



Metodologija izvajanja ekskurzij na  
vodnogospodarskih objektih

**ODPADNA voda**



## Vsebina

Naslovnica.....	3
1 Splošni uvod .....	4
1.1.1 Legenda ravni: .....	4
1.1.2 Zgodba o vodi: .....	4
1.1.3 Zgodba o materiji in energiji:.....	4
1.1.4 Ljudska zgodba:.....	5
1.1.5 Kako se pripraviti na ekskurzijo? .....	6
2 Lastna ekskurzija .....	9
2.1 zdravje in varnost.....	9
2.2 Pomen čiščenja komunalne odpadne vode.....	10
2.3 Razvoj čiščenja odpadnih voda .....	12
2.4 Zgodba o vodi .....	13
2.4.1 Vir odpadne vode .....	13
2.4.2 Pot vode do čistilne naprave.....	18
2.4.3 Čistilna naprava za odpadne vode .....	21
2.4.4 Kakovost in nadzor odplak.....	23
2.4.5 Prihodnost čiščenja .....	24
2.5 Zgodba o snoveh in energiji, pridobljeni iz odpadne vode.....	25
2.6 Zgodba ljudi, ki skrbijo za kanalizacijsko omrežje in delajo na čistilni napravi .....	31
2.7 Cene vode .....	33
3 Opis tehnologij ČN.....	35
3.1 Mehansko čiščenje .....	36
3.2 Biološko čiščenje.....	38
3.3 Terciarno čiščenje .....	41
3.4 Upravljanje z blatom .....	43

## Naslovnica

Ta dokument je ustvarila skupina avtorjev: Jitka Czakojevová, Martin Srb, Helena Bakešová, Jakub Sochor, Denisa Čadková, Lenka Procházková, Jindřich Procházka, Andrea Benáková, Eliška Maršálová, Jana Šmídková in Jiří Paul, kot del projektne rešitve:



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



Ministerstvo životního prostředí



# Od kohoutku do záchodu

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

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

Realizace projektu: únor 2024 – červenec 2025

Vodja projekta je Društvo za vode



# 1 Splošni uvod

Dobrodošli v metodologiji za izlete v čistilne naprave (ČN). Čistilne naprave so izjemnega pomena za varovanje okolja in zdravja ljudi. Ta metodologija vam bo dala splošen uvod in napotke, kako čistilno napravo predstaviti kot fascinanten kraj, kjer se odvija zgodba o vodi, snoveh in energiji, pa tudi ljudeh, ki tam delajo. Cilj ekskurzije ni le seznaniti študente z osnovnimi principi čiščenja odpadnih voda, ampak jih tudi motivirati za odgovorno ravnanje z vodo in okoljem.

**Metodologija je narejena tako, da se lahko uporablja na večjih in manjših čistilnih napravah. V poglavju Opis tehnologij boste našli pregled čistilnih tehnologij, med katerimi lahko izberete le tiste, ki jih imate na dani lokaciji in jih vključite v ekskurzijo.**

Metodika je namenjena osnovnošolcem in srednješolcem ter tudi najbolj radovednim udeležencem ekskurzij. Barvno kodirani odstavki se uporabljajo za razlikovanje različnih ravni.

## 1.1.1 Legenda ravni:

*Osnovne šole - zaradi pouka kemije in drugih predmetov se primarno štejejo učenci drugega razreda osnovne šole (tj. cca. 11-15 let).*

*Srednje šole - cca. 15-19 let iz različnih šol (gimnazija, industrijske šole, vajeništvo...).*

*Radovedno - uporabno na primer za izlete na izbirne seminarje kemije ali okolja v maturantskih letih ali za mladinske tehniške krožke in druge interesne ustanove ter neformalno izobraževanje.*

Ekskurzijo lahko vodite z različnih zornih kotov, ki jih lahko kombinirate in tako ustvarite celovit pogled na problematiko čiščenja odpadnih voda. Za vas smo pripravili tri – zgodbo o vodi, zgodbo o snoveh in energiji ter zgodbo o ljudeh.

## 1.1.2 Zgodba o vodi:

Ogled začnite s predstavitvijo čistilne naprave kot kraja, kjer se dogaja zgodba o vodi. Študentom razložite, da gre odpadna voda, ki jo proizvedemo v naših domovih in industriji, v čistilno napravo, kjer se prečisti in vrne v naravo. Predstavite jim postopek čiščenja vode in razložite njegov pomen za varovanje okolja.

## 1.1.3 Zgodba o materiji in energiji:

Nato se osredotočite na zgodbo o snoveh in energiji, ki se reciklirajo na čistilni napravi. Študentom razložite, da čistilna naprava uporablja različne tehnologije in postopke za odstranjevanje nečistoč iz odpadne vode. Pokažite jim, kako se iz odpadne vode pridobivajo dragocene snovi, kot sta fosfor ali dušik, ki se naprej uporabljajo na primer v kmetijstvu. Omenite tudi uporabo energije, pridobljene iz odpadne vode, na primer za ogrevanje čistilne naprave ali proizvodnjo obnovljive električne energije in biometana.

### 1.1.4 Ljudska zgodba:

Naj učenci spoznajo tudi zgodbo ljudi, ki delajo na čistilni napravi. Predstavite jim različne poklice in poklice, ki jih najdemo v čistilni napravi, kot so kemiki, tehniki ali operaterji. Pojasnite pomen njihovega dela za varstvo okolja in kako skrbijo za pravilno delovanje čistilne naprave.

### 1.1.5 Kako se pripraviti na ekskurzijo?

Da bi ekskurzija zanimala obiskovalce in hkrati odnesla znanje za prihodnje življenje, se je treba nanjo pripraviti in interpretacijo prilagoditi občinstvu, njegovi starosti, izkušnjam in interesom. Hkrati je dobro, da je ekskurzija čim bolj interaktivna (po čemer se razlikujete od drugih razlagalnih ur, npr. ogledov gradov in dvorcev). Ne pozabite, da so ekskurzije z daljšim teoretičnim delom primernejše za srednješolce. Mlajši udeleženci imajo običajno bistveno nižjo koncentracijo, zato je treba razmišljati čim bolj praktično, tudi za ceno manjšega obsega posredovanih informacij.

#### **Predvsem pa je dobro vedeti:**

- **Koliko obiskovalcev bo prišlo?**

Ne samo pri tolmačenju, saj se pozornost zmanjšuje z večanjem števila udeležencev, ampak tudi pri tehnični ureditvi – me bodo vsi slišali? ali se lahko prilagodimo posameznim postajam? ali v nadzorno sobo? Če imate dovolj vodnikov, se ne bojte skupino razdeliti na več manjših skupin.

- **Koliko so stari in iz katere šole so?**

Dijake industrijske šole, usmerjene v avtomatizacijo, bodo zanimale drugačne informacije kot dijake humanistično usmerjene gimnazije, te pa drugačne informacije kot bodoče medicinske sestre; za učence 6. razreda osnovne šole brez znanja kemije bo ekskurzija izgledala drugače.

- **Kaj je namen ekskurzije?**

Naj gre predvsem za posredovanje teoretičnega znanja o postopkih čiščenja ali pa je teoretični pouk že potekal v šoli in je namen ekskurzije pridobljeno znanje pokazati v praksi; ali predstavite opis dela zaposlenih (kariera v vodnem sektorju).

- **Koliko časa imate za ekskurzijo?**

Tipičen čas sta dve pedagoški uri, tj. približno 1,5 ure; ni pa to odvisno samo od starosti udeležencev, temveč tudi od oddaljenosti šole od čistilne naprave – o tem vidiku ogleda se je treba vedno vnaprej dogovoriti z učiteljskim zborom.

#### **Dobro je vnaprej pripraviti splošne informacije o čiščenju odpadne vode, npr.**

- **Koliko vode bo preteklo skozi čistilno napravo v stanju brez dežja na sekundo, na dan, na leto? Koliko vode lahko ČN očisti ob močnem dežju (torej ko je njena kapaciteta zapolnjena)?**

Za boljšo predstavbo je priporočljivo pretvoriti vrednosti v nekaj bolj dostopnih enot, glejte spodnjo tabelo.

<b>Enota</b>	<b>Glasnost</b>
Olimpijski bazen (globina 2,5 m)	3.125 m <sup>3</sup>
podeželski ribnik	na tisoče m <sup>3</sup>
železniška cisterna	46–90 m <sup>3</sup>
tank na šasiji T815	9 m <sup>3</sup>
rezervoar na šasiji V3S	3,5 m <sup>3</sup>
kopel	100–200 l
vedro	star 12 let

vrtna zalivalka

5 l

- **Kakšen je delež odpad, balastnih voda in vode iz industrije?**
- **Iz katerih delov mesta/občine čistite odpadno vodo na določeni ČN?**

Ali je celotno ozemlje mesta/občine odvedeno v to ČN ali pa so nekatera območja drugače obdelana. Ali je v bližini drugo območje, povezano z določeno ČN.

- **Pri koliko ljudeh/gospodinjstvih čistite odpadno vodo?**

Za idejo seveda ne potrebujete točne številke, ampak red velikosti.

- **Kako dolgo je kanalizacijsko omrežje in iz katerega materiala je zgrajeno?**

Spet je možno povečati na primer razdaljo od kraja izleta ali središča mesta/vasi do mesta XY; koliko bencinskih črpalk in drugih zanimivih objektov je na njej.

- **Koliko električne energije je potrebno za čiščenje odpadne vode?**

Lahko primerjate s porabo doma - povprečna poraba električne energije na Češkem v letu 2023 za 1 gospodinjstvo je bila 3.500 kWh/leto, (običajna poraba vode na čistilni napravi na 1 ekvivalentnega prebivalca je okoli 50 kWh/EO).

- **V kateri vodotok teče očiščena odpadna voda?**

Poleg imena vodotoka je možno dodati še druge podatke, kot so:

Kakšna je kakovost vode v potoku? Kolikšen je njegov pretok? Kolikšen del pretoka predstavlja iztok iz čistilne naprave?

- **Koliko stane čiščenje 1 litra vode?**

#### **Pomislite na:**

- **Kam boste peljali obiskovalce?**

Glede na njihovo varnost, prometno varnost, prostorsko zmožljivost, časovni okvir za ogled in oddaljenost med posameznimi lokacijami.

- **Katere glavne informacije morajo udeleženci odnesti z ekskurzije?**

Tukaj ni priporočljivo zamenjati moči, dovolj je, če odvzamejo 3-4 ključne informacije.

- **Kako jih boste okvirno poimenovali skupaj s časovnim dodatkom za posamezne postanke?**
- **Kaj jim boste pokazali in demonstrirali, da lahko sami poskusijo v vaših razmerah?**
- **Kaj bi vas lahko vprašali?**
- **Česa pri njihovih letih niste razumeli in bi radi razumeli?**
- **Kaj jih boste vprašali?**

Da bi bil ogled bolj interaktiven in da bi hkrati ugotovili začetno stanje znanja udeležencev o dani problematiki.

**Zagotovite in pripravite vnaprej:**

- **Potrebni dokumenti, ki jih zahteva upravljavec objekta (npr. varnost in zdravje, imenski seznam udeležencev).**
- **Potrebna zaščitna oprema, če je potrebna (zaščitni jopiči, čelade, rokavice,...).**
- Delovni listi za obiskovalce (po dogovoru z učitelji).
- Demonstracijski pripomočki.

Na primer opremo za odvzem vode v posameznih tehnoloških fazah, jeklenko za usedanje blata itd. Priporočamo tudi pripravo poenostavljene tehnološke sheme, zemljevida ali aeroposnetka območja (bodisi razdeliti udeležencem ali po potrebi redno prikazovati trenutno lokacijo na velikem formatu).

- **Majhne nagrade za obiskovalce, če so na voljo (na primer pisala podjetja, bonboni...).**
- Možnost uporabe stranišča in umivanja rok po ekskurziji.

## 2 Lastna ekskurzija

---

### 2.1 zdravje in varnost

Kratko usposabljanje za varnost in zdravje pri delu je prvi obvezni del vsake ekskurzije. Prosimo, ne podcenjujte tega dela, čeprav se morda zdi odvečen ali nepotreben.

Pri izobraževanju VZD uporabljajte interne smernice vašega podjetja, lahko pa uporabite tudi prilogo te metodologije, ki vsebuje enostaven pregled, s čim se seznaniti udeležence ekskurzije.

Poleg tega je priporočljivo predhodno poslati uvod v varnost in zdravje ter zahtevati podpisan poimenski seznam udeležencev s potrdilom, da so bili predhodno seznanjeni z varnostjo in zdravjem ter pred ekskurzijo opraviti le kratko osvežitev o točkah zdravja in varnosti.

Na začetku ekskurzije je primerno poudariti, da udeleženci med ekskurzijo ne bodo mogli jesti, piti ali zapustiti skupine. Pred začetkom je priporočljivo pustiti čas udeležencem za hitro malico ali obisk stranišča.

## 2.2 Pomen čiščenja komunalne odpadne vode

? Vprašanje: Zakaj čistimo vodo?

💡 Odgovor:

V preteklosti je kanalizacija tekla neposredno v lokalne reke, potoke, ribnike, morja itd., cilj je bil čimprejšnje odstranjevanje odpadne vode. Vendar pa je onesnaženje vodotokov pogosto povzročilo uničenje njihovih ekosistemov, po vodi se širijo bolezni in smrad, vode pa ni bilo mogoče uporabljati za potrebne dejavnosti.

Čiščenje vode je še posebej pomembno pri izrabi reke dolvodno od čistilne naprave. Če ne bi zadostno očistili odpadnih voda, bi bilo ogroženo zdravje ljudi. Voda pod čistilno napravo se lahko uporablja za rekreacijo, kot vir pitne vode ali za namakanje. Čiščenje vode preprečuje prenos mikrobov, bakterij in kemikalij, ki bi lahko povzročile bolezni, okužbe in pospešile proces evtrofikacije.

**ZŠ: Čiščenje komunalne odpadne vode je temeljnega pomena za varovanje okolja in zdravja ljudi. Ta problematika spremlja človeštvo že od pradavnine, ko so se prve civilizacije borile z vplivi onesnažene vode na svoje prebivalce.**

**SŠ: V starem Rimu je obstajal izdelan sistem kanalizacije in kanalizacije, ki je odvajala odpadno vodo iz mesta. Kljub temu so se bolezni, kot sta kolera in griža, ki jih povzroča onesnažena voda, še naprej širile. V zgodovini so te epidemije terjale milijone življenj in povzročile potrebo po učinkovitejšem reševanju problematike odplak.**

*Prelomnica je bilo odkritje mikroorganizmov in njihove vloge pri razgradnji organskih snovi v 19. stoletju. To je omogočilo razvoj bioloških čistilnih naprav, ki uporabljajo naravne biološke procese za odstranjevanje onesnaževal. Prva moderna čistilna naprava je bila v Veliki Britaniji zagnana leta 1892.*

*Danes je čiščenje odpadnih voda nujno potrebno za ohranjanje kakovosti vodnih virov in varovanje okolja. Izpuščanje neprečiščenih odplak v reke, jezera in morja bi imelo uničujoče učinke na vodne ekosisteme, saj bi pobilo ribe in drugo vodno življenje ter onemogočilo uporabo vode v rekreacijske namene ali za proizvodnjo pitne vode.*

*Primer je lahko situacija v Indiji, kjer je reka Ganga ena najbolj onesnaženih rek na svetu zaradi odvajanja neprečiščenih odplak iz mest in industrije. To onesnaženje ne ogroža samo lokalnih ekosistemov, ampak predstavlja tudi resno tveganje za zdravje milijonov ljudi, ki so odvisni od reke.*

*Nasprotno, pravilno čiščenje odpadne vode omogoča varen izpust očiščene vode nazaj v vodotoke, ne da bi jih onesnažil. Na ta način se varujejo vodni ekosistemi, ohranja kakovost pitne vode in zmanjšuje nevarnost širjenja bolezni. Čiščenje odpadne vode omogoča tudi recikliranje in ponovno uporabo dragocenih virov, kot so hranila in energija, ki jih vsebuje odpadna voda.*

*Jasno je, da je čiščenje komunalne odpadne vode ključni dejavnik za trajnostni razvoj naših mest in občin ter varovanje okolja za sedanje in prihodnje generacije.*

**Zanimivo: Poleti 1858 se je v Londonu pojavil tako imenovani Great Smell. Takrat je v Londonu živel okoli 2 milijona ljudi in število se je nenehno povečevalo. Prvotno so na stranišče hodili v lončkih, ki so jih praznili v greznice, ki so jih izvažali izven mesta na polja, njihovo vsebino pa so kmetje uporabljali kot gnojilo, pa tudi za proizvodnjo smodnika. Ker pa se je število ljudi povečevalo, zbiralniki niso več zadostovali, pojavile so se stranišča na splakovanje, zato se je količina odpadne vode še povečala. Vodstvo Londona se je nazadnje odločilo, da bodo odplake sprva skozi meteorne odtokove spuščali v Temzo. Reka se je spremenila v odtok. V njem je končalo vse od vsebine stranišč do poginulih psov, razpadajoče hrane in industrijskih odpadkov, vključno z živalskimi deli iz klavnic in kemikalijami iz strojarn. Poleg tega je bilo poletje 1858 izjemno vroče, zato so se odpadki v reki razgrajevali še hitreje kot običajno. Odpadki v reki so "dobesedno vreli in fermentirali" in smrad je bil takšen, da so ljudje bruhalo in omedlevali na ulicah, kraljica Viktorija je odpovedala rečna križarjenja in parlament ni mogel zasedati. Pomagalo ni niti 250 ton klorovega apna, zlitega v reko. Na koncu so se odločili zgraditi nov, popoln kanalizacijski sistem v dolžini 1.800 km, ki odvaja vodo pod mesto (gradnja se je začela že naslednje leto). Po njegovem zaključku v Londonu ni bilo nikoli več epidemije kolere.**

? Vprašanje: Kaj je eutrofikacija?

💡 Odgovor: Eutrofikacija se nanaša na proces obogatitve vode s hranili, predvsem z dušikom in fosforjem, ki ju vsebujeta urin in blato. Ločimo med naravno in nenaravno eutrofikacijo (ki jo povzroča človekova dejavnost). Zaradi velike količine hranilnih snovi se v vodi razmnožuje plankton in tudi cianobakterije (cvetenje vode), kar povzroči zmanjšanje kisika v vodi, kar se kaže z njenim gnitjem, poginom rib in drugih organizmov, ki živijo v vodi.

V večini držav obstajajo zakonodajne zahteve glede kakovosti vode in čiščenja vode, ki jih je treba upoštevati. Ti predpisi so namenjeni varovanju zdravja ljudi in okolja.

## 2.3 Razvoj čiščenja odpadnih voda

Ekskurzijo je možno začeti s kratkim zgodovinskim uvodom o tem, kako se je razvijalo čiščenje odpadnih voda v danem kraju. Namen tega razdelka ni, da bi se spuščal v velike podrobnosti, ampak samo izpostavil pomembne mejnike. Informacije o lokalnih dogodkih najdete v arhivu podjetja ali arhivu ustrezne občine. Poleg tega je priporočljivo obvestiti obiskovalce, če se bo čistilna naprava v naslednjih letih razvijala, na primer povečevala glede na naraščajoče število prebivalcev.

Če zgodovinski podatki niso na voljo, lahko za kratek uvod uporabite naslednje odstavke, ki obravnavajo splošni razvoj odvajanja odpadne vode in čiščenja odplak.

**Osnovna šola: Priporočamo, da teh učencev ne obremenjujemo s točnimi datumi, temveč navedemo le največje spremembe, ki so se zgodile na čistilni napravi v času njenega obstoja.**

**Srednja šola: Pri teh učencih se lahko že poglobite v podrobnosti, vendar poskušajte podatke prepletati z različnimi zanimivostmi in zgodbami, na primer iz rekonstrukcije.**

### Splošna zgodovina čistilne industrije na Češkem

Postopek čiščenja odpadnih voda se je na Češko razširil iz Anglije, kjer so konec 19. stoletja postavili prve čistilne naprave (mehanske ali mehansko-kemične). Med te čistilne naprave spada tudi Stara čistilna naprava v Pragi v Bubenču. Zanimivo je, da se ta čistilna naprava nahaja pod zemljo.

V začetku 20. stoletja so postopek aktivacije odkrili v Manchestru v Angliji. Dva britanska kemika (Edward Arden in William Lockett) sta izvajala poskuse s prezračevanjem odpadne vode in ugotovila, da se v vodi tvori suspenzija, ki je skrajšala čas čiščenja odpadne vode. To suspenzijo so poimenovali aktivno blato. Širjenje tega odkritja sta upočasnili prva in druga svetovna vojna, širše pa se je postopek uveljavil šele po drugi svetovni vojni (po letu 1945). Prva čistilna naprava z biološkim čiščenjem z aktivacijskim postopkom je bila ČN Modřice (1961). Ta postopek je bil kasneje uporabljen v Pragi leta 1968.

## 2.4 Zgodba o vodi

### 2.4.1 Vir odpadne vode



**Nasvet za tolmačenje:** Tukaj je veliko prostora za razmišljanje udeležencev ekskurzije. Kaj vse gre v čistilnico? od kje? Kje doma nastaja odpadna voda (stranišče, tuš, pomivalni stroj, pralni stroj itd.) in v kakšni količini? Kateri so drugi viri odpadne vode v bližini (industrijska podjetja, kmetijstvo, bolnišnice, šole, restavracije,...)? Kaj bi se zgodilo, če odpadnih voda ne bi čistili in jih izpuščali neposredno v reko? Pri omembi organskega onesnaženja je mogoče navesti število ekvivalentnih prebivalcev. Za zaključek je primerno povedati, kako prebivalci plačujejo čiščenje odpadnih voda.

? Vprašanje: Kam se odvaja odpadna voda?

💡 Odgovor: Odpadna voda je voda, ki smo jo uporabljali in je zdaj onesnažena. Ta voda prihaja iz naših domov (stranišče, pomivalni stroj, pralni stroj,...), tovarn, bolnišnic in pisarn. Sem sodi tudi deževnica, ki se ob neurju ali močnem dežju ni vpila v zemljo, ampak je odtekla v odtok. Vsa ta voda odteče v cev, ki jo odpelje v čistilno napravo, kjer se očisti, da se lahko vrne v naravo.

*ZŠ: Na splošno se pogovorite, kateri so viri odpadne vode v gospodinjstvu – kje po njihovem mnenju največ porabijo vode in kaj se nahaja v odpadni vodi (voda, trdni delci, lebdeči delci, olja, maščobe).*

**Radovedni: Glede na izvor delimo odpadne vode na:**

- *kanalizacijska odpadna voda (ali kanalizacija) - prihaja iz gospodinjstev in družbenih objektov*
- *industrijska odpadna voda - prihaja iz industrije (iz tovarn)*

? Vprašanje: Kaj vsebuje odpadna voda?

💡 Odgovor: Onesnaženost vode sestavljajo raztopljene in neraztopljene snovi. Raztopljene snovi so lahko biorazgradljive (npr. monosaharidi) ali nebiorazgradljive (npr. azobarvila). Raztopljene snovi v odpadni vodi vključujejo tudi raztopljene anorganske soli. Neraztopljene organske snovi v odpadni vodi ponovno delimo na razgradljive (škrob, celuloza) in nerazgradljive (plastika). Neraztopljene anorganske snovi vključujejo na primer pesek in gramoz. Med dotekajočo vodo spadajo tudi stvari, ki so bolj podobne komunalnim odpadkom. V kanalizacijo pa ne sodijo in vanjo nikakor ne smejo. Poleg tega so v vodi bakterije in mikrobi, ki lahko povzročijo bolezni.



**Nasvet za interpretacijo:** Izkoristite to priložnost in se z udeleženci pogovorite o tem, kaj ne sodi med odpadke. Običajno je priporočljivo, da ta pogovor poteka na mestu, kjer se vidi tekoča voda in je mogoče takoj opozoriti na predmete, ki ne sodijo v odpadno vodo. Priporočljivo je tudi povprašati o njihovi praksi doma in morda tudi o tem, kaj počnejo z olji in maščobami.

*Osnovna šola: Za starejše učence lahko postavljate usmerjevalna vprašanja neposredno o kemični sestavi odpadne vode – katere organske ali anorganske snovi se nahajajo v odpadni vodi.*



? Vprašanje: Koliko odpadne vode človek proizvede?

💡 Odgovor: Količina in kakovost odpadne vode, ki jo proizvede človek, je lahko različna. Za potrebe načrtovanja čistilnih naprav je bila oblikovana enota, imenovana ekvivalentna populacija (EO), ki odraža povprečno količino in kakovost odpadne vode, ki jo proizvede en prebivalec v enem dnevu. Količina onesnaženja, ki ga povzroči en EO, ustreza:

1 EO = 120-150 l/d odpadne vode

1 EO = 60 g/d organskih snovi (BPK5) 1 EO = 11 g/d Nskupaj 1 EO = 2,5 g/d Pskupaj

BPK5 (biološka potreba po kisiku) je analitična metoda za določanje organskih snovi, ki so podvržene biokemični razgradnji v aerobnih pogojih. Z drugimi besedami: biološka potreba po kisiku izraža, koliko kisika potrebujejo bakterije, da odstranijo organsko onesnaženje v odpadni vodi.

Na čistilno napravo so praviloma priključeni tudi industrijski objekti. Za oceno onesnaženosti so izdelane pretvorbene tabele, s pomočjo katerih lahko izračunamo onesnaženost, ki ustreza ekvivalentnim prebivalcem.

Na primer:

Proizvodnja 1 tone pese v tovarni sladkorja ustreza 45-70 EO.

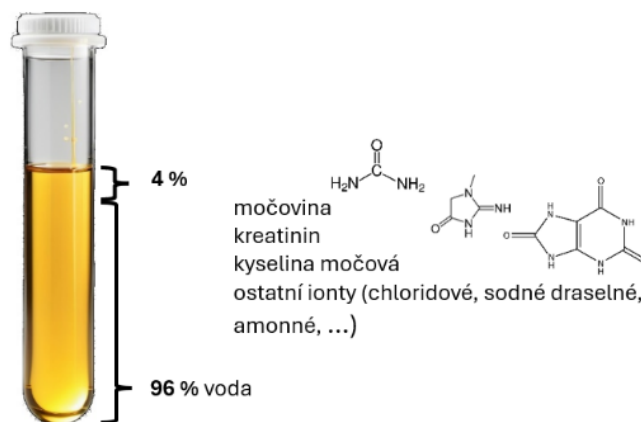
Proizvodnja 1 m<sup>3</sup> piva ustreza 150-350 EO.

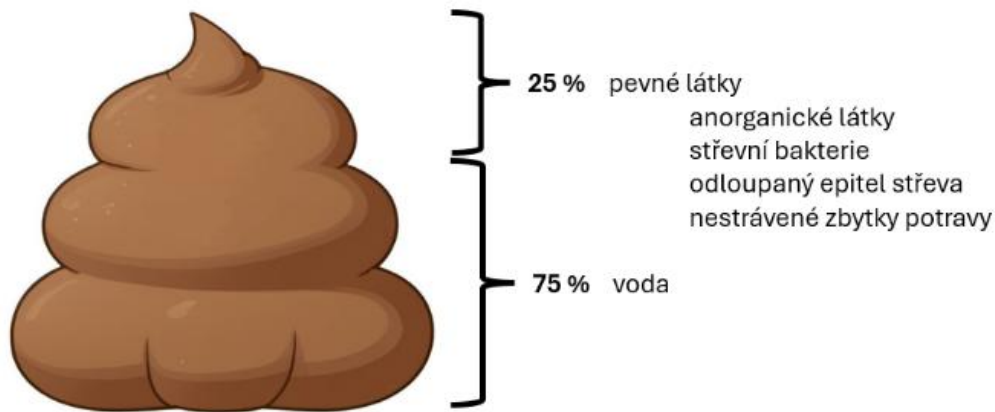
Pranje 1 tone perila v pralnici ustreza 350-950 EO.

? Vprašanje: Katere snovi vsebuje človeški urin in blato?

💡 Odgovor: Urin in blato sta odpadna produkta človeške presnove. Urin nastaja s filtriranjem krvi v ledvicah, blato pa nastaja v debelem črevesu.

Sestava človeškega urina in blata je prikazana na naslednjih slikah. Z vidika čiščenja odpadnih voda je urin pomemben vir dušika. Po drugi strani pa so iztrebki vir fosforja in organskih snovi. Organske snovi prihajajo iz ostankov hrane, ki v našem telesu ni popolnoma prebavljena.





? Vprašanje: Ali se sestava odpadne vode v različnih mestih/lokacijah razlikuje ali je povsod enaka?

💡 Odgovor: Odpadna voda iz gospodinjstev in družbenih objektov (kanalizacija) ima približno enako sestavo. Kar zadeva industrijsko odpadno vodo, je njena sestava zelo odvisna od vrste industrije. Narava onesnaženja močno vpliva na tehnologijo, ki se uporablja v ČN.

? Vprašanje: Kaj sodi in kaj ne sodi na stranišče?



**Namig za tolmačenje: V tej rubriki je priporočljivo obiskovalce poučiti o tem, kaj ne sodi v kanalizacijo oziroma česa ne smete metati v straniščno školjko, pomivalno korito ali doma.**

💡 Odgovor: Odplake ne vključujejo:

- ostanki hrane
- odpadki iz kuhinjskih drobilnikov
- maščobe in olja
- higienski pripomočki – vlažilni in kozmetični robčki, vatirane palčke, plenice za enkratno uporabo,...
- komunalnih odpadkov
- kemični ostanki ali morda živo srebro

**Zanimivo: Božič je kritičen čas, ko je slaba navada ljudi, da v smeti zlijejo ogromne količine olja. Olje sodi v posode za olje ali na zbirno dvorišče.**

? Vprašanje: Zakaj te stvari ne sodijo v kanalizacijo?

💡 Odgovor: Ker lahko poškodujejo ali zamašijo kanalizacijske cevi in opremo na čistilni napravi. Maščoba se na primer usede na stene kanalizacije, nanjo pa se nato ujamejo druge nečistoče (serviete, higienski pripomočki,...). To lahko povzroči popolno zamašitev cevi, odpadna voda pa potem nima kam odtekati. Ne gre le za cevi, ki vodijo odpadno vodo do čistilne naprave, zamašitve lahko nastanejo tudi v kanalizacijskih ceveh v vašem domu. V tem primeru je zdravljenje zelo zapleteno in neprijetno. Ali pa, v primeru ostankov hrane, lahko podpirajo obilo podgan v kanalizaciji, ki lahko prenašajo bolezni in so na splošno nezaželeni gostje v mestih in domovih, s katerimi se je treba potem spopasti z iztrebljanjem kanalizacije. Pri nevarnih snoveh in kemikalijah obstaja nevarnost poškodbe tehnologije čistilne naprave, predvsem biološkega procesa, ter ogrožanje ljudi, ki delajo na kanalizaciji in čistilni napravi.

*Radovedni: Najbolj znan primer zamašitve kanalizacije z maščobami in drugimi kanalizacijskimi odpadki je iz Londona leta 2017. Nakopičeni material je meril 250 metrov in tehtal 130 ton. Za odstranitev je bilo potrebnih 9 tednov dela. V angleščini je za to »nahajališče« celo skovano ime »Fatberg«, ki je nastalo iz besed »fat« – maščoba in »iceberg« – ledena gora, v češčini bi se lahko imenovalo »tukovec«.*

## 2.4.2 Pot vode do čistilne naprave



**Nasvet za tolmačenje:** Tukaj je dobro vedeti, od kod teče odpadna voda v vašo čistilno napravo (iz katerih mest/krajevnih okrožij/občin), koliko je (na leto in na sekundo), od koliko ljudi prihaja, kako dolgo je kanalizacijsko omrežje, ki vodi vodo, koliko časa traja, da odpadna voda priteče do čistilne naprave. Med obiskovalci lahko naredite anketo o tem, čigava odpadna voda teče sem, kam odteka odpadna voda iz njihove šole ipd.

? Vprašanje: Kako poteka odvajanje odpadne vode v čistilno napravo?

💡 Odgovor: Odpadne vode iz objektov se odvajajo po ceveh, ki se odpirajo v večje cevi, ki tvorijo kanalizacijsko omrežje. Kanalizacijsko omrežje je transportni sistem, ki prenaša odpadno vodo od mesta, kjer izvira, do mesta, kjer se čisti. Kanalizacijsko omrežje je pod zemljo, kam poteka pa lahko ugotovimo po okroglih pokrovih jaškov na ulici.

Kanalizacijski sistem oziroma kanalizacijsko omrežje je lahko zasnovano v različnih stilih glede na to, ali se odplake in padavinska voda odvajata skupaj. Enotno omrežje, kjer se, kot že ime pove, odvaja vsa odpadna voda ne glede na vrsto, torej odpadna voda se odvaja skupaj z deževnico. Kanalizacijsko omrežje, kjer se odpadna in padavinska voda odvajata po ločenih poteh in se ne mešata, imenujemo ločen sistem. Odpadna voda se odvaja na čistilno napravo, padavinska voda pa na primer v vodotok.

Slabost enotnega kanalizacijskega omrežja je njegova preobremenitev ob močnejših nalivih. Kanalizacijsko omrežje je projektirano za največjo količino odpadne vode, ki jo lahko zadrži, enako velja za čistilno napravo. V primeru prekoračitve zmogljivosti kanalizacijskega omrežja ali čistilne naprave pade »ekstra« odpadna voda skozi razbremenilne komore neposredno v vodotok. Ta neprečiščena odpadna voda, ki vsebuje na primer odpadno vodo iz stranišč, onesnažuje vodno pot.

Možnost zmanjšanja količine padavinske vode, ki pride v kanalizacijo, je ciljno lovljenje padavinske vode. Padavinsko vodo, ki bi tekla po pločniku, cesti ali na primer strehi v kanal, preusmerimo tako, da pride v zemljo, kjer jo lahko uporabijo rastline.

**Osnovna šola:** Ugotovi, kako oddaljena je šola, iz katere prihajajo, in jo primerjaj z dolžino kanalizacijskega omrežja. Naj ugibajo, v kolikšnem času bo odpadna voda prispela na čistilno napravo. Pogovorite se, kje in zakaj so postavljeni jaški iz kanalizacije (glavne ceste). Povprašati je mogoče o različnih objektih in napravah kanalizacijskih omrežij, s katerimi so se srečali – najpogosteje bodo omenili kanal, lahko jim poveste, da se pravilno imenujejo odtok ali gula.

**Radovedni:** Na ulicah najpogosteje srečamo dva objekta, ki ju navadno imenujemo »kanal«. Morda ste opazili, da imajo nekateri "kanali" rešetko in omogočajo pretok vode. To so kanalizacijski odtoki, imenovani tudi gula. Toda nekatere lopute imajo samo majhne luknje ali pa jih sploh nimajo. To so pokrovi kanalizacijskih jaškov, ki omogočajo dostop do objektov kanalizacijskega omrežja. Ponavadi skrijejo priključek, kakšno spremembo smeri kanalizacije (prekinejo jašek) ali pa gre za revizijski jašek, ki se redno postavlja za zagotovitev dostopa do kanalizacije in njenega čiščenja z vodo pod pritiskom in specialno opremo.

? Vprašanje: Zakaj kanalizacija smrdi?

💡 Odgovor: Pri razgradnji organskih spojin v kanalizacijskem omrežju nastajajo plini, ki povzročajo močan vonj. Do razgradnje organskih spojin pride tam, kjer je majhen pretok odpadne vode ali premajhen naklon kanalizacijskega omrežja. Pri razgradnji organskih spojin, ki vsebujejo žveplo, nastane sulfan, ki je strupen plin. Sulfan diši po gnilih jajcih.

Pretok zraka v kanalizacijskem sistemu ima tudi pomembno vlogo. Če je v odplakah dovolj kisika, pride do gnitja minimalno.

Ob močnem deževju se vsa usedla umazanija odplakne v kanalizacijsko omrežje. Prvi val odpadne vode, ki pride na čistilno napravo, je zato zelo koncentriran.

**Osnovna šola: Učencem lahko daste prostor in jih vprašate, ali so že kdaj zavohali vonj po odplakah in s čim bi ga primerjali.**

**SŠ: Sulfan diši že pri koncentracijah 0,5 ppm (delcev na milijon). Tukaj lahko učence vprašate za namig - koliko molekul mislijo, da mora biti v odplakah, da zavohamo sulfan? To vprašanje bo študente spodbudilo k razmišljanju in jim predstavilo nove enote ppm, ki se pogosto uporabljajo za izražanje koncentracije v ZDA.**

*Sulfan torej diši od koncentracije, ko je v zraku ena molekula sulfana na dva milijona molekul zraka (kisik + dušik). Ali pri vsebnosti 0,00005% sulfana v zraku. Torej 0,5 ml sulfana v 1 m<sup>3</sup> zraka.*

? **Vprašanje: Ali v kanalizaciji živijo kakšne živali?**

💡 Odgovor: V kanalizacijskem omrežju so podgane, z odmetavanjem ostankov med odpadke jim zagotovimo vir hrane. Zaradi tega se lahko v nekaterih mestih celo razširijo. V spomladanskih in poletnih mesecih poteka njihovo iztrebljanje, ko se v kanalizacijsko omrežje namestijo pasti za strupe, ki ohranjajo populacijo podgan na razumni ravni. Hubex se uporablja za uničevanje podgan – hranilnih pasti, primernih za vlažna okolja. Te vsebujejo na primer drobtine, zdrob, koruzo, čokolado, maščobo in učinkovino antikoagulant.

Podgana se pogosto zamenjuje s podgano. Podgana ima svetlejši kožuh, je večja, ima krajši rep od telesa in ima rada vlažno okolje. Medtem ko ima podgana do črno-sive dlake, je manjša, vendar ima rep daljši od trupa in ne mara vlažnega okolja.

? **Vprašanje: Kakšna je temperatura v kanalizaciji?**

💡 Odgovor: Temperatura odpadne vode v kanalizaciji je odvisna od letnega časa in se giblje od 8 do 20 °C.

? **Vprašanje: Kakšne oblike je kanalizacija?**

💡 Odgovor: Prečni profili kanalizacije so lahko različnih oblik. Osnovna oblika je krožna. Druga oblika je ovalna oblika, ki je idealna za enakomerne odtok z nihajočim tokom. Profil ustja se uporablja, kadar ni zadostne višine nasipa.

? **Vprašanje: Iz katerih materialov je izdelana kanalizacijska mreža?**

💡 Odgovor: Kanalizacijsko omrežje mora biti zgrajeno iz materialov, ki so odporni na obrabo, korozijo, kemikalije in delovanje mikrobov. Za gradnjo kanalizacijskega omrežja se uporablja lončevina, beton, litoželezo, bazalt, kanalizacijska opeka (zvok) ali plastika.

***Radovedni: Pri gradnji kanalizacije so prej uporabljali posebno keramično opeko, tako imenovano zvonasto opeko. Gre za zelo trdo opeko iz posebne gline, ki jo dvakrat žgemo v opekarski peči na redukcijskem plamenu. Stare mreže za nogavice lahko vidite na primer v Rimu (Forum Romanum) ali v Pragi, kjer večkrat na leto odprejo vhod za tujce (pri staromestni astronomski uri). Tu je možen vstop v vežno dvorano, ki je bila zgrajena pred več kot sto leti.***

### 2.4.3 Čistilna naprava za odpadne vode



**Namig za razlago:** Ta del je treba sestaviti tako, da ustreza vaši specifični čistilni napravi. V naslednjih odstavkih boste našli splošno opisane korake za čiščenje odpadne vode. Za natančnejšo razlago posameznih tehnologij, ki so na vaši čistilni napravi, si lahko pomagata s poglavjem 3. Opis tehnologij ČN. To poglavje je zasnovano kot ti katalog, iz katerega lahko izberete le tiste dele, ki vam ustrezajo pri interpretaciji ekskurzije.

? Vprašanje: Kje in kako se čistijo odpadne vode?



**Odgovor:** Na čistilni napravi.

Kanalizacijsko omrežje dovaja odpadno vodo do čistilne naprave, kjer se začne njeno čiščenje. Majhne količine onesnaženja lahko narava sama očisti, ta proces imenujemo samočiščenje. Čistilna naprava deluje po enakih principih kot narava, le da ustvarimo optimalne pogoje, da le-ti potekajo čim hitreje.

Način čiščenja vode se razlikuje glede na posamezno lokacijo, odvisno od tehnologije, s katero je čistilna naprava opremljena, vrste odpadne vode, ki priteka, in tudi od tega, koliko vode se čisti.

Če je možno, teče odpadna voda skozi čistilno napravo gravitacijsko, to je gravitacijsko. To je še posebej ugodno z vidika porabe električne energije. Prihranili bomo energijo, ki bi jo sicer porabili za delovanje črpalk.

Najprej moramo odstraniti velike predmete, ki plavajo v vodi ali so na dnu. To so lahko na primer kamni, pesek, ostanki hrane ali mokri robčki. Ti predmeti se odstranijo tako, da se tok vode upočasni in se umazanija usede na dno (gramozem, peskolov) ali pa se ujame na rešetke ali sita (česalnica). Poleg omenjenih predmetov so v vodi prisotne tudi neraztopljene organske snovi, ki se zajemajo v usedalnike. Ta usedli material, imenovan primarno blato, se izčrpa za nadaljnjo predelavo v ravnanje z blatom. V vodi nam nato ostane onesnaženje, ki s prostim očesom ni vidno, torej je v vodi raztopljeno.

Raztopljeno onesnaženje lahko do določene mere odstrani bakterije in druge mikroorganizme iz vode (aktivacijski rezervoar). Tehnično se zbiranje teh bakterij imenuje aktivno blato, proces čiščenja pa biološko čiščenje.



**Namig za interpretacijo:** Globino opisa biološkega čiščenja odpadne vode je priporočljivo prilagoditi ciljni skupini. Spodaj ponujamo variante glede na raven poslušalcev.

**ZŠ:** Na čistilni napravi te bakterije hranimo kot živali v živalskem vrtu. Zanje skrbimo tako, da jim ustvarjamo ustrezne pogoje za življenje in jim dajemo odpadno vodo kot hrano. Tu gojimo več vrst bakterij. Kakšne pogoje potrebujejo za življenje? Odvisno od njihove narave, nekateri potrebujejo veliko zraka za življenje, drugi pa cenijo, ko ga sploh nimajo. Zadovoljne bakterije živijo skupaj in ustvarjajo taka majhna mesta, ki jih imenujemo kosmiči, se množijo in njihova populacija raste.

**SŠ:** Aktivno blato sestavljajo mikroorganizmi, ki jih vzdržujemo v potrebni količini na čistilni napravi. Mikroorganizmi v aktivnem blatu vključujejo bakterije, protozoe (gnojniki, mehkužci, raki), metazoe (rotiferji, ogorčice, črvi) ter plesni, glive in kvasovke.

**Namig za tolmačenje:** Tu bi bilo dobro otrokom pokazati nekaj slik omenjenih mikroorganizmov ali video, na primer na mobilnem telefonu, da ne bo samo dolga razlaga.

**Poleg tega lahko otroke spodbudite, da za dodatne informacije vprašajo svojega učitelja biologije v šoli.**

Bakterije s svojim metabolizmom pretvarjajo onesnaženje iz odpadne vode, tj. onesnaženje jim služi kot hrana. Glede na metabolizem ločimo več vrst bakterij. Bakterije, ki oksidirajo organski substrat (organotrofne), bakterije, ki oksidirajo amonijev dušik in nitritni dušik v nitratni dušik (nitrifikacijske), bakterije, ki reducirajo nitratni dušik v plinasti dušik (denitrifikacijske) in bakterije, ki v svojih celicah kopičijo večjo količino fosforja (poli-P). Posamezne vrste bakterij potrebujejo za svoj metabolizem primerne kisikove pogoje - oksidanti potrebujejo kisik, redukcijske pa razmere praktično brez kisika. Zato se razmere v čistilni napravi spremenijo, da lahko vsaka vrsta bakterij opravi svoje delo. Bakterije živijo skupaj v kosmičih, se razmnožujejo in njihova količina oziroma koncentracija v sistemu se povečuje.

**Radovedni: med posameznimi vrstami organizmov v aktivnem blatu obstaja stalna huda konkurenca za vire (»hrano«). Tista bakterija, ki lahko v zastavljenih pogojih pridobi največ energije, se bo najbolj razmnožila in tako začela prevladovati in izpodrivati manj uspešne. Različne skupine bakterij, ki razgrajujejo različne vrste onesnaženja, nemalokrat menijo, da so idealni povsem različni pogoji. Poleg tega lahko večina bakterij predela "hrano" po različnih presnovnih poteh. Na primer, v prisotnosti kisika odstranijo organsko snov s tako imenovano aerobno dihanjem, če pa kisik ni na voljo, lahko svoj metabolizem preklopijo na veliko manj ugodno denitrifikacijo. Organizmi vedno »izberejo« proces, iz katerega v danih pogojih pridobijo največ energije. Na čistilnih napravah pa pogosto potrebujemo tudi bakterije, ki izvajajo malo hranilnih reakcij in zato rastejo počasi. Trudimo se, da jim ustvarimo čim boljše pogoje in jih razvajamo. Tipičen primer so nitrifikacijski organizmi, za katere zgradimo regeneracijske rezervoarje s presežkom kisika, kjer lahko »počivajo« in »prebavljajo« shranjene snovi.**

Organizmi v aktivnem blatu so resnično mikroskopski, njihova velikost sega od desetin do enot mikrometrov. Za referenco je en mikrometer ena milijoninka metra. Ti drobni organizmi lahko zaužijejo le majhne molekule hrane. Vendar pa je večina onesnaževal v vodi veliko večja. Kako lahko torej bakterije prebavijo te večje nečistoče? Za to bakterije uporabljajo posebne kemikalije, imenovane eksoencimi. Encimi so snovi, ki pospešijo ali upočasnijo kemične reakcije. V primeru bakterij z aktivnim blatom jim pomaga proces, imenovan hidroliza. Predpona "exo" pomeni, da te encime sproščajo bakterije iz svojega telesa v okolje. Podobno je pajku, ki svoje prebavne sokove vbrizga v muho, ujeta v njegovo mrežo. Namesto muhe v pajčevini imamo v tem primeru v rezervoarju odpadno vodo. Dolge molekule onesnaževal se s pomočjo eksoencimov razdelijo na manjše molekule. Ti so že dovolj majhni, da jih bakterije sprejmejo v svoje celice in jih tam naprej predelajo in prebavijo.

Nato bakterije nadaljujejo v usedalnike, kjer jih je treba ločiti od prečiščene vode. Bakterije v kosmičih (ali v njihovih "mestih") počasi potonejo na dno rezervoarja. Večino bakterij moramo vrniti v proces za čiščenje na novo priteklo odpadne vode. To je stalen proces in ne moremo si privoščiti čakanja, da zraste nova polnopravna kultura mikroorganizmov. In ker se mikroorganizmi zelo hitro namnožijo, se jih zaradi »odvečnosti« nekaj odstrani iz procesa in prečrpa v nadaljnjo predelavo v ureditev blata.

Na vrhu usedalnika je očiščena voda, ki se razlije čez robove ali v potopljeno odtočno cev in odteče iz čistilne naprave nazaj v naravo (npr. v vodotok).

**Radovedno: govoriti o aktivnem blatu samo o bakterijah je velika poenostavitev. Aktivno blato je pravzaprav cel mikrokozmos z nešteto različnimi vrstami bakterij, ki prevladujejo v njem, poleg njih pa se v aktivnem blatu nahajajo tudi višji mikroorganizmi, kot so različni protozoji, metamorfi, migetalkarji, helminti, kolobarji ali pršice, pod ustreznimi pogoji in na določenih mestih pa tudi fotosintetizirajoči organizmi, kot so alge.**



**Nasvet za tolmačenje: Tukaj je dobro obiskovalce opozoriti, da ta voda ni pitna! In primerno je pojasniti, zakaj.**

? Vprašanje: Ali je voda, ki izteka iz čistilne naprave, pitna?

💡 Odgovor: Tako prečiščena voda je dovolj čista, da ne onesnažuje potoka s povečano vsebnostjo organskih snovi, dušika in fosforja, ni pa pitna! Podobno je pitju vode neposredno iz reke ali mlake. Iz te vode je treba odstraniti bakterije, ki bi lahko povzročale prebavne težave.

? Vprašanje: Kje se pridobiva pitna voda?

💡 Odgovor: Na čistilni napravi za pitno vodo. Kar je še ena naprava, v kateri se pitna voda proizvaja iz vode naravnega izvora.

#### 2.4.4 Kakovost in nadzor odplak



**Namig za interpretacijo: prostor je treba omeniti, v kateri vodotok priteka prečiščena voda in kakšen je npr. njen kakovostni razred ter ali je pretok v toku zadosten.**

Če imate na voljo mobilno analitiko (pH sonda, kapljični testi,...), lahko obiskovalci preverijo kakovost iztoka.

? Vprašanje: Kako ugotovimo, da je očiščena odpadna voda v redu?

💡 Odgovor: Kakovost odtoka se ocenjuje na različne načine. Najlažje je s čutili (vid, voh) - izkušeni delavci si zapomnijo, kako odtok normalno "izgleda", če se kaj spremeni (barva, prosojnost, količina kosmičev, vonj), iščejo vzrok. Druga pomoč so spletne sonde in analizatorji (na primer merjenje amoniaka, nitratov, motnosti, fosfatov,...), ki pa so zelo dragi (več deset tisoč do sto tisoč CZK na kos), zato se uporabljajo na res velikih čistilnih napravah. Uporabimo lahko tudi prenosne sonde in "kapljične teste", kjer se barva primerja z barvno lestvico. Najbolj natančno je določanje snovi v laboratoriju.

? Vprašanje: Kakšne kakovosti mora biti očiščena odpadna voda?

💡 Odgovor: Kakovost odplak iz čistilne naprave je predmet zakonskih predpisov. Češki predpisi ustrezajo zakonodaji Evropske unije. Mejne vrednosti so določene tako za mejne vrednosti posameznih spojin kot tudi za učinkovitost odstranjevanja posameznih snovi na čistilni napravi. Višina omejitev je razvrščena glede na velikost čistilne naprave, večja kot je čistilna naprava, strožje so omejitve. Natančne meje za čistilne naprave določi vodna uprava, vsaka čistilna naprava pa ima lahko nekoliko drugačne meje. Kakovost prečiščene vode,

ki izteka, je predmet neodvisnih pregledov s strani oblasti, na primer češkega okoljskega inšpektorata, vodnih organov itd. Če so mejne vrednosti presežene, upravljavci čistilnih naprav plačajo globe.

Za merjenje količine očiščene odpadne vode so na iztoku iz čistilne naprave nameščeni merilniki pretoka očiščene odpadne vode. Najpogosteje se za merjenje pretoka vode uporablja Parshall korito s senzorjem nivoja.

V nekaterih vodotokih (rekah, potokih) velik del tekoče vode predstavljajo odplake iz čistilne naprave. Obstajajo tudi primeri, ko je kakovost odplak iz čistilne naprave višja od kakovosti vode v vodotoku. Meje, ki jih določi vodna uprava, se spremenijo glede rabe vode v spodnjem toku (rekreacija ali odvzem pitne vode).

**ZŠ: Ne obremenjujte teh učencev s podrobnostmi zakonskih predpisov, dovolj je, da mora očiščena voda pred izlivom v reko izpolnjevati določene parametre koncentracije ogljika, dušika in fosforja, v njej pa ne sme plavati večja količina neraztopljenih snovi.**

**Srednja šola: Tem učencem lahko podrobneje razložimo, kako poteka vzorčenje in merjenje pretoka vode.**

**Radovedni: Če koga zelo zanimajo omejitve izpusta odpadne vode, ga lahko napotite na Odlok št. 401/2015 zb. Zanimivost v zakonodaji je uvedba dveh omejitev "m" in "p". Simbol »m« označuje največjo nepreseženo mejo, simbol »p« pa dovoljeno mejo, ki je lahko presežena pri določeni količini vzorcev odtoka v dopustnem obsegu.**

? Vprašanje: Kakšne so možnosti za nadaljnje čiščenje, da bo voda še čistejša?

💡 Odgovor: V določenih primerih se voda predeluje s tako imenovanim terciarnim čiščenjem (mehansko in biološko čiščenje lahko imenujemo primarno in sekundarno), ki že vključuje specializirane metode, namenjene prilagajanju določenih kazalcev kakovosti vode, značilnih ali pomembnih za dano čistilno vodo ali prejemnik.

Terciarno čiščenje se vse pogosteje uporablja na čistilnih napravah zaradi postopnega zaostrovanja omejitev, ki jih ni mogoče doseči le s primarnim in sekundarnim čiščenjem.

Terciarnе metode čiščenja vključujejo dezinfekcijo, membranske tehnologije, kemično obarjanje fosforja ali filtracijo skozi plast aktivnega oglja. Z drugimi besedami, to so vodovodne metode.

**ZŠ: Če vaša čistilna naprava nima katere od terciarnih čistilnih tehnologij, potem je dovolj, da na koncu odvajalnega objekta poveste, da se bodo zahteve po prečiščeni odpadni vodi postopoma povečevale in se bodo zaradi tega na čistilni napravi pojavile druge tehnologije.**

**Zanimivo: leta 2024 bo objavljena nova direktiva Evropske unije o čiščenju odpadnih voda, ki bo dramatično zaostila omejitve hranilnih snovi v izpuščenih odpadnih vodah.**

## 2.4.5 Prihodnost čiščenja

? Vprašanje: Kako bo videti čiščenje odpadnih voda v naslednjih letih in desetletjih?

💡 Odgovor: Na nekaterih čistilnih napravah v svetu že obstaja terciarno in kvartarno čiščenje, torej naslednja stopnja čiščenja, ko iz čistilne naprave odteče kakovostna voda. Ta voda pa ne gre več le v vodotok. Zaradi visoke kakovosti je možna njegova reciklaža (ponovna uporaba).

? **Vprašanje: Za kaj se lahko uporabi reciklirana voda?**

💡 Odgovor: nekatere možne uporabe reciklirane vode vključujejo:

- namakanje in kmetijstvo – namakanje vrtov, urbanih zelenic, golf igrišč in kmetijskih površin
- industrijske aplikacije – uporaba v različnih industrijskih procesih, kot sta hlajenje ali pranje
- ozelenitev – umetna infiltracija ali polnjenje jezer in fontan

V prihodnosti bo velik pritisk na kakovost izpuščenih odpadnih voda, ne le z vidika hranilnih snovi, temveč tudi mikropolutantov, kot so ostanki zdravil, geni za odpornost na antibiotike, mikroplastika, pesticidi itd.

Po svetu se poimenovanje čistilne naprave za odpadne vode (v angleščini) že spreminja v water reclamation plant v ohlapnem prevodu, torej kraj, kjer pridobivamo vodo.

*Radoveden je: v povezavi z odpadno vodo se pogosto govori o tako imenovanih mikropolutantih. To je širok pojem, ki vključuje snovi, kot so ostanki zdravil, hormoni, mikroplastika, pesticidi, snovi iz izdelkov za osebno nego, nekatere snovi, ki se uporabljajo v industriji. To je široka skupina snovi, ki se v odpadnih vodah pojavljajo v zelo nizkih koncentracijah. Stopnja njihove odstranitve v čistilnih napravah je različna, vedno je odvisna od konkretne snovi. Njihovo odstranjevanje otežuje tudi dejstvo, da so njihove koncentracije v odpadni vodi zelo nizke. Za njihovo učinkovitejše odstranjevanje bo v prihodnje treba dopolniti tehnologije čistilne naprave s specializiranimi stopnjami, kot so napredna kemična oksidacija, sorpcija na aktivnem oglju in podobno.*

## 2.5 Zgodba o snoveh in energiji, pridobljeni iz odpadne vode



**Namig za tolmačenje:** Ko pripovedujete ta razdelek, morate udeležence resnično navdušiti, saj je v družbi še vedno velika stigma glede čiščenja odpadne vode. Ljudje razumejo potrebo po čiščenju odpadnih voda, vendar to jemljejo le kot nujnost. Udeležencem lahko predstavite nov pogled na to plat – na čistilnih napravah lahko pri čiščenju odpadne vode pridobimo dragocene snovi, npr. aktivno blato velja za odpadek, lahko pa ga obravnavamo tudi kot dragoceno surovino! Samo blato ima odlične gnojilne lastnosti, postopoma sprošča hranila, pomaga pa tudi pri zadrževanju vode v tleh. Z nadaljnjo predelavo blata lahko pridobivamo energijo (npr. s predelavo bioplina) ter elemente, ki jih blato vsebuje – predvsem fosforjeve in dušikove spojine.

Odpadna voda vsebuje neverjetno veliko različnih snovi in energije. Če na primer pogledamo človeško prebavo, velik del snovi iz hrane preide v odpadno vodo, saj naša prebava ni povsem popolna in vseh snovi ne moremo v celoti izkoristiti.

**ZŠ: Povzemite le snovi, ki jih lahko pridobite iz odpadne vode in se osredotočite na uporabo blata na kmetijskih površinah ali sežig.**

**Srednja šola: Starejši učenci se lahko podrobneje seznanijo z anaerobno stabilizacijo in obarjanjem fosforja.**

**Zanimivo: Podrobno opišite različne vrste zgorevanja (piroliza, uplinjanje), za katere produkte gre in omenite biooglje kot perspektivno snov. V to skupino spada tudi tema rafiniranja bioplina v biometan. Naj omenimo, da so nekatere čistilne naprave v Evropi (tudi na Češkem) zaradi zadostne proizvodnje bioplina že energetsko samozadostne ali celo proizvedejo več energije, kot je porabijo.**

? Vprašanje: Katere snovi lahko dobimo iz odpadne vode?

💡 Odgovor: Povzetek snovi, ki jih lahko pridobimo iz odpadne vode:

- Organske snovi, N, P,....
- Blato
- energija
- Drugo - maščoba, celuloza
- Gramozi, pesek

**Radovedni: V preteklosti so fekalije uporabljali predvsem v kmetijstvu kot gnojilo. Včasih so urin uporabljali kot čistilo, stari Rimljani so z urinom belili zobe. Tkanine so pred barvanjem namakali v urinu, da je bila barva obstojnejša. Urin je bil tudi pomembna surovina za proizvodnjo smodnika. Iztrebke so uporabljali za obdelavo usnja, usnjarji so imeli v lokalih tako imenovane pisoarje za zbiranje urina.**

? Vprašanje: Katere snovi se izločijo iz vode pri mehanskem čiščenju vode?

💡 Odgovor: V mehanskem delu čistilne naprave iz odpadne vode pridobivamo žlindro, pesek, prod, olja in maščobe. Ostanki so higiensko oporečni, zato jih odlagajo na odlagališča ali sežigajo v sežigalnicah. En prebivalec proizvede povprečno 5-15 litrov črepij na leto. Tudi pesek in gramoz sta higiensko oporečna, vendar ju je po obdelavi mogoče uporabiti na primer v gradbeništvu. Pri anaerobni stabilizaciji se uporabljajo olja in maščobe, nato pa se iz njih proizvaja bioplin, ki se lahko uporablja za energijo.

? Vprašanje: Kako se hranila odstranijo iz odpadne vode?

💡 Odgovor: Za odstranjevanje teh elementov se uporablja več bioloških procesov, ki potekajo v aktivacijskem rezervoarju čistilne naprave.

Odstranjevanje ogljika

- Oksidacija organskih snovi z delovanjem mikroorganizmov v prisotnosti kisika v ogljikov dioksid in vodo. Ogljikov dioksid je neškodljiv plin, ki uhaja v ozračje.

Odstranjevanje dušika – nitrifikacija in denitrifikacija

- Dušik vstopa v odpadne vode predvsem z urinom.
- Dušik se odstrani z dvema procesoma: nitrifikacijo in denitrifikacijo.
- Med nitrifikacijo nitrifikacijske bakterije oksidirajo amonijev ion prek nitritov v nitrate. Pri tem procesu je potrebno rezervoarje intenzivno prezračevati, saj se pri tem porabi velika količina kisika. Prezračevanje je energetsko in zato tudi finančno zahtevno. Prezračevanje poteka s pomočjo puhal in prezračevalnih

elementov, ki se nahajajo na dnu rezervoarja. Puhalo vpiha zrak v te elemente. Iz elementov nato nastanejo drobni mehurčki.

- Med denitrifikacijo se nitrati pretvorijo v dušik. Na koncu dušik (neškodljiv plin, ki predstavlja približno 78 % ozračja) izgine iz naše vode in uhaja v naše ozračje. Pri denitrifikaciji se porablja tudi organski ogljik iz odpadne vode.
- Če v odpadni vodi primanjkuje organskega ogljika, je treba v rezervoarje nanesti zunanji substrat (najpogosteje metanol) – bakterije nato uporabijo zunanji substrat za presnovo nitrata v plin dušik.
- Zaradi zadostne količine organskega ogljika je običajno rezervoar, v katerem poteka denitrifikacija pred nitrifikacijo. Med rezervoarji nato deluje notranji reciklaž, kjer se del odpadne vode iz nitrifikacije prečrpa nazaj v denitrifikacijo, tako da se nitrati, nastali pri nitrifikaciji, transportirajo v denitrifikacijo, kjer so pogoji primerni za njihovo odstranitev. Opomba: ta razdelek se lahko zelo razlikuje glede na specifično kemično čistilnico. Prilagodite interpretacijo svoji tehnologiji in predvsem svojemu občinstvu. Podroben opis odstranjevanja dušika je lahko zelo zmeden in zapleten za osnovne, pogosto pa tudi srednje šole.

#### Odstranjevanje fosforja – kemično obarjanje ali izboljšano biološko odstranjevanje fosforja

- Fosfor pride v odpadno vodo iz fekalij, iz industrijskih pralnic (dovoljena je uporaba fosfatnih detergentov), iz tablet v pomivalnih strojih.
- Fosfor je mogoče odstraniti iz vode s kemičnim obarjanjem ali okrepljenim biološkim odstranjevanjem fosforja s posebnimi bakterijami, ki kopičijo fosfor.

? Vprašanje: Ali med odstranjevanjem hranil nastajajo toplogredni plini?

💡 Odgovor: Pri aktivaciji nastajajo toplogredni plini: ogljikov dioksid (produkt odstranitve organskega ogljika), dušikov oksid (nastane pri nitrifikaciji) in ponekod z izjemno nizko koncentracijo kisika metan. Dušikov oksid in metan imata bistveno večji učinek tople grede kot ogljikov dioksid. Ostali toplogredni plini nastajajo pri proizvodnji električne energije za pogon strojev na čistilni napravi.

? Vprašanje: Kaj je blato z vidika ravnanja z blatom?

💡 Odgovor: Blato je odpadni produkt čiščenja odpadne vode, ki predstavlja 1-2% prostornine očiščene vode, vendar je v njem skoncentrirano 50-80% prvotnega onesnaženja, ki ga vsebuje dotok v čistilno napravo. Cilj obdelave in predelave blata je zmanjšati negativne vplive na okolje in zdravje ljudi. Z blatom se ukvarjamo na različne načine, ki so odvisni od velikosti čistilne naprave.

Na čistilni napravi zbiramo blato iz dveh rezervoarjev. Najprej iz usedalnika odstranimo blato, ki ga imenujemo primarno blato. Nato iz usedalnika odstranimo blato, ki ga imenujemo sekundarno ali odvečno. Mešanica primarnega in sekundarnega blata se imenuje surovo blato.

**ZŠ: Če z udeleženci preidete od odtoka k ravnanju z blatom, je dobro, da jih še enkrat na poenostavljen način spomnite, kaj je blato in od kod prihaja.**

**SŠ: S to skupino dijakov je idealno, da na začetku ravnanja z blatom začnemo debato o tem, katere snovi se nahajajo v blatu in kaj se jim lahko zgodi, da poskušamo priti do drugih snovi, ne le do organskega onesnaženja. Blato vsebuje mešanico organskih in anorganskih snovi, vodo in različne strupene snovi, kot so težke kovine, pesticidi, ostanki zdravil ali patogeni in drugi mikroorganizmi.**

**Zanimivo: Stroški sprejemljivega čiščenja blata ustrezajo približno 50 % obratovalnih stroškov čiščenja odpadnih voda. Ne splača se imeti ravnanja z blatom na manjših čistilnih napravah.**

? Vprašanje: Kako poteka obdelava blata na malih čistilnih napravah?

💡 Odgovor: Na malih čistilnih napravah zaradi nezadostne proizvodnje bioplina ne pride do anaerobne stabilizacije. To pomeni, da se blato običajno aerobno stabilizira ali odstrani voda ali pa se tekočina transportira v večjo čistilno napravo. Med aerobno stabilizacijo se blato dlje časa pusti v aktivacijskem rezervoarju ali pa se prečrpa v zbiralnik prezračenega blata. Po odvodnjavanju se blato lahko odpelje v večjo čistilno napravo, kjer se nato pretoči v digestorje.

? Vprašanje: Kako poteka obdelava blata na večjih čistilnih napravah, ki imajo upravljanje z blatom?

💡 Odgovor: Na srednjih in velikih čistilnih napravah se največkrat uporablja anaerobna stabilizacija blata (ali anaerobna digestija). Velika količina prvotnega onesnaženja v dotekajoči odpadni vodi je koncentrirana v blatu. V večjih čistilnih napravah se del tega onesnaženja pretvori v bioplin v digestorjih (z anaerobno stabilizacijo).

Med anaerobno stabilizacijo se blato zbira v rezervoarjih, v katerih je dostop kisika omejen (=anaerobno okolje). V teh rezervoarjih se snovi, ki jih vsebuje blato, razgrajujejo s pomočjo posebnih bakterij (metanogene bakterije) in tako nastane bioplin. Glede na temperaturo v rezervoarjih ločimo mezofilno (35 °C) in termofilno razgradnjo (55 °C).

Po prehodu blata skozi digestor postane stabilizirano blato, kar pomeni, da v njem ne sme več potekati intenzivna spontana razgradnja. Pri anaerobni presnovi se približno polovica suhe snovi blata pretvori v bioplin.

**SŠ: Proces prebave imenujemo tudi anaerobna stabilizacija. Bakterije v blatu postopoma presnavljajo organske snovi v enostavne sladkorje in alkohole ter nato v ogljikov dioksid, vodik in metan. Mešanica plinov, ki nastane pri tem procesu, se imenuje bioplin in je sestavljena predvsem iz ogljikovega dioksida in metana (cca. 60-80%). Napravo, v kateri se bioplin pretvarja v toploto in elektriko, imenujemo kogeneracijska enota. Bioplin se uporablja za pogon motorja z notranjim zgorevanjem ali turbine. Z izgorevanjem bioplina se proizvaja toplota in hkrati poganja generator, ki proizvaja elektriko.**

**Radovedno: poleg ogljikovega dioksida in metana pri anaerobni stabilizaciji nastajata tudi amoniak (amoniak) in sulfan, ki sta plina z močnim vonjem.**

**Zanimivost: Metanogene bakterije so po razvoju zelo stara skupina bakterij, pojavile so se pred 3,5 milijarde let (starost Zemlje je 4,5 milijarde let). Takrat v atmosferi ni bilo kisika in Zemljina atmosfera je bila podobna današnji Venerini. Za primerjavo, dinosavri so se pojavili pred 250 milijoni let, človek pa pred 2,8 milijona let. Če je bila os 0 nastanek Zemlje in 10 sedanost, potem so se metanogeni pojavili v točki 2,22, dinosavri na 9,44 in človek na 9,99).**

? Vprašanje: Kakšna je uporaba stabiliziranega blata?

💡 **Odgovor:** Uporaba stabiliziranega blata je odvisna od njegove kakovosti. To blato se lahko uporablja na kmetijskih zemljiščih zaradi njegovih gnojilnih lastnosti, saj vsebuje veliko količino organske snovi, fosforja in dušika. Lahko se uporablja tudi v kompostarnah. Druga metoda predelave je termična obdelava, ki vključuje zgorevanje, pirolizo ali uplinjanje. Med pirolizo nastajajo pirolizni plin (sintetični plin), olje in trden ostanek (biooglje). Dandanes se zdi, da je biooglje zelo obetavna snov, ki na primer poveča zadrževanje vode v tleh.

Problematika nanašanja stabiliziranega blata na kmetijska zemljišča je kompleksna, saj po eni strani vemo, da je blato dragoceno gnojilo, po drugi strani pa je lahko vir številnih onesnaževal, kot so težke kovine, ostanki zdravil, patogeni mikroorganizmi (npr. salmonela) in obstojne organske snovi. Zato mora blato, ki se nanaša na kmetijska zemljišča, vsekakor ustrezati zakonskim predpisom. Zakonodajni predpisi spremljajo ne samo kakovost blata, ampak tudi, v kakšni količini in kje se lahko blato nanese. Tehnično je treba imeti pogodbene kmete, ki imajo zadostne kapacitete za skladiščenje blata, saj se zemlja nekajkrat letno pognoji, vendar je proizvodnja blata neprekinjena.

**SŠ: Če ste z učenci debatirali o tem, katere snovi vsebuje blato, lahko poskusite nadaljevati z vprašanjem o njih. Kaj menijo - kam gre čistilna gošča in kje bi jo lahko še uporabili? Stabilizirano blato se uporablja v kmetijstvu zaradi uporabe gnojilnih lastnosti anorganskih in organskih hranil, ki jih vsebuje. Ali obstajajo tveganja pri uporabi blata na terenu? (samo poenostavljeno)**

**Zanimivo: Možna nevarnost uporabe stabiliziranega blata na kmetijskih zemljiščih je vsebnost mikropolutantov v blatu. Med mikroonesnaževali, ki jih vsebuje blato, so mikroplastika, pesticidi, endokrini motilci in ostanki zdravil. Kljub nizki koncentraciji imajo lahko te snovi potencialno negativne učinke na okolje in zdravje ljudi. Zakonodajni parametri za uporabo blata na kmetijskih zemljiščih vključujejo mikrobiološke kriterije (salmonela, E. coli in enterokoki) ter omejitve vsebnosti težkih kovin, polikloriranih bifenilov in policikličnih aromatskih snovi.**

Gene za odpornost na antibiotike lahko najdemo tudi v blatu, ki se lahko nato razširi na druge bakterije.

Tehnologije, ki jih je mogoče uporabiti za obdelavo blata, vključujejo tudi pirolizo ali uplinjanje, kjer se iz blata proizvaja gorivo. Npr. v sosednji Nemčiji je najpogostejši način ravnanja z blatom sežig. Blato bodisi sežgejo ločeno v specializirani sežigalnici ali pa ga zmešajo z drugim materialom in skupaj sežgejo, npr. v sežigalnici odpadkov, elektrarni/toplarni ali cementarni.

V blatu je shranjena velika količina fosforja, ki ga lahko pridobimo iz blata termično (rekuperacija fosforja iz pepela po sežigu blata) ali kemično (obarjanje).

? **Vprašanje:** Kako se izkorišča nastali bioplin?

💡 **Odgovor:** Bioplin zgoreva v kogeneracijski napravi, ki iz njega proizvaja toploto in elektriko. Toplota se uporabi nazaj za ogrevanje rezervoarjev digestorja. Proizvedeno električno energijo uporabimo na čistilni napravi, npr. za delovanje črpalk ali prezračevanje aktivacijske posode.

Druga možnost uporabe bioplina je njegova rafinacija v biometan. Biometan ima podobne lastnosti kot zemeljski plin in ga je mogoče črpati v plinovodno omrežje.

## 2.6 Zgodba ljudi, ki skrbijo za kanalizacijsko omrežje in delajo na čistilni napravi



**Nasvet za tolmačenje:** Večina ljudi nima pojma, kako težko je odstranjevanje in čiščenje odplak in koliko ljudi na različnih položajih je vključenih v ta proces. Zato priporočamo, da ekskurzijo obogatite z omembo ljudi, ki delajo v kanalizaciji ali na čistilni napravi na primernih mestih. S povečevanjem znanja o teh delovnih mestih je mogoče povečati stopnjo percepcije pomembnosti teh poklicev in tudi zanimanje za njihov študij. Tu je mogoče omeniti, kako se bo razvijala potreba po teh poklicih in kako se bo na primer spreminjala vsebina dela posameznih zaposlenih (npr. izračun ogljičnega odtisa, digitalni dvojček čistilnih naprav ali ESG poročanje).

Odstranjevanje in čiščenje odpadne vode je stalen proces, ki ga ni mogoče kar tako ustaviti. Da vse deluje in se celoten proces ne ustavi, je potrebno veliko truda in dela mnogih ljudi različnih poklicev. Posamezni poklici si sledijo in eden brez drugega ne more. Kanalizacijsko omrežje in čistilno napravo lahko vidimo kot en dobro naoljen stroj.

Kanalizacijski sistem je treba redno preverjati in ga v primeru okvar ali zamašitve z umazanijo popraviti ali očistiti. Pregled kanalizacijskega omrežja izvaja vodni tehnik, specializiran za diagnostiko omrežij, s sistemom kamer, ki se postavi na začetku pregledane lokacije in se z daljinskim upravljalnikom vodi po cevovodu. V primeru zaznave motene prepustnosti cevi se uporabi čiščenje s šobo in izčrpavanje materiala z visokotlačnim čistilnim vozilom. V zadnjem času obstajajo celo droni, ki samodejno letijo skozi kanalizacijo in opravljajo potrebne meritve. Popravila in čiščenje izvajajo operativni monterji in operaterji posebnega vozila za čiščenje kanalizacije.

Na čistilni napravi delujejo številne naprave, katerih delovanje neposredno vodijo inženirji vodnogospodarske opreme. Ti delavci zagotavljajo delovanje strojev in tehnološke opreme ter zagotavljajo njihovo popolno funkcionalnost in redni pregled. Vzdrževanje in popravila električne opreme izvajajo operativni električarji. Obratovanje čistilne naprave je neprekinjeno, zato je potreben stalen nadzor nad procesi na čistilni napravi, ki ga zagotavljajo dispečerji (kontrolorji). Dispečerji spremljajo izhode iz obratovanja na monitorjih in s krmilnim sistemom nadzorujejo delovanje čistilne naprave. Dispečerji delajo v izmenah, tako da je zagotovljen 24/7 nadzor nad čistilno napravo.

Kakovost odpadne vode in različnih izhodov procesa čiščenja odpadne vode spremljamo v laboratoriju. Laboratorij obdeluje vzorce ter izvaja kemijske, mikrobiološke in hidrobiološke analize. Vzorce zbiramo in transportiramo v laboratorij z vzorčevalniki.

Tehnolog je odgovoren za pravilno delovanje čistilne naprave in kakovost iztekajoče očiščene odpadne vode. Na podlagi rezultatov analiz iz laboratorija, vrednosti iz sond, analizatorjev in merilnikov pretoka na čistilni napravi ovrednoti proces čiščenja in prilagodi nastavitve posameznih naprav za nemoteno delovanje in dobro kakovost pretočne vode.

Nadzorni sistem preverjajo in razvijajo IT strokovnjaki. Zanimivo področje je tudi izdelava tako imenovanih digitalnih dvojčkov čistilnih naprav s pomočjo specializirane programske opreme, ki se uporabljajo na primer pri testiranju različnih neobičajnih situacij ali optimizaciji delovanja.

V zadnjem času se povečuje zanimanje za spremljanje ogljičnega odtisa in drugih parametrov, povezanih z vplivom opreme na okolje, s tem pa tudi potreba po teh strokovnjakih na vodnogospodarskem področju.

Iz zgoraj navedenega seznama poklicev je razvidno, da se na čistilni napravi lahko zaposli tako delavec z izobrazbo kot tudi z visokošolsko izobrazbo.

**Osnovna šola:** Samo povzemite poklice in jih poskusite naštetih za rezervoarje in stroje, kjer opravljajo svoje delo, da bodo imeli čim večjo predstavo o danem poklicu.

**Srednja šola:** Za starejše učence obstajajo možnosti, kjer se lahko izobražujete za vodnega tehnologa - univerze s poudarkom na vodi (VŠCHT, BUT, VŠB).

**Inkvizitorji:** Tukaj je odvisno od vas, ali boste prinesli različne predmete, s katerimi delajo ti poklici: škatle z vzorci, instrumenti, merilni valj za indeks blata, kamero itd.

## 2.7 Cene vode

Cena vode je pogosta tema v medijih in javnih razpravah, le redki pa zares vedo, kako se izračuna skupna cena vode in koliko truda dejansko stane pridobivanje pitne vode in čiščenje odpadnih voda. Pogosto si ljudje domišljajo, da je pitno vodo mogoče vzeti kar iz izvira, kar je zastonj, in potem se začnejo razprave o tem, da vodarska podjetja služijo ogromne denarje s tem, kar je v naravi dejansko zastonj. Ni tako! In zato je pomembno, da otroke seznanimo s tem, kako se oblikuje cena vode, iz česa je sestavljena in kako finančno zahtevni so procesi pridobivanja pitne vode in čiščenja odpadnih voda.

Skupna cena vode je sestavljena iz dveh postavk, ki ju imenujemo voda in kanalizacija. Vodarina je dajatev za proizvodnjo pitne vode in njeno dostavo na dom (potrošniku). Kanalizacija je pristojbina za odvajanje odpadne vode od izvora (npr. iz gospodinjstva) in njeno naknadno čiščenje.

Cena vode je regulirana, tj. oblikovana v skladu s pravili, ki jih je določilo ministrstvo za finance Češke republike. Ta pravila določajo, iz katerih postavk lahko in iz katerih ne sme biti sestavljena končna cena ter kakšen dobiček lahko vodna podjetja obdržijo. Cena vode se posodablja vsako leto. Končno besedo pri oblikovanju cene ima lastnik vodnogospodarske infrastrukture.

### **Cena vode = odobreni stroški + razumen dobiček + državne dajatve**

- upravičeni stroški (primeri):
  - o pridobitev/najem, obnova in posodobitev vodnogospodarskega premoženja
  - o poraba električne energije, kemikalij, kontrola kakovosti vode (laboratorijsko delo) itd.
  - o stroški vzdrževanja in popravil
  - o plače zaposlenih, ki zagotavljajo poslovanje, storitve za stranke (pogodba, fakturiranje, reklamacije)
- razumen dobiček
  - o ureja Ministrstvo za finance Češke republike
  - o maks. 7 % vloženega kapitala
- državne dajatve
  - o DDV
  - o pristojbine za odvajanje odpadnih voda
  - o pristojbine za odjem surove vode, iz katere se nato proizvede pitna voda

**ZŠ: Samo razloži pojma voda in kanalizacija. In primerjajte ceno enega litra vode iz pipe v primerjavi z drugimi cenami, npr. ustekleničena voda, Coca Cola, sladkarije itd. Za boljšo predstavo o tem, koliko je 1m<sup>3</sup> vode je dobro povedati, da je enako kot 500 dvolitrskih plastenk.**

**SŠ: Ceno vode primerjajte z drugimi izdatki – na primer s ceno elektrike, Netflixa, mesečnega računa za telefon itd.**

**Radovedno: Da podrobneje opišem, iz česa je sestavljena cena vode - posamezne postavke, ki so tam vključene.**

? **Vprašanje: Kakšna je bila povprečna cena vode na Češkem leta 2024?**

💡 **Odgovor:** Leta 2024 je bila povprečna cena vode (kanalizacija + voda) 125 CZK za m<sup>3</sup>. Povprečna cena vode je bila 63 CZK/m<sup>3</sup>, povprečna cena odplak pa 59 CZK/m<sup>3</sup>.

Za lažjo predstavo vam predstavljamo tudi preračun v ceno za liter vode. Povprečna skupna cena vode je bila 0,125 CZK na liter, od tega je bila povprečna cena vode 0,063 CZK na liter in povprečna cena odplak 0,059 CZK na liter.

? **Vprašanje: Ali je voda iz pipe draga?**

💡 **Odgovor:** Najboljši odgovor na to vprašanje je primerjava porabe vode ene osebe z ostalimi izdatki ter ceno vode in kanalizacije na danem območju. Za primer predstavljamo primerjavo s povprečno ceno vode na Češkem iz leta 2024.

Povprečna poraba vode iz pipe na osebo na Češkem je približno 90 litrov na dan.

Cenik:

Pika	Število litrov odpadne vode (1 oseba)	Cena pitne vode	Cena za čiščenje vode	Skupna cena
1 dan	90 l	5,67 CZK	5,31 CZK	10,98 CZK
1 mesec	2.700 l	170,1 CZK	159,3 CZK	329,4 CZK
1 leto	32.850 l	2069,55 CZK	1938,15 CZK	4007,7 CZK

Pika	Število litrov odpadne vode (4 osebe)	Cena za čiščenje vode
1 dan	360 l	21,24 CZK
1 mesec	10.800 l	637,2 CZK
1 leto	131.400 l	7.752,6 CZK

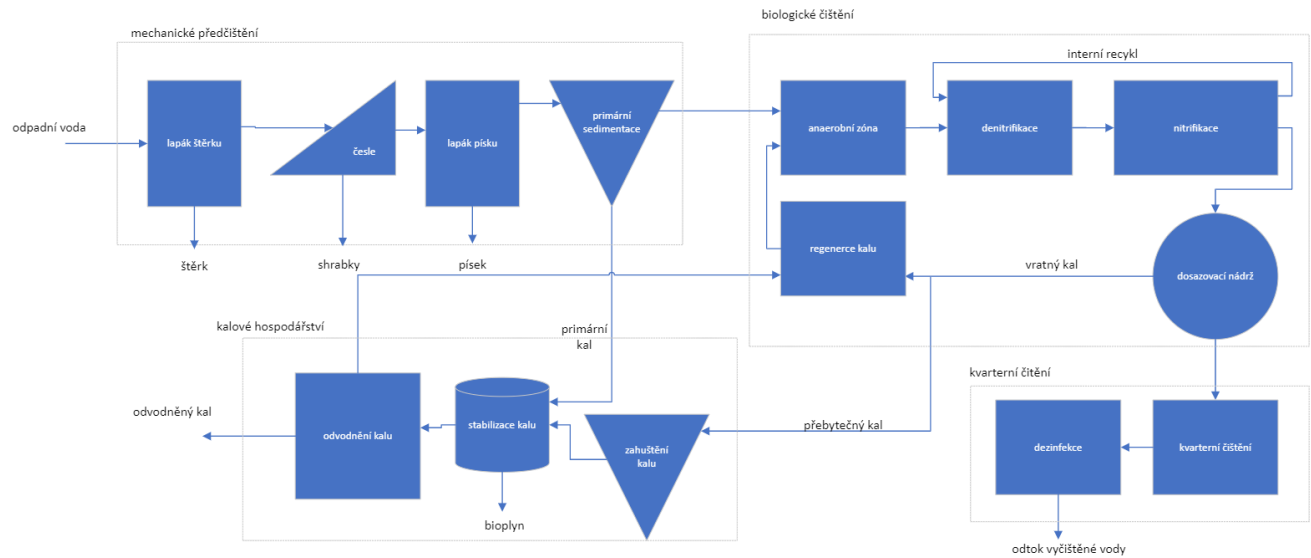
? **Vprašanje:** Ali bo cena vode nižja, če bomo vsi začeli varčevati z vodo?

💡 **Odgovor:** Ne, zmanjševanje porabe vode vodi v dvig cene na liter, saj je velik del stroškov v vodarstvu fiksen. Na primer, ni pomembno, ali po obstoječem cevovodu teče manj ali več vode, njegovo vzdrževanje, popravilo in servis bo še vedno potrebno.

### 3 Opis tehnologij ČN




**Nasvet za tolmačenje:** V tem poglavju boste našli osnovne informacije o tehnologijah, dejstva in zanimivosti. To poglavje uporabite kot katalog, iz katerega lahko izbirate informacije o tehnologijah, ki jih imate v čistilni napravi.



### 3.1 Mehansko čiščenje

Najprej mora ČN odstraniti neraztopljen material, ki bi lahko zamašil črpalke, se usedel v rezervoarje ali uničil drugo opremo (abrazija).

Gramozna past		
	<b>Pomembnost</b>	Zajem velikih predmetov, ki se lahko usedejo na dno (sediment).
	<b>Načelo</b>	Jašek, v katerem se tok odpadne vode upočasni in s tem sedimentira material. Zajeti material je treba nato izkoptati z dna in naložiti v zabojnik, ki se odpelje iz čistilne naprave, običajno na odlagališče.
	<b>Zajeti material</b>	<b>Prod, kamenje.</b>

Dleto		
	<b>Pomembnost</b>	Odstranjevanje večjih plavajočih odpadkov.
	<b>Načelo</b>	Situ podobna naprava, skozi katero se filtrira voda. Material, ki se ujame v to mrežo, se imenuje grablje. Zajeti material se nato odstrani iz satja (ročno ali avtomatsko) in naloži v zabojnik, v katerem se običajno odpelje na deponijo.
	<b>Zajeti material</b>	<b>= grablje</b> veje, krpe, embalaža, ostanki hrane, sadje in zelenjava, kondomi, vložki, tamponi, vlažilni robčki... denarnica, dokumenti mrtve podgane, denar, nakit, oblačila, ključki, blazine, bananini olupki

**ZŠ: Tukaj je primerno opozoriti, kaj ne sodi v kanalizacijo in pojasniti, zakaj. Običajno se nekaj od tega pojavi in na težavo je mogoče neposredno opozoriti.**

**Radovedni: ostanki so običajno najbolj higienski material, ki ga lahko srečate v kemični čistilnici. Hkrati gre za material, ki nikakor ne bi smel priti v kanalizacijo.**



**Namig za interpretacijo: Možno je pripraviti manjšo »razstavo« zanimivih eksponatov na glavnikih ali morda prikazati fotografije zanimivosti, ujetih na glavnike.**

## Peščena past



	<b>Pomembnost</b>	Ločevanje peska (anorganskega materiala) od organskih suspendiranih snovi, kar je pomembno v naslednjem delu tehnologije čistilne naprave.
	<b>Načelo</b>	Ločevanje peska od organskih suspendiranih snovi poteka na podlagi njihove različne gostote. Peskolovi se razlikujejo glede na to, ali se za ločevanje uporablja gravitacija ali centrifugalna sila.
	<b>Zajeti material</b>	<b>= pesek</b> težke anorganske snovi – pesek, drobci stekla, drobna žindra

? Vprašanje: Zakaj je peskolov prezračen, če pa naj bi se pesek tu usedel?

💡 Odgovor: To je posledica ločevanja organskih nečistoč iz peska. Odstraniti moramo le pesek v peskolovu. Organske snovi bi povzročile gnitje lovilca in izkopanega peska, poleg tega jih potrebujemo kot hrano za nadaljnje bakterije.


## Usedalni rezervoarji



	<b>Pomembnost</b>	Sedimentacija neraztopljenih snovi organskega izvora in brisanje plavajočih nečistoč s površine.
	<b>Načelo</b>	Sedimentacija deluje na principu gravitacije, ko težji delci potonejo na dno in se nato posesajo z dna za nadaljnjo obdelavo.
	<b>Zajeti material</b>	<b>= primarni kal</b> Material, ki se usede na dnu usedalnikov, se imenuje primarno blato. To blato je bogato z organskimi snovmi in se uporablja pri ravnanju z blatom.

**Radovedno: Sedimentacijski rezervoarji lahko odstranijo približno 30 % prihajajočega onesnaženja, hkrati pa tu zajeto blato prispeva približno polovico k skupni proizvodnji bioplina in električne energije.**

### 3.2 Biološko čiščenje

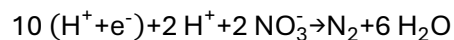
Aktivacijski rezervoar		
	<b>Pomembnost</b>	Biološko odstranjevanje ogljika, dušika in fosforja – skupaj imenovanih hranila.
	<b>Načelo</b>	Tu poteka nešteto bioloških procesov. Onesnaženje, ki ga vsebuje odpadna voda, presnavljajo bakterije v posebnih pogojih, ki so prilagojeni tako, da izbrani bakterijski sevi preživijo (in prevladujejo) v rezervoarjih. Skupino bakterij in mikroorganizmov, ki presnavljajo onesnaženje v odpadni vodi, imenujemo aktivno blato. Ko mikroorganizmi zaužijejo onesnaženje, rastejo in se množijo. Iz tega sledi, da se količina aktivnega blata sčasoma povečuje in je treba odvečno blato redno odstranjevati iz aktivacijskega rezervoarja.
	<b>Zajeti material</b>	Tu se neposredno ne zajame noben material, prihaja pa do rasti in razmnoževanja bakterij aktivnega blata, na katerih se lahko sorbirajo (zajamejo) različne vrste snovi. Bakterije nadalje pretvarjajo organske snovi, dušik in fosfor v oblike, ki se odstranijo iz vode.
<p><b>? Vprašanje: Ali lahko plavate v aktivacijskih rezervoarjih?</b></p> <p>💡 Odgovor: V rezervoarjih ne morete plavati, mešanica je tako močno prezračena, da ima prenizko gostoto za kopanje. Če bi kdo to poskušal, bi se utopil. Zato je treba rezervoarje zavarovati pred padcem delavcev ali uporabiti zavarovanje na vrveh itd.</p> <p><b>? Vprašanje: Ali so pogoji v rezervoarjih drugačni?</b></p> <p>💡 Odgovor: Razmere v posameznih akumulacijah se bistveno razlikujejo.</p> <p><u>nitrifikacija – visoka koncentracija kisika (aerobna cona)</u>  <u>denitrifikacija – brez kisika, vendar z nitratni (anoksična cona)</u>  <u>odstranjevanje fosforja – brez dostopa kisika in brez nitratov (anaerobna cona)</u>  <i>nekateri čistilni naprave nimajo ločenih rezervoarjev, namenjenih različnim pogojem, ampak se pogoji v enem rezervoarju sčasoma spremenijo</i></p>		

**ZŠ:** Za te učence je treba poskrbeti, da je proces čim bolj jasen. Koristno bi bilo imeti pripravljene slike mikroorganizmov, ki jih vsebuje aktivno blato, vendar ni treba navajati imen. Lahko jim tudi pokažete, kako prezračevalni element izgleda (fizično, slika, fotografija izpraznjenega rezervoarja).

Lahko pokažemo, da je blato sestavljeno iz posameznih kosmičev, ki jih lahko vidimo s prostim očesom. Nadalje, če rečemo, da te kosmiče tvorijo mikroorganizmi, ki se hranijo z onesnaženjem.

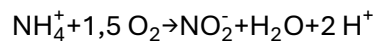
**SŠ:** Tukaj je mogoče podrobneje govoriti o posameznih bioloških procesih odstranjevanja hranil, imeti pripravljene reakcije nitrifikacije in denitrifikacije, neposredno omeniti organizme, ki so odgovorni za te procese. Omenimo, da so v aktivnem blatu poleg bakterij prisotne še praživali (filiformi, mehkužci, kriptidi), metazoe (rotiferji, ogorčice, črvi) in v manjši meri plesni, glive in kvasovke.

Denitrifikacija:

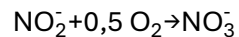


Nitrifikacija (sestoji iz dveh reakcij):

nitricija – oksidacija amonijevega dušika v nitritni dušik



nitracija – oksidacija nitritnega dušika v nitratni dušik



**Radovedno:** Na nekaterih čistilnih napravah aktivno blato redno pregledujejo pod mikroskopom, da preverijo, katere bakterije in mikroorganizmi so v blatu in kako pogosto. Delovanje posameznih procesov lahko ocenimo iz določenih vrst in celotne sestave organizmov.

## Usedalni rezervoar



### Pomembnost

Rezervoar služi za ločevanje aktivnega blata iz prečiščene odpadne vode.

### Načelo

Pretok vode v rezervoarju se bo upočasnil. Pod temi pogoji se lahko aktivno blato usede na dno rezervoarja. Z dna rezervoarja se večina aktivnega blata vrne v aktivacijski rezervoar, kjer blato ponovno očisti vodo. Ker je aktivno blato živ organizem, ki se razmnožuje, je potrebno v sistemu vzdrževati le potrebno količino in njene presežke črpati iz sistema. Odvečno blato, ki se ne uporabi nazaj v aktivacijskem rezervoarju, se prečrpa v ravnanje z blatom. Na čistilnih napravah brez ravnanja z blatom v zalogovnik. Od koder se nato odpelje v večje čistilne naprave z ravnanjem z blatom.

Nad usedenim blatom je prečiščena odpadna voda, ki se iz zbiralnika prelije v odtok in nato nadaljuje do prejemnika (reka, potok,...).

### Zajeti material

**Odvečno blato – odvečno aktivno blato, ki se odstrani iz sistema.**

**Povratno blato - aktivno blato, ki se vrne v aktivacijski rezervoar in ponovno očisti odpadno vodo.**


**Radovedno:** V primeru usedalnikov ali aktivacijskih rezervoarjev je možno udeležencem pojasniti, kako se določa kakovost blata z vidika usedanja, tj. indeks blata. Indeks blata merimo s sedimentacijskim testom, ko vzamemo vzorec iz rezervoarja in ga vlijemo v merilni valj, nato pa po 30 minutah izmerimo višino meje med vodo in blatom. Indeks mulja se nato izračuna kot višina sedimenta, deljena s časom sedimentacije. Po izračunanem indeksu blata je mogoče oceniti, kako enostavno ali težko se blato usede.




**Nasvet za tolmačenje:** Sedimentacijski test lahko izvedemo na kraju samem. Na začetku interpretacije pri aktivacijskih rezervoarjih odvezamo vzorec blata, na koncu interpretacije pa se že vidi meja voda-blato in odtočna voda. Če bomo izvajali to demonstracijo, je priporočljivo, da na ta način zbiramo dotočno odpadno vodo in prikazemo razliko v videzu odpadne in prečiščene vode.

### 3.3 Terciarno čiščenje


<b>Dezinfekcija vode</b>		
	<b>Pomembnost</b>	Očiščena odpadna voda še vedno vsebuje različne bakterije, viruse in parazite, ki lahko negativno vplivajo na vodne ekosisteme. Z dezinfekcijo zmanjšamo število mikroorganizmov in zagotovimo varstvo okolja.
	<b>Načelo</b>	Možno je uporabiti več načinov, npr. UV sevanje ali ozoniranje. UV-sevanje določene valovne dolžine prodre skozi ozko plast vode. To sevanje nato ubije mikroorganizme (samo ubije, ne odstrani). Druga metoda je uporaba razkužila, na primer vodikovega peroksida.

<b>Filtracija skozi plast aktivnega oglja</b>		
	<b>Pomembnost</b>	S strožjimi omejitvami za snovi, ki niso hranila, je mogoče uporabiti filtracijo skozi plast aktivnega oglja. Aktivno oglje lahko odstrani mikropolutante (snovi, ki jih voda vsebuje v zelo nizkih koncentracijah).
	<b>Načelo</b>	Adsorpcija organskih snovi, zdravil, težkih kovin in drugih nečistoč iz odpadne vode na aktivno oglje


## Membranska tehnologija


	<b>Pomembnost</b>	K uporabi membranskih tehnologij pristopimo takrat, ko želimo imeti na iztoku izjemno kakovostno vodo. Pri uporabi membranske tehnologije se zmanjša število bakterij, koncentracija elementov in spojin, odvisno od velikosti por membrane.
	<b>Načelo</b>	Očiščena odpadna voda se črpa skozi membrano, ki je sestavljena iz lukenj določene velikosti (ločimo: mikrofiltracijo, nanofiltracijo in ultrafiltracijo). Voda in snovi, ki so manjše od danih lukenj, bodo tekle skozi membrano, medtem ko se bodo snovi, ki so večje od teh por, začele nabirati na membrani.

## Kemično obarjanje fosforja na odtoku

	<b>Pomembnost</b>	Če je koncentracija fosforja v iztoku iz usedalnikov še vedno visoka in ne dosega mejnih vrednosti, je možno koncentracijo fosforja znižati s kemičnim obarjanjem.
	<b>Načelo</b>	Preostali fosfor, ki ga vsebuje prečiščena voda, se obori s sredstvom za obarjanje. Čistilne naprave uporabljajo različne snovi, največkrat sulfat ali železov klorid. Železova sol reagira s fosfati in tvori netopno železovo fosfatno spojino.

### 3.4 Upravljanje z blatom

<b>Zgoščevanje blata</b>		
	<b>Pomembnost</b>	Zmanjšanje vsebnosti vode v blatu pred nadaljnjo predelavo.
	<b>Načelo</b>	Blato zgostimo gravitacijsko v zgoščevalnih posodah ali mehansko v zgoščevalni centrifugi ali zgoščevalnem situ.

Stabilizacija blata		
	<b>Pomembnost</b>	Proizvodnja stabilnega in varnega materiala, ki ga je mogoče nadalje uporabiti, na primer v kmetijstvu.
	<b>Načelo</b>	<p>Stabilizacija blata vodi do zmanjšanja količine organskih snovi v blatu in do zmanjšanja števila patogenih in drugih živih organizmov. Stabilizirano blato se ne razgrajuje naprej in ne povzroča težav z neprijetnim vonjem.</p> <p><u>Vrste stabilizacije blata:</u>            anaerobno            aerobna            kemična</p> <p>Pri anaerobni stabilizaciji (gnitju) blata se organske snovi pretvorijo v bioplin, ki se nadalje predela za energijo. Uporablja se v srednjih in velikih čistilnih napravah.</p> <p><b>Aerobna stabilizacija temelji na prezračevanju blata. Organske snovi, ki jih vsebuje, so oksidirane.</b></p> <p>Med kemijsko stabilizacijo blatu dodamo živo apno (CaO). Živo apno reagira z vodo, ki je prisotna v blatu, da proizvede toploto in hidroksid, kar bo povečalo pH in s tem zaviralo aktivnost mikroorganizmov.</p>

## Odvodnjavanje blata



### Pomembnost

Zmanjšanje vsebnosti vode v stabiliziranem blatu, da se le-to lahko uporablja naprej in se zmanjšajo stroški transporta (manjša količina vode pomeni manjšo prostornino blata, kar pomeni manjše število napoljenih posod).

### Načelo

Blato odvajamo strojno ali na muljnih poljih.

Strojne metode vključujejo:

- centrifuge
- stiskalnice s sito
- calopresses
- vakuumske stiskalnice
- vijačna stiskalnica

**Centrifuga deluje na principu centrifugalne sile. To je tako pospešeno usedanje delcev (sedimentacija). Med centrifugiranjem se rotor centrifuge hitro vrti in blato se loči na trdne delce in vodo. Kalolisy so potem tako sito, ki zajema mulj in prepušča vodo.**