

## OPISI INDIKATORSKIH PARAMETROV, KI JIH NAJDEMO V PITNI VODI

PRILOGA I UREDBE O PITNI VODI, DEL C, INDIKATORSKI PARAMETRI .....	2
(Ur. l. RS št. 61/2023) .....	2
Aluminij .....	2
Amonij .....	3
Celotni organski ogljik – TOC in oksidativnost .....	4
Clostridium perfringens (vključno s spori) .....	5
Električna prevodnost .....	5
Klorid .....	6
Koliformne bakterije .....	6
Koncentracija vodikovih ionov (pH vrednost) .....	7
Mangan .....	8
Motnost .....	9
Natrij .....	10
Okus, vonj in barva .....	11
Sulfat .....	12
Železo .....	13

## **PRILOGA I UREDBE O PITNI VODI, DEL C, INDIKATORSKI PARAMETRI (Ur. l. RS št. 61/2023)**

### **Aluminij**

Aluminij je najbolj razširjena kovina v zemeljski skorji. V pitni vodi je lahko prisoten primarno, predvsem pa sekundarno zaradi dodajanja aluminijevih soli, ki se uporabljajo kot koagulanti v pripravi pitne vode. Pri nepravilni uporabi lahko pride do izločanja flokul aluminijevega hidroksida v vodo v omrežju in posledično do sprememb v barvi in motnosti vode; koncentracija pri kateri lahko pride do teh sprememb je različna - odvisna je od drugih parametrov ter vodenja procesa priprave. Aluminij lahko migrira tudi iz novih cementnih cevi.

Glavna pot vnosa aluminija v telo je preko hrane, zlasti če vsebuje aluminijeve spojine kot aditive; vnos s pitno vodo predstavlja manj kot 5%. Aluminij ni nujen element za življenje človeka. Aluminij in njegove spojine se pri ljudeh slabo absorbirajo. V zvezi z učinki na zdravje poudarjajo predvsem njegovo potencialno nevrotoksičnost. V preteklosti je bil povezan s t.i. sindromom dializne demence. Študije o povezavi z nastankom oz. razvojem Alzheimerjeve bolezni niso dale zanesljivih rezultatov. Glede na dosedaj znane rezultate raziskav zdravstveno utemeljene kvantitativne vrednosti o vnosu ni moč predpisati.

V Uredbi o pitni vodi (Ur.l. RS št. 61/2023) je aluminij uvrščen v Prilogo 1, del C med indikatorske parametre. Mejna vrednost je 200 µg/l. Vrednost je bila postavljena kot kompromis med uporabo aluminijevih spojin pri pripravi vode in možnimi organoleptičnimi spremembami, ki se v distribuirani vodi običajno pojavijo pri koncentracijah 0,1 - 0,2 mg/l. Po mnenju Svetovne zdravstvene organizacije zaenkrat ni možno podati zdravstveno utemeljene smernice za pitno vodo, priporočilo pa je, da skladno s t.i. dobro prakso, dosežemo na pipi uporabnikov čim nižje koncentracije aluminija. Z optimizacijo procesa priprave vode lahko dosežemo pri uporabi aluminijevega koagulanta, koncentracije od 0,1 mg/l do 0,2 mg/l. Bojazen zaradi prisotnosti aluminija ne sme biti vzrok za povečevanje mikrobiološkega tveganja.

Ob laboratorijsko ugotovljenih preseženih vrednostih aluminija, pa tudi spremembah organoleptičnih lastnosti pitne vode, je potrebno takojšnje ugotavljanje in posledično odpravljanje vzrokov. Povišane koncentracije aluminija kažejo predvsem na neustrezno pripravo vode in možnost prisotnosti mikroorganizmov. Da bi bila koncentracija aluminija v pitni vodi čim nižja oz. ne bi bile presežena, je treba pri pripravi vode natančno upoštevati postopke, s katerimi to dosežemo (ustrezen pH, pravilno doziranje aluminijevega preparata, dobro mešanje in učinkovita filtracija flokul nečistoc in aluminijevega koagulanta). Zdravstveno utemeljena koncentracija za ukrepanje ni določena, pač pa to ukrepanje zahteva situacija, na katero opozarja indikatorski parameter. Ugotovitve ocenjujemo v povezavi z vrednostmi ostalih parametrov. Rezultati lahko narekujejo prekinitev ali omejitev dobave pitne vode ali drug ukrep.

## Amonij

Amoniak se zelo dobro topi v vodi in pri reakciji z vodo nastane amoniiev ion ( $\text{NH}_4^+$ ), ki ga določimo pri preskušanju vode in ga imenujemo amonij. Amonij v vodi v okolju je posledica komunalnega, kmetijskega in industrijskega onesnaženja. Koncentracije v podzemni in površinski vodi so običajno pod 0,2 mg/l, v anaerobnih pogojih v podzemni vodi so lahko več kot 3 mg/l. V pitni vodi ga najdemo tudi po dezinfekciji vode s kloramini; lahko migrira tudi iz cementnih cevi. Koncentracija amonija v pitni vodi, ki je višja od koncentracije amonija geogenega porekla je lahko indikator svežega organskega oziroma fekalnega onesnaženja.

Amonij je člen v presnovi dušika. Izpostavljenost amoniju iz okolja je v primerjavi z nastajanjem v organizmu nepomembna. Toksični učinek amonija se pojavi pri izpostavljenosti nad 200 mg/kg telesne teže. V koncentracijah, ki jih pričakujemo v pitni vodi, ne predstavlja neposredne nevarnosti za zdravje. Svetovna zdravstvena organizacija ni podala zdravstveno utemeljene smernice za pitno vodo, priporočilo pa je, da skladno s t.i. dobro prakso, dosežemo na pipah uporabnikov čim nižje koncentracije. Prag zaznavanja vonja v vodi za amonij je približno 1,5 mg/l, prag zaznavanja okusa pa je 35 mg/l. Če vsebuje voda več kot 0,2 mg amonija na liter, se po kloriranju lahko pojavi neprijeten okus in vonj (dikloramin, trikloramin), kot tudi zmanjšana učinkovitost dezinfekcije, saj lahko več kot polovica klora reagira z amonijem in tako klora ni na voljo za dezinfekcijo.

V Uredbi o pitni vodi (Ur.l. RS št. 61/2023) je amonij uvrščen v Prilogo 1, del C, med indikatorske parametre. Mejna vrednost je 0,50 mg/l. V skupini indikatorskih parametrov (del C) je zato, ker mejna vrednost ne temelji na podatkih o nevarnostih za zdravje ljudi.

Ob laboratorijsko ugotovljenih preseženih koncentracijah amonija v pitni vodi je potrebno takojšnje ugotavljanje in posledično odpravljanje vzrokov za presežene mejne vrednosti. Ugotoviti je treba ali je vzrok v surovi vodi in gre za fekalno onesnaženje vode oz. ali je amonij prisoten zaradi neustrezne priprave pitne vode. Presežena koncentracija v vodi po pripravi običajno kaže, da postopek priprave anaerobne podzemne ali kontaminirane površinske vode ni pravilen, kar zahteva tudi kontrolo ustreznosti dezinfekcije. Rezultat ugotovitev lahko narekuje prekinitvev ali omejitev dobave vode ali drug ukrep. Ukrep, ki ga izberemo in izvedemo, je odvisen od ugotovljenega vzroka.

### Celotni organski ogljik – TOC in oksidativnost

Celotni organski ogljik – TOC (Total Organic Carbon) in oksidativnost (poraba  $\text{KMnO}_4$ ) sta parametra, s katerima ugotavljamo prisotnost oz. koncentracijo organskih snovi v pitni vodi. S TOC bolj natančno izražamo koncentracijo organskih snovi kot z oksidativnostjo. TOC predstavlja koncentracijo celotnega organskega ogljika v vodi, vezanega na raztopljene ali suspendirane snovi. Vključene so najrazličnejše oblike kot so: elementarni ogljik, delci saj, onesnaževala kot so: benzen, toluen, cikloheksan, kloroform, cianidi itd. Oksidativnost določamo s titracijo vode z reagentom  $\text{KMnO}_4$ . Metoda je primerna za preprosto ocenjevanje kakovosti velikega števila vzorcev pitne vode. Spremljanje vrednosti parametra TOC oz. oksidativnosti v pitni vodi omogoča hitro in enostavno zaznavanje sprememb lastnosti vode.

Organske spojine v pitni vodi lahko predstavljajo direktno ali indirektno tveganje za zdravje, saj so med njimi številne toksične, predstavljajo hrano za rast neželenih mikroorganizmov, lahko reagirajo s prisotnimi dezinfekcijskimi sredstvi v toksične stranske produkte ipd.

Parametra TOC in oksidativnost sta uvrščena v Prilogo 1, del C, med indikatorske parametre. Vto skupino sta uvrščena zato, ker mejna vrednost ne temelji na podatkih o nevarnostih za zdravje ljudi. Za TOC je navedena specifikacija, da mora biti brez neobičajnih sprememb. Za rezultate monitoringa pitne vode v Sloveniji je za oceno skladnosti dogovorjena mejna vrednost za TOC 4 mg/l. Mejna vrednost za oksidativnost za pitne vode je 5 mg  $\text{O}_2$ /l. Po veljavni zakonodaji TOC ni potrebno določati pri sistemih za oskrbo s pitno vodo, ki zagotavljajo manj kot 10.000 m<sup>3</sup> na dan, parametra oksidativnost pa ne, če se preskuša TOC.

TOC oz. oksidativnost sta indikatorska parametra in njuna sprememba kaže na morebitno onesnaženost pitne vode. Vrednost oziroma spremembo TOC ali oksidativnosti ocenjujemo v povezavi z vrednostmi ostalih parametrov. V primeru odstopanj od predpisanih vrednosti mora upravljavec takoj ugotoviti vzroke ter s pregledom celotnega sistema za oskrbo s pitno vodo preveriti njegovo stanje in ukrepati v skladu z ugotovitvami. Rezultat ugotovitev lahko narekuje prekinitev ali omejitev dobave ali drug ukrep.

### **Clostridium perfringens (vključno s sporami)**

Sporogene bakterije, ki so običajno prisotne v blatu, vendar v manjšem številu kot *E. coli*. Njihov izvor je lahko tudi v okolju. Spore prežive v vodi dolgo časa in so odporne na dezinfekcijska sredstva. Če jih najdemo skupaj z *E. coli* ocenjujemo to kot svežo kontaminacijo, če so sami ali z enterokoki brez *E. coli*, je onesnaženje staro in urgentno manj pomembno. V filtrirani vodi kažejo na napake v postopku filtracije. Iščemo jih v pitnih vodah, ki imajo stik s površinsko vodo. Po Uredbi o pitni vodi (Ur.l. RS št. 61/2023) je *Clostridium perfringens* (vključno s sporami) uvrščen v Prilogo I, del C, med indikatorske parametre. Določena mejna vrednost za *Clostridium perfringens* (vključno s sporami), v pitni vodi je: 0/100 ml.

Glej tudi Opisi mikrobioloških parametrov (več).

### **Električna prevodnost**

Električna prevodnost pitne vode je lastnost vode, da prevaja električni tok. Odvisna je od prisotnosti ionov v vodi: od njihove koncentracije, gibljivosti in naboja ter od temperature vode ob merjenju. Rastopine anorganskih snovi so večinoma dobri prevodniki, molekule organskih snovi, ki ne disociirajo v vodi, pa prevajajo električni tok slabo ali pa ga sploh ne. Na električno prevodnost pitne vode običajno vplivajo koncentracije kalcijevih, magnezijevih, natrijevih, kalijevih, hidrogenkarbonatnih, sulfatnih in kloridnih ionov. Tako ima na primer morska voda električno prevodnost približno 50.000  $\mu$  S/cm, deževnica pa 5 - 30  $\mu$  S/cm. Enota za električno prevodnost je mikro Siemens na cm ( $\mu$ S/cm).

Električna prevodnost pitne vode se na oskrbovalnem območju običajno ne spreminja, kot tudi ne vrsta in koncentracija prisotnih ionov. Če pri opazovanem viru pitne vode ali v pitni vodi na določenem oskrbovalnem območju ugotovimo nenadno spremembo električne prevodnosti, lahko sklepamo, da je prišlo npr. do mešanja vode iz drugega vodnega vira, do vdora onesnaženja ipd.

V Uredbi o pitni vodi (Ur.l. RS št. 61/2023) je parameter Električna prevodnost uvrščen v Prilogo 1, del C, med indikatorske parametre. V to skupino je uvrščen zato, ker mejna vrednost ne temelji na podatkih o nevarnostih za zdravje ljudi. Mejna vrednost za pitno vodo je 2500  $\mu$ S/cm pri 20 °C.

Električna prevodnost je indikatorski parameter in njena sprememba kaže na morebitno onesnaženost pitne vode. Vrednost oziroma spremembo električne prevodnosti ocenjujemo v povezavi z vrednostmi ostalih parametrov. V primeru odstopanj od predpisanih vrednosti mora upravljavec takoj ugotoviti vzroke ter s pregledom celotnega sistema za oskrbo s pitno vodo preveriti njegovo stanje in ukrepati v skladu z ugotovitvami. Rezultat ugotovitev lahko narekuje prekinitev ali omejitev dobave ali drug ukrep.

## Klorid

Kloridi so v okolju je prisotni kot natrijeva, kalijeve ali kalcijeve sol. Odvisno od tipa surove vode, so kloridi v pitni vodi lahko naravnega izvora, lahko pa so iz komunalnih ali industrijskih odpadnih vod, so posledica površinskega spiranja zaradi soljenja cest ali uporabe gnojil, vdora slanice. Kloridi so zelo mobilni ter se z vodo prenašajo v okolju. V pitni vodi so lahko tudi posledica priprave, kjer se uporablja klor ali klorid. V bazenskih kopalnih vodah so znak obremenitve s strani kopalcev in pomanjkljivega razredcevanja kopalne vode s svežo vodo.

Kloridi so eni glavnih anionov v telesu, potrebni za vzdrževanja osmotskega pritiska in elektrolitskega ravnotežja. Glavni vir vnosa za ljudi, je preko kuhinjske soli v hrani in znaša v količini do nekaj gramov na dan. Povišan krvni pritisk povezan z vnosom natrijevega klorida, je verjetno bolj odvisen od natrija. Koncentracije, ki presegajo 250 mg/l lahko dajejo vodi okus; meja okušanja je odvisna od pridruženega kationa. Te koncentracije so daleč pod tistimi, ki bi lahko imele zdravstvene učinke. Visoke koncentracije kloridov v vodi povečujejo korozijo kovin, kar lahko sekundarno vodi do povečanih koncentracij kovin v vodi.

V Uredbi o pitni vodi (Ur.l. RS št. 61/2023) so kloridi uvrščeni v Prilogo 1, del C, med indikatorske parametre. Mejna vrednost je 250 mg/l, z opombo, da pitna voda ne sme biti jedka. V skupini indikatorskih parametrov (del C) so zato, ker mejna vrednost ne temelji na podatkih o nevarnostih za zdravje ljudi.

Ob laboratorijsko ugotovljenih preseženih vrednostih kloridov, pa tudi spremembah organoleptičnih lastnosti pitne vode, je potrebno takojšnje ugotavljanje in odpravljanje vzrokov. Zdravstveno utemeljena koncentracija za ukrepanje ni določena, pač pa to ukrepanje zahteva situacija, na katero opozarjajo kloridi kot indikatorski parameter. Ugotovitve ocenjujemo v povezavi z vrednostmi ostalih parametrov. Rezultati lahko narekujejo prekinitev ali omejitev dobave pitne vode ali drug ukrep.

## Koliformne bakterije

Skupina različnih bakterij, ki jih najdemo ne samo v blatu, ampak tudi v okolju. Če v vzorcu pitne vode nismo potrdili tudi prisotnosti E.coli in/ali enterokokov, jih ne moremo uporabljati kot pokazatelje fekalnega onesnaženja. Preskus je uporaben za presojo onesnaženja z večjimi količinami organskih in anorganskih snovi iz okolja, ustreznosti priprave vode, onesnaženja po pripravi vode, poškodovanosti ali napak v omrežju ipd. Po Uredbi o pitni vodi (Ur.l. RS št. 61/2023) so koliformne bakterije uvrščene v Prilogo I, del C, med indikatorske parametre. Mejna vrednost za koliformne bakterije je: 0/100 ml.

Glej tudi Opisi mikrobioloških parametrov (več).

### Koncentracija vodikovih ionov (pH vrednost)

S pH vrednostjo vode izražamo stopnjo kislosti oz. bazičnosti vode. PH 7 pomeni, da je voda nevtralna, pod to vrednostjo je kislina, nad to vrednostjo pa bazična. V večini naravnih vod je pH povezan z ravnotežjem ogljikovega dioksida, hidrogenkarbonata in karbonata in s tem tudi s trdoto vode (mehke vode imajo nižjo pH vrednost, trde vode pa višjo). Običajni pH v podzemnih vodah je med 6 in 8,5, pH limoninega soka je 2, jabolka 3, paradižnika 4, morske vode 8, nekaterih detergentov do 10, nekaterih čistil tudi do 12. Ekstremne vrednosti v pitni vodi so lahko posledica nezgod, napak v pripravi vode ali sproščanja iz materialov v stiku z vodo (npr. cementne cevi).

Vpliv koncentracije vodikovih ionov (pH vrednost) na zdravje ljudi je lahko posreden ali neposreden. Neposredna izpostavljenost ekstremno visokemu ali nizkemu pH povzroča draženje oči, sluznic in kože ter okvaro tkiva. Ekstremne vrednosti, ki bi povzročile take poškodbe (npr. pod 4 ali nad 11), v sistemih za oskrbo s pitno vodo, niso običajne. Med posredne vplive štejemo povečanje korozije materialov v stiku z vodo z nizko pH vrednostjo; posledica korozije je lahko kontaminacija vode, sprememba okusa in videza ter tudi poškodbe na materialu. Zlasti pomembna je ustrezna pH vrednost pri pripravi vode za zagotavljanje učinkovite koagulacije in dezinfekcije. Za učinkovito dezinfekcijo vode s klorom, naj bo pH manj kot 8.

V Uredbi o pitni vodi (Ur.l. RS št. 61/2023) je parameter koncentracija vodikovih ionov (pH vrednost) uvrščen v Prilogo 1, del C, med indikatorske parametre. Za pitno vodo je določena mejna vrednost med 6,5 in 9,5. Za vodo, ki je namenjena pakiranju, je najnižja vrednost lahko 4,5; če je voda naravno bogata ali umetno obogatena z ogljikovim dioksidom, je vrednost pH lahko še nižja. V skupini indikatorskih parametrov je pH zato, ker mejna vrednost ne temelji na podatkih o nevarnostih za zdravje ljudi, pač pa na osnovi vpliva pH na materiale v stiku z vodo ter na učinkovitost dezinfekcije vode.

Spremljanje vrednosti parametra pH v pitni vodi omogoča hitro in enostavno zaznavanje sprememb lastnosti vode na terenu. Zaradi vpliva na korozijo in postopke priprave je eden najpomembnejših operativnih (tehnoloških) parametrov. Pri obratovanju sistema za oskrbo s pitno vodo je potrebno stalno spremljanje in korekcija pH vrednosti vode v postopku priprave in pred vstopom vode v distribucijski sistem. V primeru odstopanj od predpisanih vrednosti mora upravljavec takoj ugotoviti vzroke neskladnosti pH vrednosti ter s pregledom celega sistema za oskrbo s pitno vodo preveriti njegovo stanje in ukrepati v skladu z ugotovitvami. V kolikor pH doseže vrednosti pri porabniku manj kot 4 ali več kot 11 je potrebna prekinitev dobave.

## Mangan

Je eden od najbolj razširjenih elementov v zemeljski skorji, kjer ga pogosto najdemo skupaj z železom. Poleg naravnega pojavljanja v vodi, zraku ali zemlji ga lahko najdemo v okolju tudi kot posledico uporabe v različnih panogah industrije oz. iz odpadkov.

V podtalnici je raztopljen v redukcijskih (anaerobnih) pogojih. Ob stiku zračnim kisikom se iz raztopljene brezbarvne oblike izloči kot manganov temno rjavi do črni oksid. Izločeni mangan se nabira v distribucijskih sistemih, kjer ob naselitvi bakterij nastanejo sluzaste obloge (biofilmi) že pri 0,02 mg/l in lahko pride do zamažitve cevi, luščenja oblog ali sproščanja mangana iz njih. Koncentracije mangana v območju 0,05 - 0,1 mg/l so običajno še sprejemljive za porabnike, v višjih koncentracijah pa izločeni mangan obarva perilo oz. sanitarno in kuhinjsko opremo ter daje vodi, predvsem pa pijačam tuj okus. Mangan tako torej predstavlja predvsem tehnično - estetski in ne zdravstveni problem.

Mangan je esencialni element za človeka in mnoge druge organizme. Med ljudmi obstajajo velike individualne razlike v dnevni potrebi in reakcijah nanj. Zdravstvene posledice so možne, če ga vnesemo premalo ali preveč. Ker je prisoten v mnogih živilih je njegovo pomanjkanje pri človeku redko. Dnevni vnos preko hrane je običajno 10 mg/dan.

Kronična izpostavljenost preko dihal na delovnem mestu je lahko vzrok resnih nevroloških posledic in vedenjskih sprememb. Učinki so ireverzibilni, sindrom imenujemo manganizem. V nasprotju s kroničnim vnosom preko dihal je pri oralnem vnosu opisana relativno nizka strupenost; ne glede na to pa je treba, zaradi povečane absorpcije ali zmanjšanega izločanja, obravnavati kot bolj občutljive skupine prebivalstva otroke, starejše in osebe z obolenji jeter.

V Uredbi o pitni vodi (Ur.l.RS št. 61/2023) je mangan uvrščen kot indikatorski parameter, z mejno vrednostjo 50 µg/l. V skupini indikatorskih parametrov (del C) je zato, ker vrednost ne temelji na podatkih o nevarnostih za zdravje ljudi. Kot zdravstveno utemeljeno dopustno koncentracijo lahko upoštevamo vrednost 0,4 mg/l, ki je smernica Svetovne zdravstvene organizacije. V ZDA je zdravstveno priporočilo 0,3 mg/l, ki se lahko za kratkotrajno uživanje (10 dni) poviša do 1 mg/l, razen za dojenčke do 6 mesecev.

Priprava vode je potrebna zaradi tehničnih razlogov ter okusa in videza že pri koncentracijah, pri katerih še ne pride do zdravstvenih učinkov. Če se priprava izvaja, kaže prisotnost ali nihanje koncentracije mangana na pomanjkljivosti postopka priprave. Dokler priprave ni, se lahko tolerira vrednost do 0,4 mg/l, ki upošteva tudi občutljive skupine prebivalcev. Za otroke do 6 mesecev naj se upošteva mejna vrednost 0,3 mg/l. Koncentracije nad temi vrednostmi terjajo omejitev uporabe vode kot živila.



## Motnost

Motnost vode je pokazatelj prisotnosti delcev, velikosti od 1nm do 1mm. Delce tvorijo anorganske in organske snovi ter mikroorganizmi (glineni delci, mulj, koloidni delci, huminske snovi, alge, plankton, bakterije...). Posamezne komponente se med seboj lahko povezujejo: npr. glineno - organski del. Delci so prisotni že pred pripravo (večjo motnost izmerimo v površinskih vodah, v podtalnici je običajno nizka, če ta ni v stiku s površinsko vodo), so posledica neustrezne priprave ali dviganja usedline oziroma luščenja biofilma v distribucijskem sistemu. Motnosti izražamo v NTU (nefelometrične turbidimetrične enote). Metoda merjenja motnosti temelji na primerjavi sipanja svetlobe pri prehoduskozi vzorec vode in skozi standardno suspenzijo z znano motnostjo.

Delci lahko predstavljajo neposredno ali posredno nevarnost za zdravje ljudi. Ščitijo patogene mikroorganizme pred učinki dezinfekcije in večajo porabo dezinfekcijskega sredstva. Poleg tega stimulirajo rast bakterij v distribucijskem sistemu, ker se nanje adsorbirajo hranilne snovi. Adsorptivna sposobnost nekaterih delcev lahko prispeva k prisotnosti škodljivih anorganskih in organskih sestavin npr.: pesticidov, mikroelementov v pitni vodi. Uživanje motne vode zato predstavlja ali kaže na možnost večjega tveganja za zdravje.

V Uredbi o pitni vodi je motnost uvrščena v Prilogo 1, del C med indikatorske parametre, kar pomeni, da mejna vrednost ni določena na podlagi podatkov o nevarnostih za zdravje. Mejna vrednost oz. specifikacija zahteva, da je "motnost sprejemljiva za uporabnike in je brez neobičajnih sprememb". Po podatkih Svetovne zdravstvene organizacije je izgled vode z motnostjo do 4 NTU običajno še sprejemljiv za uporabnike; zaradi mikrobiološke varnosti vode priporočajo čim nižjo motnost.

Motnost je eden od parametrov, ki sam pove zelo malo, zato spremembe motnosti ocenjujemo v povezavi z vrednostmi ostalih parametrov. Pomaga pri globalni oceni kakovosti vode, je pomemben parameter v procesu nadzora, priprave in distribucije vode. Povečana motnost na pipi lahko kaže na stik s površinsko vodo, napake oz. neustrezno pripravo vode, poškodbo cevovoda in kontaminacijo, dviganje usedline ali luščenje biofilma v distribucijskem sistemu. Zato je za ocenjevanje nujno poznavanje stanja vodovodnega omrežja sistema za oskrbo s pitno vodo in interne vodovodne napeljave. V primeru neskladnosti je treba ugotoviti stopnjo in hitrost nastanka neskladnosti ter vzroke oz. s pregledom celotnega sistema za oskrbo s pitno vodo preveriti njegovo stanje in ukrepati v skladu z ugotovitvami. Rezultat ugotovitev lahko narekuje prekinitev ali omejitev dobave ali drug ukrep.

## Natrij

Natrij je v okolju najpogosteje prisoten kot natrijev klorid (kuhinjska sol). Odvisno od tipa surove vode, je natrij v pitni vodi lahko naravnega izvora, lahko pa je iz komunalnih ali industrijskih odpadnih vod, je posledica površinskega spiranja zaradi soljenja cest ali uporabe gnojil, vdora slanice. Natrij se v tleh lahko veže na negativno nabite delce. V pitni vodi je lahko prisoten tudi kot posledica uporabe natrijevih spojin v procesu priprave vode npr.: dezinfekcije z natrijevim hipokloritom, ali uporabe v druge namene (npr. korekcija pH) ali pa mehčanja vode (ionska izmenjava) v interni vodovodni napeljavi.

Natrij je eden glavnih kationov v telesu, potreben za vzdrževanje osmotskega pritiska in elektrolitskega ravnotežja. Glavni vir vnosa za ljudi je preko kuhinjske soli v hrani in znaša do nekaj gramov na dan. Povišan krvni pritisk povezan z vnosom kuhinjske soli - natrijevega klorida, je morebiti povezan z natrijem; ta učinek se poveča ob hkratnem uživanju hrane, ki vsebuje malo kalija. Koncentracije natrija v pitni vodi, ki presegajo 200 mg/l lahko dajejo vodi okus; meja okušanja je individualna in odvisna še od drugih faktorjev npr.: pridruženega aniona. Te koncentracije so daleč pod tistimi, ki bi lahko imele zdravstvene učinke. Lahko pa so te koncentracije natrija v pitni vodi pomembne za osebe, za katere velja omejitev vnosa soli (npr.: povišan pritisk in obolenja v zvezi z njim).

V Uredbi o pitni vodi (Ur.l. RS št. 61/2023) je natrij uvrščen v Prilogo 1, del C, med indikatorske parametre. Mejna vrednost je 200 mg/l. V skupini indikatorskih parametrov (del C) je zato, ker mejna vrednost ne temelji na podatkih o nevarnostih za zdravje ljudi. Pri kroničnem vnosu lahko za posebne skupine prebivalcev upoštevamo tudi delež vnosa preko vode in priporočimo manjše koncentracije natrija.

Ob laboratorijsko ugotovljenih preseženih vrednostih natrija, pa tudi spremembah organoleptičnih lastnosti pitne vode, je potrebno takojšnje ugotavljanje in odpravljanje vzrokov. Zdravstveno utemeljena koncentracija za ukrepanje ni določena, pač pa to ukrepanje zahteva situacija, na katero opozarja natrij kot indikatorski parameter. Ugotovitve ocenjujemo v povezavi z vrednostmi ostalih parametrov. Rezultati lahko narekujejo prekinitev ali omejitev dobave pitne vode ali drug ukrep.

## Okus, vonj in barva

Okus, vonj in barva vode so organoleptični parametri, to je parametri, ki jih ugotavljamo s čutili. So ena prvih sprememb, ki jih uporabniki sami zaznajo. Na sprejemljivost pitne vode vplivajo številni dejavniki. Sprejemljivost je odvisna od sposobnosti zaznave posameznega uporabnika in kakovosti vode na katero so v določenem okolju navajeni, nanjo vplivajo različni socialni, okoljski in kulturni vidiki. Splošna zahteva je, da mora biti voda (okus, vonj, barva) sprejemljiva za večino uporabnikov.

Spremembo okusa ali vonja vode lahko povzročajo spremembe v viru oskrbe z vodo, priprava vode (npr.: uporaba dezinfekcijskih sredstev), vpliv omrežja (voda lahko raztaplja materiale in snovi v stiku s pitno vodo: npr. kovine, plastiko, maziva). Na okus in vonj vode lahko vpliva tudi prisotnost in aktivnost mikroorganizmov v pitni vodi (shranjevanje in distribucija pitne vode).

Podobno lahko spremembe barve pitne vode, odvzete na pipi, kažejo na stik s površinsko vodo, neustrezno pripravo vode, poškodbo cevovoda, dviganje usedline ali luščenje biofilma v omrežju. Obarvanje vode kot posledica dviganja usedlin nastane zaradi npr.: spremembe smeri ali hitrosti toka vode, zaradi loma cevi, odpiranja ali zapiranja ventilov, po delih na sistemu za oskrbo s pitno vodo; usedline so lahko posledica korozije (rja) ali pa vdora umazanije. Voda izgleda bela, kot posledica mehurčkov zraka (če so vzrok mehurčki zraka, se bo voda v kozarcu zbistrila najprej na dnu kozarca in nato proti vrhu). Različne odtenke rjave barve vode lahko povzročita železo in mangan, ali pa višje koncentracije organskih snovi npr. huminske kisline v pitni vodi.

V Uredbi o pitni vodi (Ur.l. RS št. 61/2023) so parametri: barva, okus in vonj uvrščeni v Prilogo 1, del C, med indikatorske parametre. Za pitno vodo je za vse tri parametre navedena mejna vrednost: "sprejemljiva za uporabnike in brez neobičajnih sprememb". V skupini indikatorskih parametrov so ti parametri zato, ker mejna vrednost ne temelji na podatkih o neposredni nevarnosti za zdravje ljudi.

Če se pojavi sprememba okusa, vonja, barve (organoleptičnih parametrov), je potrebno ugotoviti vzrok. Spremembe okusa, vonja in barve same povedo premalo, zato jih ocenjujemo v povezavi z vrednostmi ostalih parametrov. Za ocenjevanje je nujno poznavanje stanja vodovodnega omrežja sistema za oskrbo s pitno vodo in interne vodovodne napeljave. Dokler se ne ugotovi vzroka in vpliva na zdravje ter ustrezno ne ukrepa, taka voda ni primerna za pitje (omejitev uporabe vode kot živila).

## Sulfat

Sulfati so naravno prisotni v mnogih kamninah. Pogosto se uporabljajo v kemijski industriji; v okolje pridejo tudi preko odpadkov oz. odplak in iz atmosfere – preko emisij žvepovega dioksida in nato kot »kisli dež«. Aluminijev ali železov sulfat se uporabljata kot koagulanta v pripravi pitne vode. Bakrov sulfat se uporablja tudi kot fungicid in algicid. Sulfati so v okolju zelo stabilni; topnost soli v vodi je odvisna od spremljajočih kationov. Na prst se ne adsorbirajo znatno in se prenašajo skozi njo v nespremenjeni obliki. Uporabljajo se tudi kot aditiv živilom. Glavni vnos v človeka je preko hrane..

Sulfat v pitni vodi je lahko vzrok spremenjenega okusa vode pri koncentracijah nad 250 mg/l, kar je odvisno tudi od spremljajočega kationa. S tem vpliva na sprejemljivost – uživanje vode. Pri koncentracijah v pitni vodi 1000 – 1200 mg/l ima sulfat odvajalni učinek. Gre za kratkotrajen in prehodni pojav, ki je posledica spremenjene osmolarnosti črevesne vsebine. Delovanje je odvisno tudi od kationa (magnezijev sulfat ima večji učinek, ker se manj absorbira), drugih osmotsko aktivnih snovi v črevesju oz. v vodi ter hrani. Ljudje lahko razvijejo toleranco na visoke koncentracije sulfata v vodi. Nekatere skupine prebivalcev npr. otroke, starejše ali prišleke lahko štejeemo zaradi tega delovanja in možnega posledičnega dehidracijskega učinka za bolj občutljive.

V Uredbi o pitni vodi (Ur.l. RS št. 61/2023) je sulfat uvrščen v Prilogo 1, del C, med indikatorske parametre. Mejna vrednost je 250 mg/l, z opombo, da voda ne sme biti agresivna. V skupini indikatorskih parametrov (del C) so zato, ker mejna vrednost ne temelji na podatkih o nevarnostih za zdravje ljudi. Ker je običajno v pitni vodi v koncentracijah, ki so daleč pod tistimi, ki bi lahko delovale toksično, ga Svetovna zdravstvena organizacija obravnava v skupini, za katere v smernicah niso določili vrednosti. Zaradi možnih prebavnih težav predlaga naj bo zdravstvena služba opozorjena na prisotnost sulfatov, če jih voda vsebuje več kot 500 mg/l.

Ob laboratorijsko ugotovljenih preseženih vrednostih pa tudi spremembi okusa pitne vode, je potrebno takojšnje ugotavljanje in posledično odpravljanje vzrokov. Zdravstveno utemeljena koncentracija za ukrepanje ni določena, pač pa to ukrepanje zahteva situacija, na katero opozarja indikatorski parameter. V primeru spremenjenega okusa ali prehodnega odvajalnega učinka na črevesje naj zlasti občutljivi ne uživajo take vode, temveč drugo.

## Železo

Železo je ena izmed najbolj razširjenih kovin v zemeljski skorji. V številnih naravnih vodah ga najdemo v koncentracijah med 0,5 in 50 mg/l. V podtalni vodi so topne oblike železa v glavnem v obliki Fe<sup>2+</sup>. Le-ta se ob stiku z zračnim kisikom ali drugim oksidantom oksidira do Fe<sup>3+</sup> in izloči kot netopni hidratizirani oksid, kar izgleda kot rdeče rjavo obarvan mulj. V pitni vodi je železo lahko prisotno tudi kot posledica uporabe sredstev za pripravo vode - koagulantov, ki ga vsebujejo, ali kot posledica korozije vodovodnega omrežja (rja).

Prisotnost železa v vodi vpliva na njen okus, barvo in vonj. Voda s koncentracijo železa - 0,1 mg/l in več povzroča obarvanje perila pri pranju (rjavkasti madeži), madeže na sanitarni opremi, plavalnih bazenih in podobno. Okus ljudje zaznajo običajno nad koncentracijo 0,3 mg/l. V vodah, ki vsebujejo železove spojine se lahko razvijajo železove bakterije, ki povzročajo obloge, korozijo cevi in spreminjajo organoleptične lastnosti vode (videz, okus in vonj). Rja v sistemu nudi ugodne pogoje za legionele.

Železo je za človeka esencialni element. V organizmu se ga več kot 70% nahaja v krvi, v hemoglobinu. Minimalni potrebni dnevni vnos je odvisen od starosti, spola, fiziološkega stanja in znaša od 10 do 50 mg/dan. Pri obolenjih z motnjami v sprejemanju železa oz. pri večji potrebi organizma po železu (npr. nosečnost) je potrebno dodatno uživanje železovih preparatov. Predoziranje železa pa lahko, zlasti pri majhnih otrocih, pripelje do zastrupitve, tudis smrtnim izidom. Kronično kopičenje železa v organizmu je največkrat posledica genetske motnje (hemokromatoza), s povečano absorpcijo železa oziroma je posledica večjega vnosa železa zaradi bolezenskih stanj, pri katerih so potrebne pogoste transfuzije. Odrasle osebe sicer pogosto dalj časa uživajo železove preparate brez škodljivih posledic in je malo verjetno, da bi vnos železa 0,4 do 1 mg/kg telesne teže povzročil škodljive učinke za zdravje.

V Uredbi o pitni vodi (Ur.l. RS št. 61/2023) je železo uvrščeno v Prilogo 1, del C, med indikatorske parametre. Mejna vrednost je 200 µg/l in temeljina organoleptičnih učinkih. V skupini indikatorskih parametrov (del C) je zato, ker mejna vrednost ne temelji na podatkih o nevarnostih za zdravje ljudi. Kot zdravstveno utemeljeno dopustno koncentracijo lahko upoštevamo, po stališču Svetovne zdravstvene organizacije, 2 mg/l.

Ob zaznanih spremembah organoleptičnih lastnosti pitne vode oz. laboratorijsko ugotovljenih preseženih vrednostih železa je potrebno takojšnje ugotavljanje in posledično odpravljanje vzrokov za presežene mejne vrednosti železa v pitni vodi. Ugotoviti je treba ali je vzrok primaren (surova voda), oz. ali je železo prisotno sekundarno zaradi neustrezne priprave pitne vode ali pa je posledica slabega stanja oz. korozije cevi. Ukrep, ki ga izberemo in izvedemo, je odvisen od ugotovljenega vzroka.