



Metodika na vykonávanie exkurzií na
vodohospodárskych zariadeniach
ODPADNÁ voda



Obsah

1.1.1	Metodika je koncipovaná pre žiakov základných a stredných škôl, prípadne aj pre tých najzvedavejších účastníkov exkurzie. Na rozlíšenie rôznej úrovne sú využité farebne odlišené odseky.....	4
1.1.2	Exkurziu je možné viesť z rôznych uhlov pohľadu, ktoré môžete kombinovať a tým vytvárať ucelený pohľad na problematiku čistenia odpadových vôd. Pripravili sme pre vás troch – príbeh vody, príbeh látok a energie a príbeh ľudí.	4
1.1.3	Začnite exkurziu tým, že predstavíte čistiareň odpadových vôd ako miesto, kde sa odohráva príbeh vody. Vysvetlite študentom, že odpadová voda, ktorú produkujeme v našich domácnostiach a priemyselných podnikoch, putuje do čistiarne, kde je čistená a vráťeá späť do prírody. Predstavte im proces čistenia vody a vysvetlite, aký význam má pre ochranu životného prostredia.	5
1.1.4	Ďalej sa zamerajte na príbeh látok a energie, ktoré sa na čistiarni odpadových vôd recyklujú. Vysvetlite študentom, že čistiareň využíva rôzne technológie a procesy na odstránenie nečistôt z odpadovej vody. Predstavte im, ako sa z odpadovej vody získavajú cenné látky, ako je fosfor alebo dusík, ktoré sa ďalej využívajú napríklad v poľnohospodárstve. Spomeňte tiež využitie energie získanej z odpadovej vody, napríklad na vykurovanie čistiarne alebo výrobu obnoviteľnej elektrickej energie a biometánu.	5
1.1.5	Nechajte študentov spoznať aj príbeh ľudí, ktorí na čistiarni odpadových vôd pracujú. Predstavte im rôzne profesie a povolania, ktoré sa na čistiarni vyskytujú, ako sú chemici, technici alebo operátori. Vysvetlite, aký je význam ich práce pre ochranu životného prostredia a akým spôsobom sa starajú o správny chod čistiarne.	5
1.2	Vlastná exkurzia	8
1.2.1	Príbeh vody.....	12
	Cesta vody na čistiareň odpadových vôd.....	17
1.2.2	<i>Zvedaví: Pri stavbe kanalizácie sa predtým používali špeciálne keramické tehly tzv. tehly zvonivky. Jedná sa o veľmi tvrdé tehly zo špeciálnej hliny, ktoré sú vypaľované dvakrát v tehliarskej peci v redukujúcom plameni. Staré stokovacie siete je možné viieť napr. v Ríme (Forum Romanum) či v Prahe, kde sa niekoľkokrát do roka otvára Cudzinecký vstup (pri Staromestskom orloji). Tu je možné vstúpiť do spojnej komory, ktorá bola postavená pred viac ako sto rokmi.</i>	19
	Čistiareň odpadových vôd	19
1.2.3	💡 Odpoveď: Na úpravni pitnej vody. Čo je iné zariadenie, v ktorom sa z vody prírodného pôvodu vyrába voda pitná.	21
	Kvalita a kontrola odpadovej vody	21
1.2.4	<i>Zvedaví: V roku 2024 vyjde nová smernica Európskej únie ohľadom čistenia odpadovej vody, ktorá dramaticky sprísni limity na nutrienty vo vypúšťanej odpadovej vode.</i>	23
	Budúcnosť čistenia	23
1.3	<i>Zvedaví: v súvislosti s odpadovou vodou sa často hovorí o tzv. mikropolutantoch. Ide o široký pojem, ktorý v sebe zahŕňa látky ako sú zvyšky liečiv, hormóny, mikroplasty, pesticídy, látky z prípravkov osobnej starostlivosti, niektoré látky používané v premysle. Ide o širokú skupinu látok, ktoré sa v odpadovej vode vyskytujú vo veľmi nízkych koncentráciách. Úroveň ich odstránenia na čistiarnach je rôzna, záleží vždy na konkrétnej látke. Ich odstraňovanie potom komplikuje aj skutočnosť, že ich koncentrácie v odpadovej vode</i>	

sú veľmi nízke. Pre ich efektívnejšiu elimináciu bude do budúcnosti potrebné dopĺňať technológie čistiarne o špecializované stupne, ako je pokročilá chemická oxidácia, sorpcia na aktívnom uhlí a podobne. 23

Kalové hospodárstvo..... 42

Titulný list

Tento dokument bol vytvorený autorským kolektívom: Jitka Czakoiová, Martin Srb, Helena Bakešová, Jakub Sochor, Denisa Čadková, Lenka Procházková, Jindřich Procházka, Andrea Benáková, Eliška Maršálová, Jana Šmídková a Jiří Paul, v rámci riešenia projektu:



Od kohoutku do záchodu

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

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

Realizace projektu: únor 2024 – červenec 2025

Riešiteľom projektu je Asociácia pre vodu



Všeobecný úvod

Vítame vás v metodike pre exkurzie na čistiarne odpadových vôd (ČOV). Čistiarne odpadových vôd sú nesmierne dôležité pre ochranu životného prostredia a ľudského zdravia. Táto metodika vám poskytne všeobecný úvod a návod, ako predstaviť čistiareň odpadových vôd ako fascinujúce miesto, kde sa odohráva príbeh vody, látok a energie, ale aj ľudí, ktorí tu pracujú. Cieľom exkurzie je nielen zoznámiť študentov so základnými princípmi čistenia odpadových vôd, ale tiež ich motivovať k zodpovednému zaobchádzaniu s vodou a životným prostredím.

Metodika je vytvorená, tak aby sa dala využiť na väčších aj menších čistiarnach odpadových vôd. V kapitole Popis technológií nájdete prehľad čistiarenských technológií, z ktorých si môžete vybrať iba tie, ktoré na danej lokalite máte a zahrnúť ich do exkurzie.

1.1.1 Metodika je koncipovaná pre žiakov základných a stredných škôl, prípadne aj pre tých najzvedavejších účastníkov exkurzie. Na rozlíšenie rôznej úrovne sú využité farebne odlíšené odseky.

Legenda úrovní:

Základné školy – vzhľadom na výučbu chémie a ďalších predmetov sa počíta primárne so žiakmi na druhom stupni ZŠ (teda cca 11–15 rokov).

Stredné školy - cca 15-19 rokov z rôznych škôl (gymnázia, priemyselné školy, učňovské odbory...).

Zvedaví – použiteľné napríklad pre exkurzie výberových seminárov z chémie či životného prostredia v maturitných ročníkoch stredných škôl alebo pre technické kluby mládeže a ďalšie inštitúcie záujmového a neformálneho vzdelávania.

1.1.2 Exkurziu je možné viesť z rôznych uhlov pohľadu, ktoré môžete kombinovať a tým vytvárať ucelený pohľad na problematiku čistenia odpadových vôd. Pripravili sme pre vás troch – príbeh vody, príbeh látok a energie a príbeh ľudí.

Príbeh vody:

1.1.3 Začnete exkurziu tím, že predstavíte čistiareň odpadových vôd ako miesto, kde sa odohráva príbeh vody. Vysvetlite študentom, že odpadová voda, ktorú produkujeme v našich domácnostiach a priemyselných podnikoch, putuje do čistiarne, kde je čistená a vrátená späť do prírody. Predstavte im proces čistenia vody a vysvetlite, aký význam má pre ochranu životného prostredia.

Príbeh látok a energie:

1.1.4 Ďalej sa zamerajte na príbeh látok a energie, ktoré sa na čistiarni odpadových vôd recyklujú. Vysvetlite študentom, že čistiareň využíva rôzne technológie a procesy na odstránenie nečistôt z odpadovej vody. Predstavte im, ako sa z odpadovej vody získavajú cenné látky, ako je fosfor alebo dusík, ktoré sa ďalej využívajú napríklad v poľnohospodárstve. Spomeňte tiež využitie energie získanej z odpadovej vody, napríklad na vykurovanie čistiarne alebo výrobu obnoviteľnej elektrickej energie a biometánu.

Príbeh ľudí:

1.1.5 Nechajte študentov spoznať aj príbeh ľudí, ktorí na čistiarni odpadových vôd pracujú. Predstavte im rôzne profesie a povolania, ktoré sa na čistiarni vyskytujú, ako sú chemici, technici alebo operátori. Vysvetlite, aký je význam ich práce pre ochranu životného prostredia a akým spôsobom sa starajú o správny chod čistiarne.

Ako sa na exkurziu pripraviť?

Aby exkurzie návštevníkov zaujala a zároveň si z nej odniesli vedomosti do ďalšieho života, je potrebné sa na ňu pripraviť a výklad prispôbiť publiku, jeho veku, skúsenostiam a záujmom. Zároveň je dobré pojať exkurziu maximálne interaktívne (čím sa odlišíte od ostatných výkladových hodín napr. prehládok na hradoch a zámkoch). Pamätajte, že exkurzie s dlhšou teoretickou časťou sú vhodné skôr pre žiakov stredných škôl. U mladších účastníkov býva úroveň sústredenia podstatne nižšia, a preto je nutné premýšľať maximálne prakticky, a to aj za cenu menšieho objemu odovzdaných informácií.

- **Najmä je dobré vedieť:**

Koľko návštevníkov príde?

- Nielen s ohľadom na výklad, pretože so zvyšujúcim sa počtom účastníkov klesá pozornosť, ale aj s ohľadom na technické usporiadanie – počujú ma všetci? zmestíme sa na jednotlivé stanovišťa? alebo na velín? Ak máte dostatok sprievodcov, nebojte sa skupinu rozdeliť do viacerých menších skupín.

Ako sú starí a z akej školy sú?

- Študentov priemyselnej školy zameranej na automatizáciu budú zaujímať iné informácie ako študentov humanitne zameraného gymnázia a tie zase iné ako budúce zdravotné sestry; inak bude vyzeráť exkurzia pre žiakov 6. tried ZŠ bez znalostí chémie.

Čo je cieľom exkurzie?

- Či primárne odovzdať teoretické znalosti o čistiarenských procesoch, alebo či už prebehla teoretická hodina v škole a cieľom exkurzie je tak ukázať nadobudnuté znalosti v praxi; či predstaviť pracovnú náplň zamestnancov (kariéra vo vodnom sektore).

Koľko máte na exkurzii času?

Typickým časom sú dve vyučovacie hodiny, teda zhruba 1,5 hodiny; záleží však nielen na veku účastníkov, ale napríklad aj na vzdialenosti školy od budovy čistiarne – tento aspekt prehliadky je vždy nutné vopred dohovoriť s pedagogickými pracovníkmi.

- **Dopredu je dobré si pripraviť všeobecné informácie o čistení odpadovej vody, napríklad:**

Koľko vody pretečie ČOV za bezdažného stavu za sekundu, za deň, za rok? Koľko vody dokáže ČOV vyčistiť pri prudkom daždi (tj pri naplnení jej kapacity)?

Pre lepšiu predstavu je vhodné prepočítať hodnoty na nejaké prístupnejšie jednotky, viď tabuľka nižšie. Jednotka	Objem
olympijský bazén (hĺbka 2,5 m)	3 125 m ³
návesný rybník	rádovo tisíce m ³
železničná cisterna	46–90 m ³
cisterna na podvozku T815	9 m ³
cisterna na podvozku V3S	3,5 m ³
vaňa	100–200 l
vedierko	12 l
záhradná kanva	5 l

Aký je podiel vôd splaškových, balastných a vôd z priemyslu?

Z akých častí mesta/obce odpadovú vodu na konkrétne ČOV čistíte?

- Či je celé územie mesta/obce odkanalizované na túto ČOV alebo sú nejaké oblasti riešené inak. Alebo či nie je na konkrétnu ČOV pripojená ešte nejaká blízka oblasť.

Od koľkých ľudí/domácností čistíte odpadovú vodu?

- Samozrejme nie je potrebné presné číslo, skôr rádovo pre predstavu.

Aká dlhá je kanalizačná sieť az akého je materiálu?

- Opäť je možné priblížiť pomocou, napr. vzdialenosti od miesta exkurzie, alebo centra mesta/obce do mesta XY; koľko je na nej čerpacích staníc a ďalších zaujímavých objektov.

Koľko je potreba elektriny na vyčistenie odpadovej vody?

- Mōžete porovnať so spotrebou doma – priemerná spotreba elektriny v ČR v roku 2023 pre 1 domácnosť bola 3 500 kWh/rok, (obvyklá spotreba vody na čistiarni na 1 ekvivalentného obyvateľa sa pohybuje okolo 50 kWh/EO).

Do akého vodného toku ústi vyčistená odpadová voda?

Okrem názvu vodného toku je možné doplniť ešte ďalšie informácie ako napríklad:

- Aká je kvalita vody v toku? Aký je jeho prietok? Akým dielom sa na toku podieľa odtok z čistiarne?

Koľko stojí vyčistenie 1 litra vody?

- **Premyslite si:**

Kam návštevníkov vezmete?

- S ohľadom na ich bezpečnosť, bezpečnosť prevádzky, kapacitu priestorov, časovú dotáciu prehliadky a vzdialenosť jednotlivých miest.

Aké hlavné informácie by si mali účastníci z exkurzie odniesť?

- Tu nie je dobré prepínať ich sily, stačí keď si odnesú 3-4 kľúčové informácie.
- **Čo im kde zhruba budete hovoriť spolu s časovou dotáciou pre jednotlivé zastavenia?**
- **Čo im budete ukazovať a predvádzať, čo si môžu vo vašich podmienkach vyskúšať sami?**
- **Na čo sa vás možno môžu opýtať?**
- **Čo ste v ich veku nechápali a chceli by ste chápať?**

Na čo sa ich spýtate vy?

Za účelom zinteraktívnenia prehliadky a zároveň zistenia počiatočného stavu vedomostí účastníkov o danej problematike.

- **Zaistite a vopred si pripravte:**
- **Potrebné dokumenty, ktoré vyžaduje prevádzkovateľ zariadenia (napríklad BOZP, menný zoznam účastníkov).**
- **Potrebné bezpečnostné pomôcky, ak sú potrebné (výstražné vesty, helmy, rukavice, ...).**
- Pracovné listy pre návštevníkov (po dohovore s pedagógmi).

Pomôcky na predvádzanie.

- Napríklad zariadenie na odber vody v jednotlivých technologických stupňoch, valec na sedimentáciu kalu atď. Ďalej si odporúčame pripraviť zjednodušenú technologickú schému, mapu alebo leteckú snímku areálu (a to buď rozdať účastníkom alebo prípadne na veľkom formáte pravidelne ukazovať aktuálnu polohu).
- **Drobné odmeny pre návštevníkov, ak sú k dispozícii (napríklad firemné perá, cukríky...).**

Možnosť použitia WC a umytia rúk po exkurzii.

1.2 Vlastná exkurzia

BOZP

Krátke školenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri exkurzii je prvou povinnou súčasťou každej exkurzie. Nepodceňujte prosím túto časť, aj keď sa môže zdať nadbytočná až zbytočná.

Pri školení BOZP vychádzajte z Vašich vnútro podnikových smerníc, prípadne môžete využiť prílohu tejto metodiky, v ktorej je spracovaný jednoduchý prehľad s čím účastníkmi exkurzie oboznámiť.

Ďalej je vhodné dopredu zaslať zoznámenie s BOZP a vyžiadať si podpísaný menný zoznam účastníkov s potvrdením, že boli s BOZP dopredu oboznámení a pred exkurziou urobiť len krátke oživenie bodov z BOZP.

Na začiatku exkurzie je vhodné zdôrazniť, že účastníci v priebehu exkurzie nebudú môcť jesť, piť, ani sa vzdaľovať od skupiny. Pred začiatkom je vhodné nechať účastníkom čas na rýchle občerstvenie, prípadne návštevu toalety.

Význam čistenia mestských odpadových vôd

? **Otázka:** Prečo vodu čistíme?

💡 **Odpoveď:**

V minulosti stoky ústili priamo do miestnych riek, potokov, rybníkov, morí a podobne, cieľom bolo sa odpadovej vody čo najrýchlejšie zbaviť. Znečisťovanie vodných tokov ale často pôsobilo zničenie ich ekosystémov, vodou sa šíрили choroby a zápach a vodu nebolo možné využívať na potrebné činnosti.

Čistenie vody je dôležité najmä s ohľadom na využitie rieky pod odtokom z čistiarne odpadových vôd. Ak by sme odpadovú vodu nečistili dostatočne, hrozilo by ohrozenie zdravia verejnosti. Voda pod odtokom z ČOV môže slúžiť na rekreáciu, ako zdroj pitnej vody či k závlahám. Čistenie vody zabraňuje prenosu choroboplodných zárodkov, baktérií a chemických látok, ktoré by mohli spôsobiť choroby, infekcie a podporovať proces eutrofizácie.

ZŠ: Čistenie mestských odpadových vôd má zásadný význam pre ochranu životného prostredia a ľudského zdravia. Táto problematika sprevádza ľudstvo už od dávnych čias, kedy sa prvé civilizácie stretávali s dopadmi znečistených vôd na svojich obyvateľov.

SŠ: V starovekom Ríme existoval prepracovaný systém stok a kanalizácií, ktorý odvádzal odpadové vody z mesta. Napriek tomu dochádzalo k šíreniu chorôb, ako bola cholera alebo úplavica, spôsobených kontaminovanou vodou. Tieto epidémie si v histórii vyžiadali milióny obetí a viedli k nutnosti riešiť problém odpadových vôd účinnejším spôsobom.

Zlomovým okamihom bol objav mikroorganizmov a ich rola pri rozklade organických látok v 19. storočí. To umožnilo rozvoj biologických čistiarní odpadových vôd, ktoré využívajú prirodzené biologické procesy na odstraňovanie znečisťujúcich látok. Prvá moderná čistiareň odpadových vôd bola uvedená do prevádzky v Británii v roku 1892.

Dnes je čistenie odpadových vôd absolútne nevyhnutné pre udržanie kvality vodných zdrojov a ochranu životného prostredia. Vypúšťanie nečistených odpadových vôd do riek, jazier a morí by malo devastujúce dopady na vodné ekosystémy, spôsobovalo by úhyn rýb a ďalších vodných živočíchov a znemožňovalo využitie vody na rekreačné účely alebo výrobu pitnej vody.

Príkladom môže byť situácia v Indii, kde rieka Ganga patrí k najznečistenejším riekam na svete kvôli vypúšťaniu nečistených odpadových vôd z miest a priemyslu. Toto znečistenie nielen ohrozuje miestne ekosystémy, ale predstavuje aj vážne zdravotné riziko pre milióny ľudí, ktorí sú na rieke závislí.

Naopak, riadne čistenie odpadových vôd umožňuje bezpečné vypúšťanie vyčistenej vody späť do vodných tokov bez toho, aby dochádzalo k ich znečisťovaniu. Chránia sa tak vodné ekosystémy, zachováva sa kvalita pitnej vody a znižuje sa riziko šírenia chorôb. Čistenie odpadových vôd tiež umožňuje recykláciu a opätovné využitie cenných zdrojov, ako sú živiny a energie obsiahnuté v odpadových vodách.

Je zrejmé, že čistenie mestských odpadových vôd je kľúčovým faktorom pre udržateľný rozvoj našich miest a obcí a ochranu životného prostredia pre súčasné i budúce generácie.

Zvedaví: V lete roku 1858 sa v Londýne objavil tzv. Veľký zápach. V tom čase v Londýne žili asi 2 milióny ľudí a neustále ich pribúdalo. Pôvodne na záchod chodili do nočníkov vyprázdňovaných do žúmp, ktoré sa vyvážali za mesto na pole a ich obsah slúžil farmárom ako hnojivo, ale aj na výrobu pušného prachu. S pribúdajúcim počtom ľudí ale nádrže prestali stačiť, navyše sa objavili splachovacie záchody, takže množstvo odpadových vôd ďalej vzrástlo. Vedenie Londýna nakoniec rozhodlo, že sa splašky budú odvádzať pôvodne dažďovou kanalizáciou do Temže. Rieka sa premenila na stoku. Končilo v nej všetko od obsahu záchodov až po mŕtve psy, rozkladajúci sa potravinový a priemyselný odpad, vrátane častí zvierat z bitúнку a chemikálií z kožiarskych tovární. V lete roku 1858 navyše bolo extrémne horúco, takže sa odpad v rieke rozkladal ešte rýchlejšie ako obvykle. Odpad v rieke sa "doslova varil a kvasil" a smrad bol taký, že ľudia vracali a omdlievali na uliciach, kráľovná Viktória zrušila plavbu po rieke a parlament nemohol zasadať. Nepomohlo ani 250 ton chlóróvého vápna nasypaného do rieky. Nakoniec bolo rozhodnuté o výstavbe novej kompletnej kanalizácie v dĺžke 1 800 km odvádzajúcej vodu pod mesto (stavať sa začala hneď nasledujúci rok). Po jej dokončení už v Londýne nikdy žiadna ďalšia epidémia cholery nebola.

? Otázka: Čo je eutrofizácia?

💡 Odpoveď: Eutrofizáciou sa rozumie proces obohacovania vody o živiny, najmä dusík a fosfor obsiahnuté v moči a výkaloch. Rozlišuje sa eutrofizácia prirodzená a neprirodzená (spôsobená ľudskou činnosťou). Dôsledkom veľkého množstva živín sa vo vode premnoží planktón a tiež sinice (vodný kvet), čím vo vode dôjde k úbytku kyslíka, ktorý sa prejaví jej zahŕňaním, vymieraním rýb a ďalších organizmov žijúcich vo vode.

Vo väčšine krajín platia legislatívne požiadavky na kvalitu vody a jej čistenie, ktoré je nutné dodržiavať. Tieto predpisy sú navrhnuté s ohľadom na ochranu ľudského zdravia a životného prostredia.

Vývoj čistenia odpadovej vody

Exkurziu je možné začať krátkym historickým úvodom, ako sa čistenie odpadovej vody v danej lokalite vyvíjalo. Cieľom tejto časti nie je zachádzať do veľkých detailov, ale iba vypichnúť dôležité míľniky. Informácie o miestnom vývoji je možné dohľadať vo firemnom archíve alebo archíve príslušnej obce. Ďalej je vhodné návštevníkov informovať, či sa čistiareň bude v nasledujúcich rokoch nejako vyvíjať napríklad zväčšovať na základe zvyšujúceho sa počtu obyvateľov.

Pokiaľ by informácie k histórii neboli dostupné môžete pre krátky úvod využiť nasledujúce odseky, ktoré sa zaoberajú všeobecným vývojom odvádzania odpadových vôd a čistiarenstva.

ZŠ: Odporúčame týchto žiakov nezaťažovať presnými dátami, ale skôr uvádzať len najväčšie zmeny, ktoré sa na čistiarni v priebehu jej existencie udiali.

SŠ: U týchto žiakov môžete ísť už do väčších podrobností, avšak snažiť sa dáta prekladať rôznymi zaujímavosťami a historkami napr. z rekonštrukcie.

Všeobecná história čistiarenstva v Českej republike

Proces čistenia odpadovej vody sa rozšíril do Českej republiky z Anglicka, kde na konci 19. storočia vznikali prvé čistiarne (mechanické alebo mechanicko-chemické). Medzi tieto čistiarne patrí aj Stará čistiareň odpadových vôd v Prahe v Bubenči. Zaujímavé je, že táto čistiareň sa nachádza v podzemí.

Na začiatku 20. storočia bol objavený aktívny proces v anglickom Manchestri. Dvaja britskí chemici (Edward Arden a William Lockett) vykonávali pokusy s prevzdušňovaním odpadovej vody a zistili, že sa vo vode tvorí suspenzia, ktorá skracovala dobu čistenia odpadovej vody. Túto suspenziu nazvali aktivovaný kal. Rozšírenie tohto objavu bolo spomalené kvôli prvej a druhej svetovej vojne a tento proces bol do praxe viac rozšírený až po druhej svetovej vojne (po 1945). Prvou čistiarnou odpadových vôd s biologickým čistením pomocou aktívneho procesu bola ČOV Modřice (1961). V Prahe bol následne tento proces použitý v roku 1968.

1.2.1 Příbeh vody

Zdroj odpadové vody

Tip na výklad: Tu je velký priestor na zamyslenie účastníkov exkurzie. Čo všetko tečie na čistiareň? Odkiaľ? Kde vzniká odpadová voda doma (záchod, sprcha, umývačka, práčka, ...) av akom množstve? Aké sú v okolí ďalšie zdroje odpadovej vody (priemyselné podniky, poľnohospodárstvo, nemocnice, školy, reštaurácie, ...)? Čo by sa stalo, keby sme odpadovú vodu nečistili a vypúšťali priamo do rieky? Pri zmienke o organickom znečistení je možné uviesť počet ekvivalentných obyvateľov. Na záver je vhodné povedať, akým spôsobom obyvatelia platia za čistenie odpadovej vody.

? Otázka: Kde sa berie odpadová voda?

💡 Odpoveď: Odpadová voda je voda, ktorú sme použili a ktorá je teraz znečistená. Táto voda pochádza z našich domov (z toalety, umývačky, práčky,...), tovární, nemocníc a kancelárií. Sem patrí aj dažďová voda, ktorá sa nevsiakla do zeme počas búrky alebo silného dažďa, ale stiekla do kanalizácie. Všetka táto voda odteká do potrubia, ktoré ju odvádza na vyčistenie do čistiarene odpadových vôd, aby sa mohla vrátiť späť do prírody.

ZŠ: Všeobecne diskutovať, čo sú zdroje odpadovej vody v domácnosti - kde si myslia, že majú najväčšiu spotrebu vody a čo sa v odpadovej vode nachádza (voda, pevné častice, plávajúce častice, oleje, tuky).

- **Zvedaví: Podľa pôvodu rozdeľujeme odpadovú vodu na:**
- *splaškovú odpadovú vodu (čiže splašky) - pochádza z domácností a sociálnych zariadení*

priemyselné odpadové vody – pochádza z priemyslu (z tovární)

? Otázka: Čo obsahuje odpadová voda?

💡 Odpoveď: Znečistenie vody je tvorené rozpustenými a nerozpustenými látkami. Rozpustené látky môžu byť biologicky rozložiteľné (napr. monosacharidy) alebo biologicky nerozložiteľné (napr. azofarbivá). Medzi rozpustené látky vyskytujúce sa v odpadovej vode patria aj rozpustené anorganické soli. Nerozpustené organické látky v odpadovej vode sa opäť delia na rozložiteľné (škrob, celulóza) a nerozložiteľné (plasty). Medzi nerozpustené anorganické látky sa radí napr. piesok a štrk. Súčasťou pritekajúcej vody sú aj veci, ktoré majú skôr charakter komunálneho odpadu. Tie však do kanalizácie nepatria a nemali by sa do nej vôbec dostávať. Ďalej sa vo vode vyskytujú baktérie a mikróby, ktoré môžu spôsobovať choroby.

Tip na výklad: Využite túto príležitosť a diskutujte s účastníkmi čo do odpadu nepatrí. Obvykle je vhodné túto diskusiu viesť v mieste, kde je vidieť pritekajúcu vodu a je možné hneď poukazovať na predmety, ktoré do odpadovej vody nepatria. Je vhodné sa opýtať aj na prax u nich doma a napríklad aj na to čo robia s olejmi a tukmi.

SŠ: U starších žiakov je možné klásť návodné otázky priamo na chemické zloženie odpadovej vody – aké organické či anorganické látky sa v odpadovej vode nachádzajú.

? Otázka: Koľko odpadovej vody človek produkuje?

💡 **Odpoveď:** Množstvo a kvalita odpadovej vody produkovanej človekom sa môže líšiť. Pre potreby navrhovania čistiarní bola vytvorená jednotka s názvom ekvivalentná obyvateľov (EO), ktorá odráža priemerné množstvo a kvalitu odpadovej vody, ktorú produkuje jeden obyvateľ za jeden deň. Množstvo znečistenia produkované jedným EO zodpovedá:

1 EO = 120-150 l/d odpadovej vody

1 EO = 60 g/d organických látok (BSK5) 1 EO = 11 g/d Ncelk 1 EO = 2,5 g/d Pcelk

BSK5 (biologická spotreba kyslíka) je analytická metóda na stanovenie organických látok, ktoré podliehajú biochemickému rozkladu pri aeróbných podmienkach. Inými slovami: biologická spotreba kyslíka vyjadruje, koľko kyslíka potrebujú baktérie na odstránenie organického znečistenia v odpadovej vode.

Na čistiareň odpadových vôd sú spravidla pripájané aj priemyselné objekty. Pre odhad znečistenia sú vytvorené prepočtové tabuľky, pomocou ktorých dokážeme napočítať znečistenie zodpovedajúce ekvivalentným obyvateľom.

Napríklad:

Výroba 1 tony repy v cukrovare zodpovedá 45-70 EO.

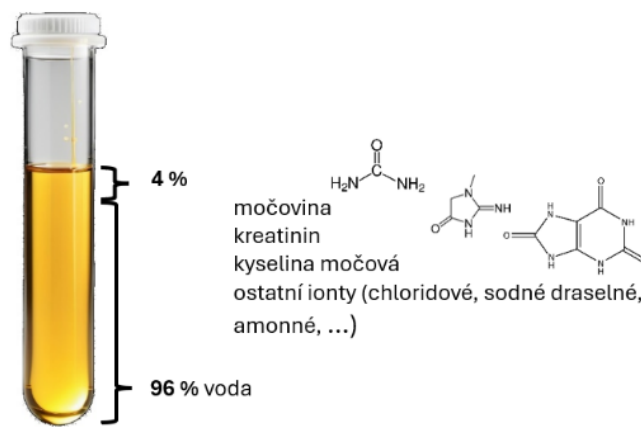
Výroba 1 m³ piva zodpovedá 150-350 EO.

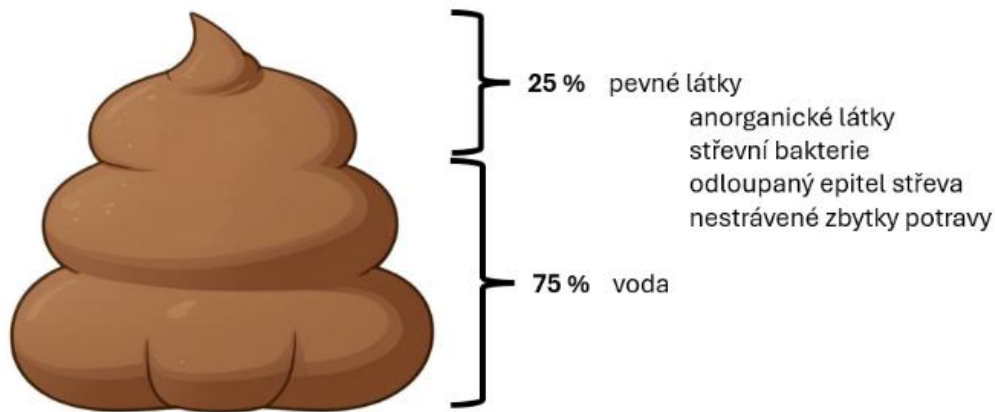
Vypranie 1 tony bielizne v práčovni zodpovedá 350-950 EO.

? Otázka: Aké látky obsahuje ľudský moč a stolica?

💡 **Odpoveď:** Moč a stolica sú odpadovými produktmi ľudského metabolizmu. Moč je produkovaná filtráciou krvi v obličkách a stolica je tvorená v hrubom čreve.

Zloženie ľudského moču a stolice je znázornené na nasledujúcich obrázkoch. Z pohľadu čistenia odpadovej vody je moč významným zdrojom dusíka. Naopak stolica je zdrojom fosforu a organických látok. Organické látky pochádzajú zo zvyškov potravy, ktorá v našom tele nie je úplne strávená.





? **Otázka:** Líši sa zloženie odpadovej vody v rôznych mestách/lokality, alebo je všade rovnaká?

💡 **Odpoveď:** Odpadové vody z domácností a sociálnych zariadení (splašky) majú približne rovnaké zloženie. Čo sa týka odpadovej vody z priemyslu, tu je zloženie veľmi závislé od druhu priemyslu. Charakter znečistenia silne ovplyvňuje technológie použité na ČOV.

? **Otázka:** Čo patrí a nepatrí do záchodu?

Tip na výklad: V tejto časti je vhodné poučiť návštevníkov o tom, čo nepatrí do kanalizácie alebo čo by sa nemalo doma spláchnuť do záchodu, kuchynského drezu alebo umývadla.

- 💡 **Odpoveď:** Do kanalizácie nepatrí:
- zvyšky jedál
- odpad z kuchynských drvičov
- tuky a oleje
- hygienické potreby – vlhčené a kozmetické obrúsky, vatové tyčinky, jednorazové plienky,...
- komunálny odpad

zvyšky chemikálií, alebo napríklad ortuť

Zvedaví: Vianoce sú kritickou dobou, kedy je zlým zvykom ľudí vylievať obrovské množstvo oleja do odpadu. Olej patrí do kontajnerov na olej alebo do zberného dvora.

? **Otázka:** Prečo tieto veci nepatria do kanalizácie?

💡 **Odpoveď:** Pretože môžu poškodzovať alebo upchávať kanalizačné potrubie a zariadenia na čistiarni odpadových vôd. Napríklad tuk sa usadzuje na stenách kanalizácie a naň sa potom zachytávajú ďalšie nečistoty (obrásky, hygienické potreby,...). Môže to viesť až k úplnému upchatiu potrubia a odpadová voda potom nemá kadiaľ odtekať. Nejde len o potrubie odvádzajúce odpadové vody na čistiareň, k upchatiu môže dôjsť aj pri kanalizačnom potrubí u vás doma. V takom prípade je náprava veľmi komplikovaná a nepríjemná. Alebo v prípade zvyškov jedla môžu podporovať množstvo potkanov v kanalizácii, ktorí môžu prenášať choroby a sú všeobecne nevítanými hosťami v mestách a domácnostiach, čo je následne potrebné riešiť deratizáciou kanalizácie. V prípade nebezpečných látok a chemikálií hrozí poškodenie technológie čistiarne, najmä biologického procesu, ale aj ohrozenie osôb pracujúcich na kanalizácii a na čistiarni.

Zvedaví: Najznámejší prípad upchatia kanalizácie tukom a ďalším odpadom z kanalizácie je z roku 2017 z Londýna. Nahromadený materiál meral 250 metrov a vážil 130 t. Na jeho odstránenie bolo potrebných 9 týždňov práce. V angličtine je pre túto "usadeninu" dokonca vytvorený názov "Fatberg", ktorý vznikol zo slova "fat" - tuk a "iceberg" - ľadovec, po slovensky by sa dalo povedať "tukovec".

Cesta vody na čistiareň odpadových vôd

Tip k výkladu: Tu je dobré vedieť, odkiaľ odpadová voda na Vašu čistiareň priteká (z ktorých miest/miestnych častí/obcí), koľko jej je (za rok a za sekundu), od koľkých ľudí pochádza, aká dlhá je stoková sieť, ktorá vodu privádza, ako dlho trvá, kým odpadová voda na čistiareň prite. Môžete medzi návštevníkmi urobiť anketu, či odpadová voda tečie práve sem, kam tečie odpadová voda z ich školy a podobne.

? **Otázka:** Ako sa vypúšťa odpadová voda do čistiarne odpadových vôd?

💡 **Odpoveď:** Odpadové vody z budov sú odvádzané rúrkami, ktoré ústia do väčších rúrok tvoriacich kanalizačnú sieť. Kanalizačná sieť je taký dopravný systém, ktorý prenáša odpadovú vodu z miesta, kde vzniká, na miesto, kde je čistená. Kanalizačná sieť je v podzemí, ale môžeme spoznať, kadiaľ vedie, podľa okrúhlych poklopov kanálov na ulici.

Kanalizačný systém alebo stoková sieť môže byť riešená rôznym štýlom podľa toho, či sú spoločne odvádzané odpadové a dažďové vody. Jednotná sieť, kde, ako názov napovedá, dochádza k odvádzaniu všetkých odpadových vôd bez ohľadu na ich druh, tj odvádzajú sa odpadová voda s vodou dažďovou. Stoková sieť, kde sú oddelenými trasami odvádzané odpadové vody a dažďové vody a nedôjde k ich zmiešaniu sa nazýva oddielna. Odpadové vody sú odvádzané na čistiareň odpadových vôd, zatiaľ čo dažďové vody sú zaústené napríklad do vodného toku.

Nevýhodou jednotnej stokovej siete je jej preťaženie pri prudkých dažďoch. Kanalizačná sieť je navrhnutá na maximálne množstvo odpadovej vody, ktoré je schopná pojať, rovnako tak je to aj s čistiareňou odpadových vôd. Ak je kapacita stokovej siete alebo čistiarne odpadových vôd prekročená, odpadová voda, ktorá je tu "navyše" prepadá odľahčovacími komorami priamo do vodného toku. Táto nečistená odpadová voda, ktorá obsahuje napríklad odpadovú vodu aj zo záchodov, znečisťuje vodný tok.

Možnosť, ako znížiť množstvo dažďových vôd, ktoré sa dostanú do kanalizácie, je cieľené zasakovanie dažďových vôd. Dažďové vody, ktoré by stekli po chodníku, ceste alebo napríklad strechy do kanála sú odvedené, tak aby sa dostali do pôdy, kde môžu byť využité rastlinami.

ZŠ: Zistiť si, ako ďaleko je škola, z ktorej prišli a porovnať to s dĺžkou stokovej siete. Nechať ich hádať dobu, za akú dorazí odpadová voda na čistiareň. Diskutovať, kde a prečo sa nachádzajú poklopy od kanalizácie (veľké komunikácie). Je možné sa opýtať na rôzne objekty a zariadenia stokových sietí, s ktorými sa stretli – najčastejšie budú zmieňovať kanál, môžete im povedať, že správne sa im hovorí vpusť či guľa.

Zvedaví: Na uliciach sa najčastejšie môžeme stretnúť s dvoma objektmi, ktoré sú bežne označované ako „kanál“. Možno ste si všimli, že niektoré „kanály“ majú mrežu a umožňujú vode vtekať dovnútra. To sú kanalizačné vpuste, tiež označované ako guľa. Niektoré poklopy ale majú buď len maličké, alebo žiadne otvory. Jedná sa o kryty kanalizačných šachiet, ktoré umožňujú vstup do objektov stokovej siete. Obvykle ukrývajú prípojku, nejakú zmenu smeru kanalizácie (lomová šachta), alebo sa jedná o revíziu šachtu, ktorá je umiestňovaná pravidelne, aby bolo možné zaistiť prístup do kanalizácie a jej čistenie tlakovou vodou a špeciálnou technikou.

? **Otázka:** Prečo to v kanalizácii smrdí?

💡 **Odpověď:** V stokovej sieti vznikajú rozkladom organických zlúčenín plyny, ktoré spôsobujú silný zápach. K rozkladu organických zlúčenín dochádza na miestach, kde je nízky prietok odpadovej vody či nedostatočný sklon stokovej siete. Rozkladom organických zlúčenín obsahujúcich síru vzniká sulfán, jedná sa o jedovatý plyn. Sulfan zapácha ako skazené vajcia.

Významnú úlohu zohráva aj prúdenie vzduchu v kanalizácii. Pokiaľ je v kanalizácii dostatok kyslíka, k zahŕňaniu dochádza v minimálnej miere.

Počas prudkého dažďa dochádza k splachu všetkých usadených nečistôt v kanalizačnej sieti. Prvá vlna odpadovej vody, ktorá dorazí na čistiareň je teda veľmi koncentrovaná.

ZŠ: Môžete žiakom dať priestor a opýtať sa, či cítili niekedy zápach z kanalizácie ak čomu by tento zápach prirovnali.

SŠ: Sulfan zapácha už pri koncentráciách 0,5 ppm (particles per milión; "častíc na jeden milión"). Tu môžete žiakov požiadať o tip – koľko si myslí, že musí byť molekúl v kanalizácii, aby sme sulfán cítili? Táto otázka privedie žiakov k zamysleniu a predstaví im nové jednotky ppm, ktoré sa často používajú na vyjadrenie koncentrácie v USA.

Sulfán teda zapácha už od koncentrácie, keď je vo vzduchu jedna molekula sulfánu na dva milióny molekúl vzduchu (kyslík + dusík). Alebo pri obsahu 0,00005% sulfánu vo vzduchu. Teda 0,5 ml sulfánu v 1 m³ vzduchu.

? **Otázka:** Žijú v kanalizácii nejaké zvieratá?

💡 **Odpověď:** V kanalizačnej sieti sa nachádzajú potkany, tým že do odpadu hádzeme zvyšky jedál im zaisťujeme zdroj potravy. Z tohto dôvodu sa môžu v niektorých mestách aj premnožiť. V jarných a letných mesiacoch prebieha ich deratizácia, kedy sa do stokovej siete umiestňujú jedovaté nástrahy, aby sa populácia potkanov udržiavala na primeranej úrovni. Na ničenie potkanov sa používa prípravok Hubex – požerové nástrahy vhodné do vlhkého prostredia. Tie obsahujú napríklad pekárske omrvinky, šrot, kukuricu, čokoládu, tuk a účinnú látku antikoagulant.

Často dochádza k zamieňaniu potkana za krysu. Potkan má svetlejšiu sršť, je väčší, má kratší chvost ako telo a má rád vlhké prostredie. Zatiaľ čo krysa má až černosivú sršť, je menšia, ale chvost má dlhší ako telo a nemá rada vlhké prostredie.

? **Otázka:** Aká je teplota v kanalizácii?

💡 **Odpověď:** Teplota splaškových vôd v kanalizácii je závislá na ročnom období, pohybuje sa v rozmedzí 8 až 20 °C.

? **Otázka:** Aký tvar má kanalizácia?

💡 **Odpověď:** Priečne profily stok môžu mať rôzne tvary. Základným tvarom je tvar kruhový. Ďalším tvarom je tvar vajcovitý, ktorý je ideálny pre jednotné stoky s kolísajúcim prietokom. Tlamový profil sa používa, keď nie je dostatočná výška nadloží.

? **Otázka:** Z akých materiálov je útorová sieť?

💡 Odpověď: Stoková sieť musí byť postavená z materiálov, ktoré sú odolné voči oteru, korózii, chemickým látkam a mikrobiálnemu účinku. Na stavbu stokovej siete sa využíva kamenina, betón, liatina, čadič, kanalizačné tehly (zvonivky) alebo plast.

1.2.2 Zvedaví: *Pri stavbe kanalizácie sa predtým používali špeciálne keramické tehly tzv. tehly zvonivky. Jedná sa o veľmi tvrdé tehly zo špeciálnej hlíny, ktoré sú vypaľované dvakrát v tehliarskej peci v redukujúcom plameni. Staré stokovacie siete je možné vidieť napr. v Ríme (Forum Romanum) či v Prahe, kde sa niekoľkokrát do roka otvára Cudzinecký vstup (pri Staromestskom orloji). Tu je možné vstúpiť do spojnej komory, ktorá bola postavená pred viac ako sto rokmi.*

Čistiareň odpadových vôd

Tip na výklad: Túto časť je potrebné si zostaviť, tak aby zodpovedala Vašej konkrétnej čistiarni. V nasledujúcich odsekoch nájdete všeobecne popísané kroky na čistenie odpadovej vody. Pre konkrétnejší výklad o jednotlivých technológiách, ktoré sú na Vašej čistiarni, môžete využiť kapitolu 3. Popis technológií ČOV. Táto kapitola je koncipovaná ako tzv. katalóg, z ktorého si môžete vybrať iba časti, ktoré sa Vám hodia do výkladu exkurzie.

? **Otázka:** Kde a ako sa odpadová voda čistí?

💡 Odpověď: Na čistiarni odpadových vôd.

Kanalizačná sieť privádza odpadovú vodu na čistiareň odpadových vôd, kde je zahájené jej čistenie. Malé množstvo znečistenia vie príroda vyčistiť sama, tomuto procesu sa hovorí samočistenie. Čistiareň odpadových vôd používa rovnaké princípy ako príroda, len im vytvárame optimálne podmienky, aby prebehli čo najrýchlejšie.

To, akým spôsobom bude voda čistená, sa líši podľa konkrétnej lokality, podľa toho, akými technológiami je čistiareň vybavená, aká odpadová voda priteká, a tiež tým koľko vody sa čistí.

Pokiaľ to ide, odpadová voda preteká čistiarňou gravitačne, tj samovoľne pomocou gravitačného spádu. To je výhodné najmä z hľadiska spotreby elektrickej energie. Ušetríme energiu, ktorú by sme inak spotrebovali na prevádzku čerpadiel.

Najprv musíme odstrániť veľké predmety, ktoré plávajú vo vode alebo sú na dne. To môže byť napríklad kamene, piesok, zvyšky jedla alebo vlhčené obrúsky. Tieto predmety sa odstránia tak, že je tok vody spomalený a nečistoty sa usadia na dne (lapač štrku, lapač piesku) alebo sú zachytené na mrežiach či sitách (česlovňa). Okrem vyššie spomenutých predmetov sú vo vode prítomné ešte nerozpustené organické látky, ktoré sú zachytávané v usadzovacích nádržiach. Tento usadený materiál, nazývaný primárny kal, sa odčerpáva na ďalšie spracovanie do kalového hospodárstva. Vo vode nám potom zostalo znečistenie, ktoré nie je vidieť voľným okom, čiže je vo vode rozpustené.

Rozpustené znečistenie dokážu z vody v určitej miere odstrániť baktérie a ďalšie mikroorganizmy (aktivačná nádrž). Odborne je súbor týchto baktérií označovaný ako aktivovaný kal a proces čistenia sa nazýva biologické čistenie.

Tip na výklad: Hĺbku popisu biologického čistenia odpadových vôd je vhodné prispôbiť cieľovej skupine. Nižšie ponúkame varianty podľa úrovne poslucháčov.

ZŠ: Na čistiarni odpadových vôd si tieto baktérie správame ako také zvieratká v zoo. Staráme sa o ne tým, že im vytvárame vhodné podmienky pre život a ako potravu im dávame odpadovú vodu. Správame tu niekoľko druhov baktérií. Aké podmienky pre život potrebujú? To záleží na ich povahe, niektoré potrebujú pre život veľa vzduchu, niektoré naopak ocenia, keď vzduch nemajú vôbec. Spokojné baktérie žijú spolu a vytvárajú také malé mestečká, ktoré označujeme ako vločky, množia sa a ich populácia rastie.

SŠ: Aktivovaný kal sa skladá z mikroorganizmov, ktoré si na čistiarni odpadových vôd udržujeme v potrebnom množstve. Medzi mikroorganizmy aktivovaného kalu patria baktérie, prvoky (nálevníci, meňavky, krytienky), metazoa (vírnici, hlísty, červy) a ďalej plesne, huby a kvasinky.

Tip k výkladu: Tu by bolo dobré ukázať deťom aj nejaké obrázky spomínaných mikroorganizmov, alebo video, napríklad na mobilnom telefóne, aby sa nejednalo iba o dlhý výklad. Okrem toho môžete deti vyzývať, aby sa svojho učiteľa biológie v škole opýtali na doplňujúce informácie.

Baktérie pretvárajú znečistenie z odpadovej vody prostredníctvom svojho metabolizmu alebo znečistenia im slúžia ako potrava. Podľa metabolizmu rozlišujeme niekoľko typov baktérií. Baktérie oxidujúce organický substrát (organotrofné), baktérie oxidujúce amoniakálny dusík a dusitanový dusík na dusičnanový dusík (nitrifikačný), baktérie redukujúce dusík dusičnanový na dusík plyný (denitrifikačný) a baktérie, ktoré do svojich buniek akumulujú vo vyššej. Jednotlivé druhy baktérií potrebujú k svojmu metabolizmu vhodné kyslíkové podmienky - oxidujúce baktérie potrebujú kyslík, redukujúce naopak potrebujú podmienky prakticky bez kyslíka. Preto sa podmienky na čistiarni menia, aby mohol každý typ baktérie odvieť svoju prácu. Baktérie žijú spolu vo vločkách, množia sa a ich množstvo čiže koncentrácia v systéme rastie.

Zvedaví: Medzi jednotlivými druhmi organizmov v aktivovanom kale prebieha neustály tvrdý konkurenčný boj o zdroje ("potravu"). Tá baktéria, ktorá dokáže v nastavených podmienkach získať najviac energie, sa najviac rozmnoží, a tým začne dominovať a vytláčať tie menej úspešné. Rôzne skupiny baktérií, ktoré rozkladajú rôzne typy znečistenia, považujú dosť často za ideálne úplne iné podmienky. Navyše väčšina baktérií dokáže „potravu“ spracovávať rôznymi metabolickými cestami. Napríklad v prítomnosti kyslíka odstraňujú organické látky pomocou tzv. aeróbnej respirácie, ale pokiaľ kyslík nie je k dispozícii, vie prepnúť svoj metabolizmus na oveľa menej výhodnú denitrifikáciu. Organizmy si vždy „vyberajú“ ten proces, z ktorého získajú za daných podmienok najviac energie. Na čistiarnach ale často potrebujeme aj baktérie, ktoré vykonávajú málo výživné reakcie, a preto rastú pomaly. Tým sa snažíme vytvoriť čo najlepšie podmienky a rozmaznávať si ich. Typickým príkladom sú nitrifikačné organizmy, tým staviame regeneračné nádrže s nadbytkom kyslíka, kde si môžu „odpočinúť“ a „stráviť“ zásobné látky.

Organizmy aktivovaného kalu sú naozaj mikroskopické, ich veľkosť sa pohybuje v rádoch desiatín až jednotiek mikrometrov. Pre lepšiu predstavu, jeden mikrometer je milióntinou metra. Tieto drobné organizmy dokážu prijímať iba malé molekuly potravy. Väčšina znečisťujúcich látok vo vode je však oveľa väčšia. Ako teda môžu baktérie tieto väčšie nečistoty stráviť? Baktérie na to využívajú špeciálne chemické látky nazývané exoenzy. Enzy sú látky, ktoré urýchľujú alebo spomaľujú chemické reakcie. V prípade baktérií aktivovaného kalu im

pomáha proces zvaný hydrolyza. Predpona "exo" znamená, že tieto enzýmy baktérie vypúšťajú von zo svojho tela do okolitého prostredia. Je to podobné, ako keď pavúk vstrečne tráviace šťavy do muchy lapenej v pavučine. Namiesto muchy v pavučine máme v tomto prípade odpadovú vodu v nádrži. Dlhé molekuly znečisťujúcich látok sa pomocou exoenzýmov rozštiepia na menšie molekuly. Tie už sú dostatočne malé na to, aby ich baktérie mohli prijať dovnútra svoje bunky a ďalej ich tam spracovať a stráviť.

Potom baktérie pokračujú do dosadzovacích nádrží, kde ich treba oddeliť od vyčistenej vody. Baktérie vo vločkách (čiže v tých svojich „mestečkách“) pomaly klesajú ku dnu nádrže. Väčšinu baktérií musíme zase vrátiť späť do procesu, aby čistili novo pritekajúcu odpadovú vodu. Ide o kontinuálny proces a nemôžeme si dovoliť čakať, kým nám vyrastie nová plnohodnotná kultúra mikroorganizmov. A pretože sa mikroorganizmy množia naozaj rýchlo, časť ich je z procesu vyradená pre „nadbytočnosť“ a odčerpaná do kalového hospodárstva na ďalšie spracovanie.

Hore v dosadzovacej nádrži je vyčistená voda, ktorá prepadá cez hrany, alebo do ponorenej odtokovej rúry a tečie preč z čistiarne späť do prírody (napríklad do vodného toku).

Zvedaví: Hovoriť v súvislosti s aktivovaným kalom iba o baktériách je veľké zjednodušenie. V skutočnosti je aktivovaný kal celý mikrokozmos s nespočetným množstvom rôznych druhov baktérií, ktoré v ňom síce dominujú, ale okrem nich sa v aktivovanom kale vyskytujú aj vyššie mikroorganizmy, ako sú rôzni prvoci, meňavky, nálevníci, hlísty, vírnici či roztoče a za vhodných podmienok a na určitých miestach aj fotosyntetizujúce.

Tip na výklad: Tu je dobré návštevníkov upozorniť, že táto voda nie je pitná! A je vhodné vysvetliť prečo.

? Otázka: Je voda odtekajúca z čistiarne odpadových vôd pitná?

💡 Odpoveď: Takto vyčistená voda je dostatočne čistá, aby neznečisťovala tok zvýšeným množstvom organických látok, dusíka a fosforu, ale nie je pitná! Je to podobné, ako keby sme chceli piť vodu priamo z rieky alebo z kaluže. Je potrebné z tejto vody odstrániť baktérie, ktoré by mohli spôsobiť zdravotné problémy.

? Otázka: Kde sa vyrába pitná voda?

1.2.3 💡 Odpoveď: Na úpravni pitnej vody. Čo je iné zariadenie, v ktorom sa z vody prírodného pôvodu vyrába voda pitná.

Kvalita a kontrola odpadovej vody

Tip na výklad: Tu je priestor spomenúť do akého vodného toku vyčistená voda odteká a akú má napr. triedu kvality a či je prietok v toku dostačujúci.

Pokiaľ máte k dispozícii mobilnú analytiku (pH sonda, kvapôčkové testy,...), môžete návštevníkov nechať skontrolovať kvalitu odtoku.

? Otázka: Ako zisťujeme, že je vyčistená odpadová voda v poriadku?

💡 Odpověď: Kvalita odtoku sa posudzuje rôznymi spôsobmi. Najjednoduchšie je pomocou zmyslov (zrak, čuch) - skúsení pracovníci si pamätajú, ako odtok "vyzerá" bežne, pokiaľ sa niečo zmení (farba, priehľadnosť, množstvo vločiek, zápach), pátrajú po príčine. Ďalšou pomôckou sú online sondy a analyzátory (napríklad meranie amoniaku, dusičnanov, zákalu, fosfátov,...), ktoré sú ale veľmi drahé (vyššie desiatistisíce až státisíce Sk za kus), takže sa používajú na naozaj veľkých čistiarnach. Ďalej sa dajú využiť prenosné sondy a "kvapôčkové testy", kde sa porovnáva farba s farebnou stupnicou. Najpresnejšie je stanovenie látok v laboratóriu.

? Otázka: Akú kvalitu má mať vyčistená odpadová voda?

💡 Odpověď: Kvalita odtoku z čistiarne podlieha legislatívnym predpisom. České predpisy zodpovedajú legislatíve Európskej únie. Limity sú stanovené, ako na limity jednotlivých zlúčenín, tak aj na účinnosť odstránenia jednotlivých látok na čistiarni odpadových vôd. Úroveň limitov je odstupňovaná podľa veľkosti čistiarne, čím väčšia čistiareň, tým prísnejšie limity má. Presné limity čistiarnam určuje vodoprávny úrad a každá čistiareň môže mať trochu iné. Kvalita odtekajúcej vyčistenej vody podlieha nezávislým kontrolám úradov, napríklad Českej inšpekcie životného prostredia, vodoprávných úradov a pod. Pri prekročení limitov prevádzkovateľa čistiarní platia pokuty.

Na meranie množstva vyčistenej odpadovej vody sú na odtoku z čistiarne nainštalované merania prietoku vyčistenej vody. Najčastejšie sa na meranie prietoku vody používa Parshallov žlab so snímačom výšky hladiny.

U niektorých vodných tokov (riečok, potokov) odtok z čistiarne zodpovedá za veľkú časť pretekajúcej vody. Sú aj prípady, keď je kvalita odtoku z čistiarne vyššia ako kvalita vody vo vodnom toku. Limity, ktoré stanovuje vodoprávny úrad sú upravené s ohľadom na využitie vody po toku (rekreácia či odber pitnej vody).

ZŠ: Tieto žiakov nezaťažovať s detailmi legislatívnych predpisov, je dostačujúce povedať, že vyčistená voda pred odtokom do rieky musí spĺňať určité parametre koncentrácie uhlíka, dusíka a fosforu a nesmie v nej plávať veľké množstvo nerozpustených látok.

SŠ: Týmto žiakom môžeme podrobnejšie vysvetliť, ako funguje odoberanie vzoriek a meranie prietoku vody.

Zvedaví: Ak by mal niekto veľký záujem si zistiť limity na vypúšťanie odpadovej vody môžete ho odkázať na vyhlášku č. 401/2015 Zb. Zaujímavosťou v legislatíve je uvedenie dvoch limitov „m“ a „p“. Symbol „m“ označuje maximálny neprekročiteľný limit a symbol „p“ je prípustný limit, ktorý môže byť v určitom množstve vzoriek odtoku prekročený v povolenej miere.

? Otázka: Aké sú možnosti ďalšieho čistenia, aby bola voda ešte čistejšia?

💡 Odpověď: V určitých prípadoch sa voda spracováva tzv. terciárnym čistením (mechanické a biologické čistenie možno označovať ako primárne a sekundárne), ktoré už zahŕňa špecializované metódy určené na úpravu konkrétnych ukazovateľov kvality vody charakteristických alebo významných pre danú čistenú vodu alebo recipient.

Terciárne čistenie sa na čistiarnach odpadových vôd stále početnejšie aplikuje, a to z dôvodu postupne sa sprísňujúcich limitov, ktoré nie je možné dodržať využitím iba primárneho a sekundárneho čistenia.

Medzi metódy terciárneho čistenia sa radí dezinfekcia, membránové technológie, chemické zrážanie fosforu či filtrácia cez vrstvu aktívneho uhlia. Inými slovami sa jedná o vodárenské metódy.

ZŠ: Ak sa na Vašej čistiarni žiadna z technológií terciárneho čistenia nevyskytuje, tak stačí na konci pri odtokovom objekte povedať, že sa budú postupne zvyšovať požiadavky na vyčistenú odpadovú vodu az tohto dôvodu sa na čistiarni budú objavovať ďalšie technológie.

1.2.4 Zvedaví: V roku 2024 vyjde nová smernica Európskej únie ohľadom čistenia odpadovej vody, ktorá dramaticky sprísni limity na nutrienty vo vypúšťanej odpadovej vode.

Budúcnosť čistenia

? **Otázka:** Ako bude čistenie odpadovej vody vyzeráť v nasledujúcich rokoch a desaťročiach?

💡 **Odpoveď:** Na niektorých čistiarnach vo svete už existuje terciárne aj kvartérne čistenie, teda ďalší stupeň čistenia, kedy z čistiarne odchádza vysoko kvalitná voda. Táto voda už však neodchádza iba do vodného toku. Kvôli jej vysokej kvalite je možná jej recyklácia (znovuvyužitie).

? **Otázka:** Na čo je možné využiť recyklovanú vodu?

- 💡 **Odpoveď:** Niektoré z možných spôsobov využitia recyklovanej vody zahŕňajú:
- závlahy a poľnohospodárstvo – závlaha záhrad, mestskej zelene, golfových ihrísk a poľnohospodárskych plôch
- priemyselné aplikácie – použitie v rôznych priemyselných procesoch ako je chladenie či omývanie

krajinárství – umelá infiltrácia či napúšťanie jazier a fontán

V budúcnosti bude veľký tlak na kvalitu vypúšťanej odpadovej vody nielen z pohľadu nutrientov, ale tiež aj mikropolutantov ako sú rezíduá liečiv, gény antibiotickej rezistencie, mikroplasty, pesticídy a pod.

Vo svete sa už mení označenie čistiareň odpadovej vôd (v angličtine waste water treatment plant) na water reclamation plant vo voľnom preklade teda miesto, kde znovu získavame vodu.

1.3 Zvedaví: v súvislosti s odpadovou vodou sa často hovorí o tzv. mikropolutantoch. Ide o široký pojem, ktorý v sebe zahŕňa látky ako sú zvyšky liečiv, hormóny, mikroplasty, pesticídy, látky z prípravkov osobnej starostlivosti, niektoré látky používané v priemysle. Ide o širokú skupinu látok, ktoré sa v odpadovej vode vyskytujú vo veľmi nízkych koncentráciách. Úroveň ich odstránenia na čistiarnach je rôzna, záleží vždy na konkrétnej látke. Ich odstraňovanie potom komplikuje aj skutočnosť, že ich koncentrácie v odpadovej vode sú veľmi nízke. Pre ich efektívnejšiu elimináciu bude do budúcnosti potrebné dopĺňať technológie čistiarne o špecializované stupne, ako je pokročilá chemická oxidácia, sorpcia na aktívnom uhlí a podobne.

Príbeh látok a energie získanej z odpadovej vody

Tip k výkladu: Pri rozprávaní tejto sekcie je potrebné účastníkov naozaj nadchnúť, pretože je v spoločnosti stále veľká stigma ohľadom čistenia odpadových vôd. Ľudia rozumejú potrebe čistenia odpadovej vody,

ale berú ju iba ako nutnosť. Účastníkom môžete predstaviť aj nový pohľad na túto stránku vecí – na čistiarnach môžeme pri čistení odpadovej vody získavať cenné látky, napr. aktivovaný kal je považovaný za odpad, ale dá sa naň nazerať aj ako na cennú surovinu! Kal samotný má vynikajúce hnojivé vlastnosti, živiny uvoľňuje postupne, a navyše pôde pomáha zadržiavať vodu. Ďalším spracovaním kalu môžeme získať energiu (napr. spracovaním bioplynu) aj prvky v kale obsiahnuté – hlavne zlúčeniny fosforu a dusíka.

Odpadová voda má v sebe uložené neskutočne veľké množstvo rôznych látok a tiež energie. Napríklad keď sa pozrieme na ľudské trávenie, tak veľká časť látok z potravy prechádza do odpadovej vody, pretože naše trávenie nie je úplne dokonalé a nedokážeme naplno využiť všetky látky.

ZŠ: Iba zhrnúť látky, ktoré možno z odpadovej vody získať a pri kaloch sa zamerať na využitie na poľnohospodárskej pôde alebo spaľovanie.

SŠ: U starších žiakov je možné ísť už viac do detailu pri anaeróbnej stabilizácii a zrážaní fosforu.

Zvedaví: Detailne popísať rôzne druhy spaľovania (pyrolýza, splyňovanie), aké sú tu produkty a spomenúť biochar ako perspektívnu látku. Pre túto skupinu sa radí tiež téma zušľachtenia bioplynu na biometán. Spomenúť, že niektoré čistiarne v Európe (už aj v ČR) sú už energeticky sebestačné, alebo dokonca produkujú viac energie, než sami spotrebujú, práve vďaka dostatočnej produkcii bioplynu.

? Otázka: Aké látky sme schopní z odpadovej vody získať?

- 💡 Odpoveď: Zhrnutie látok, ktoré sme schopní z odpadovej vody získať:
- Organické látky, N, P,....
- Kal
- Energia
- Iné – tuk, celulóza

Shrabky, piesok

Zvedaví: V minulosti sa fekálie používali predovšetkým v poľnohospodárstve ako hnojivo. Moč mávala uplatnenie ako čistiadlo, starí Rimania používali moč na bielenie zubov. Do moču sa namáčali látky pred farbením, aby bola farba trvácnejšia. Moč bola dôležitou surovinou aj na výrobu pušného prachu. Fekálie sa používali na úpravu koží, garbiary mali v krčmách umiestnené tzv. chcáče na odber moču.

? Otázka: Aké látky sú z vody separované počas mechanického čistenia vody?

💡 Odpoveď: V mechanickej časti čistiarne získavame z odpadovej vody shrabky, piesok, štrk, oleje a tuky. Zhrabky sú hygienicky závadné, z tohto dôvodu sa skládkujú alebo spaľujú v spaľovniach. Jeden obyvateľ vyprodukuje v priemere za rok 5-15 l zhrabkov. Piesok a štrk sú tiež hygienicky závadné, ale je možné ich po úprave využiť napr. v stavebníctve. Oleje a tuky sa využívajú v anaeróbnej stabilizácii a následne z nich vzniká bioplyn, ktorý je možné energeticky využiť.

? Otázka: Ako dochádza k odstráneniu nutrientov z odpadovej vody?

💡 Odpověď: Na odstránenie týchto prvkov sa používa niekoľko biologických procesov, ktoré prebiehajú v aktivačnej nádrži čistiarne.

- Odstránenie uhlíka

Oxidácia organických látok pôsobením mikroorganizmov za prítomnosti kyslíka na oxid uhličitý a vodu. Oxid uhličitý je neškodný plyn, ktorý uniká do atmosféry.

- Odstránenie dusíka – nitrifikácia a denitrifikácia
- Do odpadovej vody sa dusík dostáva hlavne z moču.
- Dusík sa odstraňuje pomocou dvoch dejov: nitrifikácia a denitrifikácia.
- Pri nitrifikácii nitrifikačné baktérie oxidujú amónny ión cez dusitany na dusičnany. Pri tomto deji treba nádrže intenzívne prevzdušňovať, pretože sa pri tomto deji spotrebovávajú veľké množstvá kyslíka. Prevzdušňovanie je energeticky a tým pádom aj finančne náročné. Prevzdušňovanie prebieha pomocou dúchadiel a aeračných elementov, ktoré sú prirobené pri dne nádrže. Dúchadlo do týchto elementov vháňa vzduch. Z elementov následne vychádzajú jemné bubliny.
- Pri denitrifikácii sa dusičnany premieňajú na plynný dusík. Nakoniec nám teda dusík (neškodný plyn, ktorý tvorí cca 78 % atmosféry) zmizne z vody tým, že nám vyteká do ovzdušia. Pri denitrifikácii sa spotrebovávajú aj organický uhlík z odpadovej vody.
- Pokiaľ je v odpadovej vode nedostatok organického uhlíka je treba do nádrží aplikovať externý substrát (najčastejšie metanol) – externý substrát potom baktérie využívajú pri metabolizácii dusičnanu na plynný dusík.

Kvôli dostatku organického uhlíka býva nádrž, v ktorej prebieha denitrifikácia predradená pred nitrifikáciu. Medzi nádržami potom funguje interný recykl, kedy sa z nitrifikácie časť odpadovej vody prečerpáva späť do denitrifikácie, aby boli dusičnany vytvorené v nitrifikácii transportované do denitrifikácie, kde sú vhodné podmienky na ich odstránenie. Poznámka: táto časť sa môže výrazne líšiť podľa konkrétnej čistiarne. Prispôbte výklad vašej technológii a hlavne publiku. Pre základné, ale často aj stredné školy môže byť detailný popis odstraňovania dusíka veľmi neprehľadný a komplikovaný.

- Odstránenie fosforu – chemické zrážanie alebo zvýšené biologické odstránenie fosforu
- Do odpadovej vody sa fosfor dostáva z fekálií, z priemyselných práčovní (smú používať fosfátové pracie prostriedky), z tabliet do umývačiek riadu.

Fosfor je možné z vody odstrániť chemickým zrážaním či zvýšeným biologickým odstránením fosforu pomocou špeciálnych fosfor-akumulujúcich baktérií.

? Otázka: Vznikajú pri odstraňovaní nutrientov nejaké skleníkové plyny?

💡 Odpověď: Pri aktivácii vznikajú skleníkové plyny: oxid uhličitý (produkt odstránenia org. uhlíka), oxid dusný (vzniká pri nitrifikácii) av niektorých miestach s extrémne nízkou koncentráciou kyslíka aj metán. Oxid dusný a metán majú výrazne vyšší skleníkový efekt ako oxid uhličitý. Ďalšie skleníkové plyny sú tvorené pri výrobe elektrickej energie na pohon strojov na čistiarni.

? Otázka: Čo je to kal z pohľadu kalového hospodárstva?

💡 Odpověď: Kal je odpadový produkt čistenia odpadových vôd, ktorý predstavuje 1-2% objemu čistených vôd ale je v ňom zakonzentrovaných 50-80% pôvodného znečistenia obsiahnutého v nátoky na čistiareň

odpadových vôd. Úprava a spracovanie kalov má za cieľ minimalizovať negatívne dopady na životné prostredie a ľudské zdravie. S kalom nakladáme rôznymi spôsobmi, ktoré sa odvíjajú od veľkosti čistiarne.

Na čistiarni odpadových vôd odoberáme kal z dvoch nádrží. Najskôr odoberáme kal z usadzovacej nádrže, ktorý sa nazýva primárny kal. Následne odoberáme kal z dosadzovacej nádrže, ktorý sa nazýva sekundárny alebo prebytočný. Zmes primárneho a sekundárneho kalu sa nazýva surový kal.

ZŠ: Ak sa s účastníkmi presuniete od odtoku ku kalovému hospodárstvu je dobré opäť zjednodušiť pripomenúť, čo je to kal a odkiaľ sa berie.

SŠ: S touto skupinou žiakov je ideálne na začiatku kalového hospodárstva začať debatu na to aké všetky látky sa v kaloch nachádzajú a čo sa s nimi môže stať, snažiť sa dobrať aj k ďalším látkam než len organickému znečisteniu. Kal obsahuje zmes organických a anorganických látok, vodu a rôzne toxické látky napr. ťažké kovy, pesticídy, zvyšky liečiv či patogénne a iné mikroorganizmy.

Zvedaví: Náklady na akceptovateľné spracovanie kalu zodpovedajú približne 50 % prevádzkových nákladov na čistenie odpadových vôd. Na menších čistiarniach sa neoplatí mať kalové hospodárstvo.

? **Otázka:** Ako sa spracováva kal na malých čistiarniach?

💡 **Odpoveď:** Na malých čistiarniach sa nevyskytuje anaeróbna stabilizácia z dôvodu nedostatočnej výroby (produkcie) bioplynu. To znamená že je tu väčšinou kal buď aeróbne stabilizovaný alebo odvodňovaný, prípadne tekutý prevázaný na väčšiu čistiareň. Pri aeróbnej stabilizácii sa kal buď ponecháva dlhší čas v aktivačnej nádrži, alebo je prečerpaný do prevzdušňovanej kalovej nádrže. Po odvodnení môže byť kal prevezený na väčšiu čistiareň, kde je následne prevedený do vyhnívacích nádrží.

? **Otázka:** Ako sa spracováva kal na väčších čistiarniach, ktoré majú kalové hospodárstvo?

💡 **Odpoveď:** Na stredných a veľkých čistiarniach sa najčastejšie využíva anaeróbna stabilizácia kalu (čiže anaeróbne vyhnívanie). Do kalu sa zakoncentrováva veľké množstvo pôvodného znečistenia obsiahnutého v pritekajúcej odpadovej vode. Na väčších čistiarniach sa nám časť tohto znečistenia vo vyhnívacích nádržiach (anaeróbnou stabilizáciou) premení na bioplyn.

Pri anaeróbnej stabilizácii je kal zhromaždený v nádržiach, v ktorých je zamedzené prístupu kyslíka (=anaeróbne prostredie). V týchto nádržiach sa látky obsiahnuté v kaloch rozkladajú pomocou špeciálnych baktérií (metanogénne baktérie) za vzniku bioplynu. Podľa teploty v nádržiach rozlišujeme mezofilné (35 °C) a termofilné vyhnívanie (55 °C).

Potom, čo prejde kal vyhnívacou nádržou sa z neho stane stabilizovaný kal, to znamená že by v ňom už nemal prebiehať intenzívny samovoľný rozklad. V anaeróbnom vyhnívaní dôjde k premene zhruba polovice sušiny kalu na bioplyn.

SŠ: Proces vyhnívania sa tiež označuje ako anaeróbna stabilizácia. Baktérie obsiahnuté v kaloch postupne metabolizujú organické látky na jednoduché cukry a alkoholy a následne až na oxid uhličitý, vodík a metán. Zmes plynov, ktorá v tomto procese vzniká sa nazýva bioplyn a skladá sa hlavne z oxidu uhličitého a metánu (cca 60-80 %). Zariadenie, v ktorom sa bioplyn

premieňa na teplo a elektrinu sa nazýva kogeneračná jednotka. Bioplyn sa využíva na pohon spaľovacieho motora alebo turbíny. Spaľovanie bioplynu produkuje teplo a zároveň poháňa generátor, ktorý produkuje elektrinu.

Zvedaví: *Pri anaeróbnej stabilizácii vzniká okrem oxidu uhličitého a metánu tiež amoniak (čpavok) a sulfán, čo sú silne zapáchajúce plyny.*

Zvedaví: *Metanogénne baktérie sú vývojovo veľmi starou skupinou baktérií, objavili sa pred 3,5 miliardami rokov (vek Zeme je 4,5 miliardy rokov). V tej dobe v atmosfére nebol žiadny kyslík a atmosféra Zeme sa podobala dnešnej Venušu. Na porovnanie, dinosaury sa objavili pred 250 miliónmi rokov a človek pred 2,8 miliónmi rokov. Ak by na osi bola 0 vznik Zeme a 10 súčasnosť, tak metanogény sa objavili v bode 2,22, dinosaury 9,44 a človek 9,99).*

? **Otázka:** Aké využitie má stabilizovaný kal?

💡 **Odpoveď:** Využitie stabilizovaného kalu závisí na jeho kvalite. Tento kal je možné aplikovať na poľnohospodársku pôdu vďaka jeho hnojivým vlastnostiam, pretože obsahuje veľké množstvo organickej hmoty, fosforu a dusíka. Je možné ho využiť aj v kompostárňach. Ďalším spôsobom spracovania je termické spracovanie, kam sa radí spaľovanie, pyrolýza či splyňovanie. Pri pyrolýze dochádza k tvorbe pyrolýzneho plynu (syngasu), oleja a pevného zvyšku (biocharu). Biochar sa v dnešnej dobe javí ako veľmi perspektívna látka, ktorá napr. zvyšuje zadržiavanie vody v pôde.

Problematika aplikácie stabilizovaného kalu na poľnohospodársku pôdu je zložitá, pretože na jednej strane vieme, že kal je cenným hnojivom, ale na druhej strane môže byť zdrojom mnohých polutantov, ako sú napríklad ťažké kovy, rezíduá liečiv, patogénne mikroorganizmy (napr. Salmonella) a perzistentné organické látky. Preto kal aplikovaný na poľnohospodársku pôdu musí spĺňať určité legislatívne predpisy. Legislatívne predpisy strážia nielen kvalitu kalov, ale aj v akom množstve a kde môžu byť kaly aplikované. Technicky je potrebné mať zazmluvnených poľnohospodárov, ktorí majú dostatočnú kapacitu na uskladnenie kalu, pretože hnojenie pôdy prebieha párkrát do roka, ale produkcia kalu prebieha neustále.

SŠ: *Ak ste so žiakmi viedli debatu o tom, aké látky obsahuje kal, môžete skúsiť nadviazať otázkou na ne. Čo si myslí - kam putuje kal z čistenia a kde by sa dal ďalej využiť? Stabilizovaný kal sa v poľnohospodárstve využíva kvôli využitiu hnojivých vlastností anorganických a organických živín v ňom obsiahnutých. Má využitie kalu na pole nejaké riziká? (iba zjednodušene)*

Zvedaví: *Možným rizikom aplikácie stabilizovaného kalu na poľnohospodársku pôdu je obsah mikropolutantov v kaloch. Medzi mikropolutanty, ktoré kal obsahuje sa radia mikroplasty, pesticídy, endokrinné disruptory či zvyšky liečiv. Tieto látky môžu mať, aj napriek svojej nízkej koncentrácii, potenciálne negatívne dopady na životné prostredie i ľudské zdravie. Medzi legislatívne parametre použitia kalu na poľnohospodársku pôdu sa zaraďujú mikrobiologické kritériá (Salmonella, E. coli a enterokoky) a limity na obsah ťažkých kovov, polychlóvaných bifenylov a polycyklických aromatických látok.*

V kale sa môžu nachádzať aj gény antibiotickej rezistencie, ktoré sa potom môžu šíriť ďalej medzi iné baktérie.

Medzi technológie, ktoré je možné použiť na úpravu kalu sa tiež radí pyrolýza či splyňovanie, kedy dochádza k produkcii paliva z kalu. Napr. v susednom Nemecku je potom najbežnejším spôsobom nakladania s kalom jeho spaľovanie. Kal sa spaľuje buď oddelene v špecializovanej spaľovni, alebo sa mieša s ďalším materiálom a spaľuje sa spoločne napr. v spaľovni odpadov, v elektrárni/teplárni alebo cementárenskej peci.

V kale je uložené vcelku veľké množstvo fosforu, ktoré je možné z kalu získavať termickým (získavanie fosforu z popola po spálení kalu) či chemickým spôsobom (zrážanie).

? Otázka: Ako sa zužitkováva vznikajúci bioplyn?

💡 Odpoveď: Bioplyn je spálený v kogeneračnej jednotke, ktorá z neho vytvorí teplo a elektrinu. Teplo sa využije späť na ohrev vyhrievacích nádrží. Vytvorená elektrina sa spotrebuje na čistiarni napr. na chod čerpadiel alebo prevzdušňovanie aktivačnej nádrže.

Ďalšou možnosťou využitia bioplynu je jeho zušľachtenie na biometán. Biometán má kvality podobné zemnému plynu a je možné ho vtláčať do plynovodnej siete.

Príbeh ľudí starajúcich sa o stokovú sieť a pracujúcich na čistiarni odpadových vôd

Tip k výkladu: Väčšina ľudí nemá pojem, o tom, aké náročné je odvádzanie a čistenie odpadových vôd a aký veľký počet ľudí na rôznych pozíciách sa tohto procesu zúčastňuje. Z tohto dôvodu odporúčame na vhodných miestach exkurziu obohatiť o zmienku o ľuďoch, ktorí v kanalizácii či na čistiarni pracujú. Zvýšením znalostí o týchto pozíciách je možné, že sa zvýši úroveň vnímania dôležitosti týchto povolání a tiež záujem, o to je študovať. Tu je možné spomenúť, ako sa bude vyvíjať potreba týchto profesií a tiež ako sa napr. bude meniť náplň práce jednotlivých zamestnancov (napr. počítanie uhlíkovej stopy, digitálne dvojča čistiarne odpadových vôd či ESG reporting).

Odvádzanie a čistenie odpadovej vody je proces, ktorý prebieha neustále a nemožno ho len tak zastaviť. Aby všetko fungovalo a celý proces sa nezastavil, stojí to veľké úsilie a prácu mnohých ľudí rôznych profesií. Jednotlivé profesie na seba nadväzujú a jedno nemôže fungovať bez druhého. Stokovú sieť a čistiareň odpadových vôd môžeme vnímať ako jeden dobre premazaný stroj.

Kanalizáciu je potrebné pravidelne kontrolovať av prípade porúch alebo upchávania nečistotami je nutné ju opraviť alebo vyčistiť. Prieskum stokovej siete vykonáva technik vodohospodár so špecializáciou na diagnostiku sietí pomocou kamerového systému, ktorý sa umiestni na začiatok kontrolovaného miesta a pomocou diaľkového ovládania sú kamery vedené potrubím. V prípade zistenia zhoršenej priechodnosti potrubia sa využíva čistenie tryskou a odčerpanie materiálu pomocou vysokotlakového čistiaceho vozidla. Novo existujú dokonca drony, ktoré automaticky preletí stokou a vykonajú potrebné merania. Opravy a čistenie vykonávajú prevádzkoví montéri a obsluha špeciálneho vozidla na čistenie kanalizácie.

Na čistiarni odpadových vôd je v prevádzke rad zariadení o ktorých chod sa priamo starajú strojníci vodohospodárskych zariadení. Títo pracovníci zaisťujú obsluhu strojov a technologických zariadení a zaisťujú ich plnú funkčnosť a pravidelnú kontrolu. Údržbu a opravy elektrozariadení vykonávajú prevádzkoví elektrikári. Prevádzka čistiarne odpadových vôd je nepretržitá, a preto je potrebné mať nad procesmi na čistiarni neustály dohľad, ktorý zaisťujú dispečeri (velinári). Dispečeri sledujú na monitoroch výstupy z prevádzky a pomocou riadiaceho systému ovládajú chod čistiarne odpadových vôd. Dispečeri pracujú na smeny, tak aby bol zabezpečený dohľad nad čistiarnou 24/7.

Kvalita odpadovej vody a rôznych výstupov procesu čistenia odpadovej vody je monitorovaná prostredníctvom laboratória. Pracovníci laboratória spracovávajú vzorky a vykonávajú chemické, mikrobiologické a hydrobiologické analýzy. Vzorky do laboratória odoberajú a transportujú vzorkári.

Za správne fungovanie čistiarne odpadových vôd a kvalitu odtekajúcej vyčistenej odpadovej vody je zodpovedný technológ. Na základe výsledkov rozborov z laboratória, hodnôt zo sond, analyzátorov a prietokomerov na čistiarni vyhodnocuje proces čistenia a upravuje nastavenie jednotlivých zariadení, tak aby bola zaistená plynulá prevádzka a dobrá kvalita odtekajúcej vody.

Riadiaci systém je kontrolovaný a vyvíjaný odborníkmi v oblasti IT. Zaujímavým odvetvím je aj vytváranie tzv. digitálnych dvojčiat čistiarni odpadových vôd pomocou špecializovaných softvérov, ktoré nachádzajú využitie napríklad pri skúšaní rôznych neobvyklých situácií alebo optimalizáciách prevádzky.

V poslednej dobe sa zvyšuje záujem o sledovanie uhlíkovej stopy a ďalších parametrov súvisiacich s dopadom zariadení na životné prostredie a s tým aj potreba týchto odborníkov vo vodohospodárskom odbore.

Z zoznamu vyššie uvedených profesií je vidieť, že na čistiarni odpadových vôd nájde uplatnenie ako pracovník s výučným listom, tak s vysokoškolským titulom.

ZŠ: Iba zhrnúť profesie a snažiť sa ich vymenovať pri nádržiach a strojoch, pri ktorých je ich výkon práce, aby mali čo najväčšiu predstavu o danej profesii.

SŠ: U starších žiakov je možné uviesť možnosti, kde sa dá študovať na pozícii technológa vody – vysoké školy so zameraním na vodu (VŠCHT, VUT, VŠB).

Zvedaví: Tu je na Vašom zvážení, či priniesť rôzne predmety s ktorými tieto profesie pracujú: vzorkovnice, prístroje, odmerný valec na kalový index, kamera a pod.

Cenotvorba vody

Cena vody je častou témou médií a verejných diskusií, ale málokto naozaj vie, ako sa celková cena vody počíta a aké vlastne úsilie stojí vyrobiť pitnú vodu a vyčistiť odpadovú vodu. Často si ľudia predstavujú, že pitnú vodu je možné rovno odvádzať zo zdroja, ktorý je zadarmo a potom vznikajú diskusie o tom, že vodohospodárske spoločnosti zarábajú obrovské peniaze na tom, čo je v prírode vlastne zadarmo. Nie je tomu tak! A preto je dôležité aj deti zoznámiť s tým, ako sa vytvára cena vody, z čoho sa skladá a ako sú finančne náročné procesy výroby pitnej vody a čistenia odpadových vôd.

Celková cena vody sa skladá z dvoch položiek, ktoré sa nazývajú vodné a stočné. Vodné je poplatok za výrobu pitnej vody a jej dodávku až k nám domov (k spotrebiteľovi). Stočné je poplatok za odvádzanie odpadovej vody z jej zdroja (napr. z domácnosti) a jej následné čistenie.

Cena vody je regulovaná, tj vytváraná podľa pravidiel stanovených Ministerstvom financií SR. V týchto pravidlách je definované, z akých položiek sa môže a nemôže výsledná cena skladať a aký zisk si môžu vodárenské spoločnosti ponechať. Cena vody je aktualizovaná každý rok. Konečné slovo pri tvorbe ceny má vlastník vodohospodárskej infraštruktúry.

- **Cena vody = oprávnené náklady + primeraný zisk + odvody štátu**
 - o oprávnené náklady (príklady):
 - o obstaranie/nájomné, obnova a modernizácia vodohospodárskeho majetku
 - o spotreba elektrickej energie, chemikálií, kontrola kvality vody (laboratórne práce), apod.
 - o náklady na údržbu a opravy
- mzdy zamestnancov zabezpečujúcich prevádzky, obsluhu zákazníkov (uzatváranie zmlúv, fakturácia, reklamácia)
 - o primeraný zisk
 - o regulovaný Ministerstvom financií SR
- max. 7 % z vloženého kapitálu
 - o odvody štátu
 - o DPH
 - o poplatky za vypúšťanie odpadovej vody

poplatky za odber surovej vody, z ktorej sa následne vyrába pitná voda

ZŠ: Stačí vysvetliť pojmy vodné a stočné. A porovnávať cenu jedného litra vody z kohútika v porovnaní s ostatnými cenami, napr. balenej vody, Coca Coly, sladkostí a pod. Pre lepšiu predstavu, koľko je 1m³ vody, je dobré povedať, že je to to isté aké 500 dvojlitrových fliaš.

SŠ: Porovnať cenu vody s ostatnými výdavkami – napríklad s cenou elektriny, Netflix, mesačný paušál na telefón a pod.

Zvedaví: Podrobnejšie popísať z čoho sa cena vody skladá - jednotlivé položky, ktoré sa tam zahŕňajú.

? **Otázka: Koľko bola priemerná cena vody v SR v roku 2024?**

💡 **Odpoveď:** V roku 2024 predstavovala priemerná cena vody (stočné + vodné) 125 Sk za m³. Priemerná cena vodného bola 63 Sk za m³ a priemerná cena stočného bola 59 Sk za m³.

Pre lepšiu predstavu uvádzame ešte prepočet na cenu za jeden liter vody. Priemerná celková cena vody bola 0,125 Sk za liter, z toho priemerná cena vodného bola 0,063 Sk za liter a priemerná cena stočného bola 0,059 Sk za liter.

? **Otázka: Je voda z kohútika drahá?**

💡 **Odpoveď:** Odpoveďou na túto otázku je najlepšie si porovnať spotrebu vody jedného človeka s jeho ostatnými výdavkami a cenou vodného a stočného v danej oblasti. Pre príklad uvádzame porovnanie s priemernou cenou vody v SR z roku 2024.

Priemerná spotreba kohútikovej vody na 1 osobu je v SR cca 90 litrov za deň.

Cenník: Obdobie	Počet litrov odpadovej vody (1 osoba)	Cena pitnej vody	Cena za vyčistenie vody	Cena celkom
1 deň	90 l	0,20 €	0,31 €	0,98 €
1 mesiac	2 700 l	6,00 €	159,3 Kč	12,90 €
1 rok	32 850 l	89,00 €	79,90 €	179,00 €

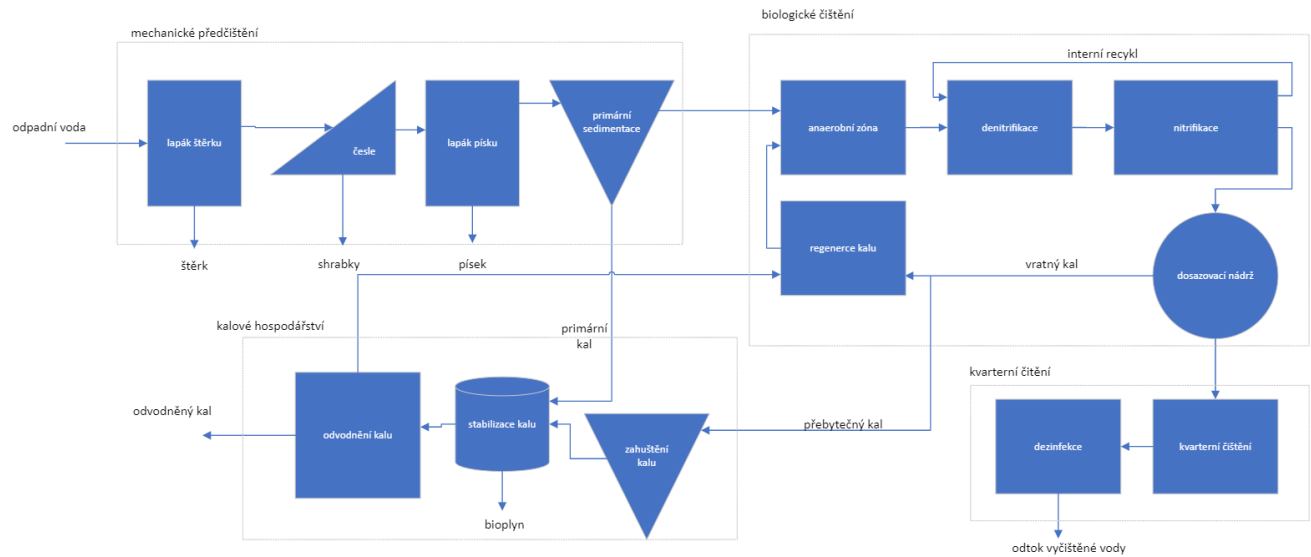
Obdobie	Počet litrov odpadovej vody (4 osoby)	Cena za vyčistenie vody
1 deň	360 l	0,99 €
1 mesiac	10 800 l	24,90 €
1 rok	131 400 l	7 752,6Kč

? **Otázka: Bude cena vody nižšia, ak by sme začali všetci s vodou šetriť?**

💡 **Odpoveď:** Nie, poklesom odberu vody dochádza k zvýšeniu ceny za liter, pretože veľká časť nákladov vo vodárenstve je fixných. Napríklad je totiž jedno, či existujúcim potrubím pretečie menej alebo viac vody, stále bude potrebná jeho údržba, oprava a obsluha.

Popis technologií ČOV

Tip na výklad: V této kapitole najdete základné informácie o technológiách, faktoch a zaujímavosti. Využite túto kapitolu ako katalóg, z ktorého si môžete vybrať informácie o technológiách, ktoré máte na Vašej čistiarni.



Mechanické čistenie

Najskôr je na ČOV potrebné odstrániť nerozpustený materiál, ktorý by mohol upchávať čerpadlá, usadzovať sa v nádržiach alebo ničiť ďalšie zariadenia (abrazie).

Lapač štrku



Význam

Zachytenie veľkých predmetov, ktoré sú schopné usadiť sa na dne (sedimentovať).

Princíp

Jímka, v ktorej dôjde k spomaleniu toku odpadovej vody a tým k sedimentácii materiálu. Zachytený materiál sa potom musí vybagrovať z dna a naložiť na kontajner, ktorý je odvezený z čistiarne odpadových vôd, väčšinou na skládku.

Zachytený materiál

Štrk, kamene.

Česle



Význam

Odstránenie väčších plávajúcich nečistôt.

Princíp

Zariadenie pripomínajúce sito, cez ktoré sa cedí voda. Materiál, ktorý sa zachytí na tomto sieti sa nazýva shrabky. Zachytený materiál sa následne z česlí zloží (ručne alebo automaticky) a nakladá do kontajnera, v ktorom je odvázaný spravidla na skládku.

Zachytený materiál

= zhrabky
vetve, handry, obaly, zvyšky jedla, ovocia a zeleniny, kondómy, vložky, tampóny, vlhčené obrúsky ...
peňaženka, doklady
mŕtvi potkany, peniaze, šperky, oblečenie, kľúče, vankúše, šupky od banánu

ZŠ: Tu je vhodné upozorniť na to, čo do kanalizácie nepatrí a vysvetliť prečo. Obvykle niečo z toho pripláva a možno na tento problém priamo upozorniť.

Zvedaví: Shrabky sú obvykle hygienicky najzávadnejší materiál, s ktorým sa dá na čistiarni stretnúť. Súčasne je to materiál, ktorý by sa do kanalizácie správne vôbec dostať nemal.

Tip k výkladu: Je možné si připravit malú „výstavku“ zaujímavých exponátov na česlovne alebo treba ukázať fotografie zaujímavých vecí zachytených na cesliach.

Lapač piesku

	Význam	Oddelenie piesku (anorganického materiálu) od organických nerozpustených látok, ktoré majú svoj význam v ďalšej časti technológie čistiare odpadových vôd.
	Princíp	Oddelenie piesku od organických nerozpustených látok prebieha na základe ich rozdielných hustôt. Lapačky piesku sa od seba líšia podľa toho, či sa na separáciu využíva gravitačná alebo odstredivá sila.
	Zachytený materiál	= piesok ťažké anorganické látky – piesok, úlomky skla, jemná škvara

? **Otázka:** Prečo je lapač piesku prevzdušňovaný, keď tu má piesok sedimentovať?

💡 **Odpoveď:** Je to z dôvodu oddelenia organických nečistôt od piesku. V lapaču piesku potrebujeme odstrániť iba piesok. Organické látky by spôsobili zahŕňovanie lapaču aj vyťaženého piesku, navyše ich potrebujeme ako potravu pre baktérie ďalej v procese.

Usadzovacie nádrže

	Význam	Sedimentácia nerozpustených látok organického pôvodu a stieranie plávajúcich nečistôt z hladiny.
	Princíp	Usadzovacia nádrž funguje na princípe gravitácie, kedy ťažšie častice klesajú ku dnu a následne sú zo dna odsávané na ďalšie spracovanie.



Zachytený materiál

= primární kal

Materiál usadený na dne v usadzovacích nádržích sa označuje ako primárny kal. Tento kal je bohatý na organické látky a je využívaný v kalovom hospodárstve.

Zvedaví: Usadzovacie nádrže dokážu odstrániť zhruba 30 % pritekajúceho znečistenia a súčasne tu zachytený kal sa podieľa zhruba z polovice na celkovej výrobe bioplynu a elektrickej energie.

Biologické čistenie Aktivačná nádrž



Význam

Biologické odstránenie uhlíka, dusíka a fosforu – súhrnne nazývaných nutrienty.

Princíp

Prebieha tu nespočet biologických procesov. Znečistenie obsiahnuté v odpadovej vode je metabolizované baktériami v konkrétnych podmienkach, ktoré sú upravované tak, aby v nádržoch preživali (a prevažovali) vybrané bakteriálne kmene. Súbor baktérií a mikroorganizmov, ktoré metabolizujú znečistenie v odpadovej vode sa nazýva aktivovaný kal. Tým, ako mikroorganizmy znečistenia konzumujú, tak rastú a rozmnožujú sa. Z toho vyplýva, že množstvo aktivovaného kalu časom rastie a treba prebytočný kal pravidelne z aktivačnej nádrže odstraňovať.

Zachytený materiál

Tu sa žiadny materiál priamo nezachytáva, avšak dochádza tu k rastu a rozmnožovaniu baktérií aktivovaného kalu, na ktoré sa môžu sorbovať (zachytávať) rôzne druhy látok. Baktérie ďalej transformujú organické látky, dusík a fosfor do foriem, ktoré sú z vody odstránené.

? **Otázka: Dá sa v aktivačných nádržkách plávať?**

💡 **Odpoveď:** V nádržkách sa nedá plávať, zmes je tak silne prevzdušňovaná, že má na plávanie príliš nízku hustotu. Ak by sa o to niekto pokúsil, tak by utopil. Nádržka je preto potrebné zaistiť proti pádu pracovníkov, popr. využívať zaistenie na lanách a pod.

? **Otázka: Líšia sa podmienky v nádržkách?**

💡 **Odpoveď:** Podmienky v jednotlivých nádržkách sa významne líšia.

nitrifikácia – vysoká koncentrácia kyslíka (aeróbná zóna)

denitrifikácia – bez kyslíka, ale s dusičnanmi (anoxická zóna)

odstraňovanie fosforu – bez prístupu kyslíka a bez dusičnanov (anaeróbná zóna)

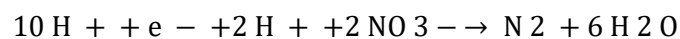
niektoré čistiarne nemajú pre rôzne podmienky vyčlenené samostatné nádržky, ale podmienky sú v jednej nádržke menené v čase

ZŠ: U týchto žiakov je potrebné zabezpečiť, čo najväčšia názornosť procesu. Bolo by vhodné mať pripravené obrázky mikroorganizmov, ktoré sú obsiahnuté v aktivovanom kale, nie je však potrebné uvádzať názvy. Ďalej im môžete ukázať, ako vyzerá aeračný element (fyzicky, obrázok, vyfotená vypustená nádrž).

Môžeme ukázať, že kal tvoria jednotlivé vločky, ktoré je vidieť aj voľným okom. Ďalej povedať, že tieto vločky sú tvorené mikroorganizmami, ktoré sa živia znečistením.

SŠ: Tu je možné už detailnejšie hovoriť o jednotlivých biologických procesoch odstránenia nutričov, mať pripravené reakcie nitrifikácie a denitrifikácie, spomenúť priamo organizmy, ktoré sú za tieto procesy zodpovedné. Spomenúť, že v aktivovanom kale sa okrem baktérií nachádzajú aj prvoci (nálevníci, meňavky, krytienky), metazoa (vírnici, hlísty, červy) a v menšej miere plesne, huby a kvasinky.

Denitrifikácia:



Nitrifikácia (skladá sa z dvoch reakcií):

nitritácia – oxidácia amoniakálneho dusíka na dusík dusitanový




nitrácia – oxidácia dusitanového dusíka na dusičnanový dusík



Zvedaví: Na niektorých čistiarniach sa aktivovaný kal necháva pravidelne skúmať pod mikroskopom, aby sa overilo, aké baktérie a mikroorganizmy sú v kale obsiahnuté a s akou

frekvenciou. Z určitých druhov a celkovej skladby organizmov je možné posúdiť fungovanie jednotlivých procesov.

Dosadzovacia nádrž

	Význam	Nádrž slúži na oddelenie aktivovaného kalu od vyčistenej odpadovej vody.
	Princíp	<p>V nádrži dôjde k spomaleniu toku vody. Aktivovaný kal dokáže pri týchto podmienkach sedimentovať na dno nádrže. Zo dna nádrže je väčšina aktivovaného kalu vrátená späť do aktivačnej nádrže, kde kal znovu čistí vodu. Pretože aktivovaný kal je živý organizmus, ktorý sa množí, je potrebné ho v systéme udržiavať iba potrebné množstvo a jeho nadbytok zo systému odčerpávať preč. Nadbytok kalu, ktorý nevyužijeme späť v aktivačnej nádrži odčerpávame do kalového hospodárstva. Na čistiarnach bez kalového hospodárstva do uskladňovacej nádrže. Odkiaľ je potom odvázaný do väčších čistiarní s kalovým hospodárstvom.</p> <p>Nad usadeným kalom je vyčistená odpadová voda, ktorá prepadá z nádrže do odtoku a následne pokračuje do recipientu (rieky, potoka,...).</p>
	Zachytený materiál	<p>Prebytočný kal – nadbytok aktivovaného kalu, ktorý je zo systému odstraňovaný.</p> <p>Vratný kal – aktivovaný kal, ktorý sa vracia do aktivačnej nádrže a znovu čistí odpadovú vodu.</p>

Zvedaví: Pri dosadzovacích či aktivačných nádržiach je možné účastníkom vysvetliť, akým spôsobom sa zisťuje kvalita kalu z pohľadu usadzovania, teda kalový index. Kalový index sa meria pomocou sedimentačného testu, kedy sa odoberie vzorka z nádrže a naleje sa do odmerného valca, následne sa po 30 minútach zmeria výška rozhrania medzi vodou a kalom. Kalový index sa potom vypočíta ako výška sedimentu delená časom sedimentácie. Podľa vypočítaného kalového indexu je možné posúdiť, ako ľahko alebo ťažko sa kal usadzuje.

Tip na výklad: Sedimentačnú skúšku môžeme vykonať na mieste. Na začiatku výkladu pri aktivačných nádržiach naberať vzorku kalu a na konci výkladu by už mohlo byť vidieť rozhranie voda kal a odsadenú vodu. Pokiaľ budeme robiť túto demonštráciu je vhodné takto naberať aj pritekajúcu odpadovú vodu a ukázať rozdiel vo vzhľade odpadovej vody a vyčistenej vody.

Terciárne čistenie Dezinfekcia vody



Význam

Vyčistená odpadová voda stále obsahuje rôzne baktérie, vírusy a parazity, ktoré môžu mať negatívny vplyv na vodné ekosystémy. Dezinfekciou dochádza k zníženiu počtu mikroorganizmov a zaisteniu ochrany životného prostredia.

Princíp

Je možné využiť niekoľko metód napr. UV žiarenia či ozonizáciu. UV žiarenie o danej vlnovej dĺžke prežaruje úzku vrstvu vody. Toto žiarenie následne usmrčuje mikroorganizmy (iba usmrčuje, neodstraňuje). Ďalším spôsobom je aplikácia dezinfekčného činidla, napríklad peroxidu vodíka.

Filtrácia cez vrstvu aktívneho uhlia




Význam

So sprísňujúcimi sa limitmi aj na iné látky, ako nutrienty je možnosť aplikovať filtráciu cez vrstvu aktívneho uhlia. Aktívne uhlie je schopné odstrániť mikropolutanty (látky, obsiahnuté vo vode vo veľmi nízkych koncentráciách).


Princíp

Adsorpcia organických látok, liečiv, ťažkých kovov a iných nečistôt z odpadovej vody na aktívne uhlie

Membránové technológie

	Význam	Na použitie membránových technológií pristupujeme v prípade, keď chceme mať na odtoku extrémne kvalitnú vodu. Pri použití membránových sú technológiou dochádza k zníženiu počtu baktérií, koncentrácia prvkov a zlúčenín, a to v závislosti od veľkosti pórov membrány.
	Princíp	Vyčistená odpadová voda je čerpaná cez membránu, ktorá je tvorená otvormi o danej veľkosti (rozlišujeme: mikrofiltráciu, nanofiltráciu a ultrafiltráciu). Voda a látky, ktoré majú menšiu veľkosť, než dané otvory cez membránu pretečú, zatiaľ čo látky väčšie, než tieto póry sa na membráne začnú hromadiť.

Chemické zrážanie fosforu na odtoku

	Význam	Pokiaľ je koncentrácia fosforu na odtoku z dosadzovacích nádrží stále vysoká a nespĺňa limity, je možné znížiť koncentráciu fosforu chemickým zrážaním.
	Princíp	Zvyškový fosfor obsiahnutý vo vyčistenej vode sa zráža pomocou zrážacieho činidla. Čistiarne aplikujú rôzne látky, najčastejšie síran či chlorid železitý. Železitá soľ reaguje s fosfátmi za vzniku nerozpustnej zlúčeniny fosfátu železitého.

Kalové hospodárstvo


Zahusťovanie kalu

**Význam**


Zníženie obsahu vody v kale pred ďalším spracovaním.

Princíp

Zahusťovanie kalu prebieha gravitačne v zahusťovacích nádržiach alebo strojovo v zahusťovacej centrifúge alebo zahusťovacou site.

Stabilizácia kalu		
	Význam	Produkcia stabilného a bezpečného materiálu, ktorý je možné ďalej využiť napríklad v poľnohospodárstve.
	Princíp	<p>Stabilizácia kalu vedie k poklesu množstva organických látok v kale ak zníženiu počtu patogénnych a ostatných živých organizmov. Stabilizovaný kal sa ďalej nerozkladá a nespôsobuje pachové problémy.</p> <p><u>Druhy stabilizácie kalu:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> anaeróbne aeróbne chemická <p>Pri anaeróbnej stabilizácii (vyhňívání) kalu dochádza k premene organických látok na bioplyn, ktorý sa ďalej energeticky spracováva. Využíva sa na stredných a veľkých čistiarnach.</p> <p>Aeróbna stabilizácia je založená na prevzdušňovaní kalu. Organické látky v ňom obsiahnuté sa oxidujú.</p> <p>Pri chemickej stabilizácii sa do kalu pridáva pálené vápno (CaO). Pálené vápno reaguje s vodou prítomnou v kale za vzniku tepla a hydroxidu, ktorý zvýši pH a tým je potlačená aktivita mikroorganizmov.</p>

Odvodnenie kalu

	Význam	Zníženie obsahu vody v stabilizovanom kale, tak aby bolo možné ho ďalej využiť a znížili sa náklady na jeho transport (nižšie množstvo vody znamená menší objem kalu, čo znamená menší počet naplnených kontajnerov).
	Princíp	<p>Kal sa odvodňuje strojne alebo na kalových poliach.</p> <p><u>Medzi strojné metódy patria:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> odstredivky (centrifúgy) sitopásové lisy kalolisy vákuové lisy šnekové kalolisy <p>Odstredivka funguje na princípe odstredivej sily. Ide o také zrýchlené usadzovanie častíc (sedimentácia). Počas odstreďovania sa rotor odstredivky rýchlo otáča a kal sa rozdeľuje na pevné častice a vodu. Kalolisy sú potom také sito, ktoré zachytáva kal a prepúšťa vodu.</p>