

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Mohorko, M., 2016. Zasnova malega namakalnega sistema v nasadu jablan na območju Slovenske Bistrice. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Šraj, M., somentor Juvan, S.): 76 str.

Datum arhiviranja: 08-08-2016

University  
of Ljubljana

Faculty of  
Civil and Geodetic  
Engineering



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Mohorko, M., 2016. Zasnova malega namakalnega sistema v nasadu jablan na območju Slovenske Bistrice. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Šraj, M., co-supervisor Juvan, S.): 76 pp.

Archiving Date: 08-08-2016

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI  
PROGRAM VODARSTVO IN  
KOMUNALNO INŽENIRSTVO

Kandidat:

**MATIC MOHORKO**

**ZASNOVA MALEGA NAMAKALNEGA SISTEMA V  
NASADU JABLAN NA OBMOČJU SLOVENSKE  
BISTRICE**

Diplomska naloga št.: 297/VKI

**DESIGN OF A SMALL IRRIGATION SYSTEM IN AN  
APPLE ORCHARD IN SLOVENSKA BISTRICA AREA**

Graduation thesis No.: 297/VKI

**Mentorica:**

doc. dr. Mojca Šraj

**Somentor:**

mag. Smiljan Juvan

Ljubljana, 20. 07. 2016

## IZJAVE

Spodaj podpisani študent MOHORKO MATIC, vpisna številka 26300146, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Zasnova malega namakalnega sistema v nasadu jablan na območju Slovenske Bistrice

### IZJAVLJAM

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*

- a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
- b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V/Na: Ljubljana

Datum: \_\_\_\_\_

Podpis študenta/-ke: \_\_\_\_\_

## **STRAN ZA POPRAVKE, ERATTA**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

<b>UDK:</b>	<b>626.81/.84: 497.4 (043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Matic Mohorko</b>
<b>Mentor:</b>	<b>doc. dr. Mojca Šraj</b>
<b>Somentor:</b>	<b>mag. Smiljan Juvan</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Zasnova malega namakalnega sistema v nasadu jablan na območju Slovenske Bistrice</b>
<b>Tip dokumenta:</b>	<b>Diplomsko delo – univerzitetni študij</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>76 str., 18 pregl., 34 sl., 33 en., 12 pril.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>kapljični namakalni sistem, jablane, tla, rastline, namakalne linije, filtri, črpalka, armatura</b>

### **Izvleček**

Namakanje postaja v dobi vedno intenzivnejših klimatskih sprememb iz leta v leto pomembnejši način povečevanja pridelka in izboljševanja kakovosti le-tega. Kot drugje v razvitem svetu, tudi v Sloveniji prevladuje kapljično namakanje. Takšna oblika namakanja je najučinkovitejša in glede varstva okolja najprimernejša. Rastlinam se po ceveh s pomočjo kapljačev v koreninski del dozira natančna količina vode, ki jo potrebujejo.

V diplomskem delu je opisana zasnova malega namakalnega sistema v nasadu jablan na območju Slovenske Bistrice. Predstavljene so zakonske podlage in dovoljenja, potrebna za izgradnjo. Na podlagi podatkov o tleh, rastlinah, klimi in padavinah so izračunane maksimalne potrebe rastlin po vodi. Glede na zahtevano količino namakanja je dimenzionirano majhno akumulacijsko jezero, ki se polni s pomočjo padavin in z odvzemom vode iz vodotoka Devina. Glede na potrebe po namakanju so izbrani kapljači, cevi, armatura, filtri in črpalka.

Izračunani so namakalni parametri, s pomočjo programa CROPWAT 8.0 pa so izdelani urniki namakanja.

**BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

<b>UDC:</b>	<b>626.81/.84: 497.4 (043.2)</b>
<b>Author:</b>	<b>Matic Mohorko</b>
<b>Supervisor:</b>	<b>Assist. Prof. Mojca Šraj, Ph.D.</b>
<b>Co-advisor:</b>	<b>Smiljan Juvan, M.Sc.</b>
<b>Title:</b>	<b>Design of a small irrigation system in an apple orchard in Slovenska Bistrica area</b>
<b>Document type:</b>	<b>Graduation Thesis – University studies</b>
<b>Notes:</b>	<b>76 p., 18 tab., 34 fig., 33 eq., 12 ann.</b>
<b>Keywords:</b>	<b>drip irrigation system, apple trees, ground, plants, dripperlines, filters, pump, armature</b>

**Abstract**

In the era of increasingly intensive climatic changes irrigation is becoming very important way of increasing crop yields and improving its quality. Like elsewhere in the developed world, drip irrigation is predominant in Slovenia. Such an irrigation is the most efficient and considering environmental protection the most suitable one. Plants get the precise dosage of water needed to the root area through the pipes using emitters.

In this thesis the design of a small irrigation system in apple orchard in Slovenska Bistrica area is described. Legal basis and permits required for construction are presented. Based on the data on ground, plants, climate and precipitation maximum water demands of plants are calculated. In relation to the demanded irrigation quantity a small reservoir that is filled by precipitation and abstraction of water from the Devina stream is designed. Based on water demands emitters, pipes, armature, filters and pump are selected.

Irrigation parameters are calculated and, with the CROPWAT 8.0 program, irrigation schedules are prepared.

## ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. Mojci Šraj in somentorju mag. Smiljanu Juvanu za strokovno pomoč in napotke pri izdelavi diplomske naloge.

Za pomoč in nasvete se zahvaljujem Sandri Kos, Marjanu Batu, Miri Kobold, Radivoju Draću, Iztoku Čuješu ter Maji Jelen.

Prav tako bi se zahvalil svojim prijateljem, predvsem pa svoji družini in sošolcem za pomoč in vzpodbudo tekom celotnega študija.

**KRATICE**

<i>Dr</i>	razmerje velikostjo manjšega proti večjemu premeru cevi
<i>ET0</i>	referenčna evapotranspiracija
<i>ETc</i>	potencialna evapotranspiracija rastline
<i>F</i>	Christiansenov faktor
<i>Ha</i>	povprečni hidromodul namakanja [l/s/ha]
<i>Hmax</i>	delovni hidromodul namakanja [l/s/ha]
<i>I</i>	intenziteta namakanja [mm/uro]
<i>kc</i>	faktor rastline
<i>Nb</i>	bruto norma namakanja
<i>Nn</i>	norma namakanja [mm, m <sup>3</sup> /ha/leto]
<i>nON</i>	neto obrok namakanja [mm]
<i>ON</i>	obrok namakanja [mm]
<i>PK</i>	poljska kapaciteta
<i>Q</i>	pretok
<i>Re</i>	Reynoldsovo število
<i>t</i>	čas namakanja [h]
<i>T</i>	interval (turnus) namakanja [dni]
<i>v</i>	povprečna hitrost toka [m/s]
<i>ΔE<sub>izgub</sub></i>	skupne hidravlične izgube zaradi trenja
<i>ΔE<sub>lin</sub></i>	linijske energijske izgube [m]
<i>ΔE<sub>lok</sub></i>	lokalna izguba energije [m]
<i>λ</i>	Darcy–Weisbachov koeficient trenja
<i>N</i>	kinematični koeficient viskoznosti [m <sup>2</sup> /s]
<i>ζ<sub>lok</sub></i>	koeficient lokalne izgube elementa



## KAZALO VSEBINE

1	UVOD .....	1
2	TEORETIČNE PODLAGE.....	2
2.1	Tla .....	2
2.1.1	Splošno .....	2
2.1.2	Lastnosti tal .....	2
2.1.3	Poroznost .....	7
2.1.4	Sposobnost zadrževanja vode.....	8
2.2	Rastline .....	10
2.2.1	Globina korenin in črpanje vlage .....	12
2.2.2	Vodne zahteve za namakanje rastlin .....	13
2.3	Kapljično namakanje .....	18
2.3.1	Prednosti kapljičnega namakanja .....	18
2.3.2	Slabosti kapljičnega namakanja.....	19
2.3.3	Sestava kapljičnega namakalnega sistema .....	19
2.4	Zakonske podlage, ki urejajo področje namakanja tal.....	31
2.5	Namakalni parametri.....	31
2.5.1	Norma namakanja.....	32
2.5.2	Obrok namakanja.....	33
2.5.3	Trajanje namakanja.....	33
2.5.4	Hidromodul namakanja .....	34
2.5.5	Turnus namakanja.....	35
2.5.6	Število namakanj .....	35
2.6	Hidravlični izračuni .....	36
2.6.1	Linijske izgube .....	37

2.6.2	Linijske izgube v cevovodih z več iztoki.....	38
2.7	Lokalne izgube .....	39
2.7.1	Energijske izgube zaradi kapljačev in filtrov.....	40
2.8	Analiza vodnega vira.....	41
2.8.1	Vodni zadrževalnik .....	41
2.8.2	Derivacija.....	43
3	PODATKI IN PREDSTAVITEV IZBRANEGA OBMOČJA.....	45
3.1	Splošno .....	45
3.2	Opis območja namakanja .....	46
3.3	Vodni vir.....	47
3.4	Klima in padavine .....	48
3.5	Evapotranspiracija.....	51
3.6	Rastline.....	52
3.7	Tla.....	53
4	ZASNOVA NAMAKALNEGA SISTEMA.....	54
4.1	Akumulacija vode in polnjenje z odvzemom iz vodotoka .....	54
4.1.1	Izračun ekološko sprejemljivega pretoka.....	54
4.2	Odvzem vode iz vodotoka Devina .....	56
4.3	Akumulacija vode.....	56
4.4	Maksimalne dnevne potrebe po vodi.....	58
4.5	Kapljači in namakalne linije.....	59
4.6	Razvodne cevi .....	62
4.7	Dovodna cev .....	64
4.8	Filtracija.....	64
4.9	Armatura.....	66
4.10	Izbira črpalke.....	68
4.11	Urniki in parametri namakanja.....	69

5	ZAKLJUČKI.....	73
	VIRI.....	75

**KAZALO SLIK**

Slika 1: Trifazni diagram vzorcev z različno stopnjo zasičenosti (Brilly in Šraj, 2005) .....	3
Slika 2: Teksturni trikotnik ameriške teksturne klasifikacije (Keršič, 2012) .....	4
Slika 3: Povezava med količino vode in tenzijo le-te v različnih tleh – krivulje tenzije (Pintar, 2003) .....	8
Slika 4: Vodne konstante v tleh (Pintar, 2003) .....	9
Slika 5: »Vodni rezervoar« v tleh, iz katerega se oskrbujejo rastline (Pintar, 2003).....	10
Slika 6: Tipični vzorec črpanja vode v prerezu tal (Pintar, 2003) .....	12
Slika 7: Evapotranspiracija (EESC glossaries, 2015) .....	14
Slika 8: Namakanje z oroševanjem proti pozebi (Mraz, 2015).....	16
Slika 9: Toksičnost tal kot posledica pretiranega škropljenja pridelkov (Škropljenje, 2015)	17
Slika 10: Kapljično namakanje (Izrael-Indija, 2015).....	18
Slika 11: Sestava kapljičnega namakalnega sistema (Drip irrigation, 2016).....	19
Slika 12: Tipi črpalk (Netafim 2014b).....	20
Slika 13: Mobilni peščeni filter (Sand filter, 2016) .....	22
Slika 14: Tipi filtrov (Filters, 2016).....	24
Slika 15: Tlačno ne-kompenzacijski kapljač (Netafim, 2014b).....	28
Slika 16: Tlačno kompenzacijski kapljač (Netafim, 2014b).....	28
Slika 17: Tenziometer (Tenziometer, 2016) .....	30
Slika 18: Nasip (Fazarinc, 2012).....	42
Slika 19: Menih (Fazarinc, 2012) .....	42
Slika 20: Lokacija izbranega območja (Geopedia, 2016) .....	45
Slika 21: Površine primerne za namakanje (Pintar, 2010).....	46
Slika 22: Izbrano območje namakanja (vir podlage - leva slika: Atlas okolja, 2016; desna slika: Temeljni topografski načrt 1:5000).....	47
Slika 23: Odzemno mesto (vir podlage: Atlas okolja, 2016).....	47
Slika 24: Izbrano območje akumulacije (vir podlage - leva slika: Atlas okolja, 2016; desna slika: Temeljni topografski načrt 1:5000).....	48
Slika 25: Podatki o izbranih rastlinah (Pintar, 2003) .....	52
Slika 26: Vhodni podatki o rastlinah v CROPWAT 8.0 .....	52
Slika 27: Izris prispevne površine F2.....	54
Slika 28: Vnosna polja v programu HydroCalc za izbrane kapljače in namakalne linije.....	61

Slika 29: Priključki NL na razvodno cev (Razvodna cev, 2016 ) .....	63
Slika 30: Dovodne cevi PE 80 (Netafim, 2013) .....	64
Slika 31: Peščeni filter Odis 4000 (Odis, 2016) .....	65
Slika 32: Disk filter Arkal (Arkal, 2016).....	66
Slika 33: Armatura (1. Zagožen, 2016; 2. Netafim, 2016a; 3. Netafim, 2016c; 4. Netafim, 2016b; 5. Barthel, 2016; 6. Swagelok, 2016; 7. Netafim, 2016d; 8. Netafim, 2016e).....	67
Slika 34: Vertikalna vodna črpalka Elko (Elko, 2016).....	69

**KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Oblike strukturnih agregatov (Zupan in sod., 2015).....	4
Preglednica 2: Teksturni razredi ameriške teksturne klasifikacije (Keršič, 2012) .....	5
Preglednica 3: Razdelitev talnih delcev po velikosti po mednarodni in ameriški teksturni klasifikaciji (Zupan in sod., 2015) .....	6
Preglednica 4: Parametri in način njihove odstranitve iz vode (Netafim, 2014b) .....	23
Preglednica 5: Vrednosti koeficienta lokalnih izgub (Lamm et al., 2007) .....	40
Preglednica 6: Klimatski podatki in padavine za obdobje od 2006-2015 (ARSO, 2016a) .....	50
Preglednica 7: Podatki o evapotranspiraciji za obdobje 2006-2015 (ARSO, 2016b).....	51
Preglednica 8: Podatki o tleh (eTLA, 2016) .....	53
Preglednica 9: Vrednosti 90% verjetne potencialne evapotranspiracije rastlin .....	59
Preglednica 10: Tehnični podatki za izbrane kapljače (Netafim, 2016c) .....	60
Preglednica 11: Tehnične lastnosti izbranih namakalnih linij (Netafim, 2016c).....	60
Preglednica 12: Rezultati delovnih tlakov in pretokov v posameznih NL in NP .....	62
Preglednica 13: Število NL v posameznem NP in začetni delovni tlaki .....	62
Preglednica 14: Tehnične lastnosti peščenega filtra (Odis, 2016) .....	65
Preglednica 15: Tehnične lastnosti disk filtra Arkal (Arkal, 2016) .....	65
Preglednica 16: Črpalne višine, dolžine dovodnega cevovoda in geodetske razlike višin za posamezno RC .....	68
Preglednica 17: Tehnične lastnosti črpalke (Elko, 2016) .....	68

## 1 UVOD

Ena izmed oblik porabe vode je namakanje. Namakanje je umetno dodajanje vode, kadar jo v času rasti vegetacije v tleh primanjkuje. Dandanes je zaradi velikih klimatskih sprememb namakanje ključno za vzdrževanje količine in kvalitete pridelkov. Dolgotrajna suša bi brez umetnega dodajanja vode rastlinam le-te popolnoma uničila.

Namakanje je v boju proti suši najboljši odgovor za razrešitev primanjkljaja vode v tleh. Če želimo pridelati kakovosten pridelek, bo glede na opozorila o klimatskih spremembah namakanje postalo vedno bolj pomemben ukrep v boju proti suši. Ker pa je obdobje neodgovornega in neekonomičnega namakanja minilo, se pojavi problem. Zaradi zmanjšanja porabe vode se morda ne bodo popolnoma zadovoljile potrebe rastlin po vodi oz. se bo potrebno zadovoljiti z manjšo količino in slabšo kvaliteto pridelkov (Bedrač, 2011).

Če želimo v Sloveniji povečati skromno samooskrbo, je povečanje namakalnih površin zagotovo eden prvih ukrepov. Za izgradnjo novih namakalnih sistemov so na voljo tudi nepovratna sredstva. V Sloveniji je zaradi konfiguracije terena v povezavi z lastnostmi tal, relativno kratke zgodovine namakanja in odnosa do varovanja okolja večinoma najprimernejše kapljično namakanje. To je oblika namakanja, kjer se s pomočjo kapljačev h koreninskemu sistemu pod nizkim tlakom dovaja natančno tolikšna količina vode, kot jo rastline potrebujejo za svojo rast. Prednost imajo veliki namakalni sistemi, seveda pa je včasih zaradi premajhne izdatnosti vodnega vira ekonomsko upravičena tudi izgradnja malega namakalnega sistema.

V nalogi bo predstavljena zasnova malega kapljičnega namakalnega sistema v obstoječem nasadu jablan na območju Slovenske Bistrice. Zaradi majhnih količin vode v bližnjem vodotoku bo dimenzionirana tudi akumulacija.

Namen naloge je opisati zasnovo malega namakalnega sistema, zakonodajo in potrebna dovoljenja za izgradnjo. Za izbrano območje je potrebno pripraviti vhodne podatke za izračun potrebne količine namakanja, merila za izbiro komponent NS, urnike namakanja in namakalne parametre. Potrebno je prikazati akumulacijo in predvideti način polnjenja le-te.

## **2 TEORETIČNE PODLAGE**

### **2.1 Tla**

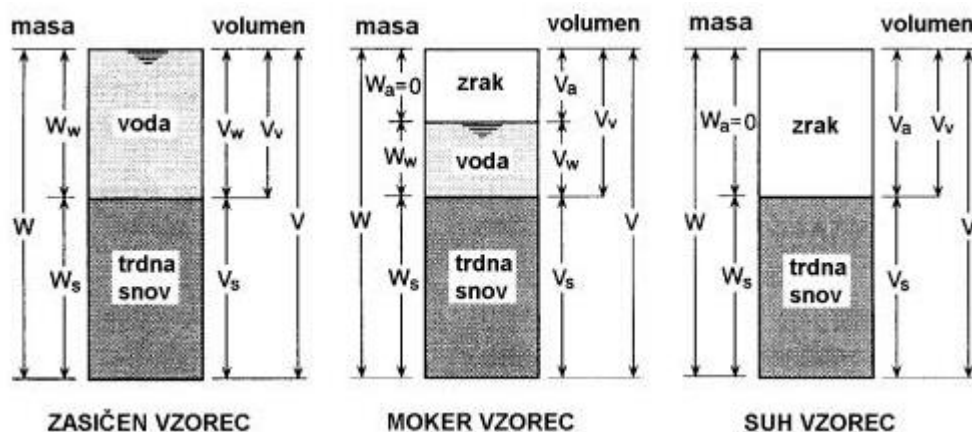
#### **2.1.1 Splošno**

Tla pokrivajo velik del zemeljskega površja in so eden izmed najpomembnejših delov življenja na Zemlji, saj so habitat za mnoga živa bitja, prav tako pa so zaradi vsebnosti hranilnih snovi hrana za rastline in živali. Njihova funkcija je tudi upravljanje in reguliranje vode, saj so velik rezervoar le-te, posledično pa glavni namakalni vir. S podatki, dobljenimi z raziskavo tal, lahko določimo njihove omejitve in jih uporabimo za načrtovanje in upravljanje namakalnih sistemov (USDA, 1997).

#### **2.1.2 Lastnosti tal**

Lastnosti tal, ki zajemajo kemijske lastnosti, erodibilnost, slanost, pH vrednost, prepustnost, sposobnost zadrževanja talne vode ter njeno globino, pomembno določajo načrtovanje in upravljanje namakalnih sistemov (USDA, 1997). Tla so trifazni sistem, sestavljen iz trdne, tekoče in plinaste faze (slika 1). Slednji zapolnjujeta prostor med trdnimi delci, ki ga imenujemo pore. Trdna faza predstavlja približno 50 % skupne mase zemljine in je sestavljena iz mineralnih snovi, odmrlih organskih snovi ter živih organizmov, preostali del pa predstavljajo pore. Razmerje tekočih in plinastih delcev je odvisno od lastnosti tal, njihove strukture in vremenskih razmer (Šijanec, 2009).





Slika 1: Trifazni diagram vzorcev z različno stopnjo zasičenosti (Brilly in Šraj, 2005)

### 2.1.2.1 Struktura tal

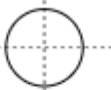



Struktura tal je način razporeditve ali zlepljanja talnih delcev (peska, melja, glin in organskih snovi) v agregate različnih oblik in velikosti. Na povezovanje talnih delcev med seboj in tvorbo strukturnih agregatov vplivajo številni procesi. Najpomembnejši med njimi so koagulacija koloidov, elektrostatično povezovanje glinenih delcev, vlaženje in izsuševanje, zmrzovanje in taljenje, zlepljanje, delovanje rastlinskih korenin in talne favne (Zupan in sod., 2015). Struktura tal vpliva na kroženje vode, zraka in organizmov v tleh.

Glede na pojav strukturnih agregatov v tleh ločimo štiri strukturna stanja (Zupan in sod., 2015):

- brezstrukturno stanje (v peščenih tleh, ki so sipka, nevezana in strukturni agregati niso oblikovani),
- nestrukturno stanje (v glinastih tleh, ki so zbita, masivna, strukturni agregati še niso formirani),
- koherentno stanje (prehodno stanje, delci so že nekoliko zlepljeni, vendar pravi strukturni agregati še niso formirani),
- agregatno stanje (kjer so strukturni agregati formirani in dobro izraženi).

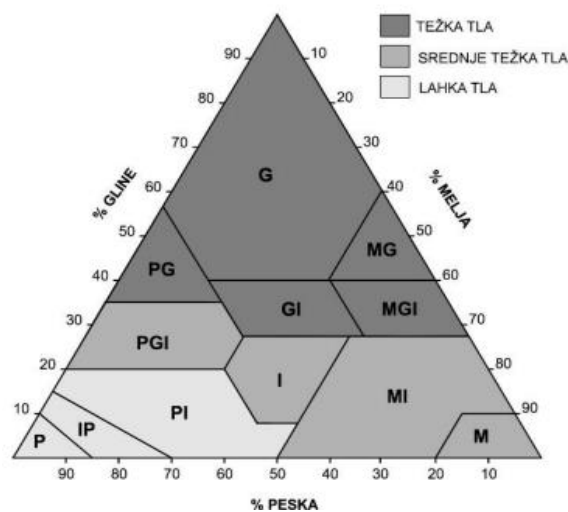
Glede na obliko in velikost ločimo več vrst strukturnih agregatov (preglednica 1):

Preglednica 1: Oblike strukturnih agregatov (Zupan in sod., 2015)

<i>strukturni agregati (oblika)</i>	<i>strukturni agregati (oblika)</i>	<i>strukturni agregati (oblika)</i>	<i>strukturni agregati (oblika)</i>	<i>strukturni agregati (oblika)</i>	<i>strukturni agregati (oblika)</i>	<i>strukturni agregati (oblika)</i>	<i>strukturni agregati (oblika)</i>	<i>strukturni agregati (oblika)</i>	<i>strukturni agregati (oblika)</i>
sferični									
poliedrični									
prizmatični									
lističasti									

### 2.1.2.2 Tekstura tal

Tekstura tal je razmerje med deleži peska, melja in gline v drobnem delu tal (< 2 mm). Določamo jo s pomočjo teksturnega trikotnika (slika 2), ki ga sestavljajo različni teksturni razredi (preglednica 2). Velikost delcev bistveno vpliva na lastnosti tal. Med majhnimi delci nastajajo manjše pore, medtem ko med večjimi nastajajo večje. Velikost por vpliva na prepustnost tal za vodo, na njihovo kapaciteto zadrževanja vode in na njihovo zračnost (Keršič, 2012).



Slika 2: Teksturni trikotnik ameriške teksturne klasifikacije (Keršič, 2012)

Preglednica 2: Teksturni razredi ameriške teksturne klasifikacije (Keršič, 2012)

Oznaka	Teksturni razred
P	pesek
IP	ilovnati pesek
PI	peščena ilovica
PGI	peščeno glinena ilovica
PG	peščena glina
M	melj
MI	meljasta ilovica
MGI	meljasto glinena ilovica
MG	meljasta glina
I	ilovica
GI	glinasta ilovica
G	glina

### **Skelet**

Skelet ali kamninski drobir so delci kamine, večji od 2 mm. Zaradi majhne specifične površine delcev povečuje zračnost tal. Večji skelet v tleh lahko otežuje ali celo onemogoča obdelovanje tal (Zupan in sod., 2015).

### **Pesek**

Fracija peska so tisti delci, ki so manjši od 2 mm in večji od 0,05 mm (preglednica 3). Delci so še dokaj veliki, še vidni s prostim očesom, tako da so prostori med njimi prav tako veliki. Delci peska imajo relativno majhno specifično površino, zato lahko zadržijo le malo vode. Tla, katera so sestavljena pretežno iz peska, so zato bolj podvržena suši in eroziji (Šijanec, 2009).

### **Melj**

Fracija melja so delci, manjši od 0,05 mm in večji od 0,002 mm (preglednica 3). Posamezni delci prostemu očesu niso vidni in ne dajejo hrapavega občutka med prsti, kakor se da zaznati pri pesku. Delci melja imajo večjo specifično površino, pore med delci so veliko manjše kot pri pesku, zato melj zadrži več vode. Kljub boljši sposobnosti zadrževanja vode imajo tla z veliko vsebnostjo melja lastnost slabe lepljivosti ter plastičnosti in so pogosto podvržena eroziji (Šijanec, 2009).

## Glina

Glina je sestavljena iz delcev manjših od 0,002 mm (preglednica 3). Ti delci imajo zelo veliko specifično površino, zaradi česar imajo tla s pretežno glinenimi delci veliko sposobnost zadrževanja vode in hranilnih snovi. Če k temu dodamo še njeno veliko fizikalno - kemično aktivnost, imajo glinena tla največji vpliv na lastnosti tal. Zaradi majhnih por med delci je gibanje vode in zraka med njimi zelo počasno (Šijanec, 2009).

Preglednica 3: Razdelitev talnih delcev po velikosti po mednarodni in ameriški teksturni klasifikaciji (Zupan in sod., 2015)

	Mednarodna teksturna klasifikacija	Ameriška teksturna klasifikacija
<i>velikost delcev (mm)</i>		
grobi pesek	2 - 0.2	2 - 0.2
fini pesek	0.2 - 0.02	0.2 - 0.05
grobi melj	0.02 - 0.002	0.05 - 0.02
fini melj		0.02 - 0.002
glina	< 0.002	< 0.002

## Organska snov

Organska snov je sestavljena iz živih organizmov, ostankov odmrlih organizmov in organskih snovi, ustvarjenih z metabolnimi procesi talnih organizmov. Čez čas se organska snov iz tal izgublja kot ogljikov dioksid, nastal z mikrobiološko respiracijo, na drugi strani pa se v tla vrača preko fotosinteze in nastajajoče biomase (Šijanec, 2009).

Na delež organske snovi v tleh vplivajo predvsem klima, geološka matična osnova, topografija in vegetacija, čedalje izrazitejši pa je vpliv človeka. Da bi preprečili erozijo in druge vrste degradacije, je potrebno pametno gospodariti z organsko snovjo v tleh (ARSO, 2002).

### 2.1.2.3 Gostota tal

Gostota tal je razmerje med maso trdne snovi tal in volumnom celotnega neporušenega vzorca tal. Je dinamična lastnost tal, saj se spreminja z obdelovanjem tal, uporabo kmetijske

mehanizacije, prav tako pa tudi pod vplivom specifičnih vremenskih razmer (npr. intenzivne padavine, daljšo sušno obdobje) (Levstik, 2010).

#### **2.1.2.4 Globina tal**

Globina tal močno vpliva na možnost njihove rabe v kmetijske namene, saj obdelovanje omogoča le, če je ustrezna. Prav tako pa vpliva tudi na sposobnost zadrževanja vode in hranil, saj imajo globlja tla pogosto težjo teksturo (z globino narašča delež gline) (Agencija Republike Slovenije za okolje, 2002).

#### **2.1.2.5 Naklon tal**

Naklon tal je izražen v odstotkih (%) in je zelo pomemben pri načrtovanju namakalnih sistemov, saj je od njega odvisna izbira najprimernejše vrste namakalnih sistemov. Prav tako je pomemben za določanje količine namakanja. Pri večjem naklonu je erozijski potencial večji (USDA, 1997).

#### **2.1.3 Poroznost**

Prostor med porami omogoča pretok vode, zraka ter korenin. Gostejša tla imajo manj prostora med porami, zato tudi manj možnosti za pretok vode. Ker so v peščenih tleh pore mnogo večje kot v glinenih in meljastih tleh, gravitacijska voda v takšnih tleh skozenj steče hitreje (USDA, 1997). Poroznost  $n$  se izračuna kot delež por v vzorcu tal:

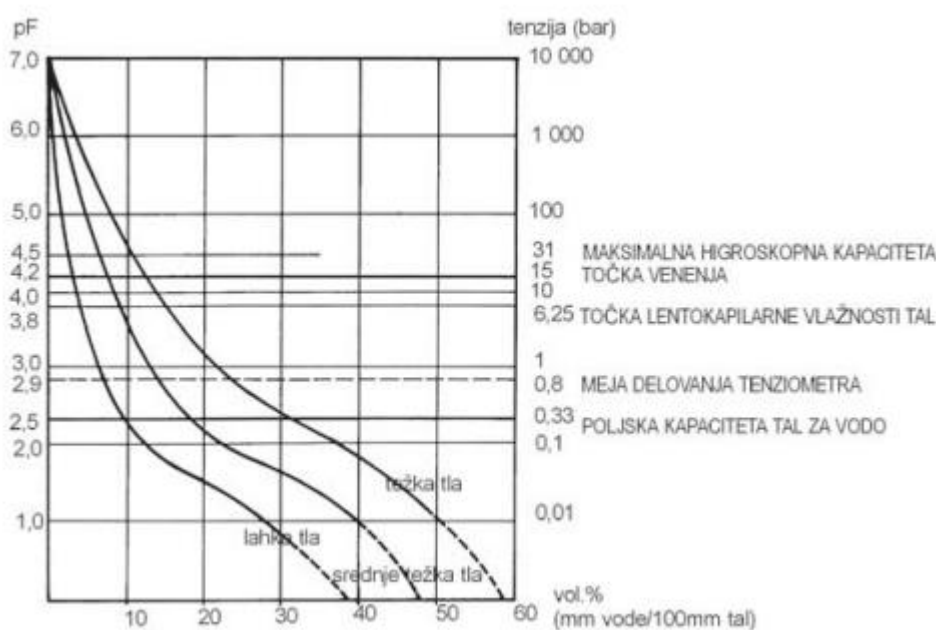
$$n = \frac{V_v}{V}, \quad (1)$$

kjer je:

- $n$       poroznost,
- $V$       volumen vzorca [ $\text{m}^3$ ],
- $V_v$     volumen por [ $\text{m}^3$ ].

## 2.1.4 Sposobnost zadrževanja vode

Bistvenega pomena za načrtovanje namakalnih sistemov je, da poznamo potencial tal oz. v kolikšni meri so sposobna zadrževati vodo. Kapaciteto vode, ki je rastlinam na voljo za rast, imenujemo razpoložljiva količina vode. Žal pa vsa voda, ki jo najdemo v tleh, za to ni primerna. Predvsem tla s fino teksturo, slana tla in tla, prizadeta s strani različnih kemikalij, so tista, katerih precejšna količina vode ni primerna za uporabo rastlinam (USDA, 1997). Slika 3 prikazuje različne povezave med količino vode in tenzijo le-te v različnih tleh.



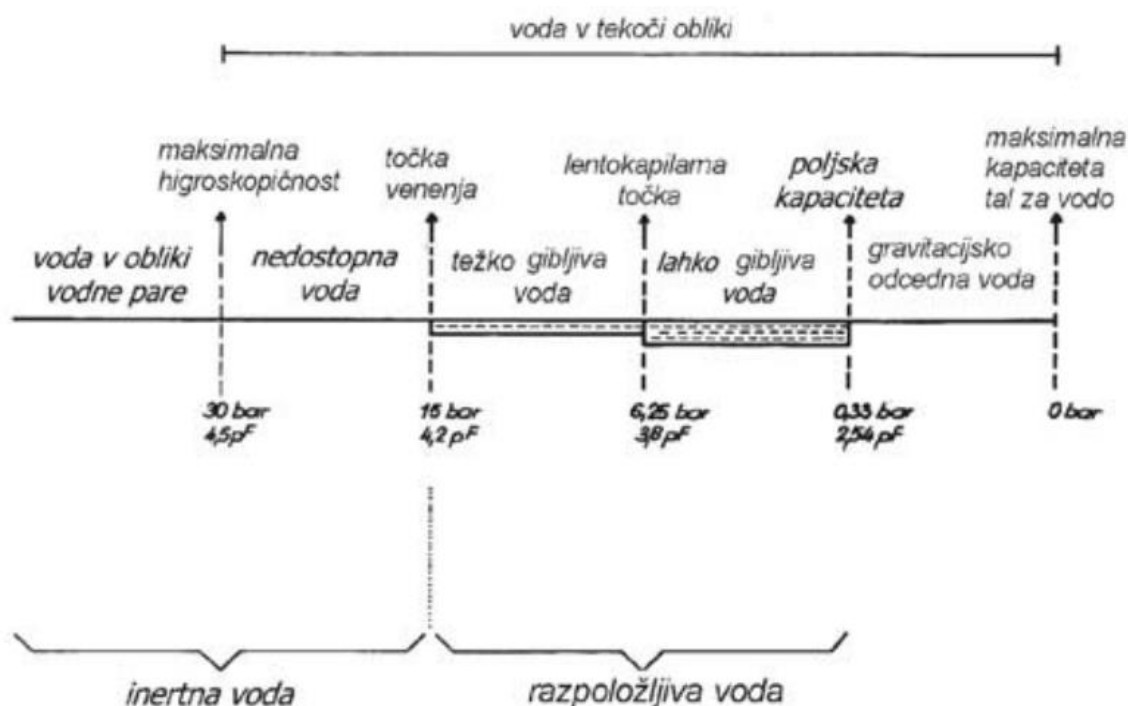
Slika 3: Povezava med količino vode in tenzijo le-te v različnih tleh – krivulje tenzije (Pintar, 2003)

### 2.1.4.1 Potencial talne vode

Vodni potencial tal je poleg vsebnosti vode v tleh najpomembnejša lastnost tal. V tleh se voda vedno premika v smeri stanja z večjo potencialno energijo k stanju z manjšo potencialno energijo. Od vodnega potenciala je odvisna gibljivost vode v tleh in njena dostopnost za rastline (Keršič, 2012).

Koncept potenciala talne vode nadomešča gravitacijske, kapilarne in higroskopske pogoje. Vodni potencial tal je sestavljen iz več komponent in je vsota matričnega, osmotskega in potencialnega pritiska (slika 4). Skupni vodni potencial pa je vsota vodnega in gravitacijskega

potenciala. Razliko med stanjema pri točki poljske kapacitete tal (slika 5) in točki trajnega venenja imenujemo rastlini dostopna voda (Keršič, 2012).



Slika 4: Vodne konstante v tleh (Pintar, 2003)

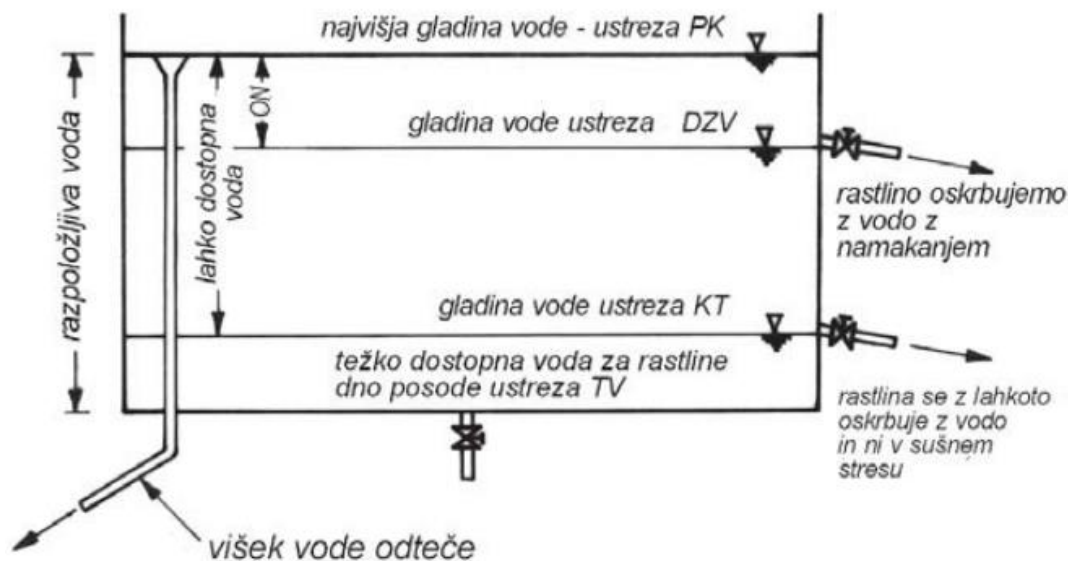
### Poljska kapaciteta tal

Poljska kapaciteta tal je količina vode, ki se zadrži na dobro izsušenih tleh (kapilarna in higroskopsko vezana voda), potem ko zaradi težnosti prosta voda (gravitacijska voda) odteče (slika 4 in slika 5) (Keršič, 2012).

V tleh z grobo teksturo se zaradi relativno velikih por in relativno majhne specifične površine delcev izsuševanje pojavi kmalu po namakanju, ravno nasprotno pa je v tleh s fino teksturo, kjer so pore manjše, njihova specifična površina delcev pa večja. V peščenih tleh lahko prosta voda odteče v nekaj urah, v srednje teksturiranih tleh traja to približno 24 ur, v fino teksturiranih tleh (ilovica) pa voda odteče v nekaj dneh (USDA, 1997).

## Točka venenja

Točka venenja je tisti vodni potencial tal, pri katerem rastlina ne more več vzpostaviti turgorja, četudi popolnoma omeji transpiracijo (npr. preko noči, čeprav je zalita) (Vivodinac, 2011). Načeloma je enaka za vse rastline, nastopi pa, ko sila zadrževanja vode v tleh doseže 15 barov (slika 4). To je količina vode, pri kateri rastline začnejo veneti, saj korenine v tleh nimajo na razpolago dovolj vode za fiziološke procese.



Slika 5: »Vodni rezervoar« v tleh, iz katerega se oskrbujejo rastline (Pintar, 2003)

## 2.2 Rastline

Namen namakanja je nadomestiti naravno količino vode, tako da se zadosti potrebam rastlin po vlagi. Odziv rastlin na namakanje se razlikuje glede na tla, rodovitnost, tip rastlin, stopnjo rasti in lokalno klimo (USDA, 1997).

Znanje o tem, kako se rastline odzivajo in uporabljajo talno vodo med njihovim obdobjem rasti, je bistvenega pomena za uspešno načrtovanje in upravljanje z namakalnimi sistemi. Za želeno rast rastlin je ključno dobro stanje tal z optimalno zračnostjo, vpojnostjo, prepustnostjo in enakomernim razvojem korenin.



Pogoji za dobra tla se lahko ohranijo ali izboljšajo z odpravo pretirane uporabe mehanizacije, z izogibanjem obdelovanja površin v času velike količine vlage v tleh, z dodajanjem organskih snovi in rastlinskih ostankov ter s kolobarjenjem. Da bi zmanjšali možnost zgoščevanja tal na namakanih pašnikih, bi morali med in po namakanju odstraniti živino, dokler ne pride do zadostne izsušitve zgornje plasti tal (USDA, 1997).

Rodovitnost tal se vzdržuje z uravnavanjem kislosti oz. bazičnosti, kar dosežemo z ustrezno vsebnostjo hranil. Kisla tla nevtraliziramo z apnenjem, iz slanih je potrebno izpiranje odvečne soli, na tleh, nasičenih z natrijem, pa je lahko uporabno tako dodajanje, kot izpiranje hranilnih snovi. Pomembna pa je tudi količina in vrsta gnojil, ki jih izberemo na podlagi raziskave tal, izkušenj ter zelenega pridelka. Prekomerna ali časovno neustrezna uporaba gnojil lahko namreč povzroči onesnaženje podtalnice (USDA, 1997).

Populacija rastlin se lahko poveča s praticiranjem dobrega upravljanja z zemljino, vodo, pesticidi, hranilnimi snovmi in ostanki pridelka. Na manjšo količino in slabšo kakovost pridelka ob pomanjkanju vode vplivajo tudi pomanjkanje hranilnih snovi, elementov v sledovih in nenadzorovano delovanje škodljivcev. Pri tem je potrebno omeniti tudi negativen vpliv pretiranega namakanja, ki lahko privede do pronicanja rastlinam potrebnih hranil in nekaterih pesticidov pod območje korenin, s tem pa do onesnaženja podtalnice (USDA, 1997).

Še posebej je ustrezna količina vode pomembna v času kritičnih obdobjih rasti in razvoja. Večina rastlin je na pomanjkanje vode občutljiva v enem ali več kritičnih obdobjih tekom rasti, kar lahko povzroči nepopravljivo škodo na celotnem pridelku (USDA, 1997).

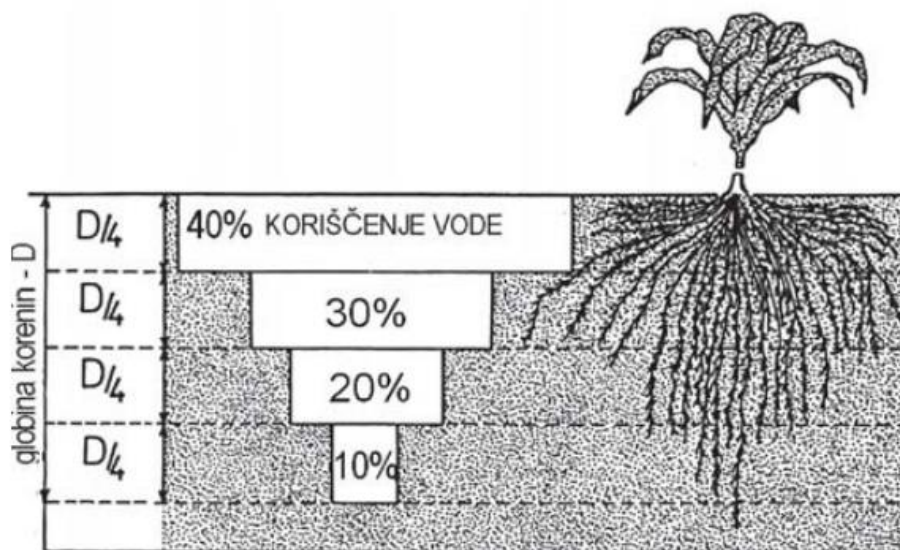
Potreba po namakanju se določa s terenskim ogledom in analizo vsebnosti vode na posameznih tleh, saj lahko zgolj videz rastline privede do napačnih ugotovitev. Le-ta je namreč lahko tudi posledica pomanjkanja hranilnih snovi, bistvenih elementov v sledovih, morebitnih bolezni in dejavnosti žuželk.

### 2.2.1 Globina korenin in črpanje vlage

Razpoložljiva količina vode, katero so tla sposobna zadržati, je določena z značilnostmi korenin in fizikalnimi lastnostmi tal (USDA, 1997).

Tip koreninskega sistema rastlin je pogojen z genetskimi dejavniki, pri čemer imajo nekatere rastline korenine globoko v zemljinu, druge pa razvijejo številne plitve stranske korenine. Od porazdelitve korenin je odvisno črpanje vlage iz zemljine.

Ker korenine ne rastejo v suhih tleh, je za njihov razrast potrebna tudi ustrezna vlažnost tal, ki jih obdajajo. Pri tem pa lahko njihov razvoj omeji pretirana vlažnost. V zgodnjem razvojnem obdobju imajo namreč vse rastline zelo plitve korenine, zato so potrebna le občasna in blaga namakanja (USDA, 1997).



Slika 6: Tipični vzorec črpanja vode v prerezu tal (Pintar, 2003)

Za večino rastlin najvišja absorpcija vlage poteka v zgornjih delih korenin. Črpanje je najhitrejše v področju največje koncentracije korenin (slika 6) in kjer so najbolj ustrezni klimatski pogoji, največja biološka aktivnost ter vsebnost hranilnih snovi. Voda izhlapeva iz zgornjih centimetrov tal, zato tam tudi najhitreje izginja, s tem pa se ustvarja višji vodni potencial v talni vodi (USDA, 1997).

V normalnih tleh rastline hitreje črpajo vodo iz zgornjega dela koreninskega območja, počasneje pa iz spodnjih delov. Glavni dejavniki, ki vplivajo na razvoj korenin so organske snovi, kisik v tleh, talna voda, velikosti in oblika por, gostota, tekstura in struktura tal, koncentracija soli v tleh in organizmi, ki lahko poškodujejo korenine (USDA, 1997).

Penetracija korenin v globino pa se začne zmanjševati predvsem na suhih tleh, tleh z visoko vsebnostjo soli, skalnatih tleh, na nivoju podtalnice in tleh z gosto fino teksturo. Na slednjih korenine penetrirajo predvsem skozi razpoke, kjer je najmanjši upor, preostale pa se omejujejo v zgornjih plasteh tal.

Rast korenin je še posebej prizadeta na tleh, ki so zaradi kmetijske mehanizacije zelo trde. Prav tako je za rast pomembno, da se obdelovalne površine ne obdelujejo v času velike vlažnosti (USDA, 1997).

## **2.2.2 Vodne zahteve za namakanje rastlin**

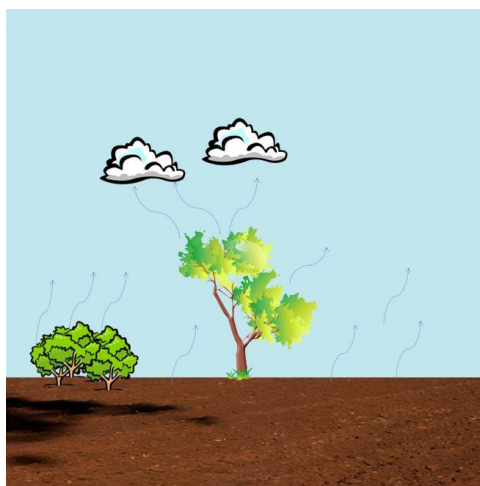
### **2.2.2.1 Evapotranspiracija rastlin**

Rastline potrebujejo vodo za rast in hlajenje. Reže na listih rastlin omogočajo vnos ogljikovega dioksida, ki je potreben za fotosintezo, skozi proces le-te pa se v ozračje skozi reže sproščata kisik in vodna para. Slednja se v ozračje sprošča iz listov rastlin in drugih nadzemnih organov, kar imenujemo transpiracija. Za vlago v ozračju je pomemben tudi proces evaporacije, ki predstavlja izhlapevanje vode iz proste vodne površine ali iz tal. Oba procesa skupaj sestavljata evapotranspiracijo (slika 7) (Pintar, 2003).

Evapotranspiracija je odvisna predvsem od treh glavnih faktorjev. To so: okoljski pogoji, faktor rastline in meteorološki faktorji. Med meteorološke faktorje spadajo sončno sevanje, temperatura zraka, vlaga v zraku in hitrost vetra. Faktor rastline se spreminja glede na vrsto rastline in njeno fazo rasti. Nanj vplivajo podnebni dejavniki, izhlapevanje iz zemljine in tip rastline. Pri evapotranspiraciji pa je potrebno upoštevati tudi okoljske pogoje. Mednje uvrščamo slanost, rodovitnost prsti, gnojenje, bolezni rastlin, slabo upravljanje z zemljino in vodo. Prav

tako je potrebno upoštevati tudi druge dejavnike, kot so pokrovnost tal, gostota poraščenost in vsebnost vode (Cesar, 2010).

Poznamo več različnih načinov izražanja evapotranspiracije. Ločimo med potencialno evapotranspiracijo, dejansko (efektivno, realno) evapotranspiracijo, referenčno evapotranspiracijo, evapotranspiracijo rastline pod standardnimi pogoji in evapotranspiracijo rastline pod nestandardnimi pogoji (Cesar, 2010). Definicije in opisi posameznih evapotranspiracij so podrobneje predstavljeni v Cesar (2010).



Slika 7: Evapotranspiracija (EESC glossaries, 2015)

#### 2.2.2.2 Pogostost namakanja

Pogostost in količina namakanja sta odvisni od količine rastlinam dostopne vode v koreninski coni rastlin, stopnje rasti, velikosti rastlin, stopnje evapotranspiracije rastlin, stopnje največjega dovoljenega primanjkljaja vode v tleh in od učinkovitost padavin (USDA, 1997).

Ko je največji primanjkljaj vode v tleh določen, je odločanje o namakanju odvisno od ocene ali izmere stopnje vlažnosti tal.

Tla z grobo teksturo in plitva tla je potrebno namakati pogosteje kot tla s fino teksturo in globoka tla, saj prva zadržijo bistveno manj vode. Namakanje se poveča tudi, ko vlažnost v zraku upade in ko dnevi postanejo daljši in toplejši (USDA, 1997).

### **2.2.2.3 Zmanjšanje namakanja zaradi omejene oskrbe z vodo**

Kjer so tla glinena, globoka, z veliko količino rastlinam dostopne vode in kjer pade pridelku ustrezna količina padavin, je problematika varčevanja z vodo bistveno manjša, kot na plitvih, grobo teksturiranih tleh, z majhno količino rastlinam dostopne vode in majhno količino padavin. Na takšnih območjih je zato potrebno uporabiti različne prijeme za zmanjševanje namakanja (USDA, 1997):

- čim bolj izkoristiti učinek padavin,
- izbrati pridelke najbolj primerne za takšne razmere (rastline z manjšo potrebo po vodi),
- izvajanje namakanja le pred kritičnimi obdobji rasti, z namenom zmanjšanja stresa rastlin zaradi pomanjkanja vlage,
- rahljanje tal, s katerim lahko izboljšamo skladiščenje vode, infiltracijo padavin ter zmanjšamo odtok vode in površinsko izhlapevanje,
- zmanjšanje obdelovanja tal, s čimer lahko zmanjšamo tudi izhlapevanje vlage.

### **2.2.2.4 Učinek temperature**

Na količino in kakovost pridelka lahko negativno vplivajo tudi nizke in visoke temperature. Zato je pomembno, da namakamo pravočasno, saj voda rastlinam nudi določeno zaščito.

V času visokih temperatur voda rastline hladi, zavira prehitro razvoj popkov, v času nizkih temperatur pa daje zaščito pred zmrzaljo popkov, cvetov in mladih plodov (USDA, 1997).

#### **Visoke temperature**

Izredno visoke temperature lahko (USDA, 1997):

- rastline privedejo do začasnega stresa zaradi pomanjkanja vlage,
- povzročajo prehitro dozorevanje in razvoj sadja,
- povzročajo opekline na jagodičevju in drugem sadju,
- povzročajo pregretje tal v času kalitve semen in,
- povzročajo pregretje vode v namakalnih bazenih.

Namakalni sistem, ki se ponavadi uporablja v primerih visokih temperatur, je namakanje z razpršilci, saj voda tako hkrati rastline hladi in zavira prehitro razvoj popkov (USDA, 1997).

## Nizke temperature

Padec temperature pod kritično mejo lahko povzroči trajne poškodbe na enoletnih in večletnih rastlinah. Če temperatura pade pod ledišče, lahko poškoduje popke in cvetove ter onemogoči nadaljnji razvoj letine. Namakanje lahko tako uporabimo kot zaščito proti zmrzovanju rastlin, kar delamo z oroševanjem (slika 8). Kot pri visokih, se tudi pri nizkih temperaturah uporablja predvsem sistem razpršilcev (USDA, 1997).



Slika 8: Namakanje z oroševanjem proti pozebi (Mraz, 2015)

### 2.2.2.5 Zasoljevanje in sodifikacija

S transpiracijo in izparevanjem na sušnih območjih v tleh ostane veliko soli. Taka tla so zato neustrezna za rastline in živali. Prav tako velik problem pa predstavlja tudi prevelika vsebnost natrija v tleh.

Do sodifikacije in zasoljenosti tal pride predvsem v obdobju primanjkovanja padavin in takrat, ko je voda pridobljena pretežno z namakanjem (USDA, 1997). Problem je lahko slaba kvaliteta vode za namakanje, kar je opazno predvsem v bližini morij, iz katerih se s pritoki prinaša slano vodo. V kolikor je koncentracija soli nad mejno vrednostjo, se kakovost in količina pridelka zmanjšata.

Za optimalno rast rastlin je tako bistveno vzdrževati normalno kvaliteto tal, kar dosežemo s primerno količino vode, koncentracijo soli, natrija in drugih kemijskih snovi (USDA, 1997).

#### **2.2.2.6 Toksičnost**

Toksični elementi, običajno so to klor, natrij in bor, se v tla po navadi vnesejo z absorpcijo iz talne vode preko transpiracijskega toka rastlin in s škropljenjem pridelkov (slika 9). Problem lahko predstavlja tudi pretirano kloriranje gospodinjskih voda in soli iz mehčalcev vode. Za prepoznavanje stopnje toksičnosti se najpogosteje uporablja kemična analiza rastlinskega tkiva, vzorca talne vode in namakalne vode (USDA, 1997).



Slika 9: Toksičnost tal kot posledica pretiranega škropljenja pridelkov (Škropljenje, 2015)

## 2.3 Kapljično namakanje

Kapljično namakanje je način namakanja, ki ob najvišji stopnji varovanja okolja omogoča najintenzivnejšo rastlinsko pridelavo, saj se rastlinam dodaja natančno tolikšna količina vode, kolikor je potrebuje. V odvisnosti od vrste tal, je potrebno nekatere na sušo občutljive rastline namakati pogosteje (lahka peščena tla), nekatere pa redkeje (težka tla). Na težkih glinenih tleh, ki imajo sposobnost zadržati dovolj vode za večdnevni obrok, se lahko rastline namaka tudi vsak tretji dan z ustrezno večjim obrokom (Pintar, 2003).



Slika 10: Kapljično namakanje (Izrael-Indija, 2015)

Kapljično namakanje je najbolj primerno za pridelke sajene v vrsti (slika 10) (zelenjava, mehko sadje), drevesa, vinske trte, kjer lahko zagotovimo več kapljačev za vsako rastlino. Prilagodljivo je za vse vrste pobočij, tudi za najbolj neprimerna.

### 2.3.1 Prednosti kapljičnega namakanja

Prednosti kapljičnega namakanja so (Pintar, 2003):

- delovanje kapljičnega sistema pod malim delovnim tlakom in energijo,
- v vodo se lahko dodajajo gnojila in hranilne snovi, ki povečajo kvaliteto pridelkov,
- lastnosti tal se zelo malo slabšajo,



- manjša možnost razvoja bolezni,
- namaka se samo del tal, kjer so rastline, zato je poraba vode bistveno manjša,
- ne prihaja do nezaželenega delovanja vetra,
- stroški vzdrževanja so bistveno manjši kot pri drugih načinih namakanja.

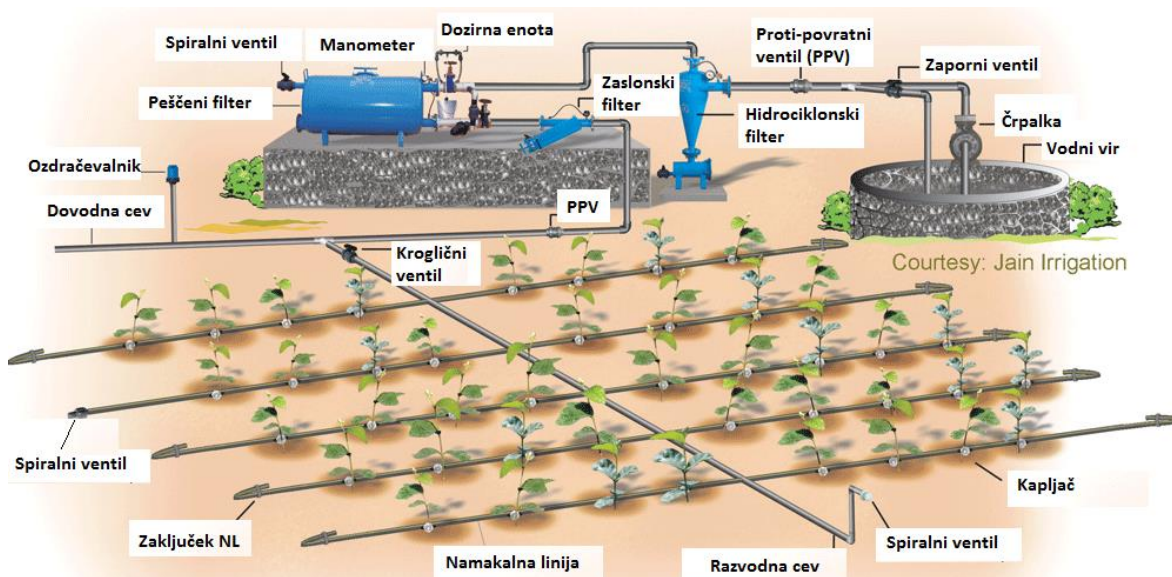
### 2.3.2 Slabosti kapljičnega namakanja

Slabosti kapljičnega namakanja so (Pintar, 2003):

- možne zamašitve kapljačev,
- visoki stroški opreme in izgradnje kapljičnega namakanja,
- pogosto dele sistema uničujejo živali in nepazljivost delavcev,
- sistem je primeren le za manjše površine namakanja,
- oteženo je delovanje kmetijske mehanizacije.

### 2.3.3 Sestava kapljičnega namakalnega sistema

Kapljični namakalni sistem je sestavljen iz črpalne enote, filtrov, ventilov, dovodnih ter razvodnih cevi, namakalnih linij, kapljačev, vodomera, manometra ter dozirne enote) (slika 11).



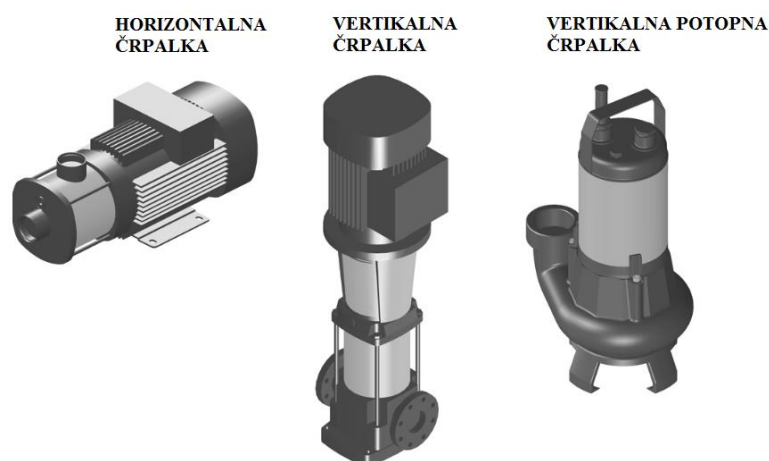
Slika 11: Sestava kapljičnega namakalnega sistema (Drip irrigation, 2016)

### 2.3.3.1 Črpališče

Črpališče je v večini primerov eden izmed najpomembnejših delov namakalnega sistema, saj zagotavlja, da voda pod pravim tlakom in s primernim pretokom teče po ceveh. Izbiro črpalke namakalnega sistema pogojuje razumevanje sistemskih zahtev in pogojev v vodi. Slaba izbira črpalke lahko vodi do visokih stroškov delovanja in krajše življenjske dobe črpalke. To pa vpliva na zmogljivost in zanesljivost celotnega namakalnega sistema. Po izboru črpalke je potrebno upoštevati še vrsto dejavnikov, vključno z razpoložljivostjo vira energije in kakovostjo vode (Netafim, 2014b).

Vir napajanja črpalke bo odvisen od razpoložljivosti in dostopnosti vira energije. V večini primerov je vir napajanja črpalke električna energija, ker je učinkovitejša, zahteva manj dela in terja nižje stroške. Za delovanje črpalke je običajno potrebno minimalno 10 konjskih moči (KM), kar omogoča trifazni priklop. Če električna energija ni na voljo, se lahko uporabijo alternativni viri energije, kot so dizelsko gorivo, bencin ali sončna energija. Najpogostejši alternativni vir napajanja majhnih črpalk je bencinski motor, velikih črpalk pa dizelski motor (Netafim, 2014b).

Za namakanje se najpogosteje uporabljajo centrifugalne črpalke. Poznamo tri vrste centrifugalnih črpalk: horizontalne, vertikalne in vertikalne potopne črpalke (slika 12).



Slika 12: Tipi črpalk (Netafim 2014b)

Pri izbiri črpalke je potrebno upoštevati 4 faktorje. Ti so: pretok vode (merimo ga v m<sup>3</sup>/h in l/s), energijske izgube pri vtoku v črpalno, višina sesanja in višina črpanja.

Višina sesanja je razlika v višini med črpalno in nivojem vode, kjer bo zajem. Pri tem je potrebno paziti na pojav kavitacije. Gre za pojav mehurčkov v tekočini, ki nastanejo zaradi hitre spremembe tlaka. Mehurčki se pojavijo na območju nižjega tlaka. Če se mehurčki pojavijo pri velikih tlakih, implodirajo ter ustvarijo močne udarne valove, kar lahko povzroči velike poškodbe na delih črpalke (Netafim, 2014b).

Višina črpanja je odvisna od pretoka skozi črpalno. Večji kot je pretok, manjša je višina črpanja in obratno (Netafim, 2014b).

Energijske izgube delimo na lokalne energijske izgube in linijske energijske izgube. Linijske izgube nastajajo zaradi trenja med tekočino in notranjimi stenami cevi. Povečujejo se z dolžino cevi in kvadratom hitrosti tekočine. Lokalne energijske izgube pa nastajajo zaradi trenja in vrtinčenja vode tam, kjer je vodni tok moten. To se dogaja pri spremembah smeri gibanja, spremembi velikosti in oblike pretočnega prereza (Stropnik, 2006).

Zasnova namakalnega sistema določa potrebne lastnosti črpalke. Pri tem je najučinkovitejša črpalna tista, pri kateri se najboljša točka delovanja (*angl. Best operating point*) najbolj približa zahtevanemu pretoku, tlaku in sesalni višini. Kot sestavni del izdelka mora biti vsaka črpalna opremljena z njeno črpalno krivuljo. Življenjsko dobo črpalke lahko povečamo z manjšimi spremembami tlaka ter z njeno konstantno uporabo (Netafim, 2014a).

### **2.3.3.2 Filtriranje**

Eno od glavnih težav kapljičnega namakanja predstavlja zamašitev kapljačev, saj lahko voda vsebuje alge, sluz, gradbeni material, sediment, raztopljene kemikalije, ki se oborijo (kalcij, železo) ter peščene delce (Brouwer in sod., 1991). Z ustrezno filtracijo in kemijsko obdelavo vode lahko problem zamašitve zmanjšamo, kljub temu pa je potrebno dnevno preverjanje in iznajdljivost pri reševanju s tem povezanih težav.

Vrsto filtra določajo kakovost, temperatura ter pretok vode in velikost odprtine kapljača. Običajno se izbere filter, ki zadrži delce velikosti 1/10 velikosti odprtine kapljača. Voda, ki prihaja do filtrov, je že delno očiščena. S filtri pa ni mogoče odstraniti raztopljenih mineralov, celic alg in bakterij.



Slika 13: Mobilni peščeni filter (Sand filter, 2016)

Poznamo več vrst filtrov. Nekateri izmed njih vključujejo sortirni pesek (slika 13), drugi centrifugalno silo, diske, kartuše ali mehanske zaslone. Filtri s kartušami so za manjše sisteme in imajo nizke stroške za zamenjavo. Filtri s centrifugalno silo so uspešni pri ločevanju finih peščenih delcev. Filtri z diski ločujejo pri izplakovanju in so odvisni od števila in velikosti utorov. Peščeni filtri uporabljajo pesek za medij in so odvisni od velikosti delcev peska oz. por med njimi (USDA, 1997).

Za ustrezno izbiro filtracijskega sistema, namakalnih linij ter načina vzdrževanja je nujno potrebno poznati kakovost vode, kar lahko naredimo z analizo vode. Kakovost vode, potrebne za namakanje, pa vedno ni moč določiti na podlagi velikosti delcev in koncentracij raztopljenih snovi v vodi, saj lahko bodisi temperatura vode, bodisi pretok ali tlak vplivajo na kristalizacijo

raztopljenih snovi tekom potovanja po ceveh. Zato je nujno potrebno kvalitetno poznavanje vseh dejavnikov zamašitve in določitev zgornjih mejnih vrednosti le-teh ob prihodu vode v distribucijski sistem (Netafim, 2014b).

Vzroki zamašitve so lahko kemijski, biološki ali fizični. Fizične predstavljajo vsi delci kot so pesek ali usedline. Med kemijske dejavnike zamašitve spadajo vse raztopljene snovi v vodi, kar vključuje ione raztopljenih soli (klorid, natrij) in hranil (dušik, fosfor, kalij in drugi), kalcij, magnezij, železo in mangan. Biološke karakteristike vode pa zajemajo različne žive organizme kot so mikroorganizmi, vključno z bakterijami, virusi, enoceličarji, algami in zooplanktonom. V razpredelnici 4 so prikazani različni parametri in način njihove odstranitve iz vode.

Preglednica 4: Parametri in način njihove odstranitve iz vode (Netafim, 2014b)

<b>PARAMETER</b>	<b>NAČIN OBDELAVE</b>
Suspendirani delci	Filtracija*
Pesek	Separacija peska s hidrociklonom in filtracija*
Ilovica in glina	Filtracija*
Kalcijev karbonat	Prilagajanje vrednosti pH
Železo	Oksidacija in odstranjevanje železa
Mangan	Oksidacija in odstranjevanje mangana
Sulfid	Oksidacija in čiščenje
Alge (klorofil A)	Obdelava pri vodnem viru, filtracija in kloriranje
Plankton	Obdelava pri vodnem viru in filtracija (odvisno od vrste planktona)
pH	Prilagajanje vrednosti pH glede na rastline in tla
Fosfor	Obdelava pri vodnem viru
Heterotrofne bakterije	Obdelava pri vodnem viru in prečiščevanje
Žveplove bakterije	Odstranjevanje žvepla in prečiščevanje
Železove in manganove bakterije	Odstranjevanje železa, mangana in prečiščevanje
Praživali	Prečiščevanje
Mahovnice	Prečiščevanje in filtracija
Polži in školjke	Preprečitev razvoja
BPK** odplake	Čiščenje odplak, filtracija in kloriranje

\*V ekstremnih primerih je potrebno izvesti sedimentacijo pred filtracijo.

\*\*BPK je biokemijska potreba po kisiku.

Velikost prostorov med vlakni v filtru je podana v mikronih (1/1000 mm). Velikost mreže predstavlja število por na razdalji enega palca, vendar ne podaja velikosti posamezne pore (Netafim, 2014b).

Za namakalne sisteme se najpogosteje uporabljajo naslednji filtri (slika 14) (Netafim, 2014b):

- media filter,
- disk filter,
- zaslonski filter,
- hidrociklonski separator peska.



Slika 14: Tipi filtrov (Filters, 2016)

Media filtri se uporabljajo za površinske vode, še posebej pa za odpadne vode. Sestavljeni so iz kovinskega ali plastičnega ohišja, napoljenega s peskom ali prodrom, ki zadržuje umazanijo. Ta vrsta filtrov omogoča povratno izpiranje, ki pesek očisti in umazanijo vrne nazaj v vodni vir (Netafim, 2014b).

Disk filtri se uporabljajo za površinske vodne vire, vodo iz vodnjakov in komunalne vodne vire. Filtre sestavlja več plastičnih diskov, ki so postavljeni eden na drugega. Voda prehaja skozi majhne utore, ki so na diskih. Ta vrsta filtrov je zaradi večje površine primerna za večje pretoke (Netafim, 2014b).

Zaslonski filtri se uporabljajo v dveh primerih. V večini primerov kot sekundarni filtri za čiščenje površinskih voda, lahko pa tudi kot primarni filtri za čiščenje odpadne komunalne vode. Filtre sestavlja mreža žic v obliki valja, ki zadržuje umazanijo. Zaradi njihove sestave jih imenujemo tudi mrežni filter. Namenjeni so predvsem za čiščenje že dokaj čiste vode (Netafim, 2014b).

Hidrociklonski separator peska se uporablja kot predhodna stopnja filtracije v primeru, če se v vodi nahajajo delci peska ali drugi večji delci (50 mikronov ali več). S pomočjo centrifugalne sile se delci ločijo iz vode in padejo na dno, kjer se jih kasneje odstrani. Zraven hidrociklona potrebujemo še dodaten filter, ki očisti fine delce (Netafim, 2014b).

### **2.3.3.3 Armatura**

Med armaturo spadajo ventili in merilniki.

Ustrezna izbira in pravilna namestitev ventilov na sistem namakanja sta zelo pomembni, saj le-ti igrajo ključno vlogo pri nadziranju tlaka in pretoka. Ventili tako optimizirajo delovanje sistema, olajšajo upravljanje in zmanjšujejo potrebo po vzdrževanju (Netafim, 2014b).

Obstaja veliko različnih vrst ventilov. Sistem kapljičnega namakanja potrebuje vsaj dve različni vrsti, zasilni zaporni ventil in regulacijski ventil.

Zasilni zaporni ventil je običajno nameščen na vходу vodnega vira v sistem. Najpogosteje se uporablja zasunski tip zapornega ventila, saj je cenovno najbolj ugoden, žal pa se tudi hitreje obrabi. Obstajajo še kroglični ventili, disk ventili in lopute – »metuljček«, ki so dražji, vendar kvalitetnejši in s tem bolj priporočljivi.

Regulacijski ventili se uporabljajo za kontroliranje pretoka vode. Lahko so ročni ali avtomatski. Veliki namakalni sistemi imajo več kontrolnih ventilov, majhnim pa zadostuje le eden (Irrigation tutorials, 2016).

Uporabljajo pa se tudi kontrolni proti-povratni, zračni in tlačni ventili (Netafim, 2014b).

Vsak namakalni sistem mora vsebovati vodomer in manometer, saj sta ti nadzorni napravi bistveni za pravilno delovanje sistema. Vodomeri se uporabljajo za merjenje pretokov, manometri pa za merjenje tlakov. Z nadziranjem pretoka in tlaka po sistemu lahko ugotovimo ali prihaja do mašenja kapljačev oz. puščanja v sistemu (Netafim, 2014b).

Vodomeri podajo informacijo o pretoku vode in s tem pripomorejo k uravnavanju namakanja. Glavni vodomer je nameščen na čelu sistema namakanja, torej na črpališču in nadzira pretok celotnega sistema, manjši vodomeri pa so lahko nameščeni pred namakalnimi linijami, da podajajo informacije o morebitnih zamašitvah kapljačev. Manjši vodomeri so primerni za velike namakalne sisteme. Paziti je potrebno, da je vodomer nameščen na ravnem delu cevi s polnim pretokom, saj lahko v bližini ventilov in kolen dobimo napačne podatke.

Kot smo omenili, z manometri pridobivamo podatke o tlaku v sistemu. Z zajemom teh podatkov lahko odkrijemo, če prihaja do puščanja ali zamašitve v sistemu. Prav tako pa nam ti podatki omogočajo kontroliranje filtriranja in doziranja kemičnih sredstev v sistem. Manometri se namestijo na čelu sistema (črpališču), na začetku vsakega namakalnega polja in na začetku ter koncu vsake namakalne linije izbranega območja (Netafim, 2014b).

#### **2.3.3.4 Dozirna enota**

Dozirna enota služi dodajanju hranil in kemičnih snovi v vodo. Z dodajanjem hranil se lahko znatno povečajo količine in kakovost pridelka. Hranila je potrebno injicirati v natančnih količinah in ob pravem času. Dodajanje kemičnih snovi vpliva na preprečitev zamašitve kapljačev in zadovoljuje potrebe rastlin ter tal.



Zasnova dozirne enote vključuje zmogljivost in tip injektorja. Za izbiro ustrezne dozirne enote je potrebno upoštevati sprejete zakone in kemijske zahteve. Paziti moramo, ali bomo dodajali le kemijske snovi ali tudi hranila, saj je zmogljivost dozirne enote za hranila precej večja kot za kemijske snovi.

Hranila in kemijske snovi se lahko dodajajo na različne načine. Lahko se dodaja le ena snov ali več snovi hkrati, postopno dodajanje snovi ali dodajanje vseh snovi naenkrat ter dodajanje snovi v glede na meritev indikatorjev (Netafim, 2014b).

### **2.3.3.5 Dovodne in razvodne cevi**

Vodni vir potuje po ceveh od črpalke, skozi filtre in ventile, vse do kapljačev. Običajno se uporabljajo polivinil-kloridne, polietilenske ali fleksibilne cevi. Cevi morajo biti ustreznih mer, da prenesejo maksimalne tlake in da pri transportu vode ne pride do izgub in dvigov tlaka.

Pri izbiri cevi je potrebno upoštevati ceno le-teh, trenjske izgube, možnost vodnega udara ter potrebo po spiranju. Z večanjem premera cevi se trenjske izgube zmanjšajo (prav tako stroški črpanja), vendar se povečajo začetni stroški. V večini primerov so razvodne cevi položene nižje kot namakalne linije, kar omogoča, da se trdi delci običajno zadržijo v razvodni cevi, kar je boljše, saj se s tem izognemo mašenju kapljačev. Zaradi običajno razgibane topografije terena je potrebno dovodne in razvodne cevi dimenzionirati na dejanske pretoke. Potrebno je paziti tudi na pretoke pri spiranju, ki se razlikujejo od tistih pri namakanju. Priporočena hitrost pri spiranju je 1,5 m/s (Netafim, 2014b).

### **2.3.3.6 Namakalne linije (laterali) in kapljači**

Namakalne linije so ključni del namakalnega sistema. Pri izbiri namakalnih linij je pomembnih več dejavnikov. Mednje spadajo kapaciteta kapljačev, debelina stene, razdalja med kapljači in med namakalnimi linijami ter globina na kateri bodo namakalne linije položene. V kolikor pa se odločimo za nadzemno rešitev, slednji podatek ni pomemben.

Kapljači so sestavni del namakalnega sistema in so vgrajeni v namakalne linije, skozi njih pa voda in hranilne snovi kapljajo k pridelkom. Vsak kapljač mora biti odporen na zamašitev,

zagotavljati mora konstanten iztok ter ne sme povzročati večjih sprememb tlaka. Konstantni pretok skozi kapljače ter ustrezna razdalja med njimi sta zelo pomembna, saj se s tem izognemo površinskemu in globinskemu odvečnemu pronicanju vode, hkrati pa koreninskemu delu pridelkov zagotovimo potrebno količino vodnega vira (Netafim, 2014b).

Ločimo ročno pričvrščene kapljače (ang. *on-line drippers*) in integrirane kapljače (ang. *in-line drippers*). Slednje delimo še na tlačno kompenzacijske kapljače ter tlačno ne-kompenzacijske kapljače (Netafim, 2014b).

Tlačno ne-kompenzacijski kapljači (slika 15) zagotavljajo pretok, ki temelji na delovnem tlaku. Pretok skozi kapljač, premer cevi in razmik med kapljači določajo izgube tlačnih glav znotraj namakalne linije. Na sistem vplivajo tudi razlike v topografskih višinah (Netafim, 2014b).



Slika 15: Tlačno ne-kompenzacijski kapljač (Netafim, 2014b)

Dokler delovni tlak ostaja znotraj dovoljenega območja, tlačno kompenzacijski kapljači (slika 16) zagotavljajo konstantno hitrost pretoka vode in s tem enakomerno namakanje. Ko pa se delovni tlak konstantno spreminja, se aktivira membrana in ohranja stalen pretok skozi kapljače. Delci, ki povzročajo zamašitev, se lahko izplaknejo skozi širok prehod ali povečajo razlike v tlaku. Slednje aktivira membrano, da poveča obseg prečnega prereza izhoda vode in s tem izpere umazanijo iz sistema (Netafim, 2014b).



Slika 16: Tlačno kompenzacijski kapljač (Netafim, 2014b)

Tlačno kompenzacijske kapljače je priporočljivo uporabiti v primerih, ko je naklon terena večji kot 2 %, za daljše namakalne linije in ko so le te položene na razgibani topografiji terena ter na območjih, kjer je pridelek občutljiv na nezadostno ali prekomerno namakanje (Netafim, 2014b).

Ročno pričvrščeni kapljači se večinoma uporabljajo za sadovnjake in različne vrste drevesnih vrst. Primerni so za nasade, ki se še razvijajo, saj lahko razdaljo med kapljači določamo ročno sami med polaganjem namakalnih linij oz. za neenakomerne nasade (USDA, 1997).

Pri dimenzioniranju sta zelo pomembna razmika med laterali in med kapljači. Razmik med laterali je odvisen od vrste pridelka in načina obdelovanja, saj je potrebno paziti, da laterali ne otežujejo obdelovanja z delovnimi stroji. Če se na površini kolobari, je potrebno laterale ter kapljače dimenzionirati na najbolj kritičen pridelek. Dolžina lateralov je določena z dolžino nasada. Razmik med kapljači je odvisen od pretoka in lastnosti tal. Na peščenih tleh je kapljače potrebno namestiti bolj na gosto kot na ilovnatih (Netafim, 2014b).

Glede na debelino stene, namakalne linije (NL) ločimo na (Netafim, 2014b):

- NL s tankimi stenami: primerne so za 1-3 rastne sezone in se uporabljajo za pridelovanje zelenjave in poljščin, po koncu rastne sezone pa se lahko spravijo;
- NL s srednje debelimi stenami: primerne so za 4-9 rastnih sezon, nameščajo se lahko podzemno ali nadzemno, uporabljajo pa se za pridelovanje trajnic in pridelkov sajenih v vrsti;
- NL z debelimi stenami: primerne so za 10 ali več rastnih sezon, nameščajo se lahko podzemno ali nadzemno, uporabljajo se za pridelovanje trajnic, sadovnjakov, vinogradov in podobno.

Z namenom preprečevanja zamašitve je namakalne linije potrebno izpirati. Pri izpiranju je potrebna večja hitrost kot pri namakanju, saj to omogoča odstranitev trdih delcev. Izpiranje zato začasno poveča pretok celotnega namakalnega sistema, kar na večjih območjih zahteva dodatno črpalko, ki se aktivira le v fazi izpiranja. Druga možnost je, da se celotna namakalna površina razdeli na več manjših območij. Da zagotovimo višje hitrosti vodnega toka skozi namakalne

linije, moramo omogočiti prost iztok na koncu le-teh. Konce namakalnih linij lahko preprosto prepognemo in zavežemo, na njih lahko namestimo ventile za izpiranje ali jih povežemo med seboj s cevjo za odvajanje vode. Hitrost vodnega toka pri izpiranju mora biti minimalno 0,3 m/s (Netafim, 2014b).

### 2.3.3.7 Tenziometer

Tenziometer je enostavna naprava, s katero kot podtlak merimo tenzijo vezane vode v tleh, pri čemer ima maksimalno delovanje do 0,8 bara. Kot tak nam služi za ugotavljanje sprememb količine vode v tleh ob namakanju. Namestimo ga v območje glavne mase korenin. Podatke, izmerjene s tenziometrom s pomočjo krivulje tenzije pretvorimo v dejansko količino vode v tleh (Pintar, 2006).



Slika 17: Tenziometer (Tenziometer, 2016)

Tenziometer sestavljajo porozna keramična kapica, ki je s togo cevko napolnjena z vodo, povezana z merilcem podtlaka (slika 17). Kapica služi kot vmesnik med vodo v tleh in v tenziometru, zaradi njenega neposrednega stika s tlemi pa mora biti odporna na različne obremenitve ob nameščanju (Zupanc in Pintar, 2007).

S tenziometrom torej ugotovimo, kakšno tenzijo morajo preseči rastline za zmožnost črpanja vode, s čimer pa pridobimo podatek o količini rastlinam dostopne vode (Netafim, 2014b). Vrednosti tenziometra preverimo pred in po namakanju, pri čemer morajo pred namakanjem

ustrezati izračunani tenziji, po namakanju pa biti primerljive s PK. Odstopanje od slednje namreč nakazuje premajhen (večja tenzija kot PK) ali prevelik (manjša tenzija kot PK) obrok namakanja (Pintar, 2006).

## **2.4 Zakonske podlage, ki urejajo področje namakanja tal**

Za graditev oz. postavitve namakalnega sistema za namakanje kmetijskih zemljišč so potrebna vsa soglasja in dovoljenja, ki izhajajo iz zakonov oz. podzakonskih aktov, uredb in predpisov.

Med najpomembnejše zakone in uredbe štejemo:

- Zakon o kmetijskih zemljiščih (ZKZ, Uradni list RS, št. 71/2011 u.p.b. in 58/2012),
- Zakon o urejanju prostora (ZUreP-1, Uradni list RS, št. 110/2002),
- Zakon o graditvi objektov (ZGO-1, št. Uradni list RS, št. 102/2004),
- Zakon o varstvu okolja (ZVO, Uradni list RS, št. 39/2006),
- Zakon o vodah (ZV-1, Uradni list RS, št. 67/2002),
- Uredba o vrstah posegov v okolje, za katere je treba izvesti presojo vplivov na okolje (Uradni list RS, št. 51/2014),
- Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla (Uradni list RS, RS, št. 84/2005, 62/2008, 62/2008, 113/2009 in 99/2013),
- Uredba o vodnih povračilih (Uradni list RS, št. 103/2002),
- Uredba o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (Uradni list RS, št. 97/2009),
- Uredba o razvrščanju objektov glede na zahtevnost gradnje Uradni list RS, št. 18/2013).

Več o posameznih zakonih in uredbah ter pridobitvi potrebnih dovoljenj in soglasij je predstavljeno v Gačnik (2015).

## **2.5 Namakalni parametri**

Namakanje je umetno dodajanje vode, kadar jo v času vegetacije v tleh primanjkuje. Z njim zagotovimo optimalno rast in razvoj gojenih rastlin. Služi nam za več rešitev. Z namakanjem lahko zraven problema sušo rešimo tudi problem spomladanske pozebe (protipozebna zaščita), dodajanja hranil (fertilizacija) in kopičenja soli na površju tal (desalinizacija) (Kozelj, 2007).

Za določanje ustrezne količine vode za namakanje in časa namakanja je potrebno poznati normo namakanja, obrok namakanja, trajanje namakanja, hidromodul namakanja, turnus namakanja in število namakanj (Kozelj, 2007).

### 2.5.1 Norma namakanja

Norma namakanja je skupna količina vode, ki jo je potrebno zagotoviti rastlinam v eni sezoni oz. vegetaciji in je pomemben podatek za velikost akumulacije. Dobimo jo, ko od skupne porabe vode v sezoni odštejemo skupno razpoložljivo količino vode v sezoni (enačba 2). Podajamo jo v milimetrih (Kozelj, 2007).

$$Nn = Pv - Rv, \quad (2)$$

kjer so:

- $Nn$  norma namakanja [mm],
- $Pv$  skupna poraba ali konzumpacija vode v sezoni [mm/leto],
- $Rv$  skupna razpoložljiva količina vode v sezoni [mm/leto].

Rastlina v rastni sezoni potrebuje za optimalno rast določeno količino vode, ki je enaka potencialni evapotranspiraciji. Del te vode dobi v obliki padavin, ki se infiltrirajo v tla, del pa ji moramo zagotoviti v obliki namakanja. Pri vseh namakalnih sistemih se del vode izgubi. To je posledica nevodotesnosti cevne sistema ter različnih načinov namakanja. Zaradi izgube vode pri namakanju je potrebno neto normo namakanja povečati za koeficient izkoristka vode. Tako dobimo bruto normo namakanja (enačba 3) (Kozelj, 2007).

$$Nb = \frac{Nn}{E}, \quad (3)$$

kjer so:

- $N_b$  bruto norma namakanja [mm],  
 $N_n$  neto norma namakanja [mm],  
 $E$  koeficient izkoristka vode v namakalnem sistemu [-].

Skupna razpoložljiva voda je voda v tleh, ki je na voljo rastlinam v času vegetacijske dobe, medtem ko skupna poraba vode ustreza vrednosti evapotranspiracije (Tomić, 1988).

### 2.5.2 Obrok namakanja

Obrok namakanja je količina vode, ki se tlom dodaja z enim namakanjem. Obrok namakanja je del norme namakanja in ga podajamo v mm ali m<sup>3</sup>/ha. (Tomić, 1988). Enak je razliki med poljsko kapaciteto in dopustno rabo razpoložljive vode v tleh (enačba 4) (Kozelj, 2007).

$$ON = LDV = (PK - TV) * \rho_b * D * p, \quad (4)$$

kjer so:

- $ON$  obrok namakanja ali lahko dostopna voda v tleh (LDV) [cm],  
 $PK$  poljska kapaciteta tal za vodo [volumski odstotek, mm vode/100 mm tal],  
 $TV$  točka venenja [volumski odstotek, mm vode/100 mm tal],  
 $\rho_b$  gostota tal [g/cm<sup>3</sup>],  
 $D$  globina vlaženja tal [m],  
 $p$  delež lahko dostopne vode v tleh med  $PK$  in  $TV$  [-].

Obrok namakanja je odvisen od lastnosti tal in lastnosti rastline. Pri lastnostih tal je pomembna predvsem količina vode, ki jo tla zadržijo pri  $PK$  in  $TV$ , to je kapilarna voda. Med pomembnejše lastnosti rastlin pa štejemo globino razvoja koreninskega sistema ter sposobnost rastlin za črpanje vode (Kozelj, 2007).

### 2.5.3 Trajanje namakanja

Trajanje enega namakanja dobimo s kvocientom obroka namakanja in intenzitete namakanja (enačba 5) (Kozelj, 2007).

$$t = \frac{ON}{I}, \quad (5)$$

kjer so:

- $ON$  obrok namakanja [mm],
- $I$  intenziteta namakanja [mm/min],
- $t$  trajanje namakanja [min, ure].

Intenziteta namakanja je količina vode izražena v debelini vodne plasti, ki jo na površino daje razpršilec. Le-ta ne sme presegati koeficienta infiltracije, sicer bi voda na površju zastajala in površinsko odtekala ter povzročala erozijo tal, ali pa bi zaradi obilice vode na površju začeli razpadati strukturni agregati tal in bi se tla zaskorjila kot po zelo močnem dežju (Pintar, 2006).

#### 2.5.4 Hidromodul namakanja

Hidromodul namakanja predstavlja potrební pretok vode za namakanje neke površine in pomeni izhodiščni podatek za dimenzioniranje sistema za dovod vode od vodnega vira do namakalnih površin. Podaja se v (l/s/ha) (Juvan, 1992).

Ločimo povprečni in delovni hidromodul. Povprečni hidromodul je količina vode, ki jo moramo neprekinjeno dovajati do namakalne površine, 24 ur/dan (enačba 6). V praksi se uporablja pri simulaciji potrebnega volumna vode v akumulaciji (Kozelj, 2007).

$$Ha = \frac{Nb}{D \cdot 86400 \text{ s/dan}}, \quad (6)$$

kjer so:

- $Ha$  povprečni hidromodul namakanja [l/s/ha],
- $Nb$  bruto norma namakanja [m<sup>3</sup>/ha],
- $D$  rastna doba [dni].



Delovni hidromodul ali maksimalni hidromodul je količina vode, ki jo moramo dovajati na hektar ob največji porabi, pri tem pa upoštevamo izgubo vode (enačba 7). Uporablja se za dimenzioniranje primarnih cevovodov in črpalk. Pri manjših sistemih je odvisen tudi od namakalne opreme (Kozelj, 2007).

$$H_{max} = \frac{d}{T * t * 3600s/uro}, \quad (7)$$

kjer so:

- $H_{max}$  delovni hidromodul namakanja [l/s/ha],
- $d$  bruto obrok namakanja [mm],
- $T$  najkrajši turnus namakanja [dnevi],
- $t$  dnevni čas namakanja [h/dan].

### 2.5.5 Turnus namakanja

Turnus namakanja (interval namakanja) je interval v dnevih med dvema zalivanjema in predstavlja čas, v katerem se porabi voda, ki smo jo dodali pri enkratnem zalivanju (enačba 8) (Kozelj, 2007).

$$T = ON/dp, \quad (8)$$

kjer so:

- $T$  turnus namakanja [dni],
- $ON$  obrok namakanja [mm, m<sup>3</sup>/ha],
- $dp$  dnevna potrošnja oz. evapotranspiracija za obravnavano kulturo [mm/dan].

### 2.5.6 Število namakanj

Število namakanj skozi vegetacijsko dobo dobimo s kvocientom med normo namakanja in obrokom namakanja (enačba 8) in predstavlja le okvirno vrednost (Kozelj, 2007).

$$\text{število namakanj} = \frac{Nn}{nON} \text{ oz. } \frac{Nb}{bON}, \quad (9)$$

kjer so:

- $Nn$  neto norma namakanja [mm],
- $nON$  neto obrok namakanja [mm/zalivanje],
- $Nb$  bruto norma namakanja [mm],
- $bON$  bruto obrok namakanja [mm/zalivanje].

## 2.6 Hidravlični izračuni

Zaradi vodnega toka od vodnega vira do pridelkov je potrebno opraviti hidravlične izračune. Pretok je možno v kateri koli točki sistema izračunati po enačbi (Lamm et al. 2007):

$$Q = \frac{a \cdot v}{1000}, \quad (10)$$

kjer so:

- $Q$  pretok [l/s],
- $v$  hitrost vodnega toka [m/s],
- $a$  površina prečnega prereza toka [mm<sup>2</sup>].

Energija se po ceveh zaradi sprememb hitrosti toka, višine, tlaka, trenj in delovanja črpalke spreminja. Najpogostejši merski enoti, ki se uporabljata pri določanju energije sta bar ali višina vodnega stolpca [m]. Med tokom tekočine po cevovodih nastajajo energijske izgube, ki so odvisne od hitrosti toka, hrapavosti cevi, obliki spojev in sprememb smeri toka. Skupne energijske izgube so seštevek linijskih in lokalnih izgub in jih zapišemo z enačbo (Gačnik, 2007):

$$\Delta E_{izg} = \Delta E_{lin} + \Delta E_{lok}, \quad (11)$$

kjer so:

$\Delta E_{\text{izgub}}$	skupne energijske izgube [m],
$\Delta E_{\text{lini}}$	linijske energijske izgube [m],
$\Delta E_{\text{lok}}$	lokalne energijske izgube [m].

### 2.6.1 Linijske izgube

Linijske izgube nastanejo zaradi trenja med steno cevi in tekočino. V nalogi smo za izračun linijskih izgub uporabili dve enačbi, Darcy-Weisbachovo in Hazen-Williamsovo. Darcy Weisbachova enačba ima obliko (Lamm et al., 2007):

$$\Delta E_{\text{lin}} = \lambda * \frac{L*v^2}{d*2g}, \quad (12)$$

kjer so:

$\Delta E_{\text{lin}}$	linijske energijske izgube [m],
$L$	dolžina cevovoda [m],
$v$	hitrost vodnega toka [m/s],
$D$	premer cevi [mm],
$g$	gravitacijski pospešek [m/s <sup>2</sup> ],
$\lambda$	Darcy-Weisbachov koeficient trenja.

Darcy-Weisbachov koeficient trenja  $\lambda$  se izračuna z enačbo (Steinman, 2010):

$$\lambda = 0,316 * Re^{-0,25}, \quad (13)$$

kjer so:

$\lambda$	Darcy-Weisbachov koeficient trenja [-],
$Re$	Reynoldsovo število [2000-100000].

$Re$  se izračuna z enačbo (Lamm et al., 2007):

$$Re = (1,3 * 10^6) * \left(\frac{Q}{D}\right), \quad (14)$$

kjer so:

- $Re$  Reynoldsovo število [2000-100000],  
 $Q$  pretok [l/s],  
 $D$  premer cevi [mm].

Ker bo po našem namakalnem sistemu potovala le voda, se lahko energijske izgube računa tudi s pomočjo Hazel-Williamsove enačbe, ki se glasi (Lamm et al., 2007):

$$\Delta E = L * (1,212 * 10^{12}) * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * (D^{-4,87}), \quad (15)$$

kjer so:

- $\Delta E$  energijska izguba [m],  
 $L$  dolžina cevovoda [m],  
 $D$  premer cevi [mm],  
 $C$  Hazen-Williamsov koeficient hrapavosti [-].

Koeficient  $C$  je za različne materiale cevi predstavljen v Gačnik (2015; str. 43-44).

## 2.6.2 Linijske izgube v cevovodih z več iztoki

Za naš namakalni sistem je potrebno izračunati tudi linijske izgube v sistemu z več iztoki, kamor spadajo namakalne linije. V tem primeru energijske izgube izračunamo z enačbo (Lamm et al., 2007; Bosnar, 2016):

$$\Delta E = (F) * (L) * (1,212 * 10^{12}) * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * (D^{-4,87}), \quad (16)$$

pri kateri so oznake enake kot v enačbi 15, dodan je le Christiansenov faktor  $F$ , katerega vrednost je predstavljena v Gačnik (2015: str. 44).

## 2.7 Lokalne izgube

Lokalne izgube nastanejo ob vsaki spremembi tokovnic, ki jo izzovejo motnje v toku cevovoda.

Splošna enačba za izračun lokalnih izgub se glasi (Steinman, 2010):

$$\Delta E_{lok} = \xi_{lok} * \frac{v^2}{2g}, \quad (17)$$

kjer so:

- $E_{lok}$  lokalna izguba energije [m],
- $\xi_{lok}$  koeficient lokalne izgube elementa[-],
- $v$  hitrost tekočine [m/s],
- $g$  gravitacijski pospešek [m/s<sup>2</sup>].

Vrednosti koeficienta za lokalne izgube so predstavljene v preglednici 5.

Preglednica 5: Vrednosti koeficienta lokalnih izgub (Lamm et al., 2007)

Element	Velikost elementa [mm]			
	25	50	75	100
90° kolena z navadnim radijem	1,50	1,00	0,80	0,70
90° kolena z velikim radijem	0,75	0,42	0,30	0,25
45° kolena z navadnim radijem	0,34	0,30	0,29	0,28
T element (tok po horizontali)	0,90	0,90	0,90	0,90
T element (tok po vertikali)	1,90	1,40	1,20	1,10
Ventil	8,70	7,00	6,00	5,60
Loputa	0,25	0,17	0,14	0,12
Nepovratni ventil	3,00	2,30	2,10	2,00
Kotni ventil	4,70	2,00	1,40	1,00
Filter košara	0,80	0,80	0,80	0,80
Lovilec umazanij	/	1,50	1,30	1,10
Spoji	0,08	0,05	0,04	0,04
Pravokotni vhod v cev	0,50	0,50	0,50	0,50
Zvonast vhod v cev	0,05	0,05	0,05	0,05
Izbočeni vhod v cev	1,0	1,0	1,0	1,0
Vodomer	6,00	6,00	6,00	6,00
Nenadna zožitev	$0,25 < {}^1Dr < 2,0; \xi_{lok} = 0,45 + 0,10 \cdot {}^1Dr - 0,54 \cdot {}^1Dr^2$			
Nenadna razširitev	$\xi_{lok} = (1 - {}^1Dr)^2$			

<sup>1</sup>Dr – razmerje velikosti manjšega premera cevi proti večjemu premeru cevi.

### 2.7.1 Energijske izgube zaradi kapljačev in filtrov

Kapljači so komponente, skozi katere kaplja voda iz cevi, kar pomeni oviro na iztoku, s tem pa predstavljajo lokalne energijske izgube (Bosnar, 2016).

Energijske izgube prav tako nastajajo med tokom skozi filtre. Z večanjem količine umazanije na filtrirni postajah se večajo tudi izgube, ki dosega vrednosti do 0,7 bara. V tem primeru jih je priporočljivo očistiti (Lamm et al., 2007).

Podrobneje izgube zaradi namakalnih linij, kapljačev in filtrov opisane v Gačnik (2016).

## **2.8 Analiza vodnega vira**

### **2.8.1 Vodni zadrževalnik**

Kjer je izdatnost vodnega vira za namakanje dovolj velika, ni pa časovno ustrezno razporejena, je najprimernejša rešitev izgradnja malega vodnega zadrževalnika oz. akumulacije. Voda za namakanje se akumulira v obdobju, ko se pojavijo vodni viški in porablja, ko vode primanjkuje (Regent in Juvan, 1995).

V Uredbi o razvrščanju objektov glede na zahtevnost gradnje (UL RS št. 18/2013) med enostavne objekte spadajo vsi rezervoarji za vodo, prostornine do 100 m<sup>3</sup>. Rezervoarji vode, večji od predpisane prostornine, spadajo med zahtevne objekte.

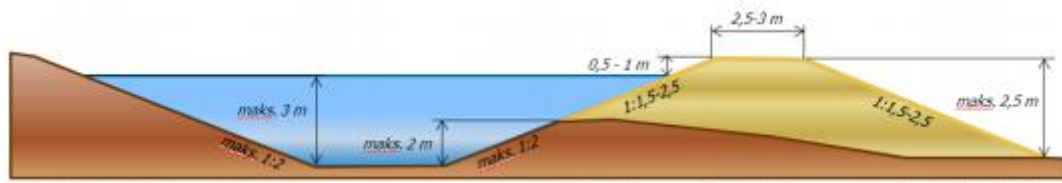
Za umeščanje malih akumulacij v prostor je potrebno upoštevati (Fazarinc, 2012):

- izdatnost vodnega vira s katerim se bo zadrževalnik polnil,
- reliefne značilnosti lokacije, kjer se bo akumulacija nahajala,
- veljavno zakonodajo o graditvi takšne vrste objekta,
- omejitvene faktorje glede na razpoložljivost vodnega vira in tehnične pogoje gradnje,
- ustrezno prostornino akumulacije glede na izbrane pridelke.

#### **2.8.1.1 Tehnični pogoji in omejitve**

##### **Nasip**

Nasipi so lahko veliki maksimalno 2,5 m (Fazarinc, 2012). Nakloni brežin nasipov zaradi možnosti erozije ne smejo biti večji kot 1:2,5 (slika 18). Na vodni strani je priporočljivo vgraditi vodotesne materiale, na zunanji, zračni strani nasipov pa prepustnejše materiale, ki se jih vzdržuje s travnato površino. Optimalna širina krone nasipa je 3 m (Fazarinc, 2012). Da se izognemo pojavu drsin, se lahko vgradijo sidra, ki povečajo stabilnost. Priporočena varnostna višina nasipa nad stalno višino ojezeritve je vsaj 0,5 m. Na poplavnatih območjih je potrebno zgornjo koto krone nasipa preveriti glede na gladino pričakovane visoke vode pri Q<sub>100</sub>.



Slika 18: Nasip (Fazarinc, 2012)

### Izkopi

Nagib izkopa naj bo primerljiv z nagibi v bližnji okolici oz naj bo zgrajen v maksimalnem nagibu 1:2 (Fazarinc, 2012). Kot pri nasipih je tudi pri izkopih površine, ki ne bodo zalite z vodo, potrebno zatraviti, poplavljene dele pa stabilizirati s piloti. Varnostna višina vkopane brežine naj bo primerljiva z višino nasipov (Fazarinc, 2012).

### Tesnitev akumulacije

Akumulacijo je najprimerneje tesniti z uporabo naravnih koherentnih materialov (glina) ali v povezavi le-teh z bentonitno folijo (Fazarinc, 2012).

### Menih

Menih je izpustni objekt, ki je najpogosteje zgrajen iz betona (slika 19). Prelivni robovi so nastavljivi, vgrajen pa ima tudi zasun, s katerim se lahko regulira izpust vode iz akumulacije. Prelive je potrebno dimenzionirati glede na pričakovane visoke vode.



Slika 19: Menih (Fazarinc, 2012)



## 2.8.2 Derivacija

Derivacija je odvzem vode iz struge. Voda se akumulira v zadrževalnik z odvzemom na razdelilnem objektu. Dotok vode se zagotovi z manjšimi strugami ali cevovodi. V kolikor se voda dovaja po cevovodih sta možnosti toka dve, in sicer s tokom s prosto gladino in s tokom pod tlakom. Pri toku s prosto gladino morajo imeti cevi enakomeren padec od odvzema do akumulacije, pri toku pod tlakom pa se naklon cevi lahko prilagodi terenu, je pa priporočljivo cevi položiti brez večjih lomov. Dotok vode v akumulacijo je možno kontrolirati, da se omogoča ohranjanje gladine vode in praznjenje akumulacije v primeru različnih posegov vanjo. Priporočljivo je, da se iztok iz akumulacije spelje v vodotok, iz katerega je urejen odvzem (Fazarinc, 2012).

### 2.8.2.1 Ekološko sprejemljivi pretok

Ekološko sprejemljivi pretok  $Q_{es}$  je tista količina vode v vodotoku, ki še ohranja ekološko ravnovesje v in ob vodotoku (Jaklin, 2010). Z Uredbo o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (Ur. l. RS, št. 97/2009) so določena hidrološka izhodišča in kriteriji za določitev izračuna  $Q_{es}$ .

Za določitev  $Q_{es}$  na odvzemu je potrebno imeti vrednosti srednjega malega pretoka ( $sQ_{np}$ ) in srednjega pretoka ( $sQ_s$ ), ki ju izračunamo z enačbama 18 in 19 na podlagi podatkov državnega hidrološkega monitoringa, pridobljenih iz spletne strani ARSO.  $sQ_s$  in  $sQ_{np}$  na mestu odvzema se izračuna z naslednjima enačbama (Ul. L. RS, št. 97/2009):

$$sQ_s = \sum_{i=L}^{i=N} Q_{np,i} / N, \quad (18)$$

$$sQ_s = \sum_{i=L}^{i=N} Q_{s,i} / N, \quad (19)$$

kjer so:

$sQ_s$             srednji pretok [ $m^3/s$ ],  
 $sQ_{np}$             srednji mali pretok [ $m^3/s$ ],

$Q_{np,i}$	najmanjši srednji dnevni pretok v $i$ -tem koledarskem letu [ $m^3/s$ ],
$Q_{s,i}$	najmanjši srednji letni pretok v $i$ -tem koledarskem letu [ $m^3/s$ ],
$N$	število let v opazovalnem obdobju.

Če na mestu odvzema ne obstajajo podatki državnega hidrološkega monitoringa o  $sQ_s$  in  $sQ_{np}$ , se s pomočjo podatkov o razmerjih pretoka in velikosti prispevnih površin hidrološko podobnega povodja izdela ocena vrednosti obeh potrebnih vrednosti (Ur. l. RS, št. 97/2009).

$Q_{es}$  se izračuna s pomočjo naslednje enačbe (Ur. l. RS, št. 97/2009):

$$Q_{es} = f * sQ_{np}, \quad (20)$$

kjer so:

$Q_{es}$	ekološko sprejemljiv pretok [ $m^3/s$ ],
$f$	faktor, odvisen od ekološkega tipa vodotoka [-],
$sQ_{np}$	srednji mali pretok [ $m^3/s$ ].

V Uredbi o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka najdemo razpredelnico, s katero se lahko določi faktor  $f$ . Vrednost faktorja  $f$  iz omenjene razpredelnice izberemo glede na vrsto (povraten, nepovraten), dolžino, količino odvzema, skupino ekoloških tipov vodotoka in razmerjem med srednjim in srednjim malim pretokom (Ur. l. RS, št. 97/2009).

### 3 PODATKI IN PREDSTAVITEV IZBRANEGA OBMOČJA

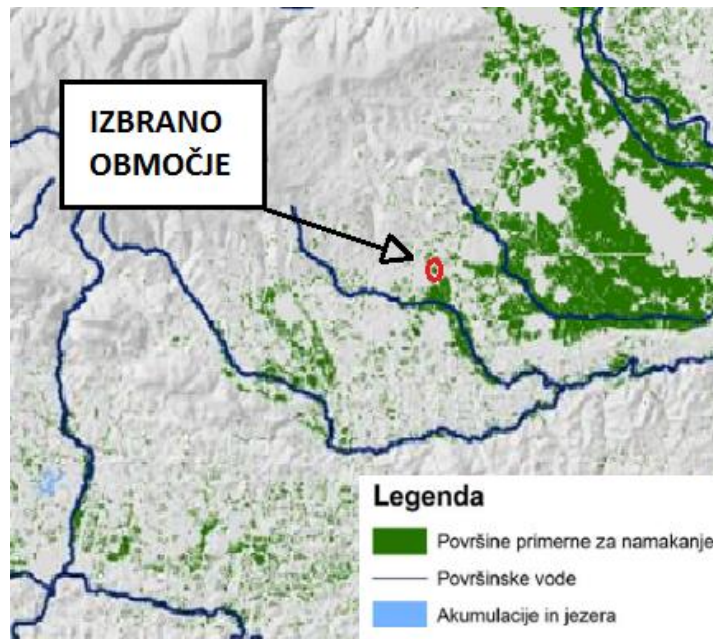
#### 3.1 Splošno

Območje, ki smo ga izbrali, je v občini Slovenska Bistrica, natančneje na obrobju mesta Slovenska Bistrica (slika 20). Območje zajema katastrski številki 794/2 in 794/5, obe K.O. Šentovec.



Slika 20: Lokacija izbranega območja (Geopedia, 2016)

Sadjarska kmetija želi namakati jabolčni sadovnjak na zgoraj opisanih območjih, v skupni površini 3,59 ha. V bližini ni obstoječih namakalnih sistemov. Odločili smo se zasnovati akumulacijsko jezero, ki bi se nahajalo na katastrskih številkah 830/2, 830/1 in 831, vse K.O. Šentovec. Skupna površina parcel, kjer bi bila akumulacija, znaša cca. 7500 m<sup>2</sup> ali 0,75 ha.



Slika 21: Površine primerne za namakanje (Pintar, 2010)

Na sliki 21 je prikaz površin, primernih za namakanje, ki dokazuje, da je izbrano območje primerno za namakanje.

### 3.2 Opis območja namakanja

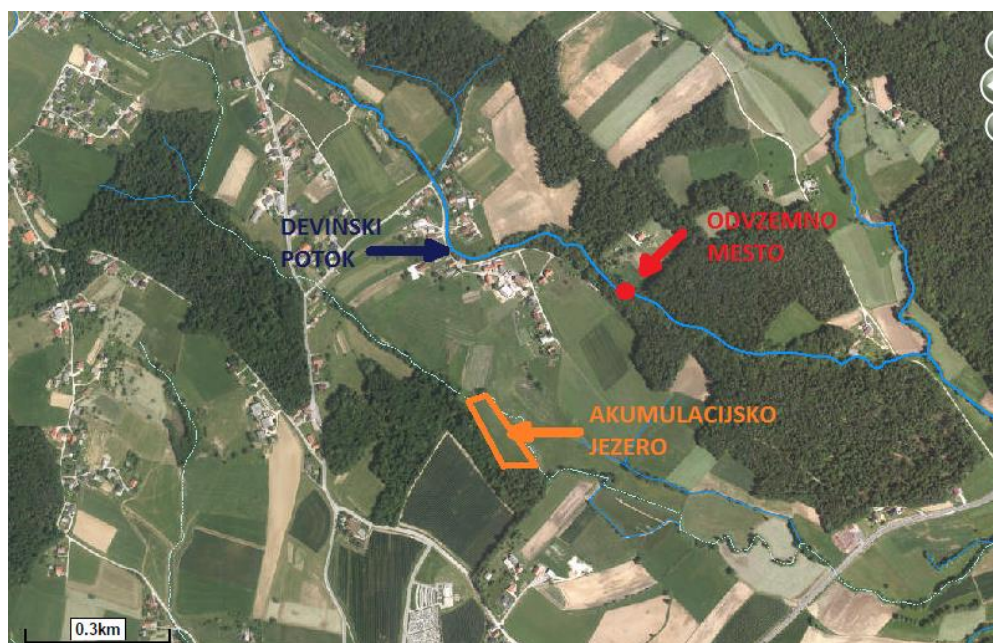
Območje nasada se nahaja v neposredni bližini mesta in ima padec 7,38% proti severovzhodu. Najvišja kota terena je 325 m.n.v, najnižja pa 300 m.n.v. Celotno območje nasada je veliko 3,59 ha in je na JZ omejeno s cesto, ostali del omejuje gozd (slika 22). Vrste dreves so sajene vzporedno v smeri severovzhod. Akumulacija bo od najvišje točke terena oddaljena 275 m zračne linije.



Slika 22: Izbrano območje namakanja (vir podlage - leva slika: Atlas okolja, 2016; desna slika: Temeljni topografski načrt 1:5000)

### 3.3 Vodni vir

Kot smo že omenili v začetku poglavja 3.1, smo se odločili, da bo vodni vir namakanja majhno akumulacijsko jezero. Vira napolnitve akumulacijskega jezera z vodo predstavljajo padavine in Devinski potok (slika 23).



Slika 23: Odvzemno mesto (vir podlage: Atlas okolja, 2016)

Historični podatki od pretokih, ki smo jih pridobili za vodotok Devina, niso bili zadostni, zato smo dodatno uporabili še podatke o pretokih za vodomerni postaji Bistrica in Bistrica I na vodotoku Bistrica in jih analizirali v primerjavi z vodotokom Devina.

Izdatnost padavin na tem območju je prikazana v poglavju 3.4., podatke pa smo pridobili iz meteorološke postaje Slovenske Konjice, ki je najbližja meteorološka postaja našemu območju.

Akumulacijsko jezero se bo nahajalo na 292 m. n. v., torej nižje od predvidevane namakalne površine (slika 24).



Slika 24: Izbrano območje akumulacije (vir podlage - leva slika: Atlas okolja, 2016; desna slika: Temeljni topografski načrt 1:5000)

### 3.4 Klima in padavine

Za severovzhodni del Slovenije velja prehodno klimatsko obdobje, kjer se mešata omiljena alpska in panonska klima. To velja tudi za občino Slovenska Bistrica, ki je reliefno zelo raznolika. Za obravnavano območje je značilna mešanica subpanonskega in subalpskega podnebja. Posledica lege ob vznožju Pohorja so nižje zimske in spomladanske temperature (Črešnar, 2010).

Dolgoletna povprečna temperatura zraka na tem območju je med 8,4 in 9,4 °C. Povprečne temperature v najhladnejšem mesecu (januar) so med -2 in -1,3 °C, v najtoplejšem (julij) pa med 17 in 18,7 °C (Črešnar, 2010).

Temperatura zraka na izbranem območju je zaradi malce višje lege nekoliko višja v primerjavi s temperaturo v bližjem mestu. Na to vpliva pojav t.i. termalni pas, ki je pomemben predvsem v vegetacijski dobi. Zaradi tega se zmanjša možnost pogostosti zmrzali. Pozna spomladanska slana lahko prizadene cvetove na sadnem drevju, kar negativno vpliva na letino (Babšek, 2006).

Za sadno drevje so izredno pomembne tudi svetlobne razmere (količina in intenziteta sončnega obsevanja), od katerih sta odvisna začetek in potek cvetenja ter zorenja. K boljši letini zelo pripomore tudi dejstvo, da je september v povprečju bistveno toplejši kot maj, kar vpliva na ustrezno zorenje sadja (Babšek, 2006). Po podatkih Agencije RS za okolje je bilo med leti 1971 in 2000 na izbranem območju povprečno trajanje sončnega obsevanja pomladi 480 – 520 ur, poleti 740 – 780 ur in jeseni 380 – 400 ur (Atlas okolja, 2016).

Povprečna letna hitrost vetra 10 m nad tlemi med letoma 1994 in 2001 je bila 1-2m/s (Atlas okolja, 2016).

Povprečna letna višina merjenih padavin med letoma 1961 in 1990 je 1000 – 1100 mm (Atlas okolja, 2016). Za namenom pridobitve natančnejših podatkov smo izbrali meteorološko postajo v Slovenskih Konjicah, ki je od izbranega območja oddaljena 13,26 km. Nahaja se na 330 m.n.v, na pobočju hriba, na manjši terasi pod vinogradi.

Klimatske podatke, ki smo jih potrebovali za izračun potreb rastlin po vodi, smo pridobili na spletni strani agencije RS za okolje, in sicer za meteorološko postajo Slovenske Konjice za obdobje 2006-2015 (preglednica 6). Uporabili smo podatke za povprečne najvišje dnevne temperature (max temp.), povprečne najnižje dnevne temperature (min temp.), povprečno trajanje sončnega obsevanja (sončno. obs.), povprečno relativno vlažnost (rel. vlažnost) in povprečno višino padavin (višina padavin).

Povprečno relativno vlažnost smo preračunali tako, da smo sešteli vse tri izmerjene podatke za različne čase v dnevu (ob 7 h, 14 h, 21 h) ter jih delili z ustreznim številom (3).

Vrednosti sončnega obsevanja so bile zaradi manjkajočih podatkov na meteorološki postaji Slovenske Konjice izračunane glede na podatke iz meteorološke postaje Letališče ER Maribor, ki je najbližja meteorološka postaja s to vrsto podatkov. Pridobljene podatke smo delili z ustreznim številom dni v posameznem mesecu.

Preglednica 6: Klimatski podatki in padavine za obdobje od 2006-2015 (ARSO, 2016a)

Meteorološka postaja: Slovenske Konjice						
Narmorska višina: 330m			Geo. dolžina: 15° 26' Geo. širina: 46° 21'			
MESEC	Max temp.	Min temp.	Sončno obs.	Rel. vlažnost	Veter	Višina padavin
	[°C]	[°C]	[h/dan]	[%]	[km/dan]	[mm]
JANUAR	4,4	-3,2	2,8	78,0	97	46
FEBRUAR	6,8	-2,7	4,1	74,0	95	46
MAREC	11,2	1,1	4,8	71,7	107	65
APRIL	15,9	5,2	6,2	69,7	114	70
MAJ	21,2	9,7	7,6	69,7	119	90
JUNIJ	24,3	12,8	8,1	71,0	113	162
JULIJ	26,7	14,5	8,9	71,7	108	112
AVGUST	26,2	14,2	8,2	74,3	111	125
SEPTEMBER	21,5	10,6	6,4	78,7	100	125
OKTOBER	16,1	6,5	4,6	80,3	110	105
NOVEMBER	9,6	1,8	3,0	80,3	101	85
DECEMBER	4,8	-1,9	2,2	81,0	92	71



### 3.5 Evapotranspiracija

Na spletni strani ARSO so dostopni podatki o dnevni referenčni evapotranspiraciji  $ET_0$  (vir) za različne meteorološke postaje vse od leta 1961 do leta 2015. Za diplomsko nalogo smo uporabili podatke z meteorološke postaje Slovenske Konjice, ki je najbližja našemu izbranemu območju s to vrsto izračunanih podatkov. Zajeli smo podatke zadnjih 10 let (2006 - 2015) in sicer za mesece, v katerih je dnevna evapotranspiracija rastlin največja. To so april, maj, junij, julij, avgust ter september.

Preglednica 7 prikazuje maksimalne dnevne vrednosti referenčne evapotranspiracije  $ET_0$  za omenjene mesece v zadnjih 10-ih letih.

Preglednica 7: Podatki o evapotranspiraciji za obdobje 2006-2015 (ARSO, 2016b)

LETO	MAREC	APRIL	MAJ	JUNIJ	JULIJ	AVGUST	SEPTEMBER	
2006	2,6	3,8	4,8	6,7	6	4,3	4,1	
2007	2,6	4,1	6,1	5,8	7,3	5,4	3,3	
2008	2,5	3,9	6,1	6,1	6	5,6	4,3	
2009	2,6	4,2	5,5	6,1	7,1	5,4	5	
2010	2,9	5	6,1	7,4	6,5	5,2	5,8	
2011	3,3	4,4	5,3	5,9	5,9	5,5	3,9	
2012	3,9	5,1	5,3	6,6	6,3	6,2	3,6	
2013	2,1	5	5	7,2	7,7	7	3,2	
2014	3,7	3,2	5,9	6,7	6,5	5,3	3,4	
2015	2,8	4,6	6,2	6,7	6,9	6,1	3,5	
	3,9	5,1	6,2	7,4	7,7	7,0	5,8	MAX

Namakalni sistem smo zasnovali na podlagi izračuna vrednosti 90 % potencialne evapotranspiracije, zato smo potrebovali podatke iz preglednice 7.

### 3.6 Rastline

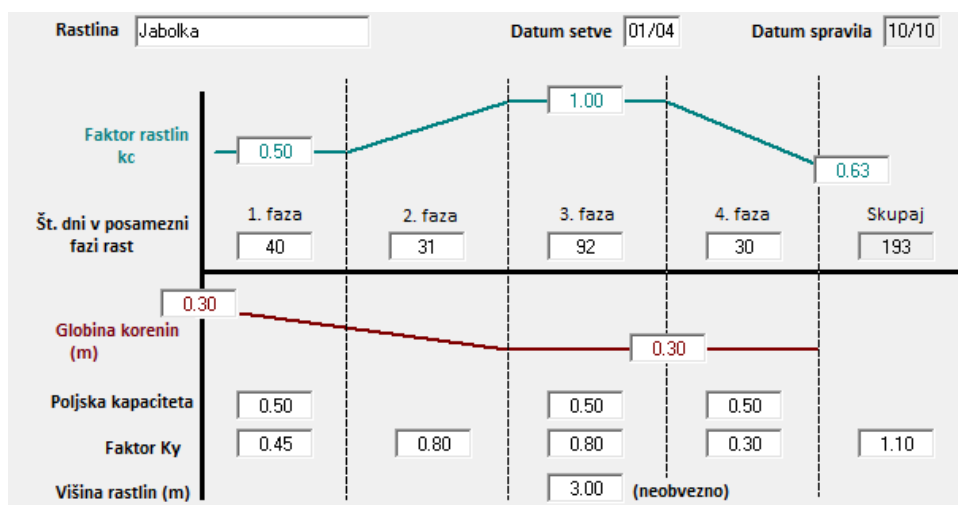
Na izbranem območju že vrsto let gojijo različne sorte jabolk, zaradi katerih bo namakalni sistem dimenzioniran.

Za določitev potrebne količine vode za namakanje in obroka namakanja, ki smo ju izračunali v programu CROPWAT 8.0, je bilo potrebno pridobiti faktor rastlin  $k_c$ , datum setve, globino korenin, delež poljske kapacitete nad katerim je potrebno z namakanjem vzdrževati vodo v tleh (%PK), število dni v posamezni fazi rasti, višino rasti rastlin ter faktor  $K_y$ . Vrednosti teh podatkov so povzete po Pintar (2003). Slika 25 prikazuje vrednosti, ki smo ji uporabili v programu CROPWAT 8.0.

mesec	marec		april			maj			junij			julij			avgust			september			oktober			nov.	%PK
dekada	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	(n)
jablane, češnje kc			0,50	0,50	0,50	0,52	0,66	0,82	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,89	0,73	0,63				70-80
globina korenin (cm)			30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30				(0,5)
faze razvoja			0			1			2									3			4				

Slika 25: Podatki o izbranih rastlinah (Pintar, 2003)

Ker bomo na obravnavanem območju imeli zgolj jablane, smo uporabili podatke iz brošure za jablane (Pintar, 2003). Obravnavali smo vrednosti od začetka aprila do konca prve tretjine meseca oktobra, ko se konča čas spravila. Na sliki 26 je prikaz vhodnih podatkov za rastline v programu CROPWAT 8.0.



Slika 26: Vhodni podatki o rastlinah v CROPWAT 8.0

### 3.7 Tla

Kot rastline so tudi tla eden iz med indikatorjev, ki vplivajo na potrebno količino vode za namakanje. Za naše območje nismo opravili analize tal na terenu, pač pa smo podatke pridobili iz spletne strani Kmetijskega inštituta Slovenije (eTLA, 2016) in spletne strani Agencije RS za okolje in prostor (Atlas okolja, 2016).

Uporabili smo pedološko karto Slovenije 1:25000 (PK25), ki je razdeljena na različne kartografske enote talnih tipov (TKE), te pa na različne talne systemske enote (TSE). Za izbrano območje smo pridobili podatke za tip tal, organske snovi v tleh, teksturni razred, pH tal, globino tal, rastlinam dostopno vodo v tleh ter efektivno poljsko kapaciteto tal (preglednica 8).

Manjkajoč podatek, ki smo ga potrebovali za izračun potrebne količine vode za namakanje in ga ni bilo moč pridobiti, je maksimalna dnevna infiltracija padavin. Program CROPWAT 8.0 omogoča izbiro privzete nastavitve tega podatka in njemu pripadajočo vrednost, na podlagi teksturnega razreda tal. Za uporabo napisanega smo tako izbrali srednje težka tla, ki so prevladujoča na našem območju.

Preglednica 8: Podatki o tleh (eTLA, 2016)

Tip tal (PK 25)	Psevdoglej, pobočni, evtričen, plitev, 100%
Organska snov po TKE do 30 cm (povprečje)	2,2%; srednje humozna tla
Teksturni razredi po TKE do 30 cm (povprečje)	meljasta ilovica, srednje težka tla
pH tal v TKE do 30 cm (povprečje)	4,5; močno kislata tla
Globina tal v TKE (povprečje)	110 cm; zelo globoka tla
Rastlinam dostopna voda v TKE do 30 cm (povprečje)	36,3 masnega % tal; razred: velika
Efektivna poljska kapaciteta tal (razred, opis)	3; Srednja: 81-150 mm
Maksimalna dnevna infiltracija padavin	40 mm/dan

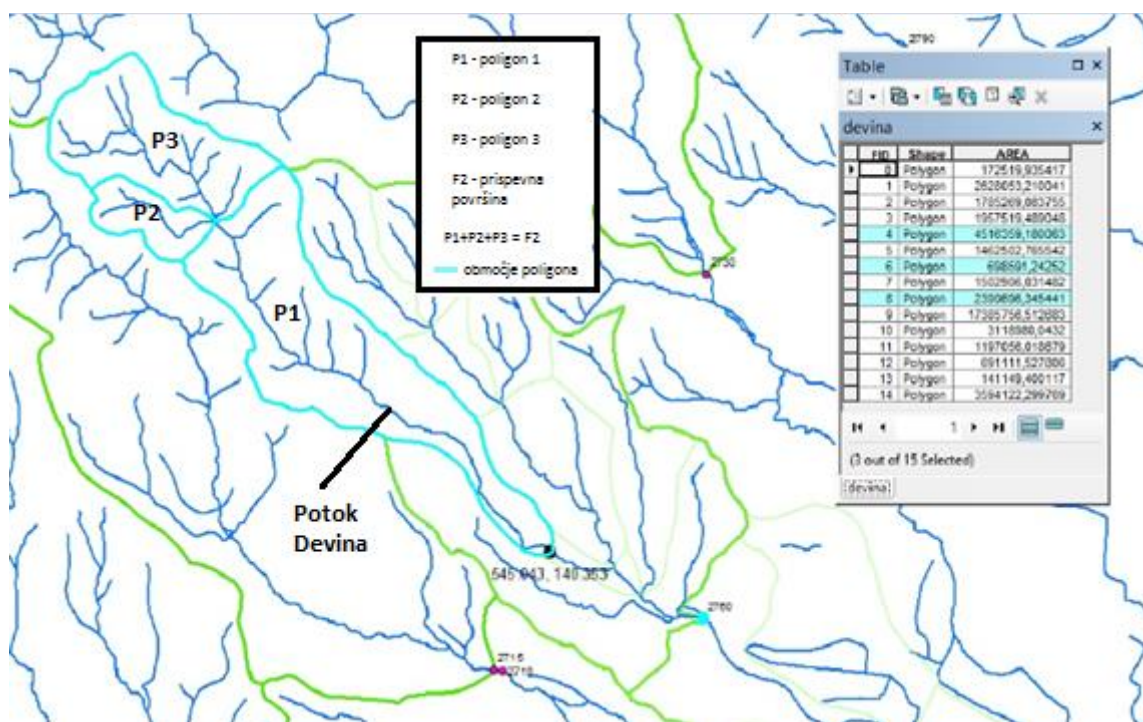
## 4 ZASNOVA NAMAKALNEGA SISTEMA

### 4.1 Akumulacija vode in polnjenje z odvzemom iz vodotoka

#### 4.1.1 Izračun ekološko sprejemljivega pretoka

Izračun je bil izdelan na podlagi Uredbe o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (Ur. l. RS št. 97/2009).

Najprej smo določili odvzemno mesto na vodotoku Devina (slika 27) in s pomočjo plastnic (Atlas okolja, 2016) v programu Autocad izrisali prispevno površino potoka Devina  $F_2$ , ki meri  $7,61 \text{ m}^2$ . Podlaga za določitev prispevne površine je bila v merilu 1:25000.



Slika 27: Izris prispevne površine  $F_2$

Sledil je izračun srednjega pretoka ( $sQ_s(F_2)$ ) in srednjega malega pretoka ( $sQ_{np}(F_2)$ ). Ker so bili podatki na vodotoku Lahinja (VP Brinje) preskopi, smo preverili hidrološke razmere na bližnjih vodotokih (vodotok Bistrica in vodotok Polskava) in ocenili, da so hidrološke razmere na vodotoku Bistrica primerljive s hidrološkimi razmerami na vodotoku Lahinja. Najbližja

vodomerna postaja (VP) je VP Bistrica I, kjer so bile opravljene meritve med leti 1946 in 1985 (do leta 1972 VP Bistrica). Ob združitvi obeh VP znašajo vrednosti  $sQ_s = 0,776 \text{ m}^3/\text{s}$  in  $sQ_{np} = 0,165 \text{ m}^3/\text{s}$ . S spletnih strani ARSO smo pridobili vrednost prispevne površine  $F_1$  za VP Bistrica, ki meri  $32,41 \text{ m}^2$ .

$$sQ_s = \frac{F_2}{F_1} * sQ_s(F_1) = \frac{7,61 \text{ km}^2}{32,41 \text{ km}^2} * 0,776 \text{ m}^3/\text{s} = 0,182 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}, \quad (21)$$

$$sQ_{np} = \frac{F_2}{F_1} * sQ_{np}(F_1) = \frac{7,61 \text{ km}^2}{32,41 \text{ km}^2} * 0,165 \text{ m}^3/\text{s} = 0,0387 \text{ m}^3/\text{s}, \quad (22)$$

kjer so:

- $sQ_{np}$  srednji pretok [ $\text{m}^3/\text{s}$ ],
- $sQ_s$  srednji mali pretok [ $\text{m}^3/\text{s}$ ],
- $F_1$  prispevno območje 1 [ha],
- $F_2$  prispevno območje 2 [ha].

Za izračun ekološko sprejemljivega pretoka ( $Q_{es}$ ) je potrebno določiti tudi faktor  $f$ . Na podlagi sledečih ugotovitev smo izbrali vrednost 1,5 (Ur. l. RS, št. 97/2009):

- nepovraten odvzem,
- skupina ekoloških tipov 2,
- velikost prispevne površine  $<10 \text{ km}^2$ ,
- majhen odvzem celo leto ali velik v sušnem obdobju.

$$Q_{es} = f * sQ_{np} = 1,5 * 0,0387 \text{ m}^3/\text{s} = 0,0581 \text{ m}^3/\text{s} = 58,1 \text{ l/s}, \quad (23)$$

kjer so:

- $Q_{es}$  ekološko sprejemljivi pretok [l/s],
- $f$  faktor  $f$ ,
- $sQ_{np}$  srednji mali pretok [ $\text{m}^3/\text{s}$ ].

## 4.2 Odvzem vode iz vodotoka Devina

V poglavju 4.1 smo izračunali ekološko sprejemljivi pretok vode. Na terenskem ogledu je bila izmerjena širina struge in ocenjena hitrost vodotoka. Širina struge znaša 1,3 m, hitrost vodotoka pa je pri nizkem pretoku ocenjena na 1 m/s. Na ta način je ocenjena dopustna minimalna gladina vode na odvzemu ( $h_{ES}$ ).

$$h_{ES} = \frac{Q_{ES}}{v \cdot b} = \frac{0,0581 \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ m/s} \cdot 1,3 \text{ m}} = 0,04469 \text{ m} = 4,4 \text{ cm}, \quad (24)$$

kjer so:

- $h_{ES}$  dopustna minimalna gladina vode na odvzemu [m],
- $Q_{ES}$  ekološko sprejemljiv pretok [l/s],
- $v$  hitrost vodnega toka [m/s],
- $b$  širina struge [m].

Kota dna vodotoka je pridobljena s podatki lidarja in je na 295m. Iz priloge G je razvidno, da je vtočni kanal dimenzioniran na koti 295,10 m. Na začetku dovodnega cevovoda je vgrajen jašek, pred katerim je pritrjeno sito (mreža), ki zadrži odpadke, ki jih prinese tok vodotoka.

Grobo očiščena voda s pomočjo gravitacije teče dalje proti akumulaciji. Dolžina dovodnega cevovoda je 300 m s padcem 0,63 %. Kota dovodnega cevovoda na iztoku v akumulacijo je 291,7 m. Cevi so polietilenske s premerom 200 mm. Konec dovodnega cevovoda se priključi na jašek z avtomatsko loputo, ki se odpira/zapira glede na doseženo maksimalno gladino vode v akumulaciji.

## 4.3 Akumulacija vode

S pomočjo programa CROPWAT 8.0 smo izračunali, da je za namakanje letno potrebno povprečno 212,8 mm vode. Izbrano območje je veliko 3,59 ha, vendar celotnega medvrstnega prostora ni potrebno namakati. Sadno drevje v medvrstno razdaljo sega 0,75 m, torej smo upoštevali 1,5 m na tekoči meter (Pintar, 2006). Skupna dolžina vrst nasada jablan znaša 13060m. Pomnožili smo jo s potrebno širino namakanja v vsaki vrsti in dobili potrebno

površino namakanja, ki zajema 1,959 ha. V nadaljevanju sledi preračun potrebne prostornine akumulacije za izbrano območje.

$$V_{neto} = F * N = 1,959 \text{ ha} * 2128 \frac{m^3}{ha} = 4168,75 m^3, \quad (25)$$

kjer so:

$V_{neto}$	neto volumen akumulacije [ $m^3$ ],
$F$	površina območja namakanja [ha],
$N$	potrebna količina namakanja [ $m^3/ha$ ].

Ocena volumna izhlapele vode iz akumulacije znaša:

$$V_{EPT} = F_{AKUM.} * \text{št. dni} * ETP = 4500m^2 * 0,005m/dan * 60 \text{ dni} = 1350m^3, \quad (26)$$

kjer so:

$V_{EPT}$	volumen izhlapevanja iz akumulacije [ $m^3$ ],
$F_{AKUM.}$	površina akumulacije [ $m^2$ ],
$\text{št. dni}$	ocenjeno število dni brez padavin,
$ETP$	evapotranspiracija iz akumulacije [m/dan].

Volumen izgub zaradi pronicanja znaša:

$$V_{pronic.} = 0,5 * V_{EPT} = 0,5 * 1350m^3 = 675m^3, \quad (27)$$

kjer so:

$V_{pronic.}$	volumen vode, ki se izgubi zaradi pronicanja skozi dno akumulacije ( $m^3$ ),
$V_{EPT}$	volumen evapotranspiracije iz akumulacije ( $m^3$ ).

Glede na zgornje ocene volumnov je potreben volumen akumulacije enak:

$$V_{AKUM.} = V_{bruto} = V_{neto} + V_{EPT} + V_{pronoc.} = 4168,75 m^3 + 1350m^3 + 675m^3 = 6193 m^3, \quad (28)$$

kjer so:

$V_{AKUM.}$	volumen akumulacije [ $m^3$ ],
$V_{bruto}$	bruto volumen akumulacije [ $m^3$ ],
$V_{neto}$	neto volumen akumulacij [ $m^3$ ],
$V_{EPT}$	volumen evapotranspiracije iz akumulacije [ $m^3$ ],
$V_{pronoc.}$	volumen vode, ki se izgubi zaradi pronicanja skozi dno akumulacije [ $m^3$ ].

Glede na izračunane potrebe po vodi se zasnuje akumulacija ustrežne velikosti, ki se izvede z zemeljskim pregradnim nasipom s katerim zajezimo meteorni odtok in betonskim talnim izpustom za evakuacijo visokih vod. Akumulacija se izvede v dolini pod namakalnimi površinami. Akumulacijski prostor pridobimo z izkopom na levi strani in pregradnim nasipom proti desni strani površine, predvidene za akumulacijo, gledano iz območja, kjer se bo namakalo. Del materiala iz izkopa bo služil za pregradni nasip, katerega maksimalna višina dosega 2,2 m.

V prilogah C (1-6), D, E so prikazani tloris, vzdolžni prerez ter prečni prerezi akumulacije. Najvišja kota dna je 291,1 m, najnižja pa 289,8 m. Dno ima 0,5% naklona navzdol proti talnemu izpustu. Maksimalna vodna gladina je na višini 291,5 m. Pri tej gladini se jašek na vtoku v akumulacijo zapre. Bočne brežine imajo naklon 1:3, medtem ko imata brežini na korenih akumulacije naklon 1:4 (priloga E).

#### 4.4 Maksimalne dnevne potrebe po vodi

Za dimenzioniranje namakalnih sistemov je ponavadi kot merodajna privzeta 80 – 90 % verjetna evapotranspiracija  $ET_0$  (Glavan in Pintar, 2013). Za zasnovo našega namakalnega sistema smo izbrali 90 % verjetno evapotranspiracijo  $ET_0$ . Iz preglednice 8, kjer so maksimalne dnevne vrednosti referenčne evapotranspiracije za vsak mesec (april – september) za zadnjih 10 let (2006 – 2015), smo izbrali 9. največjo vrednost vsakega meseca (preglednica 9). Te vrednosti smo nato pomnožili s koeficientom rastline  $kc$  za jablane in tako dobili 90% verjetno



potencialno evapotranspiracijo jablan  $ET_c$ . S tem smo pridobili količino vode (mm/dan), potrebno za nemoten razvoj rastlin.

Preglednica 9: Vrednosti 90% verjetne potencialne evapotranspiracije rastlin

		90% verjetna $ET_0$ (9. največji podatek) [mm/dan]					
		5,0	6,1	7,2	7,3	6,2	5,0
		90% verjetna $ET_c$ [mm/dan]					
		APRIL	MAJ	JUNIJ	JULIJ	AVGUST	SEPTEMBER
kc (jablane)		0,66	0,82	1,00	1,00	1,00	0,89
90% $ET_c$		3,3	5,0	7,2	7,3	6,2	4,0

Iz preglednice 9 je razvidno, da se maksimalna dnevna potreba po vodi pojavi v juliju in znaša 7,3 mm/dan, kar pomeni 7,3 l/m<sup>2</sup>/dan.

#### 4.5 Kapljači in namakalne linije

Izbiro kapljača smo prilagodili glede na naklon terena, vrsto tal, vrsto rastline in dolžino namakalne linije.

Glede na dejstvo, da je naklon terena večji kot 2 %, smo se odločili za kompenzacijske kapljače. Za namakanje dreves, med katere spadajo tudi jablane, je primernejša izbira ročno pričvrščenih (*angl. on line*) kapljačev, vendar je na našem območju že obstoječ nasad, kjer so drevesa med seboj nasajena v razmiku 1 m, tako da lahko izberemo tudi integrirane (*angl. in line*) kapljače. Odločili smo se, da bo namakalna linija potekala nad nivojem tal, in sicer 0,5 m, kar omogoča dostop delovnim strojem.

Na obravnavanem območju je 69 vrst nasadov dreves, za vsako vrsto pa smo predvideli eno namakalno linijo (NL). NL so dolge med 66 m in 201 m, razdalja med njimi je 3,5 m, toliko znaša tudi razdalja med vrstami. Odločili smo se, da bo razmik med kapljači 0,5 m, tako da bo vsak kapljač odmaknjen od drevesa 0,25 m.

Za naš namakalni sistem smo izbrali namakalne linije Dripnet PC 20012 (Netafim, 2016c), ki so primerni za namakanje dreves in imajo debelejšo steno (1,2 mm), kar pripomore k daljši življenjski dobi kapljača. Tehnični podatki za kapljače in namakalne linije so prikazani v preglednicah 10 in 11.

Preglednica 10: Tehnični podatki za izbrane kapljače (Netafim, 2016c)

PRETOK [l/h]	MAKSIMALNI DELOVNI TLAK [bar]	DIM. PREPUSTOV ZA VODO [mm]	OBMOČJE FILTRA [mm <sup>2</sup> ]
3,8	0,6-3,5	1,02 x 0,88 x 8	39
KONSTANTA K	PRIPOROČENA VELIKOST FILTRIRANJA [µm]	KONSTANTA X	
3,8	200	0	

Preglednica 11: Tehnične lastnosti izbranih namakalni linij (Netafim, 2016c)

NOTRANJI PREMER [mm]	DEBELINA STENE [mm]	ZUNANJI PREMER [mm]	MAKSIMALNI DELOVNI TLAK [bar]
17,5	1,2	19,9	2.5/3/3.5
TLAK OB SPIRANJU [bar]	KD	MAKSIMALNA DOLŽINA NAMAKALNE LINIJE [m]	
3,9 bara	0,25	231	

Kapaciteta kapljača je 3,8 l/h, kar omogoča, da celotno območje razdelimo na 6 približno enako velikih namakalnih polj (NP) in jih namakamo zaporedno. To pomeni, da se v trenutku, ko določeno NP prejme zadostno količino vode, začne namakati drugo. Preklop med namakanji zaporednih NP se bo izvajal ročno, kar smo upoštevali pri izračunu trajanja namakanja (30 min za posamezen preklop). Za takšen, sektorski način namakanja smo se odločili z namenom privarčevanja pri izbiri črpalke in porabi energije.

Po izbiri kapljačev je sledil izračun hidravličnih parametrov NL, ki smo jih pridobili s pomočjo programa HydroCalc podjetja NETAFIM (Netafim, 2016f).

The screenshot shows the HydroCalc software interface with the following sections and values:

- Emitter Details:** Emitter: Drip Line, Type: DRIPNET PC 2001, Emitter Spacing: 0.5 m, Flushing: Velocity 0 m/s.
- Pipe:** Pipe Material: (empty), Pressure Rating: (empty), Flow Rate: 3.8 l/h, Calculation Method: Emitter Line Length, Head Pressure: 7.5 m.
- Table:**

Pipe Type	Inside Diameter mm	Kd	Exponent	K	Segment Length m	Pressure Loss m	Pressure m	Velocity m/s
	17,5	0,25	0	3,8	201	-0,17	7,5	1,456

Summary values at the bottom of the table section:

- Total Length: 201 m, Cum. Pressure: -0,17 m
- Emitter Line Length: 201 m, Total Emitters: 402, End Pressure: 7.67 m

**Topography:** Fixed Slope: .38%, Changing: (unselected)

**Changing Topography:** Distance, m: 0, Height, m: 0, Down Stream, Add button.

Slika 28: Vnosna polja v programu HydroCalc za izbrane kapljače in namakalne linije

Na sliki 29 je prikaz vnosnih polj v programu HydroCalc, v katerega je potrebno vstaviti tip kapljača, razdaljo med kapljači, zmogljivost kapljača, dolžino NL, naklon terena ter končni tlak. Paziti je bilo potrebno na minimalni delovni tlak izbranih kapljačev, ki je 0,6 bara. Končni tlaki so se gibali med 6,67 bara do 11,4 bara. Pridobljeni rezultati (pretok in delovni tlak) (preglednica 12) so nam služili za nadaljnje preračune pri izbiri razvodnih cevi.

Preglednica 12: Rezultati delovnih tlakov in pretokov v posameznih NL in NP

ŠT. POLJA	ŠT. NL	DOLŽINA NL [m]	DELOVNI TLAK PRI NAMAKANJU NA NL [m]	PRETOK PRI NAMAKANJU NA NL [m <sup>3</sup> /h]	PRETOK PRI NAMAKANJU NA NP [m <sup>3</sup> /h]
1	1	66	7,5	502	10,58
	12	201	7,5	1261	
2	13	199	7,5	1257	12,41
	22	182	7,5	1225	
3	23	178	7,5	1215	13,11
	33	162	7,5	1168	
4	34	162	7,5	1168	13,85
	45	155	7,5	1141	
5	46	154	7,5	1136	13,52
	57	150	7,5	1118	
6	58	150	7,5	1118	13,26
	69	145	7,5	1092	

V preglednici 12 so prikazani rezultati delovnih tlakov in pretokov najkrajših in najdaljših NL v vsakem NP, katere smo uporabili za izračun pretoka NP. Program opravi izračun pretoka NP na podlagi števila NL in interpolacije njihovih dolžin iz podatkov najkrajše in najdaljše NL.

#### 4.6 Razvodne cevi

Razvodne cevi (RC) povezujejo NL (slika 30). Vsako izmed šestih NP povezuje svoja razvodna cev, na katero so priklopljene namakalne linije (slika 27). RC bodo položene na zgornji strani nasada, prečno na NL. V preglednici 13 je prikazano št NL v posameznem NP in začetni tlak, potreben na začetku RC.

Preglednica 13: Število NL v posameznem NP in začetni delovni tlaki

NAMAKALNA POLJA			
ŠT. POLJA	ŠT. NAMAKALNIH LINIJ	POVRŠINA [m <sup>2</sup> ]	MINIMALNI DELOVNI TLAK [bar]
1	12	5877	0,77
2	10	6020	0,77
3	11	6050	0,78
4	12	6032	0,78
5	12	5849	0,78
6	12	5705	0,78

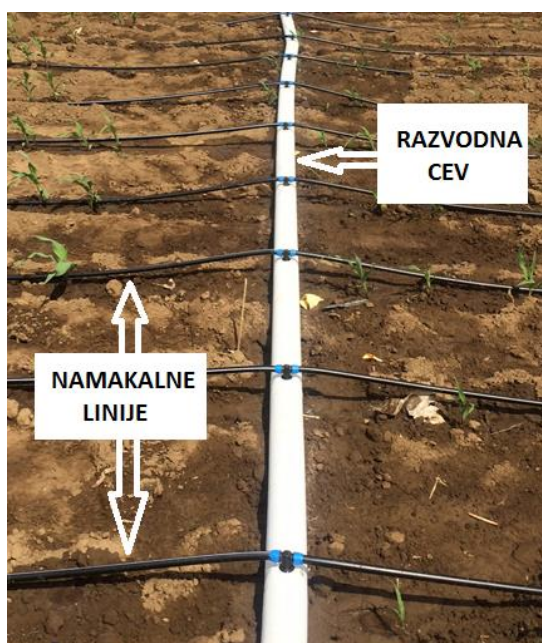
Ker so pretoki v posameznih NP dokaj podobni (preglednica 11), smo se odločili za enake dimenzije razvodne cevi v vseh NP. Za dimenzioniranje RC smo upoštevali največji pretok v NP, ki je v NP3 = 13,85 m<sup>3</sup>/s. Na podlagi maksimalne hitrosti v namakalnih linijah je bila določena hitrost vodnega toka 1,4 m/s. S temi podatki smo lahko izračunali potreben notranji premer (D<sub>n</sub>) RC.

$$D_n = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,85 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot 1,44 \text{ m/s}}} = 0,058 \text{ m} = 58 \text{ mm}, \quad (29)$$

kjer je:

- D<sub>n</sub>    potreben notrani premer cevi [m],
- Q      pretok vode [m<sup>3</sup>/s],
- v      hitrost vodnega toka [m/s].

Po izračunu potrebnega notranjega premera cevi smo se odločili za PE 75/4 (Netafim, 2011) cevi z notranjim premerom 67,6 mm in debelino sten 3,7 mm, razreda 4 in maksimalnim delovnim tlakom 4 bara. Skupna dolžina razvodnih cevi tako znaša 238 m.



Slika 29: Priključki NL na razvodno cev (Razvodna cev, 2016 )

#### 4.7 Dovodna cev

Ker smo se odločili, da namakamo vsako NP posebej, smo za izbiro dovodnih cevi (DC) upoštevali enak minimalni notranji premer cevi, kot smo ga izračunali za RC. Iz diagramov H/Q (Elko, 2016) za črpalko Elko VCV 250/5T je moč razbrati, da je pri maksimalnem pretoku potreben delovni tlak 7 bara.



Slika 30: Dovodne cevi PE 80 (Netafim, 2013)

Glede na zahteve smo se odločili za DC proizvajalca Netafim, serije PE 80 (slika 31). Cev ima notranji premer 77 mm in maksimalni delovni tlak 8 barov. Dolžina DC znaša 440 m.

#### 4.8 Filtracija

Odločili smo se izvesti filtracijo v 2 stopnjah. Na prvi stopnji smo zasnovali filtriranje s peščenim filtrom, z namenom izločitve debelejših delcev, na drugi pa z disk filtrom.

Za prvo stopnjo filtracije smo izbrali peščen filter Odis proizvajalca NETAFIM (Odis, 2016) serije 4000 s horizontalnim vtokom in iztokom (slika 32). V preglednici 14 so prikazane tehnične lastnosti filtra.

Preglednica 14: Tehnične lastnosti peščenega filtra (Odis, 2016)

VELIKOST POSODE (mm)	MAKSIMALEN PRETOK (m <sup>3</sup> /h)	MAKSIMALEN DELOVNI TLAK (bar)
480	18	8

Filter je primeren za filtracijo vod iz akumulacij, saj je najučinkovitejši za izločanje alg in mulja (Odis, 2016).



Slika 31: Peščeni filter Odis 4000 (Odis, 2016)

Filter za drugo stopnjo (disk filter) smo izbrali na podlagi zahtev kapljačev. Pri izbranih kapljačih je priporočena velikost filter mreže 200  $\mu$ , zato smo se odločili za plastični filter Arkal proizvajalca Netafim (Arkal, 2016). Tehnične lastnosti izbranega filtra (slika 33) so prikazane v preglednici 15.

Preglednica 15: Tehnične lastnosti disk filtra Arkal (Arkal, 2016)

VELIKOST FILTER MREŽE [ $\mu$ ]	POVRŠINA FILTRACIJE [cm <sup>2</sup> ]	PROSTORNINA FILTRACIJE [cm <sup>3</sup> ]	MAKSIMALNI TLAK [bar]	MAKSIMALNI PRETOK [m <sup>3</sup> /h]
180	950	1225	10	25



Slika 32: Disk filter Arkal (Arkal, 2016)

#### 4.9 Armatura

V tem poglavju bo predstavljena glavna armatura, med katero spadajo izbrani ventili in merilniki, ki so bili upoštevani tudi pri izračunu lokalnih izgub (poglavje 4.10) in posledično pri izbiri črpalke.

Na začetku namakalnega sistema je sesalna košara, ki preprečuje povratni tok pri črpanju, hkrati pa največjim delcem umazanije prepreči vtok v cevi. Takoj za črpalko se nahaja zaporni ventil z odzračevalnikom, kjer se v primeru težav, lahko odpira in zapira pretok vode. Sledi prvi manometer, ki je nameščen pred kontrolnim nepovratnim ventilom. Nujno potrebni komponenti sta blažilec vodnega udara in vodomer. Vgrajena sta pred drugim zapornim ventilom. Naslednja v zaporedju namakalnega sistema sta oba filtra (peščeni in disk), za katerima morajo biti manometri za kontrolo tlaka. Armatura na dovodni cevi se konča na koncu cevi, kjer je vgrajen zaporni ventil, ki omogoča iztok vode pri spiranju.

Na vsaki razvodni cevi se armatura začne z zapornim ventilom z odzračevalnikom. Za reguliranje pretoka je nameščen regulacijski (zaporni) ventil, za kontroliranje tlaka pa manometer. Nekateri namakalni sistemi imajo na koncu namakalne linije povezane s cevjo, namenjeno odtekanju vode pri spiranju ter na koncu te odtočne cevi zaporni ventil. V diplomski



nalogi smo se odločili, da bodo na koncu namakalnih linij zamaški za zatesnitev cevi. V primeru spiranja se ti zamaški ročno odstranijo.

Izbrali smo naslednje komponente (slika 34):

- sesalna košara s protipovratnim ventilom premera 63mm,  $\zeta_{lok} = 1,5$  (Zagožen, 2016),
- zaporni in regulacijski ventil premera 65mm, Dorot, serija S-75,  $\zeta_{lok} = 4,1$  (zaporni),  $\zeta_{lok} = 0,7$  (regulacijski) (Netafim, 2016a),
- kombiniran odzračevalnik premera 50mm, Netafim, serija D-050 (Netafim, 2016b),
- kinetični vakuumski odzračevalnik premera 50 mm, Netafim, serija K-010 (Netafim, 2016c),
- manometer, Swagelok, serije PGI,  $\zeta_{lok} = 0,9$  (Swagelok, 2016),
- kontrolni proti-povratni ventil premera 63mm, Gestra, serije BB A,  $\zeta_{lok} = 2,3$  (Barthel, 2016),
- blažilec vodnega udara premera 65 mm, Dorot, serija S-100,  $\zeta_{lok} = 1,4$  (Netafim, 2016d),
- vodomer premera 76 mm, Netafim, serije WST3F,  $\zeta_{lok} = 6$  (Netafim, 2016e).



Slika 33: Armatura (1. Zagožen, 2016; 2. Netafim, 2016a; 3. Netafim, 2016c; 4. Netafim, 2016b; 5. Barthel, 2016; 6. Swagelok, 2016; 7. Netafim, 2016d; 8. Netafim, 2016e)

Zraven premerov in znamke komponent NS so omenjene tudi lokalne izgube, ki jih povzročita določen ventil ter merilnik. Pri izračunu višine črpanja (poglavje 4.10) se upoštevajo le tiste izgube zaradi ventilov in merilnikov, skozi katere teče vodni tok.

#### 4.10 Izbira črpalke

Črpališče je predvideno na desnem bregu korena akumulacije, na koti 292,5 m. To je 32,5 m nižje od najvišje točke namakalnega sistema. Sesalna košara bo na višini 289,9 m, kar pomeni, da bo sesalna cev dolga 2,6 m.

Za izbiro črpalke smo potrebovali črpalno višino  $H_{\check{c}}$ , ki smo jo izračunali s pomočjo seštevka lokalnih in linijskih izgub, geodetske razlike višin ter vhodnega tlaka na posamezni RC.  $H_{\check{c}}$  smo izračunali za vseh 6 priključkov na razvodne cevi (preglednica 16).

Preglednica 16: Črpalne višine, dolžine dovodnega cevododa in geodetske razlike višin za posamezno RC

Razvodna cev	$H_{geo}$ [m]	Dolžina dovodnega cevododa [m]	Vstopni tlak [m]	$H_{\check{c}}$ [m]
RC 1	35,1	198	7,7	66,29
RC 2	35,1	240	7,7	66,33
RC 3	35,1	282	7,8	68,00
RC 4	35,1	324	7,8	68,66
RC 5	35,1	359	7,8	69,30
RC 6	29,1	421	7,7	64,33

Iz preglednice 16 je razvidno, da je največja višina črpanja na RC 5. Na izbiro črpalke zraven višine črpanja vpliva tudi pretok po DC. Ta je izračunan in prikazan v preglednici 12 in znaša  $Q=13,85 \text{ m}^3/\text{s}$ . Na podlagi obeh dejavnikov smo izbrali črpalke Elko VCV 250/5T (Elko, 2016) (slika 35). Tehnične lastnosti črpalke so prikazane v preglednici 17. Izbrali smo nekoliko močnejšo črpalke, v kolikor se lastnik nasada v prihodnosti odloči dodati še dozirno enoto. Trenutno se zanjo še ni odločil, zato je v diplomski nalogi nismo dimenzionirali.

Preglednica 17: Tehnične lastnosti črpalke (Elko, 2016)

MOČ ČRPALKE [kW]	PRETOK [l/s]	ČRPALNA VIŠINA [bar]	TEŽA [kg]
5,5	3-5,8	3,6-8.0	86



Slika 34: Vertikalna vodna črpalka Elko (Elko, 2016)

Potrebno je bilo preveriti tudi ali se črpališče nahaja na primerni geodetski višini, saj lahko pride do pojava kavitacije. To smo preverili s pomočjo sesalno višini, ki mora biti večja, kot je višinska razlika med črpališčem in sesalno košaro.

$$H_{SES} = 9,5 - H_i - NPSH = 9,5 - 0,43m - 1,7m = 7,37m, \quad (30)$$

kjer so:

$H_{ses}$	dopustna sesalna višina [m],
$H_i$	uparjalna tlačna višina [m] – podana v tabeli,
$NPSH$	neto pozitivna višina sistema [m].

Rezultat enačbe 30 dokazuje, da je črpališče na zadostni višini. Ker bodo tlaki na priključkih RC previsoki, jih bo z regulacijskimi ventili na posameznih RC potrebno regulirati na izračunane vstopne tlake.

#### 4.11 Urniki in parametri namakanja

Namakalne parametre smo izračunali na podlagi enačb iz poglavja 2.5. Če želimo dobiti čas namakanja, je potrebno najprej izračunati intenziteto namakanja ( $P_r$ ). Za izračun le-te upoštevamo kapaciteto kapljačev, razdaljo med kapljači in razdaljo med parom namakalnih linij.

$$\text{Intenziteta namakanja } (P_r) = \frac{K}{(E*B)} = \frac{3,8}{0,5*3,5} = 2,171 \text{ mm/h} = 21,71 \text{ m}^3/\text{h} / \text{ha}, \quad (31)$$

kjer so:

$K$	kapaciteta kapljačev [mm/m <sup>2</sup> /h],
$E$	razdalja med kapljači [m],
$B$	razdalja med parom namakalnih linij [m].

Ko pridobimo vrednost intenzitete namakanja, lahko izračunamo čas namakanja. Upoštevati je potrebno intenziteto, učinkovitost in obrok namakanja, kateri je enak maksimalni evapotranspiraciji za izbrano rastlino. Pri učinkovitosti namakanja upoštevamo učinkovitost kapljičnega namakanja ( $U_n = 0,9$ ) in učinkovitost razvodnega cevovoda ( $U_c = 0,98$ ) (Pintar, 2006).

$$\text{Učinkovitost namakanja } (U) = U_n * U_c = 0,9 * 0,98 = 0,88, \quad (32)$$

kjer je:

$U_n$	učinkovitost kapljičnega namakanja [-],
$U_c$	učinkovitost razvodnega cevovoda [-],
$U$	učinkovitost namakanja [-].

Tako lahko izračunamo čas namakanja:

$$\text{Čas namakanja } (t) = \frac{ON}{P_r * U} = \frac{73}{21,71 * 0,88} = 3 \text{ h } 50 \text{ min}, \quad (33)$$

kjer je:

$ON$	obrok namakanja [m <sup>3</sup> /ha/dan],
$P_r$	intenziteta namakanja [m <sup>3</sup> /h/dan],
$U$	učinkovitost namakanja [-].

Čas namakanja celotne površine tako znaša 13h 43min. Pri tem je potrebno upoštevati še ročno preklapljanje med polji, ki je ocenjeno na 30 min na namakalno polje. Končen čas namakanja je torej 16h 43min. Ker smo se odločili za kapljični način namakanja, bo turnus namakanja vsak dan.

Za načrtovanje urnikov namakanja in izračun namakalnih parametrov smo uporabili računalniški program CROPWAT 8.0 za operacijski sistem Windows (CROPWAT 8.0, 2016). Program omogoča izračun potrebnih količin vode za rast rastlin in namakalne sisteme, pri čemer izračuni temeljijo na podatkih o rastlinah, tleh in klimi.

Za izračun potrebne količine vode za namakanje in namakalnih parametrov smo uporabili klimatske podatke (minimalna in maksimalna temperatura zraka, odstotek relativne vlažnosti zraka, vetrovnost, vrednosti dnevnega sončnega obsevanja), podatke o lastnosti rastline (datum sajenja, faktor rastlin ( $k_c$ ) in faze njihovega razvoja, globina korenin, faktor  $K_y$ , delež lahko dostopne vode, višina rastlin in vrednosti mesečnih količin padavin za zadnjih 10 let.

Program je izračunal bruto in neto obrok namakanja, ki ga rastline potrebujejo v določeni dekadi oz. v določeni fazi rasti. V preglednici 18 so prikazani rezultati, katerih se v praksi ni priporočljivo strogo držati, saj so bili kot vhodni podatki vstavljeni povprečni klimatski parametri in povprečne količine padavin v zadnjem 10-letnem obdobju, ki pa niso nujno primerljivi s tistimi v času namakanja. Zato je nujno potrebno sprotno spremljanje količine padavin in izvajanje meritev stanja vode v tleh s pomočjo tenziometra ter na ta način sprotno korigirati količino vode za namakanje.

Tabela 18: obroki namakanja za posamezne faze rasti

Mesec	Dekada	Faza razvoja	nON [mm/dan]	bON [mm/dan]
Junij	1	2. faza	1,7	2,4
Junij	2	3. faza	1,7	2,4
Junij	3	3. faza	1,9	2,7
Julij	1	3. faza	1,9	2,8
Julij	2	3. faza	2,0	2,9
Julij	3	3. faza	2,1	2,9
Avgust	1	3. faza	2,0	2,9
Avgust	2	3. faza	2,0	2,9
Avgust	3	3. faza	2,0	2,8
September	1	3. faza	1,9	2,7
September	2	3. faza	1,7	2,4

Za potrebe izdelave indikativnih urnikov namakanja povprečnega padavinskega leta smo poleg podatkov o količini padavin in klimatskih podatkov uporabili tudi podatke o zemljini (razpoložljiva količina vode v tleh, maksimalna dnevna infiltracija padavin, maksimalna globina korenin). Indikativni urniki namakanja so prikazani v prilogi G.

## 5 ZAKLJUČKI

Namakanje ne le pospešuje rast pridelkov ter izboljšuje kvaliteto le-teh, temveč jih pozimi lahko tudi varuje pred zmrzaljo, jih ohlaja in varuje tla pred zbijanjem.

Pri namakanju je potrebna previdnost pri vnosu gnojil in kemikalij. Njihova pretirana uporaba namreč slabša kakovost tal in podtalnice. Z vnosom vode v tla preko namakanja prihaja tudi do vnašanja soli in natrija, zato je potrebno paziti na kvaliteto vode oziroma skrbeti za njeno predhodno filtracijo.

Kljub temu, da imamo v Sloveniji veliko za namakanje potencialnih kmetijskih zemljišč in razpoložljive različne vodne vire za namakanje, so le-ti zelo slabo izkoriščeni. Sistem pridobivanja pravice za rabo vode in vseh drugih dovoljenj za izgradnjo namakalnega sistema je sicer urejen, vendar za povprečnega uporabnika verjetno prezapleten. S tega vidika ima za posamezne uporabnike zagotovo prednost priklop na veliki namakalni sistem. V Sloveniji namakamo le 1,6 % kmetijskih zemljišč v uporabi, kar je precej manj kot je povprečje držav Evropske skupnosti, ki znaša okoli 9 % (Pintar, 2014).

V prvem delu naloge so predstavljene teoretične osnove, poznavanje katerih je potrebno pri snovanju namakalnega sistema. Zbrani so zakoni in uredbe, ki jih moramo upoštevati pri pridobivanju dovoljenj.

Ker smo zasnovo namakalnega sistema izdelali na območju, kjer je že obstoječ nasad jablan in so medsebojne razdalje med drevesi enakomerne, smo se odločili za integrirane kapljače. Za nasade sadnega drevja so priporočene namakalne linije z debelejšimi stenami in daljšo življenjsko dobo, katere smo uporabili tudi sami. Odločili smo se, da celotno območje namakanja razdelimo na 6 podobno velikih namakalnih polj (NP) in jih namakamo zaporedno. Zato smo izračunali maksimalen pretok za posamezno NP in s tem podatkom dimenzionirali razvodne ter dovodne cevi.

Največja pomanjkljivost kapljičnega namakalnega sistema je mašenje kapljačev, zato izbira filtra predstavlja zelo pomemben del zasnove NS. Odločili smo se za dve fazi filtriranja, s peščenim in disk filtrom, prav tako pa so bili izbrani potrebni merilniki. Na podlagi izračunanih izgub zaradi armatur, filtrov in cevi smo določili potrebno višino črpanja, s pomočjo katere smo se odločili za ustrezen tip črpalke.

S pomočjo programa CROPWAT 8.0 smo na podlagi podatkov o klimi, padavinah in tleh izbrane lokacije ter podatkih o lastnostih izbranih rastlin, izračunali namakalne parametre, prav tako pa izdelali tudi okvirne urnike namakanja.

Zaključimo lahko, da je zasnovan namakalni sistem nujen za zagotavljanje stabilne in kvalitetne pridelave jabolk v obravnavanem nasadu, saj le tako lahko zmanjšamo tveganje za izgube v vse pogostejših sušnih obdobjih. Poleg tega bi pridelovalcu predlagali tudi uporabo mrež za zaščito pred točo.



## VIRI

Arkal. 2016.

<http://www.catalog.netafim.com/catalogue/product/12166> (Pridobljeno 01. 07. 2016.)

ARSO. 2002. Poročilo o stanju okolja 2002. Tla. Ministrstvo za okolje in prostor: str. 17.

<http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/poro%C4%8Dila/poro%C4%8Dila%20o%20stanju%20okolja%20v%20Sloveniji/tla.pdf> (Pridobljeno 06. 04. 2016.)

ARSO. 2016a.

[http://www.arso.gov.si/vreme/napovedi%20in%20podatki/slovenske\\_konjice.htm](http://www.arso.gov.si/vreme/napovedi%20in%20podatki/slovenske_konjice.htm)  
(Pridobljeno 14. 03. 2016.)

ARSO. 2016b.

[http://meteo.arso.gov.si/met/sl/agromet/data/arhiv\\_etp/](http://meteo.arso.gov.si/met/sl/agromet/data/arhiv_etp/) (Pridobljeno 18. 03. 2016.)

Atlas okolja. 2016.

[http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas\\_Okolja\\_AXL@Arso](http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso) (Pridobljeno 10. 02. 2016.)

Babšek, S. 2006. Neskladja v regionalnem razvoju občine Slovenska Bistrica. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Študijski program Geografija in Zgodovina (samozaložba S. Babšek): str. 99.

[http://geo.ff.uni-lj.si/pisnadela/pdfs/dipl\\_200605\\_silva\\_babsek.pdf](http://geo.ff.uni-lj.si/pisnadela/pdfs/dipl_200605_silva_babsek.pdf) (Pridobljeno 13. 03. 2016.)

Barthel. 2016.

[http://www.barthel-armaturen.de/uploads/tx\\_barthel/download/DBL\\_BB\\_en\\_06.pdf](http://www.barthel-armaturen.de/uploads/tx_barthel/download/DBL_BB_en_06.pdf)  
(Pridobljeno 04. 07. 2016.)

Bedrač, K. 2011. Možnost večkratne uporabe T-tape cevi v vrtnarstvu. Diplomsko delo.

Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Biosistemsko

inženirstvo (samozaložba K. Bedrač): str. 38.

<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=20769&lang=slv> (Pridobljeno 05. 07. 2016.)

Bosnar, B. 2016. Zasnova kapljičnega namakalnega sistema za namakanje hmeljišča v sklopu velikega namakalnega sistema. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Smer vodarstvo in komunalno inženirstvo (samozaložba B. Bosnar): str. 66.

Brouwer, C., Prins, K., Kay, M., Hibloem, M. 1991. Irrigation water management: Irrigation methods. Priročnik. Natural Resources Management and Environment Department: str. 76.  
<ftp://193.43.36.92/agl/AGLW/fwm/Manual5.pdf> (Pridobljeno 15. 04. 2016.)

Brilly, M., Šraj, M. 2005. Osnove hidrologije. Univerzitetni učbenik. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 309.

Cesar, P. 2010. Primerjava različnih metod izračuna evapotranspiracije. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Smer vodarstvo in komunalno inženirstvo (samozaložba P. Cesar): str. 133.  
[http://drugg.fgg.uni-lj.si/1058/1/VKI\\_0162\\_Cesar.pdf](http://drugg.fgg.uni-lj.si/1058/1/VKI_0162_Cesar.pdf) (Pridobljeno 10. 04. 2016.)

CROPWAT 8.0. 2016.

[http://www.fao.org/nr/water/infores\\_databases\\_cropwat.html](http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html) (Pridobljeno 20. 05. 2016.)

Črešnar, A. 2010. Proces depopulacije v občini Slovenska Bistrica. Diplomsko delo. Slovenska Bistrica, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta v Mariboru, Oddelek za geografijo (samozaložba A. Črešnar): str. 136.

<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=17141> (Pridobljeno 14. 04. 2016.)

Drip irrigation. 2016.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Drip\\_irrigation](https://en.wikipedia.org/wiki/Drip_irrigation) (Pridobljeno 20. 01. 2016.)

Fazarinc, R. in sodelavci. Tehnične in lokacijske možnosti izgradnje malih vodnih zbiralnikov za zbiranje pobočnih voda. V: 22. Mišičev vodarski dan 2011: Zbornik referatov, Maribor: str: 35-61.

[http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/users/1/agronomija/Melioracije/V4-1066/3\\_DS2\\_Tehni%C4%8Dne\\_in\\_lokacijske\\_mo%C5%BEnosti\\_izgradnje\\_malih\\_VZ\\_35-61\\_.pdf](http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/users/1/agronomija/Melioracije/V4-1066/3_DS2_Tehni%C4%8Dne_in_lokacijske_mo%C5%BEnosti_izgradnje_malih_VZ_35-61_.pdf) (Pridobljeno 05. 07. 2016.)

Gačnik, N. 2015. Tehnične in tehnološke osnove za zasnovo malega namakalnega sistema. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Smer Vodarstvo in komunalno inženirstvo (samozaložba N. Gačnik): str: 98.

[http://drugg.fgg.uni-lj.si/5222/1/VKI264\\_Gacnik.pdf](http://drugg.fgg.uni-lj.si/5222/1/VKI264_Gacnik.pdf) (Pridobljeno 22. 02. 2016.)

Glavan, M., Pintar, M. 2012. Projekcija vodnih površin za namakanje v Sloveniji. Ciljni raziskovalni projekt, Delovni sklop 4 - Potrebne vodne površine za namakanje, Ljubljana: str. 92.

[http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/users/1/agronomija/Melioracije/V4-1066/4\\_DS4\\_Potrebne\\_vodne\\_koli%C4%8Dine\\_za\\_namakanje\\_62-92\\_.pdf](http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/users/1/agronomija/Melioracije/V4-1066/4_DS4_Potrebne_vodne_koli%C4%8Dine_za_namakanje_62-92_.pdf) (Pridobljeno 18. 04. 2016.)

Elko. 2016.

<http://elkov.rs/katalozi/ELKOMBSI%20generalni%20katalog.pdf> (Pridobljeno 07. 07. 2016.)

eTLA. 2016.

[http://kis.si/KIS-WebGIS/#config=eTLA\\_JAVNI.xml](http://kis.si/KIS-WebGIS/#config=eTLA_JAVNI.xml) (22. 03. 2016.)

EESC glossaries. 2015.

[http://www.eesc.europa.eu/?i=glossaries.en.sustainable-terms.21540&defaultLocaleSelector=true&dl=sl\\_SI](http://www.eesc.europa.eu/?i=glossaries.en.sustainable-terms.21540&defaultLocaleSelector=true&dl=sl_SI) (Pridobljeno 07. 05. 2016.)

Filters. 2016.

<http://www.netafimusa.com/agriculture/products/filters> (Pridobljeno 20. 04. 2016.)

Geopedia. 2016.

<http://www.geopedia.si/> (Pridobljeno, 15. 03. 2016.)

Irrigation tutorials. 2016.

<http://www.irrigationtutorials.com/irrigation-valves/> (Pridobljeno 12. 05. 2016.)

Izrael-Indija. 2015.

[http://israel-india.info/Uploads/ArticleImages/1182\\_Large.jpg](http://israel-india.info/Uploads/ArticleImages/1182_Large.jpg) (Pridobljeno 26. 05. 2016.)

Jaklin, U. 2010. Vpliv ekološko sprejemljivega pretoka na poslovanje malih hidroelektrarn. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerzitetni študij gradbeništva, Hidrološka smer (samozaložba U. Jaklin): str. 90.

[http://drugg.fgg.uni-lj.si/1729/1/GRU\\_3138\\_Jaklin.pdf](http://drugg.fgg.uni-lj.si/1729/1/GRU_3138_Jaklin.pdf) (Pridobljeno 06. 07. 2016.)

Juvan, S. 1992. Vodni viri za namakanje kmetijskih površin. Namakanje dravskega in ptujskega polja. V: Mišičev vodarski dan 1992: zbornik referatov, Maribor: str. 7-12.

<http://mvd20.com/LETO1992/R2.pdf> (Pridobljeno 16. 04. 2016.)

Keršič, P. 2012. Vpliv organske snovi na vodno zadrževalne lastnosti tal. Diplomsko delo.

Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo (samozaložba P. Keršič): str. 31.

[http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn\\_kersic\\_primoz.pdf](http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn_kersic_primoz.pdf) (Pridobljeno 05. 04. 2016.)

Kozelj, K. 2007. Dopolnitev podatkovne baze namakalnih sistemov z agrotehničnimi vsebinami. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo (samozaložba K. Kozelj): str. 42.

[http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn\\_kozelj\\_karin.pdf](http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn_kozelj_karin.pdf) (Pridobljeno 16. 04. 2016.)

Lamm, F.R. (ur.), Ayars, J.E. (ur.), Nakayama, F.S. (ur.) 2007. Microirrigation for Crop Production: Design, Operation, and Management. Amsterdam, Elsevier B.V. : 215 str.

Levstik, S. 2010. Talne lastnosti kot osnova za napovedovanje volumske gostote tal. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo (samozaložba S. Levstik): str. 31.

[http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn\\_levstik\\_simon.pdf](http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn_levstik_simon.pdf) (Pridobljeno 06. 04. 2016.)

Mraz. 2015.

[http://ss1.spletnik.si/4\\_4/000/000/3d7/b19/2222.jpg](http://ss1.spletnik.si/4_4/000/000/3d7/b19/2222.jpg) (Pridobljeno 10. 06. 2016.)

Netafim. 2011.

[www.netafim.com/filehandler.ashx?fileid=91514](http://www.netafim.com/filehandler.ashx?fileid=91514) (Pridobljeno 28. 06. 2016.)

Netafim. 2013.

[http://www.netafim.com/Data/General/NETAFIM%20UK%20TECHNICAL%20MANUAL%202013\\_14.pdf](http://www.netafim.com/Data/General/NETAFIM%20UK%20TECHNICAL%20MANUAL%202013_14.pdf) (Pridobljeno 05. 07. 2016.)

Netafim. 2014a. Drip irrigation system: Maintenance handbook. Priročnik: str. 95.

<http://www.netafim.com/Data/Uploads/Drip%20maintenance%20book%20%28site%29.pdf>  
(Pridobljeno 17. 04. 2016.)

Netafim. 2014b. Drip irrigation handbook: Understanding the Basic. Priročnik: str. 96.

<http://orev.dk/images/stories/pdf/2014/dripirrigationhandbook2014.pdf> (Pridobljeno, 12. 03. 2016.)

Netafim. 2016a.

<http://www.catalog.netafim.com/catalogue/group/6256/filtertag/1> (Pridobljeno 03. 07. 2016.)

Netafim. 2016b.

<http://www.catalog.netafim.com/catalogue/product/17651> (Pridobljeno 03. 07. 2016.)

Netafim. 2016c.

<http://www.catalog.netafim.com/catalogue/product/17610> (Pridobljeno 03. 07. 2016.)

Netafim. 2016d.

<http://catalog.netafim.com/catalogue/group/6638> (Pridobljeno 04. 07. 2016.)

Netafim. 2016e.

<http://www.netafimusa.com/agriculture/products/watermeters-wst> (Pridobljeno 05. 07. 2016.)

Netafim, 2016f.

<https://www.netafim.com/service/hydrocalc-pro> (Pridobljeno, 03.04.2016.)

Odis. 2016.

<http://www.catalog.netafim.com/catalogue/product/29122> (Pridobljeno 01. 07. 2016.)

Osredkar, D., Pintar, M. 2003. Postopek pridobitve dovoljenj in soglasij za namakalni sistem. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS: 32 str.

[http://www.mkgp.gov.si/fileadmin/mkgp.gov.si/pageuploads/publikacije/Namakanje/1\\_Postopek\\_pridobitve\\_dovoljenj\\_soglasij\\_za\\_NS.pdf](http://www.mkgp.gov.si/fileadmin/mkgp.gov.si/pageuploads/publikacije/Namakanje/1_Postopek_pridobitve_dovoljenj_soglasij_za_NS.pdf) (Pridobljeno 23. 05. 2016.)

Pintar, M. 2003. Osnove namakanja s poudarkom na vrtinah in sadnih vrstah v severovzhodni Sloveniji. Publikacija. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: str. 51.

[http://www.mkgp.gov.si/fileadmin/mkgp.gov.si/pageuploads/publikacije/Namakanje/5\\_Osnove\\_namak\\_poud\\_na\\_vrtinah\\_in\\_sadnih\\_vrstah\\_SV\\_Slo.pdf](http://www.mkgp.gov.si/fileadmin/mkgp.gov.si/pageuploads/publikacije/Namakanje/5_Osnove_namak_poud_na_vrtinah_in_sadnih_vrstah_SV_Slo.pdf) (Pridobljeno 08. 04. 2016.)

Pintar, M. 2006. Osnove namakanja s poudarkom na vrtinah in sadnih vrstah v zahodni, osrednji in južni Sloveniji, Publikacija, Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: str. 55.

[http://www.mkgp.gov.si/fileadmin/mkgp.gov.si/pageuploads/publikacije/Namakanje/11\\_Osn](http://www.mkgp.gov.si/fileadmin/mkgp.gov.si/pageuploads/publikacije/Namakanje/11_Osn)

ove namak s poud na vrtninah in sadnih vrstah v Z O J Slov.pdf (Pridobljeno 19. 04. 2016.)

Pintar, M. 2010. Ocena vodnih perspektiv na območju Slovenije in možnosti rabe vode v kmetijski pridelavi. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 171 str.  
<http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-D5ZB4HKQ> (Pridobljeno 20. 03. 2016.)

Razvodna cev. 2016.

<http://mms.businesswire.com/media/20140709005668/en/423387/5/Netafim-PolyNet2.jpg?download=1> (Pridobljeno 25. 05. 2016.)

Regent, T., Juvan, S. 1995. Problematika projektiranja in izgradnje malih akumulacij za potrebe namakanja. V: Mišičev vodarski dan 1995: Zbornik referatov, Maribor: str: 113-116.  
<http://mvd20.com/LETO1995/R19.pdf> (Pridobljeno 08. 07. 2016.)

Sand filter. 2016.

[http://www.nurserycropscience.info/water/filtration-disinfection/photos/dripirrigationatnorth40nursery-4.jpg/image\\_preview](http://www.nurserycropscience.info/water/filtration-disinfection/photos/dripirrigationatnorth40nursery-4.jpg/image_preview) (Pridobljeno 24. 04. 2016.)

Steinman, F. 2010. Hidravlika. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 250 str.

Stropnik, P. 2006. Hidravlična analiza vodovodnega sistema Šmartno ob Paki. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerzitetni program gradbeništvo, Hidrotehniška smer (samozaložba P. Stropnik): str. 123.  
[http://drugg.fgg.uni-lj.si/822/1/GRU\\_2867\\_Stropnik.pdf](http://drugg.fgg.uni-lj.si/822/1/GRU_2867_Stropnik.pdf) (Pridobljeno 10. 04. 2016.)

Swagelok. 2016.

<http://www.swagelok.com/downloads/webcatalogs/EN/MS-02-170.PDF> (Pridobljeno 04. 07. 2016.)

Šijanec, M. 2009. Sposobnost izbranih tal za zadrževanje vode. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo (samozaložba M. Šijanec): str. 41.

[http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn\\_sijanec\\_mihael.pdf](http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn_sijanec_mihael.pdf) (Pridobljeno 26. 03. 2016.)

Škropljenje. 2015.

<https://durmitor.files.wordpress.com/2011/04/pesticidi-i-inteligencija.jpg> (Pridobljeno 15. 05. 2016.)

Tenziometer. 2016.

<http://www.marovt-sistemi.si/tenziometri-za-namakanje.2.html> (Pridobljeno 18. 05. 2016.)

Tomić, F. 1988. Navodnjavdnje. Učbenik. Savez poljoprivrednih inženjera i tehničara Hrvatske i fakultet poljoprivrednih znanosti sveučilišta u Zagrebu, str. 154.

United States Department of Agriculture. 1997. Irrigation guide. Natural Resources Conservation Service: str. 818.

United States Department of Agriculture. 1997. Irrigation guide. Natural Resources Conservation Service: str. 818.

Vivodinac, S. 2011. Vpliv sušnega stresa na rast in rodnost žlahtne vinske trte (*Vitis vinifera* L.). Diplomski projekt. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo (samozaložba S. Vivodinac): str. 16.

[http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/du1\\_vivodinac\\_silva.pdf](http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/du1_vivodinac_silva.pdf) (Pridobljeno 10. 04. 2016.)

Zagožen. 2016.

<http://www.zagozen.si/si/vodovod/armature/sesalni-kosi/sesalni-kosi-s-protipovratnim-ventilom> (Pridobljeno 14. 06. 2016.)



Zupan, M., Grčman, H., Kočevar, H. 2015. Navodila za vaje iz pedologije. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: str. 5-11.

[http://www.student-info.net/sis-mapa/skupina\\_doc/ntf/knjiznica\\_datoteke/889724\\_1\\_tekstura.pdf](http://www.student-info.net/sis-mapa/skupina_doc/ntf/knjiznica_datoteke/889724_1_tekstura.pdf) (Pridobljeno 30. 03. 2016.)

Zupanc, V., Pintar, M. 2007. Metode za merjenje količine vode v tleh 1. del: tenziometer. Acta agriculturae Slovenica, 89 – 1.

<http://aas.bf.uni-lj.si/avgust2007/27zupanc.pdf> (Pridobljeno 16. 05. 2016.)

Wiki. 2016.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Drip\\_irrigation](https://en.wikipedia.org/wiki/Drip_irrigation) (Pridobljeno 20. 01. 2016.)

## **ZAKONODAJA**

Zakon o kmetijskih zemljiščih. Uradni list RS št. 71-3086/2011: 9479.

Zakon o urejanju prostora. Uradni list RS št. 110-5386/2002: 13057.

Zakon o graditvi objektov. Uradni list RS št. 102-4398/2004: 12358.

Zakon o varstvu okolja. Uradni list RS št. 39-1682/2006: 4151.

Zakon o vodah. Uradni list RS št. 67-3237/2002: 7648.

Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla. Uradni list RS št. 84-3646/2005: 8709.

Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov. Uradni list RS št. 62-2628/2008: 8197.

Uredba o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata. 99-3557/2013: 10787.

Uredba o razvrščanju objektov glede na zahtevnost gradnje. Uradni list RS št. Uradni list RS št. 18-654/2013: 2483.

Uredba o varstvu voda pred onesnaževanju z nitrati iz kmetijskih virov. 113-5147/2009: 15513.

Uredba o vodnih povračilih. Uradni list RS št. 103-5136/2004: 11607.

Uredba o vrstah posegov v okolje, za katere je treba izvesti presojo vplivov na okolje. Uradni list RS št. 51-2266/2014: 5872.

Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu. Uradni list RS št. 62-2630/2008: 8221.

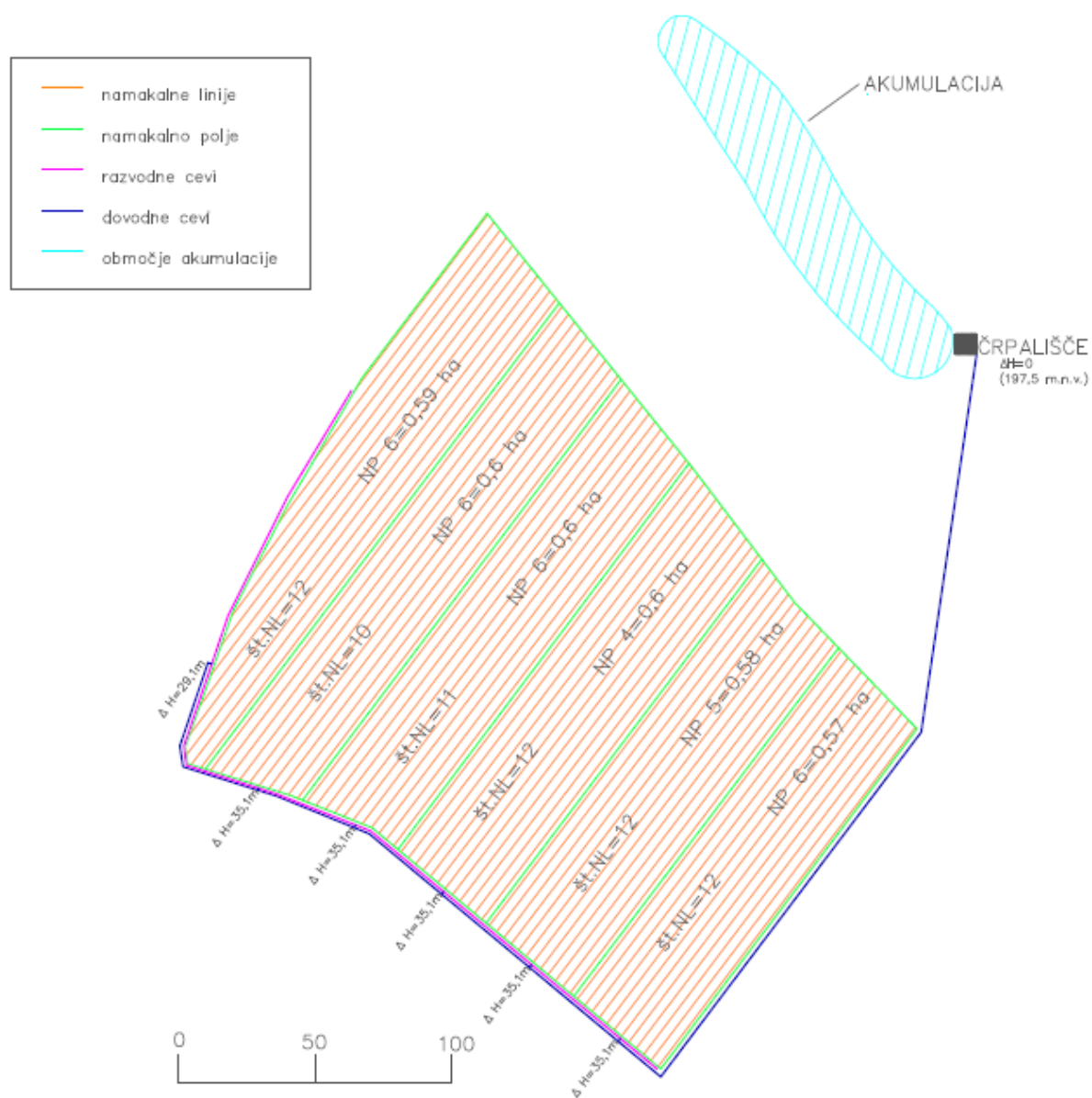
Uredba o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka. Uradni list RS št. 97-4256/2009: 12919.

## KAZALO PRILOG

PRILOGA A1: ZASNOVA NAMAKALNEGA SISTEM.....	A1
PRILOGA B1: SHEMA ARMATURE NA NAMAKALNEM SISTEMU.....	B1
PRILOGA C1: TLORIS AKUMULACIJE.....	C1
PRILOGA D1: PREČNI PREREZ AKUMULACIJE PR1.....	D1
PRILOGA D2: PREČNI PREREZ AKUMULACIJE PR1.....	D2
PRILOGA D3: PREČNI PREREZ AKUMULACIJE PR1.....	D3
PRILOGA D4: PREČNI PREREZ AKUMULACIJE PR1.....	D4
PRILOGA D5: PREČNI PREREZ AKUMULACIJE PR1.....	D5
PRILOGA D6: PREČNI PREREZ AKUMULACIJE PR1.....	D6
PRILOGA E1: VZDOLŽNI PREREZ AKUMULACIJE.....	E1
PRILOGA F1: VZDOLŽNI PREREZ DOVODNEGA VODOTOKA.....	F1
PRILOGA G1: URNIKI NAMAKANJA ZA JABLANE.....	G1

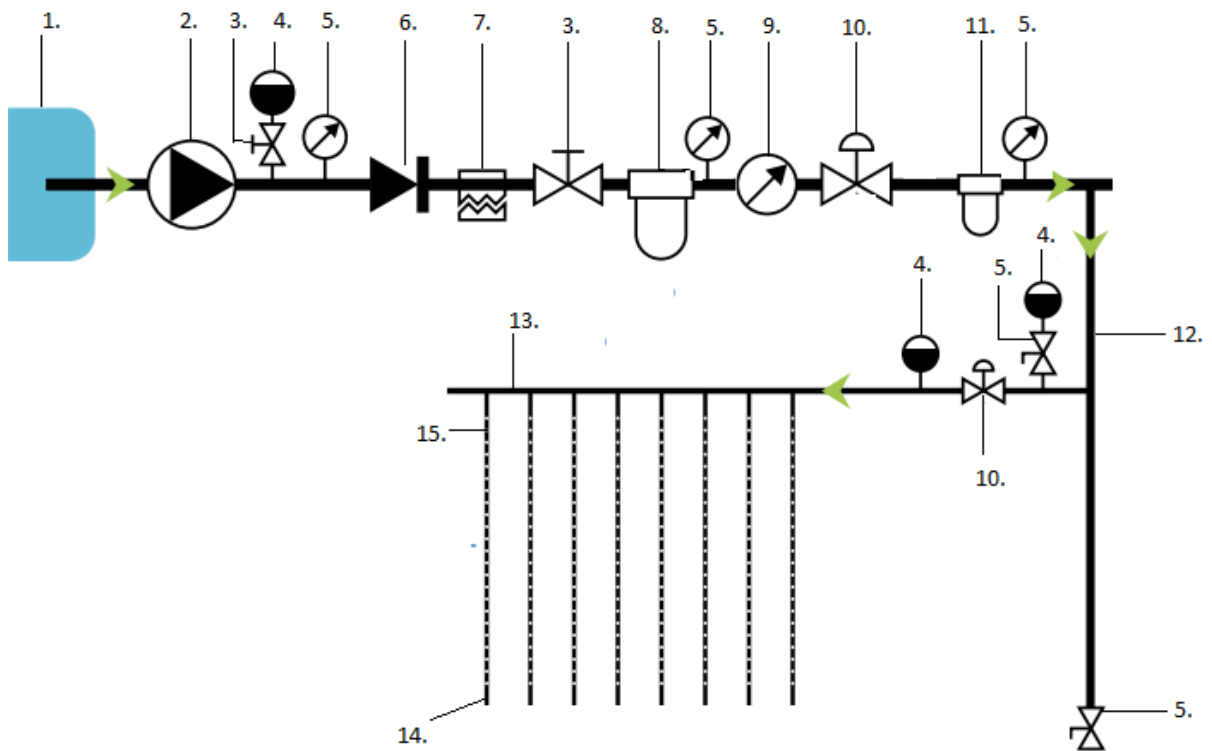


## PRILOGA A1: ZASNOVA NAMAKALNEGA SISTEMA



»Ta stran je namenoma prazna.«

PRILOGA B1: SHEMA ARMATURE NA NAMAKALNEM SISTEMU

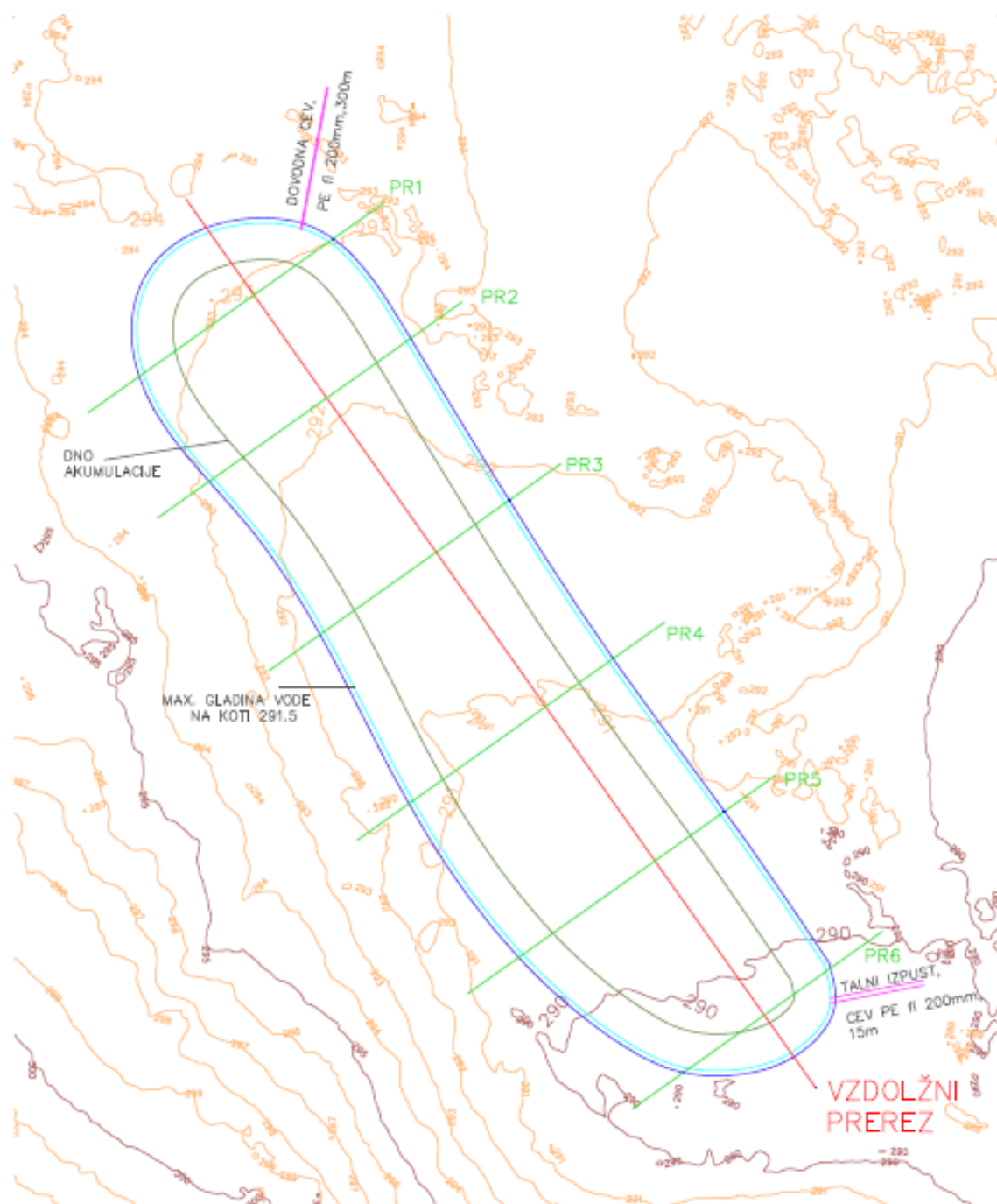


1. VODNI VIR	6. KONTROLNI NEPOVRATNI VENTIL	11. DISK FILTER
2. ČRPALIŠČE	7. BLAŽILEC VODNEGA UDARA	12. DOVODNA CEV
3. ZAPORNI VENTIL	8. PEŠČENI FILTER	13. RAZVODNA CEV
4. ODZRAČEVALNI VENTIL	9. VODOMER	14. NAMAKALNA LINIJA
5. MANOMETER	10. REGULACIJSKI VENTIL	15. KAPLIJAČ

»Ta stran je namenoma prazna.«

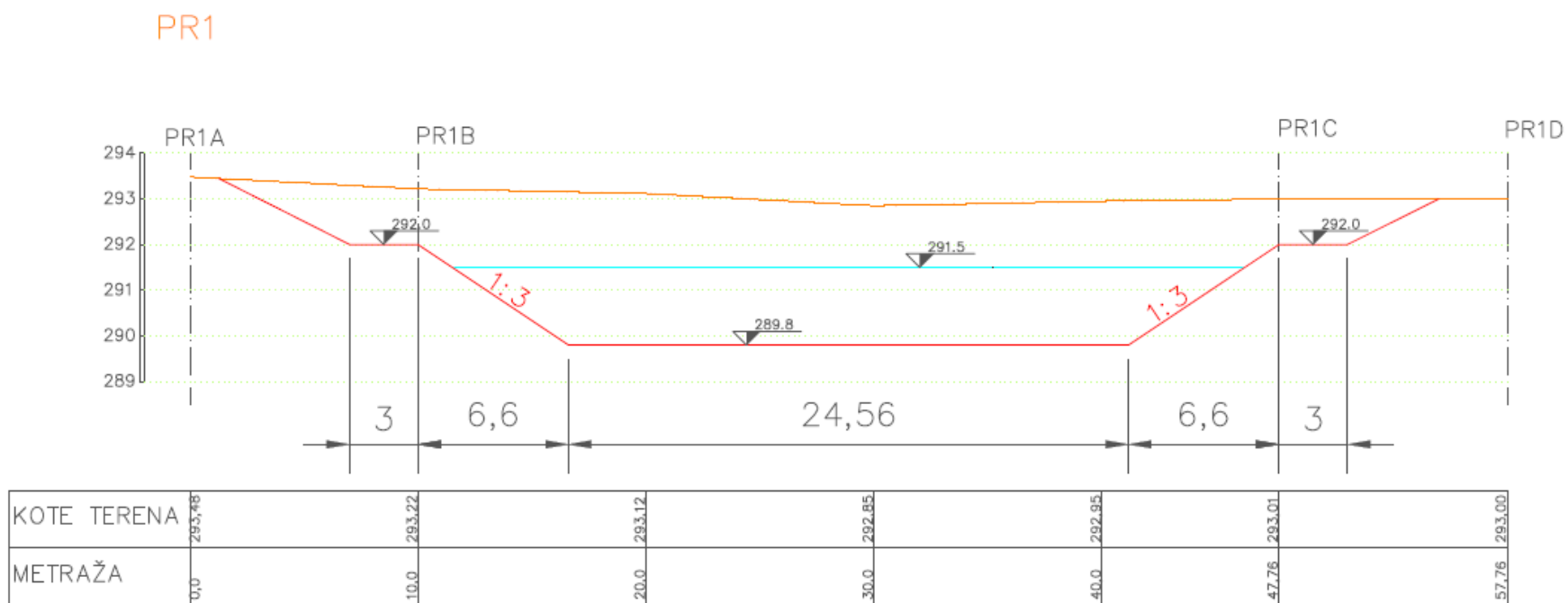


## PRILOGA C1: TLORIS AKUMULACIJE



»Ta stran je namenoma prazna.«

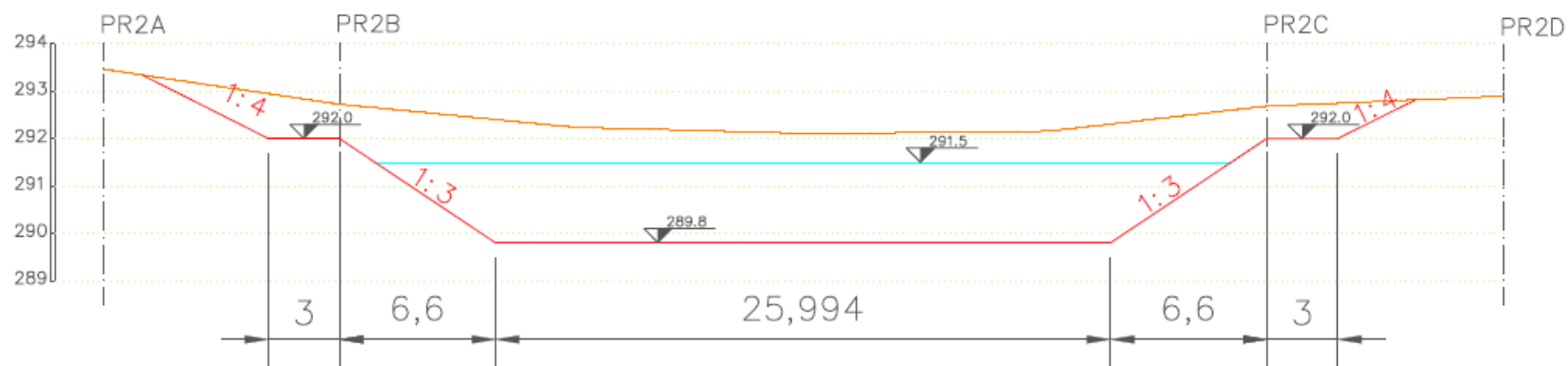
PRILOGA D1: PREČNI PREREZ AKUMULACIJE PR1



»Ta stran je namenoma prazna.«

PRILOGA D2: PREČNI PREREZ AKUMULACIJE PR2

PR2

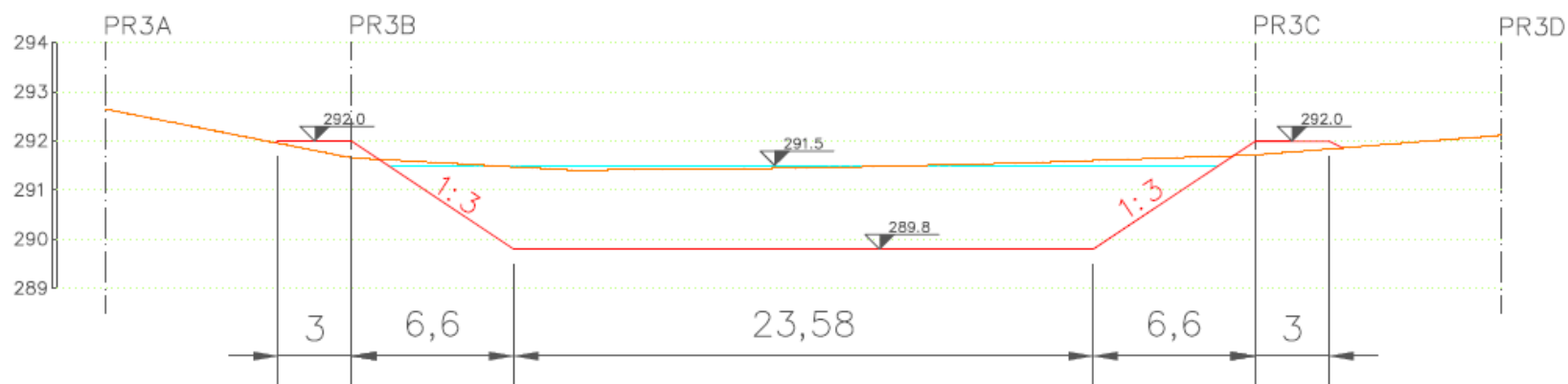


KOTE TERENA	293,47	292,73	292,24	292,11	292,16	292,69	292,9
METRAŽA	0,0	10,0	20,0	30,0	40,0	49,19	59,19

»Ta stran je namenoma prazna.«

PRILOGA D3: PREČNI PREREZ AKUMULACIJE PR3

PR3



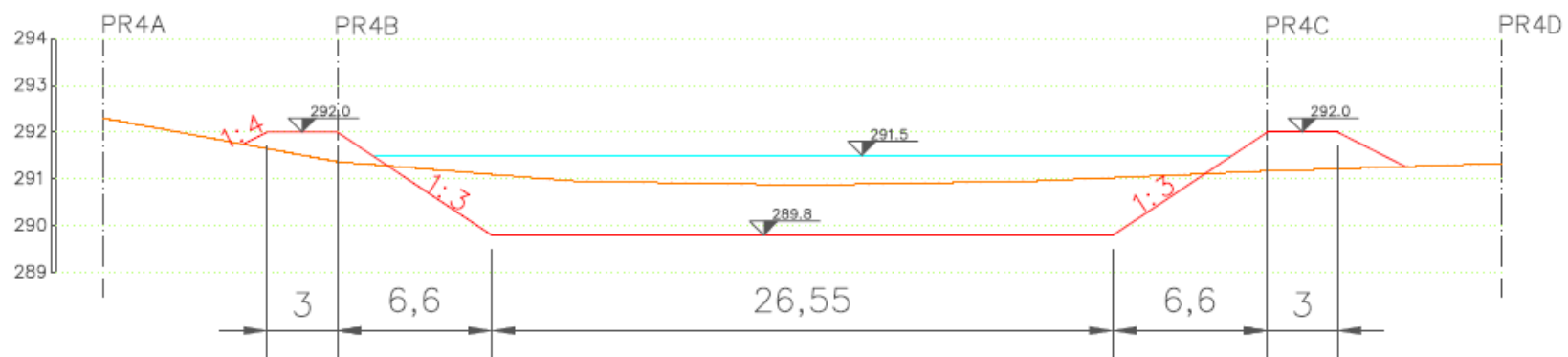
KOTE TERENA	297.65	291.66	291.41	291.45	291.55	291.72	292.12
METRAŽA	0.0	10.0	19.0	28.0	37.0	46.78	56.78

»Ta stran je namenoma prazna.«



PRILOGA D4: PREČNI PREREZ AKUMULACIJE PR4

PR4

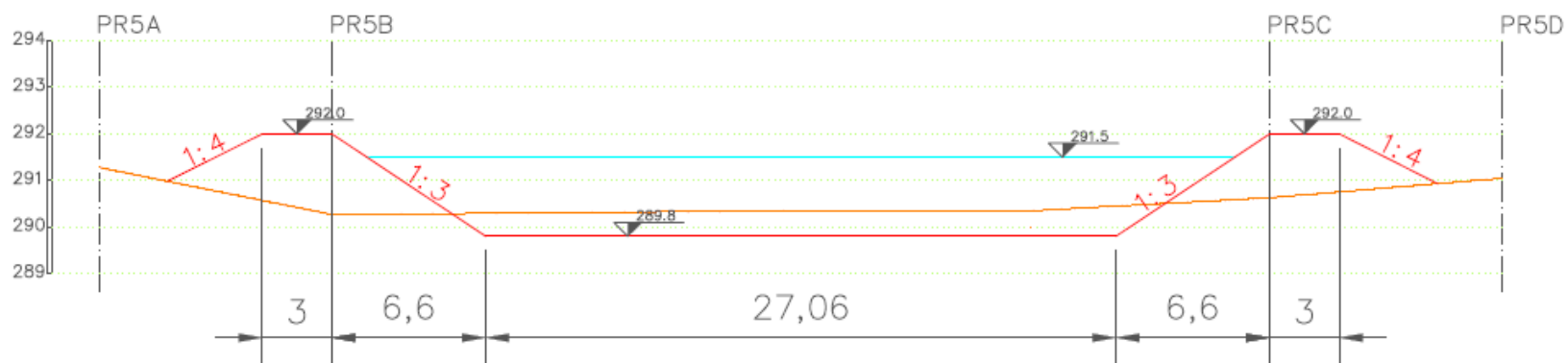


KOTE TERENA	292.30	291.37	290.96	290.87	290.97	291.17	291.33
METRAŽA	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	49.75	59.75

»Ta stran je namenoma prazna.«

PRILOGA D5: PREČNI PREREZ AKUMULACIJE PR5

PR5

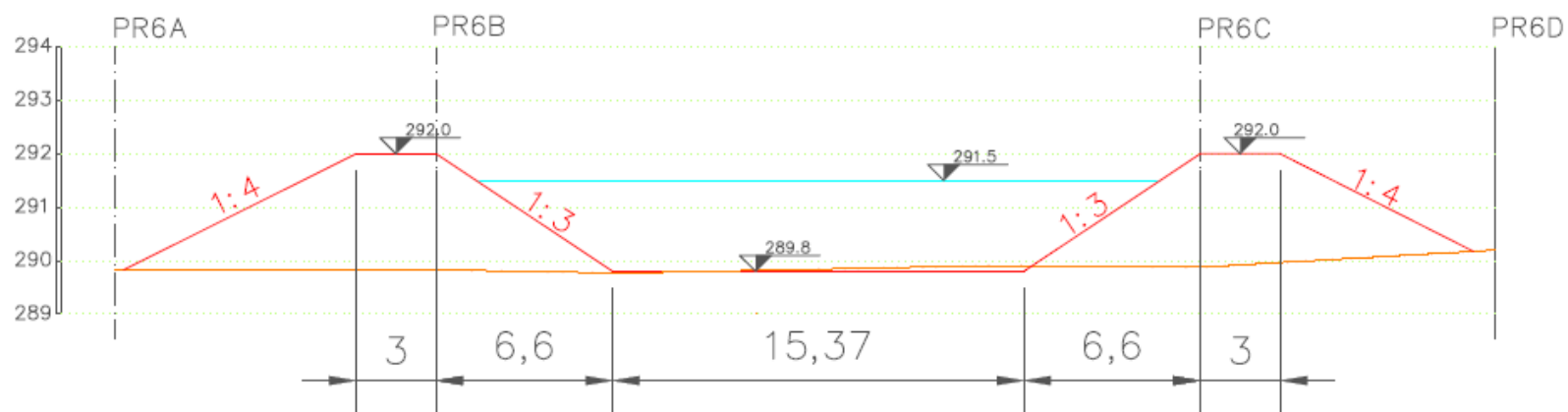


KOTE TERENA	291.28	290.28	290.31	290.35	290.35	290.63	291.05
METRAŽA	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.26	60.26

»Ta stran je namenoma prazna.«

PRILOGA D6: PREČNI PREREZ AKUMULACIJE PR6

PR6

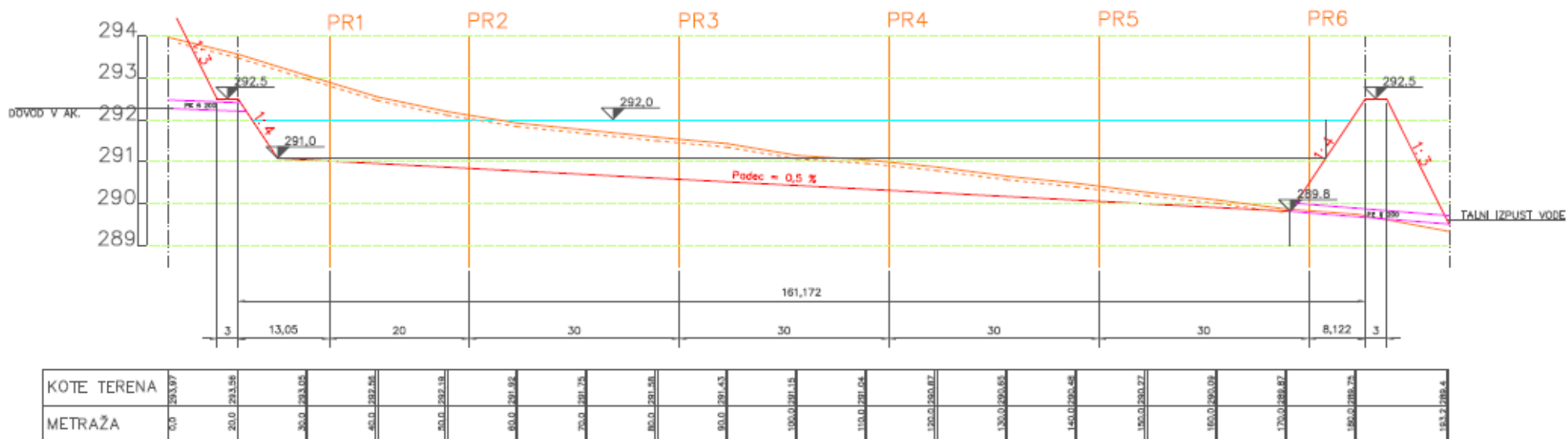


KOTE TERENA	293,48	293,22	293,12	292,85	292,95	293,01	293,00
METRAŽA	0,0	12,0	19,0	26,0	33,0	40,57	51,57

»Ta stran je namenoma prazna.«

PRILOGA E1: VZDOLŽNI PREREZ AKUMULACIJE

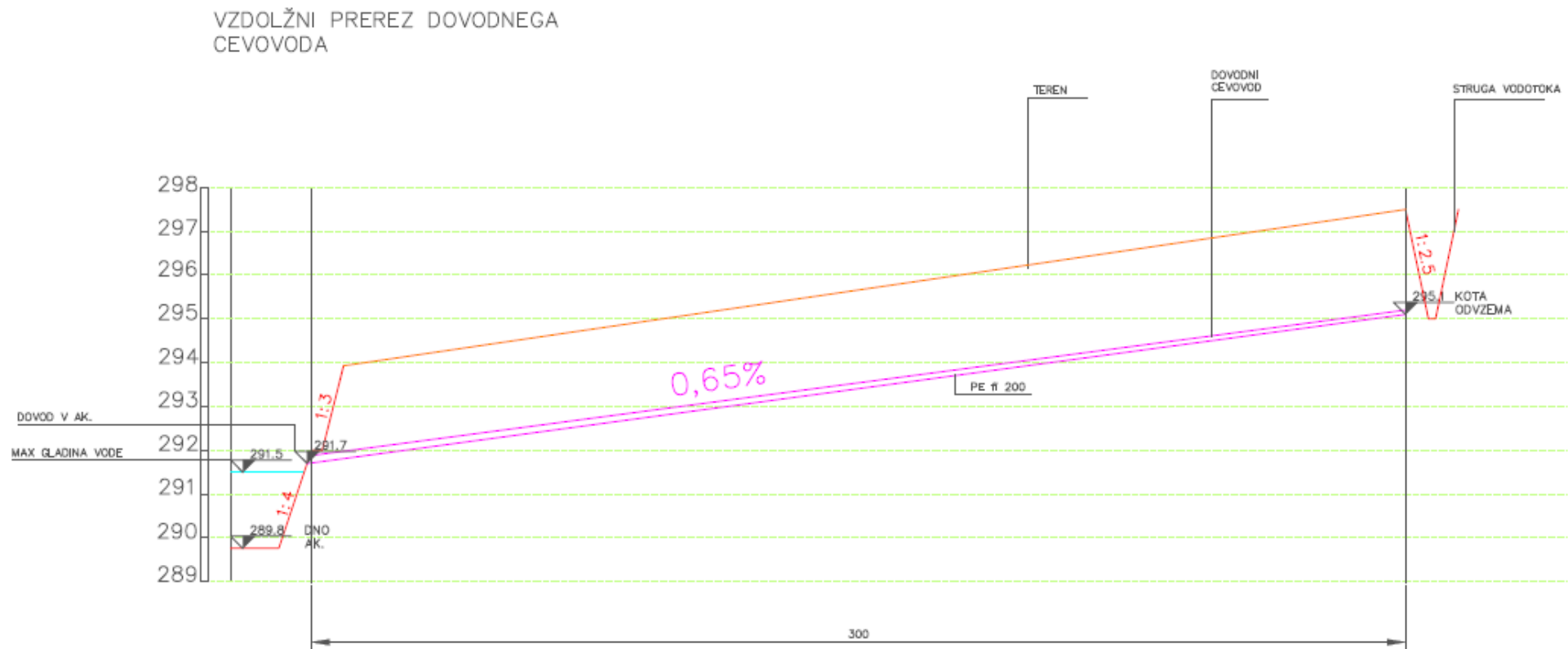
VZDOLŽNI PREREZ AKUMULACIJE



»Ta stran je namenoma prazna.«



## PRILOGA F1: VZDOLŽNI PREREZ DOVODNEGA CEVOVODA



»Ta stran je namenoma prazna.«

PRILOGA G1: URNIKI NAMAKANJA ZA JABLANE

Datum	Dan	Faza razvoja	Količina padavin [mm]	Etc [mm/dan]	nON [mm]	bNO [mm]	Deficit vode [mm]	Čas namakanja [h/dan]
1.apr	1	1. faza	0,0	1,3	0.0	0.0	1,3	0,00
2.apr	2	1. faza	0,0	1,3	0.0	0.0	2,5	0,00
3.apr	3	1. faza	11,2	1,3	0.0	0.0	1,3	0,00
4.apr	4	1. faza	0,0	1,3	0.0	0.0	2,5	0,00
5.apr	5	1. faza	0,0	1,3	0.0	0.0	3,8	0,00
6.apr	6	1. faza	0,0	1,3	0.0	0.0	5,0	0,00
7.apr	7	1. faza	11,2	1,3	0.0	0.0	1,3	0,00
8.apr	8	1. faza	0,0	1,3	0.0	0.0	2,5	0,00
9.apr	9	1. faza	0,0	1,3	0.0	0.0	3,8	0,00
10.apr	10	1. faza	0,0	1,3	0.0	0.0	5,0	0,00
11.apr	11	1. faza	0,0	1,4	0.0	0.0	6,4	0,00
12.apr	12	1. faza	0,0	1,4	0.0	0.0	7,7	0,00
13.apr	13	1. faza	11,2	1,4	0.0	0.0	1,4	0,00
14.apr	14	1. faza	0,0	1,4	0.0	0.0	2,7	0,00
15.apr	15	1. faza	0,0	1,4	0.0	0.0	4,1	0,00
16.apr	16	1. faza	0,0	1,4	0.0	0.0	5,5	0,00
17.apr	17	1. faza	11,2	1,4	0.0	0.0	1,4	0,00
18.apr	18	1. faza	0,0	1,4	0.0	0.0	2,7	0,00
19.apr	19	1. faza	0,0	1,4	0.0	0.0	4,1	0,00
20.apr	20	1. faza	0,0	1,4	0.0	0.0	5,5	0,00
21.apr	21	1. faza	0,0	1,5	0.0	0.0	7,0	0,00
22.apr	22	1. faza	0,0	1,5	0.0	0.0	8,5	0,00
23.apr	23	1. faza	12,6	1,5	0.0	0.0	1,5	0,00
24.apr	24	1. faza	0,0	1,5	0.0	0.0	3,0	0,00
25.apr	25	1. faza	0,0	1,5	0.0	0.0	4,5	0,00
26.apr	26	1. faza	0,0	1,5	0.0	0.0	6,0	0,00
27.apr	27	1. faza	12,6	1,5	0.0	0.0	1,5	0,00
28.apr	28	1. faza	0,0	1,5	0.0	0.0	3,0	0,00
29.apr	29	1. faza	0,0	1,5	0.0	0.0	4,5	0,00
30.apr	30	1. faza	0,0	1,5	0.0	0.0	6,0	0,00
1.maj	31	1. faza	0,0	1,6	0.0	0.0	7,6	0,00
2.maj	32	1. faza	0,0	1,6	0.0	0.0	9,2	0,00
3.maj	33	1. faza	13,1	1,6	0.0	0.0	1,6	0,00
4.maj	34	1. faza	0,0	1,6	0.0	0.0	3,2	0,00

se nadaljuje...

...nadaljevanje

5.maj	35	1. faza	0,0	1,6	0.0	0.0	4,9	0,00
6.maj	36	1. faza	0,0	1,6	0.0	0.0	6,5	0,00
7.maj	37	1. faza	13,1	1,6	0.0	0.0	1,6	0,00
8.maj	38	1. faza	0,0	1,6	0.0	0.0	3,2	0,00
9.maj	39	1. faza	0,0	1,6	0.0	0.0	4,9	0,00
10.maj	40	1. faza	0,0	1,6	0.0	0.0	6,5	0,00
11.maj	41	2. faza	0,0	2,0	0.0	0.0	8,5	0,00
12.maj	42	2. faza	0,0	2,0	0.0	0.0	10,5	0,00
13.maj	43	2. faza	13,8	2,0	0.0	0.0	2,0	0,00
14.maj	44	2. faza	0,0	2,0	0.0	0.0	4,1	0,00
15.maj	45	2. faza	0,0	2,0	0.0	0.0	6,1	0,00
16.maj	46	2. faza	0,0	2,0	0.0	0.0	8,1	0,00
17.maj	47	2. faza	13,8	2,0	0.0	0.0	2,0	0,00
18.maj	48	2. faza	0,0	2,0	0.0	0.0	4,1	0,00
19.maj	49	2. faza	0,0	2,0	0.0	0.0	6,1	0,00
20.maj	50	2. faza	0,0	2,0	0.0	0.0	8,1	0,00
21.maj	51	2. faza	0,0	2,7	0.0	0.0	10,8	0,00
22.maj	52	2. faza	0,0	2,7	0.0	0.0	13,4	0,00
23.maj	53	2. faza	18,2	2,7	0.0	0.0	2,7	0,00
24.maj	54	2. faza	0,0	2,7	0.0	0.0	5,3	0,00
25.maj	55	2. faza	0,0	2,7	0.0	0.0	8,0	0,00
26.maj	56	2. faza	0,0	2,7	0.0	0.0	10,6	0,00
27.maj	57	2. faza	18,2	2,7	0.0	0.0	2,7	0,00
28.maj	58	2. faza	0,0	2,7	0.0	0.0	5,3	0,00
29.maj	59	2. faza	0,0	2,7	0.0	0.0	8,0	0,00
30.maj	60	2. faza	0,0	2,7	0.0	0.0	10,6	0,00
31.maj	61	2. faza	0,0	2,7	0.0	0.0	13,1	0,00
1.jun	62	2. faza	0,0	3,3	16,60	23,80	0,0	10,96
2.jun	63	2. faza	0,0	3,3	0.0	0.0	3,3	0,00
3.jun	64	2. faza	24,9	3,3	0.0	0.0	3,3	0,00
4.jun	65	2. faza	0,0	3,3	0.0	0.0	6,7	0,00
5.jun	66	2. faza	0,0	3,3	0.0	0.0	10,0	0,00
6.jun	67	2. faza	0,0	3,3	0.0	0.0	13,3	0,00
7.jun	68	2. faza	24,9	3,3	0.0	0.0	3,3	0,00
8.jun	69	2. faza	0,0	3,3	0.0	0.0	6,7	0,00
9.jun	70	2. faza	0,0	3,3	0.0	0.0	10,0	0,00
10.jun	71	2. faza	0,0	3,3	0.0	0.0	13,3	0,00
11.jun	72	3. faza	0,0	3,7	17,10	24,40	0,0	11,24
12.jun	73	3. faza	0,0	3,7	0.0	0.0	3,7	0,00
13.jun	74	3. faza	29,9	3,7	0.0	0.0	3,7	0,00

se nadaljuje...

...nadaljevanje

14.jun	75	3. faza	0,0	3,7	0,0	0,0	7,4	0,00
15.jun	76	3. faza	0,0	3,7	0,0	0,0	11,1	0,00
16.jun	77	3. faza	0,0	3,7	0,0	0,0	14,8	0,00
17.jun	78	3. faza	29,9	3,7	0,0	0,0	3,7	0,00
18.jun	79	3. faza	0,0	3,7	0,0	0,0	7,4	0,00
19.jun	80	3. faza	0,0	3,7	0,0	0,0	11,1	0,00
20.jun	81	3. faza	0,0	3,7	0,0	0,0	14,8	0,00
21.jun	82	3. faza	0,0	3,8	18,70	26,70	0,0	12,30
22.jun	83	3. faza	0,0	3,8	0,0	0,0	3,8	0,00
23.jun	84	3. faza	26,1	3,8	0,0	0,0	3,8	0,00
24.jun	85	3. faza	0,0	3,8	0,0	0,0	7,7	0,00
25.jun	86	3. faza	0,0	3,8	0,0	0,0	11,5	0,00
26.jun	87	3. faza	0,0	3,8	0,0	0,0	15,4	0,00
27.jun	88	3. faza	26,1	3,8	0,0	0,0	3,8	0,00
28.jun	89	3. faza	0,0	3,8	0,0	0,0	7,7	0,00
29.jun	90	3. faza	0,0	3,8	0,0	0,0	11,5	0,00
30.jun	91	3. faza	0,0	3,8	0,0	0,0	15,4	0,00
1.jul	92	3. faza	0,0	4,0	19,30	27,60	0,0	12,71
2.jul	93	3. faza	0,0	4,0	0,0	0,0	4,0	0,00
3.jul	94	3. faza	20,5	4,0	0,0	0,0	4,0	0,00
4.jul	95	3. faza	0,0	4,0	0,0	0,0	8,0	0,00
5.jul	96	3. faza	0,0	4,0	0,0	0,0	11,9	0,00
6.jul	97	3. faza	0,0	4,0	0,0	0,0	15,9	0,00
7.jul	98	3. faza	20,5	4,0	0,0	0,0	4,0	0,00
8.jul	99	3. faza	0,0	4,0	0,0	0,0	8,0	0,00
9.jul	100	3. faza	0,0	4,0	0,0	0,0	11,9	0,00
10.jul	101	3. faza	0,0	4,0	0,0	0,0	15,9	0,00
11.jul	102	3. faza	0,0	4,1	20,0	28,60	0,0	13,17
12.jul	103	3. faza	0,0	4,1	0,0	0,0	4,1	0,00
13.jul	104	3. faza	17,2	4,1	0,0	0,0	4,1	0,00
14.jul	105	3. faza	0,0	4,1	0,0	0,0	8,2	0,00
15.jul	106	3. faza	0,0	4,1	0,0	0,0	12,3	0,00
16.jul	107	3. faza	0,0	4,1	0,0	0,0	16,4	0,00
17.jul	108	3. faza	17,2	4,1	0,0	0,0	4,1	0,00
18.jul	109	3. faza	0,0	4,1	0,0	0,0	8,2	0,00
19.jul	110	3. faza	0,0	4,1	0,0	0,0	12,3	0,00
20.jul	111	3. faza	0,0	4,1	0,0	0,0	16,4	0,00
21.jul	112	3. faza	0,0	4,1	20,50	29,30	0,0	13,50
22.jul	113	3. faza	0,0	4,1	0,0	0,0	4,1	0,00
23.jul	114	3. faza	18,4	4,1	0,0	0,0	4,1	0,00

se nadaljuje...

...nadaljevanje

24.jul	115	3. faza	0,0	4,1	0.0	0.0	8,2	0,00
25.jul	116	3. faza	0,0	4,1	0.0	0.0	12,2	0,00
26.jul	117	3. faza	0,0	4,1	0.0	0.0	16,3	0,00
27.jul	118	3. faza	18,4	4,1	0.0	0.0	4,1	0,00
28.jul	119	3. faza	0,0	4,1	0.0	0.0	8,2	0,00
29.jul	120	3. faza	0,0	4,1	0.0	0.0	12,2	0,00
30.jul	121	3. faza	0,0	4,1	0.0	0.0	16,3	0,00
31.jul	122	3. faza	0,0	4,1	20,40	29,10	0,0	13,40
1.avg	123	3. faza	0,0	4,0	0.0	0.0	4,0	0,00
2.avg	124	3. faza	0,0	4,0	0.0	0.0	8,1	0,00
3.avg	125	3. faza	20,3	4,0	0.0	0.0	4,0	0,00
4.avg	126	3. faza	0,0	4,0	0.0	0.0	8,1	0,00
5.avg	127	3. faza	0,0	4,0	0.0	0.0	12,1	0,00
6.avg	128	3. faza	0,0	4,0	0.0	0.0	16,2	0,00
7.avg	129	3. faza	20,3	4,0	0.0	0.0	4,0	0,00
8.avg	130	3. faza	0,0	4,0	0.0	0.0	8,1	0,00
9.avg	131	3. faza	0,0	4,0	0.0	0.0	12,1	0,00
10.avg	132	3. faza	0,0	4,0	0.0	0.0	16,2	0,00
11.avg	133	3. faza	0,0	4,0	20,20	28,80	0,0	13,27
12.avg	134	3. faza	0,0	4,0	0.0	0.0	4,0	0,00
13.avg	135	3. faza	21,1	4,0	0.0	0.0	4,0	0,00
14.avg	136	3. faza	0,0	4,0	0.0	0.0	8,0	0,00
15.avg	137	3. faza	0,0	4,0	0.0	0.0	12,0	0,00
16.avg	138	3. faza	0,0	4,0	0.0	0.0	16,0	0,00
17.avg	139	3. faza	21,1	4,0	0.0	0.0	4,0	0,00
18.avg	140	3. faza	0,0	4,0	0.0	0.0	8,0	0,00
19.avg	141	3. faza	0,0	4,0	0.0	0.0	12,0	0,00
20.avg	142	3. faza	0,0	4,0	0.0	0.0	16,0	0,00
21.avg	143	3. faza	0,0	3,7	19,80	28,20	0,0	12,99
22.avg	144	3. faza	0,0	3,7	0.0	0.0	3,7	0,00
23.avg	145	3. faza	21,0	3,7	0.0	0.0	3,7	0,00
24.avg	146	3. faza	0,0	3,7	0.0	0.0	7,4	0,00
25.avg	147	3. faza	0,0	3,7	0.0	0.0	11,1	0,00
26.avg	148	3. faza	0,0	3,7	0.0	0.0	14,9	0,00
27.avg	149	3. faza	21,0	3,7	0.0	0.0	3,7	0,00
28.avg	150	3. faza	0,0	3,7	0.0	0.0	7,4	0,00
29.avg	151	3. faza	0,0	3,7	0.0	0.0	11,1	0,00
30.avg	152	3. faza	0,0	3,7	0.0	0.0	14,9	0,00
31.avg	153	3. faza	0,0	3,7	18,60	26,50	0,0	12,21
1.sep	154	3. faza	0,0	3,4	0.0	0.0	3,4	0,00

se nadaljuje...

...nadaljevanje

2.sep	155	3. faza	0,0	3,4	0.0	0.0	6,8	0,00
3.sep	156	3. faza	21,1	3,4	0.0	0.0	3,4	0,00
4.sep	157	3. faza	0,0	3,4	0.0	0.0	6,8	0,00
5.sep	158	3. faza	0,0	3,4	0.0	0.0	10,3	0,00
6.sep	159	3. faza	0,0	3,4	0.0	0.0	13,7	0,00
7.sep	160	3. faza	21,1	3,4	0.0	0.0	3,4	0,00
8.sep	161	3. faza	0,0	3,4	0.0	0.0	6,8	0,00
9.sep	162	3. faza	0,0	3,4	0.0	0.0	10,3	0,00
10.sep	163	3. faza	0,0	3,4	0.0	0.0	13,7	0,00
11.sep	164	4. faza	0,0	2,9	16,60	23,70	0,0	10,92
12.sep	165	4. faza	0,0	2,9	0.0	0.0	2,9	0,00
13.sep	166	4. faza	21,3	2,9	0.0	0.0	2,9	0,00
14.sep	167	4. faza	0,0	2,9	0.0	0.0	5,8	0,00
15.sep	168	4. faza	0,0	2,9	0.0	0.0	8,7	0,00
16.sep	169	4. faza	0,0	2,9	0.0	0.0	11,6	0,00
17.sep	170	4. faza	21,3	2,9	0.0	0.0	2,9	0,00
18.sep	171	4. faza	0,0	2,9	0.0	0.0	5,8	0,00
19.sep	172	4. faza	0,0	2,9	0.0	0.0	8,7	0,00
20.sep	173	4. faza	0,0	2,9	0.0	0.0	11,6	0,00
21.sep	174	4. faza	0,0	2,3	0.0	0.0	13,8	0,00
22.sep	175	4. faza	0,0	2,3	0.0	0.0	16,1	0,00
23.sep	176	4. faza	20,0	2,3	0.0	0.0	2,3	0,00
24.sep	177	4. faza	0,0	2,3	0.0	0.0	4,5	0,00
25.sep	178	4. faza	0,0	2,3	0.0	0.0	6,8	0,00
26.sep	179	4. faza	0,0	2,3	0.0	0.0	9,0	0,00
27.sep	180	4. faza	20,0	2,3	0.0	0.0	2,3	0,00
28.sep	181	4. faza	0,0	2,3	0.0	0.0	4,5	0,00
29.sep	182	4. faza	0,0	2,3	0.0	0.0	6,8	0,00
30.sep	183	4. faza	0,0	2,3	0.0	0.0	9,0	0,00
1.okt	184	4. faza	0,0	1,7	0.0	0.0	10,7	0,00
2.okt	185	4. faza	0,0	1,7	0.0	0.0	12,4	0,00
3.okt	186	4. faza	18,6	1,7	0.0	0.0	1,7	0,00
4.okt	187	4. faza	0,0	1,7	0.0	0.0	3,4	0,00
5.okt	188	4. faza	0,0	1,7	0.0	0.0	5,0	0,00
6.okt	189	4. faza	0,0	1,7	0.0	0.0	6,7	0,00
7.okt	190	4. faza	18,6	1,7	0.0	0.0	1,7	0,00
8.okt	191	4. faza	0,0	1,7	0.0	0.0	3,4	0,00
9.okt	192	4. faza	0,0	1,7	0.0	0.0	5,0	0,00
10.okt	Konec	4. faza	0,0	1,7				