

**PITNA
VODA**
V MESTNI
OBČINI
LJUBLJANA

Pot od
vodnega
vira do
kozarca

PITNA VODA V MESTNI OBČINI LJUBLJANA – POT OD VODNEGA VIRA DO KOZARCA

Avtorji:

dr. Tadeja Kosec, univ. dipl. kem. (ZAG)

mag. Nina Gartner, dipl. inž. fiz. (ZAG)

dr. Brigita Jamnik, univ. dipl. kem. (JP VOKA SNAGA d. o. o.)

dr. Viviana Golja, univ. dipl. kem. (NIJZ)

Alenka Labovič, univ. dipl. inž. kem. tehnol. (NLZOH)

Lucija Smojver, univ. dipl. inž. kem. tehnol. (NLZOH)

doc. dr. Sabina Kramar, univ. dipl. inž. geol. (ZAG)

dr. Aljoša Šajna, univ. dipl. inž. grad. (ZAG)

dr. Monika Novak Babič, univ. dipl. mikr. (NIB, BF)

prof. dr. Nina Gunde-Cimerman, univ. dipl. biol. (BF)

Tinkara Kopar, univ. dipl. inž. kem. inž. (ZAG)

Urednica: mag. Nina Gartner

Lektoriranje:

mag. Darja Gabrovšek Homšak

Izdajal in založil:

Zavod za gradbeništvo Slovenije (ZAG)

Ljubljana, 2019

Financiranje:

Zavod za gradbeništvo Slovenije (ZAG)

in Mestna občina Ljubljana (MOL)

Publikacija ni namenjena prodaji.

Oblikovanje in tisk:

Birografika BORI d. o. o.

1. elektronska izdaja

http://www.zag.si/dl/ZAG_Pitna_voda_v_MOL.pdf

Izšlo tudi v tiskani izdaji

© 2019 Zavod za Gradbeništvo
Slovenije (ZAG)

Katalogni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v

Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani

COBISS.SI-ID=301788160

ISBN 978-961-94071-2-7 (pdf)

Tadeja Kosec, Nina Gartner (ZAG)

UVOD V PROBLEMATIKO MATERIALOV V STIKU S PITNO VODO

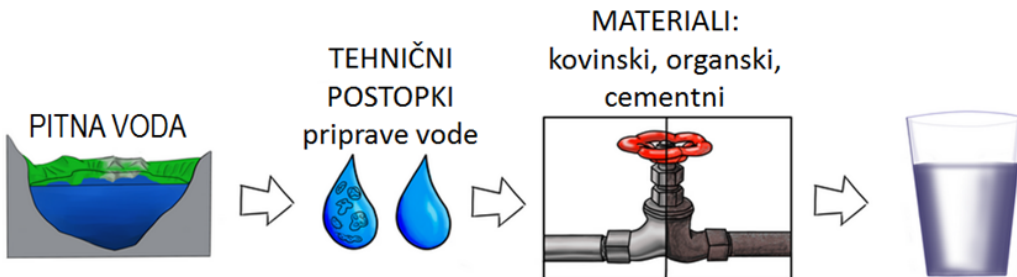
Voda je ena osnovnih dobrin, nujno potrebnih za življenje. V Sloveniji se lahko pohvalimo z bogatimi viri kakovostne vode, ki je dostopna skoraj vsakemu prebivalcu.

Kakovost pitne vode na izviru je odvisna predvsem od okolja in zunanjih obremenitev. Toda na poti od vodnega vira do »kozarca« **pride voda v stik z veliko različnimi materiali**, ki lahko bistveno vplivajo na njeno kakovost in neoporečnost.



Tudi voda iz pipe na Letališču Jožeta Pučnika Ljubljana je pitna.

Namen publikacije je ozaveščanje strokovne in druge zainteresirane javnosti v Mestni občini Ljubljana (MOL) o različnih dejavnikih, ki vplivajo na kakovost vode, ter o **pomembnosti izbire ustreznih materialov** za stik s pitno vodo.



KAKŠNO VODO PIJEMO V LJUBLJANI?

Vodni vir centralnega vodovodnega sistema (CVS) Ljubljana je podzemna voda Ljubljanskega polja in Barja. Podzemno vodo črpamo v petih vodarnah: Kleče, Hrastje, Jarški prod, Šentvid in Brest. Nekatere mestne četrti oskrbujemo s pitno vodo stalno iz ene vodarne, druge pa iz dveh ali več vodarn, odvisno od porabe in tlačnih razmer. Pitne vode ni treba pripravljati s tehnološkimi postopki, preventivno jo dezinficiramo samo lokalno in občasno. Voda doteka do uporabnikov neposredno iz vodarn ali pa jo začasno skladiščimo v vodohranih na obronkih mesta. Letna količina prodane pitne vode je okrog 20 milijonov m³. Oskrba s pitno vodo je varna.

POT PITNE VODE V LJUBLJANI



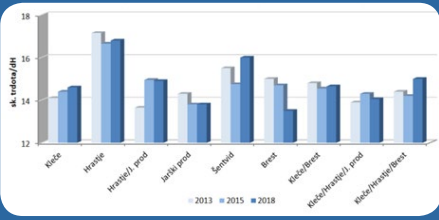
Prispevna območja zajetij (1)
Črpanje in priprava (2)



Distribucija in uporaba (3)

Prečrpavanje in shranjevanje (4)

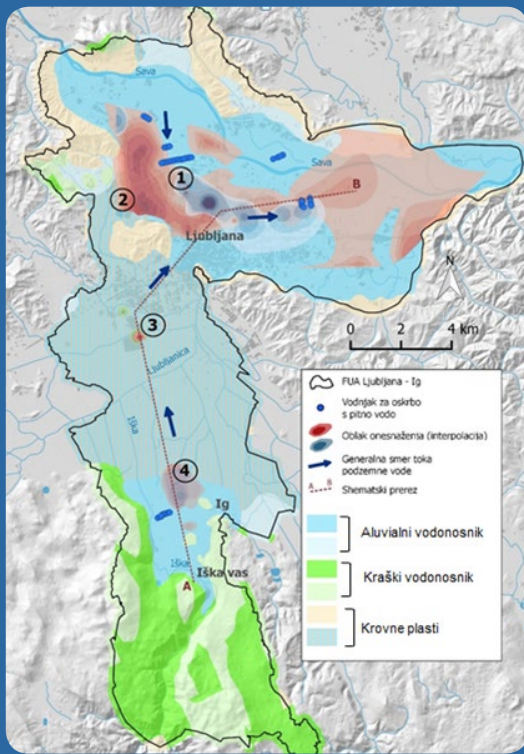
Rezultati mikrobioloških preskusov pitne vode v Ljubljani so dobri. Voda je trda (od 14 do 16 °N), pH je okrog 7,5, temperatura se giblje v povprečju od 13 do 18 °C, koncentracija kalcija in magnezija pa okrog 79 in 26 mg/L. Onesnaževal antropogenega izvora, kot so nitrati, topila, pesticidi, kovine in novodobna onesnaževala,



Skupna trdnost na oskrbovalnih območjih CVS Ljubljana

v pitni vodi ni v koncentracijah, ki bi predstavljale zdravstveno tveganje. Potencialne nevarnosti za zdravje uporabnikov na celotni poti pitne vode, od vodnega vira do pip uporabnikov, stalno spremljamo in nadzorujemo. Tveganja obvladujemo z rednimi in izrednimi ukrepi pri upravljanju vodovodnega sistema.

Z rednimi vzdrževalnimi deli na vodovodnem omrežju preprečujemo tveganja za zdravje uporabnikov.



Prepoznavanje nevarnosti - onesnaženja podzemne vode, vira pitne vode za CVS Ljubljana: šestvalentni krom (1), nitrati (2) in novodobna onesnaževala, bor (3), desetilatrazin (4), projekt AMIIGA.



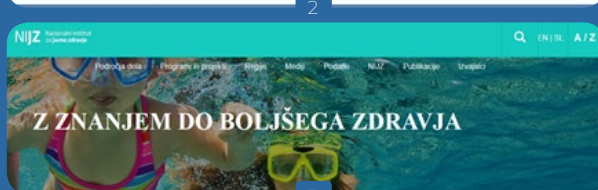


Viviana Golja (NIJZ)

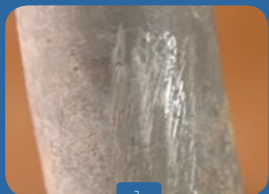
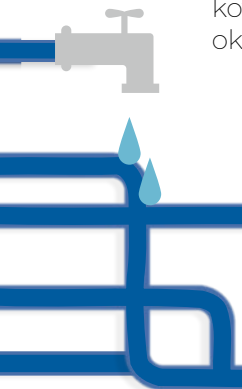
VZDRŽEVANJE SISTEMOV ZA OSKRBO S PITNO VODO IN PRIPRAVO VODE

Sisteme za oskrbo s pitno vodo in pripravo vode je treba v skladu z načrtom za zagotavljanje varnosti pitne vode (WSP) redno vzdrževati, da zagotovimo pravilno delovanje in daljšo življenjsko dobo opreme. Dotrajane materiale zamenjamo z novimi ustreznimi materiali. Izvedba in zaključek vzdrževanja potekata tako, da ni negativnih vplivov na zdravstveno ustreznost pitne vode. Vzdrževalci morajo biti za vzdrževalna dela ustrezno usposobljeni.

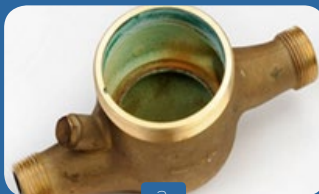
Na spletu so brezplačno na voljo različne informacije in nasveti za vzdrževanje: publikacije WHO (1, 2), spletna stran NIJZ (3).



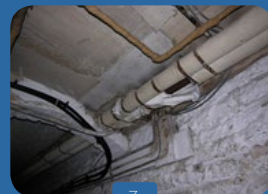
Za stik s pitno vodo niso ustrezne svinčene cevi in materiali, ki vsebujejo svinec, ter korodirani materiali, ker v pitno vodo sproščajo za zdravje škodljive kovine. Dotrajane azbestne cevi ali izolacijski material lahko v pitno vodo ali v okolico sproščajo azbestna vlakna.



1



2



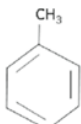
3

Primeri neustreznih materialov: svinčene cevi (1), razcinkan vodomer iz medi (2) in azbestne izolacije na ceveh (3)

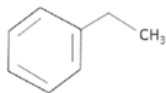
Neustrezno vzdrževanje lahko omogoči razmnoževanje različnih škodljivih mikroorganizmov (npr. legionele), zaradi vzdrževalnih del pa se sistem lahko onesaži tudi z različnimi sestavinami zaščitnih premazov ali drugih uporabljenih materialov (npr. lahkih aromatski ogljikovodiki – BTEX).



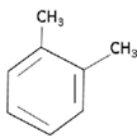
6



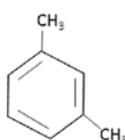
7



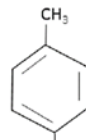
8



9



10



11



5

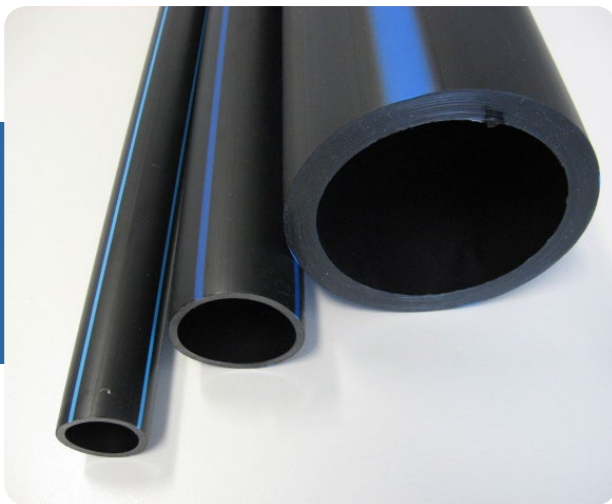
V slabo vzdrževanih vodovodnih omrežjih se lahko prekomerno razrastejo legionele, glive in drugi mikroorganizmi, zlasti v biofilmih (5).

Zaradi neustreznega prezračevanja po zaključku vzdrževanja se v vodi lahko pojavijo benzen (6), toluen (7), etilbenzen (8) in ksileni (9, 10 in 11).

Alenka Labovič (NLZOH)

PROBLEMATIKA PRIMERNOSTI MATERIALOV ZA STIK S PITNO VODO – PRESKUŠANJA

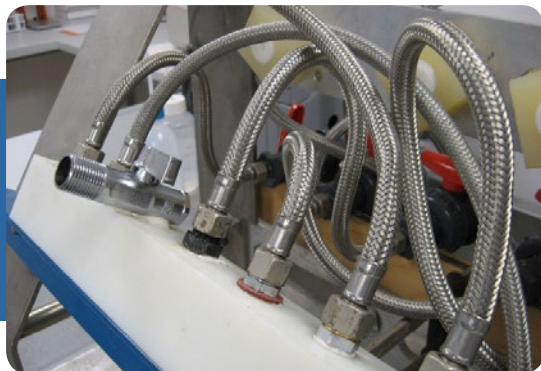
Pitna voda od vira do uporabnika »preteče po poteh iz različnih materialov«, kot so kovina, cement, plastika, guma, silikon, premazi. **Sproščanje njihovih sestavin lahko v neželenih primerih privede do tega, da je voda zdravstveno in/ali kakovostno neustrezna.** Na sproščanje snovi vpliva več dejavnikov, predvsem lastnosti materiala, sestava in kakovost, geografsko poreklo vodnega vira ter načrtovanje in izvedba določene infrastrukture.



Kovinski materiali se tudi površinsko obdelajo s premazi. Epoksidni premazi se preverijo predvsem glede migracije bisfenola A in spojin t. i. skupine 2,2-bis(4-hidroksifenil)propan bis(2,3-epoksipropil)eter – BADGE

Za transport pitne vode se pogosto uporabljajo plastične cevi različnih dimenzij. Iz njih lahko prehajajo organske spojine (stabilizatorji, monomeri, aditivi, pomožna sredstva za polimerizacijo, barvila, pigmenti ipd.).

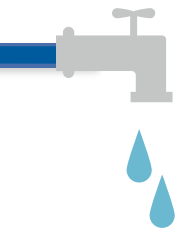
V laboratorijih potekajo **preskušanja možnega vpliva določenega materiala**. Pogoje in izvedbo preskušanja določajo sestava materiala ter namen in način njegove uporabe. Za izvedbo preskusa se upoštevajo in določijo pogoji glede na naslednje: sestava in lastnosti materiala, stik s hladno, toplo ali vročo vodo, zadrževanje vode v sistemu (nekaj ur ali nekaj dni), razmerje med površino materiala in količino vode, ki je v stalnem stiku (cevi, obloge, vezni elementi, armature, hidranti, rezervoarji, črpalke, ventili, tesnila), lastnosti pitne vode glede na geografsko poreklo, način obdelave vodnega vira, možen upad količine prehajanja snovi s časom ipd.



Preskuševališče za testiranje migracij kovin, kot so svinec, kadmij, krom, nikelj ..., iz sanitarnih armatur. Pogoji pri preskusu so približek realnim situacijam pri predvideni uporabi.

Vzorec cementnega testiranca, potopljen v modelno raztopino pitne vode pri izvedbi migracijskega preskusa, ki poteka v termostataranem okolju pri točno določenih pogojih.



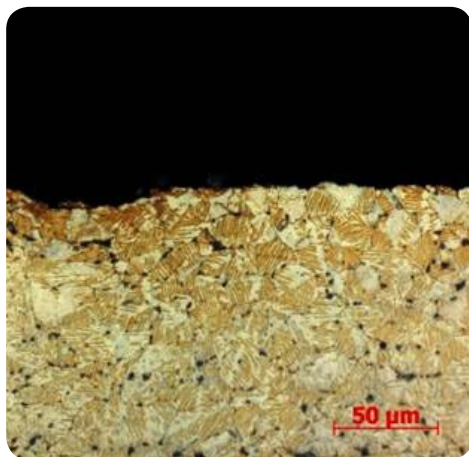


Tadeja Kosec, Nina Gartner (ZAG)

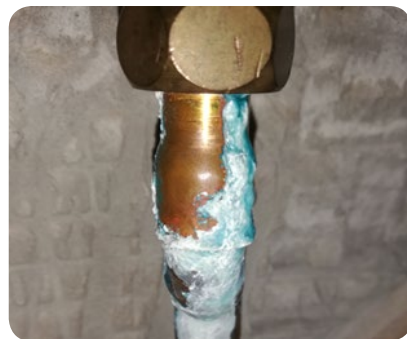
KOVINSKI MATERIALI V STIKU S PITNO VODO

V vodovodnih napeljavah v Sloveniji (tudi v MOL) so prisotna predvsem **galvanizirana jekla, nerjavna jekla, medí in železova litina**. Dovoljena je uporaba zlitin in kovinskih prevlek, ki imajo preverjeno neoporečne kratkotrajne (povezano s površinskimi lastnostmi) in dolgotrajne lastnosti (odvisne predvsem od korozijskega obnašanja samega materiala).

Korozija kovin v stiku s pitno vodo je ključni proces, ki lahko spremeni in poslabša kakovost pitne vode, saj povzroči migracijo velikokrat nevarnih elementov, kot so svinec, arzen, kadmij, baker in drugi, v vodo.



Jamičasta in enakomerna korozija na notranji strani vodovodnega spoja – detajli poškodbe



Korozijski produkti, ki iztekajo iz spoja bakrene vodovodne cevi.



Primer korozijskih poškodb na pocinkani jekleni cevi za toplo vodo

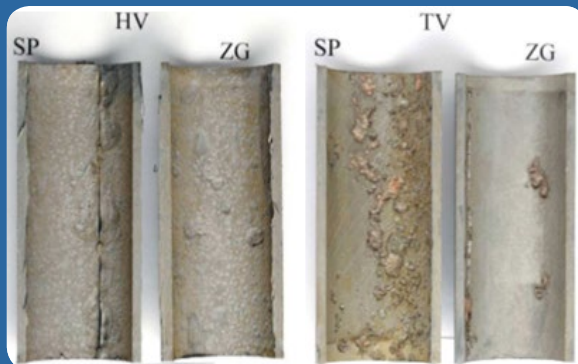


Problem pri galvaniziranih (pocinkanih) ceveh je lahko predvsem stanje karbonatnih oblog na površini. Če se tvorijo že na začetku, pogoj za to je trda voda, bo pocinkana zaščita na vodovodni napeljavi lahko trajala tudi 50 let. Zaradi korozijskih nestabilnosti je uporaba pocinkanih cevi v toplovodni napeljavi v nekaterih državah EU prepovedana.

Pri sestavnih delih vodovodne napeljave iz medu predstavlja problem kakovost izdelkov (T-spoj, vodomer). Medu so zlitine cinka in bakra s primesmi. Mikrostruktura medu vpliva na proces razcinkanja. Zaradi tega procesa lahko v vodo prehaja svinec v koncentracijah, ki za pitno vodo niso dopustne ($> 10 \text{ mg/L}$).

Na korozijo kovin vplivajo trdota in alkalnost vode, različni uporabljeni dezinfekcijski postopki, mehčala, temperatura in pretok.

Dezinfekcijski postopki (kemijski ali temperaturni šoki) močno povečajo možnost korozije kovinskih materialov. Na hitrost korozije vpliva tudi temperatura. Nenadne spremembe temperature lahko povzročijo luščenje korozijskih produktov, ki vodovodno vodo obarvajo rumeno rjavo.



Primer korozijskih poškodb na spodnji (SP) in zgornji (ZG) strani pocinkane jeklene cevi za hladno (HV) in toplo vodo (TV).



Močno poškodovano mesto na cevi za hladno vodo. Preostala debelina stene je $200 \mu\text{m}$.



Lucija Smojver (NLZOH)

ORGANSKI MATERIALI V STIKU S PITNO VODO

Materiali in proizvodi, ki prihajajo v stik s pitno vodo, lahko v vodo sproščajo različne snovi, kot so osnovne sestavine materiala, reakcijski produkti in nečistoče. Vse to vpliva na spremembe fizikalno-kemijskih lastnosti pitne vode.

Organski materiali se najpogosteje uporabljajo kot materiali in proizvodi, ki prihajajo v stik s pitno vodo in so sestavni deli vodovodov, sestavljenih iz plastičnih cevi, spojk, tesnil in zbiralnih posod. Na proizvodnjo te skupine materialov in proizvodov lahko vpliva veliko dejavnikov, zato se končni proizvod preskusi glede migracije snovi, ki jih lahko sprošča v svoji predvideni življenjski dobi, ko prihaja v stik z vodo. Ti materiali se zato preskušajo s t. i. migracijskimi preskusi.



Plastične cevi in fittingi so najpogostejši organski materiali, ki prihajajo v stik s pitno vodo.

Tesnila predstavljajo glede na svojo površino sicer majhen delež materialov, ki prihajajo v stik s pitno vodo, vendar so lahko tudi vir kontaminacije s težkimi kovinami, primarnimi aromatskimi amini in formaldehidom.

Iz organskih materialov se v vodo lahko sproščajo oz. migrirajo nizkomolekularne komponente teh materialov: ostanki izhodnih snovi monomerov, ki niso polimerizirali, spojine, ki se dodajajo kot pomožne snovi za polimerizacijo (npr. katalizatorji, iniciatorji, inhibitorji polimerizacije), in aditivi, ki se dodajajo za izboljšanje lastnosti polimerov (stabilizatorji, mehčala, polnila, barvila, antistatična sredstva, UV absorberji, optična belila, emulgatorji ...).

Organske materiale preskušamo s simulacijo stika z modelno raztopino pod najstrožjimi pogoji glede na način uporabe (hladna, topla ali vroča voda, kratkotrajen ali dolgotrajen stik).

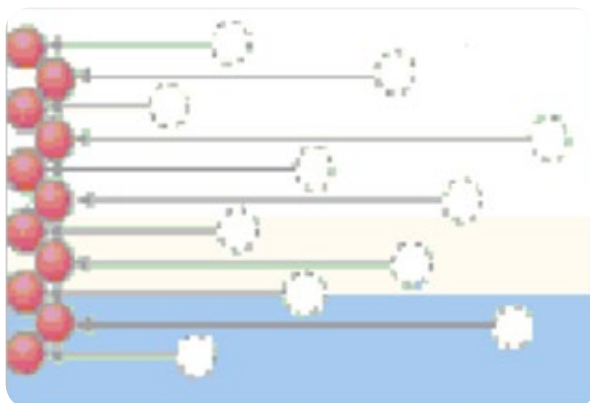
Testiranje izvajamo po standardu SIST EN 12873-1, modif. V smernicah so opredeljeni pogoji preskušanja (T, V, P), vključno s predpripravo vzorcev.

Migracijske vrednosti navajamo in ocenjujemo z upoštevanjem korekcijskih faktorjev glede na vrsto, dimenzije in način uporabe materiala.

Ključni parametri so: organoleptične lastnosti (vonj, videz, okus), celotni organski ogljik (ang. total organic carbon – TOC), motnost, celotna migracija in specifične migracije glede na vrsto materiala.



Testiranje cevi za stik s hladno pitno vodo poteka pri sobni temperaturi (23 °C), 72 ur, trikratni zaporedni stik.




Migracija (lat. migrare odstraniti, sproščati ...) je premik snovi iz materiala (npr. iz cevi) v pitno vodo oz. modelno (testno) raztopino.



Sabina Kramar, Aljoša Šajna (ZAG)

CEMENTNI MATERIALI IN PROIZVODI V STIKU S PITNO VODO

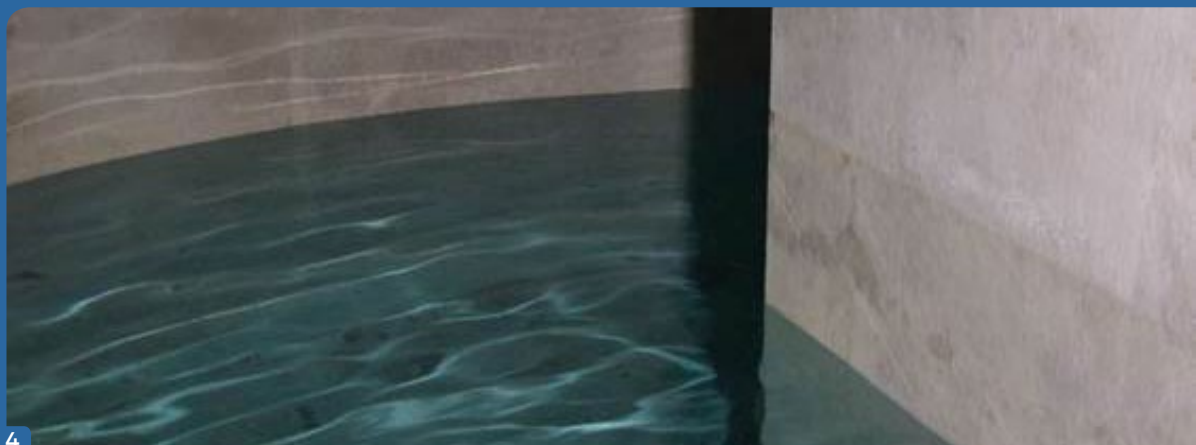
Eden najbolj razširjenih materialov, ki prihajajo v stik s pitno vodo, je cement. Na trgu je na voljo kot suh prah, vendar kot tak nikoli ne pride v neposreden stik s pitno vodo. Je pa cement sestavina mnogih proizvodov, ki pridejo v stik s pitno vodo.

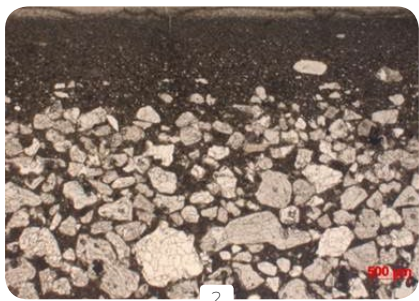
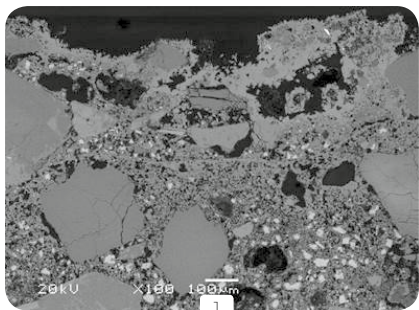


Zaradi vizualnih in higienskih razlogov ter zaščite betona uporabljamo cementne materiale oz. proizvode kot premaze v vodohranih, kjer so v stalnem stiku z vodo. Cementni materiali se uporabljajo tudi kot cementna obloga pri ceveh iz nodularne litine. V objektih za preskrbo s pitno vodo se uporabljajo še cementna lepila, tesnilne in fugirne mase, sanacijske malte in drugi cementni materiali z dodatki.

V preteklosti so za distribucijo pitne v vodovodnih sistemih vode pogosto uporabljali azbestno-cementne cevi. Take cevi so danes ponekod še vedno del vodovodnega sistema tako v Sloveniji kot po svetu.

Cementni premaz v vodni celici vodohrana.





Na mikroskopskem posnetku je vidno raztapljanje cementnega premaza na stenah vodne celice vodohrana (1).

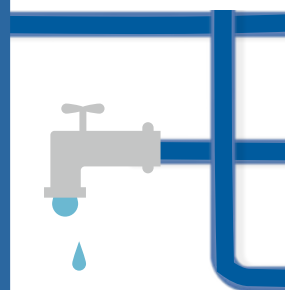
Mikroskopski posnetek preseka notranje cementne obloge cevi, na kateri je vidna gradacija agregatnih zrn zaradi centrifugalnega nanosa obloge (2).

Cevi za transport pitne vode z notranjo cementno oblogo (3).

Ob izpostavitvi cementnih materialov v vodi prihaja do interakcije, kar vpliva na obstojnost materialov. Prehajanje različnih snovi v pitno vodo lahko poslabša njeno kakovost, pri čemer predstavljata veliko nevarnost predvsem sproščanje kovin in organskih snovi iz cementnih materialov oz. proizvodov in oblikovanje mikrobnih biofilmov na njihovih površinah.

Ustreznost teh materialov in njihov vpliv na kakovost vode sta odvisna od lastnosti samega materiala, načina vgradnje, lastnosti vode, časa izpostavljenosti ter razmerjem med površino in volumnom.

Vrsta in količina snovi, ki se iz cementnih materialov izlužijo v pitno vodo, je v veliki meri odvisna prav od vrste uporabljenega cementa.



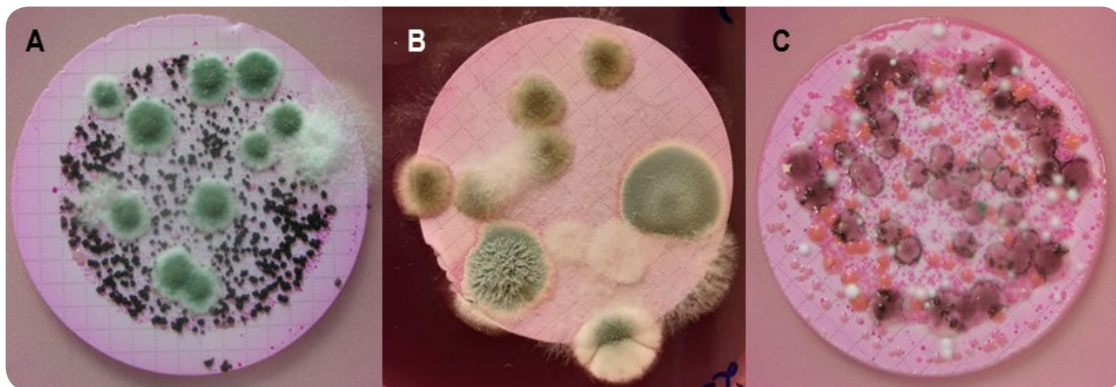
Monika Novak Babič (NIB, BF), Nina Gunde-Cimerman (BF)

MIKROBIOLOŠKI VPLIV NA MATERIALE V STIKU S PITNO VODO

Neoporečna pitna voda je ena temeljnih človekovih pravic, zato imajo svetovni kriteriji za neoporečnost pitne vode skupen cilj: **pitna voda je neoporečna** in primerna za uporabnike, **kadar ne vsebuje človeku nevarnih kemičnih snovi in mikroorganizmov.**

Surova voda iz podzemnega ali površinskega vira je glede na kakovost pred vstopom v distribucijski sistem očiščena s **fizikalno-kemijskimi postopki**, ki učinkovito **odstranijo 20-99,99 % mikroorganizmov.**

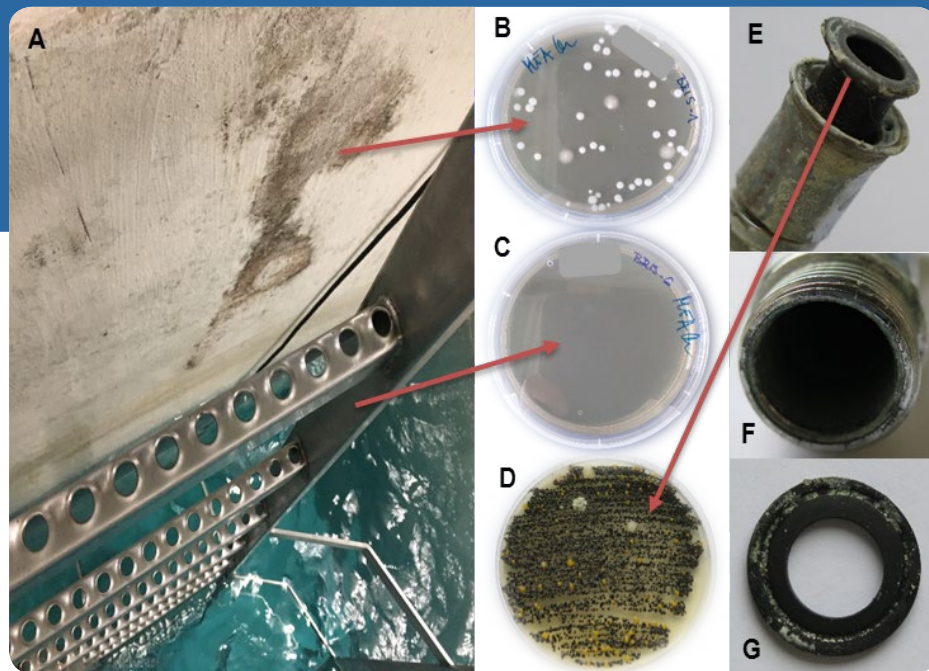
Preživeli mikroorganizmi na materialih v sistemih za transport vode v **48-72 urah tvorijo biofilme**, kjer njihovo število po oceni > 5000-krat preseže število v pitni vodi.



Primeri gliv v pitni vodi: voda iz podzemnega vodnjaka (A), klorirana voda iz vodohrana (B), pitna voda v gospodinjstvu (C)

V transportnih sistemih pitne vode **biofilmi** sicer nastajajo neodvisno od hidrofobnosti ali hidrofilnosti materialov, vendar **so na hrapavih površinah in mehkejših kovinskih materialih obstojnejši** kot na gladkih PVC materialih.

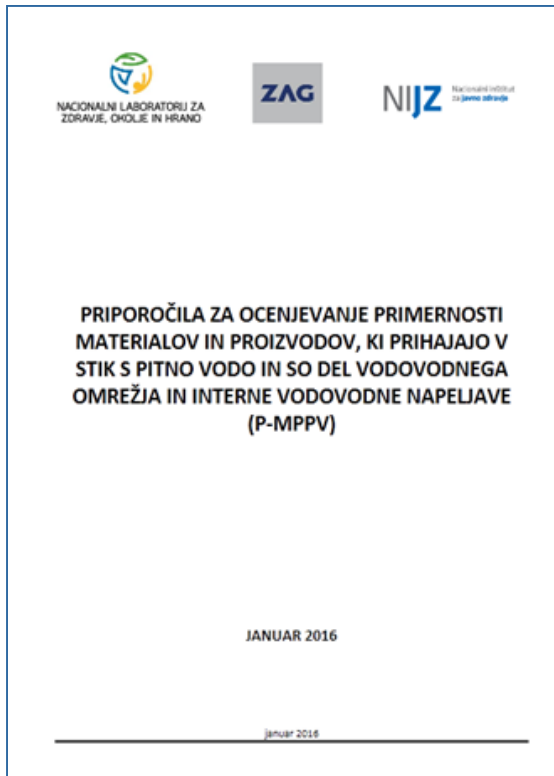
Mikroorganizmi v biofilmih na materialih v stiku s pitno vodo **izločajo presnovne produkte**, zaradi česar se na mikronivoju pojavljajo povišane koncentracije organskih in mineralnih kislin, ogljikovega dioksida in žveplovih spojin. Proces lokalne biorazgradnje dolgoročno **vodi do slabšega učinka klorinacije, korozije in mehanske degradacije** materialov, **izločanja delcev** kovin v pitno vodo, **spremembe vonja in okusa** vode ter v nekaterih primerih tudi do nenadnih **izbruhov oportunistnih obolenj**.



Razlike v številu gliv iz biofilmov na različnih materialih: cementni premaz (A, B), nerjavna kovina (A, C, F), guma (D, E, G)

Tinkara Kopar (ZAG)

CERTIFICIRANJE PROIZVODOV V STIKU S PITNO VODO



Dokument Priporočila, izdan leta 2016
(<http://www.zag.si/si/naslovne-teme/pitna-voda>)



Urejanje pravil o proizvodih v stiku s pitno vodo, ki so del vodovodnega omrežja, je v domeni vsake države posebej, saj zahteve in postopki na evropski ravni še niso usklajeni. Leta 2016 so tri slovenske strokovne ustanove, NLZOH, NIJZ in ZAG, pripravile tehnično specifikacijo **Priporočila za ocenjevanje primernosti materialov in proizvodov, ki prihajajo v stik s pitno vodo in so del vodovodnega omrežja in interne vodovodne napeljave**. Priporočila predstavljajo dokumentirano pobudo stroke za ureditev področja gradbenih proizvodov v stiku s pitno vodo in tako tudi za izboljšanje varnosti in zdravja uporabnikov ter trajnosti vodovodne infrastrukture.

Priporočila temeljijo na pristopu skupine štirih evropskih držav (4MS), ki predstavlja aktualno stanje mednarodne stroke s tega področja. Priporočila upoštevajo najnovejše podatke o vplivih materialov na lastnosti pitne vode in skladno s sklepom Evropske komisije predvidevajo **certificiranje** kot temelj za dokazovanje neoporečnosti za stik s pitno vodo.



Postopek certificiranja se deli na dva dela: začetne aktivnosti do pridobitve certifikata in periodične letne aktivnosti za vzdrževanje njegove veljavnosti.

Proizvajalec ali dobavitelj proizvoda v stiku s pitno vodo na osnovi pridobljenega certifikata izkazuje ustreznost proizvoda, torej da ta nima negativnih vplivov na lastnosti pitne vode.

Aktivnosti do pridobitve certifikata:

- analiza predloženih podatkov in priprava programa preskušanja,
- izbira vzorcev in začetno preskušanje vpliva proizvodov na lastnosti pitne vode,
- začetni pregled proizvodnje ter vzpostavljene kontrole proizvodnje in proizvodov,
- ocena ustreznosti za stik s pitno vodo in podelitev certifikata.

Aktivnosti za vzdrževanje veljavnosti certifikata (periodično – letno):

- kontrolni pregled proizvodnje ter izvajanja kontrole proizvodnje in proizvodov,
- izbira vzorcev in kontrolno preverjanje vpliva proizvodov na lastnosti pitne vode,
- potrditev ustreznosti za stik s pitno vodo in potrditev veljavnosti certifikata.

ZAG ZAVOD ZA GRADNENIŠTVO SLOVENIJE
SLOVENIAN NATIONAL BUILDING AND CIVIL ENGINEERING INSTITUTE
Vojkova ulica 10
1000 Ljubljana, Slovenija
info@zag.si
www.zag.si
Dobavitelj certifikata: organ

Certifikat o ustreznosti za stik s pitno vodo

REG2-0004-04 – ZGPro1 – XXXX

Na podlagi Zakona o gradbenih proizvodih - ZGPro-1 se ta certifikat nanasa na gradbeni proizvod

PROIZVOD V STIKU S PITNO VODO

ki ga
PROIZVAJALEC d.o.o.,
Ulica X, Mesto
proizvaja v obratu
PROIZVAJALEC d.o.o.,
Ulica X, Mesto.

Ta certifikat potrjuje, da so upoštevane vse določila glede ocenjevanja in preverjanja nespremenljivosti lastnosti in glede lastnosti proizvoda, opisane v jasnih dovoljeni tehnični specifikaciji

Priporočila za ocenjevanje primernosti materialov in proizvodov, ki prihajajo v stik s pitno vodo in so del vodovodnega omrežja in interne vodovodne napeljave, izdaja januar 2016

po sistemu T+ in da
proizvod izpolnjuje vse zgoraj predpisane zahteve za stik s pitno vodo.

Ta certifikat je bil prvič izdan 23.9.2019 in velja do 23.9.2019 odprta tiska časa, dokler se ne spremeni preskusne metode in/ali zahteva glede tehniške kontrole proizvodnje, skladne v zgoraj navedeni jasni dovoljeni tehnični specifikaciji, ki se uporabljajo pri ocenjevanju lastnosti in deklariranih značilnosti, odprta tiskar se lahko ne spremeni proizvod ali pregled proizvodnje v obratu, razen če ga določen organ za certificiranje proizvoda odobri ali togo preklicati.

Natančnejši podatki glede obsega proizvoda so podani v prilogi tega certifikata.

Ljubljana, 23.9.2019 **Posledični podpisnik certifikacijskega organa:**
Marjan Japel, uriv.dgl.5e.

Ob. P.Č. 21.001.002 **Certifikat št. REG2-0004-04 – ZGPro1 – XXXX, stran 1**

Primer certifikata ZAG

Publikacijo je izdal
Zavod za gradbeništvo Slovenije (ZAG)
ob podpori strokovnjakov iz:

JP Vodovod Kanalizacija Snaga (JP VOKA SNAGA),
Nacionalnega inštituta za javno zdravje (NIJZ),
Nacionalnega laboratorija za zdravje, okolje in hrano
(NLZOH), Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani
(BF UL) in
Nacionalnega inštituta za biologijo (NIB).

Publikacijo je sofinancirala
Mestna občina Ljubljana (MOL).



Mestna občina
Ljubljana



ZAVOD ZA
GRADBENIŠTVO
SLOVENIJE

SLOVENIAN
NATIONAL BUILDING
AND CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE



NIJZ Nacionalni inštitut
za javno zdravje



Univerza v Ljubljani
Biotehniška fakulteta



NACIONALNI LABORATORIJ ZA
ZDRAVJE, OKOLJE IN HRANO

NIB

NACIONALNI INŠTITUT ZA BIOLOGIJO