponse: À la station d'épuration d'eau potable. Il s'agit d'un autre appareil dans lequel l'eau potable est produite à partir d'eau d'origine naturelle.

2.4.4 Qualité et contrôle des effluents



Conseil d'interprétation: il y a un espace pour mentionner dans quel cours d'eau l'eau purifiée se jette et quelle est, par exemple, sa classe de qualité et si le débit dans le ruisseau est suffisant.

Si vous disposez d'analyses mobiles (sonde pH, tests gouttelettes,...), vous pouvez faire vérifier par les visiteurs la qualité de l'effluent.

? Question: Comment savoir si les eaux usées traitées sont OK?

💡 Réponse: La qualité du ruissellement est évaluée de différentes manières. Le plus simple est d'utiliser les sens (vue, odorat) - les travailleurs expérimentés se souviennent de l'apparence normale du drain, si quelque chose change (couleur, transparence, quantité de flocons, odeur), ils en recherchent la cause. Une autre aide sont les sondes et les analyseurs en ligne (par exemple pour mesurer l'ammoniac, les nitrates, la turbidité, les phosphates,...), mais ils sont très chers (plus de dizaines de milliers à des centaines de milliers de CZK par pièce), ils sont donc utilisés dans de très grandes stations d'épuration. Des sondes portables et des « tests de gouttelettes » peuvent également être utilisés, où la couleur est comparée à une échelle de couleurs. Le plus précis est la détermination des substances en laboratoire.

? Question: Quelle doit être la qualité des eaux usées traitées?

💡 Réponse: La qualité des effluents de la station d'épuration est soumise aux réglementations législatives. La réglementation tchèque correspond à la législation de l'Union européenne. Les limites sont fixées à la fois pour les limites de composés individuels et pour l'efficacité de l'élimination de certaines substances dans la station d'épuration. Le niveau des limites est progressif en fonction de la taille de la station d'épuration: plus la station d'épuration est grande, plus les limites sont strictes. Les limites exactes des stations d'épuration sont déterminées par l'autorité des eaux, et chaque station d'épuration peut avoir des limites légèrement différentes. La qualité de l'eau purifiée qui s'écoule est soumise à des contrôles indépendants effectués par les autorités, par exemple l'Inspection tchèque de l'environnement, les autorités des eaux, etc. Si les limites sont dépassées, les exploitants des stations d'épuration paient des amendes.

Afin de mesurer la quantité d'eaux usées traitées, des mesures de débit d'eau traitée sont installées en sortie de station d'épuration. Le plus souvent, une auge Parshall avec un capteur de niveau est utilisée pour mesurer le débit d'eau.

Dans certains cours d'eau (rivières, ruisseaux), les effluents de la station d'épuration sont responsables d'une grande partie de l'eau qui s'écoule. Il existe également des cas où la qualité des effluents de la station d'épuration est supérieure à la qualité de l'eau du cours d'eau. Les limites fixées par la régie des eaux sont modifiées en ce qui concerne l'utilisation de l'eau en aval (prélèvement d'eau récréative ou potable).

ZŠ: N'encombrez pas ces élèves avec les détails des réglementations législatives, il suffit de dire que l'eau purifiée doit répondre à certains paramètres de concentration de carbone, d'azote et de phosphore avant de se jeter dans la rivière, et qu'une grande quantité de substances non dissoutes ne doit pas y flotter.

Lycée: Nous pouvons expliquer plus en détail à ces élèves le fonctionnement du prélèvement et de la mesure du débit d'eau.

Curieux: Si quelqu'un est très intéressé à connaître les limites de rejet des eaux usées, vous pouvez le renvoyer au décret n° 401/2015 Coll. Une caractéristique intéressante de la législation est l'introduction de deux limites « m » et « p ». Le symbole « m » indique la limite maximale à ne pas dépasser et le symbole « p » est la limite admissible, qui peut être dépassée dans une certaine quantité d'échantillons de ruissellement dans une mesure admissible.

? Question: Quelles sont les options de purification supplémentaire pour rendre l'eau encore plus propre?

💡 Réponse: Dans certains cas, l'eau est traitée par un traitement dit tertiaire (le traitement mécanique et biologique peut être qualifié de primaire et secondaire), qui comprend déjà des méthodes spécialisées conçues pour ajuster des indicateurs spécifiques de qualité de l'eau caractéristiques ou significatifs pour l'eau traitée ou le récepteur donné.

Le traitement tertiaire est de plus en plus appliqué dans les stations d'épuration des eaux usées, en raison du resserrement progressif des limites qui ne peuvent être respectées en utilisant uniquement le traitement primaire et secondaire.

Les méthodes de nettoyage tertiaire comprennent la désinfection, les technologies membranaires, la précipitation chimique du phosphore ou la filtration à travers une couche de charbon actif. En d'autres termes, ce sont des méthodes d'aqueduc.

ZŠ: Si votre station d'épuration ne dispose d'aucune technologie de traitement tertiaire, il suffit de dire à la fin de l'installation de drainage que les besoins en eaux usées traitées augmenteront progressivement et pour cette raison, d'autres technologies apparaîtront dans la station d'épuration.

Curieux: en 2024, une nouvelle directive de l'Union européenne sur le traitement des eaux usées sera publiée, qui resserrera considérablement les limites de nutriments dans les eaux usées rejetées.

2.4.5 L'avenir du nettoyage

? Question: À quoi ressemblera le traitement des eaux usées dans les années et décennies à venir?

💡 Réponse: Dans certaines stations d'épuration dans le monde, il existe déjà un traitement tertiaire et quaternaire, c'est-à-dire le niveau de nettoyage suivant, lorsqu'une eau de haute qualité quitte la station d'épuration. Cependant, cette eau ne se jette plus uniquement dans les cours d'eau. Grâce à sa haute qualité, son recyclage (réutilisation) est possible.

? Question: A quoi peut servir l'eau recyclée?

💡 Réponse: Certaines des utilisations possibles de l'eau recyclée comprennent:

- irrigation et agriculture – irrigation des jardins, de la verdure urbaine, des terrains de golf et des zones agricoles
- applications industrielles – utilisation dans divers processus industriels tels que le refroidissement ou le lavage
- aménagement paysager – infiltration artificielle ou remplissage de lacs et fontaines

À l'avenir, la qualité des eaux usées rejetées sera soumise à une forte pression, non seulement du point de vue des nutriments, mais aussi des micropolluants tels que les résidus de médicaments, les gènes de résistance aux antibiotiques, les microplastiques, les pesticides, etc.

Partout dans le monde, la désignation d'une usine de traitement des eaux usées (en anglais) est déjà en train de se transformer en usine de récupération d'eau dans une traduction libre, c'est-à-dire un endroit où l'on récupère l'eau.

Il est curieux: à propos des eaux usées, on parle souvent de ce qu'on appelle les micropolluants. Il s'agit d'un terme large qui inclut des substances telles que les résidus de médicaments, les hormones, les microplastiques, les pesticides, les substances provenant de produits de soins personnels et certaines substances utilisées dans l'industrie. Il s'agit d'un large groupe de substances présentes dans les eaux usées en très faibles concentrations. Le niveau de leur élimination dans les usines de nettoyage est différent, cela dépend toujours de la substance spécifique. Leur élimination est également compliquée par le fait que leurs concentrations dans les eaux usées sont très faibles. Pour leur élimination plus efficace, il sera nécessaire à l'avenir de compléter les technologies de la station d'épuration par des étapes spécialisées, telles que l'oxydation chimique avancée, la sorption sur charbon actif, etc.

2.5 L'histoire des substances et de l'énergie obtenues à partir des eaux usées



Conseil d'interprétation: lorsque vous racontez cette section, vous devez vraiment enthousiasmer les participants, car il existe encore une grande stigmatisation dans la société concernant le traitement des eaux usées. Les gens comprennent la nécessité du traitement des eaux usées, mais ils le considèrent uniquement comme une nécessité. Vous pouvez présenter aux participants une nouvelle perspective sur cet aspect de la question: dans les stations d'épuration, nous pouvons obtenir des substances précieuses lors du nettoyage des eaux usées, par ex. les boues activées sont considérées comme des déchets, mais elles peuvent aussi être considérées comme une matière première précieuse! Les boues elles-mêmes ont d'excellentes propriétés fertilisantes, elles libèrent progressivement les nutriments et aident également le sol à retenir l'eau. En traitant davantage les boues, nous pouvons obtenir de l'énergie (par exemple en traitant du biogaz) ainsi que des éléments contenus dans les boues - principalement des composés de phosphore et d'azote.

Les eaux usées contiennent une quantité incroyablement grande de substances et d'énergie différentes. Par exemple, si l'on regarde la digestion humaine, une grande partie des substances provenant des aliments passe dans les eaux usées, car notre digestion n'est pas complètement parfaite et nous ne pouvons pas utiliser pleinement toutes les substances.

ZŠ: résumer uniquement les substances qui peuvent être obtenues à partir des eaux usées et se concentrer sur l'utilisation des boues sur les terres agricoles ou l'incinération.

Lycée: Les élèves plus âgés peuvent approfondir la question de la stabilisation anaérobie et de la précipitation du phosphore.

Curieux: Décrivez en détail les différents types de combustion (pyrolyse, gazéification), quels sont les produits ici et mentionnez le biochar comme substance en perspective. Ce groupe inclut également le thème du raffinage du biogaz en biométhane. Il convient de mentionner que certaines stations d'épuration en Europe (même en République tchèque) sont déjà autosuffisantes énergétiquement, voire produisent plus d'énergie qu'elles n'en consomment, grâce à une production suffisante de biogaz.

? Question: Quelles substances pouvons-nous extraire des eaux usées?

💡 Réponse: Résumé des substances que nous pouvons obtenir à partir des eaux usées:

- Substances organiques, N, P,....
- Boue
- Énergie
- Autres - graisses, cellulose
- Graviers, sable

Curieux: Autrefois, les matières fécales étaient principalement utilisées en agriculture comme engrais. L'urine était autrefois utilisée comme nettoyant, les anciens Romains utilisaient l'urine pour blanchir leurs dents. Les tissus étaient trempés dans l'urine avant d'être teints pour rendre la couleur plus durable. L'urine était également une matière première importante pour la production de poudre à canon. Les excréments étaient utilisés pour traiter le cuir, les tanneurs disposaient de ce qu'on appelle des urinoirs dans les pubs pour recueillir l'urine.

? Question: Quelles substances sont séparées de l'eau lors de la purification mécanique de l'eau?

💡 Réponse: Dans la partie mécanique de la station d'épuration, nous obtenons des scories, du sable, des graviers, des huiles et des graisses à partir des eaux usées. Les déchets sont hygiéniquement inacceptables, c'est pourquoi ils sont mis en décharge ou brûlés dans des incinérateurs. Un habitant produit en moyenne 5 à 15 litres de tessons par an. Le sable et le gravier sont également inacceptables sur le plan hygiénique, mais ils peuvent être utilisés, par exemple, dans le secteur de la construction après traitement. Les huiles et les graisses sont utilisées dans la stabilisation anaérobie, puis du biogaz est produit à partir de celles-ci, qui peut être utilisé comme énergie.

? Question: Comment les nutriments sont-ils éliminés des eaux usées?

💡 Réponse: Plusieurs procédés biologiques sont utilisés pour éliminer ces éléments, qui ont lieu dans le bassin d'activation de la station d'épuration.

Élimination du carbone

- Oxydation de substances organiques par l'action de micro-organismes en présence d'oxygène en dioxyde de carbone et en eau. Le dioxyde de carbone est un gaz inoffensif qui s'échappe dans l'atmosphère.

Élimination de l'azote – nitrification et dénitrification

- L'azote pénètre dans les eaux usées principalement à partir de l'urine.
- L'azote est éliminé par deux processus: la nitrification et la dénitrification.
- Lors de la nitrification, les bactéries nitrifiantes oxydent l'ion ammonium via les nitrites en nitrates. Au cours de ce processus, les réservoirs doivent être intensément aérés, car une grande quantité d'oxygène est consommée au cours de ce processus. L'aération est exigeante sur le plan énergétique et donc aussi financièrement. L'aération s'effectue à l'aide de ventilateurs et d'éléments d'aération situés au fond du réservoir. Le ventilateur souffle de l'air dans ces éléments. De fines bulles émergent ensuite des éléments.
- Lors de la dénitrification, les nitrates sont convertis en azote gazeux. En fin de compte, l'azote (un gaz inoffensif qui constitue environ 78 % de l'atmosphère) disparaît de notre eau et s'infiltré dans notre atmosphère. Lors de la dénitrification, le carbone organique provenant des eaux usées est également consommé.
- En cas de manque de carbone organique dans les eaux usées, il est nécessaire d'appliquer un substrat externe (le plus souvent du méthanol) dans les réservoirs - les bactéries utilisent ensuite le substrat externe pour métaboliser le nitrate en azote gazeux.
- En raison de la quantité suffisante de carbone organique, il existe généralement un réservoir dans lequel la dénitrification a lieu avant la nitrification. Un recyclage interne s'opère ensuite entre les réservoirs, où une partie des eaux usées issues de la nitrification est pompée vers la dénitrification, de sorte que les nitrates créés lors de la nitrification soient transportés vers la dénitrification, où les conditions sont propices à leur élimination. Remarque: cette section peut varier considérablement en fonction du nettoyeur à sec spécifique. Adaptez l'interprétation à votre technologie et surtout à votre public. Une description détaillée de l'élimination de l'azote peut être très déroutante et compliquée pour les écoles primaires, mais souvent aussi secondaires.

Élimination du phosphore – précipitation chimique ou élimination biologique améliorée du phosphore

- Le phosphore pénètre dans les eaux usées à partir des matières fécales, des blanchisseries industrielles (elles sont autorisées à utiliser des détergents phosphatés), des comprimés des lave-vaisselle.
- Le phosphore peut être éliminé de l'eau par précipitation chimique ou par élimination biologique améliorée du phosphore à l'aide de bactéries spéciales accumulatrices de phosphore.

? Question: Des gaz à effet de serre sont-ils produits lors de l'élimination des nutriments?

💡 Réponse: Lors de l'activation, des gaz à effet de serre sont produits: du dioxyde de carbone (produit de l'élimination du carbone organique), du protoxyde d'azote (créé lors de la nitrification) et, dans certains endroits avec une concentration extrêmement faible en oxygène, du méthane. L'oxyde nitreux et le méthane ont un effet de serre nettement plus élevé que le dioxyde de carbone. D'autres gaz à effet de serre sont créés lors de la production d'électricité pour faire fonctionner les machines de l'usine de traitement.

? Question: Qu'est-ce que les boues du point de vue de la gestion des boues?

💡 Réponse: Les boues sont un déchet du traitement des eaux usées, qui représente 1 à 2 % du volume d'eau traitée, mais 50 à 80 % de la pollution originelle contenue dans l'afflux vers la station d'épuration y est concentrée. Le traitement et la transformation des boues visent à minimiser les impacts négatifs sur l'environnement et la santé humaine. Nous traitons les boues de différentes manières, qui dépendent de la taille de la station d'épuration.

À la station d'épuration, nous récupérons les boues de deux réservoirs. Tout d'abord, nous éliminons les boues du bassin de décantation, appelées boues primaires. Par la suite, nous éliminons les boues du décanteur, dites secondaires ou excédentaires. Le mélange de boues primaires et secondaires est appelé boue brute.

ZŠ: Si vous et les participants passez de l'évacuation à la gestion des boues, il est judicieux de leur rappeler à nouveau de manière simplifiée ce que sont les boues et d'où elles viennent.

SŠ: Avec ce groupe d'étudiants, il est idéal d'entamer un débat au début de la gestion des boues sur les substances que l'on trouve dans les boues et ce qui peut leur arriver, en essayant d'accéder à d'autres substances que la simple pollution organique. Les boues contiennent un mélange de substances organiques et inorganiques, de l'eau et diverses substances toxiques telles que des métaux lourds, des pesticides, des résidus de médicaments ou des micro-organismes pathogènes et autres.

Curieux: Le coût d'un traitement acceptable des boues correspond à environ 50 % des coûts d'exploitation du traitement des eaux usées. Cela ne vaut pas la peine de gérer les boues dans des stations d'épuration plus petites.

? Question: Comment sont traitées les boues dans les petites stations d'épuration?

💡 Réponse: La stabilisation anaérobie ne se produit pas dans les petites stations d'épuration en raison d'une production insuffisante de biogaz. Cela signifie que les boues sont généralement soit stabilisées ou déshydratées de manière aérobie, soit transportées sous forme liquide vers une station d'épuration plus grande. Lors de la stabilisation aérobie, les boues sont soit laissées plus longtemps dans le réservoir d'activation, soit pompées dans un puisard à boues aéré. Après déshydratation, les boues peuvent être transportées vers une station d'épuration plus grande, où elles sont ensuite transférées vers des réservoirs de digestion.

? Question: Comment les boues sont-elles traitées dans les grandes stations d'épuration dotées d'une gestion des boues?

💡 Réponse: Dans les stations d'épuration de moyenne et grande taille, la stabilisation anaérobie des boues (ou digestion anaérobie) est le plus souvent utilisée. Une grande partie de la pollution originelle contenue dans les eaux usées entrantes est concentrée dans les boues. Dans les stations d'épuration plus grandes, une partie de cette pollution est transformée en biogaz dans les cuves de digestion (par stabilisation anaérobie).

Lors de la stabilisation anaérobie, les boues sont collectées dans des réservoirs dans lesquels l'accès à l'oxygène est restreint (=environnement anaérobie). Dans ces réservoirs, les substances contenues dans les boues sont décomposées à l'aide de bactéries spéciales (bactéries méthanogènes) pour produire du biogaz. Selon la température dans les cuves, on distingue la digestion mésophile (35 °C) et la digestion thermophile (55 °C).

Après avoir traversé le bassin de digestion, les boues deviennent des boues stabilisées, ce qui signifie qu'une décomposition spontanée intensive ne doit plus s'y produire. Lors de la digestion anaérobie, environ la moitié de la matière sèche des boues est transformée en biogaz.

SŠ: *Le processus de digestion est également appelé stabilisation anaérobie. Les bactéries contenues dans les boues métabolisent progressivement les substances organiques en sucres simples et alcools puis en dioxyde de carbone, hydrogène et méthane. Le mélange de gaz produit lors de ce processus est appelé biogaz et se compose principalement de dioxyde de carbone et de méthane (environ 60 à 80 %). Un appareil dans lequel le biogaz est converti en chaleur et en électricité est appelé unité de cogénération. Le biogaz est utilisé pour faire fonctionner un moteur à combustion interne ou une turbine. La combustion du biogaz produit de la chaleur et alimente en même temps un générateur qui produit de l'électricité.*

Curieux: *Outre le dioxyde de carbone et le méthane, la stabilisation anaérobie produit également de l'ammoniac (ammoniac) et du sulfane, qui sont des gaz à forte odeur.*

Curieux: *Les bactéries méthanogènes sont un groupe de bactéries très ancien en termes de développement, elles sont apparues il y a 3,5 milliards d'années (l'âge de la Terre est de 4,5 milliards d'années). À cette époque, il n'y avait pas d'oxygène dans l'atmosphère et l'atmosphère terrestre ressemblait aujourd'hui à celle de Vénus. En comparaison, les dinosaures sont apparus il y a 250 millions d'années et l'homme il y a 2,8 millions d'années. Si l'axe était 0 la création de la Terre et 10 le présent, alors les méthanogènes apparaissaient au point 2,22, les dinosaures en 9,44 et l'homme en 9,99).*

? **Question:** A quoi servent les boues stabilisées?

💡 **Réponse:** L'utilisation de boues stabilisées dépend de leur qualité. Ces boues peuvent être épandues sur les terres agricoles grâce à leurs propriétés fertilisantes, car elles contiennent une grande quantité de matière organique, de phosphore et d'azote. Il peut également être utilisé dans les usines de compostage. Une autre méthode de traitement est le traitement thermique, qui comprend la combustion, la pyrolyse ou la gazéification. Lors de la pyrolyse, du gaz de pyrolyse (gaz de synthèse), de l'huile et des résidus solides (biocharbon) se forment. Le biochar apparaît aujourd'hui comme une substance très prometteuse qui, par exemple, augmente la rétention d'eau dans le sol.

La question de l'épandage de boues stabilisées sur les terres agricoles est complexe car, d'une part, nous savons que les boues sont un engrais précieux, mais d'autre part, elles peuvent être une source de nombreux polluants, tels que des métaux lourds, des résidus de médicaments, des micro-organismes pathogènes (par exemple Salmonella) et des substances organiques persistantes. Par conséquent, les boues épandues sur les terres agricoles doivent impérativement respecter les réglementations législatives. Les réglementations législatives surveillent non seulement la qualité des boues, mais également la quantité et l'endroit où les boues peuvent être épandues. Techniquement, il faut avoir des agriculteurs sous contrat qui ont une capacité suffisante pour stocker les boues, car le sol est fertilisé quelques fois par an, mais la production de boues est continue.

SŠ: *Si vous et les élèves avez eu un débat sur les substances que contiennent les boues, vous pouvez essayer de poursuivre avec une question à leur sujet. Qu'en pensent-ils: où vont les boues de nettoyage et où pourraient-elles être réutilisées? Les boues stabilisées sont utilisées en agriculture en raison de l'utilisation des propriétés fertilisantes des nutriments*

inorganiques et organiques qu'elles contiennent. Y a-t-il des risques à utiliser les boues sur le terrain? (simplifié uniquement)

Curieux: Un risque possible lié à l'épandage de boues stabilisées sur des terres agricoles est la teneur en micropolluants des boues. Parmi les micropolluants que contiennent les boues figurent les microplastiques, les pesticides, les perturbateurs endocriniens et les résidus de médicaments. Malgré leur faible concentration, ces substances peuvent potentiellement avoir des effets négatifs sur l'environnement et la santé humaine. Les paramètres législatifs pour l'utilisation des boues sur les terres agricoles comprennent des critères microbiologiques (Salmonella, E. coli et entérocoques) et des limites sur la teneur en métaux lourds, biphényles polychlorés et substances aromatiques polycycliques.

Des gènes de résistance aux antibiotiques peuvent également être trouvés dans les boues, qui peuvent ensuite se propager à d'autres bactéries.

Les technologies qui peuvent être utilisées pour traiter les boues comprennent également la pyrolyse ou la gazéification, où le carburant est produit à partir des boues. Par ex. en Allemagne voisine, la manière la plus courante de traiter les boues est de les incinérer. Les boues sont soit incinérées séparément dans un incinérateur spécialisé, soit mélangées à d'autres matériaux et incinérées ensemble, par ex. dans un incinérateur de déchets, une centrale électrique/une centrale thermique ou un four à ciment.

Une grande quantité de phosphore est stockée dans les boues, qui peut être obtenue à partir des boues par voie thermique (récupération du phosphore des cendres après combustion des boues) ou chimique (précipitation).

? **Question: Comment le biogaz obtenu est-il valorisé?**

💡 Réponse: Le biogaz est brûlé dans une unité de cogénération, qui en produit de la chaleur et de l'électricité. La chaleur est réutilisée pour chauffer les cuves du digesteur. L'électricité produite est utilisée dans la station d'épuration, par ex. pour faire fonctionner des pompes ou aérer le réservoir d'activation.

Une autre possibilité d'utiliser le biogaz est son raffinage en biométhane. Le biométhane a des qualités similaires à celles du gaz naturel et peut être pompé dans le réseau de gazoducs.

2.6 L'histoire de personnes qui s'occupent du réseau d'égouts et travaillent à la station d'épuration



Conseil d'interprétation: La plupart des gens n'ont aucune idée à quel point il est difficile d'évacuer et de traiter les eaux usées ni combien de personnes occupant des postes différents sont impliquées dans ce processus. C'est pour cette raison que nous recommandons d'enrichir l'excursion en mentionnant les personnes qui travaillent dans les égouts ou à la station d'épuration dans des endroits appropriés. En augmentant les connaissances sur ces postes, il est possible d'augmenter le niveau de perception de l'importance de ces métiers ainsi que l'intérêt de les étudier. Il est possible d'évoquer ici comment le besoin pour ces métiers va évoluer et aussi comment, par exemple, le contenu du travail de chaque collaborateur va changer (par exemple calcul de l'empreinte carbone, jumeau numérique des stations d'épuration ou reporting ESG).

L'élimination et le traitement des eaux usées sont un processus continu qui ne peut pas être simplement arrêté. Pour que tout fonctionne et que tout le processus ne s'arrête pas, cela coûte beaucoup d'efforts et de travail à de nombreuses personnes de différentes professions. Les métiers se succèdent et l'un ne peut fonctionner sans l'autre. Nous pouvons considérer le réseau d'égouts et la station d'épuration comme une seule et même machine bien huilée.

Le système d'égouts doit être vérifié régulièrement et en cas de dysfonctionnement ou d'encrassement par de la saleté, il doit être réparé ou nettoyé. L'étude du réseau d'égouts est effectuée par un technicien en gestion des eaux spécialisé dans le diagnostic des réseaux à l'aide d'un système de caméras placé au début de l'emplacement inspecté et les caméras sont guidées à travers la canalisation à l'aide d'une télécommande. En cas de détection d'une mauvaise perméabilité des canalisations, un nettoyage avec une buse et un pompage du matériau à l'aide d'un camion de nettoyage à haute pression sont utilisés. Récemment, il existe même des drones qui survolent automatiquement les égouts et prennent les mesures nécessaires. Les réparations et le nettoyage sont effectués par des installateurs et des opérateurs d'un camion spécial de curage des égouts.

De nombreux appareils sont en fonctionnement à la station d'épuration, dont le fonctionnement est directement géré par les ingénieurs des équipements de gestion de l'eau. Ces travailleurs assurent le fonctionnement des machines et des équipements technologiques et veillent à leur pleine fonctionnalité et à leur inspection régulière. L'entretien et la réparation des équipements électriques sont effectués par des électriciens opérationnels. Le fonctionnement de la station d'épuration est continu, c'est pourquoi il est nécessaire d'avoir une surveillance constante des processus de la station d'épuration, qui est assurée par des répartiteurs (contrôleurs). Les répartiteurs surveillent les résultats de l'opération sur les moniteurs et utilisent le système de contrôle pour contrôler le fonctionnement de la station d'épuration des eaux usées. Les répartiteurs travaillent par équipes afin d'assurer une surveillance 24h/24 et 7j/7 de la station d'épuration.

La qualité des eaux usées et les différents résultats du processus de traitement des eaux usées sont surveillés en laboratoire. Le personnel du laboratoire traite les échantillons et effectue des analyses chimiques, microbiologiques et hydrobiologiques. Les échantillons sont collectés et transportés au laboratoire par des échantillonneurs.

Le technologue est responsable du bon fonctionnement de l'usine de traitement des eaux usées et de la qualité des eaux usées traitées qui s'en écoulent. Sur la base des résultats d'analyses du laboratoire, des valeurs des sondes, des analyseurs et des débitmètres de la station d'épuration, il évalue le processus de nettoyage et ajuste les réglages des appareils individuels pour assurer le bon fonctionnement et la bonne qualité de l'eau qui coule.

Le système de contrôle est vérifié et développé par des experts en informatique. Un secteur intéressant est également la création de jumeaux numériques de stations d'épuration à l'aide de logiciels spécialisés, qui sont utilisés, par exemple, pour tester diverses situations inhabituelles ou pour optimiser les opérations.

Récemment, on a constaté un intérêt croissant pour la surveillance de l'empreinte carbone et d'autres paramètres liés à l'impact des équipements sur l'environnement, et avec lui le besoin de ces experts dans le domaine de la gestion de l'eau.

De la liste des professions mentionnées ci-dessus, il ressort qu'un travailleur titulaire d'un certificat de formation et d'un diplôme universitaire peut trouver un emploi dans une station d'épuration.

École primaire: Résumez simplement les métiers et essayez de les lister pour les réservoirs et les machines où ils effectuent leur travail, afin qu'ils aient le plus d'idée possible sur le métier donné.

École secondaire: pour les élèves plus âgés, il existe des options permettant d'étudier pour le poste de technologue de l'eau - les universités spécialisées dans le domaine de l'eau (VŠCHT, BUT, VŠB).

Inquisiteurs: Ici, à vous d'apporter ou non les différents objets avec lesquels ces métiers travaillent: caisses d'échantillons, instruments, éprouvette de mesure de l'indice des boues, appareil photo, etc.

2.7 Tarification de l'eau

Le prix de l'eau est un sujet fréquent dans les médias et dans les débats publics, mais peu de gens savent vraiment comment le prix total de l'eau est calculé et combien d'efforts il faut réellement pour produire de l'eau potable et traiter les eaux usées. Souvent, les gens imaginent que l'eau potable peut être prélevée directement à la source, ce qui est gratuit, et alors des discussions surgissent sur le fait que les sociétés de gestion de l'eau gagnent énormément d'argent avec ce qui est en réalité gratuit dans la nature. Ce n'est pas le cas! C'est pourquoi il est important de familiariser les enfants avec la manière dont le prix de l'eau est créé, en quoi il consiste et à quel point les processus de production d'eau potable et d'épuration des eaux usées sont exigeants financièrement.

Le prix total de l'eau se compose de deux éléments appelés eau et eaux usées. La redevance sur l'eau est une redevance pour la production d'eau potable et sa livraison à notre domicile (au consommateur). Les eaux usées sont une redevance pour l'élimination des eaux usées de leur source (par exemple d'un ménage) et leur traitement ultérieur.

Le prix de l'eau est réglementé, c'est-à-dire créé selon les règles établies par le ministère des Finances de la République tchèque. Ces règles définissent de quels éléments le prix final peut et ne peut pas comprendre et quel profit les compagnies des eaux peuvent conserver. Le prix de l'eau est mis à jour chaque année. Le propriétaire de l'infrastructure de gestion de l'eau a le dernier mot dans la fixation du prix.

Prix de l'eau = coûts autorisés + bénéfice raisonnable + prélèvements étatiques

- coûts éligibles (exemples):
 - o acquisition/location, restauration et modernisation de propriétés de gestion de l'eau
 - o consommation d'électricité, de produits chimiques, contrôle de la qualité de l'eau (travaux de laboratoire), etc.
 - o frais d'entretien et de réparation
 - o salaires des employés assurant les opérations, le service client (contractation, facturation, réclamations)
- bénéfice raisonnable
 - o réglementé par le ministère des Finances de la République tchèque
 - o maximum. 7% du capital investi
- prélèvements d'État
 - o T.V.A.
 - o frais de rejet des eaux usées
 - o redevances pour le prélèvement d'eau brute à partir de laquelle de l'eau potable est ensuite produite

ZŠ: Expliquez simplement les concepts d'eau et d'égouts. Et comparez le prix d'un litre d'eau du robinet avec d'autres prix, par ex. eau en bouteille, Coca Cola, bonbons, etc. Pour avoir une meilleure idée de la quantité que représente 1m³ d'eau, il est bon de dire que cela équivaut à 500 bouteilles de deux litres.

SŠ: Comparez le prix de l'eau avec d'autres dépenses – par exemple avec le prix de l'électricité, Netflix, la facture mensuelle de téléphone, etc.

Curieux: Décrire plus en détail en quoi consiste le prix de l'eau - les différents éléments qui y sont inclus.

? **Question: Quel était le prix moyen de l'eau en République tchèque en 2024?**

💡 Réponse: En 2024, le prix moyen de l'eau (eaux usées + eau) était de 125 CZK par m³. Le prix moyen de l'eau était de 63 CZK par m³ et celui des eaux usées de 59 CZK par m³.

Pour une meilleure idée, nous présentons également une conversion du prix d'un litre d'eau. Le prix total moyen de l'eau était de 0,125 CZK par litre, dont le prix moyen de l'eau était de 0,063 CZK par litre et le prix moyen des eaux usées était de 0,059 CZK par litre.

? **Question: L'eau du robinet est-elle chère?**

💡 Réponse: La meilleure réponse à cette question est de comparer la consommation d'eau d'une personne avec ses autres dépenses et le prix de l'eau et des eaux usées dans la zone donnée. Par exemple, nous présentons une comparaison avec le prix moyen de l'eau en République tchèque à partir de 2024.

La consommation moyenne d'eau du robinet par personne en République tchèque est d'environ 90 litres par jour.

Liste de prix:

Période	Nombre de litres d'eaux usées (1 personne)	Prix de l'eau potable	Prix pour la purification de l'eau	Prix total
1 jour	90 litres	5,67 CZK	5,31 CZK	10,98 CZK
1 mois	2 700 litres	170,1 CZK	159,3 CZK	329,4 CZK
1 an	32 850 litres	2 069,55 CZK	1 938,15 CZK	4 007,7 CZK

Période	Nombre de litres d'eaux usées (4 personnes)	Prix pour la purification de l'eau
1 jour	360 litres	21,24 CZK
1 mois	10 800 litres	637,2 CZK
1 an	131 400 litres	7 752,6 CZK

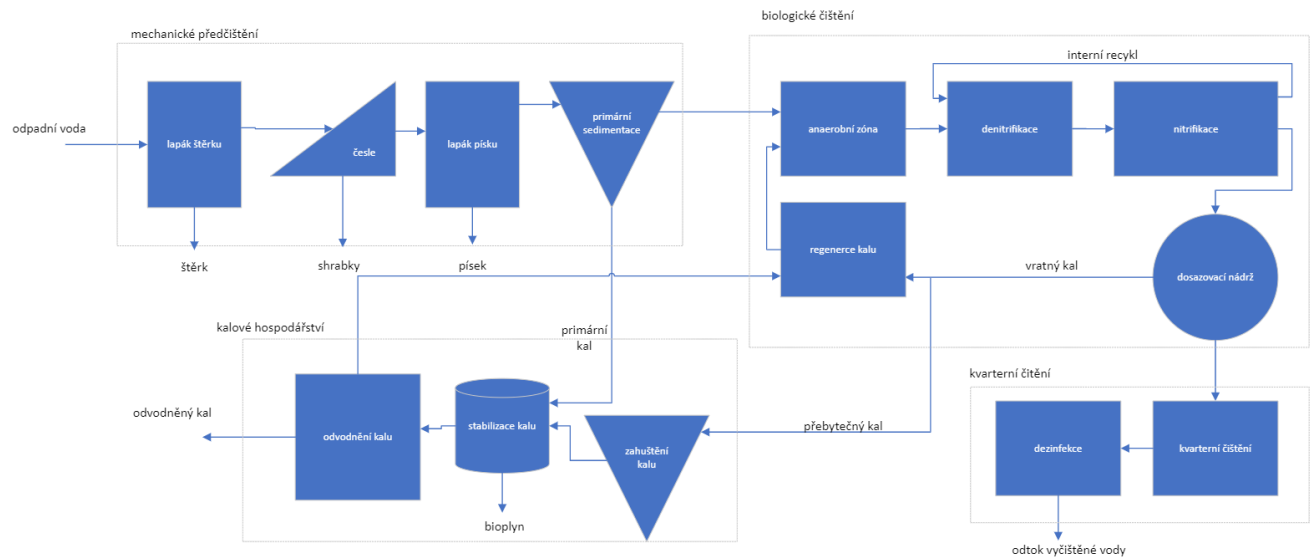
? **Question: Le prix de l'eau baissera-t-il si nous commençons tous à économiser l'eau?**

💡 Réponse: Non, la diminution de la consommation d'eau entraîne une augmentation du prix du litre, car une grande partie des coûts dans le secteur de l'eau sont fixes. Par exemple, peu importe si moins ou plus d'eau circule dans une canalisation existante, son entretien, sa réparation et son entretien seront toujours nécessaires.

3 Description des technologies de STEP





Conseil d'interprétation: Dans ce chapitre, vous trouverez des informations de base sur les technologies, des faits et des faits intéressants. Utilisez ce chapitre comme un catalogue dans lequel vous pouvez choisir des informations sur les technologies dont vous disposez dans votre usine de nettoyage.



3.1 Nettoyage mécanique

Tout d'abord, la STEP doit éliminer les matières non dissoutes qui pourraient obstruer les pompes, se déposer dans les réservoirs ou détruire d'autres équipements (abrasion).

Bac à gravier		
	Importance	Capture de gros objets capables de se déposer au fond (sédiment).
	Principe	Un puisard dans lequel l'écoulement des eaux usées ralentit et sédimente ainsi la matière. Les matériaux capturés doivent ensuite être dragués du fond et chargés dans un conteneur qui est retiré de la station d'épuration des eaux usées, généralement vers une décharge.
	Matériel capturé	Gravier, pierres.

Ciseau		
	Importance	Enlèvement des plus gros débris flottants.
	Principe	Un dispositif en forme de tamis à travers lequel l'eau est filtrée. Le matériel qui s'accroche à ce filet s'appelle des râteaux. Le matériau capturé est ensuite retiré des peignes (manuellement ou automatiquement) et chargé dans un conteneur, dans lequel il est généralement acheminé vers une décharge.
	Matériel capturé	= râteaux branches, chiffons, emballages, restes alimentaires, fruits et légumes, préservatifs, serviettes, tampons, lingettes humides... portefeuille, documents rats morts, argent, bijoux, vêtements, clés, oreillers, peaux de banane

ZŠ: Il convient ici d'attirer l'attention sur ce qui n'a pas sa place dans le système d'égouts et d'expliquer pourquoi. Habituellement, une partie de cette quantité flotte et le problème peut être signalé directement.

Curieux: Les déchets sont généralement le matériau le plus hygiénique que l'on puisse trouver dans un pressing. En même temps, c'est un matériau qui ne doit pas du tout pénétrer dans le système d'égouts.



Conseil d'interprétation: Il est possible de préparer une petite « exposition » d'objets intéressants sur les peignes ou peut-être de montrer des photos d'objets intéressants capturés sur les peignes.

Piège à sable



Importance

Séparation du sable (matière inorganique) des matières organiques en suspension, ce qui est important dans la prochaine partie de la technologie des stations d'épuration des eaux usées.

Principe

La séparation du sable des matières organiques en suspension s'effectue en fonction de leurs différentes densités. Les pièges à sable diffèrent selon que la gravité ou la force centrifuge est utilisée pour la séparation.

Matériel capturé

= sable
substances inorganiques lourdes – sable, fragments de verre, scories fines

? Question: Pourquoi le dessableur est-il aéré alors que le sable est censé se déposer ici?

💡 Réponse: Cela est dû à la séparation des impuretés organiques du sable. Il suffit de retirer le sable du bac à sable. Les substances organiques provoqueraient la pourriture du piège et du sable excavé. De plus, nous en avons besoin comme nourriture pour les bactéries plus loin dans le processus.

Décanteurs

Importance

Sédimentation de substances non dissoutes d'origine organique et essuyage des impuretés flottantes de la surface.

Principe

Le bassin de décantation fonctionne selon le principe de la gravité, lorsque les particules les plus lourdes coulent au fond et sont ensuite aspirées par le fond pour un traitement ultérieur.



**Matériel
capturé**

= étalonnage primaire

Les matières déposées au fond des bassins de décantation sont appelées boues primaires. Ces boues sont riches en substances organiques et sont utilisées dans la gestion des boues.

Curieux: les bassins de décantation peuvent éliminer environ 30 % de la pollution entrante, et dans le même temps, les boues capturées ici contribuent à environ la moitié à la production totale de biogaz et d'électricité.

3.2 Nettoyage biologique

Réservoir d'activation



Importance

Élimination biologique du carbone, de l'azote et du phosphore – collectivement appelés nutriments.

Principe

D'innombrables processus biologiques s'y déroulent. La pollution contenue dans les eaux usées est métabolisée par des bactéries dans des conditions spécifiques, qui sont ajustées pour que des souches bactériennes sélectionnées survivent (et prédominent) dans les réservoirs. Le groupe de bactéries et de micro-organismes qui métabolisent la pollution dans les eaux usées est appelé boue activée. À mesure que les micro-organismes consomment la pollution, ils grandissent et se multiplient. Il s'ensuit que la quantité de boues activées augmente avec le temps et les boues en excès doivent être régulièrement évacuées du bassin d'activation.

**Matériel
capturé**

Aucune matière n'est directement capturée ici, mais il y a croissance et reproduction de bactéries de boues activées sur lesquelles différents types de substances peuvent être sorbées (captées). Les bactéries transforment en outre les substances organiques, l'azote et le phosphore en formes qui sont éliminées de l'eau.

? Question: Peut-on nager dans des bassins d'activation?

💡 Réponse: On ne peut pas nager dans des bassins, le mélange est tellement aéré qu'il a une densité trop faible pour nager. Si quelqu'un essayait de faire ça, il se noierait. Les réservoirs doivent donc être sécurisés contre les chutes des travailleurs, ou utiliser des arrimages avec des cordes, etc.

? Question: Les conditions sont-elles différentes dans les cuves?

💡 Réponse: Les conditions dans les différents réservoirs diffèrent considérablement.

nitrification – concentration élevée en oxygène (zone aérobie)

dénitrification – sans oxygène, mais avec des nitrates (zone anoxique)

élimination du phosphore – sans accès à l'oxygène et sans nitrates (zone anaérobie)

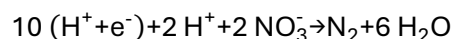
Certaines stations d'épuration ne disposent pas de réservoirs séparés réservés à différentes conditions, mais les conditions changent au fil du temps dans un seul réservoir.

ZŠ: Pour ces élèves, il faut veiller à ce que la démarche soit la plus claire possible. Il serait utile de disposer de photos des micro-organismes contenus dans les boues activées, mais il n'est pas nécessaire de mentionner les noms. Vous pouvez également leur montrer à quoi ressemble l'élément d'aération (physiquement, une photo, une photo du réservoir vidé).

Nous pouvons montrer que les boues sont constituées de flocons individuels visibles à l'œil nu. De plus, dire que ces flocons sont formés par des micro-organismes qui se nourrissent de la pollution.

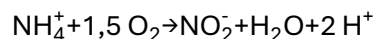
SŠ: Ici, il est possible de parler plus en détail des différents processus biologiques d'élimination des nutriments, d'avoir préparé des réactions de nitrification et de dénitrification, de mentionner directement les organismes qui sont responsables de ces processus. Mentionner que dans les boues activées, outre les bactéries, on trouve également des protozoaires (filiformes, mollusques, cryptides), des métazoaires (rotifères, nématodes, vers) et, dans une moindre mesure, des moisissures, des champignons et des levures.

Dénitrification:

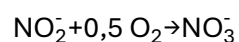


Nitrification (se compose de deux réactions):

nitritation - oxydation de l'azote ammoniacal en azote nitrite




nitration - oxydation de l'azote nitrique en azote nitrate



Curieux: dans certaines stations d'épuration, les boues activées sont régulièrement examinées au microscope pour vérifier quelles bactéries et micro-organismes sont contenus

dans les boues et à quelle fréquence. Le fonctionnement de processus individuels peut être évalué à partir de certaines espèces et de la composition globale des organismes.

Décanteur


	Importance	Le réservoir sert à séparer les boues activées des eaux usées épurées.
	Principe	Le débit d'eau dans le réservoir ralentira. Dans ces conditions, les boues activées peuvent se déposer au fond du réservoir. Du fond du réservoir, la majeure partie des boues activées est renvoyée vers le réservoir d'activation, où les boues nettoient à nouveau l'eau. Les boues activées étant un organisme vivant qui se multiplie, il est nécessaire de n'en maintenir que la quantité nécessaire dans le système et de pomper son excédent hors du système. Les boues excédentaires qui ne sont pas réutilisées dans le réservoir d'activation sont pompées vers le système de gestion des boues. Dans les stations d'épuration sans gestion des boues dans un réservoir de stockage. D'où elles sont ensuite acheminées vers des stations d'épuration plus grandes avec gestion des boues. Au-dessus des boues décantées se trouvent les eaux usées épurées, qui débordent du réservoir dans l'égout puis se dirigent vers le récipient (rivière, ruisseau,...).
	Matériel capturé	Boues excédentaires – boues activées en excès qui sont éliminées du système. Boues de retour - boues activées qui retournent dans le réservoir d'activation et nettoient à nouveau les eaux usées.


Curieux: Dans le cas de bassins de décantation ou d'activation, il est possible d'expliquer aux participants comment est déterminée la qualité des boues du point de vue de la décantation, c'est-à-dire l'indice des boues. L'indice des boues est mesuré à l'aide d'un test de sédimentation, lorsqu'un échantillon est prélevé dans la cuve et versé dans une éprouvette graduée, puis après 30 minutes la hauteur de l'interface entre l'eau et les boues est mesurée. L'indice de limon est ensuite calculé comme la hauteur des sédiments divisée par le temps de sédimentation. Selon l'indice de boue calculé, il est possible d'évaluer la facilité ou la difficulté de décantation des boues.




Conseil d'interprétation: Nous pouvons réaliser le test de sédimentation sur place. Au début de l'interprétation au niveau des bassins d'activation, prélever un échantillon de boues, et à la fin de l'interprétation, l'interface eau-boue et l'eau de compensation étaient déjà visibles. Si nous voulons faire cette démonstration, il est conseillé de collecter les eaux usées entrantes de cette manière et de montrer la différence d'apparence des eaux usées et de l'eau purifiée.

3.3 Nettoyage tertiaire

Désinfection de l'eau		
	Importance	Les eaux usées épurées contiennent encore diverses bactéries, virus et parasites qui peuvent avoir un effet négatif sur les écosystèmes aquatiques. La désinfection réduit le nombre de micro-organismes et assure la protection de l'environnement.
	Principe	Il est possible d'utiliser plusieurs méthodes, par ex. Rayonnement UV ou ozonation. Le rayonnement UV d'une longueur d'onde donnée pénètre dans une étroite couche d'eau. Ce rayonnement tue ensuite les micro-organismes (tue seulement, pas élimine). Une autre méthode consiste à appliquer un désinfectant, par exemple du peroxyde d'hydrogène.

Filtration à travers une couche de charbon actif		
	Importance	Avec des limites plus strictes pour les substances autres que les nutriments, il est possible d'appliquer une filtration à travers une couche de charbon actif. Le charbon actif est capable d'éliminer les micropolluants (substances contenues dans l'eau en très faibles concentrations).
	Principe	Adsorption de substances organiques, de médicaments, de métaux lourds et d'autres impuretés des eaux usées sur du charbon actif


Technologie membranaire

	Importance	Nous abordons l'utilisation de technologies membranaires lorsque nous souhaitons avoir une eau de très haute qualité à la sortie. Lorsque la technologie membranaire est utilisée, le nombre de bactéries, la concentration d'éléments et de composés sont réduits en fonction de la taille des pores de la membrane.
	Principe	Les eaux usées épurées sont pompées à travers la membrane, qui est constituée de trous d'une taille donnée (on différencie: microfiltration, nanofiltration et ultrafiltration). L'eau et les substances dont la taille est plus petite que les trous donnés s'écouleront à travers la membrane, tandis que les substances plus grandes que ces pores commenceront à s'accumuler sur la membrane.


Précipitation chimique du phosphore sur le drain

	Importance	Si la concentration de phosphore dans les effluents des bassins de décantation est encore élevée et ne respecte pas les limites, il est possible de réduire la concentration de phosphore par précipitation chimique.
	Principe	Le phosphore résiduel contenu dans l'eau purifiée est précipité à l'aide d'un agent précipitant. Les stations d'épuration appliquent diverses substances, le plus souvent du sulfate ou du chlorure ferrique. Le sel de fer réagit avec les phosphates pour former un composé de phosphate ferrique insoluble.

3.4 Gestion des boues

Épaississement des boues		
	Importance	Réduction de la teneur en eau des boues avant traitement ultérieur.
	Principe	Les boues sont épaissies par gravité dans des cuves d'épaississement ou mécaniquement dans une centrifugeuse ou un tamis d'épaississement.

Stabilisation des boues

	Importance	Production de matériaux stables et sûrs pouvant être utilisés ultérieurement, par exemple dans l'agriculture.
	Principe	<p>La stabilisation des boues entraîne une diminution de la quantité de substances organiques dans les boues et une réduction du nombre d'organismes pathogènes et autres organismes vivants. Les boues stabilisées ne se décomposent pas davantage et ne provoquent pas de problèmes d'odeurs.</p> <p><u>Types de stabilisation des boues:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> anaérobie aérobie chimique <p>Lors de la stabilisation anaérobie (putréfaction) des boues, les substances organiques sont transformées en biogaz, qui est ensuite transformé en énergie. Il est utilisé dans les moyennes et grandes stations d'épuration.</p> <p>La stabilisation aérobie repose sur l'aération des boues. Les substances organiques qu'il contient sont oxydées.</p> <p>Lors de la stabilisation chimique, de la chaux vive (CaO) est ajoutée aux boues. La chaux vive réagit avec l'eau présente dans les boues pour produire de la chaleur et de l'hydroxyde, ce qui va augmenter le pH et ainsi inhiber l'activité des micro-organismes.</p>

Déshydratation des boues



Importance

Réduire la teneur en eau des boues stabilisées, afin qu'elles puissent être utilisées davantage et que les coûts de leur transport soient réduits (une quantité d'eau plus faible signifie un plus petit volume de boues, ce qui signifie un plus petit nombre de conteneurs remplis).

Principe

Les boues sont déshydratées mécaniquement ou sur des champs de boues.

Les méthodes de machine comprennent:

- centrifugeuses
- presses à tamis
- calopresses
- presses à vide
- presse à vis

La centrifugeuse fonctionne sur le principe de la force centrifuge. Il s'agit d'une sédimentation tellement accélérée des particules (sédimentation). Pendant la centrifugation, le rotor de la centrifugeuse tourne rapidement et les boues sont séparées en particules solides et en eau. Les Kalolisy sont alors un tel tamis qui capte les boues et laisse passer l'eau.