



# geografija v šoli

2-3



# VSEBINA

- 1 Nevenka Cigler, Uvodnik

## VODA

- 4 Peter Frantar, Poplave – naravni pojav  
 12 Peter Frantar, Florjana Ulaga, Marjan Jarnjak, Irena Rejec Brancelj,  
 Prikaz razlogov za poplave Drave jeseni 2012  
 17 Florjana Ulaga, Spremembe količin vode v slovenskih rekah  
 24 Anton Brancelj, Irena Rejec Brancelj, Sedimenti razkrivajo dogajanja v alpskih  
 jezerih  
 32 Brigita Jamnik, Oskrba s pitno vodo v Ljubljani  
 45 Gregor Kovačič, Nataša Ravbar, Viri pitne vode in vodooskrba na Gorenjskem  
 51 Mitja Bricelj, Kranjska stena – primer dobre prakse v šoli  
 57 Irena Zupančič Cimerman, Vsaka kaplja zdrave in čiste vode šteje

## VODA IN POUK

- 62 Mojca Robič, Florjana Ulaga, Peter Frantar, Dostopnost hidroloških podatkov na  
 spletu  
 69 Anton Polšak, Voda in vodovje v učnih načrtih  
 74 Ludvik Mihelič, Učna tema Vodovje v gimnaziji  
 81 Katarina Kalan, Pouk o vodi v osnovni šoli  
 85 Natalija Mihelčič, Vodni detektiv raziskuje – vodne značilnosti bližnjega potoka  
 94 Milan Krišelj, Učna pot ob reki Kokri na Visokem pri Kranju

## ŠIRIMO OBZORJA

- 100 Marina Kočevar, Tudi lužiški Srbi imajo dvojino

## AKTUALNO

- 110 Jurij Senegačnik, Darko Ogrin, Igor Žiberna, Nova naravnogeografska členitev  
 Slovenije na 47 pokrajin  
 125 Bojan Hozjan, Andrej Krumpak, Danijel Lilek, Saša Masterl, Tinkara Mihačič, Jože  
 Račič, Tatjana Resnik Planinc, Nacionalno preverjanje znanja iz geografije 2013

## NOVO IZ ZALOŽB

- 146 Igor Lipovšek, Slovenija in njene pokrajine  
 148 Milivoj Stankovič, Novi atlas Slovenije za osnovne in srednje šole

## NOVICE

- Igor Lipovšek  
 150 • Zaključeni projekti Zavoda RS za šolstvo  
 150 • Zaključek projekta E-šolstvo  
 151 • Nacionalno preverjanje znanja  
 152 • 18. državno tekmovanje iz znanja geografije  
 153 • Tri bronaste medalje na olimpijadi v Kjotu  
 154 • Regionalna konferenca Mednarodne geografske zveze v Kjotu  
 156 • 80 let prof. dr. Jurija Kunaverja  
 156 • Zborovanje slovenskih geografov  
 158 • Študijskih srečanj za učitelje prihodnje leto ne bo

# OSKRBA S PITNO VODO V LJUBLJANI

Brigita Jamnik\*



## Povzetek

V drugi polovici 19. stoletja so se prebivalci Ljubljane še oskrbovali z vodo iz javnih in zasebnih vodnjakov iz neposredne bližine njihovih domov. Prelomno je bilo leto 1890, ko je Ljubljana z vidika oskrbe s pitno vodo postala sodobno mesto, saj je tistega leta z obratovanjem pričel javni vodovodni sistem. Vse odlej so prebivalci mesta oskrbovani z naravno pitno vodo, ki ni pripravljena s tehnološkimi postopki. Podzemna voda Ljubljanskega polja je bila glavni vodni vir mesta vse od začetkov obratovanja vodovodnega sistema in ostaja tudi v prihodnje. Glavna naloga upravljavca vodovodnega sistema je zanesljiva, nemotena in varna oskrba z zdravstveno ustrežno pitno vodo, ki je eden izmed pogojev za zdravo življenje v mestu, tej nalogi pa se že več kot stoletje pridružuje skrb za ohranitev kakovosti in količin vodnih virov.

**Ključne besede:** javna oskrba s pitno vodo, pitna voda, vodni vir, vodovarstvena območja

DRINKING WATER SUPPLY IN LJUBLJANA

## Abstract

In the second half of 19th century the citizens of Ljubljana were still supplied with water from public or private wells in the vicinity of their homes. A turning point was the year 1890 when Ljubljana became a modern town from the drinking water supply's point of view, as public drinking water system started operating. Ever since then the citizens have been supplied with natural drinking water that has not been treated with technological procedures. The ground water of Ljubljansko polje has been the main water resource since the beginning of the water supply and will remain also in the future. The main task of the operator of the water system is a reliable, undisturbed and safe supply with wholesome drinking water that is one of the basis for a wholesome living in the city. For more than a century that task has been joined with the care for the preservation of the quality and quantity of water resources.

**Key words:** public drinking water supply, tap water, water resources, water protection zones

\* Dr. Brigita Jamnik je odgovorna oseba za skladnost pitne vode v JP Vodovod-Kanalizacija.  
brigita.jamnik@vo-ka.si



polju in Barju nudil ugodne pogoje za naselitev. Danes predstavlja ravnica od Mednega do vzhodne ljubljanske obvoznice eno najgostejše poseljenih območij v Sloveniji in hkrati pomemben rezervoar podzemne vode. Zaradi osrednje lege v državi in geografskih značilnosti leži v precepu številnih interesov rabe prostora – je območje, kjer se prepletajo interesi urbanizacije, industrije, prometa, kmetijstva in oskrbe s pitno vodo. Javna oskrba s pitno vodo je nujen pogoj za kakovostno življenje v mestu in bližnji okolici in hkrati omejevalni ter usmerjevalni faktor razvoja mesta, saj vodni viri, namenjeni oskrbi prebivalstva, ležijo v njegovi neposredni bližini in celo pod njimi.

V stotih letih se je Ljubljana iz kraja z 20.000 razvila v mesto s 300.000 prebivalci, se razširila in združila z bližnjimi naselji. Prvotna kmetijska raba prostora se je umikala poselitvi, v zadnjih desetletjih pa delež kmetijske dejavnosti ostaja skorajda nespremenjen, zahvaljujoč varovanju prostora za javno oskrbo s pitno vodo. Kmetijstvo in oskrba s pitno vodo v Ljubljani zato že desetletja živita z roko v roki. Sicer pa je mogoče opaziti, da je načrtovanje rabe prostora v Ljubljani že desetletja v konfliktu z varovanjem vodnih virov, vendar pa ne vedno in ne povsod. Če pristanemo na dejstvo, da je varovanje vodnih virov robni pogoj, je to lahko hkrati priložnost za okolju in Ljubljančanom prijazne rešitve (Bračič-Železnik&Jamnik, 2005).

Koncept oskrbe z vodo za mesto Ljubljana, zasnovan pred več kot stoletjem, velja še danes. V Ljubljani je vodovodni sistem plod več kot dvanajstih desetletij dela, v katerih so svoj pečat pustile številne generacije različnih tehničnih in drugih strok. Glavni vodni vir mesta je podzemna voda Ljubljanskega polja (Žlebnik, 1971), čeprav so načrti oskrbe usmerjeni tudi na južno predmestje Ljubljane, na Ljubljansko barje. Pomen vodosnika Ljubljanskega polja je v njegovi izdatnosti in kakovosti podzemne vode, ki jo hrani.

Ljubljanski vodovodni sistem ima tipičen konzervativen značaj, saj se večje spremembe v načinu njegovega delovanja zgodijo zgolj občasno. Če se koncept v celotnem obdobju obratovanja ni pomembneje spremenil, pa sta se krepko spremenila način in obseg dela: dolžina omrežja in število ter velikost vodovodnih objektov in naprav so se povečali, s tehnološkim napredkom se je spremenil nadzor nad obratovanjem sistema in njegovo vodenje, uporabljajo se sodobni materiali in oprema, pri odločitvah so v pomoč najnovejša računalniška orodja, tehnične rešitve imajo temelje v dolgoletni praksi in se nadgrajujejo z najnovejšimi spoznanji, terensko delo olajšujejo hitra in dobro opremljena vozila ter stroji, podatki so dostopni takoj, ko nastanejo, na voljo je več znanja in izkušenj, prenesenih iz roda v rod. Načrtovanje izboljšav in sprememb v delovanju ter nadgradnji so nujna sestavina uspešnega vsakodnevnega upravljanja sistema oskrbe s pitno vodo. Danes in jutri bo oskrba s pitno vodo v Ljubljani pred pomembnimi odločitvami, ki bodo verjetno vplivale tudi na koncept oskrbe s pitno vodo. Brez strokovno ustreznih odločitev in posledičnih sprememb v sistemu oskrbe bi varnost in zanesljivost oskrbe v prihodnjih letih lahko nazadovala. Odgovornost upravljavca in pristojnih lokalnih in državnih institucij je velika, saj se bodo posledice današnjih odločitev kazale še čez desetletja.



Slika 1: Detajl z vodohrana na Rožniku spominja na začetke obratovanja javnega vodovodnega sistema. (foto: arhiv JP Vodovod-Kanalizacija d.o.o.)



## Kratek zgodovinski pregled oskrbe s pitno vodo v Ljubljani

Ostanki stare Emone iz začetka prvega tisočletja dokazujejo, da je bila na ozemlju sedanje Ljubljane že urejena javna oskrba s pitno vodo. Vodni vir so prebivalci tedanjega naselja našli v hriboviti okolici svojih domov, odpadna voda pa je po zbirnih kanalih odtekala v Ljubljanico. Javna oskrba je nato zamrla, tako da se je v srednjeveških obdobjih Ljubljana oskrbovala z vodo iz studencev in vaških vodnjakov. V hiše so jo nosili v vrčih in po uporabi zlivali v bližnje jarke po dvoriščih in vrtovih.

Ko je mesto zraslo, je onesnažilo mestne vodnjake (Studen, 2000). Pomanjkanje pitne vode je bilo v Ljubljani v tistih časih občutno, čiste pitne vode je prebivalcem mesta primanjkovalo, meščani so obolevali za črevesnimi boleznimi in mestni svetniki so si belili glave s tem, kje in kako zasnovati varno oskrbo meščanov Ljubljane. V mestu je bilo v 80. letih 19. stoletja 12 javnih vodnjakov, ki pa niso zadostovali, zato so prebivalci vodo zajemali tudi v zasebnih vodnjakih, ki naj bi jih bilo 305 (Sonc, 1934). Njihovi lastniki so odzvem dovoljevali le, kadar je vode bilo dovolj. Komisija za pregledovanje vodnjakov je v zaključkih svojega dela leta 1876 ugotovila, da je voda v Ljubljani pokvarjena in polna škodljivih mrčesov. Komisija je predlagala izdelavo novega javnega vodnjaka na Marijinem trgu kot zaključek vodovoda s Tivolskega hriba ter vodnjak na Križevniškem trgu s podzemeljsko vodo. Komisija je celo zaključila, da ni smiselno razmišljati o vodovodu, ki bi preskrboval vse mesto. Sklep o novih javnih vodnjakih je bil sprejet, a ni bil nikoli izveden.

Potrebno je bilo še nekaj let, da so si svetniki zmogli utemeljiti in upali uresničevati širše vizije oskrbe s pitno vodo. Med nekaterimi prebivalci, pa tudi mestnimi svetniki, je vladalo odkrito nasprotovanje modernemu vodovodnemu sistemu, predvsem zaradi pričakovanih visokih cen, pa tudi strahu, da vode ne bo dovolj za vse, oziroma da ne bo dobra. Da pomeni javni vodovod velik tehnološki napredek in olajšanje gospodinjstvom v primerjavi s prenašanjem vode v škafih, so v tistih časih razumeli in zagovarjali le redki vizionarji. Narava človeka se velikokrat upira spremembam, tudi tistim, ki prinašajo koristi.

V 80. letih 19. stoletja je bila izdelana obsežna hidrogeološka študija, v kateri so bile opisane različne možnosti oskrbe, tako iz studencev, kot tudi podzemne vode. Zaključke raziskav je podal v tistih časih najvišji



strokovni urad v Avstro-Ogrski monarhiji – Državni geološki inštitut na Dunaju, in jih objavil v tiskani publikaciji prof. Dionysa Stuhra z naslovom *O vprašanju oskrbe z vodo deželnega glavnega mesta Ljubljane* (Stur, 1886). Med branjem študije se nam razkriva, kako dolgoročne vizije oskrbe mesta so imeli takratni strokovnjaki. Ob tehtanju najbolj primernih možnosti oskrbe s pitno vodo so namreč razmišljali, ali bo ustrezna tudi čez 100 let. Ob tem se moramo vprašati, kakšna so naša videnja oskrbe v prihodnje. Generaciji, ki danes upravlja vodni vir, je težko predvideti prihodnji stoletni razvoj, pa vendar se moramo zavedati, da je bila za naše predhodnike prihodnost prav tako ali pa še težje predvidljiva kot je za nas danes.

Leta 1881 je bil na seji mestnega zdravstvenega sveta sprejet sklep inž. Rudolpha Wagnerja o izvedbi »splošnega vodovoda«. Kljub temu da je bil zaključek seje, da »glede na izkušnje, kako se v mestnem zboru ravna z zdravstvenimi vprašanji, ni gojiti prevelikih nad«, je ta sklep privedel do pomembnih dogodkov, ki zaznamujejo življenje mesta Ljubljana še danes. V letu 1882 je mestni odbornik in kasnejši župan Ivan Hribar predlagal ustanovitev »vodovodnega odbora«. Vodil ga je predlagatelj in na svoji prvi seji sprejel sklep o izgradnji mestnega vodovoda.

Vsa večja mesta v Evropi so pričela graditi javne vodovode v prejšnjem stoletju. Večinoma so za vodne vire izkoristili podzemno vodo, saj se je pri pronicanju skozi zemeljske plasti primerno očistila. Prav gotovo so strokovnjake k izbiri podzemne vode kot vira pitne vode za Ljubljano napotile tudi izkušnje evropskih mest. Raziskava profesorja Stura je opozorila, da je izvirna voda bolj spremenljive kakovosti kot podzemna voda. Stur je v svojem poročilu kot najprimernejši vir predlagal studenčnice pri Skaručni. Podzemno vodo na Ljubljanskem polju je označil kot »jako okusno, čisto, hladno in zdravo«, vendar je menil, da se bo Ljubljana širila proti Savi in bo podzemno vodo onesnažila. Njegovo mnenje je bilo, da voda na Ljubljanskem polju nima povezave z reko Savo in da se napaja iz Skaručenskega polja med Šmarno goro in Rašico. Njegovo zmotno razmišljanje je veljalo še vrsto let. Njegova raziskava je tudi opozorila, da je izvirna voda pri Kamni gorici, Babinem dolu, pri Studencu, Bizoviku ter Dobrunjah bolj spremenljive kakovosti od podzemne vode. Preiskovanji izviri so imeli v poletnem času previsoko temperaturo, pa še premalo izdatni so bili.

Na izbiro lokacij črpališč so vplivali stroški, povezani s premagovanjem višinske razlike med črpališči in oskrbovanim območjem, pa tudi stroški, povezani z dolžino vodovoda. Strokovnjaki so zato v zaključni fazi izbora izbirali med dvema možnostma: med vodo s Skaručenskega polja, ki leži severno od reke Save med Šmarno goro in Rašico, in vodo Ljubljanskega polja, ki leži na desnem, južnem bregu reke. Tehnica se zaradi oddaljenosti in pričakovanih tehničnih težav, povezanih s prečkanjem reke Save in predvsem zaradi velikih možnosti povečevanja zmogljivosti na Ljubljanskem polju, ni nagnila v smer oskrbe mesta s prvo, ampak je zmagala druga možnost. Na Ljubljanskem polju je bila ugotovljena smer toka podzemne vode, ki se je pretakala v neposredni okolici takrat naseljenega območja, danes pa, ker se je mesto razširilo, celo pod njim. Izdelana je bila prva karta hidroizohips oz. smeri toka podzemne vode, na podlagi katere so se odločili, da bo črpališče ležalo na neposeljenem območju, od



katerega je podzemna voda tekla v smeri proti urbanim površinam takratnega mesta. Stoletni razvoj mesta je pokazal, da je bila izbira pravilna, saj bi lokacija črpališč dolvodno od naseljenega območja zaradi pretoka podzemne vode pod njim povzročila, da ta ne bi bila ustrezne kakovosti. Z današnjega nivoja znanja in informacij se zdi takratna odločitev samoumevna, vendar se moramo zavedati, da je bilo njihovo delo pionirsko, saj niso imeli na voljo izkušenj iz preteklosti, tako kot mi danes. V letu 1885 se je prof. Baltazar Knapitsch začel ukvarjati s preiskavami kakovosti površinskih in podzemnih voda v okolici Ljubljane, ocenil je izdatnost vodnih virov in lastnosti voda povezal z geološkimi lastnostmi. Napisal je poročilo *»o preiskovanju nekaterih studenčnic, ki bi se na slučaj dale porabiti v pitno vodo ljubljanskega mesta«*. Prof. Knapitsch je v uvodu o starem veku razmišljal podobno kot včasih mi razmišljamo o njegovem strokovnem delu pred enim stoletjem: *»V onih časih so brez težavnih znanstvenih zapiskov, brez znanja kemične sestave vode in brez drobnogleda izvajali vprašanja o pitni vodi. Človek bi menil, da je dandanes dokaj lažje lotiti se take zadeve in ker nam je znanost odprla globokejši pogled v delavnico prirode, bi pričakovali, da prodira navdušenje za sodelovanje in izvršitev tako nujnega vprašanja v širši krogi - vendar je stvar dostikrat vsa drugačna, naša znanstvena doba še zmirom zaostaja daleč za nerazsvetljenim starim vekom. Tej čudni prikazni je pač vzrok to, da smo do zdaj bili vajeni vodo dobivati zastonj. Nihče ne izdaje rad denarja za stvar, ki se v toliki množini pretaka skozi naše mesto, vrh tega pa ljudstvo še vedno ne zna, da mu je voda neprecenljiv in prepotrben živež.«* V poročilu zasledimo enega prvih (danes bi rekli) pravilnikov ali uredb o pitni vodi, ki med drugim pravi: *»Voda mora biti čista, brez barve in brez duha.«*

Kljub temu da se je hidrogeološka študija profesorja Stura že nagibala v smeri izkoriščanja podzemne vode ljubljanskega polja, odločitev ni bila prepuščena le njemu. V letu **1888** je v okviru vodovodnega odseka občinskega sveta ljubljanskega prišlo do odločitve, da se zgradi črpališče 3 km severno od naseljenih površin mesta po načrtih inženirja Oskarja Smrekerja iz Mannheima, »priznanega veščaka na polji vodovodnih zgradb«. Oskar Smreker je projektiral številne vodovode po Evropi (Berlin, Praga, Beograd), katerih vir je bila podzemna voda, njegova pisna dela pa se uvrščajo med gradnike današnje hidrogeologije kot znanosti (Brenčič, 2008). Gradnja vodovoda v Ljubljani je potekala pod nadzorstvom vodovodnega odseka z mestnim inženirjem Jaroslavom Hanušem. Črpališče Kleče se je zgradilo kot galerija s štirimi vodnjaki, primarni vodovod je meril 27.326 m, rezervoar na Rožniku pa je imel prostornino 3030 m<sup>3</sup> (Karpe, 1990). Glavni vodnjak je imel v premeru 5 m, premer ostalih je bil pol manjši, globoki pa so bili približno 20 m, skupna zmogljivost je znašala 3384 m<sup>3</sup>/dan. Kopani vodnjaki so bili z natega v podzemnem rovu povezani z jaškom, v katerem je bila batna črpalka na pogon s parnim strojem. Dve leti po odločitvi je v prvih 606 hiš že pritekla voda. Celotni stroški so znašali 485.486 goldinarjev. Od odločitve do izvedbe sta minili le dve leti. Vse do danes je ostala prvotna lokacija črpališč srce vodovodnega sistema Ljubljane. Ivanu Hribarju so za izredne zasluge pri izvedbi vodovoda podelili naslov častnega meščana.

Potres leta 1895 mestnemu vodovodu ni povzročil škode. Poraba vode pa je v rastočem mestu hitro naraščala, zato so v letih 1908 do 1910 razširili vodarno Kleče z novim vodnjakom ter izgradili nov, 5,2 km dolg



povezovalni cevovod od Kleč do Rožnika premera 400 mm. V letu 1910 je bilo na vodovod priključenih že 1368 hiš.

Do leta 1930 je dnevna poraba vode s prvotnih 3000 m<sup>3</sup> narasla v dneh največje porabe tudi na 21.000 m<sup>3</sup>. Prvi dve parni črpalke sta bili z električno centrifugalno črpalko za 250 l/s zamenjani leta 1936, leta 1940 pa so parne kotle ugasnili, ker je bila nameščena še druga, rezervna električna črpalka.

Vodarna Kleče je imela v letu 1950 šest vodnjakov, leta 1970 pa že petnajst in leta 1989 šestnajst. Od takrat se kapaciteta vodarne Kleče ni spreminjala.

Vodarna Hrastje je začela s štirimi vodnjaki obratovati leta 1953, dve leti kasneje pa je začela obratovati vodarna Šentvid, ki danes obratuje s tremi vodnjaki. V letu 1975 je bila kapaciteta vodarne Hrastje podvojena, danes je na tej lokaciji deset vodnjakov. Vodarna Jarški prod s tremi vodnjaki deluje od leta 1982.

Mesto Ljubljana se je v preteklem stoletju intenzivno širilo, hkrati z rastjo števila prebivalcev pa je naraščala tudi poraba vode. Mesto leži na območju, ki je bogato z vodo, zato je bila v tem času možna razširitev kapacitet za več kot štiridesetkrat. Odgovorni so se zavedli, da je vodni vir treba zavarovati, zato je bil še pravočasno, to je pred hitro rastjo mesta, sprejet **odlok o vodovarstvenih pasovih**. Okolica črpališč, kjer ima vir onesnaženja lahko usodne posledice za kakovost vodnih virov, je, zahvaljujoč varovalnim območjem, ostala neposeljena. Hkrati z intenzivno rastjo mesta, ki se je na Ljubljanskem polju širilo v smeri črpališč, je v zavest odgovornih vse bolj prodirala zamisel o oskrbi mesta iz več med seboj neodvisnih vodnih virov. Odvisnost vodovoda od enega samega vira je lahko usodna, saj gorvodno onesnaženje lahko povsem ohromi oskrbo s pitno vodo za celotno mesto.

Mesto je dodaten vodni vir našlo na svojem južnem obrobju (Mencej, 1990). Raziskave, ki so bile v 60. letih tega stoletja izvedene na območju Barja, so pokazale, da so pod barjanskimi glinasto-meljnimi usedlinami debele plasti proda s podzemno vodo pod tlakom (Breznik, 1975). Raziskave v prodnih vršajih reke Lške, Borovnišnice in Želimejščice, globljih vodonosnikih pod holocenskimi nanosi in na širšem področju Barja so v dokazale obstoj velikih količin kakovostne pitne vode. Ob izkoriščanju podzemne vode na Ljubljanskem barju smo pozorni predvsem na to, kakšne količine podzemne vode lahko izkoriščamo brez vplivov na posedanje stisljivih barjanskih plasti in s tem na občutljiv svojevrsten ekosistem, ki predstavlja življenjski prostor mnogih redkih rastlinskih in živalskih vrst.

## Oskrba s pitno vodo danes

Vodovodni sistem deluje na prvi pogled umaknjeno vsakdanu meščanov Ljubljane, a je zelo pomemben za kakovost življenja v mestu. Njegova urejenost in visoki tehnični standardi delovanja v Ljubljani tudi pri nepoznavalcih, ko se pobližje seznani z njunim delovanjem, nemalokrat vzbudijo začudenje nad tehnično dovršenostjo, pri poznavalcih pa ponos, da tudi mesto Ljubljana spada med sodobno komunalno urejena mesta. Vsako leto se v maju spomnimo prelomnega 17. maja 1890, ko je Ljublja-



na z vidika oskrbe s pitno vodo postala sodobno mesto, saj je tistega leta z obratovanjem pričel javni vodovodni sistem.

Pitna voda je naše naravno bogastvo in neprecenljiva ter nenadomestljiva dobrina. Obenem je tudi naša zvesta spremljevalka, saj jo vsakodnevno uporabljamo ne samo za pitje, ampak tudi pri pripravi hrane in najrazličnejših opravilih v gospodinjstvu in industriji. Vsak prebivalec v Ljubljani in okolici dnevno porabi 115–150 litrov pitne vode, ob upoštevanju industrijske in druge rabe pa znaša poraba na prebivalca okrog 200 litrov.

Današnji upravljavec vodovodnega sistema, JP Vodovod-Kanalizacija, upravlja s čez 1000 km dolgim vodovodnim sistemom, ki se oskrbuje iz štirih vodarn Ljubljanskega polja in vodarne Brest na Iškem vršaju, ki obsegajo skupno 44 vodnjakov. Na Ljubljanskem polju obratujejo vodarne Kleče, Hrastje, Šentvid in Jarški prod. Podzemna voda se črpa iz vodnjakov, ki segajo od 30 do 100 m globoko. V vodnjake, od katerih ima največji premer 800 mm, so vstavljene potopne črpalke, ki odvisno od izdatnosti vodnjaka in vodonosnika črpajo od 15 l/s, pa vse do 100 l/s. Klasične črpalke z elektromotorjem v strojnici vodnjakov so pred desetletjem zamenjale potopne črpalke. Vodarna Kleče, ki se v dolžini več kot 1 km razteza od Dravelj v smeri proti vzhodu, to je naseljenim površinam Bežigrada, je vse stoletje ostala osrčje vodovodnega sistema mesta. Dva dela ločuje prometna Saveljska cesta, ki izgublja lokalni prometni značaj. Na južni strani teče ob njej severna obvozna cesta, prispevna območja na severu pa so pretežno kmetijska, kljub temu pa se nekaj zazidanih območij krepko zajeda v kmetijski prostor.

Vodarna Hrastje se deli v dva dela, med seboj oddaljena okrog 350 m, ki potekata v smeri sever-jug med Šmartinsko in severno obvozno cesto. Območji ležita severno od industrijske cone BTC, na vzhodu pa se jima približa vzhodni del ljubljanskega avtocestnega obroča. Na zahodu vodarno obdajajo intenzivno obdelovane kmetijske površine, ki jih seka Šmartinska cesta.

Vodarna Šentvid leži med kmetijskimi površinami, vendar se ji z vzhoda in jugozahoda poseljena območja Šentvida močno približujejo. Mimo vodarne potekata z obeh strani prometni cesti, ki povezujeta Ježico in Savlje s Šentvidom oziroma z gorenjsko avtocesto. V območju zajetja je tudi nekdanja upravna stavba, ki jo obdaja pogozena površina.

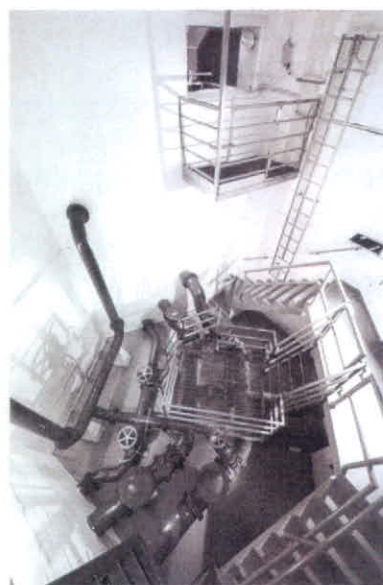
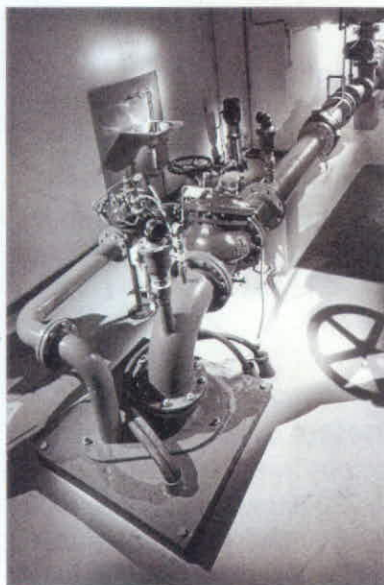
Vodarna Jarški prod je edina izmed vodarn, ki leži na levem bregu reke Save južno od industrijske cone ob Brnčičevi ulici. Nahaja se na z nizkim drevjem in grmičevjem poraslem območju vzhodno od mostu, kjer Štajerska cesta prečka reko Savo.

Vodarne so strogo varovano območje, obdano z zaščitno ograjo in pod stalnim nadzorom varnostne službe. Osebe je stalno prisotno le v vodarni Kleče, ostale vodarne so upravljane na daljavo. Neposreden dostop do črpalšč je možen le v spremstvu pooblaščenih oseb. Delovanje objektov je pod nadzorom ene osebe, ki upravlja vodovodni sistem iz dispečerskega centra v vodarni Kleče, kjer je upravljavski center. Na pretekle čase, ko je vsaka od vodarn imela stalno osebje, nas spominjajo le upravne stavbe v vodarnah in sadna drevesa, ki so jih zaposleni na območju zajetij zasadili



pred desetletji. Objekti so daljinsko nadzorovani in obratujejo povsem samostojno. Visoko zmogljiv in zanesljiv krmilnik na podlagi vhodnih podatkov procese krmili povsem samostojno. Podatki o delovanju objektov, kot so vodnjaki, prečrpalnice in vodohrani se ves čas prenašajo v nadzorni sistem. Vodovodni sistem je nadzorovan tudi, ko mesto spi. Podatki o delovanju posameznih objektov se na 15 minut prenašajo v baze podatkov, ki se trajno hranijo. Operater s pomočjo nadzornega sistema neprekinjeno preverja delovanje vodovodnega sistema in na podlagi trenutnega stanja na omrežju izvršuje potrebne ukaze, ki prispevajo k optimalnemu delovanju vodovodnega sistema. Delovanje črpalk vodnjakov je prilagojeno trenutnim potrebam v omrežju in tarifi električne energije.

Slika 2: Notranjost vodnjaškega objekta (levo) in armaturna celica vodohrana (desno). Foto: Domen Pal/Branko Čeak/Jože Maček.

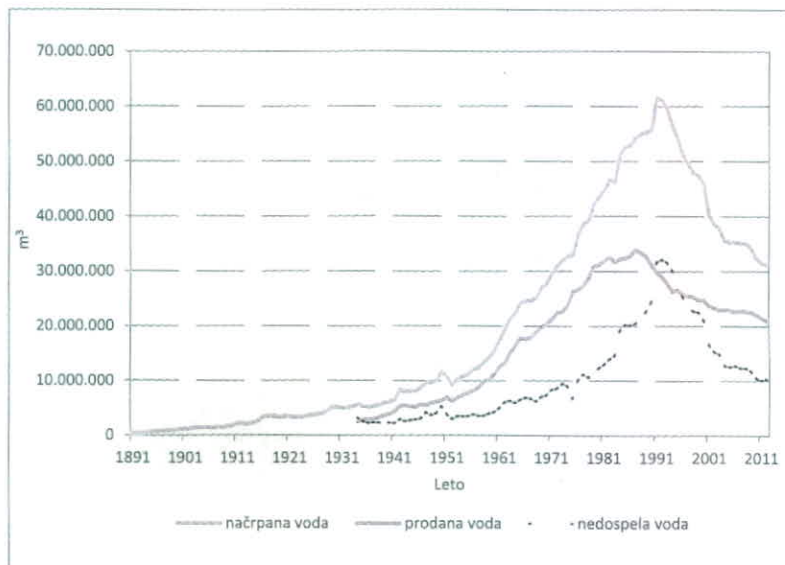


Vodovod je eden največjih porabnikov električne energije v mestu. V času nizke električne tarife obratuje večje število vodnjakov, ki presežke vode črpajo v rezervoarje, t.i. vodohrane, ki imajo skupno prostornino okrog 20.000 m<sup>3</sup>. Okolica Ljubljane je hribovita, zato rezervoarji ležijo na pobočjih obrobja mesta, npr. na Rožniku, nad Črnučami in nad Pržanom. V Ljubljani ne poznamo t.i. vodnih stolpov kot jih poznajo mesta, ki ležijo na ravninskih območjih. Višje ležeči predeli, npr. na grajskem hribu, se voda dobivajo s pomočjo prečrpalnih postaj. Voda se na poti iz črpališč do uporabnikov v omrežju ne zadržuje dalj kot nekaj ur. Iz vodarn teče načrpana voda po cevovodih, od katerih ima največji premer 700 mm. Obratovalni tlak vodarn na izhodu iz vodarn doseže 5 bar. Na poti do uporabnikov se vodovodno omrežje širi, omrežje je vse bolj podobno velikanskemu razvejanemu drevesu, premer vodovodnih cevi se od primarnih cevovodov velikih premerov zoži na sekundarno omrežje in se pri uporabnikih skrči na 20 mm. Tlak, ki še zadošča za nemoteno oskrbo najbolj oddaljenih uporabnikov, je 2,5 bara. V vodovodnem sistemu je vgrajenih približno 40.000 vodomero, ki so v lasti uporabnikov in katerih odčitki služijo obračunu porabljene vode.

Hkrati z rastjo prebivalstva v Ljubljani je v zadnjem stoletju naraščala potreba po vse večjih količinah pitne vode. Poraba je začela intenzivno naraščati v prvih dveh desetletjih po drugi svetovni vojni. V tem času se je širila industrijska dejavnost, hkrati pa je močno naraščalo tudi število go-



Slika 3: Načrpane, prodane in nedospete količine pitne vode



Vodarna Kleče je osrednji del sistema, saj je v letu 2012 prispevala kar 65,4 % vseh načrpanih količin, kar pomeni 20,2 milijona m<sup>3</sup> ali v povprečju 640 l/s. Sledita vodarni Jarški prod in Brest s 12,1 % in 10,1 %, Šentvid s 8,2 % in Hrastje s 4,2 %. Največji potrošnik pitne vode v Ljubljani so gospodinjstva, ki porabijo 68 % vode, sledijo trgovska podjetja (10 %) in ostala industrija (4 %).

Različni predeli Ljubljane dobijo vodo iz različnih vodarn – Šentvidčani iz vodarne Šentvid, Bežigradjani iz vodarne Kleče, Črnučani iz vodarne Jarški prod, prebivalci Murgel in ob Tržaški cesti, zahodno od Dolgega mosta iz vodarne Brest, vmes pa so območja, na katera v odvisnosti od tlačnih razmer priteka voda iz več vodarn.

Bdenje nad vplivi na varnost oskrbe s pitno vodo je stalna vsakodnevna naloga upravljavcev vodovodov. Varno, tehnično brezhibno in ekonomično delovanje vodovodnega sistema je možno le ob stalnem nadzoru omrežja, objektov in naprav. Upravljavec ima pomembno vlogo gospodarja, ki skrbi za premoženje, ki je v veliki meri položeno skrito očem, nekaj metrov pod tlemi. Nadzor nad sistemom se dnevno izvaja vizualno, s pregledom objektov, naprav in trase vodovoda, delovanja zapiral in hidrantov, jaškov in naprav v njih, odzračevalnih ventilov. S posebnimi napravami pa se spremlja pretok in tlak na posameznih točkah sistema. Razlike med izmerjenimi in pričakovanimi ali izračunanimi vrednostmi dokazujejo, da je treba območje, kjer je bila meritev opravljena, podrobneje pregledati. Terenske ekipe so v stalni pripravljenosti, da v primeru okvar posredujejo kar najhitreje.

Pri upravljanju vodovodnega sistema uporabljamo hidravlični model omrežja. To je matematično orodje, ki pomaga pri iskanju optimalnega načina vodenja sistema. Poleg tega je hidravlični model orodje, s pomočjo



Zmanjševanje izgub, ki v ljubljanskem sistemu znašajo okrog 30 % načrpane vode, je pomembnejša naloga prihodnjih let. Vodovodne izgube so posledica starosti cevovodov in tesnilnih materialov, neakovostnega materiala, korozije, poškodb kot posledic obremenitev iz prometa in gradbenih posegov v okolici vodovodne mreže, s čimer se bolj ali manj uspešno otepa vsak sistem oskrbe s pitno vodo. Mesto se je v prvih desetletjih po vojni hitro razvijalo, vgrajeni so bili materiali s kratko življenjsko dobo, obstoječe omrežje pa se je nezadostno obnavljalo, tako da so nekateri deli omrežja stari 70 in več let. V zadnjih dvajsetih letih cevi iz nodularne litine, ki jih je v sistemu 32 %, zamenjujejo cevi iz litega železa (28 %), ki so bile vgrajene pred mnogo desetletji, in neakovostne plastične cevi (PCV, 17 %) izpred dveh do treh desetletij. Med pomemben material vodovodov se uvršča polietilen visoke gostote (14 %), v omrežju pa so še tudi azbestno-cementne cevi (5 %), ki so se vgrajevale v začetku druge polovice preteklega stoletja. Veliko število okvar, ki se pojavljajo skorajda vsakodnevno, in posledično veliko število neželenih posegov v vodovodno omrežje, povečuje tveganja za neskladnost pitne vode. Zmanjševanje vodovodnih izgub ne pripomore samo k zmanjšanim obratovalnim stroškom, ampak na dolgi rok to pomeni, da se zmanjšajo ali celo ukinejo tudi stroški, povezani z iskanjem kakovostnih rezervnih vodnih virov.

Stanje komunalne infrastrukture je pomemben kazalec razvitosti družbe. Od uspešnega gospodarjenja s premoženjem preteklih generacij ni odvisen samo življenjski standard sedanjih prebivalcev Ljubljane, ampak je odvisno tudi to, kako visoka bodo potrebna vlaganja v vodovodno omrežje čez čas, ko bodo vajei gospodarjenja prevzeli naši otroci.

**Vodovodni sistemi**

- ▲ vodni vir
- prečpalnica
- odlohran
- ▭ primarna omrežja
- reke
- naselja



## Skladnost in zdravstvena ustreznost pitne vode

Pitna voda vpliva na zdravje ljudi, zato je pričakovanje uporabnikov o njeni najvišji kakovosti upravičeno. Ta ni zgolj posledica naravnih danosti, ampak predvsem visoko odgovornega odnosa osebja do dela in objektov, naprav in omrežja, ki ga upravljamo.

Kakovost pitne vode v Ljubljani uvrščamo med prednosti življenja v glavnem mestu. V Ljubljani in njeni okolici v naše domove vsak dan priteka pitna voda, katere skladnost in zdravstvena ustreznost ustrezata zakonodajnim predpisom, ki so usklajeni z evropskimi zahtevami. Voda, ki jo vsakodnevno pijemo in uporabljamo tudi za druga opravila, ne vsebuje mikroorganizmov, parazitov ali njihovih razvojnih oblik, ki predstavljajo nevarnost za zdravje, prav tako pa v njej ni moč najti snovi, kiso same ali pa v kombinaciji z drugimi snovmi nevarne za zdravje. V Ljubljani pijemo naravno pitno vodo brez tehničnih postopkov prečiščevanja, klorirana je le občasno in lokalno na južnih predmestjih Ljubljane.

Poleg mikrobioloških lastnosti pitno vodo ljubljanskega vodovoda odlikujejo tudi fizikalno-kemijske lastnosti. Je bistra in hladna (povprečna temperatura pri viru je 11°C) in dobro prezračena. Zaradi ravno pravišnje vsebnosti proste ogljikove kisline pa je rahlo osvežujoča. Srednja trdota ljubljanske pitne vode je okoli 15 nemških trdotnih stopinj. pH vrednost, ki pove, ali je voda kisla (pH<7) ali bazična (pH>7), je v rahlo bazičnem območju. Hladna pitna voda ni korozivna in ne povzroča prekomernega nastajanja vodnega kamna. Po količini so najpomembnejši ioni kalcij, magnezij in hidrogenkarbonat. Koncentracija snovi v vodi pri uporabnikih ni stalna, ampak se spreminja znotraj meja, razpon pa je odvisen od vodnega vira, iz katerega se območje napaja.

Preglednica 1: Lastnosti ljubljanske pitne vode

| Parameter                    | Enota        | Mejna vrednost# | Značilne vrednosti ljubljanske pitne vode |
|------------------------------|--------------|-----------------|-------------------------------------------|
| temperatura                  | OC           |                 | 11–20                                     |
| pH                           |              | ≥6,5 in ≤9,5    | 7,2–7,6                                   |
| elektroprevodnost            | uS/cm (200C) | 2500            | 380–550                                   |
| kalcij                       | mg/l         |                 | 55–75                                     |
| magnezij                     | mg/l         |                 | 15–25                                     |
| natrij                       | mg/l         | 200             | 2–9                                       |
| kalij                        | mg/l         |                 | 0,5–1,5                                   |
| skupna trdota                | ON           |                 | 11–18                                     |
| hidrogenkarbonat             | mg/l         |                 | 250–350                                   |
| sulfat                       | mg/l         | 250             | 5–25                                      |
| klorid                       | mg/l         | 250             | 2–20                                      |
| nitrat                       | mg/l         | 50              | 12–22                                     |
| nitrit                       | mg/l         | 0,5             | pod mejo poročanja                        |
| amonij                       | mg/l         | 0,5             | pod mejo poročanja                        |
| krom                         | ug/l         | 50              | pod mejo poročanja do 15                  |
| svinec                       | ug/l         | 10              | pod mejo poročanja                        |
| železo                       | ug/l         | 200             | pod mejo poročanja                        |
| atrazin                      | ug/l         | 0,1             | pod mejo poročanja do 0,05                |
| desetilatrazin               | ug/l         | 0,1             | pod mejo poročanja do 0,09                |
| trikloroeten+ tetrakloroeten | ug/l         | 10              | pod mejo poročanja do 2                   |

|                       |          |               |   |
|-----------------------|----------|---------------|---|
| escherichia coli      | v 100 ml | 0             | 0 |
| koliformne bakterije  | v 100 ml | 0             | 0 |
| število kolonij 220 C | v 1ml    | brez sprememb | 0 |
| število kolonij 370 C | v 1 ml   | 100           | 0 |

\* Pravilnik o pitni vodi (Ur. l. RS, št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09)

Slika 5: Pitna voda je strogo nadzorovano živilo. Foto: arhiv JP Vodovod-Kanalizacija.



Postopki, ki so povezani s črpanjem, hranjenjem in potovanjem pitne vode, potekajo skladno s standardom kakovosti SIST ISO 9001. Notranji nadzor pitne vode se izvaja po obveznem načrtu, ki je izdelan po načelih HACCP sistema (kratica za: analiza tveganja in ugotavljanje kritičnih točk) in omogoča kontrolo celotnega sistema oskrbe ter pravočasno prepoznavanje vseh mikrobioloških, kemičnih in fizikalnih parametrov, ki bi lahko predstavljali tveganje za zdravje ljudi. Sodobno urejen lasten laboratorij za kemijsko in mikrobiološko preizkušanje vzorcev, akreditiran skladno z zahtevami standarda SIST EN ISO/IEC 17025, in usposobljene osebe pa zagotavljajo sprotno in strokovno nadziranje parametrov pitne vode pri uporabnikih, na omrežju, v vodovodnih objektih, vodarnah in zajetjih ter na prispevnih območjih vodnih virov. Poleg lastnega nadzora pa nadzor nad skladnostjo in zdravstveno ustreznostjo pitne vode izvaja tudi ministrstvo, pristojno za zdravje, izvajanje javne oskrbe s pitno vodo pa je pod skrbnim nadzorom Zdravstvenega inšpektorata Republike Slovenije.

## Skrb za zaščito vodnih virov

Oskrba s pitno vodo v Ljubljani in okolici temelji na varovanju virov pitne vode z vodovarstvenimi območji, opredeljenimi s predpisi, na katerih je prepovedana oziroma omejena vsaka dejavnost ali poseg v prostor, ki bi ogrožal kakovost ali količino vodnih virov.<sup>1</sup> V neposredni bližini vodarn in

1 Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnikov Ljubljanskega barja in okolice Ljubljane (Ur. l. RS, št. 115/2007, 9/2008, 65/2012), [http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r06/predpis\\_URED4396.html](http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r06/predpis_URED4396.html) (citirano 3. 9. 2013)  
Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnikov Ljubljanskega barja in okolice Ljubljane (Ur. l. RS, št. 115/2007, 9/2008, 65/2012), [http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r06/predpis\\_URED4396.html](http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r06/predpis_URED4396.html) (citirano 3. 9. 2013)



zajetij so omejitve dejavnosti v prostoru zelo stroge, z oddaljevanjem od črpališč pa je režim varovanja blažji. Ukrepi so namenjeni zmanjševanju nevarnosti in tveganj, ki jih povzročajo že obstoječe dejavnosti ali pa dejavnosti, ki se v prostor šele uvajajo. Vodovarstvena območja pomembno vplivajo na zaščito vodnih virov, hkrati pa predstavljajo omejitve za razvoj številnih dejavnosti, kar lahko privede do nesoglasij med uporabniki prostora, zato je upravljanje vodnih virov izjemno težka in nikoli nedokončana naloga. Zato se upravljavec vodovodnega sistema (JP Vodovod-Kanalizacija) aktivno vključuje v te procese, saj je od njihove uspešnosti in učinkovitosti odvisna tudi varnost oskrbe s pitno vodo.

## Zaključek

Prvi postulat deležnikov, odgovornih za oskrbo s pitno vodo v Ljubljani, se glasi: Naravna pitna voda in varnost oskrbe s pitno vodo imata neprecenljivo vrednost. Zanju je treba stalno vlagati veliko delovnega napora in finančnih sredstev. Popolne varnosti žal ni v nobenem sistemu oskrbe s pitno vodo, vendar je mogoče stopnjo varnosti povečati. Mesto Ljubljana je že dobro stoletje oskrbovano varno in z naravno pitno vodo in to je ena izmed vrednot, ki bo omogočila kakovostno življenje tudi našim potomcem, a pod nekaterimi pogoji. Naravne danosti niso dovolj. Potrebujemo strokovno pravilne dolgoročne odločitve, znanja in izkušnje ter upoštevanje načel etičnosti in zakonodajnih predpisov, ki smo si jih napisali sami tudi zato, da pred lastnimi neustreznimi ravnanji zavarujemo sami sebe.

## Viri in literatura

1. Bračič-Železnik, Branka, Jamnik, Brigita, 2005, Javna oskrba s pitno vodo. V: Rejec Brancelj Irena (ur.), Smrekar, Aleš (ur.), Kladnik, Drago (ur.), Perko, Drago (ur.), Podtalnica Ljubljanskega polja, Geografija Slovenije, 10. Ljubljana: Založba ZRC, str. 101–120.
2. Brenčič, Mihael, 2008, Zgodovina hidrogeologije. Kratek oris življenja in dela Oskarja Smrekerja (1854–1935), Geologija 51/2, str. 141–146.
3. Breznik, Marko, 1975, Podtalnica Iškega vršaja, Geologija 18, str. 289–309.
4. Karpe, Franc, 1990, Mestni vodovod Ljubljanski. Sto let. 1890–1990, JP Vodovod-Kanalizacija, Ljubljana.
5. Knapitsch, Baltazar, 1886, Poročilo o kemijskih preiskavah nekaterih pitnih voda, Zgodovinski arhiv Ljubljana.
6. Mencej, Zvone, 1990, Prodni zasipi pod jezerskimi sedimenti Ljubljanskega barja, Geologija 31/32, str. 517–553.
7. Sonc, Stanislav, 1934, Razvoj ljubljanskega mestnega vodovoda, Kronika slovenskih mest, 4. Letnik I. Ljubljana.
8. Studen, Andrej, 2000, Bister studenček v hiši. VODA, glasilo JP Vodovod-Kanalizacija, letnik 7, št. 26.
9. Stur, Dionys, 1886, Wasserversorgungs-Frage der Landeshauptstadt Laibach, Zgodovinski arhiv Ljubljana. Ljubljana.
10. Žlebnik, Ljubo, 1971, Pleistocen Kranjskega, Sorškega in Ljubljanskega polja, Geologija 14, str. 5–51.