

# OSKRBA Z VODO

IZTOK SLOKAN  
IGOR PETEK

Višješolski strokovni program: Varstvo okolja in komunala  
Učbenik: OSKRBA Z VODO  
Gradivo za 1. letnik

**Avtorja:**

Iztok Slokan, univ. dipl. inž. grad.  
ZAVOD IRC  
Višja strokovna šola

Igor Petek, univ. dipl. inž. grad.  
ZAVOD IRC  
Višja strokovna šola



**Strokovni recenzent:**

Doc. dr. Primož Banovec, univ. dipl. inž. grad.

**Lektorica:**

Lucija Mejač Petek, prof. slov.

CIP – Kataložni zapis o publikaciji  
(za vas ga pridobi projekt Impletum)

Izdajatelj: Konzorcij višjih strokovnih šol za izvedbo projekta IMPLETUM  
Založnik: Zavod IRC, Ljubljana.  
Ljubljana, 2011

*Strokovni svet RS za poklicno in strokovno izobraževanje je na svoji \_\_\_ seji dne \_\_\_\_\_ na podlagi 26. člena Zakona o organizaciji in financiranju vzgoje in izobraževanja (Ur. l. RS, št. 16/07-ZOFVI-UPB5, 36/08 in 58/09) sprejel sklep št. \_\_\_\_\_ o potrditvi tega učbenika za uporabo v višješolskem izobraževanju.*

© Avtorske pravice ima Ministrstvo  
a šolstvo in šport Republike Slovenije.

Gradivo je sofinancirano iz sredstev projekta Impletum Uvajanje novih izobraževalnih programov na področju višjega strokovnega izobraževanja v obdobju 2008–

1.

Projekt oz. operacijo delno financira Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada ter Ministrstvo RS za šolstvo in šport. Operacija se

2

izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007–2013, razvojne prioritete Razvoj človeških virov in vseživljenjskega učenja ter prednostne usmeritve Izboljšanje kakovosti in učinkovitosti sistemov izobraževanja in usposabljanja.

Vsebina tega dokumenta v nobenem primeru ne odraža mnenja Evropske unije. Odgovornost za vsebino dokumenta nosi avtor.



# KAZALO VSEBINE

<b>1PITNA VODA.....</b>	<b>8</b>
1.1DOKAZOVANJE IN ZAGOTAVLJANJE KAKOVOSTI OSKRBE S PITNO VODO.....	8
1.2PRIPRAVA VODE.....	13
1.3VAROVANJE VODNIH VIROV.....	15
<b>2ČIŠČENJE PITNE VODE.....</b>	<b>18</b>
2.1FIZIKALNO-KEMIČNO ČIŠČENJE VODE.....	18
1.1ČISTILNE NAPRAVE S HITRIMI PEŠČENIMI FILTRI.....	19
2.1.1Klasični usedalnik, accelerator in lamelni usedalnik.....	19
2.1.2Hitri peščeni filtri.....	20
2.2ČISTILNE NAPRAVE S POČASNIMI – BIOLOŠKIMI FILTRI.....	22
2.3UMETNO BOGATENJE PODTALNICE – PREDNOSTI IN POMANJKLJIVOSTI POVRŠINSKIH VODA PRED PODTALNICO GLEDE KOLIČINE PITNE VODE IN VARNOSTI PRED ONESNAŽEVANJEM.....	23
2.4IZKUŠNJE OBREŽNE FILTRACIJE IN UMETNEGA BOGATENJA PODTALNICE V SLOVENIJI.....	24
2.5ČIŠČENJE PODTALNIC.....	25
2.6UPORABA AKTIVNEGA OGLJA.....	26
2.7TEHNOLOŠKO ZAHTEVNEJŠI IN DRAŽJI POSTOPKI.....	26
<b>3IZRAČUN PORABE VODE.....</b>	<b>29</b>
<b>4VODOVODNI SISTEMI.....</b>	<b>34</b>
<b>5DIMENZIONIRANJE CEVI IN ZAGOTAVLJANJE TLAKA V VODOVODNEM OMREŽJU.....</b>	<b>39</b>
5.1DIMENZIONIRANJE CEVI – OSNOVNA ENAČBA PRETOKA.....	39
5.2HIDROSTATIČNA ČRTA.....	41
5.3TLAČNA (HIDRAVLIČNA) ČRTA – IZGUBE TLAKA V CEVEH.....	42
5.4IZRAČUN IZGUBE TLAKA V CEVI V PRAKSI.....	44
<b>6VODOVODNO OMREŽJE.....</b>	<b>51</b>
6.1NAPRAVE ZA ZAJEM VODE.....	51
6.1.1Zajem izvira.....	51
6.1.2Zajem podtalnice (podzemne vode).....	56
6.1.3Zajem vode iz jezer in vodotokov.....	65
6.1.4Kapnica.....	66
6.2NAPRAVE ZA ČRPANJE VODE.....	67
6.3POSEBNA HIDRAVLIČNA ČRPALKA (HIDRAVLIČNI OVEN, NOREC).....	68
6.4NAPRAVE ZA TRANSPORT IN RAZDELJEVANJE VODE.....	69
6.4.1Osnovni elementi vodovoda.....	70
6.4.2Tlačni cevovod.....	71
6.4.3Primarni in sekundarni (razdelilni) cevovod.....	71
6.4.4Cevi.....	72
6.4.5Fazonski kosi.....	75
6.4.6Armature.....	77
6.4.7Vodovodni priključki.....	82
6.5VODOHRAN.....	85
6.6NAPRAVE ZA URAVNAVANJE VODNEGA TLAKA (RAZBREMENILNIKI, PREČRPALNICE).....	88
6.6.1Razbremenilniki.....	88
6.6.2Prečrpalna postaja (prečrpalnica).....	90
<b>7VZDRŽEVANJE IN UČINKOVITOST IZVAJANJA SLUŽBE OSKRBE Z VODO.....</b>	<b>93</b>
7.1UPRAVLJANJE VODOVODNEGA OMREŽJA.....	93
7.2NAČRT VZDRŽEVANJA VODOVODNEGA OMREŽJA.....	94
7.3UČINKOVITOST IZVAJANJA SLUŽBE OSKRBE Z VODO.....	95
7.3.1Primeri kazalnikov s področja zanesljivosti oskrbe:.....	97
7.3.2Primeri kazalnikov s področja kakovosti oskrbe.....	99
7.3.3Primeri kazalnikov s področja trajnosti oskrbe.....	100
7.3.4Primeri kazalnikov na področju učinkovitost oskrbe.....	100
<b>8GRADNJA VODOVODOV.....</b>	<b>104</b>
8.1GRADNJA.....	104

8.2POPRAVILA NA VODOVODNEM OMREŽJU.....	107
<b>9PROJEKTIRANJE VODOVODA.....</b>	<b>110</b>
9.1PROJEKTI VODOVODA (PGD, PZI).....	110
9.2KRATKA NAVODILA ZA IZDELAVO PROJEKTA VODOVODA.....	113
<b>2VIRI IN LITERATURA.....</b>	<b>115</b>

## UVOD

Pitna voda je temeljnega, strateškega pomena za zdravo življenje. Ko je bilo število prebivalcev majhno in so živeli v manjših skupnostih, so vodo za pitje in kuho še lahko zajemali iz bližnjega potoka ali reke – seveda gorvodno od naselja, kjer voda še ni bila onesnažena. Z nastankom večjih naselij in mest pa so pitno vodo že morali dovajati po ceveh ali Rimljani celo akvaduktih (glejte sliki 1 in 2) iz bližnjih ali celo oddaljenih kakovostnih vodnih virov.



Slika : Fotografija rimskega akvadukta  
Vir: Lasten



Slika 2: Fotografija rimskega akvadukta  
Vir: Lasten

Danes se zavedamo, da so vodni viri omejeni. V naravnem krožnem toku (poenostavljeno, glejte sliko 3) voda izhlapeva predvsem iz morja, pa tudi rek, jezer in vegetacije, v oblakih potuje v obliki drobnih kapljic in se nato v obliki padavin vrača na zemljo, od koder odteka ponovno v morje. Zaradi segrevanja ozračja, ki je posledica človekovega nepremišljenega in nespametnega onesnaževanja okolja, se spreminja tudi klima. Zato bodo nekatere pokrajine (tudi večji del Slovenije), ki imajo danes še dovolj padavin, v bližnji prihodnosti trpele zaradi pomanjkanja padavin in neenakomerne razporeditve le-teh v letu. Posledice bodo marsikje katastrofalne, saj bo izhlapevanje večje kot danes, saj se povprečne temperature na Zemlji dvigajo. Istočasno pase bo povečevala poraba pitne, pa tudi industrijske vode, saj se število prebivalstva na Zemlji povečuje.



Slika 3: Shema naravnega krožnega toka vode

Vir: Prirejeno po <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html> (19. 4. 2011)

Voda, še zlasti pitna, bo vedno bolj dragocena, zato bomo morali z njo ravnati skrbneje:

1. bolje varovati vodne vire,
2. zmanjšati porabo z zaprtimi sistemi uporabe tehnološke vode,
3. kjer je mogoče, zamenjati pitno vodo z manj čistimi vodami (izplakovanje stranišč, ...).

Zagotavljanje vode, še posebej pitne, predstavlja v sodobnem svetu storitev in ni naravna danost, ki mora biti vsakomur dostopna.

Učbenik pred vami je namenjen študentom višješolskega programa Varstvo okolja in komunala. Pri nastajanju sva imela avtorja stalno izkušnjo iz poučevanja, da čeprav bi študenti določena znanja morali že obvladati, temu ni tako, zato je učbenik na nekaterih delih napisan zelo poljudno.

V učbeniku so za pritegnitev vaše pozornosti uporabljeni simbolni znaki. Znak pokaže na: vprašanja za ponovitev:

\* malo zahtevnejše,

\*\* zahtevnejše,



# 1 PITNA VODA

## Uvod v poglavje

Samoumevno se nam zdi, da odpremo vodovodno pipo in iz nje priteče čista, zdrava pitna voda v neomejeni količini. Tako je pri nas pri večini javnih vodovodnih sistemov. Drugače je na primer v Kairu; tam voda iz pipe ni primerna niti za umivanje zob. Še iz Firenc se spominjam naše večerje, po kateri smo si postregli s pločevinko presladkega Fructalovega breskovega kompota, razredčenega z vodo iz pipe. Po zaužitju razredčenega kompota smo vsi zaznali okus po plesni. Šele pri umivanju zob smo kasneje ugotovili, da ni kriv pokvarjen kompot, ampak ima njihova voda okus po plesni.

Ob zgornji prigodi se lahko zamislimo in se vprašamo: kdaj je voda pitna in katerim kriterijem mora zadostiti. Glede na to, da se v Sloveniji marsikje lahko pohvalimo z izvrstno vodo, pa nas zanima, zakaj je ta voda tako kakovostna in kako skrbimo, da bo taka tudi ostala.

### 1.1 DOKAZOVANJE IN ZAGOTAVLJANJE KAKOVOSTI OSKRBE S PITNO VODO

Vsak vodovod mora izpolnjevati naslednje pogoje:

- a. zagotovitev zdrave pitne vode,
- b. zagotovitev dovolj vode pod zadostnim pritiskom v vsakem času,
- c. zagotovitev varnosti pred onesnaženjem virov pitne vode,
- d. zagotovitev varnega obratovanja,
- e. zagotovitev stroškovne sprejemljivosti.

Nobeden od navedenih pogojev ni samozadosten. Zgolj s kakovostnimi vodnimi viri, ki nimajo dovolj vode za današnje in perspektivne potrebe po pitni vodi, preskrba s pitno vodo ni rešljiva. Manjkajočo vodo je potrebno zagotoviti iz bolj oddaljenih (in zato dražjih virov) ali pa očistiti bližje vire slabše kakovosti. O rešitvi odloča ekonomika dolgoročnosti rešitve in kakovost pridobljene pitne vode.

Viri pitne vode pa morajo biti učinkovito zaščiteni tudi pred nepredvidenimi načini in vrstami onesnaženja. Pomanjkljivo zaščiteni viri pitne vode so potencialna nevarnost s katastrofalnimi in lahko tudi dolgotrajnimi posledicami (onesnaženja podtalnic so dolgotrajna).

V onesnaženem zraku (tak je praktično povsod) se padavine med padanjem proti zemlji in nato pri precejanju skozi zemeljske plasti kemično onesnažijo, v največji meri pa k onesnaženju pripomoremo ljudje z izpuščanjem neprečiščenih odpadnih voda iz naselij, industrijskih in živinorejskih obratov ter s kmetovanjem (zaščitna sredstva, umetna in naravna gnojila). Zato moramo vedno dokazovati, da pitna voda, ki jo dobavljamo potrošnikom, ustreza določbam Pravilnika o pitni vodi (Ur.l. RS, št. 19/2004 s spremembami v 35/2004, 26/2006, 92/2006, 25/2009, besedilo najdete na [http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r03/predpis\\_PRAV3713.html](http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r03/predpis_PRAV3713.html)).

Področja, na katerih moramo zagotoviti oskrbo s pitno vodo, določa Pravilnik o oskrbi s pitno vodo, Ur.l. RS, št. 35/2006 (spremembe: Ur.l. RS, št. 41/2008, 28/2011), ki je dostopen na spletnem naslovu [http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r07/predpis\\_PRAV6487.html](http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r07/predpis_PRAV6487.html) (31. 5. 2011).

Pravilnik določa zahteve za oskrbo s pitno vodo, ki morajo biti izpolnjene pri opravljanju storitev obvezne občinske gospodarske javne službe oskrbe s pitno vodo in pri lastni oskrbi prebivalcev s pitno vodo. Pravilnik določa tudi vsebino

1. evidence vodovodov in njihovih upravljavcev,
2. operativnega programa varstva okolja, ki se nanaša na oskrbo s pitno vodo,

3. evidence opravljanja storitev javne službe in lastne oskrbe s pitno vodo,
4. katastra javnega vodovoda,
5. programa oskrbe s pitno vodo in
6. poročila o izvajanju javne službe.

Pravilnik določa, da mora biti poselitveno območje z gostoto prebivalstva s stalnim prebivališčem več kot 5 prebivalcev na ha površine opremljeno z enim, funkcionalno zaokroženim javnim vodovodom, če je število prebivalcev, ki stalno prebivajo na tem območju, večje od 50 ali če je letna povprečna zmogljivost oskrbe s pitno vodo večja od 10 m<sup>3</sup> pitne vode na dan (za stavbe nad 1.500 m nadmorske višine pa to ni obvezno).

Pravilnik določa tudi vsebino operativnega programa, v katerem se vodovodi razvrstijo glede na velikost oskrbe s pitno vodo v naslednje skupine vodovodov:

1. zasebni vodovodi, namenjeni lastni oskrbi s pitno vodo, brez upravljalcev vodovoda;
2. zasebni vodovodi, namenjeni lastni oskrbi s pitno vodo, z upravljalci vodovoda;
3. funkcionalno zaokroženi javni vodovodi z enim ali več vodnimi viri;
4. javni vodovodi s priključkom na transportni vodovod;
5. medobčinski javni vodovodi za oskrbo pitne vode na območju več občin;
6. medobčinski javni vodovodi, katerim transport pitne vode od vodnih virov do primarnih oziroma sekundarnih vodovodov zagotavlja transportni vodovod in
7. transportni vodovodi.

Glede na razvrstitev vodovodov v skupine iz prejšnjega odstavka se v operativnem programu za vodovode določijo obseg in roki za izvedbo:

1. ukrepov varstva vodnih virov posameznih vodovodov pred onesnaženjem;
2. monitoringa kakovosti podzemne vode oziroma površinske vode, ki se uporablja za vodni vir oskrbe s pitno vodo;
3. ukrepov zmanjšanja vodnih izgub v vodovodu;
4. ukrepov zagotavljanja rezervnih vodnih virov;
5. ukrepov doseganja tehničnih standardov oskrbe s pitno vodo;
6. ukrepov za zmanjšanje zunanjih okoljskih stroškov, ki nastajajo zaradi preprečevanja in zmanjševanja onesnaževanja vode, namenjene oskrbi s pitno vodo;
7. primerjalne analize cen storitev javne službe;
8. ukrepov za znižanje stroškov storitev oskrbe s pitno vodo;
9. mejnih stroškov za posamezne skupine vodovodov in
10. finančnih virov za izvedbo ukrepov iz tega odstavka.

Študentom priporočamo natančnejšo seznanitev z določbami pravilnika in veljavnega operativnega programa oskrbe s pitno vodo, ki je dostopen na spletni strani [http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/okolje/varstvo\\_okolja/operativni\\_programi/op\\_pitna\\_voda.pdf](http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/okolje/varstvo_okolja/operativni_programi/op_pitna_voda.pdf) (31. 5. 2011).

Z namenom vzpostavitve enotne infrastrukture za prostorske informacije v Evropski skupnosti sta Evropski parlament in svet sprejela DIREKTIVO 2007/2/ES EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA o vzpostavitvi infrastrukture za prostorske informacije v Evropski skupnosti (INSPIRE) (Uradni list EU št. L 108, z dne 25. 4. 2007 (vsebina je dostopna na <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:108:0001:0014:sl:PDF>) (31.5.2011). Ta direktiva določa splošna pravila za vzpostavitev infrastrukture za prostorske informacije v Evropski skupnosti za namene okoljskih politik Skupnosti ter politik ali dejavnosti, ki lahko vplivajo na okolje.

V zvezi z oskrbo s pitno vodo je zanimivo prebrati tudi sodno prakso Ustavnega sodišča Republike Slovenije. Vsebino odločitev Ustavnega sodišča lahko preberete na spletni strani <http://www.us-rs.si/odlocitve> (31. 5. 2011).

Kakovost pitne vode ugotavljamo z odvzemanjem vzorcev na kritičnih mestih in pregledi v akreditiranih laboratorijih v skladu s Pravilnikom o pitni vodi:

1. glede **organoleptičnih lastnosti** (ugotavljamo s čutili),
2. glede **mikrobioloških lastnosti** (prisotnost mikroorganizmov ni dovoljena, zato jih uničujemo s postopki za razkuževanje vode: s kloriranjem, ozoniranjem, ultravijoličnimi žarki, aktivnim ogljem, s čimer zagotavljamo predpisane mikrobiološke lastnosti vode),
3. glede **fizikalno-kemijskih** in **kemijskih** lastnosti,
4. glede **kemijskih snovi** (dovoljeno vse, toda do določene meje),
5. glede **pesticidov** (dovoljeno vse, toda do določene meje),
6. glede **radioloških** lastnosti (dovoljeno, toda do določene meje).

Kakovost pitne vode preverjamo z odvzemanjem vzorcev v črpališčih in vodohranih ter drugih nadzornih točkah vodovodnega sistema, saj moramo zagotoviti zdravstveno ustreznost vode na pipah in mestih, kjer vodo uporabljamo za pitje, proizvodnjo živil in pijač. Vzorce vode odvezemamo iz pipe, ki so nameščene prav za ta namen (slika 4) na naslednji način: odstranimo zaščitni pokrov ustja pipe, iztočimo vodo, ki se je zadrževala v tem odcepu, pipo zapremo in s plamenom razkužimo ustje pipe. Ponovno odtočimo nekaj vode, zatem jo natočimo v sterilizirano steklenico. Do čim prejšnje oddaje v akreditiranem laboratoriju jo hranimo na hladnem.

Obseg nadzora je odvisen od ocene tveganja za določeno vzorčno mesto oziroma nadzorno točko sistema. Pogostost vzorčenja in preizkušanja pitne vode je predpisana v tabeli B1 priloge II (monitoring) Pravilnika o pitni vodi (Ur. l. RS 19/2004). Nosilci monitoringa (spremljanja) kakovosti vode so akreditirani javni zdravstveni zavodi.

Poleg tega morajo tudi upravljavci vodovodnih sistemov vzpostaviti notranji nadzor na osnovah HACCP sistema, ki omogoča prepoznavanje mikrobioloških, kemičnih in fizikalnih agensov, ki lahko predstavljajo potencialno nevarnost za zdravje ljudi, pa tudi ustrezno ukrepanje.



Slika 4: Pipa za odvzem vzorcev v vodarni  
Vir: Lasten

Zagotavljanje varne hrane v Evropi in v Sloveniji temelji na principu HACCP, ki je opredeljen v Direktivi 89/397/ES (pregled dokumentacije in preverjanje izvajanja notranjega nadzora) in Direktivi 93/43/ES (higiena živil). Kot zanimivost si lahko pogledate tudi potrjeni zapisnik o Sporazumu o medsebojnem priznavanju načel OECD za dobro laboratorijsko prakso (DLP) in o programih nadzora skladnosti med Evropsko skupnostjo in državo Izrael (Uradni list Evropske skupnosti št. 11 zv. 32 z dne 9. 10. 1999, dostopno na [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:11:32:21999A1009\(01\):SL:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:11:32:21999A1009(01):SL:PDF)) (31. 5. 2011).

V Sloveniji se ti dve direktivi izvajata s sprejetim Zakonom o zdravstveni ustreznosti živil in izdelkov ter snovi, ki prihajajo v stik z živali (ZZUZIS) (Ur. l. RS št. 52/2000, 2/2002, 47/2004), (dostopno na [http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r01/predpis\\_ZAKO1381.html](http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r01/predpis_ZAKO1381.html)) (31. 5. 2011) ter njemu podrejenih podzakonskih aktov (Pravilnik o higieni živil (Ur. l. RS 60/02, 104/03 in 11/04, 51/2004, 54/2007, dostopno na [http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r07/predpis\\_NEZN127.html](http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r07/predpis_NEZN127.html), (31. 5. 2011)) in Pravilnik o zdravstvenih zahtevah za osebe, ki pri delu v proizvodnji prihajajo v stik z živali (Ur. l. RS št. 82/2003, 25/2009), dostopno na [http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r04/predpis\\_PRAV3144.html](http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r04/predpis_PRAV3144.html), (31. 5. 2011)).

Po pravilniku o pitni vodi je pitna voda:

1. voda v njenem prvotnem stanju ali po pripravi, namenjena pitju, kuhanju, pripravi hrane ali za druge gospodinjske namene, ne glede na njeno poreklo in ne glede na to, ali se dobavlja iz vodovodnega omrežja sistema za oskrbo s pitno vodo, cistern ali kot predpakirana voda;
2. vsa voda, ki se uporablja za proizvodnjo in promet živil.

HACCP sistem (Hazard Analysis and Critical Control Point System) je preventivni sistem, ki omogoča identifikacijo oziroma prepoznavanje, oceno, ukrepanje in nadzor nad morebitno prisotnimi dejavniki tveganja v živilih, ki lahko ogrožajo zdravje človeka. Cilj vzpostavljenega

HACCP sistema je zagotoviti varna živila za potrošnika. Varnost živil je v glavnem dosežena z dobro higiensko prakso oz. spremljajočimi higienskimi programi, zagotovljena pa je s HACCP sistemom. To je sistem, ki je osredotočen na obvladovanje kritičnih kontrolnih točk. HACCP je torej preventivni sistem, ki omogoča prepoznavanje, ukrepanje, oceno in nadzor nad morebitno prisotnimi dejavniki tveganja. Omogoča, da določimo možnost ali verjetnost za neko tveganje, preden se zgodi. Cilj vzpostavljenega sistema je zagotoviti varno vodo na najenostavnejši način.

V mnogih objektih (pri nas v nekaterih novih bolnišnicah in hotelih) je potreben pogostejši nadzor zdravstvene neoporečnosti pitne vode, saj pretopla voda zastaja v mrtvih rokavih in se pri tem razmnožijo strupeni mikroorganizmi. Vzrok težav je napačna zasnova vodovodnega sistema v zgradbi, nedokončanost gradnje in pretirano varčevanje pri gradnji. Za te napake je odgovoren lastnik objekta, ki jih mora tudi odpraviti, ne pa upravljavec vodovodnega sistema.

Pravilnik o pitni vodi je v RS sprejet na podlagi Zakona o zdravstveni ustreznosti živil in izdelkov ter snovi, ki prihajajo v stik z živili (ZZUZIS) (Ur.l. RS, št. 52/2000, dostopno na [http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r01/predpis\\_ZAKO1381.html](http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r01/predpis_ZAKO1381.html)).

Pravilnik prenaša v slovenski pravni red tudi določbe DIREKTIVE SVETA 98/83/ES z dne 3. novembra 1998 o kakovosti vode, namenjene za prehrano ljudi (Uradni list Evropske skupnosti št. 15/Zv. 4 z dne 5. 12. 1998, dostopno na <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:15:04:31998L0083:SL:PDF>).

Po Pravilniku o pitni vodi (Ur. l. RS 19/2004, 35/2004, 26/2006, 92/2006, 25/2009) je pitna voda zdravstveno ustrezna, kadar dokažemo skladnost z mejnimi vrednostmi parametrov, ki so podani v prilogi I (Parametri in mejne vrednosti parametrov) Pravilnika o pitni vodi (Ur. l. RS 19/2004). Razdeljeni so na:

**DEL A: Mikrobiološki parametri** (prisotnost *Escherichia coli* in enterokoki),

**DEL B: Kemijski parametri** (vsebnost kemijskih elementov, spojin – tudi pesticidov in trihalometanov, to je nezaželenih produktov dezinfekcije),

**DEL C: Indikatorski parametri** (so pokazatelj stanja; mednje so uvrščeni nekateri kemijski elementi, pa tudi vonj, okus, barva in motnost vode), koncentracija vodikovih ionov /pH vrednost/, električna prevodnost),

**Radioaktivnost.**

Zaradi onesnaževanja vodnih virov, ki ga v pretežni meri povzročamo ljudje z izpuščanjem neprečiščenih odplak v reke in podtalnico, neprimernega gnojenja z organskimi gnojili, zaščitnimi sredstvi, s katerimi uničujemo škodljivce v kmetijstvu, onesnaženjem zraka z izpušnimi plini motornega prometa ter izpusti iz dimnikov, kar vse posredno povzroča onesnaženje pitnih virov, so ti pogosto neprimerni za preskrbo z vodo, še pogosteje pa jih lahko uporabljamo samo prečiščene.

Podobne težave so tudi v Ljubljani, kjer morajo občasno iz centralnega sistema oskrbe z vodo izključiti vodnjake, v katerih so preseženi parametri za podzemne vode po Uredbi o stanju podzemnih voda (Ur. l. RS 25/2009), priloge 1-5. Na sliki 5 so podani rezultati notranjega nadzora vode v ljubljanskih vodarnah v marcu 2011, ki kažejo, da pri nobenem parametru ni bila presežena mejna vrednost, kar kaže, da je voda zdravstveno ustrezna. Na sliki 6 pa so podani podatki monitoringa podzemne vode v vodnjakih, iz katerih se napaja ljubljansko vodovodno omrežje. Rezultati kažejo preveliko vsebnost desetilatrazina, ki je poleg atrazina največkrat vzrok zdravstvene neustreznosti pitne vode. Vzrok onesnaženosti vodnjakov v vodarnah Hrastje in Brest je intenzivna kmetijska pridelava na sosednjih zemljiščih s škropljenjem s herbicidi (v II., ožjem vodovarstvenem pasu – glejte poglavje 1.3), kar je v tem vodovarstvenem pasu prepovedano.

PARAMETER		OSKRBOVALNO OBMOČJE			
		enota	mejna vrednost		
			KLEČE	KLEČE, HRASTJE, JARŠKI PROD	KLEČE, HRASTJE, JARŠKI PROD, BREST
			8. 3. 2011	8. 3. 2011	8. 3. 2011
pH		6,5 -9,5	7,8	7,7	7,7
Elektroprevodnost (pri 20°C)	µS/cm	2500	439	434	448
Celotni organski ogljik (TOC)	mg/l C	brez sprememb	0,7	0,8	0,7
Amonij	mg/l NH <sub>4</sub>	0,5	<0,013	<0,003	<0,013
Nitrat	mg/l NO <sub>3</sub>	50	14	12	13
Nitrit	mg/l NO <sub>2</sub>	0,5	<0,003	<0,003	<0,003
Sulfat	mg/l SO <sub>4</sub>	250	12	12	10
Klorid	mg/l Cl	250	8,6	8,9	8,4
Fluorid	mg/l F	1,5	<0,10	<0,10	<0,10
Bor	mg/l B	1	0,012	0,012	0,016
Krom	µg/l Cr	50	<0,2	0,53	1,0
Svinec	µg/l Pb	25	<0,2	<0,2	<0,2
Atrazin	µg/l	0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Desetilatrazin	µg/l	0,1	<0,05	<0,05	0,05
2,6-diklorobenzamid	µg/l	0,1	<0,02	<0,02	<0,02
Pesticidi - vsota	µg/l	0,5	<0,05	<0,05	0,05
Trikloroeten in tetrakloroeten - vsota	µg/l	10	<0,5	<0,5	<0,5
Trihalometani - vsota	µg/l	100	<0,1	<0,1	<0,1
<i>Escherichia coli</i>	v 100 ml	0	0	0	0
Koliformne bakterije	v 100 ml	0	0	0	0
OCENA			SKLADEN	SKLADEN	SKLADEN

Vir: JP Vodovod-Kanalizacija d.o.o., april 2011

Slika 5: Preglednica z rezultati notranjega nadzora marca 2011  
Vir: Glasilo Ljubljana, april 2011

Podatki o kakovosti podzemne vode v vodnjakih vodarn na Ljubljanskem polju in Ljubljanskem barju						
merilno mesto	datum	atrazin	desetilatrazin	lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki	nitrat	krom (skupno)
enota		µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l
MV		0,1	0,1	10	50	30
Kleče VIII a	24.1.2011	<0,009	0,020	0,04	11,8	0,55
Hrastje I a	24.1.2011	0,090	0,088	1	21,1	15
Šentvid II a	24.1.2011	0,020	0,029	0,04	19,2	0,78
Jarški prod III	24.1.2011	<0,009	0,016	0,2	10,1	1,4
Brest Ia	24.1.2011	0,026	0,250	1,1	10,3	0,57
Kleče VIIIa	9. 2. 2011	<0,009	0,019	0,07	12,8	0,56
Hrastje Ia	9. 2. 2011	0,086	0,098	1,17	22	15
Šentvid IIa	9. 2. 2011	0,018	0,031	0,07	16,2	0,74
Jarški prod III	9. 2. 2011	<0,009	0,017	0,16	9,94	1,5
Brest Ia	9. 2. 2011	0,023	0,190	1,04	10,4	0,65

Vir: Monitoring kakovosti podzemne vode in površinskih vodotokov za leti 2010 in 2011, Oddelek za varstvo okolja Mestne občine Ljubljana

Slika 6: Preglednica s podatki o kakovosti podzemne vode v vodnjakih  
Vir: Glasilo Ljubljana, marec 2011

Ustrezno kakovost vode lahko zagotavljamo tudi preko ustrezne priprave vode.

## 1.2 PRIPRAVA VODE

V Sloveniji izvajamo pripravo vode največkrat s:

- popravo pH (nevtralizacija),
- popravo trdote (dekarbonizacija), vonja in okusa (absorpcija),
- prezračevanjem in razplinjanjem (zaradi prevelike količine železa in mangana),

- kloriranjem, ozoniranjem, ali drugačnim razkuževanjem,
- stabilizacijo za preprečevanje korozije.

V drugih državah seveda poznajo in uporabljajo tudi druge načine priprave vode.

Za Slovenijo velja, da kloriranje pitne vode v sistemih ni obvezno in se velikokrat tudi ne izvaja, kar je pravzaprav redkost na evropskem področju. Nekatere države imajo prisotnost klora v javnem vodovodu opredeljeno kot obvezno zaradi rezidualnega delovanja klora (stalnega razkuževanja omrežja zaradi stalne prisotnosti klora v vodi).

Pitno vodo čistimo s flokulacijo (s predhodnim dodajanjem flokulantov), usedanjem, filtriranjem (počasnim ali hitrim), absorpcijo na ogljikovih filtrih, dezinficiranjem s kloriranjem, ozoniranjem ali obsevanjem z ultravijolično svetlobo, kar natančneje obravnavamo v drugem poglavju »Čiščenje pitne vode«.

Mikroorganizme moramo stalno ali občasno uničevati v približno polovici slovenskih vodovodnih sistemov s kloriranjem. Ločimo dve vrsti dezinfekcije:

- **primarno dezinfekcijo**, pri kateri dodamo dezinfekcijsko sredstvo v koncentraciji, ki zagotovo ubije prisotne mikroorganizme,
- **sekundarno dezinfekcijo**, ki zagotavlja zadostno koncentracijo dezinfekcijskega sredstva v pitni vodi med transportom po ceveh do mesta uporabe.

Za uničenje mikroorganizmov v primarni dezinfekciji je treba zagotoviti primerno koncentracijo dezinfekcijskega sredstva ter ustrezen čas za delovanje, ki ga imenujemo kontaktni čas. Če je koncentracija dezinfekcijskega sredstva večja, je kontaktni čas lahko krajši. Kontaktni čas lahko zagotovimo v rezervoarju ali v omrežju.

Kloriranje je najpogosteje uporabljen postopek dezinfekcije pitne vode. Klor uniči bakterije in nekatere viruse, v običajno uporabljenih koncentracijah pa ne uniči parazitov. Voda naj bo v stiku s klorovim sredstvom vsaj 30 minut. Po zaključku reakcij mora obdržati nekaj prostega preostalega (rezidualnega) klora. Koncentracija prostega preostalega (rezidualnega) klora v vodovodnem omrežju po opravljeni dezinfekciji naj znaša od 0,3 do 0,5 mg/l, lahko pa je tudi nižja, če glede na okoliščine upravljavec zagotavlja stalno mikrobiološko skladnost pitne vode.

Največkrat uporabljamo plinski klor, ki ga običajno dovajamo v sistem v črpalnicah. Ko uporabljamo plinski klor, moramo preverjati koncentracijo nezaželenih produktov dezinfekcije – trihalometanov (THM), katerih tvorba je odvisna od vrste in koncentracije prisotnih organskih snovi, količine dodanega klora, temperature in pH vode ter reakcijskega časa.

Redkeje uporabljamo dražji in boljši klorov dioksid, ki ubija praktično vse znane viruse in bakterije in ki ima tudi to prednost, da z njim lažje vzdržujemo v omrežju zadostno koncentracijo prostega klorovega dioksida, kar služi kot sekundarna dezinfekcija.

Vodo v vodovodih obvezno kloriramo pri nenadnem poslabšanju pitne vode in pri elementarnih nesrečah. S posebnimi klorovimi preparati, s katerimi izvedemo t. i. klorni šok, pa obvezno razkužujemo nove cevovode in vodovodne instalacije. Hiperkloriranje ali klorni šok je oblika dezinfekcije bodisi vode bodisi elementov vodovodnega omrežja (rezervoarja, cevi, ipd). Odločitev za hiperkloriranje vode temelji na podobnih kriterijih, kot veljajo za prekuhanje vode. Za hiperkloriranje omrežja se odločimo, da preprečimo ali odpravimo neskladnost pitne vode, ki lahko izvira iz omrežja, npr. po novih delih, sanacijah, onesnaženjih. Pri postopku se uporablja precej višje koncentracije klorovega sredstva kot pri običajnem kloriranju, pogosto več kot desetkrat višje (t.j. več kot 5 mg/l). Kadar se izvaja hiperkloriranje, se v tem času prepove uporaba vode.

Nepriperne druge lastnosti pridobljene vode (fizikalne, fizikalno-kemijske, kemijske, mikrobiološke in radiološke lastnosti) izboljšujemo samo v nekaj slovenskih sistemih, saj so postopki zapleteni in dragi.

### 1.3 VAROVANJE VODNIH VIROV

Zaščito vodnih virov naj bi zagotavljali

- z ustrežno zakonodajo (jo imamo),
- z nadzorom na terenu in
- s primernim (strogim) kaznovanjem kršiteljev.

Zakonsko podlago za podrobnejšo zakonsko ureditev zaščite vodnih virov daje Zakon o vodah (ZV-1)(Uradni list RS, št. 67/2002, s spremembami v št. 110/2002-ZGO-1, 2/2004-ZZdrI-A, 41/2004-ZVO-1, 57/2008), dostopen na [http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r04/predpis\\_ZAKO1244.html](http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r04/predpis_ZAKO1244.html) (31. 5. 2011). Na podlagi Zakona o vodah je bil sprejet Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja (Uradni list RS, št. 64/2004 s spremembami v Uradnem listu RS, št. 5/2006), dostopen na [http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r04/predpis\\_PRAV1024.html](http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r04/predpis_PRAV1024.html) (31. 5. 2011).

Pravilnik v zvezi z vodnim telesom ali njegovimi deli, ki se uporablja ali je namenjeno za odvzem vode, določa:

- kriterije za določitev zunanjih meja njegovega vodovarstvenega območja,
- kriterije za določitev meja notranjih območij vodovarstvenega območja (v nadaljnjem besedilu: notranja območja),
- kriterije za določitev vodovarstvenega režima v zvezi s posegi v okolje, ki so glede na kriterije za določitev meja tveganje za onesnaženje vodnega telesa, in
- druga vprašanja, potrebna za določitev vodovarstvenega območja.

Določbe pravilnika se uporabljajo za varovanje vodnih teles, ki se uporabljajo ali so namenjeni za odvzem vode za:

- javno oskrbo s pitno vodo,
- prehrano ljudi, če gre za mineralne in termo-mineralne vode, in
- proizvodnjo pijač.

Pravilnik določa, da je potrebno načrtovati zaščitne ukrepe za gradnjo objektov ter izvajanje gradbenih del, ki so v tabelah 1.1 in 1.2 Priloge 1 pravilnika, dostopno na [http://www.uradni-list.si/files/RS\\_-2004-064-02915-OB~P001-0000.PDF](http://www.uradni-list.si/files/RS_-2004-064-02915-OB~P001-0000.PDF) (31. 5. 2011), označeni s »pp« ali »pip«, tako, da je tveganje za onesnaženje vodnega telesa zaradi te gradnje objektov ter izvajanja gradbenih del sprejemljivo. Šteje se, da je tveganje za onesnaženje vodnega telesa sprejemljivo, če to izhaja iz rezultatov analize tveganja za onesnaženje. Priloga 2 pravilnika določa dopustne vrednosti relativne občutljivosti (dostopno na [http://www.uradni-list.si/files/RS\\_-2004-064-02915-OB~P002-0000.PDF](http://www.uradni-list.si/files/RS_-2004-064-02915-OB~P002-0000.PDF)) (31. 5. 2011).

V Prilogi 3 pravilnik določa vsebino strokovnih podlag za pripravo akta o zavarovanju in grafični prikaz vodovarstvenih območij (Priloga 3 je dostopna na [http://www.uradni-list.si/files/RS\\_-2004-064-02915-OB~P003-0000.PDF](http://www.uradni-list.si/files/RS_-2004-064-02915-OB~P003-0000.PDF) (31. 5. 2011)).

S Pravilnikom o metodologiji za določanje vodnih teles površinskih voda (Ur.l. RS, št. 65/2003), (pravilnik je dostopen na <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200365&stevilka=3149>), (31. 5. 2011) in s Pravilnikom o metodologiji za določanje vodnih teles podzemnih voda (Ur.l. RS, št. 65/2003) (pravilnik je dostopen na <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200365&stevilka=3148>) (31. 5. 2011) se določa metodologijo za določanje vodnih teles ali skupin ali delov vodnih teles površinskih in podzemnih voda kot osnovnih enot za zanesljivo ugotavljanje stanja površinskih in podzemnih voda in doseganje okoljskih ciljev.

Na podlagi Zakona o vodah Vlada sprejema uredbe o vodovarstvenih območjih.

Tako je npr. za Ljubljansko polje sprejeta Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Ljubljanskega polja (Ur.l. RS, št. 120/2004 s spremembo v Ur.l. RS, št. 7/2006).



(besedilo je dostopno na <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=2004120&stevilka=5005>) (31. 5. 2011). Grafični prikaz je razviden na spletni strani [http://www.uradni-list.si/files/RS\\_-2004-120-05005-OB~P001-0000.PDF](http://www.uradni-list.si/files/RS_-2004-120-05005-OB~P001-0000.PDF).

Pomembno je, da vemo, da so v prostorskih aktih (države, občin, mestnih občin, sosednjih držav, kadar sežejo pasovi v sosednje države) označeni vodovarstveni pasovi, s katerimi omejujemo rabo prostora tako, da ščitimo okolico vodnih virov in objektov, ki služijo preskrbi z vodo, pa tudi področja, od koder bomo v bodočnosti črpali potrebno pitno vodo (predvsem polja, bogata s kakovostno podtalnico).

Vodne vire varujemo pred onesnaženjem (neposredno) z ukrepi varovanja v varstvenih pasovih:

1. **najožje (I.) varstveno območje** je namenjeno izključno objektom za oskrbo s pitno vodo (zajetja, črpalnice, vodohrani, raztežilniki) in je varovano z ograjo;
2. **ožje (II.) varstveno območje** leži neposredno ob najožjem vodovarstvenem pasu zajetij in služi neposredni zaščiti vodnega vira. Meje območja bi morale biti povsod določene na podlagi hidrodinamične analize toka podtalnice. Žal pa so pogosto postavljene administrativno z upoštevanjem različnih interesov, ki so pogosto v neskladju z varovanjem kakovosti podtalnice. V takih primerih so z vidika varovanja vodnega vira zavarovane premajhne površine. Na drugem varstvenem območju je (med drugim):
  - prepovedana uporaba rastlinskih zaščitnih sredstev in gnojil, ki vsebujejo snovi, katerih koncentracija se v podtalnici približuje mejnim vrednostim,
  - prepovedan je izkop gramoza,
  - prepovedan je prevoz nevarnih in škodljivih snovi,
  - prepovedano je odlaganje odpadkov,
  - prepovedana je gradnja magistralnih in regionalnih cest,
  - obvezna je sanacija obstoječih skladišč nafte, naftnih derivatov, nevarnih in škodljivih snovi (tudi ureditev ustrezne kanalizacije),
  - gradnja je zelo omejena;
3. **širše (III.) varstveno območje** označuje blažje varovanje podzemnih vod, zaradi česar je tam prepovedano agresivno kmetovanje.

Če iz analize tveganja za onesnaženje že izvedenih posegov v okolje na vodovarstvenem območju sledi, da vodovarstveni režim v zvezi z novimi posegi v okolje zagotavlja sprejemljivo tveganje za onesnaženje vodnega telesa samo na delu posameznega notranjega območja, je treba tako notranje območje razdeliti na dve ali več manjših podobmočij, na katerih veljajo vodovarstveni režimi različnih zahtevnosti.

### Povzetek

Pod pojmov pitna voda razumemo vodo, ki je namenjena pitju ali pripravi živil. Da ne škodi zdravju, mora biti zdravstveno ustrezna. Zdravstveno ustreznost pitne vode zagotavljamo z monitoringom (notranjim in zunanjim) – spremljanjem. Voda je zdravstveno ustrezna, če niso presežene mejne vrednosti parametrov, podanih v Pravilniku. Preprosto povedano: živih organizmov v pipi ne sme biti, kemijski elementi in spojine pa so v vodi dovoljeni: manj škodljivi v večjih koncentracijah, strupeni, tudi zelo strupeni in škodljivi pa v zelo majhnih.

V Pravilniku so parametri razdeljeni na: mikrobiološke, kemijske, indikatorske in na radioaktivnost. Vzorce vode odvezemamo v skladu z zahtevano pogostostjo odvzema vzorcev na predpisani način, da dobimo relevantne podatke.

Priprava vode pomeni, da vodi izboljšamo parametre, ki niso v skladu s Pravilnikom. Sem štejemo popravo pH, popravo trdote (dekarbonizacijo), popravo vonja in okusa (absorpcijo), prezračevanje vode, razplinjanje vode, stabilizacijo za preprečevanje korozije, pa tudi razkuževanje vode (uničevanje živih organizmov s kloriranjem, ozoniranjem, ali drugačnim razkuževanjem), kar je

najbolj pogost način priprave vode. Če zajemamo zdravstveno ustrezno vodo in ni nevarnosti okužb od zajetja do porabnika, priprava vode ni potrebna.

Dezinficiramo (razkužujemo) s plinskim klorom, boljšim in dražjim klorovim dioksidom, ozoniranjem, ... S primarno dezinfekcijo uničujemo prisotne mikroorganizme, s sekundarno pa zagotavljamo, da se med transportom vode po ceveh ta ne bo okužila. Pred izpustom vode v nov cevovod tega razkužimo (klorni šok).

Vodne vire ščitimo z ustrezno zakonodajo (vodovarstveni pasovi), nadzorom in ustrezno kaznovalno politiko. Varstvenimi pasovi se razlikujejo po stopnji varovanja vodnega vira. Zavedeni so v prostorskih planih lokalnih skupnosti. Omejujejo rabo prostora in pogojujejo zahteve investitorjem glede vrste in načina gradnje.

- Najožji (I.) varstveni pas: namenjen samo preskrbi z vodo. Režim varovanja je strog, območje ograjeno in nadzorovano.
- Ožji (II.) varstveni pas: v bližini objektov za oskrbo z vodo, pa tudi povsod, kjer je možnost onesnaženja pitne vode velika. Raba prostora in gradnja sta močno omejeni.
- Širši (III.) varstveni pas: blažji režim varovanja, predvsem zalog podtalnice.

### **Preverjanje razumevanja**

1. Razložite, kdaj je pitna voda zdravstveno ustrezna.
2. Pojasnite, kaj pomeni izraz mejne vrednosti parametrov.
3. Pojasnite, kje (na katerih mestih) preverjamo kakovost pitne vode.
4. Pojasnite, kaj uvrščamo med mikrobiološke, kemijske in indikatorske parametre.
5. Opišite postopek jemanja vzorca vode.
6. Pojasnite, kaj razumemo pod pojmom »priprava vode«.
7. Razložite, kdaj priprava vode ni potrebna.
8. Pojasnite, kdaj vodo kloriramo in na kakšen način.
9. Razložite, kaj sta primarna in sekundarna dezinfekcija vode. V čem je razlika?
10. Razložite, na kakšen način je zagotovljena zaščita vodnih virov (posredno in neposredno).
11. Naštejte varstvene pasove. Pojasnite, katere površine obsegajo in kakšna je razlika med njihovim varovanjem.
12. \*Razmislite, kakšna je razlika med izrazoma pitna voda in zdravstveno ustrezna voda.
13. \*Naštejte in kratko razčlenite parametre, na podlagi katerih dokazujemo zdravstveno ustreznost pitne vode.
14. \*Opišite in primerjajte notranji in zunanji nadzor pitne vode.
15. \*Klorirna naprava dodaja premalo klora. Kako to vpliva na zdravstveno ustreznost vode?
16. \*Predstavite vpliv kmetovanja na kakovost vodnih virov (podtalnice, izvira).
17. \*Ali je mogoče, da zbolimo zaradi popite vode, čeprav rezultati nadzora vode kažejo, da je voda v javnem vodovodnem sistemu neoporečna?
18. \*\*Premislite, ali je mogoče, da rezultati nadzora kakovosti vode ne kažejo pravega stanja.
19. \*\*Poiščite povezavo med organoleptičnimi lastnostmi (parametri) vode in njihovo zdravstveno ustreznostjo.
20. \*\* Klorirna naprava dodaja preveč klora. Kako to vpliva na zdravstveno ustreznost vode? Kateri produkti pri tem nastanejo?
21. \*\*Pojasnite, kje in kdaj je nujna priprava vode.
22. \*\* V Sloveniji klorirajo vodo predvsem v manjših sistemih. Zakaj je tako?
23. \*\* Gradili boste hišo. Ali je pomembno, če parcela leži v vodovarstvenemu pasu?

## 2 ČIŠČENJE PITNE VODE

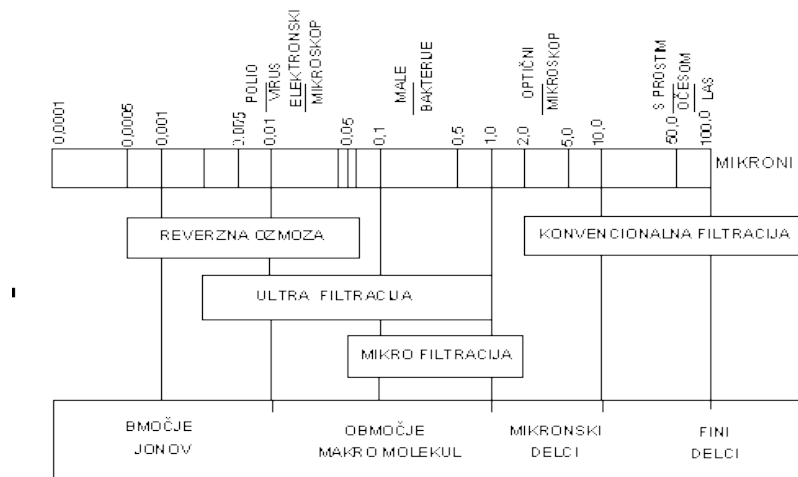
Uvod v poglavje

Pri snovanju novih vodovodov v Sloveniji je zadostovalo reči: »Poiščite dovolj izdaten vir kakovostne pitne vode.« Kaj pa drugod po svetu, tudi v Evropi? Iščejo samo še vodne vire, ki jih morajo nato drago čistiti. Tudi pri nas bomo morali vodo čistiti v vedno številčnejših vodovodnih sistemih, zato je prav, da spoznamo postopke čiščenja, ki pa se z razvojem tehnike hitro razvijajo in spreminjajo.

Čiščenje pitne vode je v zadnjih 50-ih letih, z razvojem znanosti in tehnike in zaradi novih onesnažil, doživelo velik razvoj. Odvisno od velikosti in lastnosti delcev onesnaženja lahko uporabimo različne postopke čiščenja.

Tukaj obravnavamo le postopke konvencionalnega čiščenja pitnih voda z usedanjem (včasih tudi s predhodno koagulacijo) in filtracijo, ki jih uporablja velika večina naprav za pripravo pitne vode v svetu.

S temi postopki je mogoče v Sloveniji, spričo relativno dobrih lastnosti površinskih voda in podtalnice, rešiti večino kakovostnih problemov pitnih voda.



Slika 3. Velikosti delcev onesnaženja v mikronih in območja delovanja čistilnih naprav

Slika 7: Uporaba postopkov čiščenja glede na velikost odstranjenih delcev

Vir: Rismal, M., Zapiski za predmet Vodovod, 2007

Konvencionalno čiščenje pitne vode ločuje v glavnem med fizikalno-kemičnim in med fizikalno-biološkim (biokemičnim) čiščenjem pitne vode. Slika 7 prikazuje območje delovanja konvencionalnega čiščenja in finančno in tehnološko zahtevnejših postopkov mikrofiltracije, ultrafiltracije, nanofiltracije in reverzne ozmoze.

Poudariti moramo, da je pri dobri kakovosti površinskih voda mogoče s konvencionalnim čiščenjem zagotoviti visoko kakovost pitne vode. Velika večina vseh naprav v svetu zato uporablja konvencionalno tehnologijo.

### 2.1 FIZIKALNO-KEMIČNO ČIŠČENJE VODE

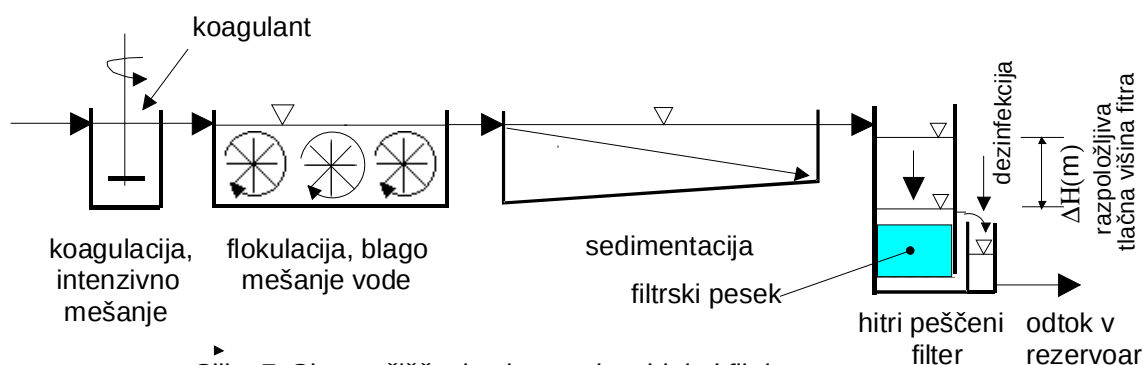
Vodo, ki je onesnažena s suspendiranimi (v vodi lebdečimi) snovmi, čistimo z dvema postopkoma, ki se razlikujeta po številu faz in po času, v katerem vodo očistimo:

- s *hitrimi peščenimi filtri*, kjer si sledijo naslednje faze obdelave vode: koagulacija + flokulacija + sedimentacija + hitri peščeni filtri + dezinfekcija, kar je prikazano na sliki 8,

- s *počasnimi biološkimi filtri*, kjer si sledijo naslednje faze obdelave vode: sedimentacija + počasni biološki filtri + dezinfekcija.

## 1.1 ČISTILNE NAPRAVE S HITRIMI PEŠČENIMI FILTRI

Na sliki 8 vidimo shemo čiščenja pitne vode s hitrimi filtri. Kaj hitro opazimo, da si pri načinu čiščenja sledi kar 5 delovnih faz obdelave vode: koagulacija (medsebojno zlepljanje delcev), flokulacija (združevanje delcev v kosmiče - flokule), sedimentacija (usedanje delcev v usedalnikih), hitri peščeni filtri (prestrzovanje manjših delcev s filtri), dezinfekcija (razkuževanje). Vse naprave, nameščene v vseh fazah obdelave vode, morajo biti zasnovane, narejene in vzdrževane tako, da bomo ves čas obratovanja dosegali zahtevani učinek čiščenja vode.



Slika 7. Shema čiščenja pitne vode s hitrimi filtri

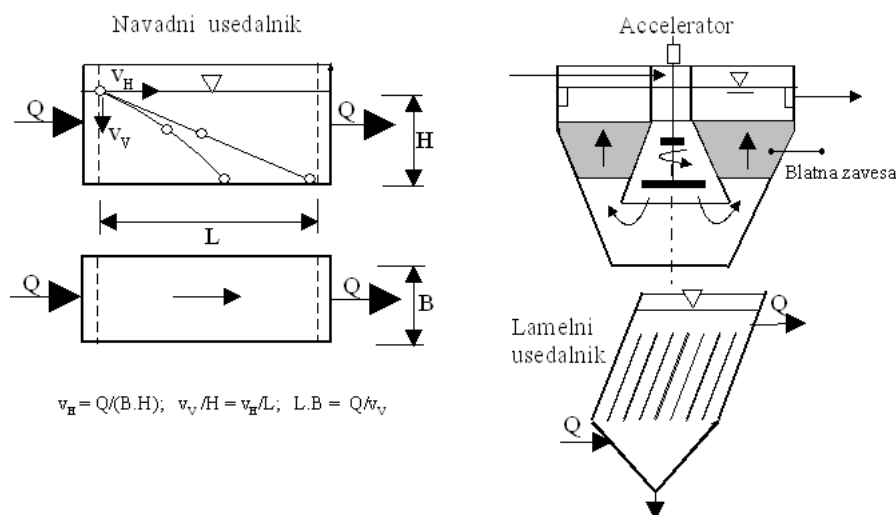
Slika 8: Shema čiščenja pitne vode s hitrimi filtri  
Vir: Rismal, M., Zapiski za predmet Vodovod, 2007

### 2.1.1 Klasični usedalnik, accelerator in lamelni usedalnik

Pitno vodo pogosto onesnažujejo delci, ki plavajo v vodi. Te lahko preprosto in enostavno odstranimo, ko se usedejo na dno. Najpogosteje uporabljamo klasične usedalnike – posebno oblikovane bazene (slika 9). Narejeni so tako, da je prečni prerez usedalnika velik, zaradi česar se hitrost vode v njih močno zmanjša, delci onesnaženja, ki plavajo v vodi, pa potonejo na dno usedalnika. Najmanjša potrebna dolžina usedalnika je izračunana iz pogoja hitrosti usedanja delcev. Usedanje delcev lahko pospešimo: vodi vmešavamo koagulant (sredstvo, ki povzroči zlepljenje delcev (koaguliranje), nato mešamo počasi in previdno, da se delci sprimejo v kosmiče (flokule), kar imenujemo flokulacija. Šele nato vodo, v kateri so delci zlepljeni v povečane kosmiče, vodimo v usedalnike, kjer se flokule hitro usedejo. Zaradi hitrejšega usedanja velikih flokul so lahko dimenzije usedalnikov manjše, tudi onesnaženje je manjše kot pri usedanju brez predhodne koagulacije. Dodajamo različne koagulate; največ uporabljamo aluminijev sulfat in železov klorid.

Za čiščenje pitne vode uporabljamo klasične usedalnike, pa tudi sodobnejše acceleratorje in lamelne usedalnike.

Acceleratorji (slika 9) so vertikalni usedalniki, pri katerih se vršijo koagulacija, flokulacija in sedimentacija v istem objektu. Blatna zavesa, ki se ustvari pri toku vode navzgor, pospešuje združevanje in s tem hitrejšo usedanje delcev onesnaženja. Istočasno pa se voda filtrira preko lastne blatne zavesa. Zadrževalni časi vode v usedalnikih s koagulacijo in flokulacijo pri acceleratorjih ne presegajo 1 ure, pri horizontalnih usedalnikih, pa je zadrževalni čas vsaj 2,5 ure.



Slika 9: Shema čiščenja pitne vode z naravnim in lamelnim usedalnikom ter acceleratorjem  
Vir: Rismal, M., Zapiski za predmet Vodovod, 2007

### 2.1.2 Hitri peščeni filtri

Manjši delci se v usedalnikih ne usedejo in z vodo potujejo dalje. Zato moramo za usedalniki namestiti filtre, ki jih bodo prestregli in zadržali. Za čiščenje površinskih voda običajno vgrajujemo hitre peščene filtre. Pogoj za njihovo kakovostno delovanje je dosledna uporaba koagulantov in tvorba flokul, sicer grobejša zrnavost filtra ne more zadržati finejših frakcij suspendiranih snovi.

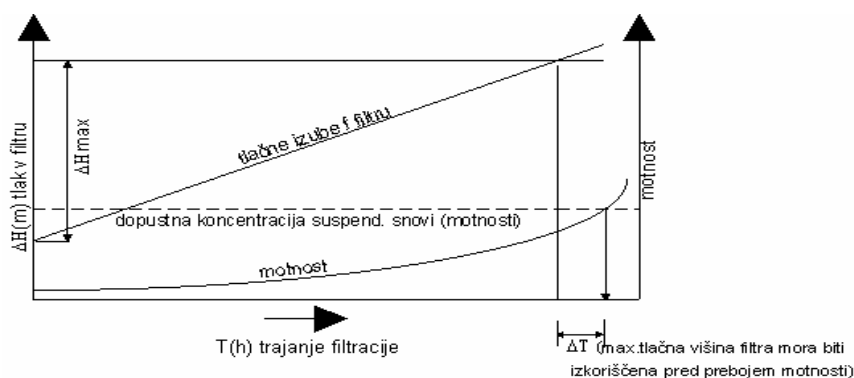
Hitrosti pretakanja skozi hitre filtre se običajno gibljejo v mejah med 4 m/h do 8 m/h in več (preko 12m/h zaradi bistveno večje hitrosti filtracije in večje zrnatosti hitrih filtrov 0,5mm do 2,0mm), zato ta proces imenujemo globinska filtracija. Tolikšno hitrost pretakanja lahko dosežemo samo, če je

koeficient neenakomernosti filternih zrn  $\frac{d_{10\%}}{d_{60\%}}$  med 1,3 in 1,5.

Zaradi varnosti delovanja mora biti maksimalna tlačna višina filtra  $\Delta H_{max}$  izkoriščena, preden (za  $\Delta t$ ) pride do »prebijanja« filtra (slika 10). Za izpolnitev navedenih pogojev mora biti zagotovljena pravilno razmerje med:

- premerom filternih zrn,
- debelino filtrnega sloja in
- hitrostjo filtracije.

Na sliki 10 so prikazani pogoji za kvalitetno delovanje – čiščenje hitrih filtrov:

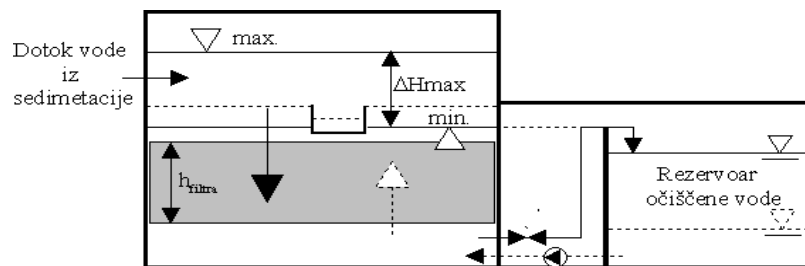


Slika 8. Tlačne izube v filtru morajo nastopiti pred prebojem motnosti

## Slika 10: Tlačne izgube v filtru morajo nastopiti pred prebojem motnosti

Vir: Rismal, M., Zapiski za predmet Vodovod, 2007

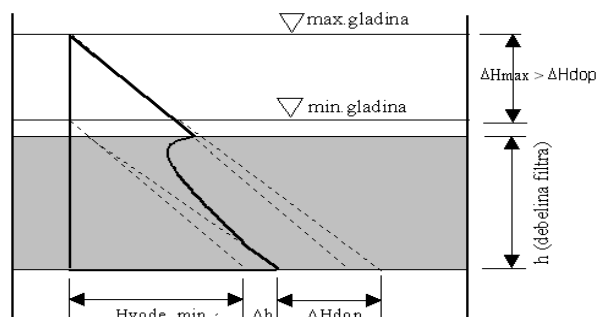
Pri filtraciji vode skozi filter se v filtru nabira zadržana nesnaga, ki povečuje upore filtra proti pretoku vode skozi filter (slika 11). Za premagovanje teh uporov se vodna gladina v filtrski posodi med filtracijo postopoma dviga – od najnižje globine vode  $H_{min}$  do najvišje  $H_{max}$ . Višina filtrske posode nad filtrom, debelina in zrnatost filtrskega peska morajo biti izbrani tako, da gladina vode doseže zgornji rob posode pred »prebojem« nesnage. Z drugimi besedami: razpoložljiva tlačna višina vodnega stebra nad filtrom se mora izrabiti pred »prebojem« nesnage skozi filter (slika 12).



Shema delovanja hitrega filtra (filtriranje in pranje filtra)

## Slika 11: Shema delovanja hitrega filtra (filtriranje in pranje filtra)

Vir: Rismal, M., Zapiski za predmet Vodovod, 2007



Prikaz poteka hidravličnih izgub v filtru pred pranjem filtra (pred »prebijanjem« nesnage skozi filter)

## Slika 12: Prikaz poteka hidravličnih izgub v filtru pred pranjem filtra (pred prebitjem)

Vir: Rismal, M., Zapiski za predmet Vodovod, 2007

## Slika 13: Orientacijski pregled potrebnih postopkov za odstranjevanje suspendiranih snovi

Vir: Rismal, M., Zapiski za predmet Vodovod, 2007

Zgornje tri slike (slike 11–13) prikazujejo delovanje hitrega filtra v fazi filtracije, ko je dopustna tlačna višina  $\Delta H_{dop} < \Delta H_{max}$  izkoriščena. Če z nadaljevanjem filtriranja nadaljujemo, pride do »prebijanja« nesnage skozi filter.

Na sliki 13 pa so podana območja uporabe posameznih postopkov čiščenja pitne vode v odvisnosti od količine in dimenzij suspendiranih snovi v surovi vodi.

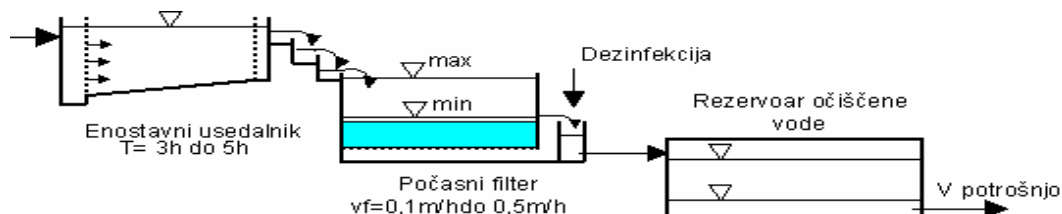
Nekaj drugih pogojev za kvalitetno delovanje hitrih filtrov:

Pogoj za kakovostno delovanje filtrov je izbira optimalnih koagulantov in intenzivno premešanje z vodo. S tem se zagotovi električna nevtralizacija suspendiranih delcev, ki je pogoj za uspešno kosmičenje – flokulacijo.

Potrebna intenziteta mešanja vode se presoja po vnosu »inputu« moči  $W$  v reaktorje za koagulacijo in flokulacijo oziroma s »strižno« hitrostjo vode  $G$ .

## 2.2 ČISTILNE NAPRAVE S POČASNIMI – BIOLOŠKIMI FILTRI

Že v poglavju 2.1 smo zapisali, da v čistilnih napravah s počasnimi biološkimi filtri vodo očistimo v samo treh korakih, kjer so zaporedno nameščeni enostavni usedalnik (slika 14), v katerem se usedejo (sedimentirajo) večji delci, biološki filtri, ki prestrežejo manjše delce, na koncu pa vodo še razkužijo (dezinficirajo).



Slika 4. Shema čiščenja s počasnim filtrom,

Slika 14: Shema čiščenja s počasnim filtrom

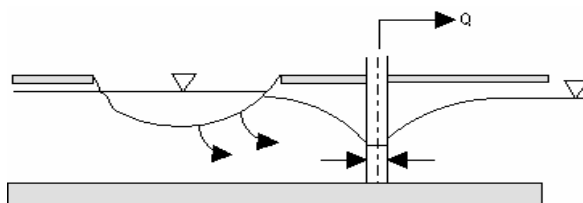
Vir: Rismal, M., Zapiski za predmet Vodovod, 2007

Takšne naprave sestavljajo enostavni usedalniki z nizko površinsko hidravlično obremenitvijo in s 3- do 5-urnim zadrževanjem vode, vendar brez predhodne koagulacije in flokulacije kot pri hitrih filterjih, ki bi onemogočili delovanje biološkega filtra.

Za sedimentacijo sledijo počasni (biološki) filtri. Ti se razlikujejo od hitrih po tem, da to, kar opravijo pri hitrih peščenih filterjih kemikalije (koagulantni), opravijo pri bioloških filterjih mikroorganizmi, ki se namestijo v tanki sluzasti plasti na površini počasnega (biološkega) filtra. Mikroorganizmi opravijo pretežni del organskega in bakteriološkega čiščenja v tanki krovni plasti filtra, saj so izjemno aktivni. Mikroorganizmi se razmnožujejo, zato se krovna plast filtra debeli, zaradi česar se povečujejo upori filtra, zmanjšuje pa se pretok. Ko je motnja prehuda, moramo krovno plast filtra očistiti. Odvisno od onesnaženosti vode jo čistimo dvakrat do desetkrat na leto. Če bi povzročili koaguliranje in kosmičenje delcev, bi v krovni biološki plasti in v finih porah filtra upori prehitro narasli, prišlo bi do prehitre zamašitve filtra, saj bi kosmi onesnaženja pore v filtru prehitro zamašili. Prepovedana je tudi predhodna dezinfekcija vode, saj bi s tem uničili za čiščenje odločilno biološko zarast na površini filtra.

Počasni biološki filtri omogočajo kakovostno čiščenje suspendiranih snovi in bakteriološkega onesnaženja. Pri tem pokrivajo širok spekter drugih onesnažil organskega izvora. Prednost počasnih filtrov pred ostalimi postopki čiščenja je v enostavnem postopku in samodejni eliminaciji (odstranjevanju, čiščenju) širokega spektra organskih onesnaženj. Pomanjkljivost bioloških filtrov v primerjavi s tehnološko bolj zahtevnimi postopki je v tem, da počasni filtri potrebujejo do 50 in večkrat večje površine in več delovne sile kot hitri filtri.

V praksi se večkrat pri črpanju obrežnega rečnega filtrata (slika 15) podzavestno uporablja opisani »biološki« način čiščenja površinske vode v pitno vodo. Na dnu in ob brežinah rečnega korita nastane bolj ali manj debela plast finejših usedlin, ki jo v tanki plasti prekrijejo mikroorganizmi. Pri črpanju obrežnega rečnega filtrata gre torej za podobnost s počasnimi biološkimi filtri. Ob tem pa hitri vodni tok samodejno izpira dno in brežine reke. Paziti pa moramo, da ni črpanje obrežnega filtrata preveč intenzivno, saj lahko pri tem pride tudi do delne zamašitve dna in brežine reke, to pomeni manjše propustnosti rečnega korita in s tem do manjše izdatnosti obrežnih vodnjakov.



Slika 5. Inducirana (naravna) infiltracija.

Slika 15: Inducirana (naravna) infiltracija

Vir: Rismal, M., Zapiski za predmet Vodovod, 2007

Črpanje obrežnega filtrata ima več pomembnih prednosti pred drugimi načini zajemanja površinskih voda za pitno vodo, zato v svetu površinske vode pogosto zajemajo na ta način.

V Sloveniji je večkrat uporabljena inducirana infiltracija (umetno bogatenje podtalnice), kjer potekajo biokemični in fizikalni procesi čiščenja podobno kot pri počasnih filtrih. Inducirana infiltracija je torej umetno povzročen proces bogatenja podtalnice z rečno vodo, ki se pri pretakanju skozi plasti peska očisti. Ta proces pogosto napačno poimenujejo "naravna infiltracija".

### 2.3 UMETNO BOGATENJE PODTALNICE – PREDNOSTI IN POMANJKLJIVOSTI POVRŠINSKIH VODA PRED PODTALNICO GLEDE KOLIČINE PITNE VODE IN VARNOSTI PRED ONESNAŽEVANJEM

Površinske vode, kot so reke in potoki, res niso zaščitene pred onesnaževanjem s krovno zemljinjo. Ugodno pa je, da v rekah odteče onesnaženje mimo vodnega zajetja mnogo hitreje kot pri podtalnici. Tudi vzroke in vire onesnaženja je mogoče pri rekah lažje ugotoviti in hitreje odpraviti. Pri preskrbi s pitno vodo iz površinskih voda moramo računati tudi na možno onesnaženje, ki za nekaj časa prepreči uporabo vode. Zato moramo z ustrezno velikimi vodnimi rezervoarji ali z rezervnimi vodnimi viri zagotoviti začasni nadomestni vodni vir.

Pretakanje podtalnice je drugačno kot pri rekah; hitrost pretakanja podtalnice je majhna, pa tudi pretok je majhen. Pri podtalnici so zaradi počasnega toka posledice onesnaženj dolgotrajne. Ker so pretoki večinoma mnogo manjši kot v rekah, je tudi koncentracija onesnaženja pri podtalnicah mnogo večja. To dokazujejo onesnaženja podtalnic s pesticidi, nitrati, težkimi kovinami, trihalometani itd.

V preteklosti, ko so prevladovali biološko razgradljivi polutanti (onesnaževalci), ki jih je naravna sposobnost vodonosnikov lahko razgradila, je bila podtalnica najboljši in najbolj varen vir pitne vode. S »kemizacijo« okolja, kjer prevladujejo biološko nerazgradljivi polutanti, pa je podtalnica v določeni meri (odvisno od lokalnih pogojev) te prednosti marsikje že izgubila.

Največja pomanjkljivost površinske vode v primerjavi s podtalnico je predvsem, da za pitno vodo ni primerna brez čiščenja. Vendar je mogoče, kot dokazujejo izkušnje, z uporabo rečnega filtrata, in če je potrebno, z umetnim bogatenjem (slika 16), to pomanjkljivost dokaj enostavno odpraviti. Ugodno je, da je mogoče z umetnim bogatenjem zagotoviti kakovostno, pitno podtalnico v zadostni količini na relativno majhnih površinah, zaradi česar ne potrebujemo razsežnih zaščitnih pasov. Namesto zaščite podtalnice z vodovarstvenimi pasovi pri klasičnem izkoriščanju podtalnice se težišče zaš

ite premakne na skrb za kakovost površinskih voda. Če želimo vrniti rekam prvotno kakovost in splošno uporabnost (kopanje, ribištvo, vodni športi itd.), moramo očiščene odpadne vode pred izpustom v recipient (odvodnik: reka, potok, ...) tudi dezinficirati, saj zgolj z biološko-kemičnim čiščenjem odpadnih vod zaš

ita voda v kakovostnem pogledu še ni zaključena.



CH  
<sup>2</sup>  
 O + O  
<sup>2</sup>  
 = CO  
<sup>2</sup>  
 + H  
<sup>2</sup>  
 O  
 CH  
<sup>2</sup>  
 O  
 +O  
<sup>2</sup>  
 =  
 CO<sub>2</sub>  
 + H  
<sup>2</sup>  
 O

Mikrobiološko aktivne plasti  
 Krovna plast peščene ilovice  
 Surovarečnavoda  
 Očiščena pitna voda

Obrežna filtracija in umetno bogatenje podtalnice:  
 Napajanje podtalnice s padavinami:

Slika 16: Shema obrežne infiltracije in umetnega bogatenja podtalnice  
 Vir: Rismal, M., Zapiski za predmet Vodovod, 2007

Umetno bogatenje omogoča poleg samega čiščenja vode še naslednje funkcije:

1. popolno ali najvišjo možno (glede na hidrogeološke lastnosti vodonosnika) stopnjo kakovostne in količinske kontrole dotoka, (»inputa«) in iztoka črpane vode (»outputa«), v varnostni pas vodovodnega črpališča;
2. zmanjšanje sicer potrebnih površin varnostnih pasov(odvisno od hidrogeoloških in prostorskih pogojev);
3. v primerjavi s čiščenjem površinskih voda omogoča koristno izravnavo temperaturnih nihanj pitne vode tekom leta;
4. za primer onesnaženja reke omogoča, odvisno od hidrogeoloških pogojev, izkoriščanje vodonosnika za rezervoar pitne vode;
5. čiščenje vode.

#### 2.4 IZKUŠNJE OBREŽNE FILTRACIJE IN UMETNEGA BOGATENJA PODTALNICE V SLOVENIJI

V Sloveniji se uporablja obrežni filtrat za pitno vodo, bolj ali manj podzavestno, že od samih začetkov urejene preskrbe s pitno vodo. Tako se 50 % podtalnice, ki jo črpa Ljubljanski vodovod, napaja iz Save.

V Sloveniji so začeli bolj intenzivno in načrtno izkoriščati obrežni filtrat pred približno 40 leti. Danes ga uporabljajo na glavnem črpališču mariborskega vodovoda na Vrbanskem platoju (600 l/s) – glejte shemo na sliki 3, na črpališču Jarški brod (cca. 200 l/s) ljubljanskega vodovoda, za vodovode Ormož, Murska Sobota in G. Radgona (cca 100 l/s) in za Kamniško-Domžalski vodovod (cca. 150 l/s). Za vse te vodovode je pomembna ohranitev in izboljšanje sedanje kakovosti rek, ki črpajo podtalnico napajajo.

350 m

1000 m

končna  
rešitev  
1960

od 1980  
od 1980  
od 1960  
100

raven Drave in

podtalnice  
**mesto Maribor**

**mesto Maribor**  
Majhna prepustnost tal  
raven Drave

raven.  
Drave  
Mariborskiotok

Slika 17: Shema obstoječe (600 l/s) in končne uporabe rečnega filtrata (1.000 l/s) za bogatenje in za aktivno zaščito podtalnice na črpališču Vrbanski plato v Mariboru  
Vir: Rismal, M., Zapiski za predmet Vodovod, 2007

## 2.5 ČIŠČENJE PODTALNIC

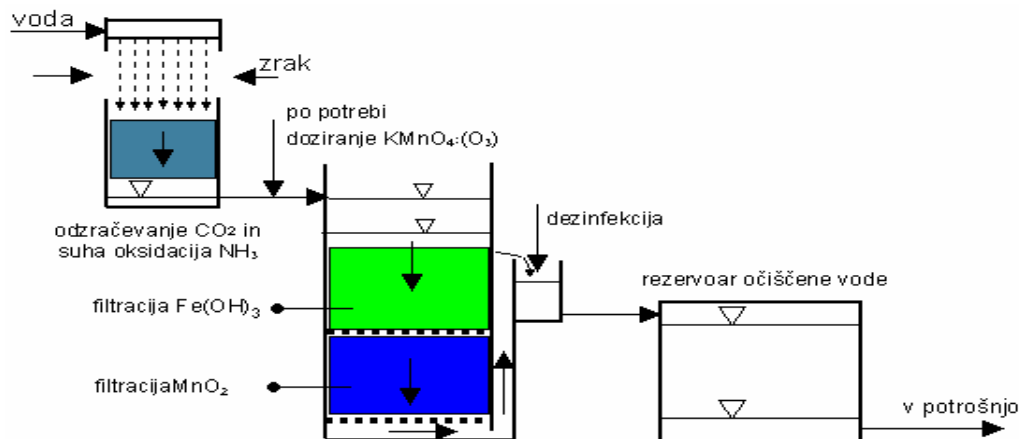
Slovenija glede onesnaževanja podtalnice, ki jo pijemo, ni izjema. V Pomurju, deloma v Savinjski dolini in v Podravju opažamo vse vrste naravnega "umetnega" onesnaženja podtalnice. Podtalnice lahko (v določenih hidrogeoloških pogojih) med drugimi polutanti vsebujejo:

- mangan,
- železo,
- arzen,
- amonij ( $\text{NH}_4$ , v podtalnicah se pojavlja kot kation  $\text{NH}_4^+$ ) z agresivno ogljikovo kislino  $\text{H}_2\text{CO}_3$  (ki je nastala pri raztapljanju v vodi prisotnega ogljikovega dioksida  $\text{CO}_2$ ),
- nitrate ( $\text{NO}_3$ ).

Način odstranjevanja prekomernih količin onesnaževal je seveda odvisen od tega, s čim je določena podtalnica onesnažena:

- onesnaženje z  $\text{NH}_4^+$  odstranjujemo s prezračevanjem vode v postopku »suhe« filtracije, nato sledi še dezinfekcija;
- onesnaženje z nitrati  $\text{NO}_3$  (običajno z ionskimi  $\text{NO}_3$ ) odstranjujemo z biokemično denitrifikacijo, ionskimi izmenjevalci, pri manjših prekoračitvah mejnih vrednosti tudi z redčenjem onesnažene vode;
- onesnaženje z manganom odstranjujemo z oksidacijo mangana z  $\text{O}_2$  ali z močnejšimi oksidanti  $\text{O}_3$  ali  $\text{KMnO}_4$  ter z naknadno sedimentacijo in hitro filtracijo + dezinfekcijo;
- onesnaženje z železom odstranjujemo, enako kot pri odstranjevanju mangana, z oksidacijo železa z  $\text{O}_2$  ali z močnejšimi oksidanti  $\text{O}_3$  ali  $\text{KMnO}_4$  ter z naknadno sedimentacijo in s filtracijo + dezinfekcijo (razkuževanjem) vode s kloriranjem ali kako drugače. Ob tem vidimo, da lahko mangan in železo odstranjujemo istočasno.
- Pogosta so kombinirana onesnaženja. Onesnaženje z železom, manganom in amonijem (z običajno prisotnim ogljikovim dioksidom  $\text{CO}_2$ ) odstranjujemo s postopkom, ki je prikazan na sliki 18. Po vrsti si sledijo: odzračevanje  $\text{CO}_2$  (da se ne tvori ogljikova kislina) in suha

oksidacija  $\text{NH}_3$ , odstranjevanje železa in mangana z dovajanjem  $\text{O}_3$  ali dodajanjem  $\text{KMnO}_4$  ter seveda filtracijo železa in/ali mangana. Postopek je zaključen z dezinfekcijo (razkuževanjem) vode.



Slika 11. Shema eliminacije  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{Fe}_2$  in  $\text{Mn}_2$

Slika18: Shema eliminacije  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{Fe}_2$  in  $\text{Mn}_2$

Vir: Rismal, M., Zapiski za predmet Vodovod, 2007

Podtalnice so v večji ali manjši meri »umetno« onesnažene z nitrati, pesticidi, organskimi topili, derivati nafte in težkimi kovinami, kar je posledica proizvodnje in uporabe novih kemičnih spojin. Postopki njihovega čiščenja iz pitne vode so večinoma tehnološko in finančno zahtevnejši. Odstranjujemo:

- vonj in okus iz pitne vode z aktivnim ogljem, ozonom, prepihanjem;
- hlapne organske snovi, organska topila in podobno s prepihanjem (s scrubberji), s filtracijo z aktivnim ogljem;
- pesticide z aktivnim ogljem, ozoniranjem;
- težke kovine z obarjanjem, ionskimi izmenjevalci;
- kalcijev karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) z mehčalci vode.

## 2.6 UPORABA AKTIVNEGA OGLJA

Aktivno oglje je zelo porozen čist ogljik z veliko specifično površino, ki se zaradi te lastnosti uporablja kot izvrsten adsorbent (veže nase plinaste in raztopljene snovi), ki ga pridobivajo z ogletnivijo lesa, šote, premoga ipd. Pri čiščenju pitne vode uporabljamo filtre iz zrnatega aktivnega oglja, lahko pa tudi oglje v prahu. V preteklosti so uporabljali aktivno oglje za izboljšane okusa in odstranjevanje vonja iz pitne vode, danes ima poseben pomen pri odstranjevanju pesticidov, trihalometanov in drugih nepolarnih onesnaženj.

## 2.7 TEHNOLOŠKO ZAHTEVNEJŠI IN DRAŽJI POSTOPKI

Z večanjem porabe pitne vode, s spreminjanjem klime, z večanjem števila porabnikov, z onesnaževanjem zalog pitne vode se bodo v svetu, pa tudi pri nas, zmanjšale zaloge kakovostne pitne vode. Vedno večje količine pitne vode bodo zato nastajale v proizvodnih obratih s tehnološko dražjimi in zahtevnejšimi postopki, kot so:

- mikro in ultra membranska filtracija: uporabljamo jo za odstranjevanje majhnih delcev –tudi manjših od mikrona ( $1\mu$ );
- biokemična denitrifikacija: uporabljamo jo za odstranjevanje nitratov;
- ionski izmenjevalci: uporabljamo jih za odstranjevanje nitratov, mehčanje vode, desalinizacijo (razsoljevanje – odstranjevanje soli, predvsem iz morske vode);
- elektrodializa (desalinizacija);
- reverzna ozmoza (desalinizacija)
- vakuumsko izhlapevanje vode (razne oblike onesnaženj z visoko koncentracijo).

## Povzetek

Postopek čiščenja pitne vode izberemo odvisno od velikosti in lastnosti delcev onesnaženja. Za manj onesnažene vode (pri nas) zadoščajo postopki konvencionalnega čiščenja pitnih voda (s koagulacijo), usedanjem in filtracijo ter niso potrebni finančno in tehnološko zahtevnejši postopki mikrofiltracije, ultra filtracije, nano filtracije in reverzne ozmoze.

Vodo, ki je onesnažena s suspendiranimi (drobno razporejenimi v raztopini) snovmi, čistimo s fizikalno-kemičnim čiščenjem. Pogosto uporabljamo koagulacijo + flokulacijo + sedimentacijo + hitri peščeni filter + dezinfekcijo. V prvem koraku dodamo koagulant (snov, ki lepi in združuje delce onesnaženja) – pogosto aluminijev sulfat ali železov klorid, z mešanjem se nato tvorijo flokule (kosmiči onesnaženja in koagulanta), ki se v naslednjem bazenu usedejo (sedimentirajo). Za čiščenje pitne vode uporabljamo klasične usedalnike, acceleratorje (v njih se vrši koagulacija, flokulacija in sedimentacija v istem objektu) in lamelne usedalnike. Nato vodimo vodo v hitri peščeni filter (hitrost pretakanja vode nad 12 m/uro), ki je napolnjen s peskom, kamor se nabira nesnaga. Po dezinfekciji (klor, ...) voda odteče v rezervoar.

Vodo, ki je onesnažena s suspendiranimi snovmi, čistimo tudi v čistilnih napravah s počasnimi biološkimi filtri. Postopek je trifazen: sedimentacija + počasni biološki filtri + dezinfekcija. V enostavnih usedalnikih (brez predhodne koagulacije in flokulacije!) poteka sedimentacija, v tanki sluzasti plasti na površini počasnega (biološkega) filtra pa organsko in biološko čiščenje, nato sledi dezinfekcija.

Površinske vode (reke, potoki) so praviloma bolj onesnažene od podtalnice, toda v podtalnici, kjer se vode precejajo počasi, onesnaženje vztraja dlje časa in ga je težko odpraviti. Zato vedno več uporabljajo umetno bogatenje podtalnice (tudi v Mariboru), kjer rečno vodo kontrolirano ponikajo v primerni oddaljenosti od vodnjakov, kjer se v obrežnem filtratu očisti. Umetno bogatenje ima še dodatne prednosti: kontrolo vode, izravnavo temperaturnih nihanj pitne vode, čiščenje vode, omogoča zalogo vode in zmanjšanje vodovarstvenih pasov.

Čiščenje podtalnice je vedno bolj zahtevno, saj je vedno bolj onesnažena z biološko nerazgradljivimi polutanti (onesnaževalci), zaradi česar uporabljamo več različnih postopkov čiščenja, kar je odvisno od tega, kaj želimo odstraniti. Pogosto uporabljamo aktivno oglje (za izboljšane okusa in odstranjevanje vonja iz pitne vode), pa tudi za odstranjevanje pesticidov, trihalometanov in drugih nepolarnih onesnaženj. Vedno več tudi uporabljamo dražje in tehnološko zahtevnejše postopke: mikro in ultra membransko filtracijo, biokemično denitrifikacijo, vakuumsko izhlapevanje vode, jonske izmenjevalce, za desalinizacijo (razsoljevanje) pa ionske izmenjevalce, elektrodializo, reverzno ozmozo.

## Preverjanje razumevanja

1. Pojasnite, od česa je odvisna izbira postopka čiščenja vode.
2. Katere postopke čiščenja uvrščamo k konvencionalnim?
3. Pojasnite izraze koagulacija, flokulacija, sedimentacija in dezinfekcija.
4. Pojasnite, kaj napaja podtalnico.
5. Pojasnite, kaj je naravno bogatenje podtalnice. Narišite skico.

6. Predstavite umetno bogatenje podtalnice. Narišite skico.
7. Pojasnite, kaj je desalinacija in kje v svetu jo uporabljajo.
8. \*Pojasnite, kako pri čiščenju pitne vode odstranimo lebdeče delce? (Opišite postopke sedimentacije).
9. \*S skico predstavite in opišite čiščenje pitne vode s hitrimi filtri.
10. \*Narišite shemo čiščenja vode s počasnim biološkim filtrom.
11. \*Pojasnite, kako delujejo počasni (biološki) filtri.
12. \*Pojasnite povezavo med koagulacijo in flokulacijo.
13. \*Opišite razlike v kakovosti površinskih voda in podtalnice.
14. Predstavite uporabo aktivnega oglja pri čiščenju pitne vode.
15. \*\*Razložite razlike v onesnaženju in spreminjanju onesnaženja površinskih voda ter podtalnice.
16. \*\*Pojasnite razliko sedimentiranja pri uporabi hitrega peščenega filtra in počasnega biološkega filtra.
17. \*\*Poskušajte ugotoviti razlike (delovanje, trajanje, tehnološka zahtevnost) med različnimi vrstami usedalnikov.
18. \*\*Iz slike 3 ugotovite, kaj in kako vpliva na izbiro postopka desalinacije.

### 3 IZRAČUN PORABE VODE

#### Uvod v poglavje

Vsak mesec prejmemo račun za porabljeno vodo (slika 19). Ob tem pogosto tarnamo, kako je draga. Pri tem pa ne pomislimo, da je skupni znesek računa odvisen od porabe. Iz računa na sliki 19 je razvidno, da je upoštevana povprečna dnevna poraba (glejte račun)  $0,334 \text{ m}^3$  na dan. V tej hiši stanujeta dva, kar pomeni, da dnevno porabita 167 l vode na osebo. Podobno količino vode dnevno porabijo tudi drugi. Zakaj je ta podatek pomemben? Upravljavlec vodovoda mora uporabnikom na pipah vedno zagotoviti dovolj vode pod predpisanim tlakom, kar lahko zagotavlja samo, če je projektant vodovodnega sistema pravilno izbral dimenzije cevi in drugih elementov. Projektant je pri dimenzioniranju cevi in drugih elementov upošteval, kdo vse porablja vodo (prebivalci, živina, obrt, industrija, ...) in koliko jo pri tem porabi. Upošteval je tudi rast prebivalstva, potrebno vodo za gašenje požarov, izgubo vode (počene cevi, ...), pa tudi povečanje porabe ob dnevnih in letnih konicah.

VODOVOD KANALIZACIJA			Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija d.o.o. Vodovodna cesta 90 1000 Ljubljana tel.: 01 580 81 00			Račun, št.: 10706191 Ljubljana, 30.11.2010 Obračunsko obdobje: od 01.11.2010 do 30.11.2010 Zapadlost: 15.12.2010 Transakcijska računa: 03100-1001701834 06000-0000112043 Identifikacijska številka: S164520463			
Naslovnik: SLOKAN IZTOK ULICA ZORE RAGANCINOVE 11 1000 LJUBLJANA			Plaćnik: SLOKAN IZTOK ULICA ZORE RAGANCINOVE 11 1000 LJUBLJANA			Podatki uporabnika: Št.odjemnega mesta: 20904/105502 Šifra plačnika: 0020012563 Vodomer: DN20-31712244  Povpr.dnevna poraba: 0,334 Delitev: 100% Sklic: 0001070619124			
Uporabnik: SLOKAN IZTOK ULICA ZORE RAGANCINOVE 11 1000 LJUBLJANA									
Datum	Odčitek	m <sup>3</sup>	Zap. št.	Vrsta blaga oziroma storitve	Količina m <sup>3</sup>	Cena na dan 01.11.09	Količina m <sup>3</sup>	Cena na dan	Vrednost
ŽE FAKTURIRANO		-67	1	VODNO POVRAČILO	10	0,0855			0,86
12.04.10	710		26	OKOLJSKA DAJATEV	10	0,0528			0,53
12.04.10	1834		27	ODVAJANJE ODP.VODA	10	0,2450			2,45
AKONTACIJA		77	29	ČIŠČENJE ODP.VODA	10	0,5250			5,25
SKUPAJ		10	45	ŠTEVČNINA	100%	1,6000			1,60
			46	VZDRŽEVALNINA	100%	4,3000			4,30
			62	OMREŽNINA	100%	7,5600			7,56
			65	VODARINA NORMIRANA PORABA	10	0,4574			4,57
OSNOVA ZA DDV 8,5%									26,59
DDV 8,5%									2,26
OSNOVA NEOBDAVČENO									0,53
ZA PLAČILO EUR									29,38
Okoljska dajatev za komunalno odpadno vodo je zaračunana v imenu in za račun občine in ni predmet DDV (6 odst. 36. člena ZDDV-1)									

Slika 19: Primer računa za porabljeno vodo

Vir: Lasten

#### Izračun projektantskih količin predvidene porabe vode

Za projektiranje elementov vodovoda (cevi vseh cevovodov, zajetja, črpalk, črpalnice, vodohrana, ...) potrebujemo osnovni podatek **porabo vode** za območje, na katerem bomo vodovod zgradili. Pri tem upoštevamo:

- obstoječe število in vrsto porabnikov** (dobimo pri investitorju: prebivalcev, domačih živali, zaposlenih, tovarn, obrtnih delavnic, ...) – odvisno od velikosti kraja in vrste dejavnosti;
- porast prebivalstva in s tem porast porabe vode** (za 30 let, če je predviden porast prebivalstva. Koeficient naraščanje prebivalstva  $k_1$  (in s tem tudi porabe vode ob koncu

načrtovane dobe) običajno upoštevamo na podlagi letnega naraščanja prebivalstva  $p$  in načrtovane dobe  $n$  po enačbah za geometrijsko ali aritmetično zaporedje:

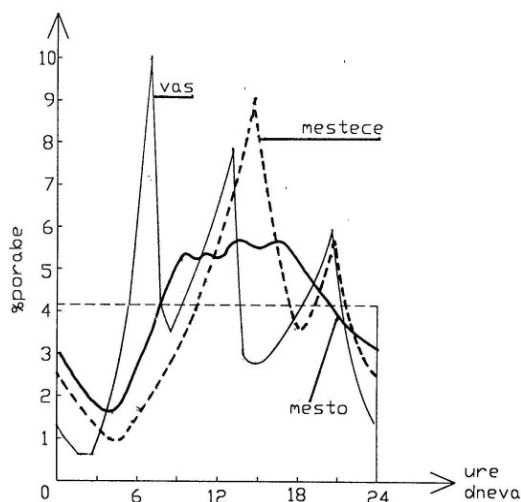
- **geometrijsko zaporedje:**  $k_1 = \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n$ . Če zapišemo kot povprečno dnevno porabo vode čez 30 let (pri letnem naraščanju porabe za 1,3 %) glede na povprečno sedanjo dnevno porabo 1000 m<sup>3</sup>, bomo porabili:

$$Q_{\text{srd}_n} = Q_{\text{srd}_0} \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n = 1000 \left(1 + \frac{1,3}{100}\right)^{30} = 1473 \text{ m}^3/\text{dan}.$$

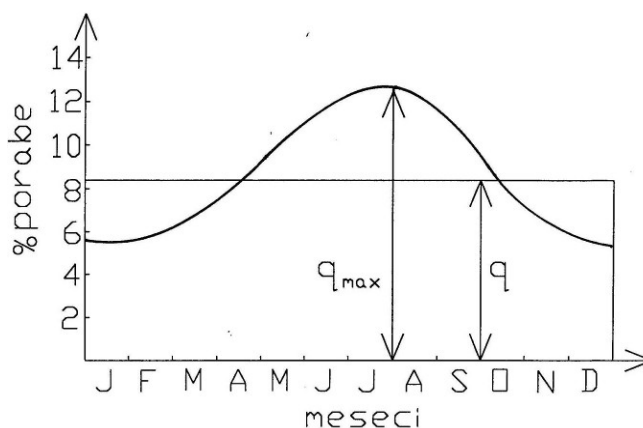
- **aritmetično zaporedje:**  $k_1 = \left(1 + \frac{p \times n}{100}\right)$ . Če zapišemo kot povprečno dnevno porabo vode čez 30 let (pri letnem naraščanju porabe za 1,3 %) glede na povprečno sedanjo dnevno porabo 1000 m<sup>3</sup>, bomo porabili:

$$Q_{\text{srd}_n} = Q_{\text{srd}_0} \left(1 + \frac{p \times n}{100}\right) = 1000 \left(1 + \frac{1,3 \times 30}{100}\right) = 1390 \text{ m}^3/\text{dan}.$$

- Obe metodi (izračun po geometrijskem ali geometričnem zaporedju) sta nezanesljivi, saj se poraba vode gotovo ne more neprestano večati, ker se voda draži in bodo ljudje z njo primorani varčevati. Tudi vsak kraj ima omejene možnosti razvoja, saj so površine, namenjene pozidavi, omejene. Tudi trendi gospodarske rasti so omejeni. Pričakujemo lahko, da se v vsakem kraju naraščanje prebivalstva umiri, ali v celoti ustavi.
  - Bodočo porabo vode (naraščanje porabe lahko določimo tudi s pomočjo statističnih vrednotenj ali ekstrapolacijo).
  - Dobljeni rezultati so lahko zelo netočni, saj na povečanje prebivalstva (poleg običajnega naraščanja prebivalstva) vpliva še kup dejavnikov: bližina regionalnih središč, razvoj kraja in industrije, izgradnja prometnic in bližina priključkov na avtocesto, vse do cene goriva, državne politike cestninjenja in celo gospodarskih kriz.
  - Za bodoče industrijske ali obrtne cone, kjer dejavnost še ni znana, lahko predpostavimo porabo vode ca. 1 l/s na ha.
  - Opozoriti moramo, da pri izbiri vodnih virov ne upoštevamo samo potreb po pitni vodi, temveč tudi širše potrebe varstva voda, pa tudi varstva okolja. Te zahtevajo, da ostanejo po zajemu vode v potoku (izviru), reki ali podtalnici še ekološko sprejemljivi pretoki (OSP) vode;
3. **normo porabe vode** (iz priročnikov: od 120 do 250 l/preb./dan, 60 l/govedo/dan, 20 l/mala živina/dan ...);
  4. **koeficient neenakomernosti dnevne porabe vode** (več čez dan kot ponoči – slika 20);
  5. **koeficient letnega nihanja porabe** (več poleti kot pozimi – slika 21);
  6. **požar** (vsaj 1 požar, vsaj 2 uri po 10 l/s = 72.000 l – običajno določi študija);
  7. **koeficient izgub vode** (poškodovane cevi, ventili, ... Upoštevamo 15 % izgube za nove in 30 % za stare vodovode, dejanske izgube so pogosto še večje);
  8. **koeficient koristnega delovanja črpalke** (upoštevamo pri dimenzioniranju črpalk in tlačnega cevovoda).



Slika 20: Dnevno nihanje porabe vode  
Vir: Rismal M., Zapiski za predmet Vodovod, 2007



Slika 21: Letno nihanje porabe vode  
Vir: Rismal, M., Zapiski za predmet Vodovod, 2007

Porabo izračunamo v litrih na dan in jo preračunamo v l/s:  $1 \text{ l/s} = \frac{1 \text{ l/dan}}{24 \times 3600}$

**Primer:** Izračun porabe vode

Porabnik	Število	Norma porabe	Koeficient	Poraba (l/dan)
prebivalci	550	200 l/os. na dan		110.000
javni uradi (zaposlenih)	40	15 l/os. na dan		600
šola (učencev)	200	10 l/os. na dan		2.000
gostinstvo (gostov na dan)	120	15 l/os. na dan		1.800
velika živina	180	50 l/glavo na dan		9.000
mala živina	50	20 l/glavo na dan		1.000
pekarna (4 zaposleni)	4	150 l/glavo na dan		600
Vsota:				125.000
Vsota čez 30 let z upoštevanjem geometrijskega zaporedja: 168.500				
letno nihanje porabe (1,5)			+ 0,5 · 125.000	84.250
požar (2 uri)	1	72.000 l		72.000
Vsota:				324.750
izgube vode (30 %)			+ 0,3 · 324.750	97.425



Skupna dnevna poraba vode čez 30 let:  $\approx 422.200$ **Izračun upoštevanja naraščanja porabe:**

planska doba je 30 let, sedanja dnevna poraba je 125.000 litrov na dan, 1 % naraščanje porabe letno.

Geometrijsko zaporedje: 
$$Q_{srd_n} = Q_{srd_0} \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n = 125.000 \left(1 + \frac{1}{100}\right)^{30} \approx 168.500 \text{ l/dan}.$$

Aritmetično zaporedje: 
$$Q_{srd_n} = Q_{srd_0} \left(1 + \frac{p \times n}{100}\right) = 125.000 \left(1 + \frac{1 \times 30}{100}\right) = 162.500 \text{ l/dan}.$$

Upoštevamo geometrijsko zaporedje.

**Potrebna količina za zajem:**

$$q = 422.200 \text{ l/dan} = \frac{422.200}{24 \times 3600} \text{ l/s} = 4,886 \text{ l/s} \approx 4,9 \text{ l/s}.$$

**Dobava vode porabnikom v razdelilnem cevovodu** (koeficient dnevnega nihanja porabe podaja pravilnik; na primer za naselja med 500 in 1500 prebivalci je srednja urna poraba vode 8 % dnevne porabe, iz česar izračunamo koeficient:  $24 \times 8 \% = 1,92$ ).

$$q' = 4,9 \text{ l/s} \times 1,92 = 9,408 \text{ l/s} \approx 9,41 \text{ l/s}.$$

**Črpanje vode v vodohran** – 8 ur dnevno (izgube vode še ne upoštevamo):

$$q'' = 422.200 \text{ l/dan} \times \frac{24 \text{ ur}}{8 \text{ ur}} = \frac{422.200 \times 3}{24 \times 3600} \text{ l/s} = 14,66 \text{ l/s}.$$

**Uporaba dobljenih rezultatov**

Iz primera lahko ugotovimo, kolikšen je pretok (podan v l/s) v posameznih cevovodih – glejte sliko 22 – od zajetja proti črpalnici, od črpalnice proti vodohranu, kjer lahko vodo črpamo le z električnim tokom v cenejši tarifi, na podoben način pa tudi v glavnem in posameznih vejah razdelilnega cevovoda. Za dimenzioniranje prostornine vodohrana moramo analizirati režim dotoka in iztoka iz vodohrana, pri čemer moramo ob normalni porabi zagotavljati rezervo požarne vode, pa tudi (če je mogoče) vsaj dvanajseturno, bolje štiriindvajseturno zalogo vode.

Ob tem lahko razen z ustrezno cenovno politiko pitne vode zmanjšamo porabo pitne vode tudi z drugimi ukrepi (v industriji spremembe tehnologije in recikliranje vode v delovnih postopkih in podobno, zmanjševanje vodnih izgub, ...).

Pri dimenzioniranju cevi ne smemo pozabiti, da moramo v vseh cevovodih, ki so speljani do hidrantov, poleg običajne oskrbe s pitno vodo, zagotoviti pretok 10 l/s, ki bo potreben za gašenje požara, kar pa je odvisno od tega, ali je reševanje oskrbe z vodo in požarne varnosti ekonomsko optimalno in ali je v danem prostoru in danih pogojih tudi potrebno.

**Povzetek**

Vemo, da moramo porabnikom stalno (brez prekinitev) zagotavljati pitno vodo, zato moramo pravilno izračunati potrebno količino vode – najprej v litrih na dan, kar nato preračunamo v l/s. V izračunu upoštevamo število posameznih uporabnikov (prebivalcev, zaposlenih, živine, obrtnikov, industrije, ...), kar pomnožimo z norma porabo (dnevno porabo na uporabnika), ki jo odčitamo iz priročnikov. Dovolj vode moramo zagotavljati ob največji porabi, zato upoštevamo povečanje porabe poleti (letno nihanje porabe) in pa tudi znatno dnevno nihanje porabe. Pozabiti ne smemo na vodo, ki je potrebna za gašenje požarov, pa tudi na izgube vode iz vodovodnih sistemov. Pretoke (v l/s) izračunamo za vse cevi, dobljeni podatki služijo tudi za dimenzioniranje črpalk, vodohrana, črpalnice, razbremenilnika.

## Preverjanje razumevanja

1. Pojasnite, zakaj moramo izračunati pretoke v vseh ceveh in drugih elementih vodovoda.
2. Naštete porabnike, ki jih upoštevamo pri dimenzioniranju vodovoda.
3. Pojasnite, kako lahko upoštevamo (izračunamo) naraščanje porabe vode. Kdaj in kje naraščanja števila uporabnikov ne bomo upoštevali?
4. Pojasnite, kaj je norma poraba vode, koliko je in kje jo dobimo.
5. Narišite graf nihanja porabe vode med letom.
6. Pojasnite, kako ocenimo porabo vode za obrtno cono, ki še ni zgrajena.
7. \*Opišite načine za zmanjšanje porabe pitne vode.
8. \*Pojasnite, kje in zakaj ne upoštevamo naraščanja prebivalstva.
9. \*Razložite, kje nastanejo izgube vode v vodovodnih sistemih, od česa so odvisne in kako jih lahko zmanjšamo.
10. \*Pojasnite, kako dnevno porabo vode preračunamo v pretok, ki je podan v l/s.
11. \*Pojasnite, zakaj gašenje požara v vasi povzroči večje težave pri dobavi vode kot v mestu.
12. \*Razložite, kakšna je razlika v nihanju dnevne porabe vode na vasi in v mestih.
13. \*V kraju s 180 prebivalci (norma porabe 150 l/os. na dan) in 20 zaposlenimi (norma porabe 40 l/os. na dan) ter 70 glavami živine (norma porabe 60 l/glavo na dan) bomo napeljali vodovod. Naraščanja prebivalstva ne pričakujemo, za požar predvidimo 72.000 l, koeficient letnega nihanja porabe je 1,4, koeficient dnevnega nihanja porabe je 2,4, izguba vode je 30 %, črpalke črpajo vodo 16 ur dnevno. Izračunajte potrebno izdatnost izvira, pretok črpalke in največji pretok v razdelilnem cevovodu.
14. \*\*Pojasnite, zakaj je zaželeno, da imamo v vodohranu 12- do 24-urno zalogo vode. Zakaj ni zaloge samo za 3 ure, zakaj ni dobro, da imamo petdnevno zalogo vode?
15. \*\*Premislite, zakaj na cevovodu, po katerem dovajamo vodo v vodohran, ni potrebno upoštevati izgub vode.
16. \*\*Poskušajte ugotoviti, zakaj je planska doba vodovodnih sistemov običajno 30 let.
17. \*\*Razmislite, kako bodo vremenske spremembe na Zemlji vplivale na porabo vode in na dimenzioniranje vodovodnih sistemov pri nas.

## 4 VODOVODNI SISTEMI

### Uvod v poglavje

Odprete vodovodno pipo. Ali se kdaj vprašate, zakaj priteče voda iz pipe? Kaj »poganja« to vodo? Mogoče pa celo veste, kje izvira voda, ki jo pijete, in kako pride do vas. Gotovo teče po ceveh, toda za delovanje javnega vodovodnega sistema potrebujemo še druge naprave, ki omogočajo delovanje sistema. V nadaljevanju bomo spoznali osnovne elemente, ki jih imajo vsi vodovodni sistemi; glede na različne okoliščine pa bomo videli, da so precejšnje razlike med posameznimi sistemi.

### 4.1 SESTAVNI DELI VODOVODNIH OMREŽIJ

Vodovodne sisteme sestavljajo:

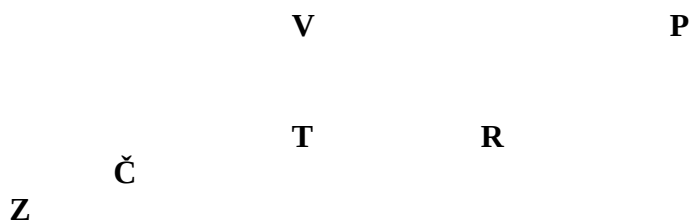
- naprave za pridobivanje in pripravo vode (zajetja vode, vodnjaki, drenaže bogatenja vodnih virov, črpališča, naprave za čiščenje in pripravo vode),
- naprave za hranjenje, transport in razdeljevanje vode (vodohrani, razbremenilniki, prečrpalnice),
- vodovodno omrežje – to so cevi s potrebnimi fittingi in armaturami,
- vodovodni priključki,
- interna vodovodna napeljava,
- pomožni objekti upravljavca vodovoda (upravno poslopje, skladišča, delavnice).

To so klasični elementi, kar zgradijo gradbeniki, za strojne dele pa poskrbijo strojniki. Poleg tega danes potrebujemo še regulacijske (služijo uravnavanju pretokov in tlakov) in telemetrijske (služijo prenosu podatkov in ukazov delovanja) postaje ter nadzorni center ali centre.

Shemo delov vodovodnega omrežja s specifikacijo elementov si lahko ogledate na spletni strani <http://www.hawle.at/produkte/wasser.html> (22. 5. 2011), ilustracijo delovanja vodovodnega omrežja v Ljubljani pa na <http://www.jhl.si/vo-ka/pot-vode> (22. 5. 2011).

Na sliki 22 so prikazani osnovni elementi javnega vodovodnega sistema, ki se lahko razlikujejo od sistema do sistema. Ker se poraba vode, pretoki in tlaki časovno neprestano spreminjajo, morajo biti vodovodni sistemi zasnovani in zgrajeni tako, da:

1. je zagotovljena neprekinjena dobava vode porabnikom,
2. so cevi vedno polne,
3. so cevi vedno pod ustreznim pritiskom.



Slika 22: Skica preprostega vodovodnega sistema (**Z**: zajetje, **Č**: črpalnica, **T**: tlačni cevovod, **V**: vodohran, **R**: razdelilni cevovod, **P**: porabniki)

Vir: Lasten

Vodovodni sistem zasnujemo iz posameznih elementov v funkcionalno enoto glede na:

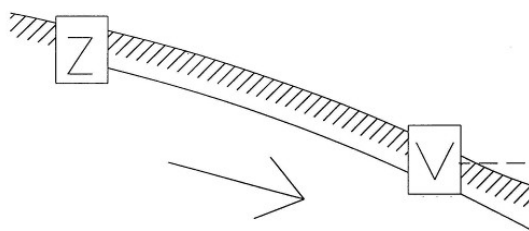
- namembnost vodovoda,
- število in vrsto porabnikov,

- velikost in razprostrtost naselja,
- razgibanost terena, na katerem leži naselje,
- število zajetij v sistemu,
- medsebojno lego zajetja in porabnikov (višinske razlike, oddaljenost),
- način gašenja požarov,
- pričakovano razširitev omrežja,
- finančne možnosti.

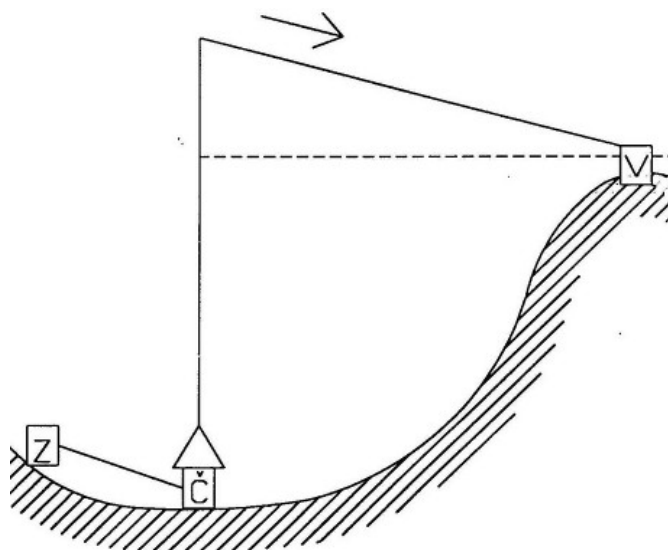
## 4.2 RAZDELITEV VODOVODNIH OMREŽIJ

Vodovodne sisteme delimo glede na:

1. **dovod vode v vodohran** (težnostno iz zajetja, s črpanjem), sliki 23 in 24;



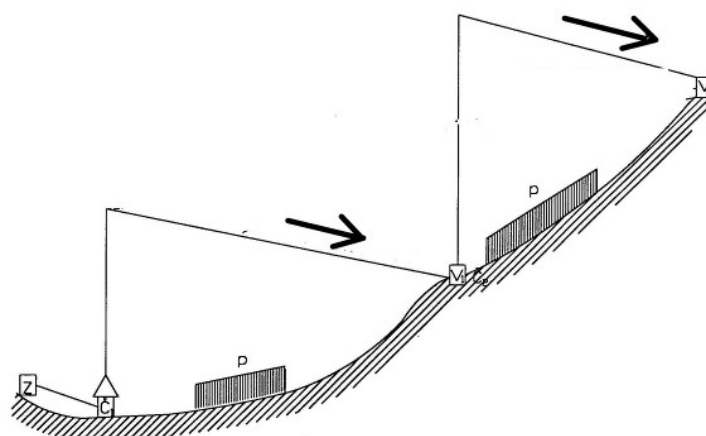
Slika 23: Dotok vode v vodohran težnostno  
Vir: Lasten



Slika 24: Dotok vode v vodohran s črpanjem  
Vir: Lasten

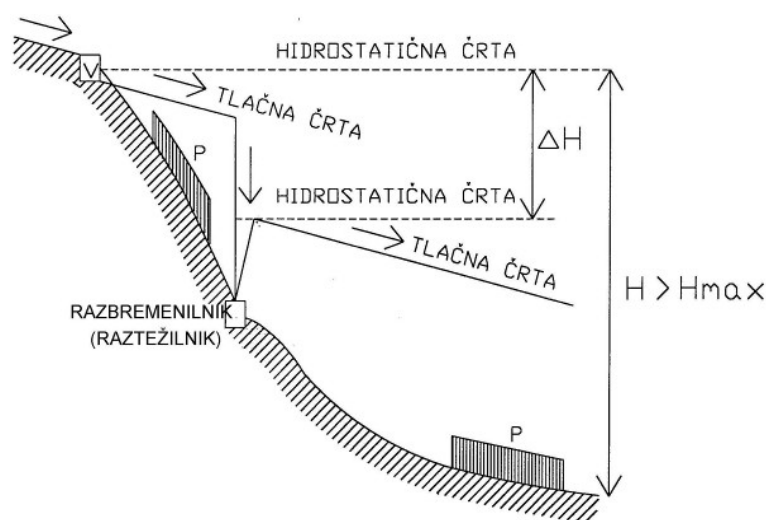
2. **tlačne cone** (praviloma naj bo tlak na mestu priključka (pri vodomeru porabnika) med 1,5 (ali 2, kar je odvisno od pravilnika, ki velja na obravnavanem področju) in 7 bari, v posebnih primerih tudi drugače, kar je 15 do 70 metrov vodnega stebra – glejte poglavje 5). Če je naselje višinsko raztegnjeno po pobočju in višinska razlika večja od razlike med največjim in najmanjšim dovoljenim tlakom, moramo zgraditi dvoconski ali večconski sistem, saj porabnikov ne moremo pokriti z eno samo cono. Rešitve so odvisne od medsebojne lege zajetja in porabnikov. Če vodo črpamo navzgor do uporabnikov, več con predvidimo zato, da v višje cone črpamo samo vodo, ki jo potrebujemo v zgornjih conah (slika 25). Če pa je zajetje nad porabniki,

za spodnjo cono zmanjšamo pritisk z razbremenilnikom tlaka ali z reducirnim ventilom, kjer tlak zmanjšamo (slika 26);



Slika 25: Dve tlačni coni – črpanje navzgor

Vir: Lasten

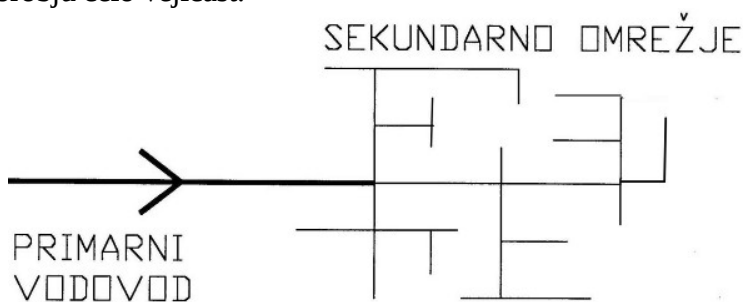


Slika 26: Dve tlačni coni – uporaba razbremenilnika (raztežilnika)

Vir: Lasten

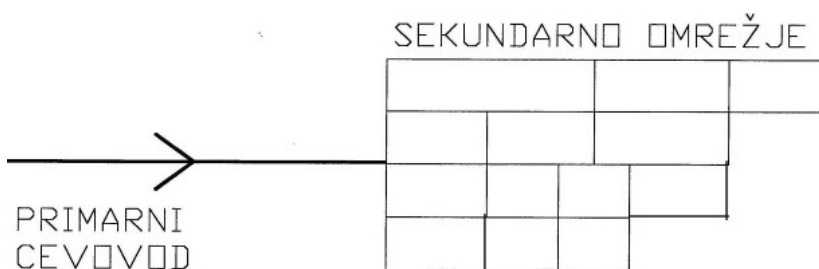
3. **najmanjši oskrbovalni tlak pri požaru** (za gašenje z vodo iz vodovodnega omrežja požarni predpisi določajo dinamični tlak 2,5 bara, za gašenje preko dodatne gasilske črpalke vsaj 1,5 bara);
4. **zgradbo razdelilnega omrežja.** Sisteme delimo na:
  - **vejičasti sistem** (slika 27), ki je enostaven, pregleden in poceni. Zaradi nepovezanosti posameznih vej v celoto je nezanesljiv, saj moramo ob popravilih zapreti dotok vode k uporabnikom, ki zato ostanejo brez vode do konca popravila. Ta sistem je zato primeren za najmanjša, razpotegnjena naselja in vodovodne veje ob robu večjih naselij;
  - **mrežasti sistem**, ki je boljši (slika 28). Pri tem sistemu so vodovodne veje med seboj povezane tako, da lahko voda priteče do uporabnikov z obeh strani. Kadar zaradi popravila izključimo posamezen vod, dobava vode ni motena, zmanjša se le tlak v ceveh, kamor voda začasno priteka po daljši poti;
  - **krožni sistem** (slika 29). Ta je najboljši, saj po primarnem cevovodu, ki ima velik premer in pretok z majhnimi izgubami tlaka, dobavljamo vodo v vse mestne predele, od koder jo po sekundarnem omrežju pošiljamo do uporabnikov. Krožni sistem zagotavlja najbolj nemoteno oskrbo pitne vode z najmanjšim nihanjem tlaka. Za primerjavo lahko rečemo, da krožni sistem

- služi podobno kot avtocestna obvoznica (avtocestni obroč) okoli mesta – poskrbi za hiter pretok;
- njihove kombinacije. V večjih mestih je osnovni sistem krožen, v nekaterih predelih samo mrežast, na obrobju celo vejičast.



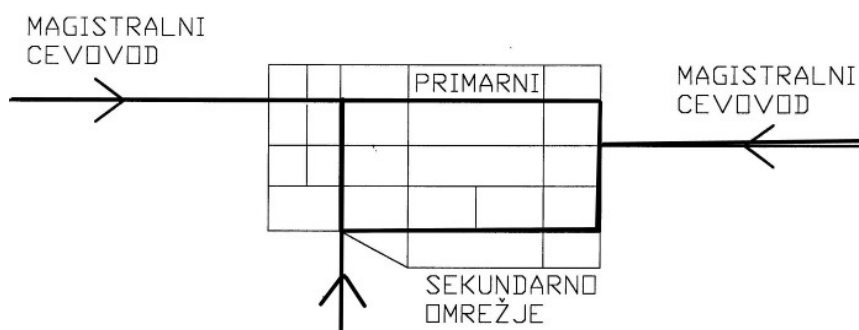
Slika 27: Vejičasti sistem vodovodnega omrežja

Vir: Lasten



Slika 28: Mrežasti sistem vodovodnega omrežja

Vir: Lasten



Slika 29: Krožni sistem vodovodnega omrežja

Vir: Lasten

### Povzetek

Vsak vodovodni sistem načrtujejo in zgradijo tako, da je zagotovljena neprekinjena dobava vode porabnikom, da so cevi vedno polne in pod pritiskom. Za njegovo delovanje potrebujemo naprave, ki omogočajo vodo zajeti (v zajetju), včasih tudi prečistiti in dezinficirati, po potrebi črpati, včasih zmanjšati tlak v cevovodih, hraniti (v vodohranih) in dostaviti uporabnikom po vodovodnem omrežju. Delovanje omogočajo telemetrijske postaje, ki pošiljajo podatke nadzornemu centru, ta pa usmerja regulacijske centre. V vodovodnih sistemih si pogosto sledijo naslednji elementi (slika 22): zajetje, črpalnica, tlačni cevovod, vodohran, razdelilni cevovod, porabniki. Kaj vse vgradimo v sistem, je odvisno od velikosti sistema, porabnikov, reliefa, ...

Vodovodne sisteme delimo glede na:

- dovod vode v vodohran (težnostno ali s črpanjem),
- tlačne cone (tlak na vodomerih uporabnikov mora biti med 1,5–7 barov). Običajno zadošča ena cona. Če je naselje višinsko razpotegnjeno, potrebujemo dve ali več con: po potrebi vodo prečrpavamo v višje ležeči vodohran (v zgornjo cono) ali spodnjo cono ustvarimo z vmesnim razbremenilnikom tlaka,
- najmanjši oskrbovalni tlak pri požaru (vsaj dinamični tlak 2,5 bara, ali 1,5 bara z dodatno gasilsko črpalno),
- zgradbo razdelilnega omrežja na enostaven vejičast sistem (v vaseh, saj je preprost, poceni, a manj zanesljiv), boljši mrežast sistem (primeren za strnjena naselja) in najboljši krožni sistem (primeren za mesta), kjer je položen tudi primarni cevovod. Možne so tudi različne kombinacije sistemov.

### Preverjanje razumevanja

1. Pojasnite, kateri trije osnovni pogoji morajo biti izpolnjeni, da pitna voda ostane neoporečna.
2. Narišite skico preprostega vodovodnega sistema in pripišite osnovne elemente.
3. Pojasnite, kako upravljavec vodovodni sistem nadzoruje in vodi.
4. Pojasnite, kolikšen tlak je dovoljen na mestu priključka.
5. Razložite, kolikšen tlak je zahtevan na hidrantnem omrežju.
6. \*Narišite različne vodovodne sisteme in razložite njihovo delovanje.
7. \*Narišite skico vejičastega, mrežastega in krožnega sistema razdelilnega omrežja. Sisteme primerjajte.
8. \*Primerjajte oba načina dovoda vode iz zajetja v vodohran.
9. \*Primerjajte prednosti in pomanjkljivosti vejičastega, mrežastega in krožnega sistema razdelilnega omrežja.
10. \*Primerjajte vodovodna sistema z različnima dotokoma vode v vodohran (težnostno, s črpanjem). Od česa je odvisna izvedba?
11. \*\*Razmislite, kdaj je pri dvoconskem sistemu upravičeno črpanje v zgornjo cono in kdaj razbremenjevati tlak.
12. \*\*Zajetje leži 40–90 m nad vasjo. Narišite skico, ustrezno namestite vodohran.
13. \*\*Na skici enostavnega sistema so narisani zaporedoma zajetje, črpalnica, tlačni cevovod, vodohran, razdelilni cevovod in porabniki. Kaj menite, kako je sistem v resnici narejen, če ležijo porabniki poleg zajetja? Narišite si skico in premislite.

## 5 DIMENZIONIRANJE CEVI IN ZAGOTAVLJANJE TLAKA V VODOVODNEM OMREŽJU

### Uvod v poglavje

Moja znanca sta v idilični alpski dolini obnovila staro, zapuščeno kmečko hišo in si uredila prijetno počitniško hišico. Seveda nista bila zadovoljna z zajemanjem vode iz bližnjega studenca, kakor so to stoletja počeli prejšnji lastniki. Ker je zajetje ležalo 10 m nad hišo in je bilo oddaljeno 200 m, sta napeljala »primerno« PE-HD (alkaten) cev zunanjega premera 20 mm. Žal nista bila strokovnjaka in nista vedela, da samo dovolj visoka lega zajetja in vodohrana ne zagotavlja hiter pretok vode. Zaradi trenja vode ob steno cevi in pri pretakanju skozi kolena, zasune, vodomer,..., so bile izgube tlaka tolikšne, da je voda iz pipe komaj curljala. Če pa sta oba točila vodo istočasno, pa je le kapljala. Takih težav si ne želi nihče, zato moramo cevi pravilno dimenzionirati (izbrati primeren notranji premer cevi in za vsako točko cevovoda dokazati, da tlak v cevi primeren – višji od najnižjega zahtevanega in nižji od najvišjega dovoljenega).

Vodovodno omrežje mora biti ves čas pod tlakom, saj tako zagotavljamo dotok vode uporabnikom in preprečujemo onesnaženje vode v ceveh na mestih, kjer cevi puščajo. Primeren tlak pri porabnikih praviloma zagotavljamo z lego vodohrana, ki je nad porabniki (včasih tlak zagotavljajo vgrajene črpalke!). Voda od vodnega vira do vodohrana ali črpalnice teče težnostno (zaradi svoje potencialne energije), od črpalnice do vodohrana jo potiska delujoča črpalka v črpalnici. Od vodohrana do potrošnikov voda teče zaradi svoje potencialne energije.

Ustrezna izbira cevi temelji na zagotavljanju zahtevanih pretokov s primerno hitrostjo vode v ceveh. Zato moramo poznati:

- **povezavo med pretokom, hitrostjo vode v cevi in prečnim prerezom cevi,**
- **dejanski največji tlak v vseh delih cevi** (hidrostatični tlak),
- **izgube tlaka v cevi,**
- **dejanski najmanjši tlak v cevi** (tlak pri uporabi vode).

### 5.1 DIMENZIONIRANJE CEVI – OSNOVNA ENAČBA PRETOKA

Osnova dimenzioniranja cevovodov je fizikalna enačba za volumski pretok  $Q_v = v \cdot A$ . Volumski tok pove volumen tekočine, ki v enoti časa steče skozi prečni prerez  $A$ . V hidrotehniko enačbo zapišemo enostavno:

$$Q = v \cdot A$$

$Q$  – pretok ( $l/s = dm^3/s$ , osnovna enota je  $m^3/s$ ),

$v$  – hitrost vode v cevi ( $m/s$ ), ki je približno **1m/s**. Gospodarne hitrosti glejte v tabeli 1,

$A$  – ploščina prereza cevi ali vodotoka ( $dm^2$ , osnovna enota  $m^2$ ).

#### 1. primer:

V cevovodu notranjega premera 250 mm teče voda s hitrostjo 0,92 m/s. Izračunajte pretok.

$$Q = v \times A = 0,92 \text{ m/s} \times \frac{\pi \times 0,25^2 \text{ m}^2}{4} = 0,0451 \text{ m}^3/\text{s} = 45,1 \text{ l/s.}$$

ali

$$Q = v \times A = 9,2 \text{ dm/s} \times \frac{\pi \times 2,5^2 \text{ dm}^2}{4} = 45,1 \text{ dm}^3/\text{s} = 45,1 \text{ l/s.}$$

#### 2. primer:

V cevovodu notranjega premera 150 mm je pretok vode 14 l/s. Izračunajte hitrost vode.



$$Q = v \cdot A$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{14 \text{ dm}^3/\text{s}}{\frac{\pi \times 1,5^2 \text{ dm}^2}{4}} = \frac{14 \text{ dm}^3/\text{s}}{1,767 \text{ dm}^2} = 7,92 \text{ dm/s} = 0,792 \text{ m/s.}$$

### 3. primer:

V cevovodu iz PE cevi (alkaten cevi) zunanjšega premera 110 mm (debelina stene je 6,6 mm) je pretok vode 6 l/s. Izračunajte hitrost vode.

Izračun notranjšega premera cevi:  $d_N = d_Z - 2\delta = 110 \text{ mm} - 2 \times 6,6 \text{ mm} = 96,8 \text{ mm} = 0,968 \text{ dm}$

$$Q = v \cdot A$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{6 \text{ dm}^3/\text{s}}{\frac{\pi \times 0,968^2 \text{ dm}^2}{4}} = \frac{6 \text{ dm}^3/\text{s}}{0,736 \text{ dm}^2} = 8,15 \text{ dm/s} = 0,815 \text{ m/s.}$$

### 4. primer:

Pretok vode v cevovodu je 140 l/s, hitrost vode naj bo približno 1,2 m/s. Izračunajte potrebni notranjši premer cevi.

$$Q = v \times A$$

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{140 \text{ l/s}}{1,2 \text{ m/s}} = \frac{140 \text{ dm}^3/\text{s}}{12 \text{ dm/s}} = 11,67 \text{ dm}^2.$$

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 11,67 \text{ dm}^2}{\pi}} = \sqrt{14,85 \text{ dm}^2} = 3,85 \text{ dm} = 385 \text{ mm.}$$

Izberemo notranjši premer 400 mm.

Dejanska hitrost vode v cevi:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{140 \text{ dm}^3/\text{s}}{\frac{\pi \times 4^2 \text{ dm}^2}{4}} = \frac{140 \text{ dm}^3/\text{s}}{12,57 \text{ dm}^2} = 11,14 \text{ dm/s} = 1,114 \text{ m/s.}$$

Osnovni podatek je predvideni pretok  $Q$ , ki smo ga izračunali v poglavju o porabi vode (poglavje 3). Pri dimenzioniranju cevi upoštevamo, da je pri preveliki hitrosti vode v cevi zaradi hrapavosti stene cevi tudi zelo veliko trenje med vodo in steno cevi. Z izračuni in preizkusi so ugotovili, da je priporočena (gospodarna!) hitrost vode odvisna od premera cevi in znaša približno 1 m/s – pri manjših premerih nekoliko manj, pri velikih nekoliko več, kar je podano v tabeli 1. Pri dimenzioniranju torej upoštevamo pretok in predpostavimo gospodarno hitrost vode, izračunamo pa ploščino prereza cevi  $A$  in njen premer  $d$  (glejte 4. in 5. primer).

Tabela . Notranjši premer cevi, gospodarne hitrosti vode in gospodarni pretok

$d_N(\text{mm})$	$v(\text{m/s})$	$Q(\text{l/s})$
80	0,80	4,0
100	0,80	6,3
125	0,80	9,8
150	0,85	15,0
200	0,90	28,3
250	0,95	46,6
300	1,00	70,7

350	1,05	101,0
400	1,10	138,0
500	1,20	236,0

### 5. primer:

Pretok vode je 6,2 l/s. V tabeli 1 poiščemo pretok, ki je približno 6,2 l/s. Ugotovimo, da je ustrezen premer cevi 100 mm, gospodarna hitrost 0,8 m/s, in pretok 6,3 l/s. Zato izberemo cev premera 100 mm in izračunamo dejansko hitrost vode v cevi – seveda pri našem pretoku 6,2 l/s.

Dejanska hitrost vode v cevi:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{6,2 \text{ l/s}}{\frac{\pi \times 100^2 \text{ mm}^2}{4}} = \frac{6,2 \text{ dm}^3/\text{s}}{\frac{\pi \times 1^2 \text{ dm}^2}{4}} = \frac{6,2 \text{ dm}^3/\text{s}}{0,785 \text{ dm}^2} = 7,89 \text{ dm/s} = 0,789 \text{ m/s}.$$

## 5.2 HIDROSTATIČNA ČRTA

Gradbeniki poznajo »šlaufvago« (plastično prozorno cev, napolnjeno z vodo), v kateri se voda v obeh (ali več) krakih dvigne enako visoko in v tem položaju miruje (slika 30). Višina vode je v vseh krakih na isti nadmorski višini zato, ker je zračni tlak enak na vodno gladino v vseh krakih. Ta raven mirujoče vode se imenuje **hidrostaticna črta**. Na razdelilnem omrežju je hidrostaticna črta na višini gladine vode v vodohranu (slika 31).

Hidrostaticni tlak  $p$  je tlak v tekočini, ki ga povzroča njena teža. Tlak narašča z globino, poleg je odvisen še od zemeljskega pospeška in prostorninske mase tekočine.

Hidrostaticni tlak:  $p = \rho \cdot g \cdot h$ .

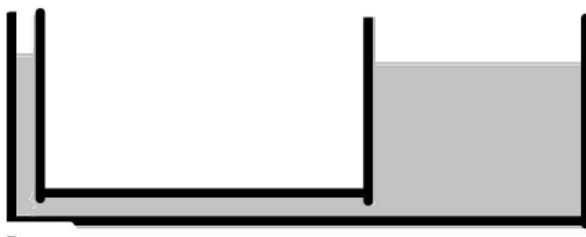
Zapisano v enotah:  $\left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right) = \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \times \left(\frac{9,81\text{m}}{\text{s}^2}\right) \times (\text{m})$ , ali  $(\text{Pa}) \cong \left(\frac{10 \text{ kg} \times \text{m} \times \text{s}^{-2}}{\text{m}^2}\right)$

kjer je :

- $p$  –tlak v globini vode( $\text{N}/\text{m}^2 = \text{Pa}$ ),
- $\rho$  –specifična masa (gostota) tekočine ( $\text{kg}/\text{m}^3$ );  $\rho_{\text{vode}} = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ ,
- $g$  – težni (zemeljski) pospešek ( $g = 9,81\text{m}/\text{s}^2$ ),
- $h$  –globina vode (m).

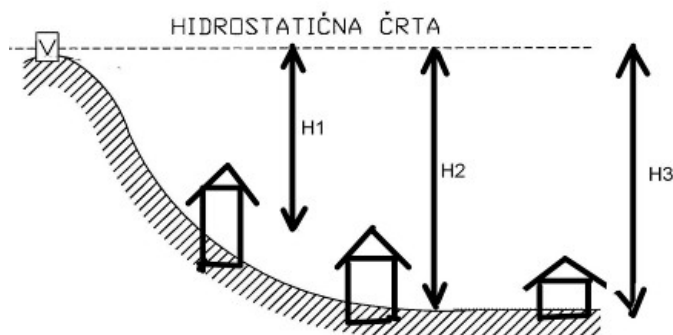
Tlak vode v globini 1 m:  $p = \rho g h = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{9,81\text{m}}{\text{s}^2} \times 1 \text{ m} \cong 10.000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 10^4 \text{ Pa} = 0,1 \text{ bara}$ .

**Tlak vode v globini 10 m je 1 bar** ( $= 10^5 \text{ N}/\text{m}^2 = 10^5 \text{ Pa}$ ).



Slika 30: Voda v zaprti vezni posodi

Vir: Lasten



Slika 31: Hidrostatična črta vodovodnega sistema  
Vir: Lasten

### Vaja1:

Kolikšen je hidrostatični tlak vode na pipi, ki je na nadmorski višini 202 m, če je raven vode v vodohranu na koti 249 m (voda v vodovodnem sistemu miruje)?

$$p = \rho g h = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{9,81\text{m}}{\text{s}^2} \times (249 - 202) \text{ m} \cong 470.000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 4,7 \times 10^5 \text{ Pa} = 4,7 \text{ bara.}$$

### Vaja 2:

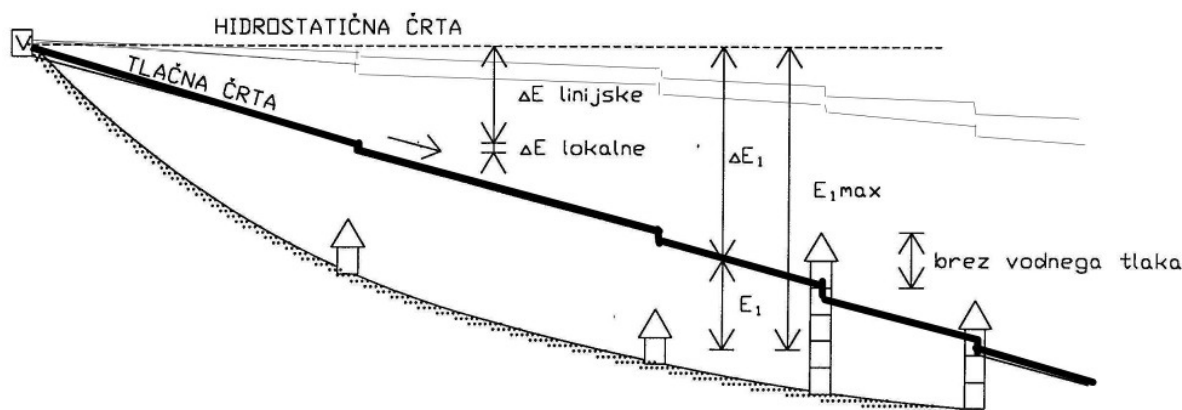
Raven vode v vodohranu niha za 3 m. Kolikšna je zaradi tega sprememba tlaka v omrežju?

$$p = \rho g h = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{9,81\text{m}}{\text{s}^2} \times 3 \text{ m} \cong 30.000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 3 \times 10^4 \text{ Pa} = 0,3 \text{ bara.}$$

## 5.3 TLAČNA (HIDRAVLIČNA) ČRTA – IZGUBE TLAKA V CEVEH

Če zalivate vrt z dolgo gumijasto ali plastično cevjo premera samo 3/8" (manj izrazito je pri ceveh večjega premera – na primer polcolskih), boste opazili, da je vodni curek šibkejši, iztok vode pa manjši. Vzrok je trenje vode ob steno cevi, ki povzroča zmanjšanje tlaka. Razmere v vodovodnih ceveh so podobne: ponoči, ko porabe vode (skoraj) ni, voda v ceveh (teoretično) miruje. Podobno kot v vodni tehtnici bi pri vseh porabnikih segala do višine vodne gladine v vodohranu. Pravimo, da vodna gladina v vodohranu predstavlja **hidrostatično črto** (sliki 31, 32) – tlačno črto mirujoče vode. Pri vseh porabnikih je tolikšen tlak vode, kolikor je višina vodnega stolpca (globina vode) od porabnika do hidrostatične črte: vemo, da 10 m visok stolpec vode povzroča tlak 1 bara.

**Tlačna (hidravlična) črta** kaže, do kod sega voda na vsakem delu cevovoda, ko voda po ceveh teče. Tlačna črta je narisana nižje od hidravlične črte, saj je vodni tlak manjši zaradi trenja med vodo in cevjo. Razliko med tlakom mirujoče vode (ki ga kaže hidrostatična črta) in tlakom vode, ki se pretaka (ki ga kaže tlačna črta), imenujemo izguba tlaka, kar pogosto označimo z ( $\Delta E$ ) ali kar z razliko v višini, ki jo označimo z ( $\Delta H$ ). Velikost izgube tlaka se ves čas v vsakem prerezu spreminja tudi v odvisnosti od kvadrata hitrosti vode v cevi  $v$  in s tem tudi od pretoka  $Q$ , ki sta med seboj povezana, saj je  $Q = v \cdot A$ .



Slika 32: Hidrostatična in hidravlična (tlačna) črta razdelilnega sistema vodovoda  
Vir: Lasten

V vzdolžnem prerezu običajno narišemo samo hidravlično črto pri največjem pretoku (debela tlačna črta), ko so izgube tlaka največje. Pri manjših pretokih je hitrost vode manjša, zato so tudi izgube tlaka manjše (črtkani črti). Če pa v vodovodnem sistemu voda ne teče (ko ni porabe vode ali ko ni pretoka), je tlačna črta identična s hidrostatično črto. Iz slike 32 tudi vidimo, da izgube tlaka naraščajo z dolžino cevovoda; v našem primeru z oddaljenostjo od vodohrana.

Na sliki 32 tudi opazimo, da je tlačna črta narisana padajočo (nižanje tlaka zaradi trenja med vodo in steno cevi (linijske izgube tlaka) in skokovito tam, kjer so hipne izgube zaradi lokalnih vzrokov (lokalne izgube tlaka):

1. **linijske izgube tlaka ( $\Delta E_{\text{linijske}}$ )** zaradi trenja med tekočino in steno cevi,
2. **lokalne izgube tlaka ( $\Delta E_{\text{lokalne}}$ )** zaradi trenja in vrtinčenja vode v krivinah, ventilih, razširitvah in zožitvah cevi – povsod tam, kjer je pretok moten. V javnih cevovodih nastanejo predvsem linijske izgube, saj so cevovodi dolgi, v posameznih elementih vodovodnih sistemov (črpališča, interne hidrantne mreže) pa imajo lokalne izgube večji pomen.

Izgube tlaka v ceveh računamo po Darcy-Weissbachovi enačbi:

$$\Delta H = \Delta H_{\text{linijske}} + \Delta H_{\text{lokalne}} = \frac{v^2}{2g} \times (\zeta_{\text{lin}} + \zeta_{\text{lok}}) = \frac{v^2}{2g} \times \left( \lambda \frac{L}{d} + \zeta_{\text{lok}} \right)$$

pri čemer je:

- $\Delta H$  – skupne izgube tlaka v cevi, podane kot izguba višine (m),
- $\Delta H_{\text{linijske}}$  – linijske izgube tlaka v cev, podane kot izguba višine (m),
- $\Delta H_{\text{lokalne}}$  – lokalne izgube tlaka v cevi, podane kot izguba višine (m),
- $v$  – hitrost vode (v metrih na sekundo) (m/s),
- $g$  – zemeljski pospešek (9,81 m/s<sup>2</sup>),
- $\zeta_{\text{lin}}$  – koeficient linijskih izgub tlaka v cevi (1),
- $\zeta_{\text{lok}}$  – koeficient lokalnih izgub tlaka v cevi (1),
- $L$  – dolžina cevi (m),
- $D$  – notranji premer cevi (m),
- $\lambda$  – koeficient trenja: odvisen je od vrste pretakanja (laminarno = gladko) ali turbulentno = vrtinčasto). Upoštevamo laminarno pretakanje, kjer za cevi okroglega prereza velja za srednje

hrapave cevi približna enačba:  $\lambda \cong 124,6 \times n_G^2 \times d^{-1/3}$ .

Pri tem je:

- $n_G$  – Manningov koeficient hrapavosti (od 0,009 do 0,015, pogosto za vse cevi kar  $n_G = 0,012$ ).

**Lokalne izgube tlaka:** pri natančnejših izračunih upoštevajo lokalne izgube v krivinah, zasunih, vodomerih, ventilih, razširitvah, zožitvah, vtokih, iztokih in jih računajo po enačbah, ki so podane v specializiranih priročnikih. Lokalne izgube so relativno majhne glede na linijske izgube, zato jih pogosto kar zanemarimo (predvsem pri dolgih cevovodih z malo priključki). Natančneje je, da jih upoštevamo skupaj z linijskimi izgubami tako, da povečamo računske dolžine cevi za približno 5 do 10 %:

$$L_{\text{skupno}} = L + \Delta L_{\text{lokalne izgube}} = L + \frac{(5 \text{ do } 10)}{100} L \cong 1,1 L.$$

#### 5.4 IZRAČUN IZGUBE TLAKA V CEVI V PRAKSI

Kot smo zapisali v točki 4.1.3, računamo izgube tlaka v okroglih ceveh po Darcy-Weissbachovi enačbi

$$\Delta H = \frac{v^2}{2g} \times \lambda \left( \frac{L_{\text{skupno}}}{d} \right) \quad \text{z upoštevanjem enačbe volumskega pretoka } Q = A \cdot v, \text{ koeficienta trenja } \lambda$$

$$\left( \lambda \cong 124,6 \times n_G^2 \times d^{-1/3} \right) \quad \text{in Manningovega koeficienta hrapavosti } n_G = 0,012:$$

$$\Delta H = \frac{v^2}{2g} \times \lambda \left( \frac{L_{\text{skupno}}}{d} \right) = \frac{Q^2}{A^2 \times 2g} \times 124,6 \times n_G^2 \times \frac{1}{d^{1/3}} \times \frac{L_{\text{skupno}}}{d},$$

$$\Delta H = \frac{Q^2}{\frac{\pi^2 \times d^4}{16} \times 2g} \times 124,6 \times 0,012^2 \times \frac{1}{d^{1/3}} \times \frac{L_{\text{skupno}}}{d} = L_{\text{skupno}} \times \frac{10,29359 \times n_G^2}{d^{5,33333}} \times Q^2 (= L_{\text{skupno}} \times K \times Q^2).$$

Za praktično uporabo upoštevamo Manningov koeficient hrapavosti  $n_G = 0,012$ , tako da lahko izgubo tlaka  $\Delta H$  računamo po preprosti enačbi

$$\Delta H = L_{\text{skupno}} \times K \times Q^2,$$

pri čemer je koeficient  $K \left( K = \frac{10,29359 \times 0,012^2}{d^{5,33333}} \right)$  odvisen samo od notranjega premera cevi in ga odčitamo iz tabele 2,

pri čemer je:

$Q$  – pretok (v enačbo vstavljamo v l/s),

$K$  – koeficient, odvisen od premera cevi in trenja v cevi (podan v tabeli 2),

$\Delta E$  – izguba tlaka v ceveh (v metrih vodnega stebra), pogosto označena z  $\Delta H$ ,

$L$  – dolžina cevovoda (v enačbo vstavljamo v **kilometrih**).

$\Delta H/\text{km}$  – padec tlačne črte v metrih vodnega stebra na 1 km cevovoda (mVs/km).

Iz tabele 2 tudi lahko za izbrano cev odčitamo ploščino prečnega prereza cevi, pri izbranem pretoku pa hitrost vode v cevi in izgubo višine (tlaka) na 1 kilometer cevovoda. Izračun izgube tlaka s pomočjo tabele 2:

$$\Delta H = \Delta E = \left( L_{\text{skupno}} \times K \times Q^2 \right) L_{\text{skupno}} \times \Delta H/\text{km}.$$

Tabela 2. Hidravlično dimenzioniranje vodovodnih cevi

DN = d <sub>n</sub> [mm]	A [cm <sup>2</sup> ]	K	v [m/s]																		
			0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,3	2,6	3,0	
20	3,14	1706,5	Q [l/s]	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	
			ΔH [m/km]	6,7	15,2	26,9	42,1	60,6	82,6	107,8	136,4	168,4	203,8	242,5	330,1	431,2	545,7	673,7	890,9	1139,0	1608,0
40	12,57	42,326	Q [l/s]	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5	1,8	2,0	2,3	2,5	2,9	3,3	3,6
			ΔH [m/km]	2,7	6,0	10,7	16,7	24,1	32,8	42,8	54,1	66,8	80,9	96,2	131,0	171,1	216,6	267,4	353,6	451,8	601,5
60	28,27	4,869	Q [l/s]	0,6	0,8	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,5	2,8	3,1	3,4	4,0	4,5	5,1	5,7	6,5	7,4	8,5
			ΔH [m/km]	1,6	3,5	6,2	9,7	14,0	19,1	24,9	31,5	38,9	47,1	56,1	76,3	99,6	126,1	155,7	205,9	263,1	350,3
80	50,27	1,05	Q [l/s]	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	9,0	10,1	11,6	13,1	15,1
			ΔH [m/km]	1,1	2,4	4,2	6,6	9,5	13,0	17,0	21,5	26,5	32,1	38,2	52,0	67,9	85,9	108,1	140,3	179,3	238,7
100	78,54	0,3193	Q [l/s]	1,6	2,4	3,1	3,9	4,7	5,5	6,3	7,1	7,9	8,6	9,4	11,0	12,6	14,1	15,7	18,1	20,4	23,6
			ΔH [m/km]	0,8	1,8	3,2	4,9	7,1	9,7	12,6	16,0	19,7	23,8	28,4	38,6	50,4	63,8	78,8	104,2	133,2	177,3
125	122,7	0,09713	Q [l/s]	2,5	3,7	4,9	6,1	7,4	8,6	9,8	11,0	12,3	13,5	14,7	17,2	19,6	22,1	24,5	28,2	31,9	36,8
			ΔH [m/km]	0,6	1,3	2,3	3,7	5,3	7,2	9,4	11,8	14,6	17,7	21,1	28,7	37,4	47,4	58,5	77,4	98,9	131,6
150	176,7	0,03674	Q [l/s]	3,5	5,3	7,1	8,8	10,6	12,4	14,1	15,9	17,7	19,4	21,2	24,7	28,3	31,8	35,3	40,6	45,9	53,0
			ΔH [m/km]	0,5	1,0	1,8	2,9	4,1	5,6	7,3	9,3	11,5	13,9	16,5	22,5	29,4	37,2	45,9	60,7	77,5	103,2
200	314,2	0,00792	Q [l/s]	6,3	9,4	12,6	15,7	18,8	22,0	25,1	28,3	31,4	34,6	37,7	44,0	50,3	56,5	62,8	72,3	81,7	94,2
			ΔH [m/km]	0,3	0,7	1,3	2,0	2,8	3,8	5,0	6,3	7,8	9,5	11,3	15,3	20,0	25,3	31,3	41,4	52,8	70,4
250	490,9	0,002409	Q [l/s]	9,8	14,7	19,6	24,5	29,5	34,4	39,3	44,2	49,1	54,0	58,9	68,7	78,5	88,4	98,2	112,9	127,6	147,3
			ΔH [m/km]	0,2	0,5	0,9	1,5	2,1	2,8	3,7	4,7	5,8	7,0	8,4	11,4	14,9	18,8	23,2	30,7	39,2	52,2
300	706,9	0,0009111	Q [l/s]	14,1	21,2	28,3	35,3	42,4	49,5	56,5	63,6	70,7	77,8	84,8	99,0	113,1	127,2	141,4	162,6	183,8	212,1
			ΔH [m/km]	0,2	0,4	0,7	1,1	1,6	2,2	2,9	3,7	4,6	5,5	6,6	8,9	11,7	14,8	18,2	24,1	30,8	41,0
350	962,1	0,0004004	Q [l/s]	19,2	28,9	38,5	48,1	57,7	67,3	77,0	86,6	96,2	105,8	115,5	134,7	153,9	173,2	192,4	221,3	250,1	288,6
			ΔH [m/km]	0,1	0,3	0,6	0,9	1,3	1,8	2,4	3,0	3,7	4,5	5,3	7,3	9,5	12,0	14,8	19,6	25,1	33,4
400	1256	0,0001964	Q [l/s]	25,1	37,7	50,3	62,8	75,4	88,0	100,5	113,1	125,7	138,2	150,8	175,9	201,1	226,2	251,3	289,0	326,7	377,0
			ΔH [m/km]	0,1	0,3	0,5	0,8	1,1	1,5	2,0	2,5	3,1	3,8	4,5	6,1	7,9	10,1	12,4	16,4	21,0	27,9
500	1963	0,0000597	Q [l/s]	39,3	58,9	78,5	98,2	117,8	137,4	157,1	176,7	196,3	216,0	235,6	274,9	314,2	353,4	392,7	451,6	510,5	589,0
			ΔH [m/km]	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,1	1,5	1,9	2,3	2,8	3,3	4,5	5,9	7,5	9,2	12,2	15,8	20,7

**1. primer:**

(20 TOČK) Po 1200 metrov dolgem cevovodu iz duktilnih cevi (nodularne litine) notranjega premera 200 mm (K = 0,00792) oskrbujemo porabnike, ki leže na koti 303 metre iz vodohrana, ki leži na koti 360 metrov. Največji pretok je 29 l/s.

**Izračunajte:**

- a. (2 točki): ploščino prečnega prereza cevi;
- b. (4 točke): hitrost vode v cevi;
- c. (6 točk): skupne izgube tlaka v cevi (za lokalne izgube upoštevajte, da so 8 % linijskih);
- č. (2 točki): ugotovite, ali največji pritisk pri porabnikih preseže dovoljeni pritisk, ki ga podajajo predpisi;
- d. (2 točki): ugotovite, ali manjši pritisk pri porabnikih brez dodatne črpalke doseže za gašenje zahtevane 4 bare;
- e. (4 točke): narišite vzdolžni profil z vrisano hidrostatično in hidravlično črto.

**Rešitev 1. primera:**

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \times 2^2}{4} = 3,14 \text{ dm}^2.$$

a). Izračun ploščine prečnega prereza cevi:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{29 \text{ l/s}}{3,14 \text{ dm}^2} = 9,23 \text{ dm/s} = 0,923 \text{ m/s}.$$

b). Izračun hitrosti vode v cevi:

c). Izračun skupnih izgub tlaka v cevi (lokalne izgube so upoštevane kot 8 % linijskih):

$$\Delta H = \Delta E = L_{skupno} \times K \times Q^2 = 1,2 \times \left(1 + \frac{8}{100}\right) \text{ km} \times 0,00792 \times 29^2 \text{ (l/s)}^2 = 8,63 \text{ m}.$$

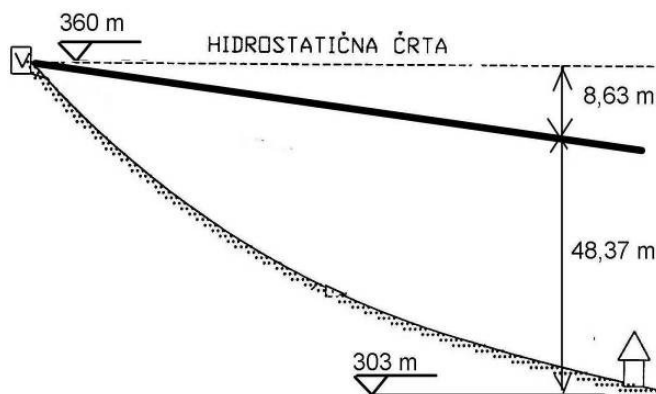
č). Dokaz, da tlak ne preseže predpisanih 7 barov:

$$H_{dejmax} = 360 - 303 = 57 \text{ m} < H_{max} = 70 \text{ m (7 barov)}.$$

d). Dokaz, da tlak doseže predpisane 4 bare:

$$H_{dejmin} = 360 - 303 - 8,63 = 48,37 \text{ m} > H_{min} = 40 \text{ m (4 bare)}.$$

e) Skica vzdolžnega prereza z vrisano hidravlično in tlačno črto (slika 33):



Slika 33: Skica vzdolžnega prereza k primeru 1  
Vir: Lasten

## 2. primer:

**(20 TOČKI)** Po 1.700 metrov dolgem tlačnem cevovodu potiskamo vodo iz črpalnice  $Q = 52$  l/s, ki leži na koti 212 m, v vodohran, ki leži na koti 275 m. Izberite gospodarni premer cevi in izračunajte višino črpanja. Lokalne izgube tlaka upoštevajte s 3-odstotnim pribitkom dolžine. Iz tabele 1 razberemo, da je za pretok 52 l/s primeren notranji premer cevi 250 mm.

### Izračunajte:

- (2 točki):** ploščino prečnega prereza cevi;
- (4 točke):** hitrost vode v cevi;
- (7 točk):** skupne izgube tlaka v cevi (za lokalne izgube upoštevajte, da so 3 % linijskih);
- (1 točka):** geodetsko višino;
- (2 točki):** črpalno višino;
- (4 točke):** narišite vzdolžni profil od črpalnice do vodohrana z vrisano tlačno črto.

### Rešitev 2. primera:

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \times 2,5^2}{4} = 4,91 \text{ dm}^2.$$

a). Izračun ploščine prečnega prereza cevi:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{52 \text{ l/s}}{4,91 \text{ dm}^2} = 10,6 \text{ dm/s} = 1,06 \text{ m/s}.$$

b). Izračun hitrosti vode v cevi:

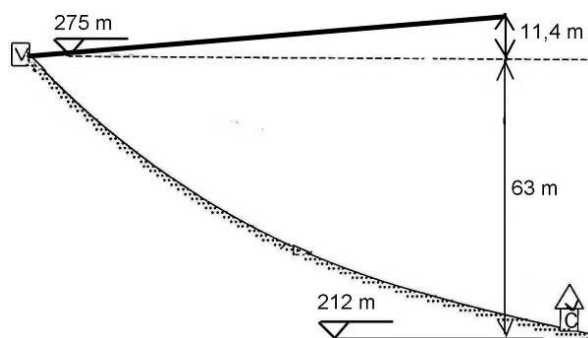
c). Izračun skupnih izgub tlaka v cevi (lokalne izgube so upoštevane kot 3 % linijskih):

$$\Delta H = \Delta E = L_{\text{skupno}} \times K \times Q^2 = 1,7 \times \left(1 + \frac{3}{100}\right) \text{ km} \times 0,002409 \times 52^2 \text{ (l/s)}^2 = 11,4 \text{ m}.$$

č). Izračun geodetske višine:  $H_{\text{geod}} = H_{\text{vodohrana}} - H_{\text{črpalnice}} = (275 - 212) = 63 \text{ m}.$

d). Izračun črpalne višine:  $H_{\text{črpanja}} = H_{\text{geod}} + \Delta H = (275 - 212) + 11,4 = 74,4 \text{ m}.$  Ta podatek nam tudi pove, da je največji tlak vode v cevi tik ob črpalnici 7,44 bara, ob iztoku v vodohran pa je 0 barov!

e) Skica vzdolžnega prereza z vrisano hidravlično in tlačno črto (slika 34):



Slika 34: Skica vzdolžnega prereza k primeru 2  
Vir: Lasten

### 3. primer:

(20 TOČEK) S pomočjo tabel 1 in 2 ter izračuna rešite naslednjo nalogo: po 900 metrov dolgem sekundarnem cevovodu oskrbujemo porabnike, ki leže na koti 133 metre iz vodohrana, ki leži na koti 170 metrov. Največji urni pretok, brez upoštevanja požara, je 1 l/s. Najmanjši dovoljeni tlak je 2 bara, največji pa 6 barov. Lokalne izgube so 10 %.

**Izberite, izračunajte, ugotovite:**

- (4 točke): primeren premer cevi;
- (2 točki): iz tabele 2 odčitajte ploščino prečnega prereza cevi;
- (4 točke): hitrost vode v cevi;
- (2 točki): linijske izgube tlaka v cevi;
- (2 točki): lokalne izgube tlaka v cevi;
- (2 točki): skupne izgube tlaka v cevi;
- (2 točki): ugotovite, ali največji pritisk pri porabnikih ne preseže dovoljenih 6 barov;
- (2 točki): ugotovite, ali manjši pritisk pri porabnikih doseže zahtevana 2 bara.

#### Rešitev 3. primera:

a. Izbira primerne premera cevi: za gašenje požara je potreben najmanjši pretok 10 l/s, zato iz tabele 2 lahko izberem premer vsaj 100 mm, ki se izkaže kot slaba rešitev: za  $d_N$  100 je pretok 11 l/s pri preveliki hitrosti 1,4 m/s in ogromni izgubi tlaka 38,6 m/1 km cevovoda. Zato se odločimo za  $d_N$  125, kjer je pretok 11 l/s pri hitrosti 0,9 m/s in izgubi tlaka 11,8 m/1 km cevovoda.

b. Iz tabele 2 za  $d_N$  125 odčitamo ploščino prečnega prereza cevi:  $A = 122,7 \text{ cm}^2$ ;

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{10 \text{ l/s}}{1,227 \text{ dm}^2} = 8,15 \text{ dm/s} = 0,815 \text{ m/s}.$$

c. Izračun hitrosti vode v cevi:

č. Izračun linijskih izgub tlaka v cevi:

$$\Delta H = \Delta E = L \times K \times Q^2 = 0,9 \text{ km} \times 0,09713 \times 10^2 \text{ (l/s)}^2 = 8,74 \text{ m}.$$

d. Izračun lokalnih izgub tlaka v cevi:

$$\Delta H = \Delta E = L \times K \times Q^2 = 0,9 \times \frac{10}{100} \text{ km} \times 0,09713 \times 10^2 \text{ (l/s)}^2 = 0,87 \text{ m}.$$

e. Izračun skupnih izgub tlaka v cevi:  $\Delta H = \Delta H_{\text{linijske}} + \Delta H_{\text{lokalne}} = 8,74 + 0,87 = 9,61 \text{ m}$

$$\Delta H = \Delta E = L_{\text{skupno}} \times K \times Q^2 = 0,9 \times \left(1 + \frac{10}{100}\right) \text{ km} \times 0,09713 \times 10^2 \text{ (l/s)}^2 = 9,61 \text{ m}.$$

ali

f. Ugotovitev, ali največji pritisk pri porabnikih ne preseže dovoljenih 6 barov:

$$H_{\text{dejmax}} = 170 - 133 = 37 \text{ m} < H_{\text{max}} = 60 \text{ m (6 barov)}$$

g. Ugotovitev, ali manjši pritisk pri porabnikih doseže zahtevana 2 bara:

$$H_{\text{dejmin}} = 170 - 133 - 9,61 = 27,39 \text{ m} > H_{\text{min}} = 20 \text{ m (2 bara)}.$$



## Povzetek

Kot vemo, pri snovanju vodovodnih sistemov izhajamo iz že določene lege zajetja, črpalnice, vodohrana, porabnikov in drugih naprav, nato pa izračunamo pretoke v ceveh omrežja. Te cevi moramo dimenzionirati – notranje premere izbrati tako, da bo tlak v sekundarnem omrežju (pri uporabnikih) v dovoljenih mejah, v ostalih cevovodih pa tako, da izgube tlaka ne bodo prevelike. Vsi izračuni cevi temeljijo na osnovni enačbi pretoka, po kateri je pretok produkt (zmnožek) hitrosti vode v cevi in prečnega prereza cevi ( $Q = v \cdot A$ ). Pri tem upoštevamo osnovno vodilo, da je gospodarna hitrost vode v ceveh približno 1 m/s. Natančnejše podatke o gospodarnih hitrostih in pretokih za različne premere cevi odčitamo iz tabele 1.

Pri vseh ceveh preverjamo tudi največji dejanski tlak (hidrostatični tlak), ki ga povzroča teža vode nad merskim mestom. Tlak  $p$  je produkt prostorninske mase tekočine (gostote)  $\rho$ , zemeljskega pospeška in globine vode ( $h$ ):  $p = \rho \cdot g \cdot h$ . V skicah je to navpična razdalja med merskim mestom in hidrostatično črto, ki jo podaja gladina vode. V tlačnih vodih pa je hidrostatični tlak (merjen v metrih) enak črpalni višini.

Zaradi trenja vode ob steno cevi nastajajo linijske izgube tlaka, v kolenih, odcepkih, zožitvah, zasunih, vtokih, iztokih, vodomerih, ... pa lokalne. Linijske izgube so odvisne od kvadrata hitrosti vode (tudi kvadrata pretoka vode), dolžine cevi, premera cevi in koeficienta trenja, ki je odvisen od hrapavosti cevi. Za vsako vrsto lokalnih izgub so avtorji sestavili enačbe in tabele. V praksi jih lahko upoštevamo kar s pribitkom dolžine cevovoda, ki ga računamo (računsko dolžino povečamo za 5-10 %, odvisno od števila lokalnih motenj na cevovodu).

V praksi izgubo tlaka v cevi (v odvisnosti od notranjega premera cevi) kar odčitamo iz tabel (glejte tabelo 2), kjer je podana izguba tlaka  $\Delta H$  v m na km cevovoda, pa tudi pretok  $Q$  ter hitrost vode  $v$ . Z

uporabo koeficienta  $K$  iz iste tabele računamo izgube tlaka po enačbi  $\Delta H = L_{\text{skupno}} \cdot K \cdot Q^2$ , v kateri je upoštevan koeficient hrapavosti  $n_G = 0,012$ . V enačbo moramo vstaviti pretok  $Q$  v l/s, dolžino cevovoda pa v km, saj je temu primerno zapisan koeficient  $K$ . Pri računanju moramo seveda upoštevati, da izgube tlaka v razdelilnem cevovodu (med vodohranom in uporabniki) tlak zmanjšujejo. Pri črpanju vode v vodohran pa moramo poleg premagovanja višine črpanja (zapisano kot geodetska višina), dodatno črpati še za višino linijskih in lokalnih izgub tlaka.

## Preverjanje razumevanja

1. Zapišite enačbo za volumski pretok. Pojasnite, kaj pomenijo simboli, zapišite enote.
2. V katerih enotah je običajno podan pretok v vodovodnih ceveh?
3. \*V cevovodu notranjega premera 150 mm teče voda s hitrostjo 0,85 m/s. Izračunajte pretok.
4. \*V cevovodu notranjega premera 300 mm je pretok vode 65 l/s. Izračunajte hitrost vode.
5. \*Pretok vode v cevovodu je 6 l/s, hitrost vode naj bo približno 0,7 m/s. Izračunajte potrebni notranji premer cevi.
6. Pojasnite, kaj sta hidrostatična črta in hidrostatični tlak.
7. Pojasnite, kaj povzroča hidrostatični tlak.
8. Kolikšna višina vode povzroča hidrostatični tlak 1 bara?
9. \*Zapišite enačbo za izračun hidrostatičnega tlak in zapišite simbole.
10. Izračunajte hidrostatični tlak vode v hiši, ki leži na nadmorski višini 329 m, če je raven vode v vodohranu na koti 250 m (voda v vodovodnem sistemu miruje).
11. V vzdolžnem prerezu narišite vodohran in porabnike. Vrišite tudi hidrostatično in tlačno (hidravlično) črto.
12. Predstavite linijske in lokalne izgube tlaka v cevovodih.
13. Razložite, zakaj je v vodovodnih sistemih dejanski tlak nižji od hidrostatičnega.
14. \*Napišite in razložite Darcy-Weissbachovo enačbo, iz katere je razvidno, od česa so odvisne linijske in lokalne izgube tlaka v cevovodih.

15. \*\*V vzdolžni profil razdelilnega cevovoda vrišemo eno hidrostatično in eno tlačno črto, možno pa bi bilo v vsakem sistemu narisati neskončno število tlačnih črt. Katero od teh smo narisali mi? Zakaj ostalih ne rišemo?
16. Zapišite enostavno enačbo, s katero v praksi s pomočjo koeficienta  $K$  računamo izgube tlaka. Pojasnite, kaj pomenijo simboli.
17. Pojasnite, kaj računamo z enačbo  $\Delta H = L_{\text{skupno}} \times K \times Q^2$ . Pojasnite, kaj pomenijo simboli. V katerih enotah vstavljamo  $L_{\text{skupno}}$ ,  $Q$  in v kateri enoti je izračunani  $\Delta H$ ?
18. Pojasnite, kako približno upoštevamo lokalne izgube tlaka v cevovodu.
19. \*Za izbrano cev izračunamo pretok in skupne izgube tlaka. Kako iz teh dveh podatkov vemo, da smo izbrali primerno cev?
20. \*Na primeru cevovoda med vodohranom in porabniki razložite povezavo med hidrostatično in tlačno črto ter skupnimi izgubami tlaka v cevovodu.
21. \*Na primeru tlačnega cevovoda med črpalnico in vodohranom razložite povezavo med hidrostatično črto, skupnimi izgubami tlaka v cevovodu in višino črpanja.
22. **\*\* (20 TOČK)** Po 700 metrov dolgem cevovodu iz duktil cevi (nodularne litine) notranjega premera 80 mm ( $K = 1,05$ ) oskrbujemo porabnike, ki leže na koti 23 metre iz vodohrana, ki leži na koti 81 metrov. Največji pretok je 3,7 l/s.

**Izračunajte:**

- a. (2 točki): ploščino prečnega prereza cevi;
- b. (4 točke): hitrost vode v cevi;
- c. (2 točki): linijske izgube tlaka v cevi;
- d. (2 točki): lokalne izgube tlaka v cevi (za lokalne izgube upoštevajte, da so 8 % linijskih);
- e. (2 točki): ugotovite, ali največji pritisk pri porabnikih preseže dovoljeni pritisk 7 barov;
- f. (2 točki): ugotovite, ali manjši pritisk pri porabnikih brez dodatne črpalke doseže za gašenje zahtevane 4 bare;
- g. (4 točke): narišite vzdolžni profil z vrisano hidrostatično in hidravlično črto:
23. **\*\* (20 TOČK)** Po 900 metrov dolgem tlačnem cevovodu notranjega premera 400mm potiskamo vodo iz črpalnice  $Q = 210$  l/s, ki leži na koti 251 m, v vodohran, ki leži na koti 415 m.

**Izračunajte:**

- a. (2 točki): ploščino prečnega prereza cevi;
- b. (3 točke): hitrost vode v cevi;
- c. (4 točke): skupne izgube tlaka v cevi (za lokalne izgube upoštevajte, da so 5 % linijskih);
- č. (2 točki): geodetsko višino;
- d. (3 točke): črpalno višino;
- e. (4 točke): \*\*\*poskusite ugotoviti (izračunati) kolikšen je dejanski tlak vode v cevovodu na 0, 300, 600 in 900 m od črpalnice proti vodohranu;
- f. (3 točke): narišite vzdolžni prerez od črpalnice do vodohrana z vrisano tlačno črto.
24. **\*\* (20 TOČK)** Po 1.100 metrov dolgem cevovodu notranjega premera 100 mm ( $K = 0,3193$ ) oskrbujemo porabnike, ki leže na koti 200 metrov iz vodohrana, ki leži na koti 262 metrov. Pretok je 8 l/s.

**Izračunajte:**

- a. (2 točki): ploščino prečnega prereza cevi;
- b. (4 točke): hitrost vode v cevi;
- c. (2 točki): linijske izgube tlaka v cevi;

- č. (2 točki): lokalne izgube tlaka v cevi (za lokalne izgube upoštevajte, da so 12 % linijskih);
- d. (2 točki): skupne izgube tlaka v cevi;
- e. (2 točki): ugotovite, ali največji pritisk pri porabnikih preseže dovoljeni pritisk 6 barov (\*\*\*) razmislite! V praksi dejanski pritisk nikoli ne bi presegel 6 barov. Zakaj ne?);
- f. (2 točki): ugotovite, ali manjši pritisk pri porabnikih doseže predpisana 2 bara;
- g. (4 točke): narišite vzdolžni profil z vrisano hidrostatično in hidravlično črto.
25. **\*\* (20 TOČK)**: Po 3.000 metrov dolgem tlačnem cevovodu potiskamo vodo iz črpalnice  $Q = 140$  l/s, ki leži na koti 333 m, v vodohran, ki leži na koti 404 m. Izberite gospodaren premer cevi in izračunajte višino črpanja. Lokalne izgube tlaka zanemarite. Primeren premer cevi izberite po tabeli 1, koeficient  $K$  odčitajte sami (tabela 2).
- a. (2 točki): Iz tabele 2 prepisite ploščino prečnega prereza cevi.
- b. (3 točke): Izračunajte hitrost vode v cevi.
- c. (4 točke): Izračunajte skupne izgube tlaka v cevi (lokalne izgube zanemarite).
- č. (2 točki): Izračunajte geodetsko višino.
- d. (3 točke): Izračunajte črpalno višino.
- e. (4 točke): Koliko barske cevi potrebujemo? Na katerem odseku bi zadostovale 6 barske cevi?
- f. (3 točke): Narišite vzdolžni prerez od črpalnice do vodohrana z vrisano tlačno črto.

## 6 VODOVODNO OMREŽJE

### Uvod v poglavje

Ta četrtek imate služben razgovor v Londonu. Pa boste res šli? Kar nekaj pogojev mora biti izpolnjenih: ali je ob četrtkih letalska povezava Ljubljane z Londonom? Ali je še prost sedež na letalu? Ali bodo vremenske razmere dovoljevale let? Kaj če bodo letalski prevozniki stavkali? Mogoče bo zjutraj na cesti prometni zastoj in boste zamudili letalo. Kar nekaj pogojev mora biti izpolnjenih, da sistem deluje, pa še Murphy se lahko vtakne na primer s »Tudi tisto, kar se očitno ne more skaziti, se skazi«.

Pri vodovodu zahtevamo zanesljivo dobavo vode z ustreznim tlakom, zato morajo biti ves vodovodni sistem zasnovan in naprave vgrajene tako, da bo sistem deloval brez nevšečnosti vso plansko dobo (običajno 30 let). Zaradi vzdrževanja, popravil, čiščenja naprav so nekatere podvojene, tako da ena obratuje, druga je v rezervi. Seveda lažje zagotavljamo varnost obratovanja v večjih sistemih, kjer imamo več zajetij, črpališč in vodohranov, pa tudi sistem napajanja porabnikov je krožni.

Seveda moramo vse naprave strokovno povezati v kakovosten sistem, jih primerno dimenzionirati, zgraditi in vzdrževati. Katere naprave potrebujemo, smo na kratko razložili v poglavju vodovodni sistemi, tu pa bomo natančneje predstavili vse naprave (od zajetja, črpališča, cevovodov, vodohrana do internega priključka), ki jih potrebujemo za delovanje vodovodnega sistema.

Že v prejšnjih poglavjih smo omenili osnovne elemente vodovodnega omrežja – vemo, da moramo vodo nekje zajeti, nato jo običajno po tlačnem cevovodu črpamo v vodohran, od koder po ceveh odteka do porabnikov. Za zanesljivo in gospodarno delovanje vodovodnih omrežij potrebujemo naslednje skupine naprav in inštalacij:

- naprave za pridobivanje in pripravo vode (zajetja, vodnjaki, kapnice) – poglavje 6.1,
- naprave za črpanje vode (črpalnice s črpalkami) – poglavje 6.2,
- naprave za transport in razdeljevanje vode (cevovodi, vodovodno omrežje) – poglavje 6.3,
- naprave za hranjenje vode (vodohrani) – poglavje 6.4,
- naprave za uravnavanje vodnega tlaka (razbremenilniki, prečrpalnice) – poglavje 6.5,
- vodovodni priključki – poglavje 6.3.6,
- interne (hišne) vodovodne napeljave,
- nadzorni centri, regulacijske in telemetrijske postaje,
- pomožni objekti (upravno poslopje, upravljavca, delavnice, skladišča).

### 6.1 NAPRAVE ZA ZAJEM VODE

V njih zajemamo pitno vodo iz:

- izvirov,
- podtalnice,
- odprtih vodotokov (potoki, reke, jezera) – zaradi onesnaženosti le redko,
- padavinske vode (deževnice) – samo za posamezne uporabnike,
- drugi sistemi, ki se pri nas ne uporabljajo (razsoljevanje morske vode, taljenje ledenikov).

Pri izbiri vodnega vira upoštevamo razpoložljivost virov in njihove karakteristike (kakovost vode, izdatnost in zanesljivost vira in spreminjanje odtoka, ceno gradnje in izkoriščanja vode), gostoto poselitve, število uporabnikov ob koncu dobe, za katero vodovod projektiramo (vsaj 20 let), oddaljenost vira od porabnikov, ekonomske možnosti.

#### 6.1.1 Zajem izvira

Izvir imenujemo podzemno vodo, ki priteče na površje, njegovo vodo pa izvorna voda. Glede na vrste kamnin ali zemljine, plastovitosti, razpokanosti, prelomov, lege vodonosne plasti ločimo različne

izvire: slojni, kraški, arteški, izviri v razpoki, kar tudi vpliva na način zajema in izvedbo objekta, v katerem zajemamo vodo.

Za zajem izvirske vode se odločamo zaradi njihove pogostosti, pa tudi kakovosti vode, ki je praviloma dobra, če ni onesnažena pri slabo narejenem ali slabo zaščitenem izviru. Žal so izdatnosti izvirov običajno manjše, zato običajno ne zadoščajo za večje sisteme. Pri načrtovanju zajetja **preverjamo**:

- kakovost vode predvsem ob največjem pretoku (ko je kakovost najslabša!),
- nihanje temperature vode,
- izdatnost izvira (v sušnem obdobju, običajno konec poletja) – merimo vsaj dve leti,
- nihanje izdatnosti, ki naj bo čim manjše  $\frac{Q_{\max}}{Q_{\min}} < 20$ , kar je eden izmed pogojev za kakovost vode.

Pri **načrtovanju in izvedbi** zajetja upoštevamo:

- vrsto in značilnosti izvira,
- lego vodonosne plasti,
- izdatnost vodnega vira,
- vsebnost peska.

Okolica izvira je lahko onesnažena zaradi rastlin, živali, v izvir se pogosto izceja neodvedena padavinska voda iz okolice. Zato je pomembno, da vodo zajemamo čim globlje, tako da z izkopom pravokotno na plastnice po neprepustni plasti sledimo vodnemu toku v notranjost. Pri tem sledimo najmočnejšemu toku. Voda običajno izvira na enem mestu, zato tedaj izberemo **točkovni izvir**. Če se voda izceja v širino, vodo prestrezamo v drenaži, kar imenujemo **zajem izvira v plasti**.

Pri izvedbi upoštevamo:

- vodo zajemamo čim globlje,
- da čim manj vode odteka mimo zajetja (zajem tik nad neprepustno plastjo, glineni naboj, bočna krila pri točkovnih izviri),
- da se vtok vode ne zamaši (ob samem zajetju, pri vtoku vode v objekt ali drenažne cevi: ustrezen enoplastni ali večplastni filter iz agregata ustrezne oblike in granulacije),
- da vodo v zajetju ne onesnažimo (vgradimo neprepustne plasti nad zajetjem).

Objekti za pridobivanje, črpanje in hranjenje vode v prvem vodovarstvenem pasu so (kot smo že zapisali v poglavju 1.3) ograjeni z 2 m visoko ograjo, pogosto so zaščiteni z alarmnimi napravami, saj je kakovostna voda osnovna (strateška) surovina.

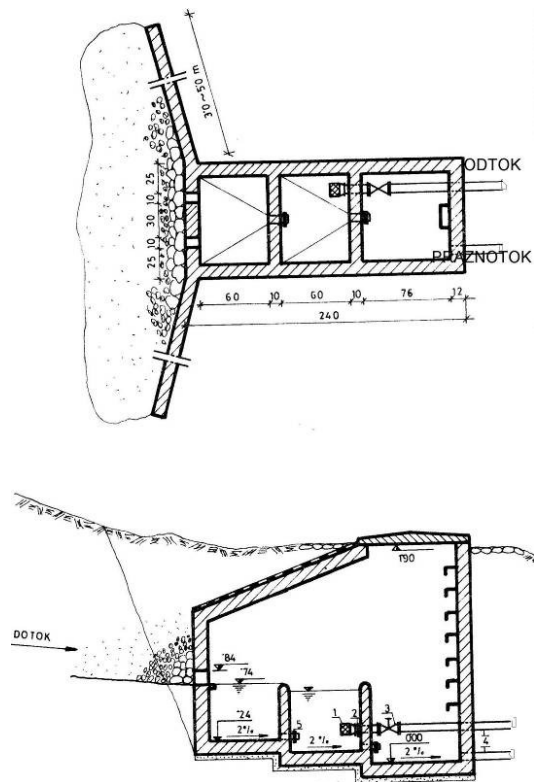
#### 6.1.1.1 Zajem točkovnega izvira

Točkovni izvir imenujemo tiste vrste izvirov, kjer voda priteče iz zemlje na enem mestu. Ko geologi in hidrologi ugotovijo, da je izvir primeren za zajetje (voda je kakovostna in v zadostni količini, okolica ni onesnažena), izvir ocenimo in primerjamo z drugimi, prav tako primernimi izviri. Pomembna je oddaljenost izvira od porabnikov, pa tudi cena gradnje.

Točkovni izvir zajemamo glede na terenske razmere, zemljino, količino zajete vode, vrste izvira, lego in nagib neprepustne plasti v železobetonskem objektu (slika 35):

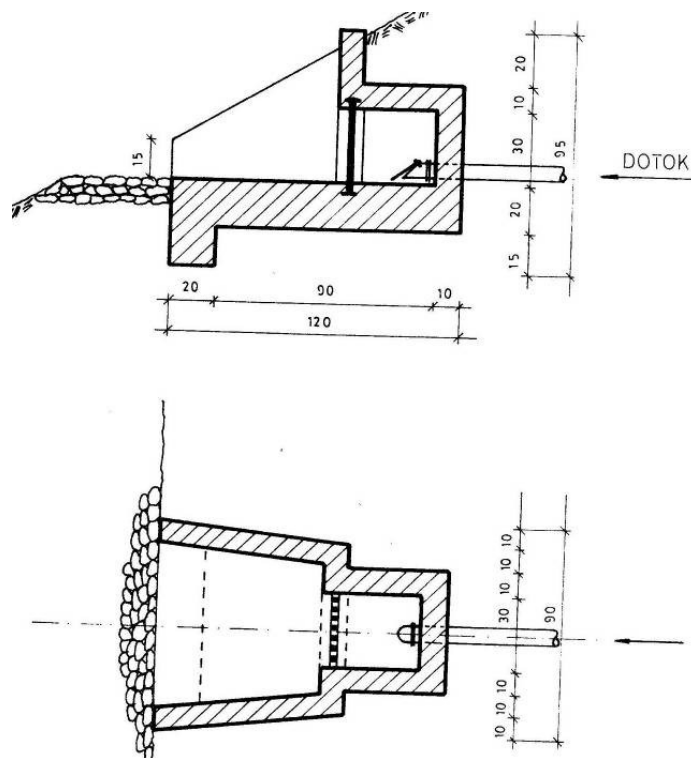
- ki leži na neprepustni plasti nekaj metrov pod površjem,
- ki je enkraten po velikosti, obliki, številu vodnih komor, načinu vstopa (skozi vrata ali jašek),
- ima bočna krila ali ne,
- ki ima armaturno in eno ali dve vodni celici, v katerih je nameščen sesalni koš (obvezno z odzračevalnim ventilom) z odtokom v črpalnico ali v vodohran,
- kjer je nameščen preliv, talni izpust ali talni izpust s sifonom – voda pa speljana v strugo vodotoka, kamor se zliva preko žabjega poklopca (slika 37),
- ki ima lahko dodatna bočna krila, ki preprečujejo odtok vode mimo objekta,





Slika 36: Zajetje izvira v preprostem objektu z umirjevalno komoro in bočnimi krili (tloris, prerez)

Vir: Petrešin E., 1988



Slika 37: Izpustna glava pri objektih in blatnikih – tloris in prerez

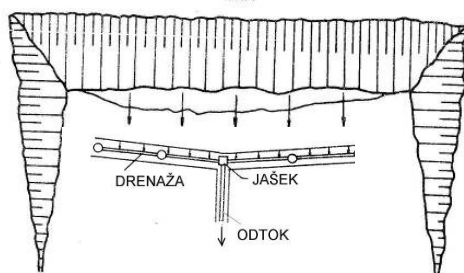
Vir: Lasten

## 6.1.1.2 Zajem izvira v plasti

Vodo, ki izvira na strmem terenu na večji širini, zajemamo z drenažo, podobno tisti, s katero odvajamo nezaželeno vodo iz okolice objektov. Pri zajemu pitne vode moramo seveda poskrbeti za neoporečnost vode, kar je težje kot pri točkovnem izvira.

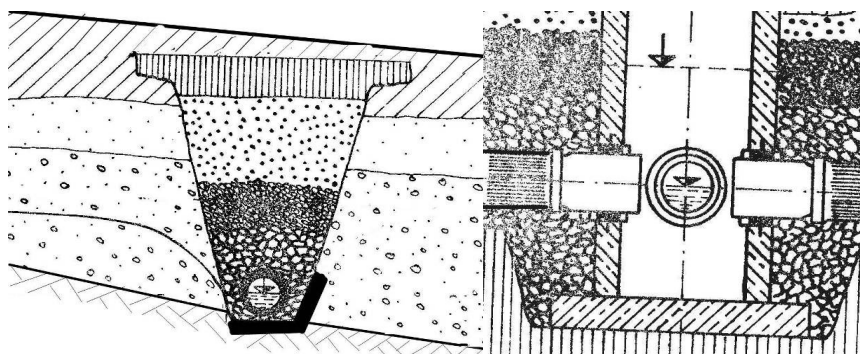
Deli in značilnosti izvira v plasti so:

- za zajem vode vgrajujemo perforirane PVC-cevi premera vsaj 200 mm, kar je odvisno od izdatnosti izvira in potrebne količine pitne vode,
- ležišče cevi in drugo bočno stran cevi, ki leži stran od dotoka vode, zaščitimo z glinenim nabojem ali neprepustnim betonom,
- cev obsujemo z grobim, nato finejšim enoznatim, kamenim agregatom (najbolje prodom),
- nad kamenim agregatom položimo plast gline(glineni naboj), včasih tudi betonsko ploščo, s čimer preprečimo dotok deževnice v območje drenaže,
- na stiku drenažnih cevi z odtokom vgradimo navpični zbirni jašek (vsaj premera 1000 mm),kamor se v usedalnik usedajo drobni delci. Jašek služi tudi za nadzor in po potrebi tudi za čiščenje drenažnih cevi (slika 38). Na sliki so vrisani še dodatni vertikalni jaški, ki omogočajo nadzor in čiščenje daljših drenaž,
- jašek (jaške) odzračujemo,
- jašek (jaške) pokrijemo z vodotesnim pokrovom,
- vodo zbirnega jaška pogosto napeljemo v objekt, kjer odzvem ločimo od praznotoka (slika 40).



Slika 38: Zajem plastovitih izvirov z drenažo –tloris

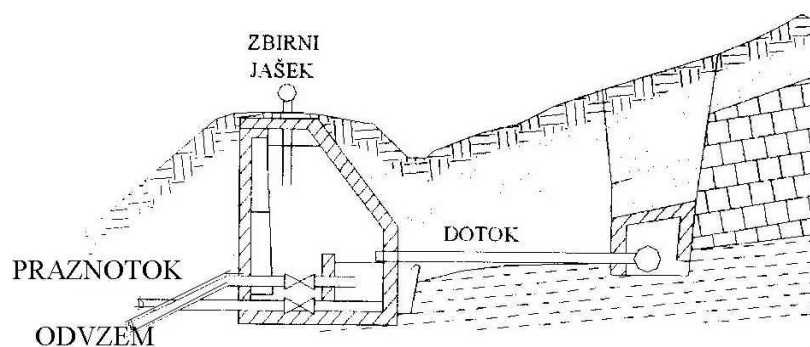
Vir: Lasten



Slika 39: Zajem plastovitih izvirov z drenažo – prečni in vzdolžni prerez

Vir: Petrešin E., 1988





Slika 40: Odtok iz drenaže je speljan v manjši objekt (prerez)  
Vir: Petrešin E., 1988

Če povzamemo: izvirna voda je praviloma kakovostna, zato jo pogosto zajemamo v točkovnih izviroh, redkeje v izviroh v plasti. Armiranobetonski objekt točkovnega izvira je vkopan, v vodni celici zajeta voda teče neposredno v vodohran ali v črpalnico. Višek vode odteka preko preliva in se preko izpusta z žabjim poklopcem zliva v strugo. Vstopamo v armaturno celico, kjer so ventili (zasuni). Kakovost vode zagotavljamo z zunanjo hidroizolacijo, glinenim nabojem nad vtokom v objekt, čistočo in ograjo okoli objekta.

Vodo, ki izvira v plasti, prestrezamo v drenažne cevi, položene vzporedno s plastnicami, vkopane v teren na neprepustni vodonosni plasti. Uspešen zajem vode zagotavljamo z glineno ali betonsko peto, ki preprečuje odtok vode mimo cevi, s primernim filtrnim slojem ob ceveh (najprej enozrnata groba frakcija, nato finejša). Nad filtrnim slojem je glinen naboj ali betonska plošča, kar preprečuje onesnaženje vode. Kakovost vode nadziramo v jaških, ki so zračeni, na dnu imajo tudi usedalnik.

### Preverjanje razumevanja

1. Naštejte naprave, ki jih potrebujemo za odvzem in dobavo pitne vode.
2. Naštejte vire vode, ki jih najpogosteje uporabljamo, ko zajemamo pitno vodo.
3. \*V čem se lahko med seboj razlikujejo izviri, ki jih želimo izkoristiti kot vodne vire?
4. \*Razložite, kaj, kdaj in kako preverjamo, ali je izvir primeren za zajem pitne vode.
5. \*Pojasnite, kako preverjamo in dokazujemo količino in kakovost vode predvidenega vodnega vira.
6. \* Zapišite osnovne smernice za načrtovanje in gradnjo armiranobetonskega objekta točkovnega zajetja.
7. \*\*Opišite in v prerezu skicirajte objekt, v katerem zajemamo vodo iz točkovnega izvira. Kdaj se odločimo za gradnjo?
8. \*Opišite, kako preprečujemo onesnaženje točkovnega izvira pred onesnaženjem.
9. \*\*Pojasnite, čemu in kam odteka voda po dveh ceveh, ki sta speljani iz objekta točkovnega izvira. Zakaj sta vgrajeni dve cevi?
10. Opišite in skicirajte žabji poklopec ter pojasnite njegov pomen.
11. Opišite zajem vode pri izviroh v plasti.
12. Pojasnite, kako pri izviroh v plasti preprečimo odtekanje vode mimo drenažnih cevi.
13. Opišite, kako pri izviroh preprečujemo onesnaženje s padavinsko vodo od zgoraj.
14. \*Razložite, kakšne so prednosti in pomanjkljivosti zajema izvira v plasti.

### 6.1.2 Zajem podtalnice (podzemne vode)

Na nepropustnih plasteh dolin Save, Drave, Dravinje, Soče, Sore, ... se med prodrom precejajo velike količine podzemne vode, kjer je marsikje plast kakovostne vode debela več deset metrov, iz katere napajamo največja slovenska mesta. Tudi v dolinah z manj prepustnimi laporji ali glinenimi skrilavci se nahajajo manjše količine podtalnice, ki se preceja počasneje. S to podzemno vodo oskrbujemo posamezne uporabnike in manjša naselja.

#### Značilnosti podtalnice:

- podtalnica je voda v tleh, na neprepustni(h) plasti (eh), ki se napaja z meteorno, pogosto tudi z rečno vodo. Če količina podtalnice ne zadošča, jo lahko umetno bogatimo (glejte 2. poglavje);
- podzemna voda se lahko nahaja v eni plasti ali več v plasteh, ločenih z neprepustno plastjo;
- voda je praviloma kakovostna, saj se pri pretakanju čisti, ko se pretaka skozi plasti proda. Žal je kakovost podtalnice vedno slabša. Zaradi kmetovanja, neurejene kanalizacije, industrije, prometa je vedno bolj onesnažena z biološko nerazgradljivi polutanti;
- količina vode je pogosto velika;
- kot vir pitne vode je primerna za največje uporabnike: pri veliki količini vode in prepustnosti tal, kar je odvisno predvsem od vrste zemljine in zrnivosti;
- pri manjši izdatnosti podzemno vodo uporabljamo za oskrbo manjših uporabnikov.

#### Podzemno vodo črpamo z različnimi vodnjaki, ki se razlikujejo po:

- namenu črpanja (za večje ali manjše pretoke – količine vode),
- načinu izdelave (ločimo kopane, zabite in vrtane vodnjake),
- količini črpane vode (od nekaj 100 litrov na dan do 100 litrov na sekundo),
- globini črpanja (od 3 m do več kot 100 m), pri čemer pri zelo majhnih globinah ne moremo zagotoviti kakovostne vode,
- načinu črpanja (črpamo z ročnimi ali električnimi črpalkami, nameščenimi na vrhu vodnjaka, ki črpajo vodo iz globine do približno 8 metrov, ali s potopnimi črpalkami iz velikih globin),
- ceni gradnje, obratovanja in vzdrževanja.

#### Gradimo:

- **kopane vodnjake** (za posamezna gospodinjstva),
- **zabite** (Nortonove) vodnjake za zalivanje vrtov, napajanje živine, tudi za posamezna gospodinjstva) – težko zagotavljamo neoporečnost vode,
- **vrtane** vodnjake (za javne vodovode).

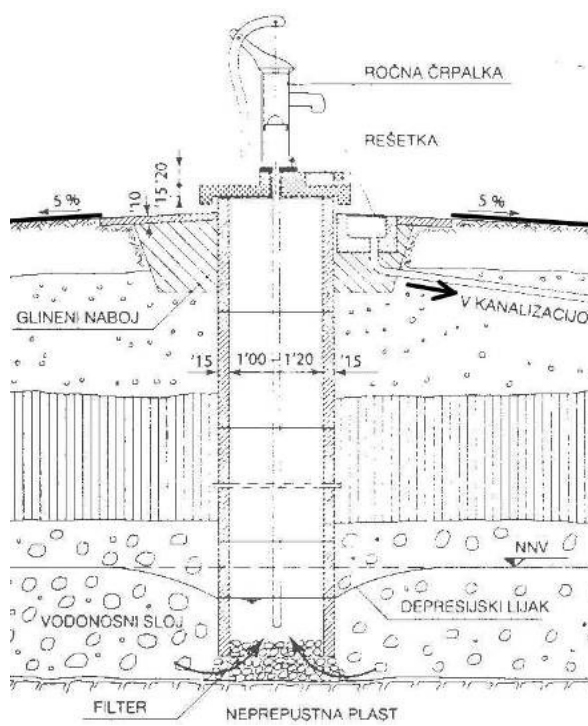
#### 6.1.2.1 Kopani vodnjaki

V Sloveniji jih je veliko. Pred časom gradnje javnih vodovodnih sistemov so bili poleg izvirov skoraj edini vir pitne vode. Danes novih ne kopljemo več. Po Pravilniku o pitni vodi (Uradni list RS 19/2004) na območjih z javnim vodovodom ni dovoljena oskrba z lastno vodo, praktično povsod so uporabniki priključeni na javne vodovode. Premalo pa se zavedamo, da bi morali obstoječe kopane vodnjake skrbno vzdrževati kot strateško preskrbo s pitno vodo ob naravnih nesrečah (predvsem potresih), ko bi bilo lahko javno vodovodno omrežje tako poškodovano, da bi bila prekinjena dobava pitne vode. Obstoječi kopani vodnjaki so pogosto zanemarjeni, polni nesnage in žal celo onesnažujejo podtalnico.

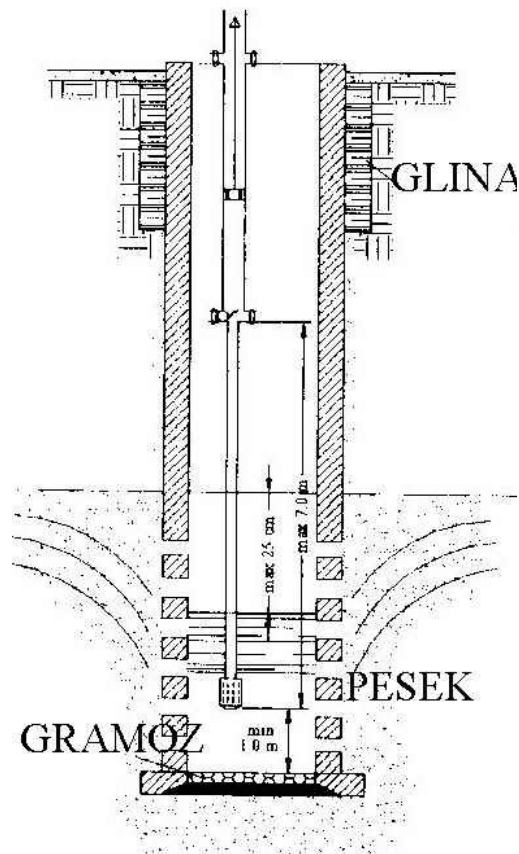
Ker kopanih vodnjakov ne gradimo več, so podatki o njih zgolj informativni.



Slika 41: Kopani vodnjak (obzidava s kamni)  
Vir: Lasten



Slika 42: Kopani vodnjak (prerez)  
Vir: Lasten



Slika 43: Kopani vodnjak (prerez)

Vir: Lasten

#### Značilnosti kopanih vodnjakov:

- so krožnega prereza, notranji premer je 0,80 do 1,20 metra, pa tudi več metrov,
- debelina betonske stene je 10 % notranjega premera vodnjaka + 5 do 10 cm,
- običajno so globoki do 10 metrov (včasih tudi nad 100 m),
- uporabni so tudi za šibke vodonosne sloje, saj se v njih voda zbira,
- izdatnost kopanih vodnjakov je pri dobri prepustnosti tal približno 1 liter vode na sekundo na m<sup>2</sup> tlorisa.

#### Navodila za gradnjo kopanih vodnjakov:

- danes jih le kopljemo redko: gradnja je bila draga, zahtevna in nevarna,
- izkopali so jih zgodaj jeseni, ko je bila podtalnica najnižja,
- zidovi morajo segati pod gladino najnižje vode,
- vodnjaki se napajajo z vodo skozi dno, na katero so nasuli filtrirni prodec ali drobljenec; pri majhni izdatnosti vodnjaka je voda pritekala tudi skozi odprtine v potopljenem delu stene,
- onesnaževanje vode v vodnjaku preprečimo z ureditvijo odtoka površinske vode s površine tal (nabijemo 30 cm debelo plast gline, okolico vodnjaka pa poploščimo ali zabetoniramo),
- zaradi čiščenja in razkuževanja vode zgoraj pustimo vstopno odprtino (z dobro tesnjenim pokrovom ali snemljivo železobetonsko ploščo),
- spodnji del vodnjaka, ki je napolnjen z vodo, mora biti dovolj globok, da je sesalni koš pri najnižji ravni vode v vodnjaku potopljen vsaj 30 cm. S tem preprečimo, da bi črpalka zaradi depresijskega lijaka– glejte sliki vodnjakov (znižanja gladine vode ob sesalnem košu) zajela zrak, s čimer bi preprečili črpanje vode,
- pri gradnji, ki je nevarna, moramo obvezno upoštevati vsa pravila varstva pri delu, saj graditeljem ves čas grozijo zdrs zemljine, vdor vode ali plini.

**Načini gradnje** so odvisni predvsem od zemljine oziroma hribine:

- klasično so kopali ročno 1,5 do 2,5 m široko luknjo s sprotnim razpiranjem. Po izkopu do vodonosne plasti so vodnjak obzidali od spodaj navzgor s klesanimi kamnitimi bloki ali opeko. Tak način dela je bil mogoč v vsaj delno vezanih tleh,
- v drobno peščena tla so gradili kopani vodnjak s pogrezanjem betonskih obročev. Na teren so postavili drugo na drugo meter dolge betonske cevi premera 80 do 120 cm in jih spodkopavali, da so se pogrezale,
- kopali so tudi modernejšie po metodi vodnjakov v prodnata, meljasta ali skrilasta tla: izkopali so eno kampado (visoko približno 1 meter), opažili, zabetonirali armiranobetonski obroč, razopažili. Z delom navzdol so nadaljevali po istem vrstnem redu.

**Iz vodnjaka vodo črpamo:**

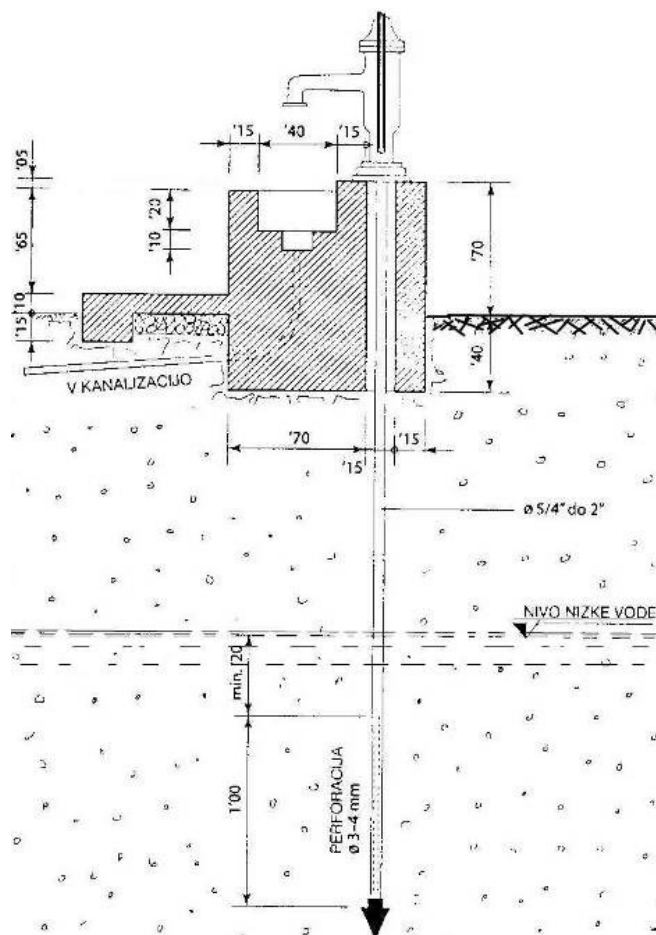
- do globine približno 8 m s črpalko, ležečo zgoraj,
- pri globini, večji od 8 m, s črpalko, nameščeno v vodnjaku (redkeje),
- pri globini, večji od 8 m, s potopno črpalko.

#### 6.1.2.2 Zabiti (Nortonovi) vodnjaki

To so preprosti vodnjaki (slika 44), namenjeni predvsem za pridobivanje manj kakovostne vode (predvsem za zalivanje vrtov, manj za pitno vodo).

Značilnosti:

- prednosti so nizka cena, hitra in preprosta izdelava,
- pomanjkljivosti sta slabša kakovost vode, pa tudi majhna izdatnost,
- pomanjkljivost je tudi v tem, da potrebujemo vodno soglasje in koncesijo,
- črpamo iz globine 3 do 5 metrov,
- uporabljamo v drobnopeščenih ali peščeno-meljastih zemljinah,
- vodnjak je sestavljen samo iz pocinkane vodovodne cevi notranjega premera 35 do 50 mm. Na spodnjem delu cevi je privarjena konica za lažje vtiskovanje cevi. Spodnji meter cevi je naluknjan, kar služi dotoku vode. Za vodnjak potrebujemo še nadzemni podstavek in (ročno) črpalko.



Slika 44: Zabiti (Nortonov) vodnjak  
Vir: Lasten

#### Izdelava:

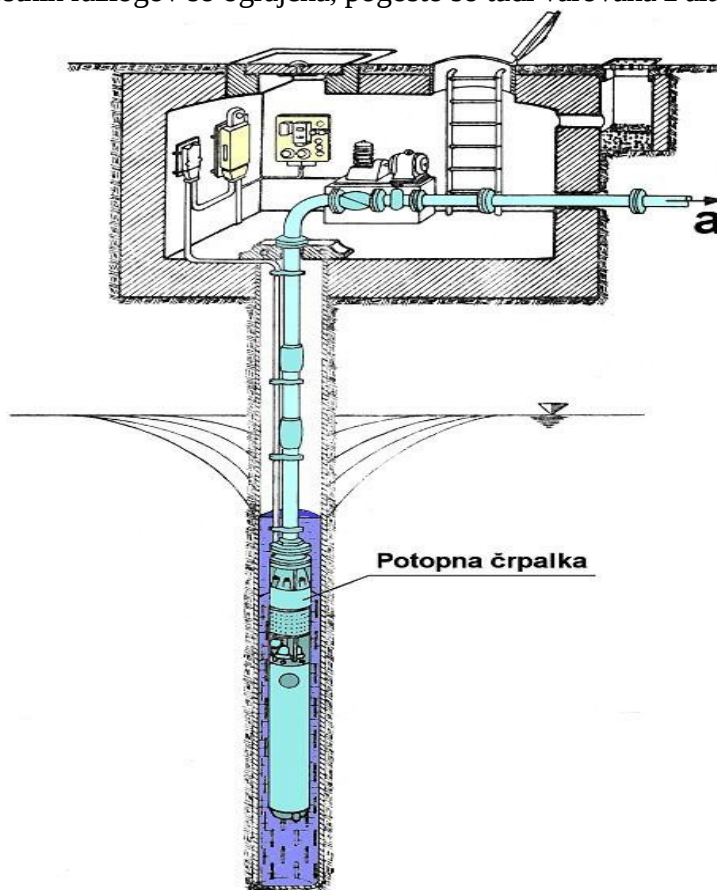
- pocinkano vodovodno cev napolnimo s kuhinjsko soljo (preprečimo zamašitev lukenj z zemljino pri zabijanju) ali pa med zabijanjem vpihujemo v cev zrak pod tlakom,
- cev vtisnemo v tla s pomočjo ročice bagra, vretena ali zabijalne naprave,
- okoli cevi namestimo podstavek,
- uredimo odtok odvišne načrpane vode,
- okolico uredimo (poploščimo, ...)
- pritrdimo (ročno) črpalko (ki jo praviloma v zimskih mesecih začasno odstranimo).

#### 6.1.2.3 Vrtani vodnjaki

Zaradi onesnaženosti površinskih voda in izvirov ter potrebe po velikih količinah kakovostne pitne vode vedno več vodovodnih sistemov napajamo s podzemno vodo – podtalnico iz vrtanih vodnjakov. Glede na relativno veliko letno količino padavin v Sloveniji (približne vrednosti: Ljubljana 1.400 mm – kar je 1.400 l/m<sup>2</sup>, Maribor 1.050 mm, Novo mesto in Celje 1.150 mm, Postojna 1.600 mm, Posočje preko 2000 mm, Julijske Alpe od 2300 mm do preko 4.000 mm) imamo bogate zaloge podzemne vode, ki se pogosto nahaja v večjih globinah, tudi nad 100 m globoko.

Zaradi tolikšne globine smo to podzemno vodo lahko začeli izkoriščati šele z uporabo sodobnih tehnologij, ki omogočajo izkop tako globokih vrtin. Za črpanje te vode uporabljamo potopne črpalke (slika 45). Te so skupaj z motorjem, električnim napajanjem in sesalnim košem spuščene skoraj na dno vrtine. So zelo zmogljive, saj iz enega vodnjaka črpajo od 10–100 l vode na sekundo. Zaradi tolikšne sesalne moči nastane ob vrtini (predvsem v manj prepustnih zemljinah) depresijski lijak, zato mora biti

potopna črpalka nameščena dovolj nizko od ravni najnižje gladine podtalnice. Črpalke iz vrtine vodo potiskajo in ne sesajo – sesalna višina je namreč omejena na približno 8 m, potisna višina potopnih črpalk pa je odvisna od vrste in tipa črpalke in je pogosto od 100 do 200 m. Te črpalke ne samo črpajo vodo iz vodnjakov, temveč jo istočasno potiskajo do vodohrana, tako da dodatno črpanje ni potrebno. Pri dolgoletnem intenzivnem izkoriščanju podtalnice lahko njena gladina upada, saj je količina izčrpane vode večja od dotoka. V takih primerih (tudi v Mariboru) izdatnost podzemne vode povečajo z umetnim bogatenjem. V črpališčih, od koder črpamo vodo v večje vodovodne sisteme, je na ustrezni medsebojni razdalji (da preprečimo medsebojni vpliv depresijskih lijakov) urejenih večje število vrtanih vodnjakov. Črpališča ležijo v 1. vodovarstvenem pasu, zato moramo preprečiti vsakršno onesnaženje. Iz varnostnih razlogov so ograjena, pogosto so tudi varovana z alarmnim sistemom.



Slika 45: Vrtani vodnjak – prerez  
Vir: Lasten

Bistveni del vrtanih vodnjakov (slika 45) je vrtina, v katero spustijo potopno črpalko (dolga je približno 102 m, debela pa 15025 cm) skupaj z električnim motorjem in napajanjem ter sesalnim delom tako, da visi nad dnem vrtine – podzemna voda mora pritekati k črpalki od spodaj, da ob tem obliva motor črpalke in ga hladi. Poleg vrtine z vloženo črpalko potrebujemo še vkopani armiranobetonski jašek ali celo večji objekt (slika 46). V tem jašku so na cevi, po kateri črpamo vodo, nameščeni merilci pretoka in tlaka, pa tudi zasun, s katerim zapiramo pretok vode. Jašek je ozračen (vidimo zračnik – slika 47), natančno nad vrtino je nameščen pokrov jaška, ki služi dostavi in vgradnji potopne črpalke v vrtino. Če je jašek izveden kot podzemni objekt, je v njem (slika 45) še telemetrijska postaja, električna omarica, pipa za odvzem vzorcev (slika 46 in 4) in po potrebi tudi naprava za razkuževanje vode (plinski klorinator). Manjša, daljinsko upravljana črpališča (slika 47) komaj opazimo; v ograjenem prostoru vidimo samo pokrove jaškov.



Slika 46: Vkopani objekt z vrtanim vodnjakom  
Vir: Lasten



Slika 47: Preprosto črpališče z vrtanim vodnjakom  
Vir: Lasten

Če so jaški manjši, so naprave, našete v prejšnjem stavku, pogosto nameščene v manjšem nadzemnem objektu (hišici), kar kaže slika 48.

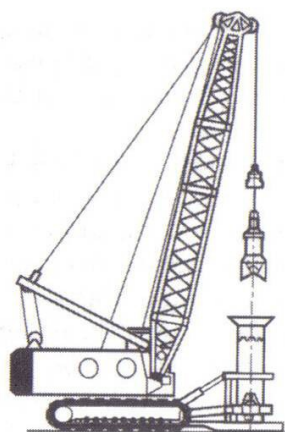




Slika 48: Preprosto črpališče z vrtanim vodnjakom  
Vir: Lasten

Za izkop vrtine potrebujemo ustrezno mehanizacijo, ki mora biti prilagojena načinu vrtanja. Izkop v prodnatih, lapornih in/ali peščenih tleh se popolnoma razlikuje od izkopa v skalnatih tleh.

- **V prodnatih in peščenih tleh** z bagrom (slika 49) vtiskujemo cevi (kolone) in z bagrsko žlico, ki visi na pletenici, izvlačimo material. Faze dela so:
  - vtiskujemo uvodno kolono,
  - iz cevi odstranjujemo material,
  - cevi podaljšujemo in izkopavamo material,
  - nadaljujemo z vstavljanjem nadaljnjih kolon,
  - vrtamo do neprepustne plasti,
  - vstavimo kolono, ki ima na potopljenem delu nameščene filtre s filtrski zasipom,
  - vstavimo potopno črpalko,
  - zaščitno kolono izvlečemo.



Slika 49: Bager za izkop vrtanih vodnjakov  
Vir: Lasten

V **skalnate hribine** vrtamo s kronskimi svedri, pri tem hladimo z vodo in istočasno izsesavamo odrezkani material. Ko dosežemo podtalnico, vrtalno napravo izvlečemo in v vrtino spustimo potopno črpalko.

Če strnemo: podzemno vodo že dolgo uporabljamo kot pitno vodo. Za oskrbo vasi in posameznih kmetij so izkopali kopane vodnjake, ki jih danes, ko imamo povsod javni vodovod, ne kopljemo več. Moramo pa jih vseeno vzdrževati, saj bi v primeru potresa iz njih črpala in razkužena voda

lahko začasno nadomestila vodo iz javnih vodovodov, ki ne bi delovali. Predvsem kot dodatno vodo črpamo podtalnico iz majhnih globin (do 6 m) s preprostimi zabitimi vodnjaki, kjer služi kot sesalna cev v tla zabita, na spodnjem delu naluknjana jeklena cev.

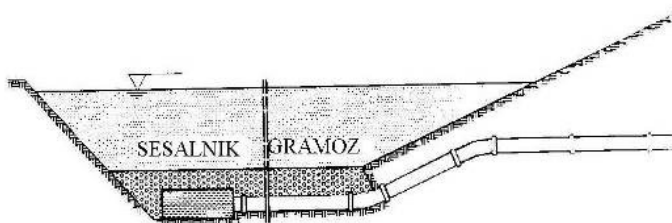
Vrtane vodnjake uporabljamo za napajanje največjih slovenskih mest. Narejeni so tako, da v tla s pomočjo cevnih opažev izkopljejo ali v skalo izvrtajo tudi več kot 100 m globoko vrtino. Vanjo spustijo potopno črpalko (edino te lahko premagujejo večje višine črpanja od 8 metrov), ki potiska vodo v vodovodni sistem – v črpalnico. Prednost vrtanih vodnjakov je črpanje podzemne vode, ki leži globoko, (tam je tudi manj onesnažena voda), velika količina črpane vode (cca. 10–100 l/s na vodnjak), pri črpanju ob rekah (na primer v Mariboru) pa tudi možnost bogatenja podtalnice – zaradi vnosa rečne vode v bližino črpališča, povečanja količine izčrpane vode.

### Preverjanje razumevanja

1. Opišite značilnosti podtalnice.
2. Pojasnite, zakaj se toliko javnih vodovodnih sistemov napaja iz podtalnice.
3. Opišite kopani vodnjak in pojasnite, kako zagotavljamo kakovost vode v njem.
4. Razložite sedanji pomen obstoječih kopanih vodnjakov.
5. Predstavite zabiti vodnjak in opišite njegovo uporabnost.
6. Naštejte vse tri vrste vodnjakov in jih kratko opišite.
7. \*Med seboj primerjajte uporabnost kopanih, zabitih in vrtanih vodnjakov.
8. \*Predstavite delovanje vrtanih vodnjakov. Katere naprave potrebujejo za uspešno delovanje?
9. \*Razložite, kaj je depresijski lijak, zakaj nastane in zakaj ga moramo upoštevati.
10. \*Pojasnite, zakaj moramo sesalni koš namestiti vsaj 25 cm pod najnižjo gladino vode v vodnjaku, v vrtanih pa še globlje.
11. \*Vsa vodna zajetja ležijo v prvem vodovarstvenem območju. Razložite, kako jih zaščitimo pred onesnaženjem.
12. \*\*Razmislite in nato primerjajte uporabnost vodnjakov, vrtanih v skalo, z vrtanimi vodnjaki, narejenimi v prodnatih nanosih (na primer na dravskem polju).
13. \*\*Razložite kdaj in zakaj za črpanje vode iz kopanih vodnjakov ne moremo uporabiti ročne črpalke. Ali je kaj bolje, če namesto ročne, vgradimo električno črpalko?
14. \*\*Danes vedno bolj uporabljajo potopne črpalke. Pojasnite, zakaj. Naštejte in opišite njihove prednosti.

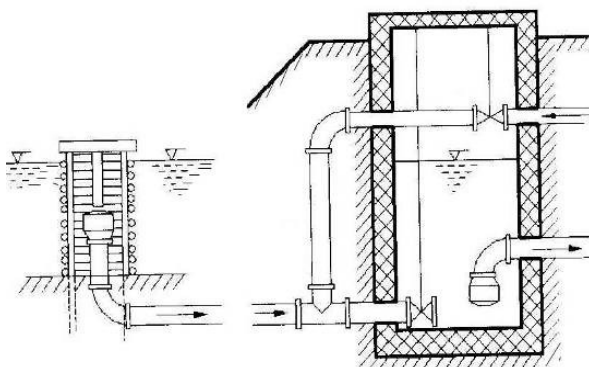
#### 6.1.3 Zajem vode iz jezer in vodotokov

Kjer primanjkuje kakovostne pitne vode jo črpajo celo iz največjih evropskih rek, jo očistijo in klorirajo, kar je seveda drago. Pri nas imamo še dovolj kakovostnih in cenejših vodnih virov, zato vode za potrebe preskrbe z vodo iz rek in jezer ne črpamo – jo pa odvezemamo za potrebe industrije. Izvedbe (sliki 50 in 51) so odvisne od rečnega režima, oblike rečnega korita, geološke sestave tal, vodnatosti reke, potrebne količine vode, ...



Slika 50: Zajem vode iz reke (sesalni koš zasut z gramozom)

Vir: Panjan J., 2002



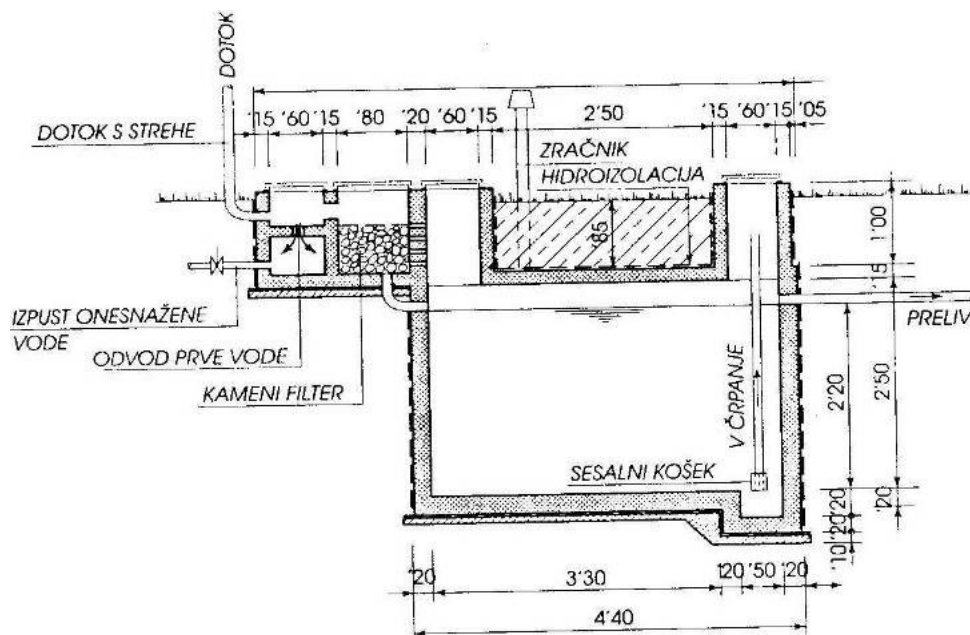
Slika 51: Zajem vode iz reke (sesalni koš je nameščen v reki, manjši objekt je zgrajen na bregu)  
Vir: Panjan J., 2002

### Preverjanje razumevanja

1. Pojasnite, od česa je odvisen način zajetja vode iz rek in jezer.
2. \* Opišite prednosti zajema, ki je na sliki 50, pred izvedbo, ki je na sliki 51.
3. \*\*Opišite prednosti zajema, ki je na sliki 51, pred izvedbo, ki je na sliki 50.

#### 6.1.4 Kapnica

Osamljene kmetije, odmaknjene počitniške hišice in planinske koč v gorah pogosto nimajo v bližini potoka ali podtalnice. V takem primeru je edina možnost prestrežanje padavinske vode. Gradnja in cena kubičnega metra vode sta pri kapnicah dragi, saj moramo zgraditi zbirne površine, filtrirne naprave in zbiralnik (rezervoar), v katerem hranimo vodo za čas sušnega obdobja, ko ni padavin. Zbirna površina je opečna ali betonska nebarvana kritina, včasih tudi betonske ploščadi, ki morajo biti ograjene. Tudi kakovost prestrežene deževnice ni najboljša, saj s prestreženo vodo zbiramo tudi umazanijo s strehe.



Slika 52: Kapnica: usedalnik, izpust prve vode, filter, zbiralnik  
Vir: Lasten

Vodo speljemo (slika 52) v (poklopno) posodo, ki prvo, onesnaženo vodo, odtoči. Slabše izvedbe imajo samo usedalnik. Od tu voda odteka skozi pešeni, praviloma tudi ogljeni filter (enozrnat kremenčev

pesek in oglje) v zbiralnik. V zbiralniku je zaželen še fini filter, ki izboljša kakovost vode (fini filter zmanjšuje prostornino zbiralnika, zato ga le redko vgradimo). Prostornina zbiralnikov je odvisna od števila uporabnikov, norma porabe vode (običajno upoštevamo 50 litrov na osebo na dan), pa tudi od pričakovane dobe brez padavin. Prostornina najmanjših zbiralnikov je 10 m<sup>3</sup>, večjih pa 50 m<sup>3</sup> in več. Globina vode v zbiralniku je 2 do 3 metre. Zbiralnik od zunaj zaščitimo s hidroizolacijo, uporabljamo vodo neprepustni beton, znotraj zagladimo s cementno malto (ali s premazi) do črnega sijaja in ga pred pregrevanjem vode zaščitimo z nasutjem. Opremimo ga tudi s sesalnim košem, ki je pritrjen na sesalno cev, prelivom (odvaja vodo, ko je zbiralnik poln) in zračnikom, ki dovaja svež zrak, da se voda ne usmradi. Usedalnik, filter in zbiralnik so pokriti s pokrovi, ki preprečujejo vstop žuželkam in umazaniji. Vodo po potrebi razkužujemo.

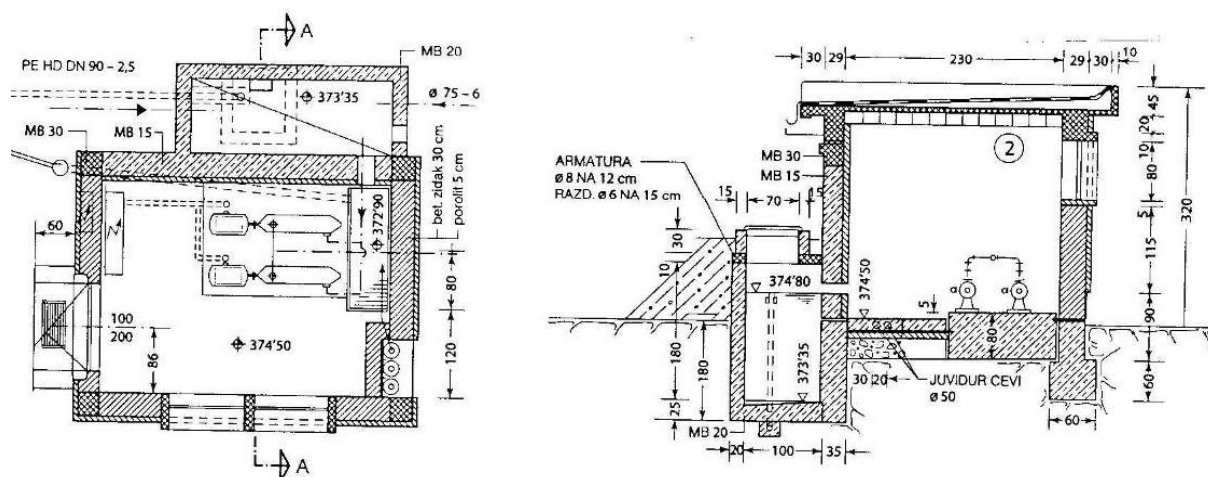
### Preverjanje razumevanja

1. Predstavite pomen kapnice; kdo jo uporablja in zakaj?
2. Naštejte in opišite dele kapnice.
3. \*Narišite kapnico v vzdolžnem prerezu. Bi jo znali narisati tudi v tlorisu?
4. \*Primerjajte vodo iz kapnice z vodo iz javnega vodovoda (kakovost, količina, cena).
5. \*\*Razložite, kako bi vzdrževali kapnico, da bi zagotovili čim boljše kakovost pitne vode.
6. \*\*Premislite, od česa vse je odvisno, kako velik zbiralnik bi vi zgradili za vašo počitniško hišico na jadranskem otoku.

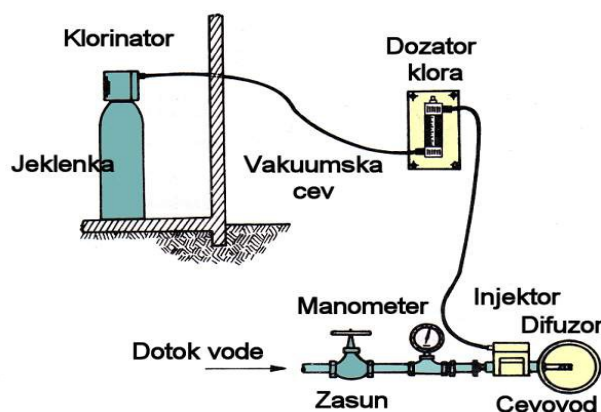
## 6.2 NAPRAVE ZA ČRPANJE VODE

Pogosto leži vodni vir nižje od vodohrana, zato moramo vodo vanj črpati; vemo že, da pri vrtanih vodnjakih to stori potopna črpalka, nameščena v vrtini. Pri zajetjih izvirov pa je drugače: na mestu ali tik pod mestom, kjer vodo pridobivamo, zgradimo **črpalno postajo** (slika 53). V njej sta nameščeni najmanj dve črpalki, od katerih ena potiska vodo v vodohran, druga je za rezervo. Poleg črpalk, nameščenih na dodatnem temelju, je v objektu še električna omarica (odmaknjena najmanj meter od drugih naprav), pogosto je nameščena (ali pripravljeno mesto za vgraditev) tudi naprava za dezinfekcijo vode (slika 54). Če sta vgrajeni večji in težji črpalki, je v objektu dvigalo (premika se po tiru pod stropom), ki služi za montažo in demontažo črpalk. Ob črpalni postaji je pogosto manjši vodni zbiralnik, opremljen s prelivom, talnim izpustom in zračnikom ter opremljen z vodotesnim pokrovom, ki služi za umirjanje vode, ki priteka, pa tudi kot manjša zaloga vode. V zbiralnik priteka voda težnostno iz zajetja, črpalka pa jo potiska skozi napravo za dezinfekcijo vode v tlačni vod. Tlačni vod je nato speljan v poglobljeni jašek z izpustnim ventilom, od koder se pod zemljo nadaljuje do vodohrana. Pri namestitvi črpalne postaje moramo upoštevati, da je sesalna višina največ cca. 8 m, tlačna ni omejena. V črpalni postaji je lahko nameščena pipa za odvzem vzorcev vode. Objekt je ograjen in varovan.

Razen pri potopnih črpalkah vodo vedno potiskamo navzgor, črpalke so vedno nameščene na spodnjem delu cevovoda. Enako je pri vodovodnem sistemu z dvema tlačnima conama. Tam prečrpavamo vodo v zgornjo cono s črpalkama, ki sta običajno nameščeni kar v armaturni celici spodnjega vodohrana.



Slika 53: Črpalna postaja: tloris, prerez A–A  
Vir: Lasten



Slika 54: Kloriranje vode v črpalni postaji  
Vir: Lasten

### 6.3 POSEBNA HIDRAVLIČNA ČRPALKA (HIDRAVLIČNI OVEN, NOREC)

Osamljenih kmetij in počitniških hišic ne oskrbujemo z vodo iz oddaljenih javnih vodovodov, saj bi to bilo predrago. Včasih imajo srečo; v grapi pod njimi izvira stalen, močan izvir kakovostne pitne vode. Kako črpati (potiskati) potrebno vodo do njih brez elektrike? Izrabimo potencialno energijo tekoče vode! Kadar imamo dovolj izdaten vodni vir s pretokom ( $Q_1$ ) z zadostnim hidravličnim potencialom (višinsko razliko, padcem), lahko vodo črpamo na zaželeno višino brez dodatnega vira energije: v hidravličnem ovnu (slika 55) večji del vode ( $Q_3$ ) odteka in s svojo kinetično energijo potiska del vode ( $Q_2$ ) navzgor do porabnikov. Količina črpane vode je odvisna od izdatnosti vodnega vira, razmerja višin ( $H_1/H_2$ ) in izkoristka črpalke ( $\eta$ ), ki je manjši od 1 in ga lahko odčitamo v priročnikih (na primer v Gradbeniškem priročniku, TZS, Ljubljana). Količino vode ( $Q_2$ ), ki jo črpamo navzgor, izračunamo iz:

$$Q_1 \times H_1 = Q_2 \times H_2 \quad \text{in} \quad Q_3 = Q_1 + Q_2, \quad \text{brez upoštevanja energijskih izgub velja}$$

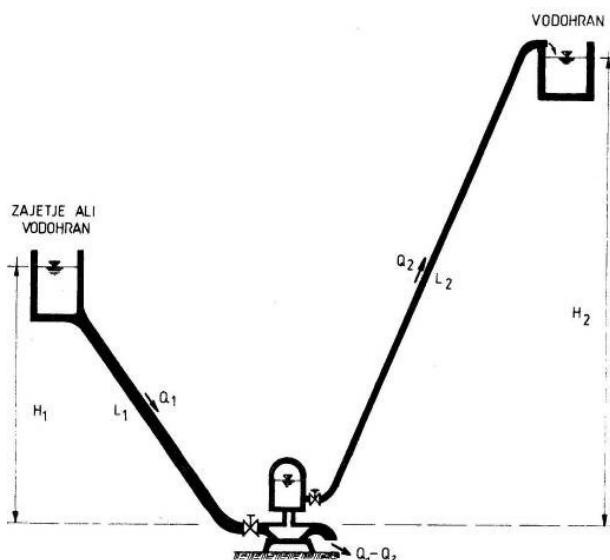
$$Q_2 = Q_1 \times \frac{H_1}{H_2},$$

z upoštevanjem izkoristka črpalke ( $\eta$ ) pa:

$$Q_2 = \eta \times Q_1 \times \frac{H_1}{H_2}.$$

Črpanje vode na opisan način omogoča fizikalni pojav, ki ga imenujemo VODNI UDAR. Črpanje pa je relativno glasno, po glasnosti delovanja pa je ta tip črpalke tudi dobil ime.

Vodni udar nastane zaradi nenadne spremembe hitrosti vode v zaprtih vodnih sistemih zaradi vztrajnostne sile vode. Pri načrtovanju vodovodnih sistemov moramo učinke vodnih udarov vedno upoštevati.



Slika 55: Skica hidravličnega ovna

Vir: Lasten, prirejeno po [http://www.p-ng.si/~arcon/fizikawww/gradivo/zanimivosti/hidravlicni\\_oven.pdf](http://www.p-ng.si/~arcon/fizikawww/gradivo/zanimivosti/hidravlicni_oven.pdf)

Več si in podrobneje si lahko pogledate na internetnem naslovu [http://www.p-ng.si/~arcon/fizikawww/gradivo/zanimivosti/hidravlicni\\_oven.pdf](http://www.p-ng.si/~arcon/fizikawww/gradivo/zanimivosti/hidravlicni_oven.pdf) (22. 5. 2011) ali na <http://stane.saax.com/Opisi/Hoven.html> (22. 5. 2011), zanimiv pa je tudi forum na <http://www.strojninstvo.com/viewtopic.php?t=4960> (22. 5. 2011).

### Preverjanje razumevanja

1. Pojasnite, katera črpalka potiska vodo v vodohran iz vrtanih vodnjakov.
2. Razložite, kako črpamo vodo iz izvira, ki leži nižje od vodohrana, v vodohran.
3. \*Razmislite, kako zagotavljamo nemoteno črpanje vode. Bi se zanesljivost dalo še izboljšati?
4. \*\*Opišite, kako je poskrbljeno za zagotavljanje kakovosti vode v črpalni postaji.
5. Opišite primer prečrpavanja vode. Kje sta nameščeni črpalke?
6. Razložite, kdo in kje uporablja hidravlične ovne.
7. \*Hidravlični oven je okolju prijazen. Misel utemeljite.

## 6.4 NAPRAVE ZA TRANSPORT IN RAZDELJEVANJE VODE

Ko govorimo o vodovodu, se spomnimo predvsem na pipe, iz katerih teče voda, cevi se nam zdijo samoumevne. Nanje se jezimo, ko jih na cesti popravljajo ali zamenjujejo, ker so počile in so nam zato začasno zaprli vodo. Mogoče se še pridušamo: »Ali niso mogli položiti boljših, ki ne bi počile.« Sam sem imel podobno izkušnjo (in strošek). Razkopali so nam vrt, zamenjali cev in mastno računali. Še danes na predavanjih grdo govorimo o alkatenu (PE-HD) ceveh, ki so se mi tedaj zamerile.

### 6.4.1 Osnovni elementi vodovoda

Kot vemo, teče voda od zajetja do uporabnikov skozi različne naprave (skozi črpalni postaji, vodohran, razbremenilnik, prečrpalnice). Toda osnovni element vodovodnega omrežja so cevovodi, ki jih sestavljajo:

- cevi,

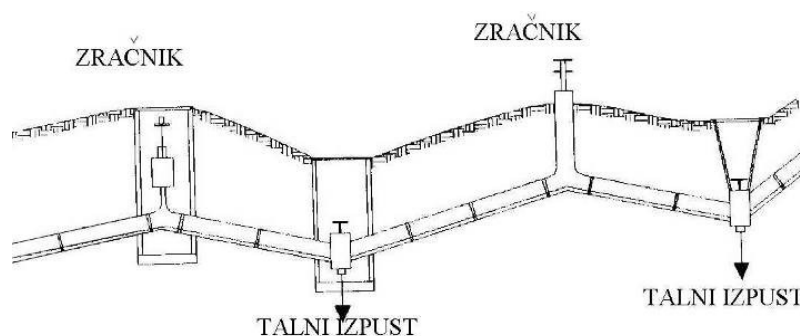
na njih so vgrajeni

- fazonski kosi (služijo medsebojnemu spajanju ali priključevanju cevi ali/in armatur),
- armature (služijo zapiranju vode, izpuščanju vode in blata, merjenju vodnih količin, odzračevanju, odvzemu vode iz cevi, izpiranju cevovodov, pa tudi za regulacijo, merjenje in nadzor pretokov in tlakov),
- vodovodni priključki.

Za pravilno delovanje vodovodnih sistemov moramo tudi cevovode pravilno načrtovati in izvesti. Zahteve so:

- cevovodi so položeni pod globino zmrzovanja (v Sloveniji mora ležati teme cevi praviloma v globini najmanj 1,2 m – to je tudi zahteva za ljubljanski vodovod),
- cevovodi se višinsko prilagajajo terenu, največja globina polaganja vodovoda je 3 m, izjemoma 4 m (slika 56),
- cevovodi so položeni z najmanjšim vzdolžnim nagibom 0,3 % (bolje 0,5 %), s katerim preprečimo usedanje delcev po vsem cevovodu; ti se usedajo na najnižje ležečih delih cevovodov, kjer v ta namen namestimo talne izpuste ali hidrante, s katerimi občasno izpuščamo usedlo blato (slika 56),
- v cevovode nameščamo zračnike na mesta, kjer se zrak izloča iz vode, to je na najvišja mesta odsekov cevovoda; ali drugače rečeno na mesta, kjer je tlak (merjen od tlačne in ne hidrostatične črte) najmanjši (slika 56),
- praviloma so cevovodi položeni na 10 cm do 15 cm debeli peščeni blazini frakcije 0/8 mm,
- kadar preti nevarnost, da se bodo cevovodi v tleh premikali, bi lahko zaradi tega cevi počile. Cevi bi se lahko poškodovale:
  - kadar je nevarnost vodnega udara (pri tlačnem cevovodu),
  - kadar delujejo velike radialne sile pretakajoče se vode (v horizontalnih in vertikalnih krivinah),
  - zaradi premika cevi zaradi velikega vzdolžnega nagiba terena,
  - zaradi slabe nosilnosti tal in s tem povezanega možnega premika.

Poškodbe preprečujemo na ta način, da cevovode sidramo.



Slika 56: Polaganje cevovoda se prilagaja terenu; namestitev armatur  
Vir: Lasten

## 6.4.2 Tlačni cevovod

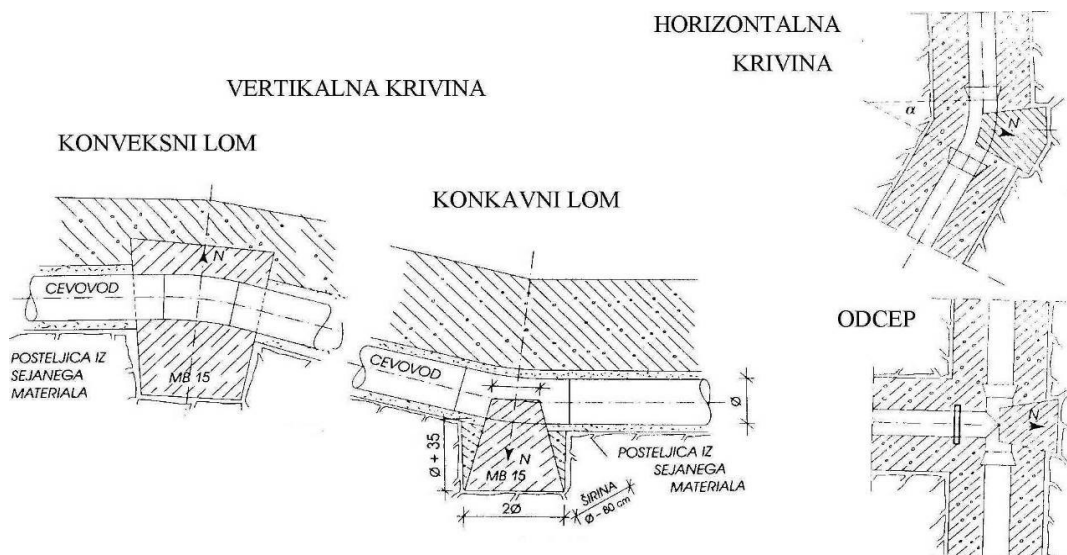
Tlačni cevovod imenujemo cevovode, po katerih vodo potiskamo (tlačimo). Najpogosteje jih gradimo med črpalnicami in vodohrani, pa tudi med prečrpališči in vodohrani. Posebnost teh cevovodov je hitra sprememba pretokov – ko vključimo in izključimo črpalno, nastane vodni udar, saj se vsa vodna masa skoraj v hipu premakne ali ustavi, zaradi trenja ob ostenju cevi, se lahko premaknejo tudi cevi, kar pa običajno povzroči poškodbe na cevovodu.

Posebnosti tega cevovoda so:

- trasa je običajno strma,
- cevovod pogosto premaga veliko višinsko razliko (velik vodni tlak),
- tlačni cevovod moramo sidrati.

Cevi sidramo (slika 57):

- na približno vsakih 15 metrov (odvisno od stabilnosti in strmine terena ter premera cevi),
- na vseh spremembah smeri,
- na vseh lomih nivelete (vertikalnih lomih),
- na odcepih (teh na tlačnem cevovodu praviloma ni).



Slika 57: Detajli sidranja cevovoda

Vir: Lasten

Izvedba detajlov sidranja je odvisna od premera in vrste cevi, vzdolžnega nagiba cevi, vrste zemljine, kota loma in izvedbe. Detajle za vsak primer posebej nariše v projekt že projektant.

## 6.4.3 Primarni in sekundarni (razdelilni) cevovod

V stroki ločimo primarni in sekundarni cevovod. Po primarnem (to so naprave in transportni cevovodi) dovajamo vodo do naselja, po razvejanem sekundarnem omrežju (imenovanem tudi razdelilni cevovod) pa oskrbujemo porabnike in gasimo požare. Cevovodu, ki povezuje vodohran z naseljem, pravimo tudi glavni cevovod.

K cevovodom prištevamo:

- **cevi**,
- **fazonske kose** (loki, odcepi, prehodi, spojni kosi),
- **armature** (zaporni ventili, zasuni, zračni ventili, blatni in izpraznjevalni izpusti, hidranti),
- **vodovodne priključke** (priključki uporabnikov na javni vodovod).



Primarni cevovodi dovajajo vodo do naselja (nimajo odcepov niti hidrantov), zato imajo vgrajene predvsem cevi. V razvejani sekundarni cevovod, ki v naseljih oskrbuje veliko porabnikov, pa je vgrajenih veliko fazonskih kosov in armatur.

Vsi elementi vodovodov morajo biti atestirani in ustrezati namenu:

- notranji deli, ki so v stiku z vodo, morajo biti izdelani iz materialov, ki glede fizikalnih, kemijskih ali mikrobioloških lastnosti ne smejo vplivati na kakovost vode,
- zunanji deli elementov vodovodov morajo biti ustrezno zaščiteni proti škodljivemu delovanju okolice (proti koroziji, blodečim tokovom, staranju, nalaganju mineralov).

Pitna voda mora torej od zajetja priteči do porabnikov. V vodovodnem omrežju temu služijo cevi, potrebujemo pa še fazonske kose (za medsebojno spajanje ali priključevanje cevi ali/in armatur), armature (za zapiranje vode, izpuščanje vode in blata, merjenje vodnih količin, odzračevanje, odvzem vode iz cevi, izpiranje cevovodov pa tudi za regulacijo, merjenje in nadzor pretokov in tlakov) ter vodovodne priključke. Da bo sistem dobro deloval, vodovod položimo na peščeno blazino 0/8 mm, debelo vsaj 0,1 m, približno vzporedno s terenom, s padcem vsaj 0,3%, s kritjem vsaj 1,2 m, ne pregloboko (do 3 m), vgrajujemo blatnike na najnižjih točkah in zračnike na najvišjih. Kadar bo pretila nevarnost premika cevi zaradi odcepov, strmega terena, vodnega udara, ... cevi primerno sidramo, kar je posebej pomembno pri tlačnih cevovodih, kjer vodo črpamo – potiskamo s črpalkami in (pre)hitro spreminjamo njen pretok. Po pravilniku vodovodno omrežje delimo na primarni cevovod, po katerem vodo dobavljamo do naselja, kjer prevladujejo samo cevi, in sekundarni cevovod, po katerem razdeljujemo vodo porabnikom in hidrantom, zato ima poleg cevi vgrajenih še veliko fazonskih kosov, armatur in se zaključuje z vodovodnimi priključki.

### Preverjanje razumevanja

1. Naštejte, kateri elementi sestavljajo cevovode.
2. Naštejte in razložite osnovne zahteve za gradnjo cevovodov, ki jih mora upoštevati že projektant.
3. Zapišite posebnosti tlačnega cevovoda.
4. \*Pojasnite, kako preprečujemo poškodbe na cevovodih zaradi vodnega udara.
5. \*Predstavite tlačni cevovod: kod je speljan, zakaj je sidran.
6. \*Pojasnite, kje in kdaj v cevovode vgrajujemo blatnike in zračnike.
7. \*Pojasnite razliko med primarnim in sekundarnim cevovodom.
8. \*\*Deli cevovoda, ki jih vgrajujemo, morajo biti atestirani. Pojasnite zahteve.
9. \*\*Premislite, ali tlačni cevovod uvrščamo med primarne ali sekundarne cevovode.
10. \*\*Skicirajte in opišite sidranje tlačnega cevovoda pri horizontalni in vertikalnih spremembah smeri.

#### 6.4.4 Cevi

Če boste želeli kupiti vodovodno cev, v trgovini ne boste rekli samo: »Prosim, cev.« Da boste izbrali ustrezno, morate vedeti, kaj potrebujete, morali pa boste poznati tudi prednosti in pomanjkljivosti posameznih vrst cevi. Že prepoznavanje napisanega na ceveh nas bo zbegalo. Proizvajalci morajo na cevi napisati: ime (naziv) proizvajalca, nazivni premer, nazivni tlak (na primer PN 10), SIST ISO 4427 (standard za vodovodne cevi), pretočni medij (voda), nazivno togost (PE 10), pri PE-HD ceveh tudi razmerje med zunanjim premerom in debelino stene (na primer 17,00), datum izdelave.

Cevi so osnovni elementi cevovodov, ki jih vgrajujemo v vse cevovode od zajetja do porabnika. Za nemoteno delovanje vodovodov so pomembni:

- pravilna izbira,
- pravilno dimenzioniranje in
- pravilna vgradnja.

Cevi izbere projektant že v fazi priprave projekta v soglasju z naročnikom. Pri tem upošteva:

- tlak v cevovodu (običajno do 6 barov), praviloma pa uporabljamo (kar tudi zahteva večina pravilnikov) cevi z nazivnim tlakom 10 barov (PN 10). Pri tlačnem cevovodu, kjer je črpalna višina pogosto višja od 100 m, se odločimo za višje nazivne tlake – PN 16, PN 25. Pri tem moramo vedeti, da je najnižji nazivni tlak vodovodnih cevi iz nodularne litine 25 barov, alkatena pa samo 6 barov,
- zunanje statične obremenitve (vrsta terena in zemljine, vzdolžni nagib položenih cevi),
- ceno cevi (cevi iz nodularne litine so dražje od alkatenskih cevi),
- ceno vgradnje, ki je odvisna od dolžine posameznih kosov, načina spajanja, cene fazonskih kosov, pa tudi občutljivosti za poškodbe pri transportu in vgradnji,
- trajnost cevi (cevi iz nodularne litine so obstojnejše od alkatenskih cevi),
- način spajanja: z obojko, prirobnicami, posebnimi spojki, varjenjem,
- opremljenost in izkušnost izvajalca del,
- obstojnost proti koroziji,
- blodeče tokove,
- tradicijo,
- lastne izkušnje,
- reference.

#### **Cevi se razlikujejo po:**

- nazivnem premeru DN (s tem tudi notranjem premeru):
  - pri ceveh iz nodularne litine in jeklenih ceveh je notranji premer tudi nazivni premer DN,
  - pri PE-ceveh označujemo zunanji premer cevi, notranji premer je manjši,
  - pri jeklenih ceveh je notranji premer tudi nazivni premer DN,
- nazivnem tlaku PN (ta naj bo najmanj 6 barov, bolje 10 barov),
- nazivni togosti: prodajajo PE 63, PE 80, PE 100, katere tudi priporočamo, saj so mnogo bolj odporne na pritisk zemljine,
- načinu spajanja,
- trajnosti,
- ceni,
- drugo.

V Sloveniji največkrat uporabljamo naslednje vrste cevi:

- **iz nodularne litine** (imenovane tudi **duktilne cevi**) ki so najdražje, toda so najbolj kakovostne in trajne. Izdelane so iz posebne jeklene litine, ki se odlikuje z dobrimi mehanskimi lastnostmi. Znotraj so zaščitene s cementno prevleko, proti rjavenju od zunaj pa z vročim cinkanjem in (modrim) zaščitnim premazom (slika 58). Nazivni premer DN je enak notranjemu premeru. Dobavljajo: DN 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 700, 800 mm, za razvod vode do uporabnikov tudi 20, 25, 32, 40, 50 in 80 mm. Cevi so na eni strani ravne, na drugi strani imajo obojko (mufo), v katero je vgrajeno tesnilo. Cevi so običajno dolge do 6 metrov. Nazivni tlak je vsaj PN 25 (25 barov). Cevi so težke. Življenjska doba je dolga.



Slika 58: Kup duktilnih cevi, pripravljenih v skladišču  
Vir: Lasten

- **polietilenske cevi (PE) ali alkatenske cevi**, ki so lahke (prostorninska masa je približno  $1.000 \text{ kg/m}^3$ ), so poceni, enostavne za vgradnjo in spajanje (z ustreznim priborom), uporabljane predvsem za razdelilno omrežje in hišni vodovod. Uporabljamo predvsem nazivne premere (to so zunanji premeri, notranje izračunate tako, da odštejete 2 debelini stene, ki pa so različno debele – odvisno od nazivnega premera in nazivnega tlaka): 32, 40, 50, 63, 90, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 225, 250, 315 mm. Izdelane so iz trdega polietilena visoke gostote (PE-HD), običajno so črne barve, včasih imajo koekstrudirane modre črte (slika 59). Polaganje PE-cevi zunanjih premerov do 110 mm je hitro, saj so navite na kolute, večje premere dobavljajo v 6 ali 12 metrov dolgih kosih. PE-cevi stikujemo z varjenjem s posebno napravo, s prirobnicami, med katere nameščamo ploščata gumijasta tesnila, s plastičnimi spojnimi fittingi, s kovinskimi zobčastimi spojki. Uveljavile so se predvsem v razdelilnem omrežju, kjer potrebujemo manjše premere cevi. Pomanjkljivosti: raztapljanje v topilih in oljih, gorljivost, pogosto tudi neizenačena kakovost, staranje, pokanje;



Slika 59: Polietilenska cev za hišni priključek pred vgradnjo  
Vir: Lasten

- **pocinkane jeklene cevi** za hišne inštalacije, redkeje za razdelilne cevovode manjših premerov. Za vgradnjo v tla jih zaščitimo z varilnim trakom;
- **jeklene cevi** (šivne, visokotlačne brezšivne) so uporabne za velike tlake (za gradnjo tlačnih in glavnih cevovodov), spajane so z varjenjem, potrebne so naknadne zunanje zaščite, zaradi česar jih v vodovodna omrežja vgrajujemo zelo redko. Sodobne izvedbe, ki se uveljavljajo na trgu EU, so podobne duktilnim cevem: imajo notranji cementni premaz, zunanjo protikorozijsko zaščito, spajane so z obojkami.



Slika 59: Jeklena cev  
Vir: Lasten

#### 6.4.5 Fazonski kosi

Med fazonske kose (slika 60), ki služijo medsebojnemu spajanju ali priključevanju cevi ali/in armatur, štejemo loke, odcepe, T-kose, reducirne kose, čepe, ... Fazonski kosi imajo na enem koncu ali obeh koncih obojko (mufo) ali/in prirobnico. Konstrukcijske izvedbe fazonskih kosov so prilagojene materialom, iz katerih so cevi in armature. Fazonske kose in armature v projektih označujemo s standardnimi oznakami.



Slika 60: Fazonski kosi (v trgovini)  
Vir: Lasten

Fazonski kosi služijo:

- prilagajanju vodovoda terenu (loki). Ker so loki (slika 61) dragi, polmeri zavojev trase pa veliki, odklone cevovoda pogosto naredimo tako, da večje število zaporedno ležečih cevi v

stikih (obojke – prosti konci) zamaknemo (zasukamo) za določen kot, ki pa ne sme biti večji od kota, ki ga dovoljuje proizvajalec cevi (običajno dovoljujejo od  $1^\circ$  pa tudi do  $6^\circ$ ),



Slika 61: Lok  $90^\circ$   
Vir: Lasten

- izdelavi odcepov (T-kosi),
- medsebojnemu spajanju cevi različnih premerov (reducirni kosi), slika 62,



Slika 62: Reducirni kos v skladišču  
Vir: Lasten

- izvedbi zaključkov (čepi),
- vgraditvi armatur (slika 63).



Slika 63: Fazonski kosi (vgrajeni v nerazvitem svetu ob zasunu)  
Vir: Lasten

#### 6.4.6 Armature

Armature imenujemo vgrajene elemente v cevovodih, ki služijo:

- za zapiranje vode (zasuni),
- izpuščanju vode in blata (talni in blatni izpusti),
- merjenju vodnih količin (vodomeri),
- odzračevanju (zračniki),
- odvzemu vode iz cevi,
- izpiranju cevovodov,
- za regulacijo, merjenje in nadzor pretokov in tlakov.

Pri načrtovanju in gradnji vodovodnega omrežja moramo predvideti zadostno število in pravilno razporeditev vgrajenih armatur. Nekatere armature vgrajujemo neposredno v tla (zasune, hidrante), druge v jaške (zračnike, večino izpustov). Praviloma vgradimo v jaške vse armature premera DN 200 in več, manjših premerov pa neposredno v tla.

##### **Označevalne tablice**

Kot vemo, vodovodne armature služijo za nadzor in delo na cevovodih, hidranti pa za čim hitrejši začetek gašenja požara. Vzdrževalci morajo zato iskano armaturo (pokrov jaška ali kapo zasuna, blatnika, zračnika, podzemnega hidranta, ...) čim prej najti. To jim pomagajo označevalne tablice (slika 64) po standardu SIST 1005 »Označevalne tablice za vodovode«, za označevanje podzemnih hidrantov pa po standardu DIN 4066 »Označevalne tablice za protipožarno zaščito, tablice za označevanje podzemnih hidrantov«.

Namestitev označevalnih tablic predvidi že projektant, pritrdi jih graditelj vodovoda. Po gradnji cevovodov jih namestijo na vidnem mestu v bližini vgrajenih armatur vsaj 2,4 m nad tlemi na drogove javne razsvetljave, na zidove zgradbe, na stebre elektro-napeljave ali samostojne drogove. Na tablicah označene koordinate se nanašajo na sredino vstopne odprtine jaška oziroma cestne kape. Na vsaki tablici za vodovodne armature (razen za hidrante), ki je pravokotne oblike, dimenzij 140 × 200 mm, modre barve (slika 64), so poleg koordinat armature še podatki: VODA, vrsta armature (zasun: Z, blatnik: BL, zračnik: ZR, ...) premer cevi (v mm), možni so tudi podatki katastra. Tablica, s katero označujemo podzemne hidrante, je podobna, dimenzij 200 × 150 mm, le barve je bele z rdečo obrobo, hidrant pa je označen s črko H, oddaljenost hidranta od tablice je prav tako podana s koordinatami. Nekatere pred leti vgrajene armature so še vedno označene s starejšimi, manjšimi, ovalnimi označevalnimi tablicami zelene barve.



Slika 64: Označevalne tablice – oznake za blatnik, zračnik, zasun in podzemni hidrant (od zgoraj navzdol)  
Vir: Lasten

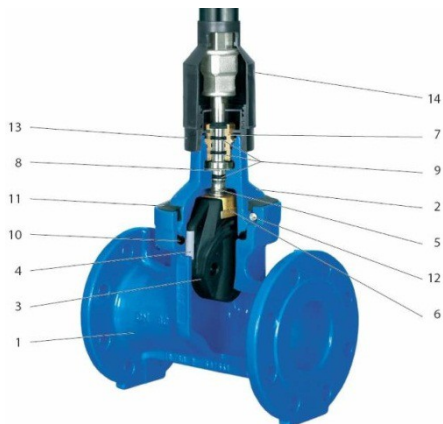
### Zaporne armature (zasuni)



Slika 65: Zasun (deli, potrebni za vgradnjo)  
Vir: Lasten

Zasuni (sliki 65, 66) služijo zapiranju pretoka vode v cevovodih. Cevi lahko popravljamo, zamenjujemo, priključujemo nove odcepe ali porabnike, praznimo skozi talne izpuste, izpuščamo blato iz cevi, izplakujemo in zamenjujemo druge armature samo pri zaprtem zasunu, ko izključimo posamezne dele cevovodov. Zaporne armature vgrajujemo na odcepih vodovoda, na priključku za hidrant, na priključku blatnika, na priključku za zračnik, pred čistilnim kosom in za njem (po potrebi),

pred vstopom in za izstopom vodovoda v zaščitno cev ali kolektor, pa tudi po potrebi. Na cevovodih manjših premerov zasune vgrajujemo v vodovodno omrežje neposredno z zasutjem (v tem primeru vidimo na vozišču samo pokrov, ki leži v vidnem robu kape).



Št.	Opis	Material	Opombe
-----	------	----------	--------

1	ohišje zasuna	nodularna litina GGG 50	EWS prašna zaščita (250
---	---------------	----------------------------	----------------------------



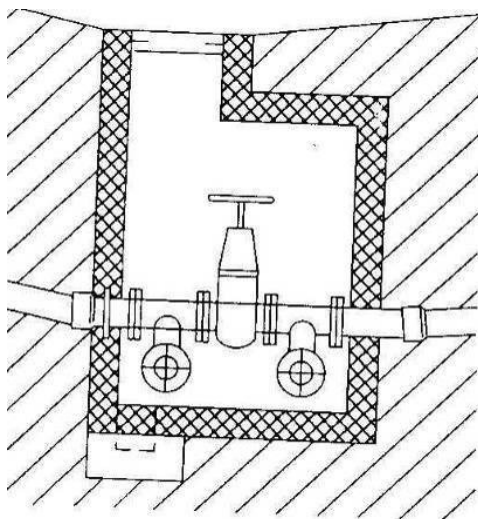
			mikronov)
2	pokrov zasuna	nodularna litina GGG 50	EWS prašna zaščita (250 mikronov)
3	klin	nodularna litina GGG 50	EPDM, popolnoma vulkaniziran
4	vodilo zasuna	Hostaform	vulkanizirano
5	vreteno	X <sub>20</sub> Cr <sub>13</sub>	
6	matica vretena	CuZn <sub>40</sub> Pb <sub>2</sub>	
7	tesnilna puša	CuZn <sub>40</sub> Pb <sub>2</sub>	z "O" tesnili

8	podložka	POM	
9	"O" tesnilo	NBR - DUO	trojno tesnenje
10	tesnilo zasuna	EPDM / NBR	
11	zaščitno tesnilo	NBR	
12	cilindrični zatič	1.4301	
13	adapter	PE	za vgradilno garnituro
14	vgradilna garnitura		različne dolžine

Slika 66: Zasun v prerezu z navedbo sestavnih delov  
Vir: <http://www.vodotehnik.com/ev-zasun> (22. 5. 2011)

## Talni in blatni izpust

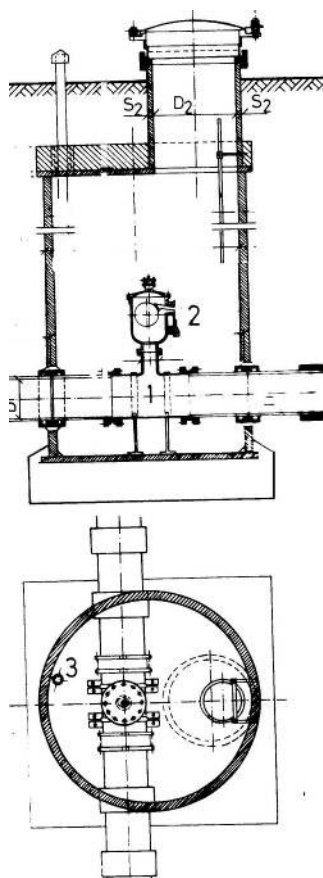
Talni izpust (slika 67) je armaturni kos, ki omogoča izpuščanje vode in blata iz cevododa (neustrezen izraz je ventil). Zato mu rečemo tudi blatni izpust ali blatnik. Služi za izpuščanje vode iz cevododov pred popravili, pa tudi blata, ki se useda v ceveh. Zaradi tega jih moramo vgraditi na vseh najnižjih točkah vodovoda oziroma na mestih, kjer je tlak (merjen od tlačne in ne hidrostatične črte) največji. Praviloma je cevodod položen tako, da je najmanjši padec proti zasunu vsaj 0,3 % (bolje 0,5 %). Talne izpuste vgradimo v jaške. Vodo iz izpusta moramo odvajati tako, da preprečimo okužbe v vodovodu.



Slika 67: Talni izpust  
Vir: Lasten

## Zračnik

Zračnik je armaturni kos, ki omogoča izločanje zraka iz cevi. V ceveh se namreč neprestano izloča zrak iz vode in se kopiči na tistih mestih, ki ležijo višje od sosednjih – to je v najvišjih točkah cevododa (na vertikalnih lomih), kjer je tlak (merjen od tlačne in ne hidrostatične črte) najmanjši. Tam vgradimo zračnike (slika 68). Ti delujejo enako kot pri odzračevanju radiatorjev: v zračniku je nameščena kroglica, ki je lažja od vode in težja od zraka. V zračniku plava na vodi in tesni luknjo za izpust zraka, ki je nad njo. Ko se nad kroglico nabere zrak, kroglica potone, saj je težja od zraka, in tedaj se cev v tem delu odzrača, kroglica pa ponovno zatesni luknjo. Zračnike vgradimo v jaške, ki morajo biti odzračevani.



Slika 68: Zračnik  
Vir: Lasten



Slika 69: Zračnik, namenjen za podzemno vgradnjo brez jaška v pogledu, prerezu in na načrtu  
Vir: <http://www.hawle.at/>

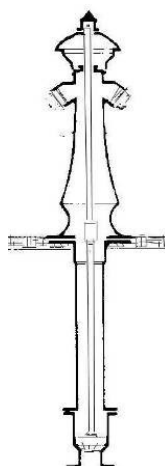
Več o elementih vodovoda v katalogih ponudnikov in proizvajalcev na <http://www.hawle.at/> (22. 5. 2011) oz. tudi na <http://www.hawle.at/produkte/wasser/details/qc200030-be-und-entlueftungsgarnitur.htm> (22.5. 2011), na <http://www.vodotehnik.com/vodovod> (22. 5. 2011), <http://www.zagozen.si/vodovod> (22. 5. 2011), <http://www.imp-ta.si/> (22. 5. 2011) in drugih spletnih straneh ponudnikov in proizvajalcev.

## Hidrant

Hidranti (slike 70, 71, 72) so armaturni kosi, ki omogočajo odvzem vode za gašenje požarov. V preteklosti so jih uporabljali tudi za odvzem vode za čiščenje ulic. Uporabljamo dve vrsti hidrantov: nadzemne (nadtalne) in podzemne. Nadtalne (nadzemne) hidrante hitreje opazimo, zato danes vgrajujemo samo slednje. Podzemne hidrante opuščamo, saj se je prepogosto dogajalo, da so gasilci dolgo iskali skriti, pogosto tudi založeni podzemni hidrant, opazili pa niso niti označevalne tablice, ki je bila tudi zakrita s trgovskim blagom, ki so ga s paletno vred postavili pred označevalno tablico. Hidrante vgrajujemo v sekundarno omrežje (le izjemoma v primarno) tako, da pred hidrantom vgradimo zasun (slika 72). Po pravilniku so razdalje med hidranti do 80 m, v stanovanjskem naselju do 150 m. Gasimo z dvema cevema (2 ročnika) s skupnim pretokom 10 l/s, zato mora biti najmanjši premer razdelilnega cevovoda 100 mm, premer hidranta pa 80 ali 100 mm. Tlak v hidrantu naj znaša vsaj 2,5 bare, za gašenje z uporabo črpalke zadošča tlak 1,5 bara.



Slika 70: Nadzemni hidrant  
Vir: Lasten



Slika 71: Nadzemni hidrant, prerez  
Vir: Lasten

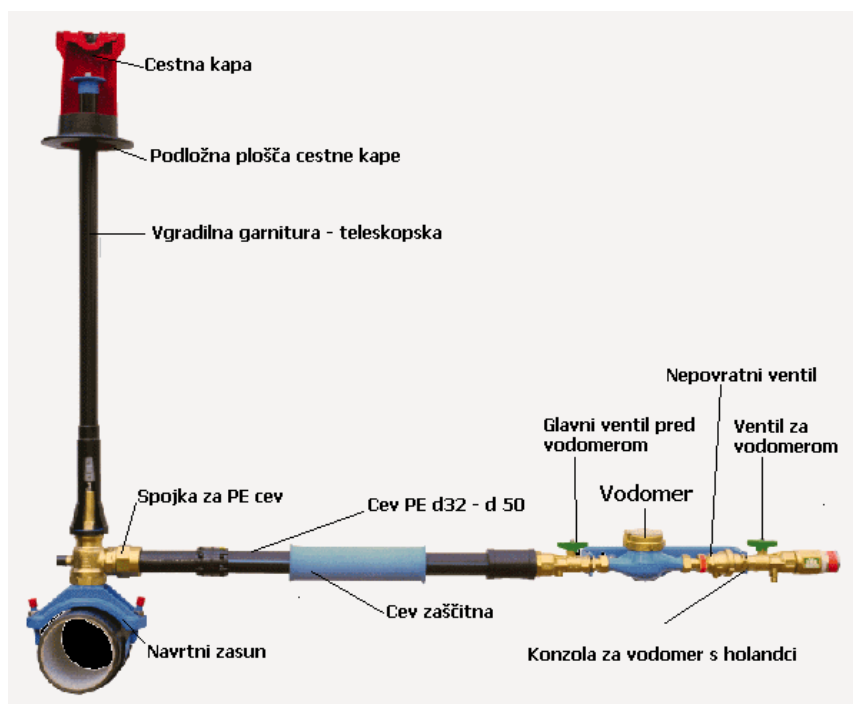


Slika 72: Podzemni hidrant (vgradnja). Pred hidrantom vidimo zasun, pa tudi T-kos, na desni strani zaprt s prirobniškim čepom, saj bodo od tod dalje nadaljevali s cevovodom.  
Vir: Lasten

#### 6.4.7 Vodovodni priključki

Vodovodni priključek je del objekta uporabnika, v katerem je nameščen vodomer, ki je meja med vodovodnim priključkom in interno inštalacijo. Na razdelilnem omrežju so na odcepu do porabnika nameščeni priključni in zaporni elementi s pripadajočimi spojniki, vgradno garnituro in cestno kapo

(slika 73). Najmanjši premer priključne cevi je DN 25, zaradi odzračevanja pa mora biti položena tako, da je izveden padec 0,5 % v smeri proti priključku na javni vodovod (cevi se »dviga« proti porabniku). Natančna navodila o namestitvi in vgradnji vodomera (sliki 73 in 75) ter premerih cevi določajo pravilniki.



Slika 73: Shema sestavnih delov vodovodnega priključka

Vir: Prirejeno po <http://www.hawle.at>

Vodomere pogosto vgradimo v jaške iz poliestra (sliki 74 in 75), v katerih sta poleg vodomera nameščena še ventila (slike 73, 75 in 76) in nepovratni ventil (sliki 73 in 75).



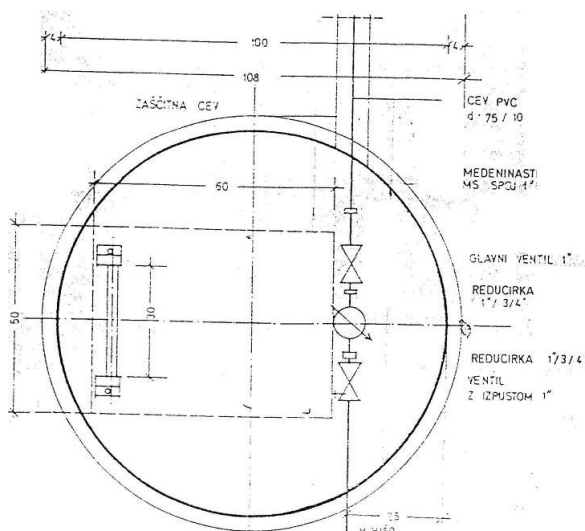
Slika 74: Montažni vodomerni jašek vodovodnega priključka

Vir: Lasten



Slika 75: Montažni vodomerni jašek vodovodnega priključka  
Vir: Lasten

Slika 76: Vodomerni priključek z vrisanima  
Vir: Lasten



jašek vodovodnega  
ventiloma in vodomermom

Osnovni element Cevi označujemo z ceveh iz nodularne nazivni premer DN, zunanji premer cevi in Cevi se razlikujejo po cevovodu (praviloma statični nosilnost, ceni, trajnosti, masi na dolžinski meter, načinu spajanja (duktilne imajo obojko, PE-HD so brez obojke, zato jih spajamo s prirobnicami, posebnimi spojki, varjenjem). V javne vodovode vgrajujemo predvsem za manjše pretoke (manjši premeri!) cenejše in lažje alkatene (PEHD ali PE) cevi. Za cevi večjih premerov izberemo boljše (višji tlak, večja trajnost) in dražje duktilne cevi (iz nodularne litine), le redko pa jeklene ali pocinkane jeklene.

cevovodov so torej cevi. nazivnim premerom DN (pri litine je notranji premer tudi pri PE-ceveh DN pomeni ne notranji, ki je manjši). dovoljenem tlaku v vsaj 10 barov), zunanji

Cevi spajamo med seboj in/ali priključujemo na armature s fazonskimi kosi, med katere štejemo loke, odcepe, T-kose, reducirne kose, čepe, ... Razlikujejo se po tem, s čim se priključijo na enem koncu (ali na obeh) – z obojko (mufo) ali/in prirobnico.

V cevovodih potrebujemo različne armature:

- zasuni služijo za zapiranje vode (vgrajujemo jih na odcepih, pred hidranti, ob izpustih, čistilnih kosih, zračnikih, ... Vgrajeni so neposredno v tla, večji pa v jaške),
- talne in blatne izpuste uporabljamo za izpuščanje vode in blata iz cevi (podobni so vodovodnim pipam),
- zračnike potrebujemo za odzračevanje cevi, saj bi drugače zračni mehur prekinil pretok vode (vgradimo jih na najvišjih točkah odsekov vodovodov),
- odvzemne pipe služijo odvzemu vode iz cevi,
- hidrante uporabljamo za gašenje požarov in za izpiranje cevovodov (pomembno: na sekundarnem omrežju, na ceveh vsaj  $\varnothing$  100 mm, pretok 10 l/s, boljši – vidnejši so nadzemni hidranti),

- vodomeri so namenjeni merjenju vodnih količin uporabnikom (za obračun porabljene vode), za kontrole porabe in izgub na posameznih vejah,
- različne naprave za regulacijo, merjenje in nadzor pretokov in tlakov.

### Preverjanje razumevanja

1. Naštejte elemente, ki sestavljajo cevovode.
2. Za gradnjo cevovodov uporabljamo predvsem dve vrsti cevi. Predstavite ju.
3. \*Naštejte in utemeljite razlike med duktilnimi in polietilenskimi cevmi.
4. \*\*Pojasnite, na podlagi česa bi izbrali za vas primerne cevi.
5. Pojasnite, kaj so fazonski kosi in čemu služijo.
6. \*Skicirajte različne fazonske kose in jih imenujte.
7. \*Razložite, zakaj potrebujemo T-kose, loke, reducirne kose, čepe. Kam jih uvrščamo?
8. Pojasnite, kaj so armature in čemu jih vgrajujemo v cevovode.
9. Predstavite tablice, s katerimi označujemo položaj armatur. Kaj piše na vsaki tablici?
10. \*Pojasnite, kako na terenu označujemo lego posameznih armatur.
11. Predstavite zasune: čemu služijo, kje in kako jih vgradimo.
12. Razložite, kje in zakaj vgradimo talne izpuste.
13. Pojasnite pomen vgradnje zračnikov. Kje jih moramo vgraditi?
14. Uporabljamo dve vrsti hidrantov. Opišite ju in ju primerjajte.
15. Opišite, katerim zahtevam mora zadoščati sekundarno omrežje, na katerem želimo namestiti hidrante.
16. Pojasnite, kateri elementi so na javnem omrežju nameščeni pred vodovodnim priključkom.

## 6.5 VODOHRAN

Primer: hudo neurje podre daljnovod, ki napaja pokrajino, tako da bodo vsi porabniki elektrike dva dni brez električnega toka. Kaj pa preskrba z vodo? Ali bo prenehala teči voda iz cevi tisti hip, ko bo zmanjkalo elektrike? Mogoče pa prekinitve dobave vode sploh ne bo?

Nekaj smo se že naučili. Voda teče po ceveh težnostno iz vodohrana do porabnikov, kar pomeni, da prekinitve dobave električnega toka ne povzroči izpada dobave vode, pa tudi tlak pri porabnikih se ne bo zmanjšal, saj hidrostatična in tlačna črta nimata povezave z dobavo elektrike. Nekaj pa se bo zgodilo: zaradi električnega mrka bodo črpalke nehale črpati vodo v vodohran, saj v črpalnih postajah ni rezervnih generatorjev. Zato se bo raven vode v vodohranu nižala, prej ali slej bo vode zmanjkalo (priporočeno je, da je v vodohranu zaloge vode za 1 do 2 dni – če ne bo požara. Glejte tabelo 3 v poglavju 7.2.1). V praksi pa je rezervne vode v nekaterih sistemih samo za 4 ure (premalo!), drugod celo za teden dni, kar je preveč, saj se kakovost stoječe vode slabša.

**Vodohran** ali vodni zbiralnik je tisti objekt vodovodnega sistema, ki:

- uporabnikom zagotavlja tlak v razdelilnem omrežju (običajno od 1,5 do 7 barov),
- zagotavlja tlak razdelilnemu omrežju za gašenje požarov (vsaj 4 bare oziroma 2,5 bara dinamičnega tlaka ali 1,5 bara),
- hrani zalogo vode za kritje maksimalne dnevne porabe (podnevi je dotok vode v vodohran manjši od porabe),
- hrani zalogo vode za manjša popravila, za gašenje požarov (ko je poraba mnogo večja od dotoka iz zajetja),
- hrani zalogo vode za primer izpada električne energije,
- hrani zalogo vode za čiščenje in vzdrževanje zajetja, črpalnice, tlačnega cevovoda in vodohrana (vodohran ima zato praviloma dve ločeni vodni celici).

Glede na izbrani vodovodni sistem in njegovo velikost, razgibanost terena, velikost območja, ki ga vodohran pokriva, število prebivalcev, tehnične možnosti, ... gradimo vodohrane, ki **se razlikujejo po:**

- legi in izvedbi (stolpni – sliki 77, 78, vkopani – sliki 79, 80),

- številu celic (eno- in dvocelične),
- velikosti (majhne od 50, 100, 200, 500 m<sup>3</sup>, srednje do 5.000 m<sup>3</sup> in večje),
- zalogi vode (vsaj 6 ur do nekaj dni),
- delovanju (pretočni in protiležni vodohrani, ki se polnijo iz mestnega omrežja samo tedaj, ko je poraba vode manjša od dotoka),
- materialu (beton – armirani beton, prednapeti beton, jeklo),
- obliki (v obliki valja ali kvadra pri vkopanih vodohranih, pri stolpnih v obliki krogle ali valja).



Sliki 77,  
78:

Fotografiji dveh stolpnih vodohranov

Vir: Lasten

Vkopani vodohran (sliki 79 in 80) je sestavljen iz ene ali dveh vodnih celic, izdelanih iz vodo neprepustnega železobetona in armaturnega dela. Izdelava dveh vodnih celic je boljša, saj tako zagotavljamo nemoteno praznjenje, čiščenje in vzdrževanje. Armaturni del služi za nadzor in upravljanje vodohrana ter odvzem vzorcev.

**Zahteve za gradnjo** vodohranov so:

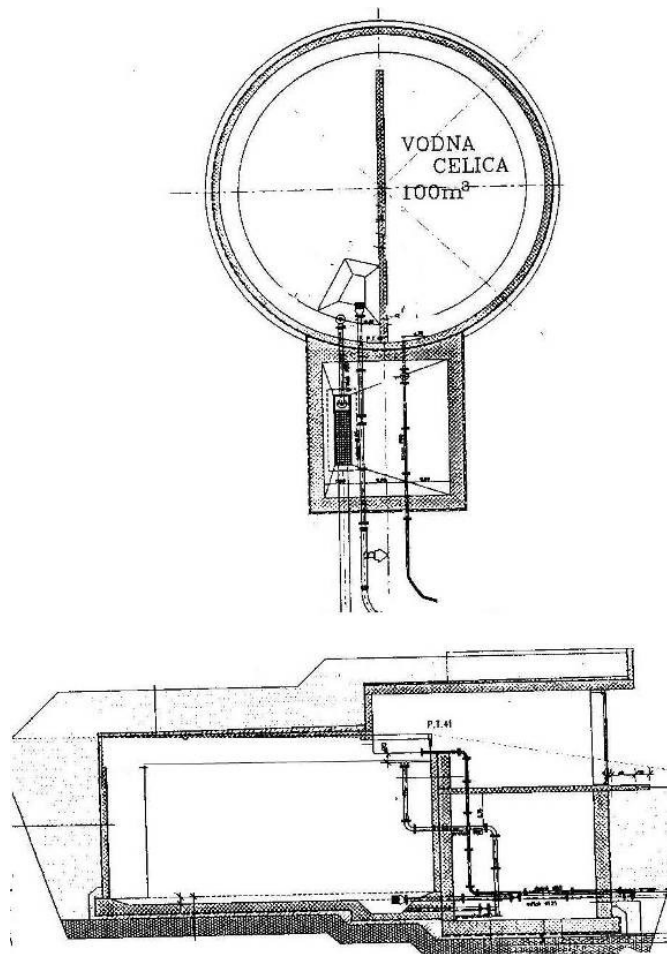
- funkcija, oblika, prostornina in način gradnje morajo zagotoviti popolno vodotesnost vodnih celic;
- dovod in razvod električne energije mora biti v skladu s predpisi, ki veljajo za vlažne prostore;
- globina vode v vodnih celicah je 2 do 5 metrov;
- dotok vode v vodni celici mora biti viden;
- vodna celica je pregrajena, zato voda v njej kroži, saj je odtok vode na drugi strani pregrade kot dotok;
- pri odtoku sta nameščena še preliv in talni izpust (praznotok), ki ju praznimo preko žabjega poklopca;
- zagotoviti moramo primerno toplotno in hidroizolacijo;
- zagotoviti moramo zračenje (vgradimo zračnike, ki preprečujejo vstop mrčesu in vnos škodljivih snovi v vodne celice);
- zaradi zračenja moramo nad najvišjo gladino vode do stropa zagotoviti vsaj 30 cm prostora;
- v armaturnem delu je na iztočnem cevovodu nameščena pipa za odvzem vzorcev vode;
- vodohran, predvsem pa vodni celici, so toplotno izolirani z zemeljskim nasipom (vsaj 70 cm) ali toplotno izolacijo, da temperatura vode ne presega 12 °C;
- armaturni del običajno leži med vodnima celicama;

- armaturni del ima lahko dve etaži; v spodnji so zasuni, kontrolne naprave, orodja, čistila in razkužila, zgornja služi za nadzor vode v vodnih celicah;
- okoli objekta je po potrebi položena vodoravna drenaža;
- objekt je ograjen in varovan (preprečitev dostopa nepoklicanim).



Slika 79: Manjši vkopan vodo hran (viden je vhod v armaturno celico in zračniki)

Vir: Lasten



Slika 80: Tloris in prerez enoceličnega vodo hrana



Vir: Lasten

V vodohranu torej hranimo zadostno zalogo vode (za požar, dela, izpad elektrike) in zagotavljamo tlak v vodovodnem razdelilnem omrežju. Gradimo vkopane (armiranobetonske – valj, kvader) in na ravninah stolpne vodohrane (krogla, valj). Vedno imajo vodne (zaloga vode) in armaturne (nadzor, upravljanje, odvzem vzorcev) celice. Za gradnjo je veliko zahtev (vodotesnost, toplotna in hidroizolacija, zračenje, zahteve sanitarne in drugih inšpekcij, vgradnja preлива in talnega izpusta, zaželeni dve celici, ...

### Preverjanje razumevanja

1. Zapišite, čemu gradimo vodohrane in zahteve, ki jih morajo izpolnjevati.
2. Predstavite vodno in armaturno celico.
3. \*Pojasnite, kje gradimo vkopane in stolpne vodohrane. Kakšne so razlike med njimi?
4. \*Narišite skico vkopanega vodohrana, vrišite dotok, kroženje in odtok vode iz vodne celice, odtok v razdelilni cevovod in odtok na prosto.
5. \*\*Razmislite, kaj bi v vodohranu preverjal sanitarni inšpektor.
6. \*\*Katere napake pri projektu in gradnji bi lahko vplivale na poslabšanje kakovosti vode v vodohranu?

## 6.6 NAPRAVE ZA URAVNAVANJE VODNEGA TLAKA (RAZBREMENILNIKI, PREČRPALNICE)

V poglavju o vodovodnih sistemih smo omenili dvoconske sisteme, ki so seveda nekoliko bolj zapleteni od enoconskih, kjer dobavljamo iz enega vodohrana vodo vsem uporabnikom, pri čemer vsem tudi zagotavljamo pri vodomeru primeren tlak (na primer med 2 in 7 bari – glejte pravilnik). Kaj pa pomeni izraz dvoconski? Kdaj in kako premajhen tlak zvišamo in kje? Kdaj in kako previsoki tlak znižamo in kje?

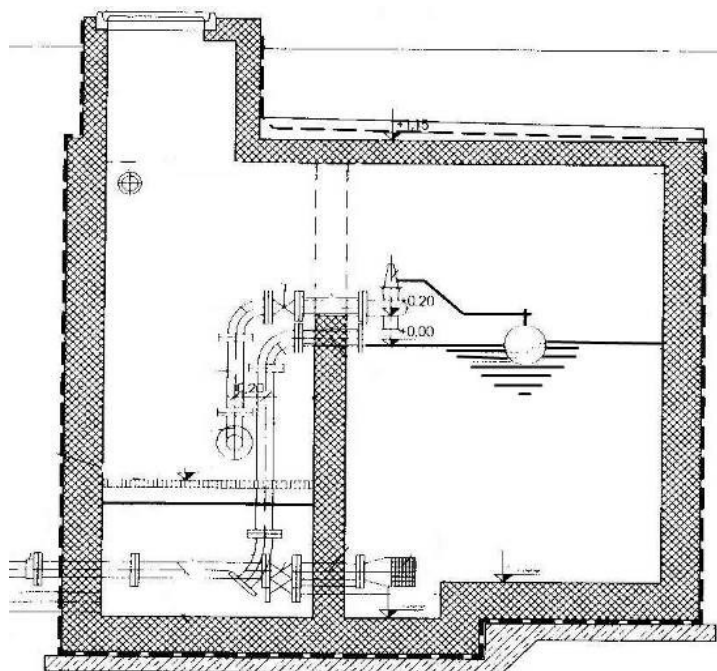
### 6.6.1 Razbremenilniki

Kadar voda teče iz zajetja v vodohran težnostno, lahko zgradimo vodohran višje nad porabniki, saj tako zagotavljamo vodo vsem naselju, kljub večji višinski razliki. Če je ta višinska razlika med zgornjim in spodnjim delom naselja večja od 70 m, je jasno, da bodo nižje ležeči uporabniki imeli previsok tlak, ki jim ga zato moramo zmanjšati.

Vodni tlak zmanjšamo v nižje ležečem vodovodnem omrežju z razbremenilniki (raztežilniki) (sliki 2/37 in 2/38), s čimer preprečujemo poškodbe na vodovodnem omrežju. Razbremenilnik običajno vgradimo, ko tlak pri porabnikih preseže 6 barov.

Mogoči sta 2 izvedbi:

- razbremenilnik s plovcem (slika 81), ki je preprost in poceni: tlak zmanjšamo na nič tako, da v vodnem bazenu ustvarimo novo prosto gladino, ki jo uravnava ventil s plovcem, ki v bazenu ustvari novo prosto gladino (enako kot v straniščnem izplakovalniku) in tako vodni tlak zmanjša na nič. Ta izvedba je slabša, saj je tlak v objektih, ki ležijo tik pod razbremenilnikom – v spodnji coni –(pre)majhen. Razbremenilnike s plovcem zato opuščamo;



Slika 81: Razbremenilnik z ventilom s plovcem

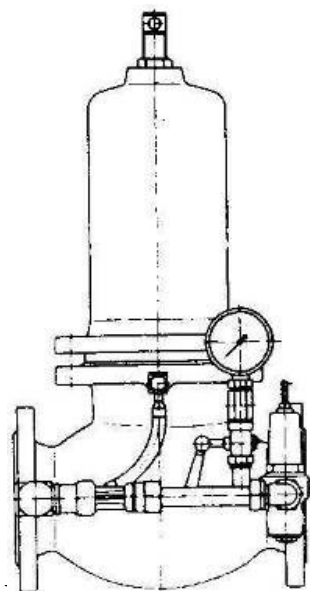
Vir: Lasten

- razbremenilnik, opremljen z reducirnim ventilom (sliki 82in 83) je boljši, saj omogoča poljubno nastavitve vodnega tlaka v nižje ležečem cevovodu. Kot primer: v spodnjem delu naselja je tlak na cevovodu že 6 barov, še nižje bi bil še višji. Zato v tej točki cevovoda vgradimo reducirni ventil, s katerim (na primer) zmanjšamo tlak za 4 bare, tako da imajo tisti uporabniki sedaj namesto 6 barov samo tlak 2 barov.



Slika 82: Reducirni ventil (fotografija)

Vir: Lasten



Slika 83: Reducirni ventil (risba)

Vir: Lasten

Pri delovanju vodovodnega sistema, lahko prihaja tudi do podtlakov, ki so lahko posledica vodnih udarov. Tu se v hipu spremeni velik tlak v velik podtlak. Pri tem lahko prihaja do vdora vode iz okolice v sam sistem. Posebno novejši cevni sistemi zahtevajo stalni nadtlak v cevovodu, saj je od nadtlaka odvisno tesnjenje spojev cevi.

## 6.6.2 Prečrpalna postaja (prečrpalnica)

Sekundarna omrežja pogosto oskrbujejo naselja, kjer je velika višinska razlika med uporabniki. Na sliki 84 je narisano naselje, kjer je višinska razlika med spodaj in zgoraj ležečimi porabniki 70 m. Nespametno bi bilo vso vodo črpati navzgor (čeprav ne presežemo dovoljenih 7 barov tlaka), saj za črpanje vode potrebujemo energijo, ki je draga. V tem primeru je bolj ekonomično zgraditi dvoconski sistem. Vso vodo črpamo v spodnji vodohran, od koder oskrbujemo porabnike, ki ležijo pod spodnjim vodohranom. V zgornji vodohran prečrpavamo s črpalkami, (ki so nameščene v prečrpalnici ob ali v spodnjem vodohranu) samo tisto vodo, ki jo potrebujejo uporabniki, ki višinsko ležijo med obema vodohranoma.

Kadar je torej višinska razlika v naselju velika (preseže 50 ali 60 metrov, tako da večjemu delu naselja ne moremo zagotavljati ustreznih tlačnih razmer, tlak lahko uravnamo z dvoconskim sistemom. Če je tlak v spodnjem delu naselja previsok, ga moramo zmanjšati; po starejšem načinu z razbremenilnikom (raztežilnikom) s plovcem, ki tlak izniči, s sodobnejšimi reducirnimi ventili pa ga samo zmanjšamo na željeno raven.



## tlačna linija

### Slika 84: Namestitev prečrpalne postaje

Vir: Lasten

Pogosto leži zajetje ob vznožju naselja, ki je višinsko razloženo. Vodo črpamo v vodohran spodnje cone in iz njega napajamo spodnjo cono. Vodohran zgornje cone polnimo s prečrpavanjem vode iz spodnjega vodohrana (črpalke so nameščene v spodnjem vodohranu).

#### Preverjanje razumevanja

1. Pojasnite izraz dvoconski sistem.
2. Razložite, kdaj in zakaj vgrajujemo razbremenilnike.
3. \*Primerjajte razbremenilnik s plovcem in razbremenilnik z reducirnim ventilom.
4. \*Pojasnite, zakaj potrebujemo prečrpalne postaje.
5. \*\*Razmislite, zakaj so črpalke, ki služijo prečrpavanju vode v zgornjo cono, nameščene kar v armaturni celici vodohrana.
6. \*\*Poskušajte ugotoviti, ali je pogostejše razbremenjevanje tlaka ali prečrpavanje.

#### Povzetek

Izvirna voda je praviloma kakovostna, zato jo pogosto zajemamo v točkovnih izvirih, redkeje v izvirih v plasti.

Vodo, ki izvira v plasti, prestrezamo v drenažne cevi, položene vzporedno s plastnicami, vkopane v teren na neprepustni vodonosni plasti. Uspešen zajem vode zagotavljamo z glineno ali betonsko peto, ki preprečuje odtok vode mimo cevi, s primernim filtrnim slojem ob ceveh (najprej enozrnata groba frakcija, nato finejša).

Podzemno vodo že dolgo uporabljamo kot pitno vodo. Za oskrbo vasi in posameznih kmetij so izkopali kopane vodnjake, ki jih danes, ko imamo povsod javni vodovod, ne kopljemo več. Moramo pa jih vseeno vzdrževati, saj bo v primeru potresa iz njih črpana in razkužena voda lahko začasno nadomestila vodo iz javnih vodovodov, ki ne bodo delovali, torej bi jo lahko uporabili kot rezervni vodni vir v izrednih razmerah.

Predvsem kot dodatno vodo črpamo podtalnico iz majhnih globin (do 6 m) s preprostimi zabitimi vodnjaki, kjer služi kot sesalna cev v tla zabita, na spodnjem delu naluknjana jeklena cev.

Vrtane vodnjake uporabljamo za napajanje največjih slovenskih mest. Narejeni so tako, da v tla s pomočjo cevni opazev izkopljejo ali v skalo izvrtajo tudi več kot 100 m globoko vrtino. Vanjo spustijo potopno črpalko, ki črpa vodo do hranilnikov vode – vodohranov in do uporabnikov. Voda priteka do uporabnikov težnostno iz vodohranov, v katere jo črpamo (razen če leži zajetje nad vodohranom, kar je redko).

Pri vodovodnem sistemu z dvema tlačnima conama črpamo vodo v zgornjo cono s črpalkama, ki sta običajno nameščeni kar v armaturni celici spodnjega vodohrana. V poglavju je omenjen tudi hidravlični oven (hidravlična črpalka), ki črpa del razpoložljive vode navzgor tako, da izkorišča potencialno energijo vode, ki izteka v tej napravi.

Pitna voda mora od zajetja priteči do porabnikov. V vodovodnem omrežju temu služijo cevi, potrebujemo pa še fazonske kose (za medsebojno spajanje ali priključevanje cevi ali/in armatur), armature (za zapiranje vode, izpuščanje vode in blata, merjenje vodnih količin, odzračevanje, odvzem vode iz cevi, izpiranje cevovodov pa tudi za regulacijo, merjenje in nadzor pretokov in tlakov) ter vodovodne priključke. Da bo sistem dobro deloval, vodovod položimo na peščeno blazino 0/8 mm, debelo vsaj 0,1 m, približno vzporedno s terenom, s padcem vsaj 0,3%, s kritjem vsaj 1,2 m, ne pregloboko (do 3 m), vgrajujemo blatnike na najnižjih točkah in zračnike na najvišjih.

Osnovni element cevovodov so cevi. Cevi označujemo z nazivnim premerom DN (pri ceveh iz nodularne litine je notranji premer tudi nazivni premer DN, pri PE-ceveh DN pomeni zunanji premer cevi in ne notranji, ki je manjši). Cevi spajamo med seboj in/ali priključujemo na armature s fazonskimi kosi, med katere štejemo loke, odcepe, T-kose, reducirne kose, čepe, ... Razlikujejo se po tem, s čim se priključijo na enem koncu (ali na obeh) – z obojko (mufo) ali/in prirobnico.

V vodohranu hranimo zadostno zalogo vode (za požar, dela, izpad elektrike) in zagotavljamo tlak v vodovodnem razdelilnem omrežju. Kadar je višinska razlika v naselju velika (preseže 50 ali 60 metrov, tako da večjemu delu naselja ne moremo zagotavljati ustreznih tlačnih razmer, tlak lahko uravnamo z dvoconskim sistemom. Če je tlak v spodnjem delu naselja previsok, ga moramo zmanjšati; po starejšem načinu z razbremenilnikom (raztežilnikom) s plovcem, ki tlak izniči, s sodobnejšimi reducirnimi ventili pa ga samo zmanjšamo na želeno raven.

## 7 VZDRŽEVANJE IN UČINKOVITOST IZVAJANJA SLUŽBE OSKRBE Z VODO

### Uvod v poglavje

Ljudje velikokrat pomišljamo, zakaj je potrebno plačevati za vodo. Ali so službe, ki skrbijo za vodovod, sploh pod kakšno kontrolo? Ko pa nam zmanjka vode, pa smo vsi nejevoljni in se nam zdi, da se to pa res ne sme zgoditi. Tudi v skladu s smernicami Svetovne zdravstvene organizacije oskrba s pitno vodo ni danost, ampak predvsem storitev. Oskrba pa s tem ni samo prodaja živila, ampak predvsem zagotavljanje ustreznega stanja celotne potrebne infrastrukture za zagotavljanje vode.

Vendar pa se predvsem v zadnjem času kontrola izvajanja nalog v okviru javnih služb izpopolnjuje in izvajalci v različnih delih države, naše celine in primerljivih dežel v svetu se med seboj velikokrat primerjajo. Seveda podatki medsebojno neposredno niso nikoli primerljivi, saj vsako podjetje izvaja svoje naloge v različnih okoliščinah, pa vendar so nekatere značilnosti izvajanja medsebojno primerljive, pokažejo celovit pregled in prikažejo prednosti in pomanjkljivosti posameznih izvajalcev proti drugim.

Vodovodi imajo praviloma dolgo življenjsko dobo, 50 in več let, preden je potrebno nekatere dele obnoviti. Ta za sodobnega človeka danes nujno potrebna infrastruktura je element infrastrukture, za katerega si v nekem prostoru razvita družba ne more dopustiti kakršnekoli konkurence. Zato ima vodovod kot infrastruktura že daleč v zgodovini poseben pomen, njegovo brezhibno delovanje pa je bilo vedno posebej občutljiva tema, prinašalo in odnašalo je vladarje, vodni mojstri pa so bili v razvitih družbah v zgodovini posebej ugledni ljudje.

### 7.1 UPRAVLJANJE VODOVODNEGA OMREŽJA

Z vodovodnimi sistemi je težko upravljati, saj je treba pri tem upoštevati številne pogoje:

- naravne (količina in kvaliteta vodnih virov, vpliv okolja na vodne vire oz. ravnanje ljudi z vodnimi viri, geografske danosti, višinska razgibanost oskrbovanih območij, gostota poselitve),
- tehnične (splošna razvitost poselitvenih območij, spreminjanje porabe vode v določenem časovnem obdobju, zasnova in stanje vodovodnih sistemov),
- ekonomske (splošna ekonomska razvitost, ekonomska politika, cenovna politika, možnosti za pridobivanje sredstev in načini gospodarjenja z njimi) in
- pravne pogoje (nacionalna in evropska zakonodaja).

V primeru, ko se nekateri od naštetih pogojev hitro spreminjajo, vplivajo na povečane stroške oskrbe z vodo. Stroški črpanja, priprave in distribucije vode so zaradi omejenih naravnih virov, vse zahtevnejše zakonodaje na področju kvalitete vode, zahtev po kvalitetnejših in hitrejših storitvah, novih spoznanj, razvoja tehnologije in hitrega zastarevanja opreme in delovnih sredstev čedalje višji.

Danes velikokrat slišimo o vojnah v prihodnosti, o vojnah za naravne vire, o vojni za vodo. Vode ne bo zmanjkalo. Nastanek vojn je posledica pomanjkanja civilizacijske kulture, kot je to že pokazala zgodovina.

V Sloveniji uveljavljen cene vse večkrat ne pokrivajo lastne cene storitev, ki naj bi pokrivalo vse stroške oskrbe z vodo, zaradi administrativnega omejevanja na podlagi Zakona o kontroli cen (ZKC) (Ur. l. RS, št. 63/1999 s spremembami, objavljenimi v št. 32/2002 Odl.US: U-I-10/00-25, 20/2006, 51/2006-UPB1, besedilo je dostopno na [http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r06/predpis\\_ZAKO1406.html](http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r06/predpis_ZAKO1406.html) ) (31. 5. 2011) zaostajajo za inflacijo - z izjemo povečevanja taks in prispevkov, vezanih na komunalne storitve.

Poleg tega se upravljavci vodovodnih sistemov v Sloveniji že dobro desetletje srečujejo z realnim zmanjševanjem prihodkov. Na to ne vpliva le cenovna politika, pač pa tudi zmanjševanje količin

prodane vode zaradi manjše porabe vode v industriji (vpliv prestrukturiranja industrije, recikliranja vode) ter gospodinjstvih (demografske značilnosti in vpliv urbanizacije, selitev prebivalstva na obrobja mest, varčevanja z vodo). Tako se danes srečujemo tudi s problemi staranja vode zaradi prevelikih dimenzij vodovodov ob zmanjšani porabi vode, zmanjševanja minimalnih hitrosti v vodovodih in s tem povečanja usedanja neraztopljenih delcev v ceveh, večna je tudi dilema zagotavljanja požarne varnosti iz sistemov za oskrbo s pitno vodo, predvsem pri manjših sistemih z relativno dolgim omrežjem.

Sodobni vodovodni sistemi postajajo vse večji in bolj kompleksni. Pri postopkih zajema čiščenja in transporta vode sodeluje mnogo specializiranih strokovnjakov. Sodobno upravljanje zahteva interdisciplinaren pristop. Vse naštetu zahteva od upravljavcev vodovodnih sistemov hitro prilagajanje spremembam in čimbolj učinkovito uporabo razpoložljivih sredstev.

## 7.2 NAČRT VZDRŽEVANJA VODOVODNEGA OMREŽJA

Osnovne zahteve nemotene oskrbe z vodo so:

- zanesljivost oskrbe (dovolj vode na konični dan in število ter trajanje prekinitve dobave vode),
- trajnost oskrbe (zagotavljamo jo s finančno uspešnim poslovanjem, s katerim poskrbimo za poplačilo stroškov poslovanja in primernim deležem za sanacije in obnove),
- učinkovitost oskrbe z vodo (prikazujemo jo v €/m<sup>3</sup> porabljene vode) in
- kakovost oskrbe, ki jo prikazujemo z deležem vodnih izgub (podan tudi v % glede na prodane količine vode), številom okvar na ceveh (število okvar na 100 km cevovoda), številom okvar na hišnih priključkih (število okvar na 1.000 hišnih priključkov), številom okvar na armaturah (število okvar na 1.000 armatur).

Uspešno delovanje vodovodnih sistemov med drugim zagotavljamo s kakovostnim rednim vzdrževanjem, pravočasnim izrednim vzdrževanjem in hitrim odzivom pri intervencijskih popravilih. Z vizualnimi pregledi omrežja in stalnimi meritvami tlaka v omrežju pripomoremo k bolj zanesljivi oskrbi, zmanjšanju vodnih izgub, zmanjšanju števila okvar in stroškov poslovanja.

Podlaga za redno vzdrževanje so pravilniki in načrt rednih vzdrževalnih del, ki ga ima vsako podjetje, ki upravlja vodovod. V njem so navedena redna vzdrževalna dela in časovni razmik med posameznimi nadzori in ukrepi vzdrževanja. Med redna vzdrževalna dela štejemo: letno vzdrževanje črpališč (suho za stene, mokro za tla), letno vzdrževanje vodohranov (tudi čiščenje vodnih celic vodohranov), letno vzdrževanje prečrpališč (pregledi elektroinstalacije, črpalk in po potrebi njihovo mazanje – v skladu z navodili proizvajalcev, vzdrževanje naprave za razkuževanje vode), letno vzdrževanje razbremenilnikov (predvsem delovanje ventilov s plovcem in reducirnih ventilov), pregledi delovanja izpustnih naprav (enkrat letno), pregledi delovanja vseh različnih armatur: zasunov, zračnikov (preizkus odzračevanja), redukcijskih ventilov (s pregledom reduciranja tlaka), pregled stanja hidrantov in pripadajoče opreme hidrantov, njihovih oznak in preizkus delovanja (enkrat letno), vodomeroev (zamenjava s kalibriranimi vsakih pet let). Pri mehanskih napravah je vzdrževanje pogostejše in v skladu z navodili proizvajalcev, prav tako je pogostejše pri regulacijskih in telemetrijskih napravah.

Upravljalci vodovodov, ki so dobri gospodarji, skrbno preverjajo delovanje posameznih naprav. Če zaznajo slabše delovanje neke naprave ali armature, ne čakajo do rednega vzdrževanja, temveč se takoj lotijo izrednega vzdrževanja, saj škodljivo odlašanje s popravilom lahko povzroči hude posledice tudi na drugih sklopih vodovodnih sistemov. Znano je tudi, da kakovostno opravljeno redno vzdrževanje zmanjšuje število izrednih vzdrževanj in intervencijskih popravil.

Intervencijska popravila so tista, ki jih mora opraviti dežurna ekipa v kar najkrajšem času, saj je zaradi počene cevi, loma armature, okvare črpalke, izpada električnega toka pri črpanju, odpovedi

telemetrijske opreme, ... motena oskrba z vodo (izgube vode in/ali tlaka v razdelilnem cevovodu, prekinitev dobave vode v vodohran, ...).

Pri motnjah oskrbe z vodo v primeru poškodb cevi ob potresu, lomu cevi, hudem onesnaženju ali presahnitvi vodnega vira, odpovedi črpalk (tudi rezervne) mora imeti vsak upravljalec vodovodnega sistema načrt oskrbe z vodo v izrednih razmerah. Ravnali naj bi se skladu s sistemom HACCP – če je mogoče, naj bi pri izpadu ene vrtine zadostno količino zagotavljali iz drugih vrtin, s priključitvijo na sosednji vodovodni sistem ali celo na opuščeno (a vzdrževano) površinsko ali drenažno zajetje. Če pitne vode nikakor ne bi bilo več mogoče zagotoviti iz javnega vodovoda, je v izrednih razmerah predvidena oskrba prebivalstva z dovozom pitne vode s pomočjo cistem iz drugih sistemov (predvidena so mesta polnjenja cistem), pri čemer bodo sodelovali občinski štabi Civilne zaščite in druge ustrezne organizacije in službe. V načrtih za izredne razmere so vrisana mesta razdeljevanja vode iz cistem (praviloma 3 l na osebo na dan!) in vode v plastenkah.

### 7.3 UČINKOVITOST IZVAJANJA SLUŽBE OSKRBE Z VODO

Ker je oskrba z vodo po naravi monopolna dejavnost, se v sodobnih demokratičnih družbah posveča izredno veliko pozornosti kontroli učinkovitosti izvajanja kot tudi drugih služb javnega in po naravi monopolnega značaja.

S primerjavami po pravilih benchmarkinga, pri katerem s primerjavo različnih kazalnikov dobimo informacijo o lastni učinkovitosti in položaju v primerjavi z drugimi podjetji ali procesi, lahko dobimo realno sliko o učinkovitosti delovanja. V projekte benchmarkinga vstopajo podjetja z namenom podati svoje notranje informacije in dobiti sliko drugih podjetij, ki so v projektu, vendar so ti rezultati neidentificirani in se jih podaja v obliki statističnih vrednosti (najmanjša vrednost, povprečje, največja vrednost, 1. kvartil, mediana, 3. kvartil).

Primerjajo se podobne dejavnosti ali procesi, pri tem pa je potrebno pozornost posvetiti dejstvu, da so merjene vrednosti merjene v vseh podjetjih na enak način.

Zato običajno take primerjave izvedejo od podjetij neodvisni strokovnjaki za to področje. Podobne metode so uporabili prvič Japonci v dejavnosti visoko intenzivnih industrijskih panog v 60. letih, kjer so si podjetja strateško poskušala pomagati s primerjavo najvažnejših značilnosti uvedenih procesov v proizvodnji, s primerjavo kazalcev, ki so kazali del rezultata določenega procesa.

Metodologija primerjave kazalnikov je primerna za določitev ustreznih cen vode v smislu Okvirne direktive o vodah, saj je z njeno pomočjo mogoče med seboj primerjati storitve in dati priporočila za morebitne izboljšave. Zato tudi Evropska komisija benchmarking opredeljuje kot primerno sredstvo za določitev cen storitev za rabo vode, ki zagotavljajo povračilo stroškov.

Kazalniki, ki opredeljujejo stanje omrežja (npr. vodne izgube, okvare na ceveh in prekinitve oskrbe), kažejo, da bi morala udeležena podjetja izboljšati tehnično stanje sistemov.

V okviru zahtev Okvirne direktive o vodah za cene vode, ki zagotavljajo povračilo stroškov, je transparentnost osrednjega pomena. Zato je jasna dodelitev izvedenih storitev v občinah in podjetjih, ki storitve izvajajo, enako pomembna kot potreba po prilagoditvi obstoječe tarife za vodo tako, da bo doseženo povračilo stroškov.

Podjetje se za sodelovanje v pilotnem projektu benchmarkinga na področju oskrbe s pitno vodo odloča zaradi primerjave z drugimi podjetji in opredelitve lastnega položaja ter odgovora na vprašanje, katerim procesom ali delom procesov je potrebno posvetiti dodatno pozornost.

V Sloveniji se je v l. 2007 izvajal 1. projekt benchmarkinga, ki je bil financiran iz sredstev EU in izveden v okviru Twinning projekta z naslovom »Razvoj finančnih instrumentov za upravljanje voda na podlagi Okvirne direktive o vodah 200/60/ES« ob podpori zunanjih strokovnjakov iz nemškega podjetja Rödl & Partner in Tehniške univerze Gradec (TÜG).

Predstavljeni rezultati podjetja so bili primerjani z rezultati drugih udeleženi podjetij.



Cilj pilotnega projekta je bil predstaviti instrument benchmarkinga kot metodo za določitev ustreznih cen vode in kot sredstvo, ki lahko pripomore k stalnemu izboljševanju izvajanja storitev oskrbe s pitno vodo, ter preizkusiti njegovo ustreznost na področju vodnega gospodarstva v Sloveniji. Benchmarking na področju oskrbe s pitno vodo je danes v mnogih državah članicah EU še v fazi razvoja ali se je šele uveljavil. Instrument benchmarkinga preko primerjave različnih podjetij enega sektorja spodbuja stalno izboljševanje in s tem zagotavlja učinkovito izvajanje storitev. Ravno na področju oskrbe s pitno vodo, kjer sistemi in naprave s seboj prinesejo precej velike stroške in zato prava konkurenca na trgu ekonomsko gledano ni sprejemljiva, pravno gledano pa večinoma ni dovoljena (voda kot naravni monopol), lahko benchmarking nadomesti pravo konkurenco in tako prispeva k učinkoviti in kakovostni oskrbi s pitno vodo.

Potek pilotnega projekta in strokovna vsebina sta temeljila na izkušnjah s podobnimi projekti na Bavarskem in v drugih nemških zveznih deželah ter na izkušnjah obsežnega projekta benchmarkinga v Avstriji. S primerjalno metodologijo je ista skupina v Nemčiji od leta 2003 primerjala storitve več kot 500 podjetij.

Kljub zelo kratkemu časovnemu obdobju, ki je bilo v okviru Twinning projekta namenjeno pridobitvi udeležencev, se je za sodelovanje pri projektu odločilo osem podjetij. Vzorec podjetij je bil reprezentativen za slovensko oskrbo s pitno vodo, saj so bila zastopana tako velika kot tudi srednja in majhna podjetja. Podjetjem smo že na samem začetku zagotovili, da bomo posredovane podatke obravnavali anonimno in zaupno, tako da ne bodo imenovana posamezna podjetja.

Iz skupno 84 podatkov vsakega udeleženega podjetja je bilo oblikovanih 39 kazalnikov, ki omogočajo opredelitev in oceno izvajanja storitev oskrbe s pitno vodo.

Primerjava kazalnikov temelji na mednarodnih standardih in obsega naslednje kategorije:

- zanesljivost oskrbe,
- kakovost oskrbe,
- trajnost oskrbe,
- učinkovitost oskrbe.

Izračunani pa so bili naslednji kazalniki

- |   |   |
|---|---|
| 1.  |   |
| 2. Skupni stroški                                   | 19. Stroški zaposlenih                              |
| 3. Kapitalski stroški                               | 20. Poraba energije za pridobivanje in pripravo     |
| 4. Obresti na kapitalske stroške                    | 21. Poraba energije za transport in distribucijo    |
| 5. Tekoči stroški                                   | 22. Stroški nakupa vode opredeljenega gospodinjstva |
| 6. Tekoči stroški uprave                            | 23. Raba razpoložljivih virov na konični dan        |
| 7. Tekoči tehnični stroški                          | 24. Prostornina vodnih celic                        |
| 8. Tekoči stroški za ukrepe upravljanja voda        | 25. Prekinitve oskrbe                               |
| 9. Tekoči stroški pridobivanja in priprave          | 26. Preseganje mejnih vrednosti, skupaj             |
| 10. Tekoči stroški omrežja                          | 27. Preseganje mejnih vrednosti, mikrobiologija     |
| 11. Analiza deleža stroškov za upravo               | 28. Delež pitne vode, ki se dodatno pripravi        |
| 12. Analiza deleža stroškov za tehniko              | 29. Skupne vodne izgube                             |
| 13. Stroški nakupa vode                             | 30. Dejanske vodne izgube                           |
| 14. Koncesijska dajatev                             | 31. Okvare na ceveh                                 |
| 15. Zaposleni na mio m <sup>3</sup>                 | 32. Okvare na hišnih priključkih                    |
| 16. Zaposleni na km                                 |   |
| 17. Analiza deleža zaposlenih na področju uprave    |   |
| 18. Analiza deleža zaposlenih na tehničnem področju |   |

33. Okvare na armaturah	38. Pripravniki/vajenci
34. Kvota lastnega kapitala	39. Dodatno izobraževanje zaposlenih
35. Povračilo stroškov	40. Kvalifikacije zaposlenih (predpis W1000)
36. Stopnja investicij	41.
37. Delež za sanacijo in obnovo (omrežje in hišni priključki)	

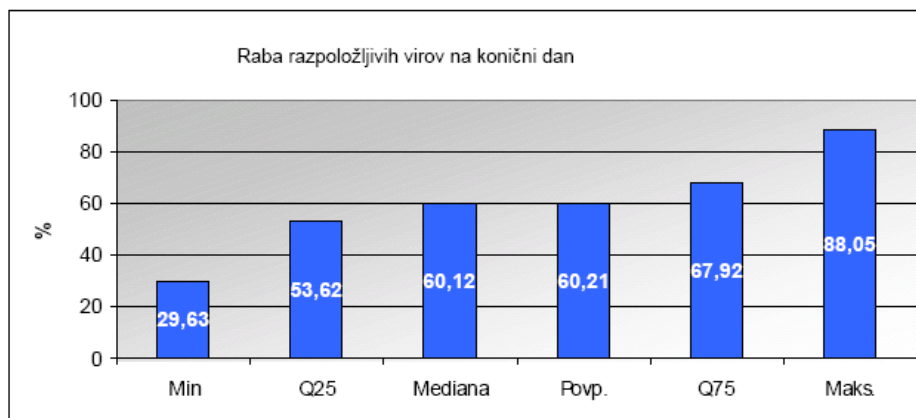
Pri tem je pomembno dejstvo, da ocena podjetja in njegovih storitev ni omejena zgolj na makroekonomske elemente, saj se storitve obravnava celostno in se pri interpretaciji upošteva tudi kvalitativne elemente. Osnova za vsebino in vrednotenje podatkov je mednarodno priznani sistem kazalnikov Mednarodnega združenja za vode (IWA), ki je bil spremenjen v skladu z nemškimi in avstrijskimi razmerami ter dodatno prilagojen za uporabo v slovenskem projektu. Ko so podjetja izpolnila vprašalnik, so bili organizirani individualni obiski v podjetjih, ki jih je vodil strokovnjak s področja benchmarkinga.

Podjetja so se seznanila s temeljnimi načeli zbiranja podatkov in imela možnost razpravljati o posredovanih podatkih. Individualni obiski v podjetjih so pri projektih benchmarkinga izjemno pomembni, saj je le tako mogoče zagotoviti, da so podatki vseh udeleženi podjetij enotni in tako ustrezni za primerjavo ter da jih vsa podjetja tudi enako razumejo.

Ko so bili podatki podjetij popolni in usklajeni s predstavniki podjetij, so jih strokovnjaki preverili, vnesli v posebno zbirko podatkov, ki je bila razvita za projekte benchmarkinga, in jih ovrednotili. Ko so bili podatki ovrednoteni, se je za vsako udeleženo podjetje izdelalo individualno poročilo. Individualno poročilo je namenjeno samo interni uporabi v podjetju in se ga praviloma ne sme objaviti. V poročilu so podatki posameznega podjetja primerjani s podatki drugih podjetij in tudi ovrednoteni. Pri vrednotenju rezultatov primerjave kazalnikov se vedno upošteva individualne pogoje, kot je velikost podjetja, struktura pridobivanja in distribucije, stopnja zunanjega izvajanja ali način in naloge oskrbe. Pri vrednotenju kazalnikov za storilnost podjetja je tako pomemben podatek, ali podjetje oskrbo s pitno vodo izvaja na podeželskem območju ali v večjem mestu. Količina vode, ki jo podjetje odda na km cevovoda (specifična zmogljivost omrežja) je zato pomemben kriterij za vrednotenje podatkov in za določitev ustreznih skupin podjetij v primerjavi storitev. Tudi stopnja zunanjega izvajanja je zelo pomembna za opredelitev, ali je v podjetju dovolj zaposlenih za izvedbo vseh storitev. Šele ko vemo, kolikšen delež storitev v podjetju izvajajo zunanji izvajalci, lahko ustrezno ovrednotimo ta kazalnik.

### 7.3.1 Primeri kazalnikov s področja zanesljivosti oskrbe:

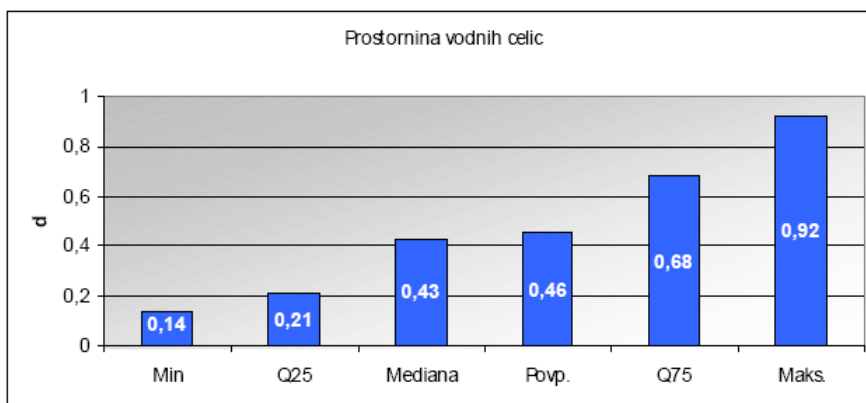
**Kazalnik, ki kaže rabo razpoložljivih virov** na konični dan (slika 85), za vse udeležence poda zelo pozitivno sliko. Vsa podjetja morajo imeti tudi ob dnevih zelo visoke potrebe po vodi na voljo dovolj vodnih virov, da lahko zagotovijo zanesljivo oskrbo prebivalstva. Ta kazalnik pa je treba obravnavati tudi v kontekstu vodnih izgub. Če so te visoke, je lahko zanesljivost oskrbe ogrožena.



Slika 85: Raba razpoložljivih virov na konični dan

Vir: Theuretzbacher-Fritz, H., Schielein J. Benchmarking na področju oskrbe s pitno vodo v Sloveniji – pilotni projekt, 2007/2008

**Kazalnik za prostornino vodnih celic** poda informacijo o tem, kako dolgo se lahko priključeno prebivalstvo oskrbuje s pitno vodo ob prekinitvi pridobivanja vode (slika 86). To pomeni, da je treba s prekinitvami oskrbe računati takrat, ko je pridobivanje vode prekinjeno za dlje časa, kot je navedeno obdobje. Na Bavarskem in v Avstriji ta vrednost znaša od enega dneva do enega dneva in pol.



Slika 86: Prostornina vodnih celic

Vir: Theuretzbacher-Fritz, H., Schielein J. Benchmarking na področju oskrbe s pitno vodo v Sloveniji – pilotni projekt, 2007/2008

Aktualna referenčna vrednost DVGW (W 300) izvajalcem oskrbe z vodo glede na maksimalno dnevno potrebo ( $Q_{dmax}$ ) priporoča prostornine vodnih celic podanih v tabeli 3.

Tabela 3. Priporočljiva prostornina vodnih celic glede na aktualno referenčna vrednost

	Maksimalna dnevna potreba $Q_{dmax}$		
	< 2.000	2.000 - 4.000	> 4.000
Uporabna prostornina (brez zaloge gasilne vode)	$1 * Q_{dmax}$	$1 * Q_{dmax}$ morebitni manjši odvzem	30 % - 80 % von $Q_{dmax}$ praviloma nestalna vodna količina + pribitek za zanesljivost
Zaloga gasilne vode	<ul style="list-style-type: none"> <li>za podeželska območja: 100 - 200 m<sup>3</sup></li> <li>za mestna območja: 200 - 400 m<sup>3</sup></li> </ul>	ni zahtevano	

Vir: Lasten, prirejeno po podatkih nemškega združenja DVGW

Ali gre pri tem za majhne, srednje ali velike vodne izgube, je v veliki meri odvisno od strukture oskrbe podjetja.

Združenje DVGW je za razvrstitev vodnih izgub določilo kriterije, podane v tabeli 4.

Tabela 4. Razvrstitev vodnih izgub po kriterijih, ki jih je določilo združenje DVGW

	Struktura oskrbe		
	Velika mesta (Področje 1)	Mesta (Področje 2)	Podeželje (Področje 3)
Majhne vodne izgube	< 0,10	< 0,07	< 0,05
Srednje vodne izgube	0,10 - 0,20	0,07 - 0,15	0,05 - 0,10
Velike vodne izgube	> 0,20	> 0,15	> 0,10

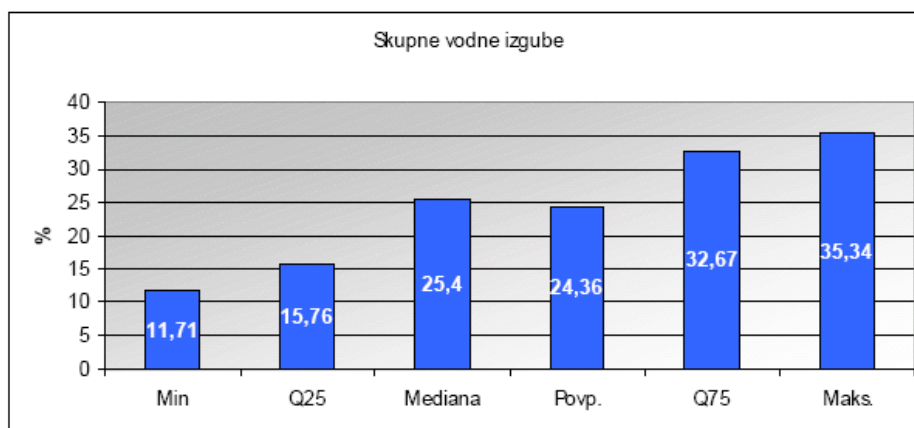
Vir: Lasten, prirejeno po podatkih nemškega združenja DVGW

Kazalnik, ki je povezan z zanesljivostjo oskrbe, je tudi število prekinitev oskrbe v obdobju enega leta. Po sistemu kazalnikov IWA do prekinitve oskrbe pride takrat, ko z vodo nenačrtovano ni mogoče oskrbeti več kot 1 % oskrbovanega prebivalstva ob trajanju prekinitve več kot 12 ur.

### 7.3.2 Primeri kazalnikov s področja kakovosti oskrbe

Za opredelitev kakovosti oskrbe je v prvi vrsti pomembna kakovost dobavljene pitne vode. Ker je pitna voda eno najpomembnejših živil, se njena kakovost redno preverja. Evropska Direktiva o pitni vodi in drugi zakonski ali uradni predpisi določajo najvišjo mejno vrednost za sestavine in škodljive snovi.

Naslednji kazalnik, ki opredeljuje kakovost oskrbe, so vodne izgube. Pri udeleženi podjetjih te znašajo približno 25 % (slika 87). To pomeni, da se v povprečju ena četrtnina vode na poti do odjemalcev izgubi. V primerjavi z vrednostjo vodnih izgub na Bavarskem in v Avstriji je ta vrednost visoka, saj vodne izgube tam znašajo v povprečju pod 10 %. Na splošno pa je med evropskimi državami še kar nekaj držav, ki imajo večje ali primerljive vodne izgube (npr. Francija ali Anglija). Razmeroma visoke vodne izgube so pokazatelj precej slabega stanja omrežja in potrebe po investicijah.



Slika 87: Skupne vodne izgube

Vir: Theuretzbacher-Fritz, H., Schielein J. Benchmarking na področju oskrbe s pitno vodo v Sloveniji – pilotni projekt, 2007/2008

### 7.3.3 Primeri kazalnikov s področja trajnosti oskrbe

Da se oskrba z vodo dolgoročno zagotovi tudi v okviru zahtev Okvirne direktive o vodah, je treba nastale stroške pokriti s prihodki. V srednjeročnem obdobju je zato zaželeno doseči 100 % povračilo stroškov. Tudi vrednosti nad 100 % so na Bavarskem in v Avstriji nekaj povsem običajnega.

Če pri povračilu stroškov govorimo o ohranitvi ekonomske vrednosti podjetja, pri **kazalniku deleža za sanacijo in obnovo** govorimo o ohranjanju tehnične vrednosti. Kazalnik nam pove, kolikšen delež omrežja (vključno s hišnimi priključki) je podjetje v zadevnem letu saniralo ali obnovilo. Če na primer podjetje vsako leto sanira in obnovi 2 % omrežja, je zadevno omrežje v obdobju 50 let popolnoma sanirano ali obnovljeno. Zaradi praviloma daljše življenjske dobe vodovodnega omrežja je smiselno trajno obnavljanje omrežja v višini 1 % do 1,5 %. To pomeni, da se izhaja iz življenjske dobe omrežja od 75 do 100 let. Udeležena podjetja so v povprečju ravno v tem razponu, vendar je ta odstotek zaradi slabšega stanja omrežja (vodne izgube in okvare) vseeno prenizek.

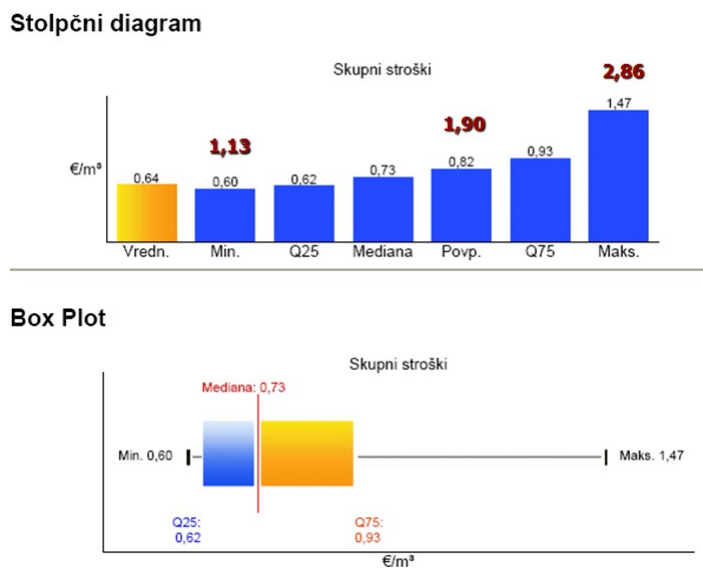
V kategoriji **kazalnikov »trajnost« se vrednoti tudi čas, ki je v podjetju namenjen dodatnemu izobraževanju zaposlenih**. Oskrba s pitno vodo je zahtevna in zelo odgovorna naloga, ki zahteva dobro usposobljene zaposlene. Zaradi stalnega razvoja, novih tehnik in zahtev na področju oskrbe s pitno vodo je stalno izobraževanje izjemno pomembno za kakovostno oskrbo. Vrednosti na Bavarskem in v Avstriji so približno 2 dneva na zaposlenega in leto.

### 7.3.4 Primeri kazalnikov na področju učinkovitost oskrbe

Pri primerjavi storitev imajo osrednji pomen **skupni stroški**. Določitev skupnih stroškov je mogoča samo takrat, ko se ustrezno upošteva tudi rezultate kazalnikov za druga področja in s tem izvedene storitve. Podjetje, ki ne skrbi za ohranjanje tehnične vrednosti (ne namenja sredstev za investicije itn.) ali ima malo okvar, izkaže tudi nizke skupne stroške. V prvem primeru – ni ohranjanja tehnične vrednosti – nizki skupni stroški niso razlog za pozitivno oceno, v drugem primeru – malo okvar – pa so lahko. Pri oceni skupnih stroškov je poleg stroškov kapitala treba upoštevati tudi potrebo po pripravi vode ali topografijo oskrbovalnega območja, ki lahko neposredno vplivata na porabo energije.

Udeležena podjetja imajo z manj kot 1 EUR skupnih stroškov na m<sup>3</sup> zelo nizko vrednost. V Nemčiji je ta vrednost trenutno približno 1,80 EUR.

Na naslednji sliki je primer prikaza rezultatov za posamezno podjetje. Na levi strani je rezultat **kazalnika skupnih stroškov** za konkretno podjetje, na desni strani posameznega diagrama pa so statistične vrednosti za celotno skupino primerjanih podjetij, iz katere se lahko ustvari slika o položaju posameznega podjetja znotraj primerjanih podjetij.



Slika 88: Primer prikaza rezultatov za posamezno podjetje (na shemi s stolpčnim diagramom so nad stolpci vpisane še primerljive vrednosti primerljive skupine podjetij s področja Avstrije in Bavarske)

Vir: Lasten, prirejeno po Theuretzbacher-Fritz, H., Schielein J. Benchmarking na področju oskrbe s pitno vodo v Sloveniji – pilotni projekt, 2007/2008

Za predstavitev rezultatov kazalnikov je v prvi shemi uporabljen stolpčni diagram in v drugi pa diagram Boxplot. V diagramih so povzete bistvene informacije, ki so:

- Vrednost primerjanega podjetja (Vredn.)
- Minimum (Min.)
- Spodnji kvartil (Q25)
- Mediana
- Aritmetična sredina oz. povprečje (Povp.)
- Zgornji kvartil ( $Q_{P=0,75}$ )
- Maksimum (Maks.)

V statistiki praviloma govorimo o prvem kvartilu  $Q_1$  ( $Q_{P=0,25}$ ) in tretjem kvartilu  $Q_3$  ( $Q_{P=0,75}$ )

### Mediana in aritmetična sredina:

Mediana deli zaporedje vrednosti, ki je urejeno po velikosti, na dva enako velika dela. Pri tem je 50 % vrednosti pod mediano, 50 % pa nad mediano. Mediana je v statistiki bolj uporabna kot aritmetična sredina oz. povprečje (seštevek vseh vrednosti, deljeno s skupnim številom teh vrednosti). Ima to prednost, da podatki, ki ekstremno odstopajo (močno navzgor ali navzdol), manj vplivajo na njeno vrednost. Pri aritmetični sredini (povprečju) pa se ekstremne vrednosti vključijo v izračun povprečja, kar pomeni, da lahko popačijo njeno vrednost.

### Kvartili:

Kvartili omogočajo podrobnejši opis porazdelitve, kot je to mogoče samo z določitvijo srednje vrednosti, npr. z mediano. Za določitev kvartilov se vse vrednosti rangira po velikosti in se določi tiste vrednosti, ki se uvrščajo za 25 % ( $Q_1$  ali  $Q_{P=0,25}$ ) oz. za 75 % ( $Q_3$  ali  $Q_{P=0,75}$ ) vseh izmerjenih vrednosti. Tako je 25 % vseh vrednosti pod, 75 % vseh vrednosti pa nad spodnjim kvartilom ( $Q_1$ ) ter 75 % vseh vrednosti pod in 25 % vseh vrednosti nad zgornjim kvartilom ( $Q_3$ ).

### Boxplot:

Diagrami Boxplot omogočajo dober in hiter pregled porazdelitve vrednosti za posamezen kazalnik. Črni »T-ji«, s katerimi se zaključijo grafikon Boxplot, označujejo maksimalno oz. minimalno vrednost, oranžni in modri predel pa prikazujeta, v katerem območju je srednja polovica vseh vrednosti. Tako je lažje razvidno, v kakšnem okviru se giblje sredina.

Skupni stroški oskrbe s pitno vodo so sestavljeni iz **stroškov kapitala in tekočih stroškov**. Tekoči stroški so stroški, preko katerih se ocenjuje učinkovitost podjetja. Nanje se lažje vpliva kratkoročno, sestavljajo pa jih tekoči izdatki, kot so izdatki za zaposlene ali material.

Vrednosti udeleženih podjetij v povprečju znašajo približno 50 centov in so tako  $\approx$  kot tudi pri skupnih stroških  $\approx$  precej pod vrednostmi na Bavarskem in v Avstriji.

Naslednji pomemben vidik pri opredelitvi učinkovitosti podjetij je tudi **število zaposlenih**. Kot že omenjeno, je za ustrezno obravnavo števila zaposlenih pomembno upoštevati tudi delež zunanjega izvajanja. Pri kazalnikih za zaposlene so zelo pomembne tudi strukture in posebnosti podjetij za primerjavo.

Zato je v enem krogu primerjave lahko smiselno, da se kazalnike za zaposlene opredeli v kontekstu količine oddane vode, v drugem pa je bolj ustrezno, da se število zaposlenih opredeli v kontekstu dolžine omrežja. V nekaterih primerih se lahko določi tudi kazalnik »število zaposlenih na 1000 hišnih priključkov«, ki se ga na mednarodni ravni še vedno pogosto uporablja.

Te razlike so prisotne tudi pri udeleženih podjetjih. Posredovane številke o zaposlenih glede na količino oddane vode so na primer precej višje kot primerljive vrednosti v Avstriji (v povprečju 4 do 6 zaposlenih na mio m<sup>3</sup>). Pri opredelitvi števila zaposlenih glede na dolžino omrežja so posredovane vrednosti kazalnikov občutno višje kot pri avstrijskih podjetjih, vendar se razlika vidno zmanjšuje. Kazalnike za zaposlene je zato treba previdno ovrednotiti in jih natančno obravnavati v individualnem poročilu.

## Povzetek

Ker je oskrba z vodo po naravi monopolna dejavnost, se v sodobnih demokratičnih družbah posveča izredno veliko pozornosti kontroli učinkovitosti izvajanja kot tudi drugih služb javnega in po naravi monopolnega značaja.

S primerjavami po pravilih benchmarkinga, pri katerem s primerjavo različnih kazalnikov dobimo informacijo o lastni učinkovitosti in položaju v primerjavi z drugimi podjetji ali procesi, lahko dobimo realno sliko o učinkovitosti delovanja. Seveda pa je ta ocena lahko realna ob ocenjevanju vseh relevantnih kazalnikov, da lahko o primerjavi dobimo celovito sliko.

Organizirana oblika oskrbe z vodo ima praktično povsod v svetu poseben položaj v družbi. Uspešno delovanje vodovodnih sistemov zagotovimo tudi s kakovostnim rednim vzdrževanjem, pravočasnim izrednim vzdrževanjem in hitrim odzivom pri intervencijskih popravilih. Z vizualnimi pregledi omrežja in stalnimi meritvami tlaka v omrežju pripomoremo k bolj zanesljivi oskrbi, zmanjšanju vodnih izgub, zmanjšanju števila okvar in stroškov poslovanja.

## Preverjanje razumevanja

1. Razložite, zakaj je pomembno redno vzdrževanje vodovodnih sistemov.
2. Razmislite, kakšne so lahko posledice nepravilnega ravnanja v zvezi z vzdrževanjem vodovoda.
3. Kako lahko primerjamo učinkovitost dveh sorodnih podjetij?
4. Na kakšen način bi po vašem mnenju podjetja s področja vodooskrbe še učinkoviteje delovala?

5. Na katerih področjih bi metode benchmarkinga ali njim podobne primerjave lahko uporabili v svojem vsakdanjem življenju, na katerih področjih jih morda že uporabljate?
6. Naštete 5 kazalnikov, naštetih v poglavju, ki po vašem mnenju lahko dajo najboljši pregled o vodovodu in podjetju, ki ga upravlja. Kateri kazalniki od teh kažejo značilnosti vodovodnega sistema, kateri značilnosti podjetja in kateri značilnosti obeh?



## 8 GRADNJA VODOVODOV

### Uvod v poglavje

Cesta je zaprta. Ponovno jo razkopavajo. Obnavljajo vodovodno omrežje – zamenjali bodo cevovod. Je to strokovno zahtevno delo? Ali je nevarno? Ali bi bil jaz koristen na tem gradbišču? Kaj bi delal oziroma kaj bom tam delal, ko si bom tam služil kruh?

Vprašanje bi se moralo glasiti: kako bom delo organiziral, vodil, nadziral, da bo obnova cevovoda izvedena kakovostno v predvidenem roku (v skladu s terminskim planom), brez nesreče in finančno uspešno.

### 8.1 GRADNJA

Pri gradnji vodovodov moramo povedati, da večje objekte (vodohrane, črpalnice, razbremenilnike, prečrpalnice) gradijo podjetja, ki se ukvarjajo z visokimi gradnjami, ali specializirana podjetja (zajetja), gradnjo cevovodov in manjših, pod zemljo zgrajenih objektov (jaškov) pa uvrščamo v področje nizkih gradenj, ki ima svoje značilnosti.

Gradnja cevovodov je podobna ostalim komunalnim gradnjam:

- delo je v omejenem prostoru, zaradi česar ga moramo organizirati še bolj skrbno in poskrbeti za varnost (slika 89),



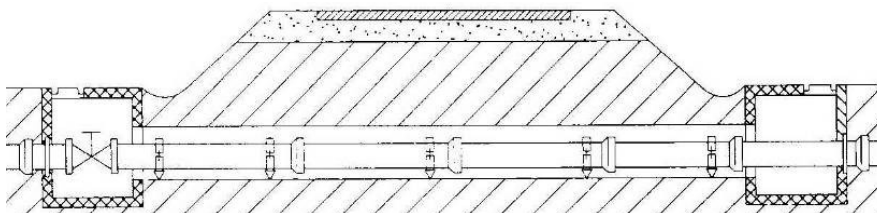
Slika 89: Varno polaganje cevi v izkopanem jarku z razpiranjem  
Vir: Lasten

- delo je pod prometno obremenitvijo (nevarnost prometne nesreče, hrup, izpušni plini, tresljaji, nevarnost zrušitve brežine),
- delamo v jarku (upoštevanje predpisov o varstvu pri delu) – sliki 89 in 91,
- izogibamo se drugim inštalacijam, ki nas pri delu ovirajo. Poleg tega moramo paziti, da drugih inštalacij (plin, elektrika, kabelska televizija, telekomunikacijski kabli, toplovod, kanalizacija) pri delu (izkopu, gradnji, zasipu) ne poškodujemo.

Pri projektiranju in izvedbi moramo upoštevati pravilnike za projektiranje, izvedbo in uporabo javnega vodovodnega omrežja, pravila dobre gradbene prakse, pa tudi navodila proizvajalcev elementov cevovodov o navodilih za vgradnjo (če so strožja od pravil stroke).

Nekaj osnovnih pravil in navodil (nekateri že poznamo):

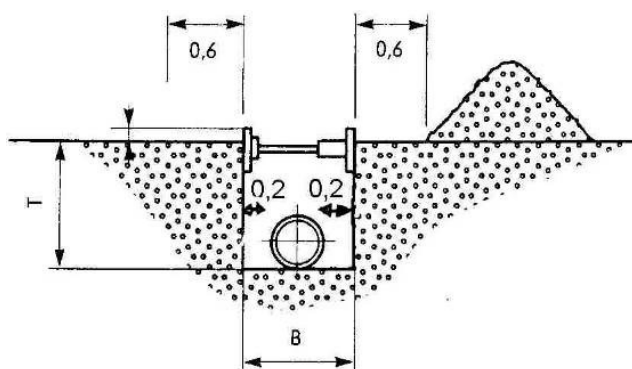
- o legi vodovoda: gradimo ga po javnih površinah (primarne cevovode ob vozišču, sekundarne pod pločniki), razen za odseke zajetje – vodohran – naselje, ki potekajo po najkrajši trasi, tudi po zasebnih zemljiščih;
- o najmanjši globini polaganja cevovoda (pod cono zmrzovanja – praviloma mora biti teme cevi vsaj 1,2 m pod končno koto urejenega zemljišča). Globino kritja določi projektant;
- o največji globini polaganja cevovoda (ekonomičnost – 3 do 4 m);
- o najmanjšem vzdolžnem nagibu (vsaj 0,3 %);
- o predpisanih horizontalnih in vertikalnih odmikih vodovoda od objektov in drugih vodov, ki jih določajo pravilniki (nekaj temeljnih pravil: osnovni odmik je vsaj 3 m od objektov, mešane in fekalne kanalizacije, 2 m od dreves, 1 m od drugih vodov, 5 m od greznic in deponij škodljivega materiala. Vodovod mora biti speljan vsaj 1 m nad kanalizacijo). Če zaradi obstoječih inštalacij navedenih odmikov ne moremo upoštevati, so mogoče izjeme ob boljši izvedbi. Glejte občinski pravilnik;
- o odmikih vodovoda pri križanju z drugimi komunalnimi vodi. Vodovod leži običajno nad drugimi komunalnimi vodi, predpisane razdalje pa so: vsaj 0,6 m nad kanalizacijo, plinom in toplovodom, vsaj 0,4 m nad elektriko in PTT-vodi. Kadar vodovod polagamo pod drugimi vodi, mora ležati vsaj 1 m pod kanalizacijo in vsaj 0,5 m pod drugimi vodi. Križanje izvedemo čim bolj pravokotno. Vodovodno cev zaščitimo pred posedanjem z zaščitno cevjo (slika 90), podbetoniranjem, z nosilci, z izvedbo v jeklu, kar je odvisno od terenskih razmer. Glejte občinski pravilnik;



Slika 90: Vodovod pod cesto, položen v zaščitni cevi

Vir: Lasten

- predpise o varstvu pri delu (glede zaščite gradbene jame in zaščite pri delu – sliki 89 in 91);



Slika 91: Polaganje vodovodnih cevi

Vir: Lasten

- o prevažanju in skladiščenju: cevi morajo biti enakomerno podprte, nekatere tudi vpete v nosilne okvire, naložene do dovoljene višine, z neobremenjenimi obojkami (glejte tudi navodila proizvajalca). Z napačnim rokovanjem lahko cevi poškodujemo, pri nepravilnem transportu lahko povzročimo hudo nesrečo;

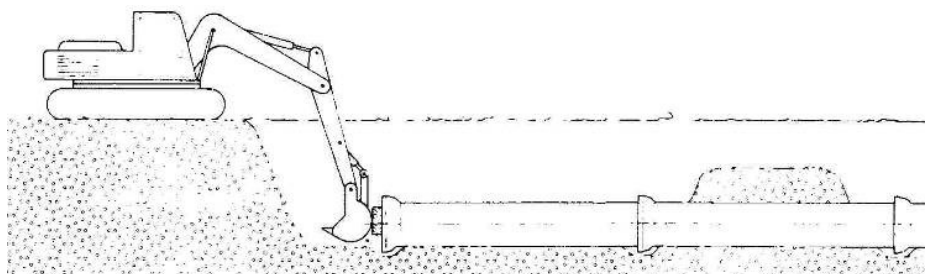
- o zaščiti gradbene jame z ustreznim razpiranjem in opažem;
- o izkopu dovolj širokega jarka (pravilo stroke: na dnu vsaj premer cevi in še vsaj  $2 \times 20$  cm) – slika 91,
- o izkopu dovolj globokega jarka (kota ležišča cevi in pogobljeno za peščeno blazino –vsaj 10 do 15 cm, granulacija 0/8. Toda za cevi iz nodularne litine zadošča že posteljica iz raščenega materiala, ki je brez kamnov, večjih od 20 mm). Globino izkopa gradbene jame in koto ležišča cevi odčitamo za vsak prečni profil posebej iz vzdolžnega profila risanega dela projekta PGD, PZI (glejte poglavje 8);
- o prekladanju cevi po navodilih proizvajalca (prepovedano jih je premetavati ali stresati, pri dvigovanju morajo biti cevi pravilno obešene na kljuke za pritrditev);
- o poravnavi in zgostitvi posteljice;
- o naleganju cevi na posteljico (pod obojkami moramo posteljico odstraniti, da ostanejo obojke neobremenjene) – slika 92;



Slika 92: Ob polaganju so obojke proste.

Vir: Lasten

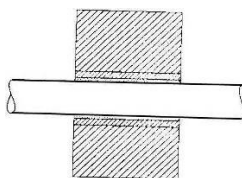
- o pripravi cevi za stikovanje (odstranitev zaščitnih pokrovčkov, čiščenje cevi in namastitev ustja cevi po navodilih proizvajalca cevi);
- o stikovanju cevi z obojko (prosti konec potisnemo previdno v obojko do oznake, ki je narisana na cevi) – slika 93;



Slika 93: Stikovanje vodovodnih cevi

Vir: Lasten

- o polaganju cevi v krivini (praviloma jih polagamo v premi. Kadar pa jih želimo položiti v krivini z večjim radijem, ne uporabimo vmesnega loka, temveč smemo na spojih posamezne kose cevi odkloniti od preme za tolikšen kot, kot ga dovoljuje proizvajalec cevi. Odvisno od vrste cevi in proizvajalca je ta kot od  $1^\circ$  za večje premere do  $6^\circ$  za manjše);
- o predpisani točnosti polaganja cevi. Dovoljena so naslednja odstopanja: po višini  $\pm 2$  cm, po smeri v premah  $\pm 5$  cm in v krivinah  $\pm 10$  cm;
- o zasipu območja cevovoda –material zasipa mora biti enak kakor posteljica;
- o vodenju cevi skozi zid z dodatno zaščitno cev (slika 94) ali fazonskim kosom;



Slika 94: Detajl vodenja cevi skozi zid  
Vir: Lasten

- o sidranju cevovoda (po potrebi): pri tlačnem cevovodu (poglavje 6.3.2), posedanju terena, spremembah smeri ali premera cevi, cevnih priključkih, zasunih in hidrantih, pa tudi ob polaganju cevi na strmem terenu. Detajle odčitajte v projektu;
- o namestitvi opozorilnega traku 30 cm nad temenom cevi;
- o tlačnem preizkusu, ki ga moramo opraviti na vsakem novozgrajenem ali obnovljenem vodovodu po določenih standarda PSIST prEN 805, poglavje 10. Po tem standardu izračunamo tlak (odvisen je od obratovalnega tlaka in pričakovanega vodnega udara), s katerim predpisani čas (1 ura, 2 uri, ...) obremenimo vodovod in primerjamo upad tlaka z dovoljenim upadom;
- o dezinfekciji vodovoda in priključkov po zaključku gradnje. Izvajajo jo pooblašene organizacije po določenih standarda PSIST prEN 805, poglavje 11 (Dezinfekcija), navodilih DVGW W 291 in po navodilih, potrjenih od Inštituta za varovanje zdravja. Po opravljeni dezinfekciji se izvede dvakratno vzorčenje za mikrobiološko in fizikalno-kemično analizo v primernem časovnem razdobju;
- vodovod smemo vključiti v obratovanje šele ko prejmemo potrdilo, da je bila dezinfekcija uspešna.

## 8.2 POPRAVILA NA VODOVODNEM OMREŽJU

Večina slovenskih omrežij je stara nekaj desetletij (v Ljubljani so vgrajene litoželezne cevi stare povprečno nad 50 let, salonitne nad 20 let, jeklene 25 let, alkatena 15 let in PVC 20 let), kar kaže, da je pri nekaterih ceveh že presežena življenjska doba. Zaradi slabe kakovosti nekaterih cevi (predvsem alkatena in PVC cevi), je pri teh ceveh letno več kot 1 okvara na kilometer vgrajenega cevovoda v zadnjih petih letih. V skupnem številu okvar prav okvare na PVC in alkatena ceveh presegajo 65 % vseh okvar. Okvare na cevovodih močno povečajo porabo vode – pri starejših cevovodih znašajo izgube vode celo 30 % ali celo več. Zato je dolžnost upravljavca, da stalno nadzira pretoke in tlake v posameznih cevovodih (sliki 95 in 96) in primerja količino načrpane (dobavljene) vode s plačano.



Nadzor delovanja vodovodnega sistema  
Vir: Lasten



Slika 96: Naprava (geofon) za iskanje poškodovanega mesta, kjer izteka voda  
Vir: Lasten

Slika 95:

V primeru okvare (opazna luža ob kapi ventila), znižanja tlaka v cevovodu poiščemo mesto, kjer voda pušča; zapremo vodo, odkopljemo do cevi in počeni del cevi zamenjamo z novim kosom (slika 97), pri čemer običajno stikujemo s posebnimi spojkami (slika 98). Prav tako zamenjujejo poškodovane ali dotrajane armature z novimi. Upravljalci enako skrbno upravljajo objekte vodovodnih sistemov ter posodablajo regulacijsko opremo, nameščajo nove telemetrijske naprave in postaje.



Slika 97: Zamenjava počene cevi vodovoda  
Vir: Lasten



Slika 98: Reparturna spojka  
Vir: Lasten

### Povzetek

Pri gradnji cevovodov moramo upoštevati posebnosti gradnje v tleh: omejen prostor, delo v jarku, izogibanje drugim inštalacijam, ki jih ne smemo poškodovati. Pri tem moramo upoštevati pravilnike, navodila proizvajalcev in pravila dobre gradbene prakse. Vedeti moramo, kje polagamo vodovod (javne, redko zasebne površine), kako globoko polagamo cevi, s kakšnim padcem, kolikšni so najmanjši dovoljeni horizontalni in vertikalni (pri križanjih) odmiki vodovoda od objektov in drugih vodov. Cevi moramo pravilno skladiščiti, prevažati in vgrajevati (ustrezna posteljica in zasip, pravilno stikovanje), pri čemer moramo upoštevati pravila o varstvu pri delu (dimenzije jarka, zaščita gradbene jame), izvedbi krivin dovoljenih tolerancah pri polaganju, osidranju cevovodov, o prečkanju rek, avtocest, železnic, o vodenju cevi skozi zid, o namestitvi opozorilnega traku, o dezinfekciji vodovoda in priključkov po zaključku gradnje.

Upravljalci vodovodnih omrežij jih morajo upravljati skrbno: nadzirati pretoke, tlake, porabljeno vodo in stanje vgrajenih cevovodov in objektov ter jih po potrebi tudi popraviti in razkužiti ter po potrebi tudi posodobiti, nadomestiti z novimi, opremiti s sodobnimi telemetrijskimi in regulacijskimi napravami.

### Preverjanje razumevanja

1. Naštete, katere so posebnosti gradnje cevovodov.
2. Razložite, zakaj je gradnja vodovodov zahtevna.
3. Pojasnite, kako skladiščimo, prekladamo in transportiramo vodovodne cevi.
4. \*Opišite jarek (dimenzije, priprava, zaščita), v katerega polagamo cevovode. Cev, položeno v jarku, narišite v prerezu.
5. \*Opišite postopek vgradnje vodovodnih cevi.
6. \*Pojasnite, zakaj so predpisani minimalni odmiki (horizontalni in vertikalni) vodovodnih cevi od drugih napeljav. Koliko približno znašajo?

7. \*\*V starem mestnem jedru, kjer je v tleh omejen prostor, polagajo nov vodovod. Nekaterih pravil ne bodo mogli upoštevati. Katerih? Kaj bodo naredili?
8. Razložite, s kolikšno točnostjo polagamo vodovodne cevi.
9. \*Pojasnite, zakaj moramo cevi polagati s predpisano točnostjo v horizontalni in vertikalni smeri.
10. Nad cevovode namestimo opozorilni trak. Kje in zakaj ga položimo?
11. \*Vodovodne cevi moramo včasih dodatno zaščititi ali vgraditi. Pojasnite kdaj, zakaj in kako. Narišite skici.
12. Opišite tlačni preizkus cevovoda in njegov pomen.
13. Predstavite nadzor vodovodnih sistemov.
14. \*\*Pojasnite, na podlagi česa upravljavci vodovodov določajo makro- in mikrolokacijo izgube vode v vodovodu in kaj lahko sklepajo iz teh podatkov.

## 9 PROJEKTIRANJE VODOVODA

### Uvod v poglavje

Kot inženir, zaposlen v komunalnem podjetju, javni upravi, inšpekcijskih službah, gradbenem ali drugem podjetju, ki se ukvarja z vodovodom, se boste posvetovali ali celo odločali o načrtovanem, začetem ali že izvedenem vodovodnem sistemu ali samo prenovi krajšega odseka. Pri tem se s sogovorniki ne boste samo pogovarjali, saj besede v takih primerih ne povedo dovolj – vsi se boste poglobili v projekt. Pri tem boste morali razumeti, kar je projektant zapisal v pisnem delu, še več vam bodo (če jih boste znali brati in razumeti) povedali risani deli projekta. Zato je nujno, da poznate najpomembnejša projekta vodovoda, to sta **Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja (PGD)** in **Projekt za izvedbo (PZI)**, ki sta skoraj enaka, pogosto ju projektant po dogovoru z investitorjem pripravi v enotnem projektu.

### 9.1 PROJEKTI VODOVODA (PGD, PZI)

V Pravilniku o projektni in tehnični dokumentaciji (Uradni list RS št. 66 z dne 18. 6. 2004, stran 8247) je podrobno predstavljena potrebna projektna dokumentacija (vrste, minimalne obveznosti, sestava, sestavine projektov, ...), ki jo potrebujemo v vseh fazah – od snovanja do izvedbe in do vpisa v uradne evidence.

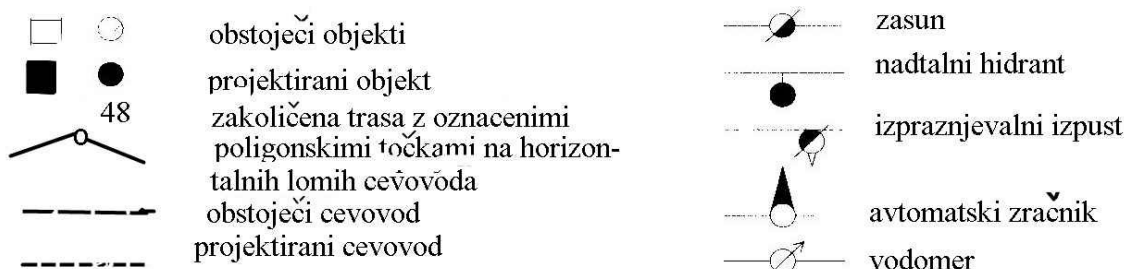
Za začetek gradnje potrebujemo predvsem PGD, PZI projekt vodovoda, ki je podoben drugim projektom visokih in zlasti nizkih gradenj. PGD, PZI projekt je vedno obsežen. Vsebuje:

- **vodilno mapo** (podatki o objektu, investitorju in projektantu, kazalo, splošni podatki o nameravani gradnji, potrdila, izjave in odločbe projektanta, povzetek revizijskega poročila, podatki o soglasodajalcih, soglasjih in usklajevanju soglasij, zbirno projektno poročilo, grafični prikaz skladnosti s prostorskimi akti, grafični prikaz vplivnega območja objekta, pričakovani vplivi objekta na okolico v zvezi z gradnjo, lokacijski podatki, podatki o gradbeni parceli, različna dokazila, mnenja in soglasja, ...);
- **mape z načrti**. Vanje vlagamo posamezne načrte, elaborate in tehnične dokumente. Načrte gradbenih konstrukcij označujemo s številko 3, (načrte arhitekture s številko 1, načrte strojne opreme s številko 5, ...). V načrtih so najbolj pomembne risbe – imenujemo jih *grafične priloge* – ki nam nazorno predstavijo vso bodočo gradnjo. Za samo gradnjo cevovodov (za objekte vodovodnih sistemov – črpalne postaje, vodohrane, večje jaške, prečrpalne postaje, ... moramo dodati še načrte arhitekture, električnih in strojnih inštalacij, ...) so potrebne naslednje grafične priloge:
  - *pregledna situacija*, ki nam prikazuje lokacijo gradnje v prostoru (kje v pokrajini bomo gradili), kar služi grobi orientaciji. Risana je v tlorisu (»ptičja perspektiva«) v merilu 1 : 50.000 do 1 : 1000);
  - *situacija*, ki nam v tlorisu natančno podaja lego cevovoda (slika 99). Zato je risana v merilu 1 : 5000 do 1 : 500, pogosto kar  $M = 1 : 1000$ , kar pomeni, da je 1m v naravi na risbi 1 mm. Vrisana je os cevovoda, s simboli so narisani objekti in armature, zato je priložena legenda simbolov (slika 100).



Slika 99: Situacija

Vir: Lasten



Slika 100: Simboli, uporabljeni v situaciji

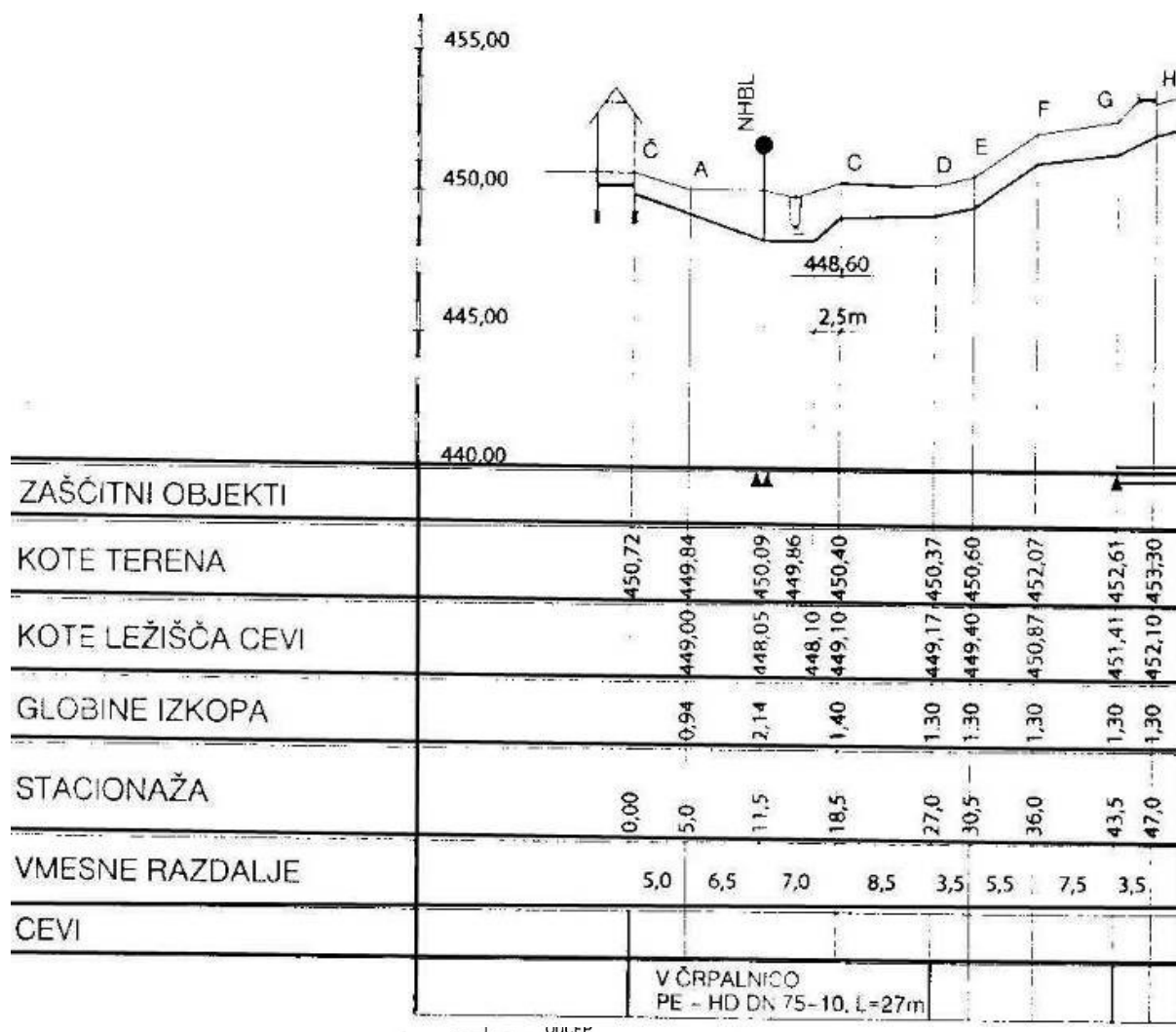
Vir: Lasten

- vzdolžni (podolžni) profil prikazuje cevovod v vzdolžnem prerezu (slika 101), tako da vidimo terensko črto, cev, pa tudi objekte ter druge komunalne vode, ki sekajo ravnino vzdolžnega profila. Teren običajno ni zelo strm, zato zaradi preglednosti rišemo vzdolžni profil v spačenem merilu (merilo višin je desetkrat večje od merila dolžin, s čimer poudarimo nagib trase. Vzdolžni profil rišemo običajno v merilu 1 : 1000/100, včasih pa tudi 1 : 500/50, pa tudi 1 : 1500/250, pri čemer je merilo dolžin enako kot v situaciji. Tudi tu je priložena legenda simbolov (slika 102), ki ni enaka kot v situaciji;
- značilni prečni prerez prikazuje vodovod v prečnem prerezu na izmišljenem mestu. V njem je narisana terenska črta (na izmišljeni višini), debelina posteljice, širina izkopa jarka, vodovodna cev. Značilni prečni prerez je narisani v merilu 1 : 100 do 1 : 20, pogosto v istem merilu, kot je merilo višin v vzdolžnem profilu;
- objekti (zajetja, črpališča, vodohrani, razbremenilniki, čistilne naprave), kjer moramo vsak objekt praviloma narisati v tlorisu in obeh prerezih. Glede na velikost objektov in vrisane strojne elemente, jih rišemo v merilu 1 : 200 do 1 : 25;
- ukrepi in zavarovanja križanj;
- montažni načrti;
- detalji za izvedbo. Česar ne moremo dovolj pregledno narisati v situaciji in vzdolžnem profilu, narišemo večje –zrišemo detajle. Za cevovode zrišemo armiranobetonske jaške,



detajle podbetoniranja cestne kape, tablice z označbo vodovoda, detajle nadzemnega hidranta, detajle izpustne glave, izvedbe vodovodne cevi v zaščitni cevi, prehode cevi skozi zid, detajle armatur (zračnikov, talnih izpustov, zasunov, ...), križanj vodovoda cest in rek. Za objekte zrišemo naslednje detajle: izvedbe hidroizolacije, vzdave v betonsko konstrukcijo, ventilacije, vstopne lestve, pokrove, dilatacijske stike, delovne stike, betonske obrobe, zaščite armiranobetonskih vencev, zračnike, ograje okoli objektov, ...). Projektantske organizacije ne rišejo detajlov za vsak projekt posebej, temveč imajo že zbirke lastnih detajlov, ki jih priredijo za projekt, ki ga obdelujejo;

- trasirni načrt na katastrski situaciji. To je geodetska karta, v katero so vnešeni podatki za zakoličbo trase;
- tabela prizadetih parcel in seznam lastnikov.



Slika 102: Simboli, uporabljeni v vzdolžnem profilu  
Vir: Lasten

#### Tehnično poročilo v načrtih projektov zajema:

- tehnični opis (lokacija, opis stanja, zasnova projekta, prikaz potreb po vodi, vodni viri z izdatnostjo in kakovostjo, čiščenje vode, zajem, opis poteka cevovodov in lege objektov, opis izvedbe in križanj, zaščitni pasovi, ...);
- izračuni (hidravlični izračun in dimenzioniranje), statika;
- različne analize in njihove rezultate;
- ocene vrednosti materiala in del – predračunski elaborat;

- sanacija varstvenih pasov (po potrebi);
- specifikacija vodovodnega materiala;
- izsledki predhodnih raziskav (po potrebi);
- opis morebitnega poskusnega obratovanja (po potrebi).

## 9.2 KRATKA NAVODILA ZA IZDELAVO PROJEKTA VODOVODA

Projekt bomo lažje razumeli, če bomo poznali in razumeli ves potek nastajanja projekta PGD, PZI, ki je logičen in se odvija v posameznih korakih.

Investitor izbere projektanta in se z njim dogovori o izhodiščih za izdelavo projekta: vrsto projekta (PGD ali PZI ali PZI skupaj s PGD; med projektno dokumentacijo spadajo še druge vrste projektov), predmet projekta (na kateri odsek se nanaša projekt). Investitor izroči projektantu tudi druge podatke: katerim in koliko porabnikom je namenjen novi odsek, kako se bo večalo število porabnikov, kako rešiti problem požarne vode, od kod se bo napajal novi vodovod (novo vodno zajetje ali priključek na obstoječe omrežje). Projektant predlaga najbolj ugodno traso cevovodov in lego objektov.

Projektant hidrotehničnega dela skupaj z obdelovalci projekta pripravi:

- izračun potrebe po vodi;
- izbere primeren sistem vodovoda (koliko in kje bodo zajeti vodni viri, črpalnice in vodohrani, po potrebi predvidi prečrpalnice, razbremenilnike);
- izmed več variant izbere traso; od vodnega vira do vodohrana izbira čim krajšo pot, razdelilni cevovod predvidi po javnih površinah (cestah, pločnikih);
- opravi hidravlični izračun in dimenzionira cevi;
- v situacijo za vsak odsek vriše os cevovoda, s simboli označi objekte in armature;
- nariše značilni prečni prerez cevovoda;
- izdelava vzdolžne prereze posameznih cevovodov (za vsak odsek posebej), ki so sestavljeni iz risanega dela in pod njim ležečega pisnega dela. V risanem delu vzdolžnega profila v skladu z izbranim horizontom (osnovno, izbrano višino) vriše v spačenem merilu terensko črto s tanko črto, z debelejšo pa cev; potek terenske črte vrisuje s pomočjo situacije, iz katere vidi, kje os trase vodovoda seka plastnice. Cev vriše v ustrezno globino (vsaj 1,2 m kritja) in z ustreznim vzdolžnim nagibom, ki bo omogočal odzračevanje in iztok blata v blatnikih (vsaj 0,3 %). Pri projektiranju in risanju vodovoda (in nato pri gradnji) je osnovna višina cevi, zapisana v projektu, kota ležišča cevi. Na sliki vzdolžnega profila s številkami označi vse odseke, kjer se spremeni nagib cevi. Projektant vriše tudi objekte na vodovodnem omrežju, s simboli pa tudi armature. Označi tudi zaščitne objekte (kjer je vodovodna cev položena v zaščitni cevi ali kineti). Pod risanim delom vzdolžnega profila je pisani del, kjer vpisuje kote terena in ležišča cevi, stacionažo (razdaljo po osi, kilometražo), globino izkopa, vmesne razdalje med pomembnimi točkami na osi, v spodnji vrstici pa vrsto cevi, njen premer, njeno dolžino in vzdolžni nagib;
- zriše tudi pregledno situacijo, ki omogoča grobo orientacijo v prostoru;
- zriše detajle;
- zasnuje in nariše objekte (črpalne postaje, vodohrane ...), izdelava statični izračun objektov, pripravi armaturne in opažne načrte;
- sestavi specifikacijo vodovodnega materiala;
- izdelava predračunski elaborat;
- sestavi tehnično poročilo;
- napiše vsebino projekta;
- sestavi in priloži druge elemente pisnega dela;
- pripravi vodilno mapo;
- projekt skopira, formatira liste, zloži v mape.

## Povzetek

Projekt vodovoda vsebuje *vodilno mapo in mape z načrti*. V *vodilni mapi* Projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja (PGD) in Projekta za izvedbo (PZI), ki sta skoraj identična, so med drugim podatki o objektu, investitorju in projektantu, o nameravani gradnji, pa tudi razna potrdila, izjave in odločbe projektanta, ... *Mape z načrti* vsebujejo *risbe (grafične priloge)*: pregledno situacijo (približen potek vodovoda v tlorisu), situacijo (tloris vodovoda – običajno 1 : 1000), vzdolžni (podolžni) profil (to je vzdolžni prerez v spačenem merilu, običajno 1 : 1000/100), značilni prečni prerez (1 : 100 do 1 : 20), detajle za izvedbo, ukrepe in zavarovanja križanj, montažne načrte, načrte objektov (zajetij, črpališč, vodohranov, razbremenilnikov, čistilnih naprav), trasirni načrt na katastrski situaciji, tabele prizadetih parcel in seznam lastnikov ter *tehnično poročilo*: tehnični opis (opis stanja, lokacije, izvedbe, ...), hidravlični in statični izračuni, različne analize, predračunski elaborat, specifikacijo vodovodnega materiala, po potrebi pa še sanacijo varstvenih pasov, izsledke predhodnih raziskav, opis morebitnega poskusnega obratovanja.

Projektant izdela projekt s pomočjo podatkov investitorja po smiselnem vrstnem redu: izračuna porabo vode, izbere vodovodni sistem in traso vodovoda ter lokacijo objektov, dimenzionira vodovodni sistem, zriše načrte (situacijo, vzdolžni in značilni prečni profil, detajle, ...), sestavi tehnični opis in predračun, spiše vodilno mapo, ...

## Preverjanje razumevanja

1. Razložite, kaj vsebuje vodilna mapa.
2. \*Pojasnite, kaj sta PGD in PZI. Zakaj obravnavamo prav ta dva projekta?
3. Predstavite grafične priloge projekta vodovoda. Zapišite običajna merila.
4. V mapah z načrti je poleg grafičnih prilog tudi tehnično poročilo. Razložite, kaj vsebuje.
5. \*\*Pojasnite, kaj vse opišemo v tehničnem opisu. Poskusite sestaviti opis na podlagi vzdolžnega profila na sliki 101.
6. \*\*Razmislite, katere dele projekta vodovoda pripravi odgovorni projektant, kaj pripravijo sodelavci (tehniki) in kaj pripravijo drugi sodelavci.

## 2 VIRI IN LITERATURA

DIREKTIVA SVETA 98/83/ES z dne 3. novembra 1998 o kakovosti vode, namenjene za prehrano ljudi. Uradni list št. 15/Zv. 4 z dne 5. 12. 1998 (citirano 29. 5. 2011). Dostopno na naslovu <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:15:04:31998L0083:SL:PDF>.

DIREKTIVA 2007/2/ES o vzpostavitvi infrastrukture za prostorske informacije v Evropski skupnosti (INSPIRE). Uradni list EU št. L 108, z dne 25. 4. 2007 (citirano 29. 5. 2011). Dostopno na naslovu <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:108:0001:0014:sl:PDF>).

[http://www.p-ng.si/~arcon/fizikawww/gradivo/zanimivosti/hidravlicni\\_oven.pdf](http://www.p-ng.si/~arcon/fizikawww/gradivo/zanimivosti/hidravlicni_oven.pdf) (citirano 22. 5. 2011).

Mutschmann, Stimmelmayer. Snabdevanje vodom, priručnik. Građevinska knjiga, Beograd, 1988.

Navodila o vsebini investicijske in tehnične dokumentacije. IGM GZS Slovenije, januar 1979.

Navodila za izdelavo projekta vodovoda. Uradni list SR Slovenije, številka 40/1989.

Navodilo o podrobnejši določitvi, kaj se šteje za sekundarno, primarno in magistralno omrežje komunalnih objektov in naprav. Uradni list SR Slovenije, številka 16/1978.

Panjan, J. Osnove zdravstveno hidrotehnične infrastrukture. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 2002.

Potrjeni zapisnik o Sporazumu o medsebojnem priznavanju načel OECD za dobro laboratorijsko prakso (DLP) in o programih nadzora skladnosti med Evropsko skupnostjo in Državo Izrael. Uradni list Evropskih skupnosti št. 11 zv. 32 z dne 9. 10 1999 (citirano 31. 5. 2011). Dostopno na naslovu [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:11:32:21999A1009\(01\):SL:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:11:32:21999A1009(01):SL:PDF)

Pravilnik o oskrbi s pitno vodo. Uradni list RS, št. 35/2006 z dne 4. 4. 2006.

Pravilnik o pitni vodi. Uradni list RS, št. 19/2004 s spremembami v 35/2004, 26/2006, 92/2006, 25/2009 (citirano 29. 5. 2011). Dostopno na naslovu [http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r03/predpis\\_PRAV3713.html](http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r03/predpis_PRAV3713.html).

Pravilnik za projektiranje, tehnično izvedbo in uporabo javnega vodovodnega sistema. Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija. Uradni list RS št. 52, 30. 6. 1999, stran 6575 do 6587.

Pravilnika o higieni živil. Uradni list RS št. 60/02, 104/03 in 11/04, 51/2004, 54/2007 (citirano 31. 5. 2011). Dostopno na naslovu [http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r07/predpis\\_NEZN127.html](http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r07/predpis_NEZN127.html).

Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja. Uradni list RS št. 64/2004 s spremembami v Uradnem listu RS št. 5/2006 (citirano 31. 5. 2011). Dostopno na naslovu [http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r04/predpis\\_PRAV1024.html](http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r04/predpis_PRAV1024.html).

Pravilnik o metodologiji za določanje vodnih teles površinskih voda. Uradni list RS št. 65/2003 (citirano 31. 5. 2011). Dostopno na naslovu <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200365&stevilka=3149>.

Pravilnik o metodologiji za določanje vodnih teles podzemnih voda. Uradni list RS št. 65/2003 (citirano 31. 5. 2011). Dostopno na naslovu <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200365&stevilka=3148>.

Pravilnik o zdravstvenih zahtevah za osebe, ki pri delu v proizvodnji prihajajo v stik z živili. Uradni list RS št. 82/2003, 25/2009 (citirano 31. 5. 2011). Dostopno na naslovu [http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r04/predpis\\_PRAV3144.html](http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r04/predpis_PRAV3144.html).

Rismal, M. Zapiski za predmet Vodovod na Višji šoli IZRAZ, program Varstvo okolja in komunala. Ljubljana, 2007.

Slokan, I. Nizke zgradbe (temeljenje, vodovod, kanalizacija). Ljubljana: TZS, 2003.

Theuretzbacher-Fritz, H., Schielein, J. Benchmarking na področju oskrbe s pitno vodo v Sloveniji – pilotni projekt. Ljubljana, 2007/2008.

Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Ljubljanskega polja. Uradni list RS št. 120/2004 s spremembo v Uradnem listu RS št. 7/2006. (citirano 31. 5. 2011). Dostopno na naslovu <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=2004120&stevilka=5005>.

Zakon o kontroli cen (ZKC). Uradni list RS št. 63/1999 s spremembami, objavljenimi v Uradnem listu št. 32/2002 Odl.US: U-I-10/00-25, 20/2006, 51/2006-UPB1 (citirano 31. 5. 2011). Dostopno na naslovu.

Zakon o vodah (ZV-1). Uradni list RS št. 67/2002, s spremembami v Uradnem listu RS št. 110/2002-ZGO-1, 2/2004-ZZdrI-A, 41/2004-ZVO-1, 57/2008 (citirano 31. 5. 2011). Dostopno na naslovu [http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r04/predpis\\_ZAKO1244.html](http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r04/predpis_ZAKO1244.html).

Zakon o zdravstveni ustreznosti živil in izdelkov ter snovi, ki prihajajo v stik z živili (ZZUZIS). Uradni list RS št. 52/2000, 2/2002, 47/2004 (citirano 31. 5. 2011). Dostopno na naslovu [http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r01/predpis\\_ZAKO1381.html](http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r01/predpis_ZAKO1381.html).

## Projekt **Impletum**

Uvajanje novih izobraževalnih programov na področju višjega strokovnega izobraževanja v obdobju 2008–11

### *Konzorcijski partnerji:*



Operacijo delno financira Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada ter Ministrstvo RS za šolstvo in šport. Operacija se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007–2013, razvojne prioritete Razvoj človeških virov in vseživljenjskega učenja ter prednostne usmeritve Izboljšanje kakovosti in učinkovitosti sistemov izobraževanja in usposabljanja.