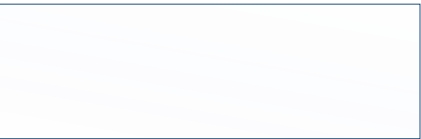


metodologija izvajanja ekskurzij na vodnogospodarskih objektih

# PITNA VODA



## Vsebina

Naslovnica .....	4
1 Splošni uvod .....	5
1.1 Kako se pripraviti na ekskurzijo? .....	8
1.2 Priprave pred ekskurzijo .....	14
1.2.1 Bodi pripovedovalec zgodb .....	14
1.2.2 Zgodba o vodi .....	15
1.2.3 Zgodba o materiji in energiji .....	18
1.2.4 Zgodba o denarju .....	22
1.2.5 Zgodba o ljudeh .....	24
2 Lastna ekskurzija .....	26
2.1 Ključna vprašanja .....	27
2.2 Kakovost vode .....	27
2.3 Vir surove vode .....	29
2.4 Opis tehnologije .....	30
2.5 Vodovodno omrežje .....	33
2.5.1 Merilniki vode .....	34
3 Opis tehnologij .....	36
3.1 Dleto .....	37
3.2 Prezračevanje .....	38
3.3 Sedimentacija .....	40
3.4 Flotacija .....	41
3.5 Bistrenje/koagulacija/flokulacija .....	42
3.6 Filtracija .....	44
3.7 Ionski izmenjevalci .....	45
3.8 sorpcija .....	46
3.9 Higienška oskrba z vodo .....	49
3.9.1 Kloriranje .....	49
3.9.2 UV sevanje .....	50
3.10 Stabilizacija (ravnotežje kalcijevega karbonata) .....	54
3.11 Membranska tehnologija .....	55
3.12 Upravljanje z blatom .....	56
4 Po ekskurziji .....	57
5 Povezave in dodatne informacije .....	58

6 Priloga: Obrazec za informacije o čistilni napravi .....59

## Naslovnica

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



Financováno  
Evropskou unií  
NextGenerationEU



# 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 vodořpodářských společností, kteří provádějí exkurze.

Realizace projektu: únor 2024 – červenec 2025

Vodja projekta je Društvo za vode



# 1 Splošni uvod

Čistilne naprave (in pripadajoči vodni viri, zadrževalniki, črpališča, tlačne postaje...) so osnovna gradbena enota vodnogospodarskega in vodooskrbnega sistema. Čeprav se tega dandanes malokdo popolnoma zaveda, te sisteme posredno uporablja vsak od nas, tudi vsak dan. Človek brez pitja vode ne zdrži več kot 3 dni, izgube pa opazi skoraj takoj. Kljub temu pa moramo iz lastnih študentskih izkušenj žal ugotoviti, da se pri pouku čas posveča precej manj bistvenim temam (npr. varjenje piva ali razvijanje analognih fotografij), kar pri urejanju voda vodi v popolno pomanjkanje elementarnega znanja. Primer je klasična in povsem pogosta zamenjava funkcije čistilne naprave s čistilno napravo. Besede čistilna naprava v povezavi s čistilno napravo nočemo niti slišati. Saj študentje in starejši prebivalci ne vedo, od kod voda, ki teče iz lastne pipe. Ob nizki stopnji informiranosti nas ne more presenetiti, da navadni ljudje običajno nimajo pojma, kaj to kompleksno področje vključuje, in potem jemljejo pitno vodo za samoumevno. In prav to bi radi s to metodologijo, predvsem pa s pomočjo vas, bralcev in sedanjih ali bodočih vodnikov po čistilnih napravah in pripadajoči infrastrukturi, spremenili.

Ker je rednega interaktivnega pouka v šolah razmeroma veliko in ponudba bistveno presega povpraševanje, smo se odločili izkoristiti največjo ugodnost, ki nam jo narava našega področja omogoča – terenske izlete s poudarkom na lokalnih informacijah, da si lahko vsak učenec in dijak predstavlja pot, ki jo mora prehoditi voda, preden priteče iz pipe v njegovem domu.

Vsa čast redkim upravljavcem vodovodov, ki tovrstne izobraževalne ekskurzije že izvajajo. Vendar so to večinoma velika mesta; z našega vidika pa je pomembno, da ne pozabimo na manjša mesta in vasi, kjer šole nimajo možnosti, da bi se na ekskurzijo peljale eno uro z vlakom v večji promet. Zato želimo prispevati k temu, da se te ekskurzije začnejo izvajati tudi drugod in tako povečati zavedanje o delovanju vodnega gospodarstva na Češkem z njegovimi regionalnimi posebnostmi.

Metodologijo, ki jo držite v rokah, smo zato poskušali zasnovati tako, da bo uporabna od majhnih predelovalnih obratov z enostavno tehnologijo do velikih predelovalnih obratov v regionalnih mestih z najsodobnejšimi tehnološkimi postopki. Ker sta si ti operaciji (iz razumljivih razlogov) diametralno nasprotni, je bilo naše delo precej zapleteno. Posledica tega je, da je ta dokument sestavljen iz številnih posameznih modulov, ki so praktično neodvisni drug od drugega – za izvedbo ekskurzije v danem predelovalnem obratu boste torej izbrali samo tiste module, ki so za vas relevantni. Podrobnejše informacije o zlaganju so podane neposredno z danimi tehnološkimi moduli.

Enako je metodologija namenjena osnovnim in srednjim šolam ali celo najbolj radovednim udeležencem ekskurzije (za bodoče študente tehničnih fakultet). Zahtevano raven (količino in strokovnost) informacij, primernih za dano stopnjo izobrazbe, lahko pridobite z uporabo le tistih delov modulov, ki so relevantni za dano stopnjo. Vsekakor pa toplo priporočamo, da tudi v primeru ekskurzije »samo« za osnovno šolo na hitro naštudirate tudi višje stopnje – včasih ne boste verjeli, kakšna vprašanja znajo oblikovati otroci in vodnika popolnoma presenetiti. Seveda vas s tem ne želimo strašiti.

Hkrati tej metodologiji prilagamo tudi knjižico vodovodnega minimuma, kjer so podrobneje opisani principi posameznih tehnologij. Če torej niste prepričani, ali je ta rezervoar za koagulacijo, flokulacijo ali flotacijo, lahko uporabite to spremno literaturo, da osvežite informacije o šoli in zagotovite, da učencem in študentom posredujete pravilne informacije.

Ponekod je v besedilu uporabljena delitev informacij po posameznih stopnjah izobrazbe, tako da je interpretacija prilagojena vsebini sporočenih informacij. Dele, ki niso na noben način obarvani, lahko uporabite poljubno in niso namenjeni samo eni ciljni skupini.

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

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

**Za vedoželjne - uporabna na primer za izlete na izbirne seminarje kemije ali okolja v maturitetnih letih ali za krožke tehnične mladine in druge interesne in neformalne izobraževalne ustanove. Ali preprosto za radovedneže vseh starosti.**

Vendar te metodologije ne jemljite kot dogmo, ki ji je treba slepo slediti. Kaj pa ti, kaj montaža, kaj skupina, to je individualnost in na to moraš misliti. Sami morate preizkusiti, kaj vam ustreza in kako delati z različnimi skupinami ljudi. Vemo, da pred vami ni lahka naloga, vendar vas občudujemo, da greste naprej in se trudite za najboljšo možno ekskurzijo. Je smiselno!

Ne pozabimo, da je ekskurzija edinstvena priložnost za nagovor javnosti. Ozavestiti področje, pritegniti pozornost in morda celo kaj spremeniti. Poskusite otroke čim bolj vključiti, pokažite, kaj je mogoče, in morda postanite razbijalec mitov. Otrokom lahko podate skupne nasvete, kot so: zakaj se je po počitnicah bolje odpovedati določeni količini vode iz hišnega vodovoda, zakaj bi morali doma redno segrevati bojler na višjo temperaturo, zakaj bi raje pili vodo iz pipe kot mineralno, zakaj in koliko dražje je piti ustekleničeno vodo, zakaj ne bi bazena na vrtu napolnili z vodo iz linije (odgovore najdete na koncu uvoda). Kdo ve, morda boste ravno preko otrok prispevali k spremembi navad celotne družine. Ne pozabimo, da govorimo o prihodnji generaciji, ki bo verjetno nekega dne vzgojila naslednjo generacijo. Predajmo dobre navade, dokler lahko.

Hkrati pa naj vas ne bo strah poudariti, s kakšnimi težavami se soočajo operaterji. Na primer, lahko omenite mikrobn oživitev vode poleti ali nevarnost zmrzovanja rezervoarjev v zimskih mesecih. V okviru ekskurzije je treba pozornost nameniti tudi povezanosti vodnega gospodarstva s celotno družbo, poudariti potrebne poklice, finančna sredstva, velikost in zahtevnost potrebnih objektov itd.

Za zaključek (in v kombinaciji s prejšnjim odstavkom) bi radi osvetlili še en vidik te metodologije – kolikor je bilo mogoče, smo poskušali besedilo oblikovati v stilu vprašanj in odgovorov. Ne le zato, ker se lahko ta vprašanja med izletom pojavijo stran od udeležencev, ampak jih lahko uporabite tudi "proti" udeležencem, da jih aktivirate.

**? Vprašanje: Zakaj bi se morali po dopustu odreči določeni količini vode iz hišnega vodovoda?**

**💡 Odgovor:**

Med našo odsotnostjo voda nepremično stoji v čakalni vrsti in po nekaj dneh higienska zaščita preneha delovati. Ti dejavniki zagotavljajo primerno okolje za rast mikrobov v vodi, ki lahko predstavljajo tveganje za naše zdravje. Zato dajte vodo iz napeljave "zamenjati" z novo (sveže obdelano) vodo.

**? Vprašanje: Zakaj doma redno ogrevati kotel na višjo temperaturo?**

**💡 Odgovor:**

Legionele najbolje uspevajo v mlačni vodi. Le z doseganjem višje temperature, ki je pogosto navedena vsaj nad 60 °C (nad 55 °C se bakterije ne razmnožujejo več, od 70 °C pa hitro odmrejo), bomo preprečili njihovo prekomerno razmnoževanje v kotlu in s tem zmanjšali tveganje za okužbe za zdravje. Pomembna sta tako sama temperatura kot čas, ko ostane na svoji vrednosti.

? Vprašanje: Zakaj naj pijem vodo iz pipe namesto ustekleničene? Koliko bo dražji?

💡 Odgovor:

Razlogov je več: nižja cena, pogostejši nadzor kakovosti med proizvodnjo, manjša obremenitev okolja. Cena vode iz pipe (včasih imenovane tudi voda iz pipe) je seveda odvisna od območja (lahko določite točno za vašo regijo), vendar je običajno več kot 100-krat cenejša od ustekleničene vode. In še več – pogosto gre za popolnoma isto vodo, le da je ustekleničena nekaj mesecev v skladišču.

? Vprašanje: Zakaj je bolje piti vodo iz pipe kot mineralno?

💡 Odgovor:

Morda bi kdo zmotno mislil, da je mineralno vodo dobro piti vsak dan, a ni tako. Vsaka mineralna voda ima določeno kemično sestavo in običajno ni (in ni nujno) v skladu z zakonodajo o pitni vodi. Zaradi visoke vsebnosti in neravnovesja ionov prekomerno in dolgotrajno pitje ni priporočljivo.

? Vprašanje: Zakaj ne bi bazena poleti napolnili z vodo iz pipe?

💡 Odgovor:

Vodna linija ni prilagojena polnjenju bazenov, še posebej, če idejo dobi več stanovalcev hkrati. Velike hitrosti pretoka v cevovodu lahko povzročijo motnost vode (sedimenti iz cevovoda se sproščajo v vodo). Poleg tega količina vode ni bila izračunana, zato lahko voda kasneje manjka v rezervoarju (akumulacija vode). Enako pomembno je omeniti kasnejši padec nadtlaka v omrežju, ki zagotavlja tako transport vode do porabnikov kot tudi zaščito pred pronicanjem talne vode v vodovod, to je kontaminacijo. Tem težavam se zlahka izognemo z naročilom rezervoarja pri vodovodnem podjetju.

***Za radovedne - kleparska serija. Veliko ljudi uporablja izraz vodovodni predpisi. To ni pravilno. Pravilni izraz je vodna črta. Ime izvira iz besede serija***

## 1.1 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 glede tolmačenja, saj se pozornost zmanjšuje z večanjem števila udeležencev, ampak tudi glede tehnične postavitve - ali bo celotna ekskurzija ustrezala na primer v manipulacijski komori rezervoarja ali v kontrolni sobi? V obeh primerih se ne bojte skupine razdeliti na dve, če je dovolj človeških virov.

- **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 podajanje teoretičnega znanja o vodarskih procesih ali pa je teoretični pouk že potekal v šoli in je cilj ekskurzije preizkus pridobljenega znanja v praksi; ali uvesti opis delovnih mest zaposlenih (kariera v vodnem sektorju)? Pogosto je cilj lahko le ozaveščanje, da pitna voda ni samoumevna in da je za njeno pridelavo veliko dela, hkrati pa na njeno kakovost vpliva tudi naš odnos do okolja.

- **Koliko časa imate za ekskurzijo?**

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

Splošne informacije o čistilni napravi je dobro pripraviti vnaprej; obrazec, ki ga lahko uporabite za to, je v dodatku tega dokumenta.

- **Lokalna zgodovina**

Glej poglavje "Vaš izlet"

- **Koliko vode proizvedete na sekundo, na dan in na leto**

Za boljšo predstavo je priporočljivo pretvoriti v nekatere bolj dostopne enote, glejte spodnjo tabelo.

Enota	Glasnost
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

- **Kam dobavljate vodo, v katera mesta, občine, krajevna območja**

Ali samo v bližnjo okolico, ali v bolj oddaljene občine, ali pa je čistilna naprava priključena na skupinski vodovod. Za pomoč lahko posnamete zemljevid ali sliko iz zraka.

- **Koliko ljudi oskrbujete z vodo?**

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

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

Spet je mogoče povečati, npr. oddaljenost od kraja ekskurzije oziroma od središča mesta/vasi udeležencev do mesta XY; koliko rezervoarjev, bencinskih črpalk in drugih zanimivih objektov je na njem. Uporabite lahko na primer zemljevid iz GIS-a, kjer (v tiskani različici) otroci lahko ugotovijo, kje voda doseže njihov dom. Vedno je bolje imeti nekaj vizualnega gradiva za pogovor, da se bodo otroci lažje orientirali. Ob tem bodo otroci verjetno presenečeni, kako dolgo in kompleksno je vodovodno omrežje.

- **Koliko električne energije porabite za proizvodnjo vode?**

Lahko primerjate s porabo doma - povprečna poraba električne energije na Češkem v letu 2023 za 1 gospodinjstvo je bila 3.500 kWh/leto, kar ustreza enoletnemu neprekinjeno prižganemu televizorju (in to ni malo - otroke lahko spomnite, kako jih starši pozivajo, naj ugasnejo televizijo, ko je ne gledajo).

- **Cena vode glede na ustekleničeno vodo**

Za boljšo ponazoritev navedite 1,5 litra, ko je cena pakiranja najmanj 8 CZK; to približno ustreza ceni 1 m<sup>3</sup> odvzetega iz okolja za čiščenje v pitno vodo (otroci običajno niti ne vedo, da to vodo tudi plačajo). Druga možnost je, da primerjate z drugimi pijačami, kot je limonada kola. Cene vam ni treba razkriti otrokom takoj – vprašajte jih, kaj pogosto pijejo in koliko plačajo za steklenico. Če si nihče ne upa, začnite sami. Nato primerjajte s proizvedeno vodo v čistilni napravi.

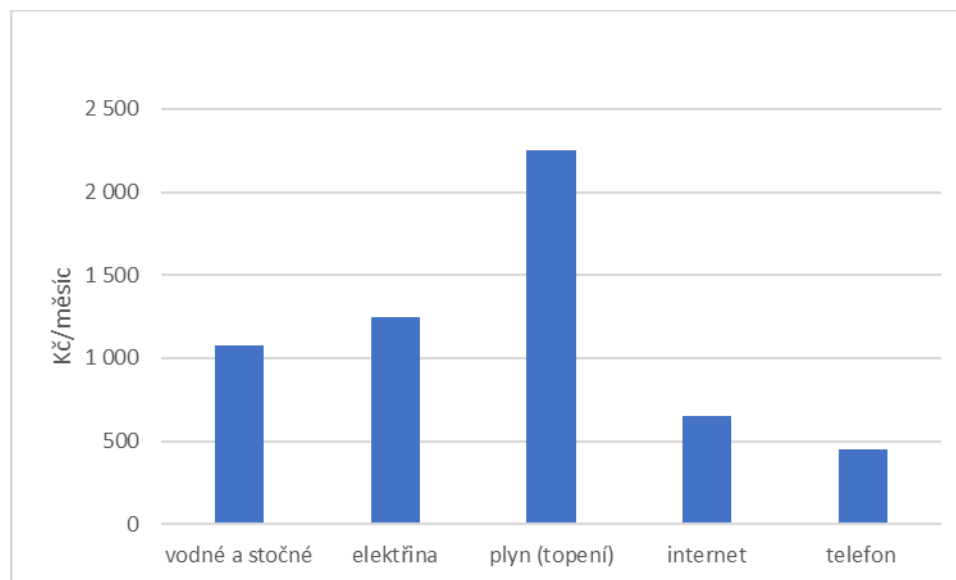
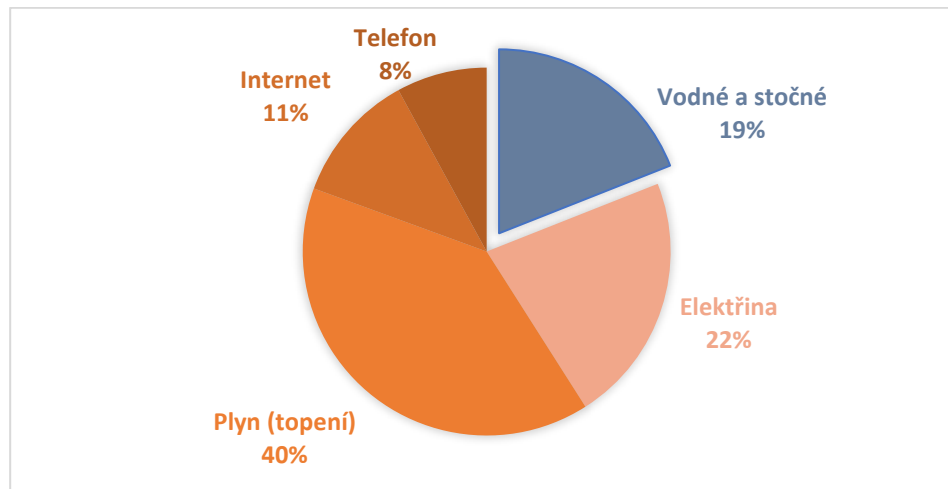
- **Cena vode glede na druge mesečne stroške**

Pripravite graf, ki prikazuje, koliko povprečno gospodinjstvo v vaši regiji plača za vodo in koliko za druge komunalne storitve in storitve, kot so kabelska TV, internet in telefon. Presenečeni boste, kako nizek je delež stroškov osnovne (morda celo najosnovnejše) človekove potrebe, vode, v primerjavi z elektriko, plinom ali internetno povezavo.

Primer primerjave s tipičnimi cenami v letu 2024:

Storitev	Povprečni mesečni strošek	Odstotni delež
Voda in kanalizacija	<b>1080 CZK</b>	<b>17,9 %</b>

Elektrika	<b>1.250 CZK</b>	<b>20,7 %</b>
Plin (ogrevanje)	<b>2.250 CZK</b>	<b>37,3 %</b>
Internet	<b>650 CZK</b>	<b>10,8 %</b>
Telefon (mobilni)	<b>450 CZK</b>	<b>7,5 %</b>
Drugo ogrevanje	<b>spremenljivka</b>	<b>-</b>
<b>Skupaj</b>	<b>6.030 CZK</b>	<b>100 %</b>



- **Katere skupine snovi se odstranjujejo na čistilni napravi in katere tehnologije se za to uporabljajo**

Načini odstranjevanja in pomen posameznih snovi za organizem in okolje so podrobneje opisani v naslednjem delu te metodologije. Vendar razmislite, ali se tehnologija osredotoča tudi na odstranjevanje česa manj

običajnega. Na primer, nekatere podzemne vode imajo lahko višje ravni niklja ali drugih kovin. Drugje je lahko voda bogata z radonom. Ne pozabite otrokom poudariti, da je to nekaj značilnega za kraj.

#### **Pomislite na:**

- **Kam peljete obiskovalce?**

Glede njihove varnosti, prometne varnosti, prostorske zmogljivosti (npr. poskusite določiti prostor, kjer bodo lahko odložili nahrbtnike – bolje je, če z njimi ne hodijo po celotnem predelovalnem obratu), časovne omejitve ogleda in razdalje med posameznimi kraji.

Upošteвайте, da imajo otroci v šoli veliko razlage, na ekskurzijo gredo predvsem zato, da si kaj ogledajo (enourno predavanje v sejni sobi in pol ure v prometu ni ravno tisto, kar bi otroke navdušilo). Preizkušen način izletniške poti je hoja v smeri toka vode na čistilni napravi.

Če veste, da se odpravljate na hrupno mesto, poskušajte udeležencem razložiti, kaj bodo tam videli, preden vstopite v stavbo. Na vas je, ali se boste podrobnejšega opisa lotili pred ali po vstopu v kraj.

Zaradi kompleksnosti nekaterih tehnologij lahko za opis procesa uporabimo tudi grafične diagrame. Ne pozabite, da otroci ne prenesejo dolge razlage na enem mestu. Zato je priporočljivo, da otrokom pred vstopom razložite, kaj bodo videli, se dogovorite, kaj jim boste pokazali in v kakšnem vrstnem redu (prvi dovod, drugi izhod, tretji...), si jih na kratko ogledate in nato zapustite stavbo. Nato boste vzeli diagram v roke in podrobneje razložili postopek. Preden se premaknete na naslednjo postajo, vprašajte otroke, ali želijo znova pogledati v notranjost in si ogledati tehnologijo s svojim na novo pridobljenim znanjem.

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

Ta točka se morda zdi nepomembna, vendar je prosim ne preskočite. Kolikšen je minimum, ki ga mora vsak udeleženec odnesti z vašo ekskurzijo? Razmislite o tem, zapišite nekaj točk in ustrezno načrtujte svojo ekskurzijo. Papir lahko vzamete s seboj na ekskurzijo in sproti preverjate, ali ste pozabili omeniti kaj pomembnega s seznama. Ponavljanje je mati modrosti, zato je prav, če nekaj omenimo večkrat. Ponavljajte z otroki med potezami – postavljajte jim vprašanja, da vidite, ali so razumeli informacije iz prejšnje postaje.

- **Kaj in kje jih boste poklicali skupaj s časovnim dodatkom za posamezne postanke**

Človek je bitje, ki slabo oceni, kako dolgo bo kaj trajalo. Ne pozabite, da je včasih manj več. Če ostane čas, se lahko posvetite več otrokovim vprašanjem in ponovite z njimi. Vsekakor je boljši občutek, kot če bi imeli dolg monolog in ste v stiski s časom. Poleg tega lahko otroci z ekskurzije odnesejo več informacij.

Ne pozabite, da ni vaša naloga, da otrokom med kratkim izletom vtisnete vse informacije. Vaša glavna naloga je, da udeležence navdušite za področje. Dajte jim nekaj svojega entuziazma in motivacije. Navsezadnje nas je veliko na terenu, ker je voda nujna za življenje in ima naše delo res višji pomen.

- **Kaj jim boste pokazali in demonstrirali, kaj lahko poskusijo sami v vaših razmerah**
- **Kaj bi vas lahko vprašali?**

V vsako poglavje smo skušali vključiti nekaj tipičnih vprašanj na dano temo in podali tudi kratke odgovore. Konkretno smo poskušali odgovoriti v treh stavkih. Poskusite razmišljati na enak način - imate še kakšno vprašanje? Če je tako, jih zapišite in pripravite kratke odgovore. Saj med ekskurzijo običajno ni časa za obsežnejše odgovore.

- **Česa pri njihovih letih nisi razumel in bi rad razumel**

Razmislite o tem, kaj mislite, da je pomembno. Kaj bi radi spoznali v mladosti? Zdaj je vaš čas, da to razložite nekemu drugemu. Morda tega ne bo razumel takoj, morda bo trajalo nekaj časa, a kdo ve, morda se vas bo še dolgo spominjal in bo vesel pridobljenega znanja.

- **Kaj jih boste vprašali?**

Vprašanja, da bi bil ogled bolj interaktiven in da bi hkrati ugotovili začetno stanje znanja udeležencev o dani problematiki. Vendar vam ni treba preverjati samo začetnega znanja. Naj vas ne bo strah preizkusiti pridobljeno znanje na ekskurziji. To je odlična oblika povratne informacije za vas – ali so razumeli informacije iz moje predstavitve in kje imajo vrzeli? Poleg tega je postopno ponavljanje ena najboljših metod učenja. Učenci imajo možnost aktivnega priklica informacij, kar jim bo pomagalo prenašati znanje iz kratkoročnega v dolgoročni spomin. Vendar ne pozabite, da zdaj poučujemo, ne testiramo!

Predvsem postavljajte vprašanja in se prepričajte, da razumejo stvari z vašega seznama "Katere so glavne stvari, ki jih morajo udeleženci vzeti s seboj".

Po drugi strani pa je treba povedati, da nekateri učenci sploh ne marajo vprašanj ali odgovorov nanje, ta odpor pa se z leti povečuje; torej nisi ti kriv, če ti nihče sam noče odgovoriti. Didaktičnega pomena je tudi »govorno« vprašanje, ki mu sledi kratek odmor, ko poslušalci običajno razmišljajo, tudi če vodnik nato odgovori, so poslušalci poskušali odgovor oblikovati tudi s svojimi besedami, kar pozitivno vpliva na razumevanje in pomnjenje snovi.

Če menite, da ste naleteli na res sramežljivo skupino, poskusite začeti z zelo enostavnimi vprašanji in dajte udeležencu nagrado za pravilen odgovor (sladkarije, pisalo, drug reklamni predmet), da ga morda motivirate, da bo bolj aktiven pri prihodnjih vprašanjih.

### **Zagotovite in pripravite vnaprej:**

- **Potrebni dokumenti, ki jih zahteva upravljavec objekta (običajno na primer zdravje in varnost)**
- **Potrebna zaščitna oprema, če je potrebna (rokavice, čelade, zaščitni jopiči...)**
- **Delovni listi za obiskovalce (po dogovoru z učitelji)**
- **Pripomočki za ilustrativne primere**

Na primer:

- mobilni ročni testi (včasih imenovani tudi kapljični testi) – običajno za operativne meritve klora, železa, mangana ali pH,
- orodje,
- vodomer (idealno tudi razstavljen),
- vzorčevalna oprema za vzorčenje vode v posameznih tehnoloških fazah (+ avtomatski vzorčevalnik),
- vzorec filtrskega materiala v kozarcu.

Priporočamo tudi pripravo poenostavljenega tehnološkega diagrama, bodisi za razdelitev udeležencem, bodisi drugo možnost – redno prikazovanje trenutne lokacije na velikem formatu. Nam je ljubša druga možnost, saj udeleženci tako ali tako papirjev ne bodo obdržali (bolj iznajdljivi jih bodo izgubili že med ekskurzijo in jih boste imeli možnost loviti npr. iz odprtih peščenih filtrov). Poleg tega lahko otroci na velikem formatu bolje vidijo, če jih prikazujete v velikem obsegu, in manj je verjetno, da boste izgubili njihovo pozornost. Po nekaj ekskurzijah se je shema izkazala in če imate možnost, priporočamo, da papir laminirate do njegove življenjske dobe.

- **Majhne nagrade za obiskovalce,**

če je na voljo (na primer službena pisala, bonboni...). To točko toplo priporočamo. Vendar ne dajajte ničesar zastonj – za pravilen odgovor, dobro vprašanje (zelo radovedno – s tem si boste »kupili« nekaj časa za razmislek, če vas bo vprašanje res presenetilo).

## 1.2 Priprave pred ekskurzijo

*Ta del govori o pripravah na šolo – kaj naj se učijo v šoli, s katerimi informacijami naj delajo, priprava delovnih listov, naloge za ekskurzijo. A ne pozabimo na omejen časovni razpon, ki ga namenijo temu, in potrebo po pripravljenih materialih, ki jih bodo lahko uporabili takoj.*

Zaradi vsesplošne kompleksnosti problematike in s pedagoškega vidika je priporočljivo, da udeleženci ekskurzije opravijo teoretično pripravo pred samo ekskurzijo – poveča se količina zapomnilnih informacij in vam ne bo treba razpravljati o osnovnih temah, kot je vodni krog neposredno na čistilni napravi. Vemo pa, da je predvsem v večjih mestih to težko zaradi ozke ravni občolskih dejavnosti v šolah. Zato se je treba o možnostih pogovoriti s konkretnim pedagoškim delavcem, ki bo v imenu šole vodil ekskurzijo. Pogovorite se s svojim učiteljem, da boste vedeli, kaj lahko pričakujete.

Priprave v šoli lahko opravite neposredno vi (ta možnost je seveda boljša, saj lahko kombinirate predavanje z ekskurzijo) ali pedagoški delavec; gradiva (predstavitve, delovni listi, fotografije...) so za oba primera pripravljena v okviru tega projekta in jih najdete na njegovi spletni strani.

### 1.2.1 Bodi pripovedovalec zgodb

*Določimo, kaj želimo povedati, kje in komu, katere zgodbe projicirati v pripoved. Kaj želimo, da udeleženci odnesejo.*

To poglavje bi lahko imeli za razširitev, vendar upamo, da boste v njem našli kaj zanimivega in navdihnjenega. Zgodbe prispevajo k oživitvi klasičnega izletništva. Ste kdaj pomislili, kako pomemben je lahko način izražanja? Kajti to, kako posredujemo informacije, je prav tako pomembno kot to, kar povemo – pogosto, če ne še bolj, pri otrocih. Še posebej, če želite pritegniti udeležence.

V zgodovini je bilo pripovedovanje zgodb glavni način prenosa informacij in izkušenj med ljudmi. Še vedno velja za najučinkovitejšo metodo privabljanja ljudi. Za razliko od »suhih« dejstev imajo zgodbe osebno raven, specifičen zaplet in v nas pogosto vzbudijo čustva, ki nam še toliko bolj pomagajo dojeti in predelati informacije. Poleg tega si ljudje običajno zgodbe zapomnimo dlje in lažje. In ko so posebej dobro povedani (vpliv je "močan"), lahko ostanejo z nami vse življenje. Verjetno vsi nosimo nekaj od tega v sebi, kajne? Včasih nas celo navdihnejo.

Da je zgodba dobra, mora biti skrbno premišljena in pripravljena. Zanašanje na to, da se nekaj pojavi na kraju samem, se ponavadi ne izplača. Poleg tega moramo paziti, da ne izdamo lastnega telesa – menda je več kot 90 % komunikacije neverbalne. Zato bodite še posebej pozorni na kretnje in mimiko. Vsekakor pa ni zaželeno pretiravati, sploh če tega niste vajeni – nočete izpasti izmišljeni. Brez skrbi, za vse je potrebna samo praksa. Videli boste, da boste z vsako naslednjo ekskurzijo napredovali. Ne pozabite, da so najučinkovitejše zgodbe iz lastnih izkušenj, zato se ekskurzije ne bojte »začiniti« z zgodbami s terena.

V okviru tega projekta smo za vas razmišljali o možnih zgodbah in izdelali tri pomembne zgodbe, ki vam bodo pomagale ponazoriti posamezno dogajanje in procese na čistilnih napravah – to je zgodba o vodi, zgodba o snoveh in energiji ter končno zgodba o ljudeh. Katere od zgodb boste bolj promovirali, naj bo odvisno predvsem od namena ekskurzije.

Cilj si postavite med skupnim pogovorom z učiteljem, veliko pred samo ekskurzijo. Če pride na ekskurzijo skupina študentov, ki stroke ne pozna preveč, se je smiselno osredotočiti predvsem na zgodbo o vodi – kako iz surove vode nastane obdelana voda, ki priteče iz domače pipe. Ko pa se pogovarjate s starejšimi učenci, ki že imajo osnovno znanje kemije, je smiselno vključiti razpravo o energiji, cenah vode in kemikalijah, ki so potrebne

za čiščenje, ali jih je treba uporabiti ali jih posebej odstraniti iz vode. Za študente, ki so pokazali neposredno zanimanje za področje ali raziskujejo možnosti prihodnje zaposlitve, je na voljo vodenje skozi zgodbo ljudi, ki delajo na čistilnih napravah. Posamezne zgodbe analiziramo v naslednjih podpoglavjih. Lahko se zgledujete po naših zgodbah, jih kombinirate ali preprosto izmislite svojo. Vi ste pripovedovalec.

V večini razdelkov, opisanih spodaj, so vprašanja, na katera se boste najverjetneje srečali - lahko se "samo" pripravite na odgovore ali pa ta vprašanja neposredno vključite v svojo predstavitev.

### 1.2.2 Zgodba o vodi

Voda je tako rekoč povsod okoli nas – ne samo v obliki rek, ribnikov in jezer, temveč tudi v snegu, atmosferski in talni vlagi; tudi mi smo polni vode. Približno 60 % našega bitja sestavlja voda – ali ni to dober razlog, da imamo najboljšo možno vodo za življenje? Morda se zdi, da potem ni problema, da ima vsakdo dostop do vode, ki je potrebna za življenje. Vendar je ravno nasprotno – velika večina vode v naravi ni namenjena dolgotrajnemu neposrednemu uživanju brez negativnih učinkov na človeški organizem in je treba z njo tudi ustrezno ravnati; in to je pravzaprav tisto, o čemer govori celotno področje vodnega inženirstva. Poglejmo torej, od kod prihaja voda iz pipe. Z drugimi besedami, kaj se mora zgoditi, preden si doma natočimo pitno vodo v kozarec, kar je mnogim ne le otrokom, ampak tudi odraslim samoumevno.

Kot zgodbo o vodi je mogoče začeti z opisom vodnega kroga, to je izhlapevanja vode iz oceanov, njenega transporta v obliki oblakov in posledičnih padavin do nas. Nato voda nekako pride v vir surovin za čistilno napravo in v tehnologijo. Vendar se zgodba s tem ne konča in uporabljena vodo očistijo in vrnejo v naravo, kjer jo lahko nekdo drug večkrat uporabi, preden voda odteče nazaj v ocean.

**? Vprašanje: Koliko vode je na planetu in koliko je pitne/pitne vode?**

**💡 Odgovor:**

Vodna telesa zavzemajo skoraj 71 % zemeljske površine. Od skupne količine vode je velika večina v svetovnih oceanih in morjih (97,7 %), ledeniki in dolgoletna snežna odeja, na primer, na polih zajemajo 1,7 % svetovnih zalog vode. Samo 0,6 % je v zemlji in v talnem okolju (imenujemo jo podzemna voda) in 0,01 % se zadrži v sladkovodnih jezerih, umetnih vodnih zbiralnikih in strugah (površinska voda), iz obeh virov čistimo vodo za uživanje. Recimo, da delamo s približno 0,61 % celotne vode na planetu – to ni niti en odstotek!

**? Vprašanje: Kolikšen odstotek nas, ljudi, predstavlja voda?**

**💡 Odgovor:**

Približno 60 % nas je voda.

**? Vprašanje: Kako dolgo lahko človek zdrži brez vode?**

**💡 Odgovor:**

Brez vode v povprečju zdržimo 3 dni.

Študija iz leta 1944 navaja, da lahko človek preživi brez vode v vrstnem redu enot dni. Zavedati pa se je treba, da je nekaj vode tudi v hrani, ki jo uživamo, velik vpliv pa imajo tudi podnebne razmere. Po poročanju BBC je rekorder mladi avstrijski zidar, ki ga je policija leta 1979 zaprla v celico preiskovalnega pripora in nato nanj pozabila. Brez vode naj bi zdržal 18 dni.

? **Vprašanje:** Kakšne oblike vode poznamo?

💡 **Odgovor:**

V naravi lahko srečamo vodo v treh različnih oblikah (skupinah) – trdni, tekoči in plinasti in celo hkrati. Ob besedi voda najpogosteje pomislimo na njeno tekočo fazo, ki nam priteče v rekah, dežju iz oblakov in jo pijemo. Voda pa je lahko tudi plinasta - vodna para, ki jo vidimo lebdeti nad čajem in ki pri kuhanju hrane izhlapi. Zadnja oblika je seveda trdna voda - led, na katerem pozimi drsamo in s katerim želimo poleti ohladiti limonado.

? **Vprašanje:** Od kod prihaja naša voda?

💡 **Odgovor:**

Verjetno bomo izvedeli, da bo deževalo. To je pravi odgovor, pa se vprašajmo, ali velja tudi za podtalnico. In ja, tudi tukaj je pravilen odgovor, da je bila podtalnica tudi deževnica. Razlika med podzemljem in površjem je le v dolžini cikla in času, ko se tu zadržuje.

Vsa voda na Češkem izvira iz padavin in vsa voda iz Češke postopoma odteka v morje. Tako smo popolnoma odvisni od deževnice.

*SŠ: Veste, da ima pivo Pilsner tako izjemen okus prav zaradi uporabljene podtalnice? Zato tudi če bi kdo varil po istem receptu, pivo zaradi drugačne osnovne sestavine, vode, ne bi bilo niti približno enakega okusa. Pivo ima tudi veliko prednost, da se voda med proizvodnjo prekuha, kar pomaga uničiti vse škodljive mikroorganizme, ki jih voda vsebuje. V zgodovini so celo otroci pili pivo, ker je bilo bolj varno kot pitna voda. To dokazuje tudi londonska vodna epidemija, ko se niso okužili le zaposleni v pivovarni (saj so pili predvsem pivo).*

*Radoveden: Ste vedeli, da voda ne more nastati sama od sebe? To pomeni, da je podzemna voda lahko stara več deset tisoč let, vsako vodo pred nami pa je pilo že ogromno ljudi in živali.*

? **Vprašanje:** Kakšna je razlika med površinsko in podzemno vodo?

💡 **Odgovor:**

Voda iz rek, jezer in akumulacij, torej voda, ki je vidna na površini, je površinska voda. Vse, kar je vzeto iz zemlje (iz podzemlja), je že podzemna voda.

? **Vprašanje:** Koliko vode se letno proizvede na Češkem?

💡 **Odgovor:**

Leta 2022 je bilo na Češkem skupno proizvedenih 576 milijonov kubičnih metrov pitne vode, kar ustreza manj kot dvema rezervoarjema Lipno.

? **V: Katere industrije uporabljajo obdelano vodo?**

💡 **Odgovor:**

Zagotovo vsaka industrija v svoji proizvodnji uporablja vodo. Pa naj gre za eno od surovin ali zgolj za hladilno vodo. Tukaj bomo navedli le nekaj primerov. Kmetijstvo je nedvomno na vrhu potrošniške lestvice. Udeležence bo morda presenetilo, vendar se 70 % svetovne sveže vode (približno 3 % vode na planetu, vključno z zamrznjenimi zalogami; manj kot 1 % za konvencionalne vire) uporablja v kmetijstvu. To je skoraj  $\frac{3}{4}$  vseh! Vendar pa kmetijstvo ni edino. Tudi oblačilna industrija porabi ogromno vode. Da ne omenjam, da večina oblačil, ki so izdelana, ni nikoli oblečena. A to je verjetno žalostna zgodba za kdaj drugič. Poleg tega vodo uporablja živilska industrija – pogosto mora za svoje dejavnosti redno dokumentirati zadovoljive analize vode. Zagotovo so otroci slišali, da je proizvodnja elektronike zahtevna pri vodi – vse te baterije so velika obremenitev za okolje. V dobi električnih avtomobilov je povpraševanje po vodi še večje. Tudi če pomislimo, koliko vode je potrebno za gašenje tako gorečega električnega avtomobila...

***Za radovedneže: Najzahtevnejše kulturne rastline glede porabe vode so bombaž, sladkorni trs, pšenica, koruza in riž. Sem presenetljivo sodijo tudi oreščki, ki jih pogosto gojijo na območjih z revno vodo.***

? **Vprašanje: Kaj je vodni žig?**

💡 **Odgovor:**

Vodni odtis nam pove, koliko sveže vode (neposredno ali posredno) porabimo za pridelavo pridelkov ali proizvodnjo določenega proizvoda. Je torej nek indikator, ki nam pomaga spoznati obremenjenost okolja.

There are also certain types of water traces, but it is definitely not worth going that far on an excursion. Če pa otrokom odvezamemo podatek, da vodni odtis obstaja in je dober način za vrednotenje našega obnašanja do vode, bo delno zmagan.

***Za radovedneže: Za predstavo, na kilogram govejega mesa se porabi okoli 15,5 tisoč litrov vode. Vodni odtis je torej 15,5 tisoč l/kg mesa. Za primerjavo, riž ima na primer okoli 1,6 tisoč l/kg. Torej počasi desetkrat manj kot govedina.***

### 1.2.3 Zgodba o materiji in energiji

Če so otroci že dobro seznanjeni z zgodbo o vodi ali če so starejši učenci s kemijsko zavestjo, je primerno v ekskurzijo vključiti zgodbo o snoveh in energiji. Navsezadnje čiščenje vode še zdaleč ni preprosto in brezplačno. To je verjetno ena najbolj zmotnih predpostavk nasploh. Vsi imajo potem občutek, da je vode na pretek vsepovsod okoli nas, vodovodi pa hočejo le potegniti denar od ljudi. In nasprotno se izkaže, ko se začnemo zanimati za cene vode. Verjetno le malokdo ve, da je črpanje surove vode plačljivo. Poleg tega moramo črpati surovo vodo in ta energija tudi nekaj stane. In ko govorimo o energijah, izpustimo eno bistveno – človeško energijo, brez katere predelovalnica zagotovo ne bi šla. Na srečo o tem razpravljamo v naslednjem poglavju.

Koliko stanejo kemikalije, ki jih moramo dodati vodi za njeno čiščenje? Na čistilnih napravah obeh vrst vode se uporablja širok nabor kemikalij, brez katerih ne bi šlo, saj voda ne bi ustrezala zahtevam zakonodaje in bi lahko ogrozila zdravje potrošnikov. Ne gre pa le za snovi, ki jih dodajamo vodi, temveč predvsem za tiste, ki se jih v vodi želimo znebiti.

? **Vprašanje: Katere snovi se nahajajo v vodi?**

💡 **Odgovor:**

Na splošno ločimo kemijske in biološke parametre, ki jih spremljamo v vodi. Snovi v vodi lahko glede na velikost delimo na neraztopljene, koloidne in raztopljene snovi. Največje je seveda najbolje odstraniti (neraztopljene). Snovi so lahko anorganske ali organske narave. Na splošno lahko govorimo o soli, kovinah, plinih, mikropolutantih, patogenih, pa tudi neškodljivih mikroorganizmih in zdravju koristnih snoveh.

*Srednja šola: Naslednji del je namenjen predvsem srednješolcem, ki že imajo trdne temelje iz kemije, saj bodo le tako v celoti razumljene vse posledice in povezave. Tukaj so parametri vode, ki so pomembni.*

? **Vprašanje: O kakšnih koncentracijah bomo govorili?**

💡 **Odgovor:**

Otroke lahko vprašate, kakšne so po njihovem mnenju koncentracije posameznih snovi v vodi. Verjetno jih bo presenetilo, da nobena snov v navadni vodi ne presega vrednosti četrtnine grama na liter. Nekatere (železo ali mangan) so kvečjemu v enotah miligramov na liter, pri težkih kovinah ali pesticidih lahko gremo tudi do več deset mikrogramov na liter.

*1 gram na liter je približno 1 del snovi na 999 g vode. En miligram potem ustreza razredčitvi 1:1.000.000, v primeru mikrogramov pa 1:1.000.000.000.*

? **Vprašanje: Na katere snovi in onesnaženje lahko običajno naletimo v vodah?**

💡 **Odgovor:**

**železo in mangan – Oba parametra povzročata geološka podlaga in sta povsem normalen del praktično vsake podzemne vode. Poleg tega lahko železo prihaja iz starejših notranjih distribucijskih sistemov neposredno v domovih (torej, če vam doma teče zarjavela voda, to morda ne bo problem na čistilni napravi). Dobra novica je, da v običajno ugotovljenih količinah (miligramov na liter) zdravju niso škodljivi – predstavljajo pa težavo na primer pri kuhanju ali pranju, kjer lahko povzročijo rjave madeže na oblačilih. Sumi pa se, da visoke koncentracije mangana negativno vplivajo na živčni sistem.**

**nitriti in nitriti – Dušikove spojine pridejo v vodo s kmetijsko dejavnostjo (gnojenje) ali pronicanjem organskega materiala v vodo. Za odrasle ne predstavljajo težav, pri otrocih pa je te parametre potrebno spremljati (zato je otroška voda opredeljena predvsem z vsebnostjo dušikovih snovi). Nitriti se v človeškem telesu pretvorijo v nitrite, ki nepovratno reagirajo s hemoglobinom in tvorijo methemoglobin. Methemoglobin ne more več prenašati kisika, kar lahko povzroči zadušitev otroka (v "lažjih" fazah postopoma modri).**

**radiološki parametri - Morda vas bo ta podatek presenetil, vendar je praktično vsa voda radioaktivna, tudi pitna. Vendar vam ni treba skrbeti – meje so postavljene zelo strogo, tako da vam grozi akutni radiacijski sindrom (glavoboli, bruhanje), če naenkrat popijete 45 milijonov m<sup>3</sup> vode (približno šestino VN Slapy). Najpogostejši vir radioaktivnosti v vodi je (pa tudi v zraku) radon-222, sledijo mu kalij-40, uran-235 in uran-238. Vse to so naravni radionuklidi in onesnaženje, na primer iz Černobila, ni problem.**

#### **mikrobiološki parametri:**

To je lahko zanimivo tudi zato, ker vsaka voda vsebuje določeno količino mikroorganizmov. Odlok pa omejuje vse neugodne in nevarne mikroorganizme na nič in dovoljuje le neškodljive ali mrtve v vodi. V očiščeni vodi je na desettisoče mikroorganizmov in le zelo majhen del jih je mogoče gojiti. Na splošno je le 0,27 % mogoče gojiti iz surove vode, manj kot 0,01 % v obdelani vodi. Z drugimi besedami, le tako majhen odstotek je mogoče izolirati in nato določiti z običajnimi kulturami.

V vodi je veliko povzročiteljev bolezni, zgodovinsko pa sta bili najpomembnejši svetovni epidemiji, ki se prenašata z vodo, kolera (nevarna driska) in tifus (nenadna vročina in smrtno nevarna dehidracija).

Pri ocenjevanju mikrobiološke varnosti z analizo ne iščemo specifičnih škodljivih mikroorganizmov (patogenov). Iskanje posameznih organizmov bi bilo ne le zamudno, ampak tudi tehnično zahtevno, zato se pri preiskavi epidemije običajno osredotočimo le na določen organizem. V normalnih pogojih se izvajajo skupinske določitve tako imenovanega indikatorskega sistema. To lahko razumemo tako, da vedno sledimo predstavniku, ki pove, ali nam uspe iz vode odstraniti določeno skupino mikroorganizmov. Indikatorji fekalnega onesnaženja se uporabljajo po vsem svetu za iskanje bakterij, ki jih običajno najdemo v črevesju toplokrvnih živali. Tipični indikatorji vključujejo Clostridium perfringens, Escherichia coli (E. coli) in enterokoke.

***Clostridium perfringens – kaže na uspešno odstranitev parazitskih protozojev. Najdba tovrstnih bakterij jasno nakazuje, da je voda prišla v stik s fekalijami in lahko predstavlja tveganje za zdravje.***

**E.Coli – to je pogosto prisotna bakterija v našem črevesju, obstajajo pa tudi patogeni sevi te bakterije. Posledice okužbe so lahko od krvave driske do odpovedi ledvic (zlasti pri majhnih otrocih).**

Legionela - je bila odkrita leta 1976 po zaslugi skrivnostne epidemije v ZDA. Za razliko od prej omenjenih bakterij pride do okužbe z legionelo pri vdihavanju. Običajno ga najdemo v vseh vodah, vendar predstavlja tveganje v topli vodi in klimatiziranih enotah, kjer se množi v velikem številu. Ta bakterija najbolje uspeva med 25 in 45 stopinjami Celzija. V svetovnem merilu stopnja okužb narašča. Zaradi naraščajočih cen energije so ljudje začeli varčevati na napačnem mestu in domači kotel ohranjali na nezadostni temperaturi. To je povzročilo, da so se

bakterije v njem razmnožile do smrtno nevarnih koncentracij. Okužba se kaže kot febrilna bolezen, ki povzroči hudo pljučnico in pri šibkejših posameznikih smrt. Zaradi finančne in zamudnosti spremljanja njihovega pojavljanja v gospodinjstvih je treba paziti na preventivo in zadostno ogreti kotel – za uničenje bakterij je nujna temperatura vode nad 60 stopinj Celzija. Zadnji predstavniki, ki jih bomo tukaj omenili, so heterotrofne bakterije, naravne in neškodljive bakterije v vodnem okolju. Heterotrofne bakterije določamo pri dveh različnih temperaturah, in sicer pri 22 in 36 stopinjah Celzija. Gre za enega prvih zgodovinsko raziskanih mikrobioloških indikatorjev, ki pa danes ne veljajo več za medicinsko pomembne.

? **Vprašanje:** Katere snovi, ki jih običajno najdemo v vodi, so zdravju koristne in katere, nasprotno, škodljive?

💡 **Odgovor:**

Kot je nekoč rekel modri alkimist Paracelsus: "Vse je strup, vse je strup. Pomembna je samo doza." v vodi ni nič drugače. Da, nekatere snovi so škodljive že v zelo majhnih količinah in je njihovo pojavljanje nezaželeno. To so lahko že omenjeni povzročitelji bolezni, pesticidi, zdravila in druge biološko aktivne snovi. Drugi so lahko dolgoročno škodljivi, nekateri, kot sta že omenjena minerala magnezij in kalcij, pa so za naše zdravje lahko celo nujni.

? **Vprašanje:** Kakšne kemikalije dodajamo vodi pri obdelavi?

💡 **Odgovor:**

Vodi dodajamo veliko kemikalij, odvisno od tehnologije, potrebujemo pa tudi različne materiale (npr. filtrirne materiale, kot so granulirano aktivno oglje, pesek, kremen, mleti apnenec, granulat ekspanzirane gline in mnogi drugi). Tukaj bomo podali le kratek povzetek.

Pogosto je treba vodo utrjevati, kar pomeni "umetno" dodajanje kalcija v vodo, da voda ni agresivna do cevi (več najdete v tehnoloških modulih). Za prilagoditev pH in vsebnosti kalcija v vodi:

**Soda – poznamo jo iz gospodinjstva, je pa sestavni del (večinoma manjših) čistilnih naprav. Soda je dobavljena v obliki prahu, vodna raztopina pa se uporablja neposredno na čistilnih napravah za doziranje. Namen uporabe sode bikarbone je povečati pH vode (zmanjšati njeno kislost).**

**Natrijev hidroksid - na malih čistilnih napravah in se uporablja za čiščenje (povečanje pH) naravnih rahlo kislih voda. Tako kot soda se dozira tudi njena vodna raztopina.**

**Filtri za razkisanje - uporabljajo se naravni materiali, kot so polžgan dolomit, marmor ali apnenec. Voda prehaja skozi filter, raztopi filtrski material, se obogati z minerali in poveča svoj pH.**

**Apno hidrat – morda bo koga presenetilo, vendar se v čistilnih napravah uporablja navadno apno. Ne uporablja se za pripravo maltnih mešanic, temveč za zvišanje pH vode. Vodi ga dodajamo v obliki apnenega mleka ali apnene vode. V večjih predelovalnih obratih se pogosto srečujemo z ravnanjem z apnom, apneno mleko pripravljamo v tako imenovani apneni dušilki.**

Surova voda (zlasti podtalnica) vsebuje povečane količine železa in mangana. Čeprav se pogosto trdi, da zdravju ne škodujejo, pri manganu to ni tako gotovo. Nekateri viri govorijo o možnem vplivu na živčni sistem. Še posebej nas skrbi železo, ker vpliva na senzorične lastnosti vode – otrokom lahko pokažete vzorec vode, ki je res bogata z železom, da bomo vsi vedeli, o čem govorimo. Za odstranitev teh snovi je treba uporabiti tudi kemikalije ali določen material:

**Kalijev permanganat** – čeprav se sliši res čudno, se za odstranjevanje mangana uporablja spojina, ki vsebuje mangan. Permanganat je močan oksidant, ki nam pomaga pretvoriti mangan in železo v odstranljivo obliko (iz raztopljene v neraztopljeno), po oksidaciji pa je dovolj že klasičen peščen filter, da ju odstranimo.

**Kisik/zrak** – uporablja se pri povišanih koncentracijah železa. Podobno kot permanganat ima kisik oksidacijski učinek in pretvarja snovi v neraztopljeno, lahko odstranljivo obliko. V velikih čistilnih napravah za površinske vode pogosto naletite na kisik. Morda boste opazili, da je shranjen v steklenicah pod pritiskom. Takšne čistilne naprave ne uporabljajo kisika za normalno oksidacijo železa, temveč za nastajanje ozona za ozonizacijo vode. A več o tem kasneje v dokumentu.

**Natrijev hipoklorit** – hipoklorit se uporablja v manjših čistilnih napravah za oksidacijo in s tem odstranjevanje železa. A več o hipokloritu kot razkužilu. Skoraj vsi uporabljajo in dobro poznajo SAVO, gre za raztopino natrijevega hipoklorita. To je eden izmed možnih načinov higienske zaščite pred mikroorganizmi. V vsaki manjši predelovalni tovarni na Češkem boste naleteli na hipoklorit. Novo pa je, da ga tudi nekateri večji predelovalni obrati začenjajo sami proizvajati in spuščati v obratovanje.

? **Vprašanje:** Kako se običajni SAVO razlikuje od hipoklorita, ki se uporablja v čistilnih napravah?

💡 **Odgovor:**

SAVO in običajni natrijev hipoklorit ( $\text{NaClO}$ ), ki se uporabljata v čistilnih napravah, imata isto učinkovino, to je natrijev hipoklorit. Verjetno so največje razlike v koncentraciji in uporabi. SAVO, ki ga imamo doma, je običajno 5-odstotna raztopina in je tako oblikovan predvsem zaradi varnosti in enostavne uporabe za povprečnega potrošnika. Doma ga uporabljamo kot razkužilo za površine ali kot belilo. Na čistilnih napravah pa se koncentracija spreminja glede na potrebe posamezne čistilne naprave. Pričakuje se tudi določena čistost hipoklorita, ki bo zagotovila večjo stabilnost produkta, predvsem pa preprečila nezaželeno stranske produkte v vodi pri njegovi uporabi. V čistilnih napravah se hipoklorit uporablja za dezinfekcijo vode pred patogeni, s čimer se zagotovi varnost potrošnikov.

Za bolj onesnažene vodne vire, kar pomeni predvsem površinske vode, so potrebne druge specifične kemikalije, kot so koagulanti, pomožni flokulanti in napredni oksidacijski procesi.

**Koagulant na osnovi trivalentnih ionov** – tako imenovani koagulanti se uporabljajo za obarjanje res majhnih (koloidnih) nečistoč, ki pomagajo združevati nečistoče v večje enote, tako da jih je lažje odstraniti (za več informacij glejte tehnološki modul).

**Ozon** – Ozonizacija je ena najučinkovitejših oblik higienske varnosti vode in zadostuje kratek čas stika z vodo. Velika prednost je, da ne nastajajo klorirani stranski produkti dezinfekcije. Zaradi nizke stabilnosti v nižji atmosferi mora ozon nastajati neposredno v čistilni napravi za vodo, proizvaja pa se iz zraka ali čistega kisika, ki je izpostavljen močni električni razelektritvi.

**Aktivno oglje v granulah** - sorpcija na aktivnem oglju v granulah je podrobneje obravnavana v tehnološki kartici. Le na kratko bomo navedli, da pomaga pri odstranjevanju mikropolutantov, snovi, ki povzročajo vonj in okus iz vode. Vendar ga je treba občasno regenerirati, da bo tehnologija čim bolj učinkovita. Danes se na žalost onesnaženje podzemnih virov s pesticidi pojavlja vse pogosteje, zato se tudi za podzemne vire vse pogosteje uvaja filtracija skozi granulirani premog.

**Klor – Verjetno najbolj znana organoleptična lastnost dobavljene vode je vonj, ki je največkrat po kloru (navsezadnje ga lahko zavohate npr. v bazenih). Prej je bila za zagotovitev mikrobiološke varnosti potrebna vsebnost klora v pitni vodi, ki ni enaka nič; to že nekaj let ni bilo potrebno. Človeški voh pa je zelo občutljiv na klor in je mejna vrednost 0,3 mg/liter že tako opazna, da je navaden vonj po kloru iz vodovoda daleč pod mejo.**

? **Vprašanje:** Zakaj mora biti voda klorirana, če ima to negativen vpliv na organoleptične lastnosti vode?

💡 **Odgovor:**

Največkrat imamo v življenju vedno nekaj za nekaj in pri nas žal ni nič drugače. Kloriranje vode nam pomaga zagotoviti vodo za daljše časovno obdobje in daljšo razdaljo preden voda pride do potrošnika. Poleg tega kakovost ni toliko odvisna od notranjih cevi in njihove čistoče, saj prosti klor zagotavlja dezinfekcijo tudi na trasi. To je za operaterja taka zavarovalna polica in malokdo bi takšno odgovornost prevzel na svoj vrat. Konec koncev, če ne bi bilo zagotovljene higienske varnosti, bi lahko imel pojav patogenov v vodi usodne posledice. Vrnili bi se v zgodovinske čase epidemij iz vode. In ja, nekatere čistilne naprave (predvsem v tujini) delujejo brez klora, a za to rabiš kvalitetno infrastrukturo. Odgovorimo iskreno - ali mislite, da je denar za zamenjavo distribucijskih vodov z novimi povsod na Češkem? Redno preverjati in popravljati cevi? Kaj pa del pri potrošniku? Ali redno preverjate napeljavo doma? In kako pogosto doma razkužujete perlator?

#### 1.2.4 Zgodba o denarju

Gre predvsem za denar, zato je treba del razlage ekskurzije (oziroma prejšnjega predavanja) posvetiti oblikovanju cen vode, saj laična javnost (kamor sodijo tudi udeleženci ekskurzij) nima pojma, iz česa je sestavljena cena vode. Zasedli smo že mnenje, da gre na primer tistih sto kron na kubični meter vse kot dobiček podjetju, ker je voda brez narave, infrastruktura je zgrajena iz časa socializma in nič drugega ni potrebno. Verjetno vam kot operativnim delavcem ni treba povedati, da vsekakor ni tako preprosto.

Oblikovanje cene vode urejajo ustrezni pravni standardi in redno (letno) posodobljena ocena cen Ministrstva za finance (ki med drugim vključuje najvišjo ceno vode za posamezno leto za posamezne regije Češke republike, tako imenovano družbeno sprejemljivo ceno, in najvišji odstotek dobička delujočega podjetja, tako imenovani razumni dobiček). Pri oblikovanju cene ima pomembno vlogo lastnik infrastrukture, največkrat pristojna občina, ki potrdi kalkulacijo cene, ki jo sestavi upravljavec. V kalkulaciji cene so nato vključene stroškovne postavke, ki nastanejo pri proizvodnji pitne vode. Stroški se začnejo že pri odjemu surove vode, za kar je treba plačati nadomestilo (taksa ima različno višino in različno ciljno organizacijo pri površinskih in podzemnih vodah). Zbiranje vode je pogosto črpalno in zahteva elektriko. Navsezadnje je potreben tudi za napajanje drugih tehnologij. Električna energija tako postane pomembna postavka tako imenovane oskrbe z vodo. Poleg tega se pri čiščenju vode uporabljajo kemikalije. Poleg elektrike in kemikalij je potreben laboratorijski nadzor in delovanje tehnologije (sploh človeški viri, povezani z delovanjem ne samo tehnologije, ampak tudi podjetja kot takega). Pogosto so najpomembnejša postavka voda stroški, povezani z obnovo in vzdrževanjem vodnih sredstev. Vsak objekt in tehnologija imata omejeno življenjsko dobo in iz vsakega proizvedenega m<sup>3</sup> je (po zakonu) potrebno pridobiti sredstva za njihovo obnovo. V vodarino so vključene tudi druge postavke v zvezi s spremljajočimi storitvami, vzdrževanjem analitičnih naprav, odvozom odpadkov, stroški odčitavanja, umerjanja in zamenjave vodomero, vodenja celotnega obratovanja ter po potrebi tudi stroški morebitnih posojil in podobno. Cena vode mora biti torej dovolj visoka, da je dovolj sredstev za pokritje vseh stroškov. Upravljavec vodovoda običajno ustvarja tudi dobiček, ki je glavna motivacija za njegovo

dejavnost. Višina dobička je močno regulirana, nadzorovana in ne sme preseči 7 %, kar je zelo nizka številka v primerjavi z drugimi področji.

### 1.2.5 Zgodba o ljudeh

Če se pojavi tema o ljudeh in poklicih v vodnem gospodarstvu, bo vsak udeleženec potovanja verjetno pomislil na operativno osebje, ki pregleduje kanale (čeprav to dejansko ni povezano z vodnim gospodarstvom kot takim). Ta stereotip in hkrati vse manjše zanimanje za poklice, povezane z vodo, nas je pripeljalo do tega, da smo to temo vključili v ogled. Za te zgodbe ni treba rezervirati enega samega postanka, ampak je treba te informacije posredovati postopoma v trenutkih, ko bodo koristne (pri predstavitvi, ob obisku obratovalnega laboratorija ali nadzorne sobe). Tako lahko omenite našete poklice in poklice. Ob tem je treba povedati, da poklic nima povsod enakega imena oziroma se lahko obseg opravljenega dela razlikuje.

? **Vprašanje:** Brez katerih delovnih mest (ljudi) čistilna naprava ne bi mogla in zakaj?

💡 **Odgovor:**

- **Upravljaec čistilne naprave – oseba, ki skrbi za normalno tekoče delovanje naprave. Njegove naloge se razlikujejo glede na določen objekt in lokacijo. Morda gre le za dopolnjevanje kemikalij in vzdrževanje, lahko pa naloge vključujejo (zlasti pri manjših operacijah) tudi kemične analize, nastavitve sistema, vzorčenje, manjša popravila in prilagoditve, košnjo okoli zgradb in podobno.**
- **Dispečer – pri večjih predelovalnih obratih neprekinjeno spremljajo delovanje in nastavitve predelovalnega obrata. Tesno sodelujejo s tehnologom.**
- **Vodja čistilne naprave – pri večjih posegih; koordinira ljudi, skrbi za naročila in dobavo materiala ter tesno komunicira predvsem z upravljavcem čistilne naprave in tehnologom.**
- **Operativni monterji – zagotavljanje delovanja omrežja in odpravljanje napak.**
- **Vzorčevalnik - jemlje vzorce tako na čistilni napravi kot na vodovodnem omrežju in pri odjemalcih.**
- **Laboratorijski tehnik - obdeluje vzorce, operativne ali akreditirane.**

**Za radovedneže: Z akreditiranimi laboratoriji ste lahko prepričani, da so uporabljene metode, statistične obdelave, stopnje napak in kakovost uporabljenih kemikalij v skladu ne le z zakonskimi predpisi, ampak tudi s splošno sprejeto laboratorijsko prakso; to redno in zelo strogo kontrolira akreditacijska institucija.**

- **Električar - izvaja vzdrževanje in popravila električne opreme.**
- **Upravljaec voda – zagotavlja administracijo v zvezi z odjemi vode, komunikacijo z organi, vodnogospodarske bilance.**
- **Tehnolog - zelo pomemben poklic. To je oseba, ki je odgovorna za kakovost dobavljene vode. Med njegovimi kompetencami in nalogami so pravilna nastavitve tehnološke linije, določanje pravih odmerkov kemikalij, načrtovanje vzorčenja in vrednotenje rezultatov analiz. Tehnolog naj bo po izobrazbi kemik (po možnosti neposredno na področju "vodne tehnologije", čeprav je ta specializacija žal zelo pomanjkljiva).**
- **Služba za stranke - posreduje pri komunikaciji s strankami, sklepanje pogodb, fakturiranje, reklamacije, komentiranje na omrežjih in podobno.**
- **Preprečevanje – običajno odpravljanje težav – tukaj lahko govorite o metodah odpravljanja težav v vašem podjetju.**

- **Drugi poklici** – vodnogospodarske dejavnosti imajo lahko tudi druge zaposlene, ki zagotavljajo npr. GIS, načrtovanje investicij, skladiščenje, tehnično podporo, voznike.
- **Vodstvo** – tako kot vsako podjetje mora tudi operativno vodno podjetje imeti menedžerje, notranje revizorje, kadrovske službe in druge sorodne položaje.

? **Vprašanje:** Koliko ljudi dela tukaj?

💡 **Odgovor:**

Verjetno najpogostejše vprašanje o človeških virih, ki ga lahko dobite od udeležencev ekskurzije. Vendar vam z odgovorom ne moremo pomagati in se morate vprašati sami (za majhne občine, kjer ste morda edini delavec na vodarstvu) ali nadrejeni (za obratujoča podjetja).

? **Vprašanje:** Kaj moram študirati za delo tukaj?

💡 **Odgovor:**

Če boste dobili to vprašanje, bomo zelo veseli - saj je bil izpolnjen eden od sekundarnih ciljev tega dokumenta in celotnega projekta, in sicer vzbuditi zanimanje za študij vodarskih področij pri udeležencih ekskurzij. Če govorimo o tehnologijah pitne vode, potem jih je mogoče študirati neposredno na Fakulteti za tehnologijo varstva okolja na Univerzi za kemijo in tehnologijo v Pragi ter na Univerzi za tehnologijo v Brnu. Sorodna področja lahko najdete tudi na Fakulteti za znanost Karlove univerze v Pragi, na Češki univerzi znanosti o življenju v Pragi in na Univerzi za rudarstvo in tehnologijo v Ostravi. Vendar je treba povedati, da je to delovno mesto odprto za vse znanstveno in tehnično izobražene kandidate.

Pri ostalih poklicih pa je odvisno od konkretnega delovnega mesta – človek težko opravlja delovno mesto laboratorijskega tehnika, če ima certifikat o izobrazbi vodovodarja in obratno. Glede "kariernih nasvetov" se sklicujemo na platformo Young Water Professionals Czech Republic ([www.ywp.cz](http://www.ywp.cz)), ki združuje vodne strokovnjake, mlajše od 35 let. <http://www.ywp.cz/>

## 2 Lastna ekskurzija

### Uvodne besede

Dobro bi bilo, da začnete z razpravo o terminologiji z otroki – besedah, ki jih boste pogosto uporabljali, da se prepričate, da vse razumejo. Poskusite na ta način začeti malo komunikacije z njimi in povečati njihovo interakcijo. Vprašajte jih v obliki vprašanj - ali poznajo to besedo in kako bi jo opisali?

### Varnost in zdravje med ekskurzijo

Kratko usposabljanje za varnost in zdravje pri delu je prvi obvezni del vsake ekskurzije. Za določene vsebine se sklicujemo na vaše interne smernice podjetja ali na ločen dokument iz serije metodologij, ki je posebej posvečen usposabljanju VZD. Prosimo, ne podcenjujte tega dela, čeprav se morda zdi odvečen ali nepotreben.

### Zgodba

Dobra ekskurzija je lahko podkrepljena z zanimivo in dobro usmerjeno zgodbo. Zgodba mora biti privlačna in mora udeležence voditi skozi celotno ekskurzijo. Po predhodnem pogovoru o namenu ekskurzije s pedagoško podporo lahko izberete eno izmed zgodb, ki vam jih predlagamo, ali pa si izmislite svojo. Če pa se odločite za naše, vas želimo napotiti na prejšnje poglavje in dodatno gradivo: Samoizlet – pregled (Priloga 2). Lahko bi vam olajšal delo. Poleg zgodbe tukaj predstavljamo tudi predloge za naloge za otroke in ključno vprašanje na vsaki postaji, na katero morate odgovoriti z otroki.

### Lokalna zgodovina

Priporočamo, da kot tematski uvod v ekskurzijo vključimo problematiko lokalne zgodovine (z vidika oskrbe s pitno vodo), ki ji bodo seveda sledila druga področja interpretacije. Če nimate informacij o tem področju, poskusite stopiti v stik s predstavniki lokalne vlade ali vodilnimi zaposlenimi v vaši organizaciji. Za osnovno orientacijo naj navedemo, da so prve vodovode v manjših občinah (kjer domnevamo bolj verjetno pomanjkljive informacije) začeli graditi med letoma 1910 in 1930 (v primeru obmejnih območij) oziroma v 60. in 70. letih 20. stoletja v okviru tako imenovane akcije Z. Oba stila gradnje zlahka ločimo med seboj, kot tudi gradnje izvedene v okviru državnih subvencijskih spodbud ali EU. v zadnjih desetletjih.

**Osnovna šola:** *S pedagoškega vidika udeležencev ni primerno vključiti v podatkovno ekskurzijo; povsem zadostuje razprava o okvirnem času gradnje oziroma temeljnejše gradnje ali tehnološke preнове. Namesto datumov priporočamo uporabo besedila "pred XX leti..." in ga navezujemo na generacije (npr. "Vodovod so pri nas začeli graditi v času rojstva vaših staršev; vaši stari starši torej še niso imeli vodovoda in so morali vso vodo črpati iz vodnjaka").*

*Zgodovino je bolje "zaviti" v zgodbo, na primer: "...ko je mesto raslo, so se naši predniki spopadali s pomanjkanjem vode in so se odločili zgraditi to čistilno napravo..."*

**Srednja šola:** *Podatki so podobni kot pri osnovnošolcih. Na zgodovinske, predvsem lokalne zgodovinske dogodke je možno opozoriti s podobno datacijo samega vodovoda, po možnosti to datacijo povezati s stanjem vodovoda (material distribucijskega omrežja, morda tehnologija).*

**Radovedni:** Če bi vas zaradi nadaljnjega izobraževanja ali globljega zanimanja bolj zanimala problematika zgodovine vodovoda v določenem kraju, vam priporočamo, da se obrnete na krajevno kroniko (danes se nagibajo k digitalizaciji) ali krajevni državni okrajni arhiv, natančneje na fonde posameznih občin (pred letom 1945) krajevnih narodnih odborov (po letu 1945). Ustrezne povezave najdete na koncu te metodologije v poglavju Povezave in drugo izobraževalno gradivo. Osnovni pregled zgodovine oskrbe z vodo v večini regij je vsebovan v knjigi Jaroslav Jásek: Oskrba z vodo na Češkem, Moravskem in Šleziji.

? **Vprašanje:** In kaj počnete/pospravljate tukaj na čistilnici...?

💡 **Odgovor:**

Žal se v naši praksi redno srečujemo s tem, da laična javnost ne pozna razlike oziroma ne pozna čistilnih naprav za pitno vodo in čistilnih naprav. S takšnim vprašanjem je torej na mestu opozoriti na diametralno razliko med tema dvema objektoma, ne le glede primarne namembnosti, temveč tudi tehnologije.

## 2.1 Ključna vprašanja

- **Vprašanje:** Ali je pitje vode samoumevno?
- **V:** Kaj lahko onesnaži vodo?
- **V:** Kakšno vlogo ima vrstni red tehnologij in kaj odstranijo?
- **Vprašanje:** Kakšen bi bil vpliv na družbo, če v omrežju ne bi bilo rezervoarja?
- **Vprašanje:** Ali je mogoče obdelavo vode izvesti brez stalnega nadzora?
- **V:** Kaj se zgodi, če voda ne ustreza omejitvam?
- **Vprašanje:** Vsaka proizvodnja ima svoje specifične odpadke – kaj so odpadki vodovoda?
- **Vprašanje:** Kako varčevati z vodo?

Varčevanje z vodo doma je odličen način za zmanjšanje stroškov, hkrati pa pomaga varovati okolje. Nekaj nasvetov za udeležence:

- Tuširajte se, namesto da napolnite polno kad
- Poskrbite, da imate doma dvofazno splakovanje (dve različni količini vode)
- Doma uporabite pomivalni stroj namesto pomivanja posode (zaženite ga na polno!)
- Kupite varčne aparate (pri izbiri upoštevajte porabo vode)
- Redno preverjajte in popravljajte pipe in stranišča, da ne puščajo
- Zberite deževnico in jo uporabite na primer za zalivanje ali jo prinesite domov za splakovanje stranišč
- Med umivanjem zob zaprite vodo
- Med pomivanjem posode ne pustite, da voda teče v prazno
- Spoznajte vodni odtis in kakšni so vplivi našega vedenja

## 2.2 Kakovost vode

Celoten proces tehnologije čiščenja vode pravzaprav ni nič drugega kot odstranjevanje neželenih snovi iz vode. Če je voda zarjavela ali z močnim vonjem po kloru, jo potrošnik takoj prepozna in njegovo zaupanje v vodo iz

pipe se zmanjša; in da o zakonodajnih vidikih sploh ne govorimo - skratka, operaterji morajo biti zelo pozorni na kakovost dobavljene vode.

? Vprašanje: Katere so osnovne lastnosti vode?

💡 Odgovor:

**pH – morda prvi parameter, ki udeležencem (srednješolcem) pride na misel; de facto je to kislost vode (pravilno je to negativni logaritem aktivnosti oksonijevih ionov). Pitna voda je lahko rahlo kislá do rahlo alkalna, specifična vrednost pa je odvisna od lastnosti surove vode in potrebnih sprememb med tehnologijo čiščenja (vsak tehnološki korak zahteva različne pogoje).**

**trdota - ta izraz je verjetno zmeden - kako trda je lahko voda? Je pa tekočina. Trdota vode ni nič drugega kot vsebnost kalcija in magnezija v vodi. To je v laični javnosti zelo razpravljana tema in prihajata v konflikt dva interesa. Trša voda (torej tista z visoko vsebnostjo kalcija in magnezija) je okusnejša in telo oskrbi s pomembnimi elementi. Po drugi strani pa se takšna voda odlaga vodni kamen v kotličkih, pralnih strojih in bojlerjih ter tako povzroča težave v teh aparatih.**

**vonj - vonj razgradi vodo, tudi če je sicer primerna za pitje; verjetno je tudi prva stvar, ki jo bo potrošnik prepoznal. V praksi se najpogosteje srečate z vonjem po kloru (pri pH 7 je mejna vrednost 0,156 mg/l), ki je običajno posledica višjih odmerkov hipoklorita v primeru slabše kakovosti surove vode ali pri dezinfekciji cevi po okvari. Vsak potrošnik vonj zaznava drugače, prav tako okus (glej spodaj).**

**okus – tako kot vonj je tudi okus parameter, ki ga vsak potrošnik vzame kot referenčno vrednost za kakovost vode, tudi če je na primer voda kljub slabšemu okusu skladna z uredbo. V praksi se lahko srečate predvsem z okusom po železu, ki pa morda ni posledica nekvalitetne obdelave, ampak nekvalitetne napeljave v hiši, čemur upravljavec čistilne naprave ne more narediti nič. Na okus vode najbolj vpliva koncentracija kalcija in magnezija (de facto, t.j. trdota), lahko tudi pH.**

**motnost – pove nam o količini neraztopljenih snovi v vodi.**

**prevodnost – nam daje informacijo o vsebnosti ionov v vodi (več kot je ionov, večja je prevodnost). Sama po sebi pa ne daje podatka, ali je voda pitna. Voda z visoko vsebnostjo ionov (mineralna) ni primerna za dolgotrajno pitje.**

? Vprašanje: Kaj pomeni, da je voda pitna?

💡 Odgovor:

Verjetno prva stvar, na katero učenci pomislijo, je, da je voda brezbarvna/prozorna. Barva pa je poseben parameter in nam ne pove ničesar o vsebnosti na primer nitratov ali pesticidov, torej na prvi pogled nevidnih snovi.

Evropska zakonodaja pojma pitna voda trenutno ne pozna – nadomestil ga je izraz »voda, namenjena za prehrano ljudi« in je opredeljena kot »zdravju neškodljiva voda, ki tudi ob trajnem uživanju ne povzroča bolezni ali motenj zdravja zaradi prisotnosti mikroorganizmov ali snovi, ki z akutnimi, kroničnimi ali poznimi učinki vplivajo na zdravje fizičnih oseb in njihovih potomcev, katere senzorične lastnosti in kakovost ne preprečujejo njenega uživanja in uporabe za higienske potrebe naravnega osebe«.

**Za radovedneže: Omejitve za pitno vodo so določene v Odloku št. 252/2004 Zb.  
»Uredba o higienskih zahtevah za pitno in toplo vodo ter pogostosti in obsegu**

**nadzora pitne vode«, ki je v času svojega obstoja (do leta 2026) doživela osem sprememb (predvsem dodajanje drugih parametrov). Vendar pa so radiološki parametri opredeljeni v Odloku št. 422/2016 Zb. "Uredba o varstvu pred sevanji in zavarovanju virov radionuklidov".**

Ta zakonodaja razlikuje med (med drugim) tri omejitve - tako imenovane DH, MH in NMH. Priporočene vrednosti (DH) so na primer za trdoto vode, njihovo izpolnjevanje pa ni obvezno. Mejne vrednosti (MH) označujejo meje, katerih prekoračitev je treba obravnavati, vendar ne predstavljajo akutnega zdravstvenega tveganja (na primer mangan ali železo); tretja vrsta je najvišja mejna vrednost (NMH), pri kateri se voda samodejno označi kot neprimerna za uživanje in jo je treba takoj odpraviti s korektivnimi ukrepi.

Vsak odjemalec ima pravico vedeti, kakšna je kakovost vode, ki jo uživa. Če dobavitelj vode tega ne objavi na spletni strani, se lahko odjemalec obrne nanj in mu je dobavitelj dolžan posredovati podatke. Prav tako ima odjemalec pravico do vpogleda v del t.i. dokumenta o oceni tveganja in upravljanja, kjer so razvidna vsa tveganja dane oskrbe z vodo (ne glede na kakovost ali količino dobavljene vode).

? **Vprašanje:** Kaj pomeni, da je voda otroška?

💡 **Odgovor:**

Iz lastnih izkušenj moramo povedati, da je zelo pogost argument prebivalcev, ki ne zaupajo vodi iz pipe, da je njihova voda iz vodnjakov infantilna. Ta izraz se je razširil predvsem s trženjem podjetij, ki prodajajo ustekleničeno vodo. Za to vrsto vode sicer veljajo druge omejitve, predvsem pri parametrih nitratov, nitritov, prevodnosti (praktično vsebnosti raztopljenih snovi) in natrija, a večinoma vodna voda tem pogojem res ne ustreza, četudi se ljudem tako zdi.

? **Vprašanje:** Kako pogosto je treba analizirati pitno vodo?

💡 **Odgovor:**

Tu je nemogoče vnaprej povedati, kakšni bodo nasveti udeležencev izleta. Pogostost vzorčenja je določena z uredbo in se giblje od enega vzorca letno za male čistilne naprave do več vzorcev mesečno za večje (pred ekskurzijo se pozanimajte o pogostosti vzorčenja na vašem vodovodu in jo vpišite v tabelo v prilogi te metodologije). Poleg teh zakonsko predpisanih analiz (o katerih se poroča higienskimi postajami) ima večina obratov tudi tako imenovane operativne analize, ki se izvajajo za posebne parametre, ki nas zanimajo (običajno klor, pH, mangan ali železo). Če se udeležencem ta pogostost zdi nizka, poskusite nadaljevati z dodatnim vprašanjem o tem, kako pogosto izvajajo analize iz svojega vodnjaka doma.

## 2.3 Vir surove vode

Osnova oskrbe s pitno vodo je seveda vir surove vode, surova voda pa je lahko površinska (vodotok/akumulacija) ali podzemna voda (globoka ali plitva cirkulacija).

Za ekskurzijo si pripravite osnovne podatke o kakovosti vode v primerjavi s pitno vodo – da ima voda na primer čezmerno količino železa, mangana ali niklja ali nezadovoljivo kakovost glede na mikrobiološke parametre. Na

ta način boste dejansko upravičili obstoj celotne priprave vode, udeleženci ekskurzije pa si bodo lahko bolje predstavljali, zakaj so posamezni koraki vključeni v tehnologijo.

Vemo, da je v mnogih primerih izvir surove vode precej oddaljen od čistilne naprave in ni časa za obisk vira v okviru ekskurzije. V tem primeru priporočamo tiskanje več fotografij vira v zadostni kakovosti in velikosti, da bodo udeleženci lahko videli tudi ta tehnološki del. Če pa bi se dalo, bi ga bilo vsekakor bolje obiskati z otroki.

**SŠ: Lahko izpostavite arhitekturno razsežnost izvira (predvsem pri podzemnih virih) – na obmejnih območjih boste srečali vire iz začetka prejšnjega stoletja iz opeke, ki vsebujejo vgrajene tehnološke naprave, kot so prezračevalne kaskade, medtem ko bodo verjetnejši notranji, betonski obroči iz sedemdesetih let prejšnjega stoletja, pogosto zgrajeni v okviru Akcije Z.**

Ne pozabite omeniti, da velja stroga prepoved vstopa ljudi v bližino vodnih virov, seveda tudi prepoved smetenja in nepooblaščenega rokovanja s samimi viri. S tem pa ni ogroženo samo zdravje posameznika, temveč vseh porabnikov danega vodovodnega omrežja. Več o temi varstvenega območja vodnega vira si lahko preberete v spremnem gradivu projekta.

**SŠ: Povišan izvir surove vode sredi njive ni pravi kraj za večerno uživanje alkoholnih pijač s prijatelji, kot smo lahko bili priča v eni neimenovani vasi v Plzenskem, reža v betonskih obročih pa zagotovo ne služi kot koš za smeti.**

Na koncu tega prispevka je primerno izpostaviti oddaljenost vira od čistilne naprave, material cevnega priključka (razlogi za izpostavljanje materiala so navedeni v tej metodologiji v poglavju Distribucijsko vodovodno omrežje) in način transporta (težnostni/tlačni vod).

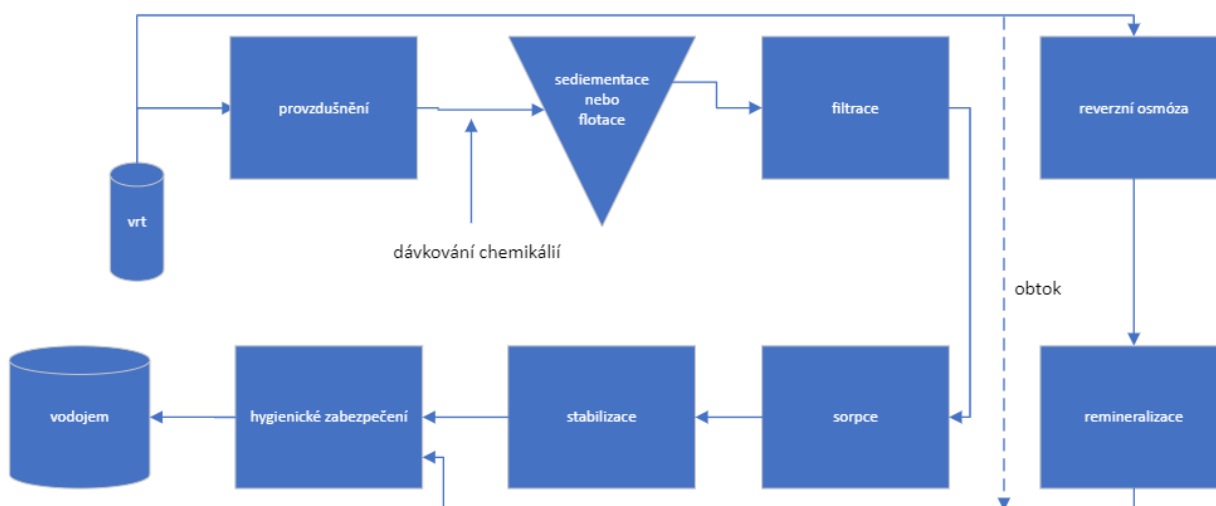
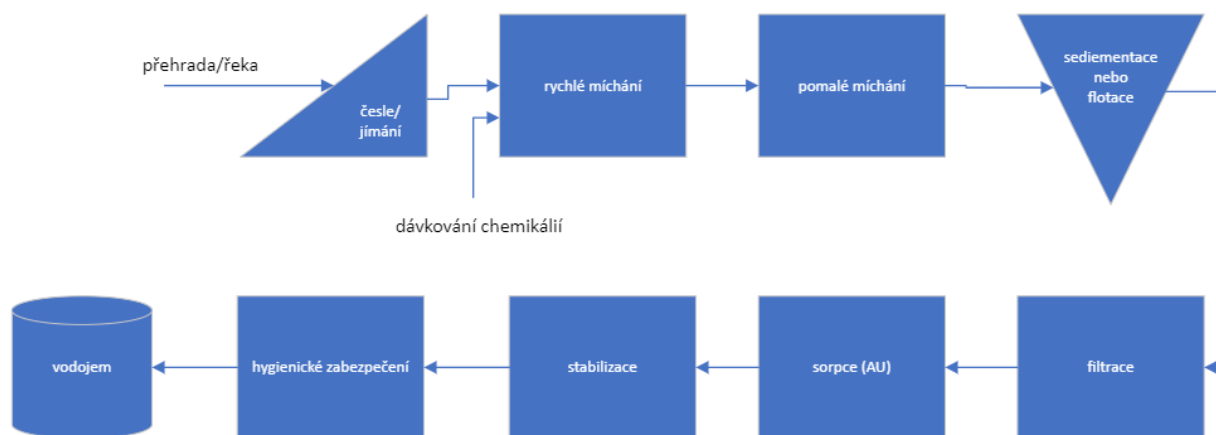
## 2.4 Opis tehnologije

Tako kot se razlikuje kakovost vira surove vode, se mora spreminjati tudi uporabljena tehnologija. Ne obstaja ena univerzalna shema tehnologije, ki bi jo lahko predstavili tukaj, zato smo se odločili, da se bolj osredotočimo na vrste tehnologij in iz njih ustvarimo nekakšne module, iz katerih lahko sestavite informacije za svojo predelovalnico.

Na splošno pa lahko rečemo, da je podzemna voda bistveno boljše kakovosti kot površinski vir in čiščenje ima običajno, če sploh, največ 2 stopnji ločevanja. Poleg tega obstajajo nekatere značilnosti podzemne vode. Podzemna voda je v primerjavi s površinsko vodo kemično zelo stabilen vir (glede na vsebnost snovi in fizikalne lastnosti vode). Ena izmed značilnih je vsebnost ogljikovega dioksida, ki ga ima podzemna voda bistveno več kot površinska. Drugi plin, ki je običajno raztopljen v podzemni vodi, je radon ali sulfan. Pline je mogoče odstraniti s tehnologijo, imenovano prezračevanje. Od kovin je pogosta večja vsebnost železa in mangana. Za razliko od mangana se železo lažje oksidira, ko je del oksidiran že med samim zračenjem. Preostali del se običajno odstrani na prvi separacijski stopnji, ki je običajno odprti ali tlačni filtri, polnitev filtrov pa se lahko razlikuje po čistilni napravi. Oksidacijsko sredstvo je na primer natrijev hipoklorit, potem pa sledi drugi postopek ločevanja, kjer je zaželeno, da se znebimo mangana. Za to se uporablja močnejši oksidant kalijev permanganat. Pri odstranjevanju lahko pomaga tudi pesek, impregniran z manganovim oksidom (burel). Nič nenavadnega ni, če na primer naletimo na povečano količino niklja, ki za odstranitev potrebuje bistveno višje vrednosti pH. Okolje tal in nizek pH vode bosta povzročila izpiranje kamnin, kar ima za posledico tudi višjo

vsebnost mineralov v vodi. To je običajno pozitivno, vendar je tudi preveč mineralizirana voda nezaželena. Poleg tega se lahko izlužijo druge snovi, kot je arzen. Vse je pod vplivom rockovskega okolja.

a) Vzorec tehnološke linije – diagram in primer možnega izleta (površinsko/podzemno)



Surova voda zelo pogosto vsebuje snovi, ki so zdravju škodljive, neprimerne za dolgotrajno uživanje ali škodljive za tehnično opremo (pomivalni stroji, pralni stroji, cevi itd.). Tudi sicer neškodljive snovi, ki se čutijo (barva, okus, vonj) so lahko za potrošnika nesprejemljive in jih je treba tudi odstraniti. Tukaj lahko obiskovalce vprašate, ali jih kakšne sporne snovi napadejo ali zakaj niso primerne za uživanje – informacije o posameznih snoveh in njihovih negativnih učinkih najdete nekaj podpoglavij nižje.

Za odstranjevanje snovi, ki so nezaželene v vodi, lahko uporabimo različne strategije:

- **Sedimentacija (za trdne snovi, ki se dobro usedejo z visoko gostoto - npr. pesek)**
- **Filtracija (za neraztopljenе snovi pretvorimo raztopljenе snovi v neraztopljenе snovi, ki jih nato odstranimo s filtracijo; material filtra je večinoma kremenčev vodovodni pesek)**
- **Odzračevanje (za pline – na primer ogljikov dioksid ali radon)**
- Če ne moremo uporabiti pretvorbe raztopljenih snovi v neraztopljenе snovi, lahko uporabimo ionsko izmenjavo (ionski izmenjevalci) ali sorpcijo (na primer aktivno oglje).
- Uporabimo lahko tudi biokemične transformacije snovi s pomočjo bakterij, kar se danes uporablja le redko, saj so na voljo bolj zanesljive tehnologije. V preteklosti je bil to relativno pogost način čiščenja vode, tako imenovani počasni filtri. Trenutno pa se ta tehnologija ponovno začena razvijati v tujini, čeprav v povsem drugačni tehnološki ureditvi.
- **Higienska zaščita (za mikroorganizme; tipično uporaba natrijevega hipoklorita, t.i. SAVA; alternativno pa lahko uporabimo ozon, UV žarnico, klorov dioksid ipd.)**



Z otroki se lahko zabavate o tem, katere snovi je enostavno odstraniti in katere po drugi strani delajo naše življenje pekel. Vključite jih v problematiko, s katero se srečuje vsak upravljevec čistilne naprave. Kaj menijo udeleženci - ali je tehnološko lažje odstraniti iz vode raztopljeno ali neraztopljeno snov? Pritožite se, kakšne pošasti so mikroorganizmi in kako se vedno znova razmnožujejo v naši vodi, ko jim damo prostor za to. Vendar ne pozabite omeniti, da so številni mikroorganizmi popolnoma neškodljivi in naravno prisotni. Na žalost so med dobrimi povzročitelji tudi škodljivi.

Kot je bilo že omenjeno v uvodu te metodologije, je ta stopnja zaradi velikega števila možnih tehnoloških rešitev posameznih čistilnih naprav rešena na ti modularni način. V naslednjem poglavju boste našli opise posameznih tehnoloških stopenj, ki združite opis vaše čistilne naprave. Posamezni moduli so med seboj neodvisni. Pri ekskurziji je pomembno poudariti, kaj se dogaja v kateri fazi, zakaj in v kakšnem zaporedju so koraki (tu se npr. dozira permanganat, da oksidira raztopljenе snovi, ki se nato izločijo na filtru).

? **Vprašanje: Koliko časa traja, da se voda očisti?**

💡 **Odgovor:**

Tukaj po vzoru Standa Pekárka ponujamo odgovor na vprašanje s protivprašanjem – o koliko vode govorimo? Splošni odgovor na to vprašanje je zelo individualen glede na vašo tehnologijo (npr. ali ste vključili počasnejše enote sedimentacijskega tipa), zato si odgovor na tako vprašanje pripravite individualno glede na vašo tehnologijo.

? **Vprašanje: Kaj pa mikroplastika?**

💡 **Odgovor:**

O problematiki mikroplastike ne le v okolju, ampak tudi v pitni vodi se je pred nekaj leti veliko govorilo, saj pride v vodo tako rekoč z vsem – od ustekleničene vode in šamponov, do pranja jaken in brisanja površin. Tehnologije, ki bi v celoti preprečile vstop mikroplastike v pitno vodo, žal še niso razširjene; trenutna tehnologija lahko odstrani le del.

? **Vprašanje: Kaj pa hormoni / pesticidi / zdravila / druge bioaktivne molekule? voda?**

💡 **Odgovor:**

Tako kot mikroplastika so tudi bioaktivne molekule prisotne v vodi – s pomočjo analize odpadne vode iz mest je mogoče pridobiti podatke na primer o številu uporabnic hormonske kontracepcije, uporabnic tega ali onega zdravila, obolelih za koronavirusom in podobno. V večini primerov se te molekule na čistilni napravi ne odstranijo in se tako nadaljujejo ne le v okolje, ampak tudi v pitno vodo. V zadnjem času pa se na večjih čistilnih napravah začenejo vgrajevati tehnološki dodatki (običajno UV žarnice v kombinaciji z naprednimi oksidacijskimi metodami (t.i. AOP) s filtri z aktivnim ogljem), ki iz vode odstranjujejo tudi te nezaželene snovi.

? **Vprašanje: Slišal sem, da se fluor vlije v vodo. Je res?**

💡 **Odgovor:**

Ali je bilo res. V drugi polovici 20. stoletja so vodi dodajali fluorove spojine (na primer kriolit; tako imenovana fluoridacija vode), da bi potrošnikom zagotovili zadostno dozo fluora - fluor je bistven del na primer zobne sklenine. V devetdesetih letih prejšnjega stoletja pa so to prakso opustili predvsem zaradi ekonomskih razlogov. Danes fluoriranje vode ponovno uvajajo na primer v Veliki Britaniji.

## 2.5 Vodovodno omrežje

Samo cevovod v majhni vasi lahko doseže več kilometrov; skupna dolžina omrežij na Češkem je bila leta 2022 82.034 kilometrov (približno petina razdalje med Zemljo in Luno).

*Srednja šola: Tako imenovano cevno omrežje je možno povezati razvejno, krožno ali kombinirano (zadnja dva načina imata to prednost, da ena okvara ne izklopi npr. celotnega okoliša iz napajanja, saj ga je mogoče napajati iz druge smeri). Vodovodne sisteme ločimo tudi glede na velikost oskrbovanega ozemlja na lokalne (oskrbuje le eno občino), skupinske (več občin ali morda urbana aglomeracija) in regionalne (vsebuje ne le vodovode, ampak tudi več čistilnih naprav, ki si lahko medsebojno pomagajo, na primer ob izpadih ali okvarah).*

Material vodovodnega omrežja ima temeljni vpliv na način delovanja in v skrajnih primerih lahko vpliva ne le na izgube vode v omrežju zaradi puščanja, temveč tudi na kakovost. Glede na čas gradnje se lahko srečamo z naslednjimi materiali: lito železo, jeklo (vključno z nerjavečim jeklom in pocinkanimi deli), plastika (običajno PVC - polivinilklorid, PP - polipropilen, steklena vlakna, HDPE - polietilen), armirani beton, baker, medenina (predvsem spojke in druge manjše komponente), steklo, azbestni cement, steklobeton ali svinec (zadnji trije materiali so zamenjati v največji možni meri zaradi zdravstvenih ali tehničnih tveganj).

*SŠ: Zakaj je azbest problem ne le v vodarstvu, ampak tudi na primer v gradbeništvu pri rekonstrukcijah starejših objektov? Azbest so vlaknati silikati, ki so bili med drugim uporabljeni zaradi svoje negorljivosti. Ko pa se struktura poruši (na primer pri popravilih in rušenjih), drobna vlakna prodrejo v pljuča, kjer povzročijo brazgotinjenje pljučnih mešičkov in možen razvoj raka.*

*SŠ: Še en zanimiv material, ki ga lahko srečamo (čeprav zelo redko), je steklobeton. Ta material so uporabljali po drugi svetovni vojni, ko je primanjkovalo železa za vodni sektor; nasprotno, stekla je bilo veliko, zlasti v obmejnih predelih. To so steklene cevi, ki so vgrajene v beton.*

Čas, ki ga voda preživi v ceveh, vsekakor ni zanemarljiv in lahko sega tudi do višjih enot dni (ekstremi so do 14 dni). Na to moramo biti pozorni pri določanju odmerka razkužila (najpogosteje klora); zato lahko domovi v bližini čistilne naprave/umivalnika zavohajo veliko več klora kot najbolj oddaljena zbirna mesta. Problematika dezinfekcije in splošne higienske zaščite vode v distribucijskem omrežju (običajno s hipokloritom) je del poglavja, posvečenega posameznim tehnološkim sklopom sistema čistilne naprave.

Da bi voda po odprtju pipe stekla, je treba ustvariti pritisk v cevi (kar navsezadnje lahko vidimo na primer v filmih, ko nastane vodni gejzir, ko počí cev, ali ko je cev priključena na hidrant). To lahko dosežemo bodisi z avtomatskimi tlačnimi postajami na omrežju bodisi tako, da rezervoar postavimo na visoko mesto v bližini (ali na stolp) tako, da je pritisk zadosten na vseh točkah omrežja (t. i. tlačna cona). Ste se kdaj vprašali, kako so nebotičniki oskrbovani z vodo?

**ZŠ: Vseh postavk nima smisla razlagati. Pomembno je omeniti, da je treba plačati tudi odvzem vode iz narave, česar se pogosto ne zavedajo. Omenite tudi elemente, kot so elektrika, plače zaposlenih, kemikalije in obnova lastnine.**

**Srednja šola: Tu se je mogoče pogovarjati širše, na primer vprašati, koliko stane m<sup>3</sup> vode (lahko je to domača naloga ali pa z ugibanjem ugotovite stopnjo usmerjenosti dijakov v finančno pismenost), kakšni so mesečni stroški vode in jih primerjati s stroški elektrike, telefona, Netflixja (glej spodnjo tabelo, ki jo lahko uporabljate ali pa tudi ne); hkrati primerjajte stroške vode iz pipe in ustekleničene vode (glej prvo poglavje tega dokumenta).**

**Radovedni: Zelo težko je zaradi nenehnega spreminjanja cen (in inflacije, s katero se država spopada v času pisanja tega dokumenta) napisati primerjalno tabelo cen vode in drugih storitev oziroma ugodnosti. Po drugi strani pa ni treba imeti absolutno natančne primerjave, ampak le nekakšno vodilo; naslednja tabela torej primerja posamezne mesečne izdatke z uporabo večkratnikov, kjer je 1 = mesečno plačilo za vodo (uporabljena povprečna poraba na Češkem 89,4 L/osebo/dan, tj. 2,7 m<sup>3</sup>/osebo/mesec s povprečno ceno na Češkem 100 CZK/m<sup>3</sup>):**

## 2.5.1 Merilniki vode

Vodomer je seveda nepogrešljiv pri vodovodnih priključkih. Ocenjujemo, da je zelo koristno, če v okviru ekskurzije razložite in ponazorite še tako običajno napravo, kot je vodomer, ali celo omenite metode daljinskega odčitavanja. Udeleženci ekskurzije ga bodo verjetno videli prvič v življenju. Tukaj je priporočljivo omeniti, kako skrbeti za vodomer doma (zlasti pozimi).

**SŠ: Trenutno so v testnem obratovanju vodomeri, ki samodejno sporočajo vrednosti v sistem obratujočega podjetja (npr.) enkrat na uro in tako je možno boljše organizirati proizvodnjo (v obliki strojnega učenja na digitalnem dvojčku) ali odkrivati puščanja in s tem prihraniti denar in naravne vire.**

Nekaj, kar je laični javnosti premalo znano, so izgube vode pri transportu po cevovodih – na Češkem so te izgube v povprečju 15 % (to pomeni, da 1 liter od približno 6 litrov prečiščene vode odteče neznan v zemljo), medtem ko lahko v nekaterih ekstremih (v tujini) ta vrednost doseže tudi do 80 %. Svetovno povprečje je okoli 40 %.

Novost, ki lahko pomaga pri odkrivanju vodnih izgub, so vodomeri z akustično meritvijo šuma. Razpoka v cevi bo povzročila določen hrup, kar olajša iskanje.

*Izgube vode pod 5 % lahko štejemo za izjemno majhne in njihovo nadaljnje zmanjševanje je zelo težko. Tukaj pridemo na področje nenatančnosti pri merjenju pretoka in količine vode. Hkrati zelo majhna puščanja ali puščanja na spojih cevi in fittingov, ki jih je praktično nemogoče izmeriti in locirati, prav tako prispevajo k izgubam vode na ravni nižjih odstotnih enot.*

### 3 Opis tehnologij

Osnovne informacije o tehnologijah – dejstva in zanimivosti, ki bodo sestavljale vaš izlet.

Kot je bilo že večkrat zapisano, je naslednji del metodologije modularen in si posamezni deli ne sledijo; Prosim, izberite za vas relevantne tehnološke enote in iz njih sestavite svoj izletniški program. Čeprav smo poskušali vključiti vse običajne tehnologije v čeških državah, je možno, da smo nekatere spregledali. V tem primeru prosite tehnologa/strokovnega predstavnika, da ustvari opis, podoben opisom tukaj.

**SŠ:** *Kar se trenutno na Češkem začneja poudarjati v povezavi s tehnologijami in varnostjo procesov oskrbe z vodo, je kibernetična varnost. Bilo je že nekaj terorističnih dejanj (v tujini), kjer so se na primer zaradi hekerskega napada spreminjale doze kemikalij ali ustavljale dovode vode v omrežje. Čeprav se zdi malenkost, povečanje pH vode na 11 pomeni jedko škodo prebavnemu sistemu.*

**Radovedni:** *Za večjo pozornost lahko preletite Wikipedijino stran z naslovom Terorizem, usmerjen v infrastrukturo oskrbe s pitno vodo, med katerimi lahko izberete nekaj primerov (ali na angleški različici iste strani) in jih ob primernem trenutku omenite v svoji interpretaciji. Tako imenovane resnične zločinke so priljubljene in popularne med današnjo mladino in vam bodo zagotovo prinesle plus točke.*

### 3.1 Dleto

<b>Pomembnost</b>	Zaščita pred vdorom umazanije, mehanskimi poškodbami črpalne opreme in zamašitvijo cevovodov
<b>Načelo</b>	Mehanska pregrada, ki zajema material na svoji površini
<b>Zajeti material</b>	Groba in fina umazanija (odvisno od razdalje med posameznimi glavniki), npr. veje, stožci, listi, ribe, žabe

Del sprejemnega objekta površinske vode (za podzemno vodo ta tehnološki korak ni potreben, saj narava vira ne predvideva prisotnosti tako velikih delov). Oprema mora biti prilagojena za enostavno čiščenje. V manjših predelovalnih obratih se to čiščenje izvaja ročno s krpo. Pri večjih operacijah imajo glavniki stalno mehansko brisanje.

**ZŠ:** *Glavnik si otroci lahko predstavljajo kot mrežo ali glavnik. Glavniki so tako kot glavniki lahko fini, z veliko gostoto zob (glavniki zelo blizu skupaj), srednji in grobi, ki imajo zobce daleč narazen. Z otroki sestavimo, kaj lahko lebdimo na glavniku (primeri so navedeni v posnetem materialu zgoraj). Otroci bodo brez dvoma ustvarjalni. Mehanske glavnike je mogoče približati tekočim stopnicam, ki vodijo umazanijo navzgor, dokler umazanija ne konča v posodi. Ker surova voda ni niti približno tako umazana, se odpadki iz glavnikov običajno izvozijo le nekajkrat na leto.*

*Nato vprašajte, zakaj mislijo, da so glavniki v čistilni napravi sploh potrebni (zaščita pred zamašitvami, poškodbami pomembne opreme)*

**Srednja šola:** *Za srednješolce se lahko lotite bolj tehničnih zadev, kot je razdalja med glavniki (in vrzeli med njimi) itd.*

**Radoveden:** *V eni zahodnočeški čistilni napravi je tehnološka stopnja "Fish Catcher", kjer se morda zdi, da ima isti razlog za vključitev kot glavniki. Toda resnica je, da je lovilec ribnameščen za sistemom črpalke in sesekljani ribji ostanki ne bi imeli ničesar za ujeti v rezervoarju za odmor (kot se sliši pravilno ime).*

## 3.2 Prezračevanje

<b>Pomembnost</b>	Odzračevanje plinov (npr. radon, sulfan, prosti CO <sub>2</sub> ,...) Mehansko odstranjevanje ogljikovega dioksida - razkisanje vode, s čimer se zmanjša korozivni učinek vode Obogatitev vode s kisikom - reakcija oksidacije (odstranjevanje železa)
<b>Načelo</b>	Mešanje vode z zrakom. Povečanje površine vmesnika voda-zrak bo okrepilo izmenjavo plinov med vodo in zrakom.
<b>Prizadeti material</b>	Plinaste nezaželeni snovi (prehajajo v zrak in naprej v atmosfero), oksidirane snovi (predvsem železo – dalje se izloča v neraztopljeni obliki)

Prej (zgodovinsko) so se uporabljale kaskade, ko jih tvori več prelivov. Energija, pridobljena s prelivanjem, pomaga mešati vodo z zrakom in s tem obogatiti vodo s kisikom. Druge tehnične rešitve so aeratorji Bubla in Fuka, ki so vodoravni ali navpični stebri, v katere se s pomočjo ventilatorjev vpihuje zrak.

Podzemne vode so predvsem bogate z manganom in železom, vsebujejo višje koncentracije ogljikovega dioksida in nižje koncentracije raztopljenega kisika v primerjavi s površinskimi vodami. Na nekaterih območjih Češke so tudi višje koncentracije radona, kar je povezano z geološkim podtaljem. Zaradi tega je postopek prezračevanja še posebej pomemben za čiščenje podzemne vode (čeprav ga srečamo tudi v nekaterih površinskih čistilnih napravah, kjer se zaradi odstranjevanja radona ne uporablja).

**ZŠ: Vsekakor se ni treba spuščati v velike tehnične podrobnosti; povsem zadosten opis je, da se zaradi vpihovanja zraka v vodo odvajajo plini, ki so v vodi.**

**SŠ: Če prezračujemo radon, lahko kot zanimivost omenimo njegovo relativno kratko razpolovno dobo, približno 3,6 dni, kot način odstranjevanja pa lahko uporabimo tudi dolgo akumulacijo vode, kjer radon naravno razpada. Vendar se s tem ne znebimo radioaktivnosti kot take, saj radon še naprej razpada v nestabilne izotope polonija in svinca (tako imenovani niz transformacij uran-radij).**

**Zanimivo: Lahko se sklicujemo na Henryjev zakon (glej spodnjo enačbo) in rečemo, da imajo različni plini različno pripravljenost za prehod med vodo in zrakom. Na primer, radon je zelo dobro prezraččen. V primeru ogljikovega dioksida je odvisno od celotne sestave vode.**

$$p_1 = K_1 \cdot x_1$$

V zgoraj opisani enačbi je  $p$  parni tlak topljenca nad raztopino,  $x$  je molski delež topljenca v raztopini in  $K$  je Henryjeva konstanta, ki opravlja funkcijo konstante sorazmernosti.

Zanimivo je, da za izpust tako izpuščenega radona v ozračje ni potrebno nobeno dovoljenje državnih organov (v tem primeru Državnega urada za jedrsko varnost), saj gre za naraven pojav.



### 3.3 Sedimentacija

<b>Pomembnost</b>	odstranjevanje usedljivih nečistoč
<b>Načelo</b>	težje suspendirane trdne snovi padejo proti dnu rezervoarja zaradi gravitacije
<b>Zajeti material</b>	odstranitev pomembnega deleža netopnih snovi

Načelo večine metod odstranjevanja običajnih onesnaževal iz vode je njihova pretvorba v neraztopljeno obliko in njena kasnejša ločitev. Ta korak ločevanja je običajno filtracija. Vendar pa je filtracija zahtevna na površini naprave, filter je treba prati in nadzorovati. Dajanje prednosti usedanju pred filtracijo lahko znatno zmanjša stroške filtracije ali celo velikost filtra; po drugi strani pa znatno podaljša čas, potreben za prehod vode skozi čistilno tehnologijo.

Pri delovanju čistilnih naprav sedimentacija poteka pred koagulacijo, nastali kosmiči se nato usedejo. Ker nastajajo različno veliki kosmiči, se različno hitro usedajo na dno. Tehnologija pogosto ne zagotavlja časa ali dolžine posode za usedanje vseh usedljivih snovi, zato sedimentaciji vedno sledi filtracija, s katero lahko odstranimo tudi manjše kosmiče.

Sedimentacija se delno uporablja tudi za usedanje neraztopljenih snovi v odpadnih vodah iz procesa čiščenja vode pri ti ravnanju z blatom (glej eno od drugih podpoglavij v tem dokumentu) ali v procesu čiščenja odpadnih voda (glej druge dokumente, ki so nastali v okviru tega projekta).

**ZŠ:** *Surova voda vsebuje veliko neraztopljenih snovi, ki jih lahko odstranimo z ali brez predhodne uporabe kemikalij in le s pomočjo časa in umirjenosti. Gravity deluje zanesljivo in brezplačno. Delci umazanije počasi padajo proti dnu, kjer se usedejo. Voda, osvobojena nečistoč, se nato prelije z vrha rezervoarja in nadaljuje na naslednjo stopnjo obdelave, običajno filtracijo.*

**SŠ:** *Zaradi delovanja silnice, kot posledica različnih gostot in velikosti delcev, se delci pogrezajo na dno. Večji delci hitreje potonejo na dno. Zelo pomemben dejavnik je čim bolj umiriti vodo, preden vstopi v rezervoar.*

**Zanimivo:** *Učinkovitost sedimentacije bi morala biti okoli 80-90 %, da bi lahko razglasili, da stopnja sedimentacijske ločljivosti deluje. Za izboljšanje učinkovitosti lahko na primer uporabimo vrtine, dodatne predelne stene (tako imenovana lamelna sedimentacija) ali dodatek apnenega mleka (suspenzijo kalcijevega hidroksida), ki povleče neraztopljene delce navzdol.*

### 3.4 Flotacija

<b>Pomembnost</b>	ločevanje suspendiranih delcev in biološka predelava
<b>Načelo</b>	mehurčki raztopljenega zraka nosijo onesnaženje na površje
<b>Zajeti material</b>	hidrobiološko onesnaženje, sekundarno tudi druge snovi

Flotacija je še en korak ločevanja pri obdelavi vode, ki je v veliki večini primerov pred filtracijo in služi za ločevanje suspendiranih ali kosmičastih delcev ali organizmov iz tekočine (tj. obdelane pitne vode) z uporabo zračnih mehurčkov. Glede na način nastanka mehurčkov delimo flotacijo na elektrolitsko, mehansko ali tlačno, medtem ko v Češkem bazenu srečamo le zadnjo različico.

Načelo metode je, da se delci (na primer nastali s koagulacijo) združijo z izpihnjenimi zračnimi mehurčki, ki so posledično lažji od vode in se dvignejo navzgor. Pri tem na površini nastane plast mulja, ki se pomete v odpadke, voda pa se odvaja z dna rezervoarja za nadaljnje tehnološke korake (predvsem filtracijo) – torej obratno od usedanja.

Pomembno je vedeti, da sama flotacija deluje le na neraztopljenih snoveh, ne pa tudi na raztopljenih snoveh – v tem primeru mora pred tem slediti koagulacija, ko nastanejo kosmiči, ki se nato odnesejo in odstranijo. Zato koagulaciji praktično vedno sledi flotacija.

Flotacija kot taka na Češkem ni zelo razširjena tehnologija in se uporablja predvsem v velikih predelovalnih obratih, kjer se predvideva, da vam bo tehnolog pomagal pri kemijskem in tehničnem opisu; zato so na tej strani na voljo samo poenostavljene osnovne informacije.

**ZŠ:** *Nastali kosmiči s pritrjenimi nečistočami, morda cianobakterijami, algami in drugimi biološkimi sestavinami vode se s pomočjo več milijonov zračnih mehurčkov odnesejo na površje, kjer se zberejo kot odpadke. Voda za nadaljnjo obdelavo se nato zbira na dnu. Številni mehurčki so vodi od daleč videti kot mlečna barva.*

**SŠ:** *Stisnjen zrak se topi v vodi po Henryjevem zakonu (glej tehnološki list o prezračevanju). Pri nasičenju vode v zaprtem volumnu se tvorijo številni mikromehurčki velikosti 30 in 100 mikrometrov, ki se nato odvajajo v flotacijski prostor, ki nato na površje prinese neraztopljene snovi.*

*Flotacija kot taka se ne uporablja samo pri čiščenju pitne vode, ampak tudi na primer pri čiščenju odpadnih voda ali pri čiščenju rud, kjer deluje po enakem principu.*

**Radovedni:** *V literaturi lahko srečate kratico DAF, ki izhaja iz angleške dissolved air flotation, kar označuje tlačno flotacijo. V čeških razmerah so ga za čiščenje pitne vode začeli uporabljati šele v začetku 21. stoletja (leta 2005).*

*Namesto raztopljenega kisika lahko ta tehnologija uporablja tudi olje (zgodovinska metoda, danes se ne uporablja več) ali ozon (zelo malo razširjena, prej teoretična možnost).*

### 3.5 Bistrenje/koagulacija/flokulacija

<b>Pomembnost</b>	pospeševanje odstranjevanja finih suspendiranih in koloidnih snovi (običajno se težko usedejo)
<b>Načelo</b>	drobni delci se pretvorijo v večje skupke nastali večji delci se hitreje usedajo
<b>Zajeti material</b>	vezivo - koagulant in flokulant koloidne snovi, mikroorganizmi

Gre za pomemben tehnološki proces, ki se uporablja predvsem za čiščenje površinskih voda, kjer se ob kasnejši filtraciji odstranijo raztopljene (običajno visokomolekularne organske snovi, kot so humusne snovi) in koloidne snovi, ki jih s sedimentacijo ali flotacijo ne moremo same odstraniti. Bistrenje je zahteven proces za upravljanje in načrtovanje, saj nanj vplivajo številni parametri tako čistilne vode (pH, temperatura) kot tehnološki parametri (hitrost mešanja, oblika mešal, odmerki koagulacijskega sredstva).

Z uporabo pozitivno nabitih delcev kovinskega železa ali aluminija (običajno sulfatov ali kloridov v obliki hidratov) nastanejo večji skupki tako imenovanih kosmičev, ki jih nato odstranimo s sedimentacijo, flotacijo ali filtracijo. Pozitivni delci nato privlačijo nečistoče kot magnet.

**ZŠ:** *Vodi dodamo reagent, ki povzroči, da se snovi, ki jih ne želimo v vodi, začnejo obarjati in kopičiti v obliki kosmičev. Nastale kosmiče, ki so bistveno večji od samih nečistoč, je mogoče enostavno odstraniti s filtracijo in usedanjem. Predstavitveni nasvet: te kosmiče lahko pokažemo in primerjamo vodo pred in po koagulaciji.*

**SS:** *Koagulacija ali bistrenje je pomemben proces, ki lahko pretvori raztopljene snovi v vodi v neraztopljene. Dodatek sredstva povzroči, da se sicer stabilne raztopljene snovi, kot so humini, začnejo združevati in skupaj s koagulantom tvorijo oborino. Postopek zahteva uporabo ustreznega reagenta, nastavitev pravilnega odmerka reagenta in pravilne pogoje, kot je zlasti pH. Teh stvari ni mogoče zanesljivo načrtovati »iz mize« in pred vsako večjo spremembo je treba v laboratoriju opraviti tako imenovane steklene koagulacijske teste.*

**Zanimivo:** *Koloidne snovi se v vodi stabilizirajo z električnim nabojem na njihovi površini. Dodajanje reagenta spremeni naboj in jih tako destabilizira ter omogoči, da se zlepijo (kot magneti).*

*Huminske snovi - huminske snovi ali druge snovi naravnega izvora pogosto odstranimo s koagulacijo. Ti sami po sebi niso škodljivi za zdravje ljudi, povzročajo pa senzorične težave, predvsem rjavo obarvanje. Drugi razlog za njihovo odstranitev je zagotavljanje dolgotrajne stabilnosti vode, ko bi te snovi lahko služile kot substrat za rast bakterij. Drugi razlog je njihova možna reakcija s klorom, ki se uporablja za zagotavljanje higienske kakovosti vode. Lahko nastanejo potencialno nevarne klorirane snovi (tako imenovani stranski produkti dezinfekcije, na primer kloroform).*

*V praksi se lahko srečamo s pojmi flokulacija, koagulacija in bistrenje, ki jih pogosto (napačno) zamenjujemo. Koagulacija je tvorba skupkov delcev (lahko bi jo opisali tudi kot destabilizacija), flokulacija (tudi agregacija) je tvorba vidnih kosmičev iz teh skupkov; bistrenje je potem na splošno mešanje brez nadaljnega spremljanja nastanka kosmičev. Koagulacija za razliko od flokulacije ni reverzibilna.*

## 3.6 Filtracija

**Pomembnost****Načelo****Zajeti material**

ključni korak pri odstranjevanju suspendiranih trdnih snovi v vodi  
zajem velikih delcev (oksidiranih, flokuliranih) na delce peska  
oksidirane raztopljene snovi, koagulirani delci  
(npr. koloidne snovi, mikroorganizmi, hidratirani oksidi železa in mangana,  
delci gline)

Filter je verjetno najbolj tradicionalna tehnologija, ki se uporablja pri čiščenju vode in ga verjetno najdete na vsaki čistilni napravi na Češkem. Poznamo več vrst filtrov glede na polnilo. Razni filtri iz tkanine ali jadra, ki ujamejo material na svoji površini (kot srednješolci morda vedo iz npr. vaj v kemijskem laboratoriju), se v vodni industriji malo uporabljajo in se bolj verjetno uporabljajo na drugih področjih ali na primer v domačih bazenih. V vodni industriji je razširjena filtracija skozi plast zrnatega materiala, ko se material zajame v volumnu polnila filtra; običajno je to pesek ali kemično modificiran pesek z različnimi modificiranimi plastmi.

Že na prvi pogled lahko vidite tudi razliko med tlačnim in odprtim filtrom. Ustrezen tip izberemo predvsem glede na preostalo tehnologijo in prostorske zahteve - tlačne črpalke so bistveno manjše od odprtih, vendar tudi porabljajo električno energijo črpalk.

Načeloma gre za enako filtracijo, kot si jo otroci verjetno predstavljajo: delce usmerja plast zrnatega materiala, v kateri so ujeti. Ker se filter postopoma zamaši, se padec tlaka poveča in skozenj preteče manj vode ali pa je treba tlak povečati, da se ohrani pretok (za ceno večje porabe energije in hkrati večje obremenitve tehnologije). Ko je izguba tlaka prevelika ali začne suspendirana suspenzija prodirati v filter, ga je treba sprati. Pranje uporablja obračanje toka vode skozi filter in povečanje pretoka, da povzroči razširitev vložka (vložek je "napihnen"). Pranje je pogosto intenzivirano s stisnjenim zrakom, ki olajša sprostitve ujetega materiala iz filtra.

Filtrirni material je lahko pesek z velikostjo zrn pribl. 0,6 do 1,8 mm (obstajajo različne velikosti zrn z različnimi razponi). Ali drugi materiali, kot je antracit, ali industrijsko proizvedeni filtrirni materiali s posebnimi lastnostmi. Posebna oblika filtra je tako imenovani razkisalni filter. Vendar njegov namen ni filtracija, temveč uravnavanje karbonatnega ravnovesja, zato bo opisan v drugem poglavju.

Namig vodniku: Pripravite filtrirni vložek v čašo ali drugo posodo in ga pošljite otrokom, da se ga dotaknejo (nekatera tehnološka podjetja ponujajo te vzorčne komplete kot promocijske izdelke). Tak nazoren prikaz bo obnovil pozornost udeležencev ekskurzije.

### 3.7 Ionski izmenjevalci

<b>Pomembnost</b>	Odstranjevanje nezaželenih kationov ali anionov iz vode
<b>Načelo</b>	visokomolekularne snovi (ionex), ki vsebujejo funkcionalne skupine, ki lahko ujamejo ion z nasprotnim nabojem
<b>Zajeti material</b>	raztopljene snovi v ioniziranem stanju (pozitiven ali negativen naboj)

Čiščenje vode z ionsko izmenjavo je zelo učinkovito. Ioneksi ali ionski izmenjevalci so namenjeni predvsem anorganskemu onesnaževanju vode, če pa imajo organske snovi naboj, jih je mogoče tudi zajeti. Ionekse običajno najdemo v obliki majhnih kroglic. Na splošno so to visokomolekularne snovi, ki v svoji strukturi nosijo funkcionalne skupine. Te skupine imajo določen naboj, ki določa, katero skupino snovi bo pritegnila. Ločimo dve vrsti ionexa, negativnega in pozitivnega. Ljudje pogosto zamenjujejo njihova imena, vendar so tako kot elektrode tudi ionex vedno poimenovani glede na vrsto naboja, ki ga pritegnejo – kateks izmenjuje katione, aneks pa anione. Sposobnost izmenjave ionov ima cela vrsta naravnih in sintetičnih snovi. Zeoliti spadajo med najbolj znane ionske izmenjevalce naravnega izvora. Danes pa se najpogosteje uporabljajo snovi sintetičnega izvora, ki temeljijo predvsem na polimerih.

Podobno kot pri sorpciji na granuliranem premogu je na ionexu le omejeno število funkcionalnih skupin. Če so torej vsa mesta zapolnjena, je potrebna regeneracija. Največja ovira pri delovanju ionskih izmenjevalcev je odlaganje regeneracijskih raztopin. Odlaganje odpadkov je običajno omejevalni dejavnik pri odločitvi, ali se bo tovrstna tehnologija obdelave sploh uvedla. Zaradi količine in narave odpadkov (visoka vsebnost soli) se tehnologija uporablja bolj za male čistilne naprave.

*Osnovna šola: Otrokom pokažite vzorec, kako izgleda tak ionex. Pustite ga naokoli in ko se vrne k vam, vprašajte otroke, kako je izgledal – kako bi ga opisali? Poudarite, da je princip tehnologije ionska izmenjava. Ali otroci vedo, kaj je ion? Zdaj, ko razumete koncept, kako bi lahko ionska izmenjava delovala? Iz tega sledi, da bodo kroglice (ionex), ki so jih videli, nosile nekakšen naboj. Kaj delajo enaki naboji, odbijajo ali privlačijo? To jim lahko demonstrirate na magnetih. Ko prideš do dejstva, da se nasprotja privlačijo, pojasni, zakaj se kateksi in aneksi imenujejo tako, kot se. Na koncu povzemite, da nam ionex pomaga pobrati določeno vrsto ionov glede na naboj, ki ga nosijo. Občasno je treba ionex splakniti, da se znebi vsega, kar je prej ujel, in lahko nadaljuje z našim delom.*

*Radovedno: Stopnja sposobnosti zadrževanja snovi je odvisna od lastnosti uporabljenega ionexa in samega iona. Določene vrste snovi se lahko tudi nepovratno vežejo na ionex in ga tako onemogočijo. Takega ionexa ni več mogoče regenerirati in se obravnava kot odpadek.*

### 3.8 sorpcija

**Pomembnost**

učinkovita metoda lovljenja mikropolutantov, pozitiven vpliv na okus vode, zaščita po nanosu ozona

**Načelo****Zajeti material**

zajemanje snovi na veliki površini (adsorpcija) granul organske snovi, ki povzročajo okus in vonj organski in anorganski mikropolutanti (pesticidi in zdravila)

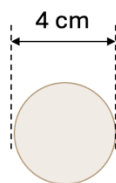
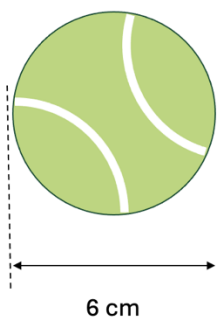
Aktivno oglje je narejeno iz premoga, lesa ali šote in ima porozno strukturo z veliko notranjo površino. Specifična površina aktivnega oglja je običajno okoli 1000 m<sup>2</sup> na gram, lahko pa doseže tudi do 3500 m<sup>2</sup> na gram. Za lažjo predstavbo, nogometni stadion Eden v Pragi ima okoli 7.000 m<sup>2</sup>, kar ustreza 7 gramom aktivnega oglja. Izvedete lahko, koliko ima nogometno igrišče v vaši okolici ali še boljše igrišče v mestu, od koder prihajajo obiskovalci, in primerjate količino aktivnega oglja. Količino lahko stehate in hranite za izlete v posodi – otroci bodo videli, kako izgleda aktivno oglje in si bodo boljše predstavljali količino, o kateri govorite.

Sorbcija na aktivnem oglju je najpogosteje uporabljen način za odstranjevanje organskih snovi iz vode, predvsem mikropolutantov, kot so pesticidi. Pri pesticidih se učinkovitost odstranjevanja običajno giblje od 50 do 95 %, odvisno od vrste aktivnega oglja in vrste adsorbirane snovi. Aktivno oglje se uporablja predvsem zaradi visoke učinkovitosti in enostavne uporabe. V vodni industriji se najpogosteje srečujemo z njegovo zrnato obliko, pogosto pa se uporablja tudi aktivno oglje v prahu. Večje čistilne naprave hranijo aktivno oglje v prahu za rezervo, če pride do težav pri delovanju filtrov z aktivnim ogljem v granulah ali če se kakovost vode nenadoma poslabša. Na splošno lahko rečemo, da se aktivno oglje v prahu uporablja predvsem za sezonsko poslabšanje kakovosti vode (okus, vonj, odtok iz polj), uporaba pa je običajno razvrščena pred filtracijo. Slabost praškaste oblike je, da se po nanosu izpere, zato je ta oblika dražja in manj uporabna za normalno delovanje. Če se kakovost surove vode še naprej slabša, čistilne naprave uporabljajo filtracijo z granuliranim aktivnim ogljem. Pomembno je omeniti, da se adsorptivna sposobnost premoga s časom zmanjšuje in ga je po določenem času potrebno regenerirati, torej ponovno vzpostaviti učinkovitost.

**ZŠ: Škodljive snovi se ujamejo tudi na površini, ne le na zunanji. Prizadevamo si, da bi bila ta površina čim večja. Videz je lahko zavajajoč, saj je površina, ki združuje notranjost materiala v aktivnem oglju, mnogokrat večja od zunanje, kar običajno opazimo. Otroke povprašajte, ali so že kdaj s starši brali Mravljičico Ferda, ali so videli mravljišče za steklom – veliko poti, različnih dolžin in ovinkov. Tako bi verjetno lahko izgledalo v granulah aktivnega oglja. Snovi nato prodrejo globoko v notranjost zrna in se nato ujamejo v vse te poti.**

**SŠ: Upamo si trditi, da pojma specifične (merjene) površine ni povsem enostavno uvesti. Zaradi tega je pomembno, da se njegovi razlagi nameni več pozornosti. To**

je površina trdne snovi na enoto mase. Z drugimi besedami, koliko površine v kvadratnih metrih ima en gram snovi. Zakaj nas to sploh zanima, zakaj je površina za nas tako pomembna in zakaj se trudimo z njeno določitvijo? Preprosto povedano, to je eden najpomembnejših parametrov adsorpcije, saj je adsorpcija proces kopičenja snovi na površini. Preprosto povedano, večja kot je površina, več je prostora za lovljenje snovi. razumem! Toda kako naj dobim večjo specifično površino? Prosimo, pustite otrokom, da nekaj časa razmislijo. Na primer, lahko jim pokažete teniško žogico in pokažete, kakšna je njena površina. Toda kako naj povečam razmerje med površino in težo? Nasprotno intuitivno bi rekli, da uporabimo večje delce, ker je potem površina večja. Površina delca je ja, vendar ni specifična, ker se s tem poveča tudi masa delca. Ena možnost je, da imamo manjše delce (ping-pong žogica). Če vam ne verjamejo, jim lahko pokažete preprost izračun:



$$\rho = \text{konst.} = 1 \text{ g/cm}^3$$

**Tenišový míček**

$$d = 6 \text{ cm} \Rightarrow r = 3 \text{ cm}$$

$$S = 4\pi r^2 = 113 \text{ cm}^2$$

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = 113 \text{ cm}^3$$

$$m = \rho V = 113 \text{ g}$$

$$a_M = \frac{S}{m} = 1 \frac{\text{cm}^2}{\text{g}}$$

**Ping-pongový míček**

$$d = 4 \text{ cm} \Rightarrow r = 2 \text{ cm}$$

$$S = 4\pi r^2 = 50 \text{ cm}^2$$

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = 33 \text{ cm}^3$$

$$m = \rho V = 33 \text{ g}$$

$$a_M = \frac{S}{m} = 1,5 \frac{\text{cm}^2}{\text{g}}$$

Druga temeljnejša sprememba je poroznost delcev. Ali otroci vedo, kaj so pore? Naj si zamislijo kocko sira, ki ga imajo radi, na primer edamame. In zdaj zraven tiste kocke res puščajočega ementalca. Kateri ima večjo specifično površino? Pore lahko povečajo specifično površino. Aktivno oglje je odličen adsorbent prav zaradi visoke poroznosti, ki nastane pri njegovi proizvodnji.

**Zanimivo: Na splošno ločimo dve vrsti adsorpcije – fizikalno in kemično. S fizikalno adsorpcijo se snovi lahko vežejo na celotno površino, moč vezi je običajno šibka in toliko lažje pride do desorpcije. Fizikalna adsorpcija poteka največkrat zaradi van der Waalsovih sil, opazimo pa lahko tudi večplastno adsorpcijo. Nasprotno pa kemična adsorpcija deluje s pomočjo tako imenovanih aktivnih mest, na potek zajema snovi pa vpliva veliko dejavnikov. Mešanica snovi v vodi bo povzročila tudi konkurenco snovi za aktivna mesta, saj bodo nekatere snovi imele večjo afiniteto, željo po vezavi na mesta adsorbenta. Adsorbent ima tudi omejeno količino teh mest in ko so napolnjena, nadaljnja adsorpcija ne more delovati. Na srečo se proces ne konča z izčrpanjem sorpcijske kapacitete, premoaga po izčrpanju ni treba zavreči, ampak ga je možno regenerirati (v primeru reverzibilnih procesov vezave). Z drugimi besedami, možno je obnoviti sorpcijsko sposobnost aktivnega oglja. Tako kot pri adsorpciji (lepljenju snovi na površino) deluje tudi nasprotni**

*proces, to je odvajanje snovi od površine sorbenta. Za to se najpogosteje uporablja termična desorpcija. Material se segreje na zelo visoko temperaturo (do 1200 stopinj Celzija), ko se iz premoga odstranijo adsorbirane snovi. Ne smemo pa pozabiti, da prihaja tudi do oksidacije in abrazije samega premoga, kar lahko povzroči tudi do 15% izgube materiala.*

## 3.9 Higienška oskrba z vodo

<b>Pomembnost</b>	higienško oskrbo z vodo glede na mikroorganizme
<b>Načelo</b>	oksidacijski in kloracijski učinki, ki omejujejo ali onemogočajo pomembne procese mikrobnih celic, ki jih posledično uničijo
<b>"Ujeto" gradivo</b>	mikroorganizmi

Higienška oskrba z vodo je pogosto kontroverzna tema, vendar se je treba zavedati, da je iskanje povezave med nekaterimi boleznimi in kakovostjo vode ter posledično zagotavljanje mikrobiološke kakovosti vode bistveno podaljšalo povprečno starost prebivalstva.

*ZŠ: Naravne vode vsebujejo bakterije. Tudi obdelana voda ni popolnoma brez bakterij. Večina bakterij za človeka ni nevarna in se človeško telo z njimi lahko spopada. Vendar pa je pomembno, da je njihovo število nizko in predvsem poskrbite, da bakterije, prisotne v vodi, niso nevarne. Najboljša tehnologija čiščenja ne more zagotoviti popolne odstranitve bakterij, predvsem pa ne more zagotoviti, da se bakterije ne bodo razmnožile v vodovodnem omrežju. Zaradi tega se vodi dodajajo razkužila. Teh je dodanih minimalno, predvsem zaradi njihove cene in omejevanja vpliva na vonj in okus vode. Z vidika porabnika vode je veliko bolje, da voda vsebuje določeno minimalno količino dezinfekcijskega sredstva, kot da vsebuje nevarne mikroorganizme.*

*Zanimivo: mogoče je povedati zgodbo o tem, kako je bila odkrita povezava med kakovostjo vode in širjenjem bolezni. John Snow je leta 1854 na Broad Streetu v Londonu izvajal raziskavo o povezavi med nalezljivimi boleznimi in vodnimi viri in ugotovil, da so bili ljudje, ki so imeli izbruh, pogosto povezani s skupnim vodnim virom. Primere bolezni je zabeležil na zemljevid in povezava z vodnim virom je bila povsem očitna. Zanimiv podatek je bil, da je bil v središču epidemije tudi samostan, vendar v njem niso zabeležili nobene bolezni. Vprašajte, če kdo ve, zakaj je bilo tako. Pravilen odgovor je, da menihi niso pili vode, ampak pivo, ki je bilo toplotno obdelano.*

### 3.9.1 Kloriranje

Kloriranje vode je postopek, pri katerem se za zagotavljanje higiene vode uporablja elementarni klor ali njegove spojine. Uporablja se več vrst razkužil na osnovi klora. Najpogosteje pa se uporablja doziranje plinastega klora, natrijevega hipoklorita ali klorovega dioksida. Kloriranje je eden najbolj razširjenih načinov dezinfekcije v vodni industriji.



**Namig za tolmačenje:** kloriranje s kemijskega vidika ni pravilen izraz. Kloriranje pomeni, da je klor nekje kemično vezan. Ker cilj ni vezati klora na vodo, je veliko pravilnejši izraz dezinfekcija vode.

Poleg tega vsa sredstva na osnovi klora nimajo klorirajočega učinka na snovi, prisotne v vodi. Na primer, klorov dioksid samo oksidira.

Kloriranje predvsem pomaga pri delovanju mikrobov v vodi. Največja prednost kloriranja je tako imenovana sekundarna dezinfekcija. To pomeni, da varuje kakovost vode tudi med njeno distribucijo po omrežjih do končnega potrošnika. Poleg tega na enostaven način zagotovimo dezinfekcijo tudi na vodnih zbiralnikih in s tem dolgoročno ohranjamo kakovost vode. Velika slabost so stranski produkti kloriranja in negativen vpliv na senzorične lastnosti vode. To so razlogi, zakaj so mnoge države sčasoma opustile kloriranje. Večje čistilne naprave uporabljajo plin klor, ki se dovaja v vodo. Natrijev hipoklorit se najpogosteje uporablja pri majhnih.

V vodi ločimo tri osnovne oblike – skupni klor, prosti in vezan aktivni klor. S seštevanjem vezanega in prostega dobimo koncentracijo skupnega klora. Vezan ali združen je klor, ki reagira z amoniakom, da nastanejo kloramini. Kloramin je še posebej pomemben za sekundarno dezinfekcijo, ker ima dolgo razpolovno dobo in tako ščiti kakovost vode pred kontaminacijo z mikroorganizmi, ki vstopajo v cevno omrežje. Prosti klor se meri na vsaki čistilni napravi, veliki ali majhni. Ščiti vodo pred onesnaženjem in je odličen pokazatelj, ali je voda še vedno higiensko neoporečna. Ko govorimo o prostem kloru, je primerno otrokom pokazati njegovo odločnost. Priporočljivo je tudi, da pripravite vzorce z različnimi vrednostmi prostega klora, tako da lahko otroci vidijo, kako je nasičenost barve povezana s koncentracijo klora.

**Osnovno: Otroke vprašajte, kaj vedo o kloru. Ali poznajo njegovo stanje in barvo? Verjetno ga bodo poznali kot bojni plin ali pa se spomnili bazena. Če se spomnijo bazena, jim lahko rečete, naj poskusijo priklicati njegov vonj.**

*Ta plin in nekatere njegove kemične spojine imajo pomembne dezinfekcijske učinke. Te snovi po mešanju z vodo učinkovito uničijo mikroorganizme, ki nas v vodi ogrožajo. Otroci bodo zagotovo poznali natrijev hipoklorit pod imenom SAVO.*

**SŠ: Klor v vodi porabljajo tudi ostanki organskih snovi, zato je treba vodo klorirati čim bolj čisto. Kot pri drugih metodah dezinfekcije je kloriranje priporočljivo le na zadnji stopnji priprave vode. Razlog za pogosto uporabo klora je njegova velika baktericidna učinkovitost, ki jo ohranja že v majhnih koncentracijah. Velikost odmerka kemikalij je vedno odvisna od kakovosti vhodne vode in meja dezinfekcije. Učinkovitost kloriranja je izjemno odvisna od pH vode. Na čistilnih napravah se vedno trudimo vzdrževati določeno raven prostega klora v vodi.**

**Radovedni: Razkužila na osnovi klora so prav tako primerna za odstranjevanje železa, mangana, vodikovega sulfida in nekaterih organskih snovi, zlasti dišečih in okusnih, zaradi svojih oksidativnih učinkov.**

### 3.9.2 UV sevanje

#### Pomembnost Načelo

higiensko oskrbo z vodo temelji na naravnem biocidnem učinku sončne svetlobe živosrebrne žarnice oddajajo UV sevanje s škodljivimi valovnimi dolžinami, kar povzroči spremembo strukture s kasnejšim uničenjem mikrobnih celic

#### "Ujeto" gradivo

Mikroorganizmi (bakterije, virusi) in njihovi

To je fizični način zagotavljanja vode za potrošnike. Prednost uporabe UV žarnic je preprečevanje nastajanja stranskih produktov, hkrati pa je zelo učinkovita metoda dezinfekcije. Poleg tega je to okolju prijazna metoda. Druga prednost je enostavnost upravljanja in vzdrževanja v primerjavi z drugimi tehnologijami. Nasprotno, slabost je energijska zahteva sijalk, njihova občutljivost na pregrevanje, predvsem pa vpliv kakovosti vode na učinkovitost dezinfekcije. Na učinkovitost sevanja velik vpliv ima motnost vode, saj povzroča zmanjšano prepustnost sevanja v volumnu vode. Voda naj bo torej popolnoma prozorna, poleg tega pa mora biti prozorna tudi tanka plast vode. Največja slabost v primerjavi s kloriranjem pa je, da voda ne bo ostala higiensko zavarovana v vodovodnem omrežju. Z drugimi besedami, UV-sevanje deluje le na mestu izpostavljenosti. Neposredna meritev doze UV-sevanja tudi ni mogoča.

UV žarnice se uporabljajo predvsem za dezinfekcijo pitne vode na večjih območjih porabe. Vse pogosteje se uporablja tudi za decentralizirano čiščenje vode. Npr. v penzionih, zasebnih hišah. Vendar se UV-sevanje v nekaterih državah uporablja tudi za dezinfekcijo vode na vlakih in ladjah.

*Primarno: Otroke vprašajte, na kaj pomislijo, ko rečejo valovi. Verjetno bo pomislil na morje. Poudarite jih, da obstajajo tudi drugi valovi, in sicer svetlobni valovi. Sonce oddaja valove različnih valovnih dolžin – kratke valovne dolžine ultravijoličnega sevanja, valove vidne svetlobe (barve) in dolge valovne dolžine infrardečega sevanja. Omenjenih kratkih dolžin ne vidimo, so pa najmočnejše v boju proti mikroorganizmom. Zagotovo so otroci kdaj videli svoje stare starše ali starše, kako zunaj obešajo svoja oprana oblačila. Sončna svetloba ne le posuši oblačila, temveč jih tudi znebi bakterij in vonjav (organskih snovi). UV žarnice oddajajo točno takšno sevanje in nam pomagajo zagotoviti biološko neoporečno vodo. Vedno pa je odvisno od jakosti sevanja in trajanja izpostavljenosti. Otroci zagotovo poznajo občutek na koži, ko sonce močno pripeka – to je povezano z jakostjo sevanja. In če sonce to močno segreje in dolgo tečejo zunaj, se pravi, da bodo dolgo izpostavljeni njegovim vplivom, bodo lepo zagorele. Ko so mikroorganizmi v vodi izpostavljeni sevanju z visoko intenzivnostjo in dolgo časa, ne bodo preživeli.*

*No, in ker UV-sevanje ni nevarno samo za mikroorganizme v vodi, ampak tudi za človeka (čeprav nismo tako majhni in prenesemo bistveno večjo dozo sevanja), starši pogosto apeliramo, naj se pošteno namažemo s kremami za sončenje.*

*SŠ: UV sevanje je naravna sestavina svetlobe, in sicer kratke valovne dolžine. Naravni vir UV sevanja je torej Sonce. Tu so njegov vir živosrebrne kvarčne sijalke, v katerih so (visokotlačne ali nizkotlačne) živosrebrne sijalke. Ko slišimo razelektrivene sijalke, si verjetno predstavljamo, da potrebujejo večjo dozo energije, hkrati pa se bodo hitro segrele. Zato mora okoli njih neprestano teči voda, da jih ohladi. S sijalkami je treba skrbno ravnati tudi med vzdrževanjem, saj vsebujejo živo srebro, ki je zdravju nevarno.*

*Kar zadeva učinke proti mikroorganizmom, ima UV sevanje največje razkužilne učinke pri valovni dolžini 200-300 nm, najbolj učinkovito je pri valovni dolžini 254 nm. UV prodre v njihove celice, spremeni njihovo strukturo in jih tako uniči. Druge snovi, ki*

*močno absorbirajo UV-sevanje, vključujejo organske snovi. Da bi bila dezinfekcija čim bolj učinkovita, se obsevanje izvaja kot zadnji korak zdravljenja, ko jih je v vodi najmanj in celotno dozo zajamejo mikroorganizmi, ki se jih v vodi poskušamo znebiti.*

**Zanimivo: Zgodovina – Baktericidne lastnosti sončne svetlobe sta odkrila Downes in Blunt leta 1887. Čeprav je bil v prvi polovici prejšnjega stoletja dosežen velik napredek, so nizki stroški klora in težave pri delovanju zgodnjih sistemov UV dezinfekcije omejili uporabo UV sevanja za dezinfekcijo pitne vode. Sevanje so za dezinfekcijo prvič uporabili v francoskem mestu Marseille, prva zanesljiva uporaba za dezinfekcijo mestne pitne vode pa se je pojavila šele leta 1955 v Švici in Avstriji. Z odkritjem kloriranih stranskih produktov dezinfekcije je UV dezinfekcija postala priljubljena predvsem na Norveškem in Nizozemskem.**

**Tehnično – UV sevanje z valovno dolžino od 200 do 300 nm poleg bakterij uniči tudi njihove spore, ki so običajno zelo odporne oblike bakterij. Najučinkovitejše je UV sevanje z valovno dolžino 254 nm pri najmanjši efektivni dozi 400 J na m<sup>2</sup>. Omenjena valovna dolžina je povezana z absorpcijskim maksimumom nukleonskih kislin, ki jih UV sevanje razgradi. Navadno steklo absorbira UV sevanje, zato je treba uporabiti čisto kremenčevo steklo. Visokotlačne sijalke na razelektritev oddajajo učinkovitejše UV sevanje, a so tudi energijsko bolj potratne. UV žarnice so najpogosteje usmerjene pravokotno na vodni tok, prednost tega je veliko bolj enakomerna porazdelitev intenzitete UV sevanja znotraj naprave.**

### 3.9.2.1 Ozoniranje

**Pomembnost**

**Načelo**

**"Ujeto" gradivo**

higienska oskrba z vodo, oksidacija organskih snovi  
ozon = "aktivni kisik" močno oksidacijsko sredstvo

snovi, ki negativno vplivajo na vonj in okus vodnih mikroorganizmov

Ozonizacija je ena najučinkovitejših oblik higienske varnosti vode in zadostuje kratek čas stika z vodo. Velika prednost je, da ne prihaja do tvorbe halogeniranih stranskih produktov dezinfekcije (z izjemo broma). Druga prednost je njegova sposobnost razgradnje sicer problematičnih snovi, kot so zdravila in pesticidi v vodi. Za razliko od klora tudi ne spremeni okusa vode. Zaradi nizke stabilnosti v nižji atmosferi mora ozon nastajati neposredno v čistilni napravi za vodo, proizvaja pa se iz zraka ali čistega kisika, ki je izpostavljen močni električni razelektritvi. Pomanjkljivost je njegova energetska intenzivna proizvodnja, distribucija v vodo, nizka stabilnost nastalega plina in njegovi korozivno agresivni učinki. Poleg tega ni primerno dezinfekcijsko sredstvo za vodo z visoko vsebnostjo bromidnih anionov (tvorba rakotvornih bromatov).

**Zanimivo: Delovanje vodovodnega sistema brez točenja razkužila. Zlasti v zahodni Evropi, pa tudi na nekaterih vodovodnih sistemih na Češkem se začenja pojavljati**

*delovanje brez dezinfekcijskega sredstva. Ta pristop je možen in zahtevan od strank. Vendar zahteva določeno spremembo pristopa. Čistilna naprava, vodovodno omrežje in vodohrani morajo biti tehnično brezhibni, opremljeni s filtracijo zraka in drugimi ukrepi za preprečevanje onesnaženja vode. Ob tem je priporočljivo povečati intenzivnost nadzora prometa. Večina vodovodov na Češkem je bila zgrajena pred več kot tridesetimi leti in njihova tehnična raven ustreza tistemu času. To ne pomeni, da je voda na kakršen koli način oporečna, vendar je za delovanje "brez klora" potrebna nekoliko višja raven. Pri tem se je treba zavedati, da pitna voda ni sterilno okolje in če mikroorganizmi najdejo primerne pogoje za svojo rast, na primer ustrezen material cevi, mesto zastajanja vode, mesto z usedlinami, se začnejo razmnoževati in lahko poslabšajo kakovost vode. Dezinfekcija bo to zanesljivo preprečila. Druga možnost je popolna prenova omrežja in njegovo prilagajanje trenutnim standardom.*

### 3.10 Stabilizacija (ravnotežje kalcijevega karbonata)

<b>Pomembnost</b>	stabilizacija vode v cevovodih
<b>Načelo</b>	doziranje kalcija, da se doseže ravnovesje kalcija in karbonata
<b>Prizadeti parameter</b>	kalcij, trdota, KNK

Ta del čiščenja je običajno le del velikih čistilnih naprav in v laični javnosti premalo poznan, čeprav je s tehničnega vidika eden najosnovnejših korakov. Kalcijevo-karbonatno ravnotežje določa, kako agresivna bo voda proti cevovodu (lahko pride do sekundarne kontaminacije vode z železom iz raztopljenega materiala cevovoda) ali nasprotno, kako se bo CaCO<sub>3</sub> (kalcijev karbonat, apnenec) v cevovodu nabiral. Gre za končno fino nastavitve kakovosti vode, zato se s tem korakom srečamo šele na samem koncu tehnološke linije.

Sam izračun te bilance je precej zahteven, saj je sestavljen iz 6 neodvisnih enačb, tehnologi pa večinoma uporabljajo računalniške programe. Če je doseženo ravnovesje, pravimo, da je voda stabilna.

Na tej točki med ekskurzijo lahko poveste tudi informacije o trdoti vode in njenem vplivu na primer na okus in umazanijo v tehnoloških napravah, kot je navedeno v zgornjih poglavjih.

**ZŠ:** *V vodi so kalcij, ogljikov dioksid in njegove oblike, ki morajo biti v ravnovesju – če je ravnovesje porušeno, bodisi voda raztaplja cevi ali pa se, nasprotno, na stenah cevi odlaga apnenec, kar ima za posledico tehnične težave v ceveh.*

**SS:** *Na čistilnih napravah lahko srečate dva načina doziranja apna - apneno mleko in apneno vodo. Obe sta raztopini kalcijevega hidroksida Ca(OH)<sub>2</sub>, le da je prva v obliki suspenzije (ne gre za pravo raztopino, ampak za neraztopljene koloidne delce hidroksida v vodi, apnena voda je res raztopina (pojavlja se v t. i. čokih). Razliko med tema dvema izrazoma lahko uporabite kot vprašanje za udeležence ekskurzije. Srečamo se lahko tudi z enostavno uravnavanjem pH z natrijevimi solmi ali celo natrijev hidroksid.*

**Radovedni:** *apneno mleko lahko doziramo tudi na začetku tehnologije, saj lahko pomaga pri sedimentaciji (zahvaljujoč težkim koloidnim delcem postanejo drugi netopni delci težji in se nato hitreje in učinkoviteje usedejo).*

### 3.11 Membranska tehnologija

#### Pomembnost

Sodobna visoko učinkovita metoda ločevanja

#### Načelo

Odvisno od velikosti membranskih por – odstranitev širokega spektra snovi (koloidi, ioni, mikroorganizmi)

Mehanska filtracija, kjer polprepustna membrana služi kot fizična pregrada

Razlika v tlaku čez membrano (zgoraj in spodaj) je gonilna sila za ločevanje

#### Prizadeti parameter

Filtrirna pogača, ki vsebuje nečistoče, ki niso prešle skozi pore membrane.

Membranske procese lahko razdelimo v številne kategorije, vendar so tlačni membranski procesi še posebej pomembni za obdelavo vode za pitno vodo. Praviloma poznamo štiri vrste tehnologij: mikrofiltracijo (MF), ultrafiltracijo (UF), nanofiltracijo (NF) in reverzno osmozo (RO). Princip je pri vseh tehnologijah enak, razlikuje pa se velikost por, ki je povezana tudi z velikostjo pritiska. Manjša velikost por pomeni višjo kakovost vode. Manjše kot so pore, večja je sila (pritisk), predvsem pa se membrana hitreje zamaši (zadrži se večji del umazanije). Ko se membrana umaže, je potrebno povratno izpiranje. Na pogostost pranja vpliva več dejavnikov, predvsem kakovost vstopne vode in starost membrane. Pred ločevanjem membrane se pogosto izvedejo druge mehanske predobdelave, ki pomagajo izboljšati kakovost vode pred vstopom v membrano, kot tudi zaščito pred mehanskimi poškodbami.

**ZŠ:** *Kaj si otroci predstavljajo pod besedo membrana? Kje so že slišali za ta izraz? Kako deluje naša koža? Poskusite sestaviti definicijo membrane (material, ki tvori vmesnik med okolji in jih tako ločuje – fizična pregrada). Razmislite še o koži, ali so otroci slišali za pore? Kaj pravzaprav so pore? Tu uporabljena membrana ima tudi pore, skozi katere lahko prehajajo nekatere snovi. Natančneje, snovi, ki so manjše od por. Manjše kot so pore, dlje časa bo trajalo, da voda teče skozi membrano. Uporabljamo pa silo pritiska, ki nam pomaga hitreje potisniti vodo skozi. Membrana deluje kot sito in na njej se kopiči tisto, kar ne preide. Za pravilno delovanje membrane jo je treba pogosto prati, da se sperejo oprijete snovi.*

**SŠ:** *Kaj si otroci predstavljajo pod besedo membrana? Kaj otroci vedo o celični membrani? Kaj pa naša koža? Podobno temu, kar se uči biologija, tudi tukaj membrana prepušča le določenim snovem. Poskusite sestaviti definicijo membrane (material, ki tvori vmesnik med okolji in jih tako ločuje – fizična pregrada). Razmislite še o koži, ali so otroci slišali za pore? Kaj pravzaprav so pore? Zabavajte se ob razmišljanju o tem, katere snovi prepuščajo membranske pore.*

**Zanimivo:** *Membrane so lahko anorganske (keramične) ali organske (sintetične). Najpogosteje se uporabljajo organske membrane, vse membrane pa niso porozne. Poudariti je treba tudi pomen membranskih tehnologij na primeru razsoljevanja morske vode z reverzno osmozo. Ena od držav, odvisnih od omenjene tehnologije, je Izrael. Izrael dobi približno 3/4 svoje pitne vode iz morja.*

### 3.12 Upravljanje z blatom

<b>Pomembnost</b>	Zgoščevanje blata (nečistoče) iz procesa čiščenja vode Odlaganje blata
<b>Načelo</b>	Gravitacijsko (usedanje) ali mehansko (strojno) odstranjevanje vode iz blata.
<b>Prizadeti parameter</b>	Zgoščeno vodno blato

Tematiki predelave blata v okviru ekskurzije ni treba posvetiti veliko časa, saj je to bolj kot Pepelka vodnarskih procesov. Velja pa poudariti, da tudi pri čiščenju vode ni brez odpadkov, ki jih je treba nato ustrezno odstraniti. Poleg tega je dobro poudariti, da je značaj blata bistveno drugačen od tistega na čistilni napravi, ki ga morda poznajo iz kakšne druge ekskurzije. Torej ni blato kot blato.

V vodnem blatu prevladujejo anorganske sestavine. Poleg tega vodno blato vsebuje do 99 % vode, zato si prizadevamo, da pred nadaljnjim ravnanjem z blatom odstranimo vsaj sorazmeren del vode. Blato predelamo neposredno na čistilni napravi ali pa ga skupaj z odpadno vodo odvajamo v kanalizacijo. Če uporabljamo odplake, jih odložimo na najbližjo čistilno napravo.

Lagune za blato so splošno uporabljena rešitev za obdelavo blata neposredno na čistilnih napravah. To so rezervoarji z dolgim zadrževalnim časom, kjer se usede mulj. Večina čistilnih naprav uporablja dva takšna rezervoarja v stanju pripravljenosti, to pomeni, da je eden napolnjen, v drugem pa nemoteno poteka usedanje. Voda po usedanju v blatnih lagunah se odvaja v vodotok in blato nadalje predeluje. V današnjem času je potreba po kemikalijah za obdelavo bistveno večja, s tem pa tudi večja količina nastalih odpadkov – blata. Ker ima velik del čistilnih naprav dolgo zgodovino, rezervoarji pogosto niso dimenzionirani za to spremembo. Zaradi tega je bilo treba najti nove in bolj kreativne rešitve. V povezavi z ÚV Želivka, našim največjim predelovalnim obratom na Češkem, je nastal koncept tako imenovanih skladiščnih rezervoarjev. In v primerih, ko ni mogoče izbrati enostavnejše rešitve, se uporabi mehanska drenaža.

## 4 Po ekskurziji

*Kako delati z informacijami z ekskurzije. Evalvacija nalog, ponovitev nekaterih znanj in oživljanje ugotovitev, umestitev ekskurzije in informacij v širši kontekst.*

Izvedba ostalih šolskih dejavnosti po ekskurziji je zelo zahtevna - šolski učni načrti in druge obšolske dejavnosti so tako polne, da je kakršno koli nadaljevanje praktično nemogoče. Kljub temu na nekaterih šolah del ekskurzije vključuje naknadni »Ekskurzijski zapisnik«, kamor učenci zapišejo osnovne podatke. V srednjih šolah je možno nadaljevanje s ponudbo seminarskih in maturitetnih nalog s področja upravljanja z vodami (priporočamo, da povprašate direktno učitelje – zelo malo je smiselnih tem, zlasti v regijah izven Prage), v primeru poklicnih šol pa možnost prakse ali pripravništva (v mnogih primerih obvezno).

**Osnovne podatke, ki naj bi jih dijaki odnesli z ekskurzije, povzamemo na koncu same ekskurzije, medtem ko se udeleženci orientirajo in imajo možnost postavljati vprašanja. Vendar to ne velja samo za učitelje. Kar lahko ponudniki izletov prispevajo k utrjevanju novih informacij, je kratka ponovitev na koncu. Tukaj je ponujena uporaba sheme čiščenja, da se ponovi zgodba o vodi in kaj se na kateri stopnji odstrani ter zakaj se je treba teh snovi znebiti. Med ponavljanjem se lahko udeležencem pojavijo dodatna vprašanja in nejasnosti. Prav tako je dobro, da udeležencem zastavite dodatna vprašanja, da zagotovite, da razumejo bistvo.**

Če je bilo izpolnjevanje delovnih listov del ekskurzije, je seveda potrebno te delovne liste ovrednotiti – vendar je ta del bolj stvar pedagoškega delavca na šoli, ki mu boste posredovali pravilne odgovore za vašo konkretno operacijo.

Ne gre pa pozabiti niti vašega razmišljanja o sami ekskurziji in njeni morebitni nadaljnji izboljšavi. Prve povratne informacije boste prejeli na kraju samem – so udeleženci pozorni? Ali v kateri vlogi uživajo bolj kot drugi? Bi radi pogledali izvir vode, tudi če je precej daleč in vi sploh niste želeli tja? Zavedati se je treba, da se program izvaja predvsem za udeležence, in tudi če ne posredujete toliko informacij, kot bi želeli, a jim bo bolj zabavno, je treba program spremeniti. Vsaka skupina je raznolika in z njo je dobro delati, jo zaznavati in ustrezno reagirati. Včasih se ne moremo izogniti improvizaciji.

Seveda je določena možnost tudi uporaba klasičnih povratnih vprašalnikov, čeprav je njegova uporaba v ta namen lahko sporna. Bolje je, da vprašanje usmerite neposredno na pedagoškega delavca, ki bo prisoten na ekskurziji, saj ta ciljno skupino najbolje pozna. Zavedati se je treba in morebiti spremeniti, kaj so dijaki vedeli, česa niso vedeli, kaj jih je presenetilo in kaj jih je najbolj zanimalo – ali so bile smešne zgodbe iz prakse zanimive ali ne.

Obenem priporočamo sodelovanje s PR službo vašega podjetja, če ta obstaja – članek na spletni strani in družbenih omrežjih o ekskurziji ne bo samo izboljšal mnenja o podjetju, ampak lahko navduši tudi druge šole v bližini, da se začnejo zanimati za možnost ekskurzije.

## 5 Povezave in dodatne informacije

Čeprav smo to gradivo poskušali napisati na tako izčrpen način, da ni treba nadalje iskati splošnih informacij, je možno, da zaradi nabora možnih tehnologij nekaterih nismo razložili povsem podrobno, ali pa boste morda želeli izvedeti kaj več o kakšnem delu. Na tej strani vam želimo ponuditi vodnik po drugih virih informacij.

### Splošni viri

- Vodnogospodarski slovar (na primer <https://www.pmo.cz/cz/o-podniku/vodohospodarsky-slovník/> ali drugje na internetu) <https://www.pmo.cz/cz/o-podniku/vodohospodarsky-slovník/>
- Higijenski minimum za delavce v vodarstvu (aktualna verzija na spletni strani Državnega zavoda za zdravstveno varstvo)

### Viri strokovnih informacij o tehnologijah in snoveh v vodi

- Hidrokemija, avtor: Pavel Pitter (v številnih izdajah), dostopno v Digitalni knjižnici
- Metodološka priporočila in mnenja Državnega inštituta za zdravstveno varstvo (Nacionalni referenčni center za pitno vodo)

### Viri informacij o posameznih sistemih

Iz lastnih izkušenj vemo, da je velikokrat premalo podatkov o vodnih virih, čistilnih napravah ali zbiralnikih in vodovodih, vodniki pa udeležence ne znajo seznaniti s posebnostmi danega kraja. Iz razumljivih razlogov vam ne moremo zagotoviti seznama virov za vsako občino v Češki republiki, vendar spodaj predstavljamo dokumente, ki jih lahko pregledate in črpate iz:

- pravilnik o obratovanju vodovoda (obvezen dokument za vsak sistem)
- pravilnik o obratovanju čistilne naprave
- informacije v okviru sistemov PRVaK, PRVAK in PRVK (Načrt razvoja vodovodov in kanalizacije), ki jih obdeluje posamezna samoupravna regija in so prosto dostopni na internetu.
- informacije na geoportalu lokalne regije (za varstvena območja vodnih virov), alternativno lahko uporabite zemljevidne storitve VÚV TGM, v. v. i. ali Kmečki portal
- dokumenti v krajevno relevantnem državnem okrožnem arhivu (večinoma Vodnogospodarski sklad)
- lokalno relevantne kronike (bodite pozorni na združevanje in delitev občin skozi zgodovino, predvsem v 70. in 80. letih prejšnjega stoletja!), ki so v mnogih primerih dostopne na internetu.

## 6 Priloga: Obrazec za informacije o čistilni napravi

Ta obrazec vam je lahko v pomoč pri pripravi informacij za ekskurzijo in vsebuje polja za vse informacije, ki bi jih morali slišati med ekskurzijo ali pa bodo zelo verjetno med vprašanji udeležencev.

ime čistilne naprave				
leto izgradnje / rekonstrukcije Centrale	proizvodnja vode na sekundo	proizvodnja vode na dan	proizvodnja vode na leto	odstotek izgub vode v omrežju
število oskrbovanih prebivalcev		oskrbovane občine		
število zaposlenih v centrali	število zaposlenih v podjetju	poraba električne energije na 1 m <sup>3</sup>	poraba električne energije na dan	poraba električne energije na leto
cena vode za 1m3		dolžina vodovodnega omrežja in material		
problemski parametri surove vode in tehnološki koraki za njihovo rešitev		opis virov (za vrtine, globina, vrsta, razglašena varstvena območja)		
		seznam in koncentracija izdanih kemikalij		
slog rešitve za ravnanje z blatom (lagune, kanalizacija, prejemnik...)				število naročnin a vzorcev vode na leto
podatki o lastniku in upravljavcu čistilne naprave in vodovodnega omrežja, v primeru podjetij država izvora podjetja				

Na drugi strani lista pripravite tehnološko shemo čistilne naprave in shemo celotnega vodovodnega sistema (vključno z velikostjo rezervoarjev), po možnosti tudi skico poti, po kateri boste vodili ekskurzijo, vključno s časovnim okvirom in morebitnimi pomembnimi podatki.

