

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 izvorna različica zaključnega dela.

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

Gačnik, N., 2015. Tehnične in tehnološke osnove za zasnovanje malega namakalnega sistema. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Šraj, M., somentorica Pintar, M.): 98 str.

Datum arhiviranja: 22-07-2015

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:

Gačnik, N., 2015. Tehnične in tehnološke osnove za zasnovanje malega namakalnega sistema. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Šraj, M., co-supervisor Pintar, M.): 98 p.

Archiving Date: 22-07-2015

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:

**NEJC GAČNIK**

**TEHNIČNE IN TEHNOLOŠKE OSNOVE ZA ZASNOVO  
MALEGA NAMAKALNEGA SISTEMA**

Diplomska naloga št.: 264/VKI

**TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL BASES FOR THE  
DESIGN OF SMALL-SCALE IRRIGATION SYSTEM**

Graduation thesis No.: 264/VKI

**Mentorica:**  
doc. dr. Mojca Šraj

**Predsednik komisije:**  
izr. prof. dr. Dušan Žagar

**Somentorica:**  
Marina Pintar

Ljubljana, 14. 07. 2015

## **STRAN ZA POPRAVKE, ERATTA**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

**IZJAVE**

Podpisani Nejc Gačnik izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »Tehnične in tehnološke osnove za zasnovano malega namakalnega sistema«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 24. 06. 2015

Nejc Gačnik

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

<b>UDK:</b>	<b>626.81/.84:627.82(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Nejc Gačnik</b>
<b>Mentor:</b>	<b>doc. dr. Mojca Šraj</b>
<b>Somentor:</b>	<b>prof. dr. Marina Pintar</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Tehnične in tehnološke osnove za zasnovanje malega namakalnega sistema</b>
<b>Tip dokumenta:</b>	<b>Diplomska naloga – univerzitetni študij</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>98 str., 33 pregl., 38 sl., 44 en., 10 pril.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>namakalni sistem, kapljači, namakalne linije, cevi, armatura, črpalka, filtri, delovni tlaki, delovni pretoki, zakonodaja, dovoljenja</b>

### **Izvleček**

V Sloveniji zaradi relativno velike količine padavin, namakanje spada med dopolnilni ukrep, ki omogoča količinsko in kakovostno stabilno rastlinsko pridelavo. Zaradi državnih programov učinkovitejše porabe vode, imajo prednost kapljični namakalni sistemi. Pri slednjih, voda potuje od črpališča po omrežju namakalnega sistema neposredno do korenin rastlin. Jedro kapljičnih namakalnih sistemov so namakalne linije (cevi) s kapljači, skozi katere voda počasi prehaja k rastlinam. Zasnova namakalnega sistema zahteva znanja s področja vodarstva, hidravlike, agronomije in drugih sorodnih ved.

V nalogi so podane tehnične in tehnološke osnove za zasnovanje kapljičnega namakalnega sistema ter zakonodaja in potrebna dovoljenja za mali namakalni sistem. Za obravnavano območje njivskih površin je bil na podlagi zbranih informacij, vhodnih podatkov in podlag, zasnovan namakalni sistem. Podane so analize izdatnosti vodnega vira, hidravlični izračuni omrežja cevovodov in pripadajočih elementov ter opisani kriteriji pri izbiri posameznih elementov namakalnega sistema. Poleg zasnove so obravnavane tudi potrebe po vodi za rastline, ki bodo sejane prvo rastno sezono. Izračuni in indikativni urniki so bili izdelani s pomočjo programa CROPWAT 8.0.

**BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

<b>UDC:</b>	<b>626.81/.84:627.82(043.2)</b>
<b>Author:</b>	<b>Nejc Gačnik</b>
<b>Supervisor:</b>	<b>Assist. Prof. Mojca Šraj, Ph.D.</b>
<b>Co-advisor:</b>	<b>Prof. Marina Pintar, Ph.D.</b>
<b>Title:</b>	<b>Technical and technological bases for the design of small-scale irrigation system</b>
<b>Document type:</b>	<b>Graduation Thesis – University studies</b>
<b>Notes:</b>	<b>98 p., 33 tab., 38 fig., 44 eq., 10 ann.</b>
<b>Keywords:</b>	<b>irrigation system, drippers, dripperlines, pipes, valves, pump, filters, working pressure, working discharges, legislation, permits</b>

**Abstract**

Due to the relatively high amount of rainfall, irrigation is one complementary measure that enables quantitative and qualitative, stable crop production in Slovenia. Government programs suggest more efficient water use and this is the advantage that drip irrigation systems have. In the latter, the water travels from the pumping station through a pipe network directly to the roots of plants. The core of the drip irrigation systems are laterals (pipes) with installed drippers, through which, the water passes slowly to plants. The design of the irrigation system requires knowledge of water management, hydraulics, agronomy and related sciences.

This thesis describes technical and technological basis for the design of drip irrigation system, legislation and the necessary permits for small-scale irrigation system. For considered arable land, irrigation system has been designed. All needed information, input data and bases have been collected. Analyses of water resource abundance and hydraulic calculations of network pipelines and associated elements were made and criteria for the selection of individual elements of the irrigation system are described. In addition to the design, crop water requirements for the first growing season are calculated. Calculations and indicative timetables were implemented with CROPWAT 8.0 software.

## **ZAHVALA**

Iskreno se zahvaljujem mentorici doc. dr. Mojci Šraj in somentorici prof. dr. Marini Pintar za strokovno pomoč in koristne nasvete pri izdelavi diplomske naloge.

Za pomoč in nasvete se zahvaljujem še Rozaliji Cvejić, Aleksandru Kuzmi, Igorju Ritonji, Luki Švajgerju, Bojanu Jakliču, Ani Bahor, Mitji Golobiču in Anji Vihar.

Zahvalil bi se tudi svoji družini in prijateljem za spodbudo in podporo v času študija.

**KAZALO VSEBINE**

<b>STRAN ZA POPRAVKE, ERATTA .....</b>	<b>I</b>
<b>IZJAVE .....</b>	<b>II</b>
<b>BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK .....</b>	<b>III</b>
<b>BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT .....</b>	<b>IV</b>
<b>ZAHVALA .....</b>	<b>V</b>
<b>KAZALO VSEBINE .....</b>	<b>VI</b>
<b>KAZALO PREGLEDNIC .....</b>	<b>X</b>
<b>KAZALO SLIK .....</b>	<b>XII</b>
<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2 TEORETIČNA IZHODIŠČA .....</b>	<b>3</b>
2.1 Tla.....	3
2.1.1 Fizikalne lastnosti tal .....	3
2.1.2 Kemijske lastnosti tal.....	4
2.1.3 Tla in njihova sposobnost zadrževanja vode .....	5
2.2 Rastline .....	6
2.2.1 Rast rastlin in namakanje.....	7
2.2.2 Globina koreninskega sistema in vzorci črpanja vode.....	7
2.2.3 Vodna bilanca tal in potrebe rastlin po vodi.....	8
2.3 Zakonske podlage .....	10
2.3.1 Zakon o kmetijskih zemljiščih (ZKZ) .....	10
2.3.2 Zakon o urejanju prostora (ZUreP-1) .....	11
2.3.3 Zakon o graditvi objektov (ZGO-1) .....	11
2.3.4 Zakon o varstvu okolja (ZVO) .....	11
2.3.5 Zakon o vodah (ZV-1).....	11
2.3.6 Uredba o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka .....	12
2.3.7 Uredba o načrtu upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja.....	12
2.3.8 Uredba o posegih v okolje, za katere je treba izvesti presojo vplivov na okolje.....	12



2.3.9 Uredba o mejnih vrednosti vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla .....	12
2.3.10 Uredba o vodnih povračilih .....	13
2.3.11 Dovoljenja in soglasja pri gradnji malega namakalnega sistema .....	13
2.3.11.1 Odločba o uvedbi namakalnega sistema .....	14
2.3.11.2 Vodno dovoljenje oz. vodna pravica .....	14
2.3.11.3 Gradbeno dovoljenje .....	15
2.4 Kapljični namakalni sistemi .....	16
2.4.1 Prednosti in slabosti kapljičnih namakalnih sistemov .....	17
2.5 Glavni elementi kapljičnega namakalnega sistema ter njihova izbira .....	18
2.5.1 Zaporedje inštalacije elementov namakalnega sistema in potrebna armatura .....	20
2.5.2 Kakovost vodnega vira .....	20
2.5.3 Vodna črpalka .....	21
2.5.4 Filtracija .....	24
2.5.5 Glavne, sekundarne (dovodne) in razvodne cevi .....	28
2.5.6 Vodomeri in manometri .....	29
2.5.7 Ventili .....	30
2.5.8 Dozirna enota .....	30
2.5.9 Namakalne linije in kapljači .....	31
2.5.10 Tenziometer .....	35
2.6 Načrtovanje NS in namakalni parametri .....	35
2.6.1 Norma namakanja .....	38
2.6.2 Obrok namakanja .....	39
2.6.3 Začetek namakanja .....	39
2.6.4 Čas namakanja .....	40
2.6.5 Turnus namakanja .....	40
2.6.6 Hidromodul namakanja .....	40
2.6.7 Število namakanj .....	41
2.7 Hidravlični izračuni .....	41
2.7.1 Linijske izgube .....	42

2.7.1.1 Linijske izgube v ceveh z več iztoki .....	44
2.7.2 Lokalne izgube .....	44
2.7.3 Energijske izgube v namakalnih linijah zaradi inštaliranih kapljačev .....	45
2.7.3. Filtracija.....	46
2.7.4 Višina sesanja, črpanja in moč črpalke.....	46
2.7.5 Kapljači.....	48
2.7.6 Namakalne linije.....	48
2.8 Analiza potenciala vodnega vira za namakanje iz površinskega vodotoka .....	50
2.8.1 Krivulja trajanja pretoka .....	51
2.8.2 Izračun ekološko sprejemljivega pretoka .....	52
2.8.3 Bilanca razpoložljivih in potrebnih vodnih količin za namakanje pri površinskih vodotokih – analiza potrebe po akumulaciji .....	53
2.8.4 Izračun verjetne potencialne evapotranspiracije z metodo kvantilov .....	54
2.9 CROPWAT 8.0.....	54
2.9.1 Klimatski modul/ $ET_0$ .....	56
2.9.2 Padavinski modul .....	56
2.9.3 Modul rastlin .....	56
2.9.4 Modul tal .....	57
2.9.5 Modul potreb rastlin po vodi .....	57
2.9.6 Modul urnikov namakanja.....	57
<b>3 VHODNI PODATKI IN OBRAVNAVANO OBMOČJE.....</b>	<b>58</b>
3.1 Njivske površine .....	59
3.2 Vodni vir.....	60
3.3 Klima in padavine.....	61
3.4 Evapotranspiracija .....	63
3.5 Rastline .....	63
3.6 Tla.....	65
<b>4 ZASNOVA NAMAKALNEGA SISTEMA .....</b>	<b>66</b>
4.1 Analiza izdatnosti vodnega vira .....	66

4.1.1 Izračun ekološko sprejemljivega pretoka ( $Q_{es}$ ) na odvzemnem mestu .....	66
4.1.2 Bilanca razpoložljivih in potrebnih vodnih količin za namakanje .....	68
4.2 Maksimalne dnevne potrebe po vodi.....	69
4.3 Kapljači in namakalne linije.....	70
4.4 Razvodne cevi .....	75
4.5 Dovodne cevi .....	78
4.6 Filtracija .....	79
4.7 Ventili in merilniki .....	80
4.9 Črpališče.....	82
5.0 Dozirna enota (opcijsko) .....	85
<b>5 NAMAKALNI PARAMETRI IN URNIKI NAMAKANJA .....</b>	<b>86</b>
<b>6 ZAKLJUČKI .....</b>	<b>89</b>
<b>7 VIRI.....</b>	<b>91</b>

**KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Faktorji, ki povzročajo mašenje kapljačev (povzeto po Ross et al. 1997).....	21
Preglednica 2: Koncentracija posameznih snovi v vodi in potrebna obdelava (prirejeno po NETAFIM, 2014a).....	25
Preglednica 3: Pretvorba med mikrometri in t.i. velikostjo mreže (NETAFIM, 2014a).....	27
Preglednica 4: Potrebna obravnava in primerjava različnih tipov filtrov pri izbiri (NETAFIM, 2014a).....	27
Preglednica 5: Koeficient hrapavosti $C$ za različne materiale cevi (Stropnik, 2006).....	43
Preglednica 6: Vrednosti Christiansenovega faktorja $F$ za različna števila iztokov iz cevi (Lamm et al., 2007).....	44
Preglednica 7: Vrednosti koeficienta lokalnih izgub za različne elemente sistema (Lamm et al., 2007).....	45
Preglednica 8: Vrednosti faktorja $f$ za izračun ekološko sprejemljivega pretoka pri nepovratnem odvzemu (Vir: Ur. l. RS, št. 97/2009).....	53
Preglednica 9: Vhodni klimatski podatki in padavine (ARSO, 2015b).....	62
Preglednica 10: Maksimalne dnevne vrednosti $ET_0$ za posamezen mesec, za obdobje 10 let (2005 – 2014), prikazane v naraščajočem zaporedju (ARSO, 2015c).....	63
Preglednica 11: Najvišji faktorji rastlin $k_c$ za posamezen mesec (Pintar, 2006).....	64
Preglednica 12: Podatki za obravnavana tla, podani na podlagi PK25 (Atlas okolja, 2015; eTLA, 2015).....	65
Preglednica 13: 10 dnevni minimalni pretoki s povratno dobo 10 let, za posamezen mesec, na mestu odvzema.....	68
Preglednica 14 : Rezultati izračuna 90 % verjetne $ET_c$ za izbrane rastline.....	70
Preglednica 15: Tehnični podatki o izbranih kapljačih (NETAFIM, 2015a).....	72
Preglednica 16: Tehnični podatki o izbranih namakalnih linijah (NETAFIM, 2015a).....	72
Preglednica 17: Rezultati izračunov hidravličnih parametrov namakalnih linij.....	74
Preglednica 18: Tehnični podatki za izbrano cev FLATNET (NETAFIM, 2014b).....	76
Preglednica 19: Delovni tlaki, ki jih je potrebno zagotoviti na začetku razvodnih cevi.....	78
Preglednica 20: Tehnični podatki za izbrano cev PE 80 (NETAFIM, 2013).....	78
Preglednica 21: Tehnične lastnosti peščenega filtra (NETAFIM, 2015c).....	79
Preglednica 22: Tehnične lastnosti disk filtra Arkal (NETAFIM, 2015c).....	80
Preglednica 24: Lokalne energijske izgube zaradi ventilov in merilnikov.....	81
Preglednica 25: Potrebna višina črpanja pri namakanju.....	83
Preglednica 26: Potrebna višina črpanja pri spiranju.....	83
Preglednica 27: Potrebna višina črpanja pri povratnem spiranju peščenega filtra.....	83

Preglednica 28: Zmogljivosti izbranih modelov črpalk 15HM04 (Lowara 2015a) in 32-250 (opcijsko) (Lowara 2015b).....	84
Preglednica 29: Maksimalna dovoljena višina sesanja črpalk .....	85
Preglednica 30: Odstotki površin sejanih z določeno rastlino po posameznih mesecih ter datum sejanja in spravila.....	86
Preglednica 31: Minimalni, povprečni in maksimalni parametri namakanja.....	87
Preglednica 32: Potrebne bruto količine dodane vode z namakanjem za leto s povprečnimi padavinami .....	87
Preglednica 33: Povzete vrednosti nekaterih parametrov za celo sezono iz indikativnih urnikov namakanja .....	88

**KAZALO SLIK**

Slika 1: Oblike, sila vezave in zmožnost črpanja vode iz tal za rastline (Pintar, 2003) .....	6
Slika 2: Faktor rastline v odvisnosti od faze rasti (Cesar in Šraj, 2012).....	9
Slika 3: Elementi kapljičnega namakalnega sistema - prvič (prirejeno po NETAFIM, 2014a) .....	18
Slika 4: Elementi kapljičnega namakalnega sistema - drugič (prirejeno po NETAFIM, 2014a) .....	19
Slika 5: Črpalke (Tipi črpalk, 2015).....	22
Slika 6: Višina sesanja in linijske izgube pri črpanju (prirejeno po NETAFIM, 2014a).....	23
Slika 7: Črpalna krivulja (prirejeno po NETAFIM, 2014a) .....	24
Slika 8: Vrste filtrov, ki se uporabljajo pri namakalnih sistemih (Filtration Systems, 2015).....	26
Slika 9: Vodomer (Vodomery, 2015) in manometer (Manometrs, 2015) .....	29
Slika 10: Venturi injektor z dodatno črpalko ter rezervoar za hranila (NETAFIM, 2014a).....	31
Slika 11: Kapljač pričvrščen na NL (Bombayharbor, 2009) in različni vgrajeni kapljači (DRTS, 2006) .....	32
Slika 12: Vzorec vlaženja lahkih peščenih (A) in težkih glinastih tal (B) (Pintar, 2006).....	33
Slika 13: Tipične postavitve namakalnih linij (povzeto po NRCS, 2015a).....	34
Slika 14: Tenziometer (prirejeno po NETAFIM, 2014a) in njegova namestitvev pri različnih pridelavah (Pintar, 2004).....	35
Slika 15: Kapljači v namakalni liniji predstavljajo oviro toku skozi cev (NRCS, 2015a) .....	46
Slika 16: Primer razmerij med pretokom in delovnim tlakom na kapljaču za nekompenzacijski ( $x = 1$ ) in kompenzacijski kapljač ( $x < 0,5$ ) ter navadno odprtino ( $x = 0,5$ ) (prirejeno po Lamm et al., 2007)	48
Slika 17: Stopnja delovnega tlaka glede na relativno razdaljo vzdolž namakalne linije za primer a), ko se teren dviga ali pa je raven in za primer b), ko teren pada (Lamm et al., 2007).....	49
Slika 18: Bilanca razpoložljivih in potrebnih vodnih količin ter potrebni volumen akumulacije (Juvan, 1992).....	54
Slika 19: Prikaz lokacije obravnavanega območja (Geopedia, 2015) .....	58
Slika 20: Na levi so prikazane površine primerne za namakanje (označene z zeleno barvo) (prirejeno po Pintar, 2010), na desni pa površine primerne za namakanje glede na obravnavan vodni vir (prirejeno po Pintar, 2012) .....	59
Slika 21: Obravnavano območje zasnovane namakalnega sistema (vir podlage: ortofoto Slovenije) .....	60
Slika 22: Prikaz lokacije obravnavanega območja, rečne mreže ter meteorološke in vodomerne postaje (Atlas okolja, 2015).....	61
Slika 23: Vhodni podatki za zgodnji krompir, ki so potrebni v programu CROPWAT 8.0.....	64
Slika 24: Prispevno območje Lahinje do odvzemnega mesta .....	67
Slika 25: Bilanca razpoložljivih vodnih količin in porabe vode za namakanje.....	68
Slika 26: Razporeditev maksimalnih dnevni vrednosti $ET_0$ za posamezni mesec, za obdobje 10 let .	69
Slika 27: Zasnova kapljačev in namakalnih linij na gredah .....	71

Slika 28: Namakalna linija DRIPNET PC (NETAFIM, 2015a) .....	72
Slika 29: Pogovorno okno za vnos podatkov za izračun hidravličnih parametrov namakalnih linij v programu HydroCalc (NETAFIM, 2015b) .....	73
Slika 30: Spremembe tlačne višine in pretoka skozi kapljače vzdolž namakalne linije v programu HydroCalc (NETAFIM, 2015b) .....	73
Slika 31: Razvodna cev FLATNET (NETAFIM, 2014b) .....	76
Slika 32: Pogovorno okno za vnos podatkov za izračun hidravličnih parametrov razvodnih cevi v programu HydroCalc (NETAFIM, 2015b) .....	77
Slika 33: Sprememba tlačne višine in pretokov vzdolž razvodne cevi na NP <sub>1</sub> v programu HydroCalc (NETAFIM, 2015b) .....	77
Slika 34: Tehnične PE cevi (NETAFIM, 2013) .....	78
Slika 35: Izbran peščen filter s komercialnim imenom F-600 (NETAFIM, 2015c) .....	79
Slika 36: Izbran disk filter z velikostjo filtriranja 130 µm, s komercialnim imenom Arkal (NETAFIM, 2015c) .....	80
Slika 37: Izbrana armatura namakalnega sistema (Flomatic, 2015; Dorot, 2015a; A.R.I., 2015; Dorot, 2015b; Dorot, 2015c; NETAFIM, 2015d) .....	82
Slika 38: Izbrani centrifugalni črpalki 15HM04 (Lowara 2015a) in 32-250 (opcijsko) (Lowara 2015b) .....	84





## 1 UVOD

Suše so tako v svetu kot v Sloveniji v zadnjem desetletju vse bolj pogoste. Za omilitev posledic pomanjkanja vode v tleh in zagotovitev stabilne rastlinske pridelave in kakovostnega pridelka, se gradijo namakali sistemi. Namakanje omogoča natančno dodajanje vode in hranil rastlinam. Ker potrebe po namakanju navadno sovpadajo s pojavom hidrološke suše, se lahko z odvzemom vode za namakanje negativno vpliva na stanje voda. Metoda namakanja, pri kateri se porabi najmanj vode, je kapljično namakanje. Slednja se je v zadnjem času zelo razvila in uveljavila na vseh področjih pridelave rastlin. Ker v Sloveniji pade relativno veliko padavin, namakanje spada med dopolnilni ukrep, ki omogoča količinsko in kakovostno stabilno (ekonomsko upravičeno) rastlinsko pridelavo (Pintar, 2006).

Pri pospeševanju posodobitev in uvajanja namakanja v kmetijsko pridelavo v Sloveniji se v novem programskem obdobju Programa razvoja podeželja 2014 – 2020 (Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP), 2015) za izgradnjo in posodobitve namakalnih sistemov (NS) ter za nakup namakalne opreme zagotavlja nepovratna sredstva. Cilji ukrepov so izboljšanje upravljanja voda ter manjša in bolj učinkovita poraba vode. Posodobitve in usmeritve torej težijo h kapljični tehnologiji.

Kapljično namakanje deluje tako, da se voda pod nizkim tlakom pretaka skozi cevi do množice šob oz. kapljačev, razporejenih ob rastlinah, iz katerih počasi kaplja. Ta način omogoča nadzor nad porabo in razporeditvijo vode, manjšo porabo energije ter dodajanje hranil (fertigacijo). Slabost kapljičnih NS je možnost mašenja kapljačev in ob tem večja ranljivost rastlin na pomanjkanje vode kot sicer. Rastline namreč zaradi dodajanja vode neposredno h koreninam razvijejo manjši koreninski sistem.

Po ocenah je v Sloveniji približno 220.000 ha potencialnih kmetijskih zemljišč primernih za namakanje (Pintar, 2012). Pogoji za namakanje so vodni viri, ki so lahko vodna telesa površinskih vodotokov, zadrževalniki, podtalnica ali prečiščena odpadna voda. Ekonomsko bolj upravičena je gradnja velikih NS a povsod tam kjer ti niso mogoči (navadno je težava nezadostni vodni vir) se lahko izvede male namakalne sisteme. Diplomaska naloga se osredotoča na mali NS (opredeljen v Zakonu o kmetijskih zemljiščih). Pri tem se večina razlik glede na vsebino naloge nanaša le na zakonodajo in pridobivanje potrebnih dovoljenj.

Cilj diplomske naloge je opisati zasnovo kapljičnega NS in potrebna dovoljenja za mali namakalni sistem, zasnovati sistem na obravnavanem območju ter podati urnike namakanja za izbran kolobar. Potrebno je spoznati delovanje sistema, funkcije, dimenzioniranje in kriterije izbire posameznih

elementov, podlage pri načrtovanju in potrebne vhodne podatke. Opisati je potrebno zakonodajo s tega področja ter podatke in podlage, ki jih potrebujemo pri pridobivanju potrebnih dovoljenj. Območje, ki smo ga obravnavali (njive) se nahaja v JV Sloveniji, v Beli krajini, pri naselju Brdarci, tik ob reki Lahinji. V regiji je kljub možnostim za namakanje (po ocenah je možno iz Lahinje namakati 50 ha zemljišč) slednje zelo slabo razvito (Gornik, 2013). Na območju, ki je bilo obravnavano, se bo gojilo in namakalo vrtnine v obsegu 2,7 ha.

## 2 TEORETIČNA IZHODIŠČA

### 2.1 Tla

Tla sodijo med naravne vire izrednega pomena in pri gospodarjenju zahtevajo veliko pozornosti. Za potrebe namakanja in projektiranja NS je potrebno poznati različne lastnosti tal. Tla so tudi osnovni dejavnik, ki določa upravljanje z namakalno vodo (Ross et al., 1997).

Odziv rastline na namakanje je pogojen s fizikalnim, biološkim in kemijskim stanjem tal. Kako se bo razvil koreninski sistem preko katerega rastline črpajo razpoložljivo vodo in hranila je odvisno od teksture, strukture, globine, organskih snovi, gostote, slanosti, hranilnosti, kislosti, dreniranja, topografije, plodnosti in kemijskih značilnosti tal. Večina omenjenih faktorjev neposredno vpliva na sposobnost zadrževanja, infiltriranja ali kapilarnega dvigovanja vode. Vrednosti faktorjev za isti tip tal se lahko na posameznih mestih razlikujejo. Poleg tega se lahko tudi časovno spreminjajo. Skozi sezono se spreminjajo v odvisnosti od tipa mehanizacije, ki se uporablja, števila obdelovalnih procesov, količine ostankov pridelkov, vrste pridelkov ter kakovosti in temperature vode. Pri načrtovanju zaradi tega za ocenjene vrednosti faktorjev upoštevamo določen razpon (Ross et al., 1997).

#### 2.1.1 Fizikalne lastnosti tal

Tekstura tal nam pove, kakšno je razmerje med trdnimi delci, frakcije manjše od 2 mm (pesek, melj in glina) (Ross et al., 1997). Delcev večjih od 2 mm (skelet ali kamninski drobir) se pri določanju teksture ne upošteva. Tekstura določa različne lastnosti tal. Pri večjem deležu peščenih delcev so tla bolj topla in zračna ter slabše zadržujejo vodo, tla so tudi lažja za obdelovanje zaradi česar jih imenujemo lahka tla. V tleh, kjer prevladujejo glinasti in meljasti delci pa so tla bolj gosta, zbita, slabo prepustna in težja za obdelavo, imenujemo jih težka tla.

S strukturo tal opišemo oblikovanje in organizacijo talnih delcev v agregate različnih velikosti in oblik. Strukturo tal glede na velikost agregatov delimo na: mrvičasto (velikost agregatov do 5 mm), grudičasto (velikost agregatov od 1 do 10 mm), oreškasto (velikost agregatov od 2 do 30 mm), prizmatično (velikost agregatov od 10 do 50 mm) in stebričasto (velikost agregatov do 150 mm), po obliki agregatov pa na: sferično, poliedrično, prizmatično in lističasto (Zupan et al., 2002).

Z razmerjem med tremi sestavnimi enotami: trdno (mineralni in organski material), tekočo (voda) in plinasto (zrak), določimo poroznost tal. Prazen prostor med trdnimi delci predstavljajo pore,

zapolnjene z vodo ali zrakom. Prostorninsko težo oz. gostoto tal izrazimo z razmerjem med težo (maso) in volumnom suhe zemljine. Vzorec je sestavljen iz volumna trdnih delcev in volumna por.

Pomemben podatek za potrebe namakanja je tudi hitrost prehajanja vode iz površja globlje v talni profil (infiltracija oz. vpijanje tal). Hitrost infiltracije se spreminja s časom in lokacijo ter je odvisna od različnih dejavnikov, kot so: tekstura, vsebnost vode v tleh, stopnja zbitosti tal, zaskorjenost, kvaliteta vode (suspendirani sedimenti, temperatura), idr. (Kozelj, 2007; Ross et al., 1997). Navadno se hitrost infiltracije zmanjšuje med samim procesom namakanja in skozi sezono. Med sezono se hitrost zmanjša predvsem z uporabo mehanizacije v obdobju visoke nasičenosti vode v tleh. Vodo hitreje vpijejo bolj suha tla, glede na teksturo pa hitreje peščena kakor glinasta.

Živeče organizme in njihove mrtve ostanke v tleh imenujemo organske snovi. Slednje vplivajo na strukturo, prostorninsko težo, infiltracijo, rast rastlin in razvoj korenin, prepustnost, razpoložljivo vodo, biološko aktivnost, prisotnost kisika in hranil ter druge lastnosti, zaradi katerih tla predstavljajo zdrav, naravni ekosistem za rast rastlin. Organske snovi imajo veliko zmožnost absorbiranja kationov, pri razgradnji pa se sprošča dušik, fosfor in žveplo.

Za rast rastlin je pomembna globina tal, ki jo izmerimo od površja pa do matične kamnine ali do slabo prepustnega zgoščenega sloja tal ali pa do podtalnice, oz. do sloja, ki omejuje rast korenin. Večja kot je globina tal in globina koreninskega sistema, več je razpoložljive vode za rastline. Skozi talni profil se lahko pojavijo tudi neprepustni sloji, nad katerimi se nabere voda. Lahko so naravni ali pa nastanejo zaradi uporabe mehanizacije. Slednji preprečujejo pronicanje vode in razvoj korenin globlje v tla (Ross et al., 1997). Podatek o naklonu tal se uporablja pri izbiri vrste NS in pri določanju optimalnega in maksimalnega obroka namakanja. Potencial za nastanek erozije se povečuje s površinskim odtokom, naklonom in dolžino območja (Ross et al., 1997).

### **2.1.2 Kemijske lastnosti tal**

Kemijske lastnosti tal, ki jih je potrebno poznati pri namakanju in vzgajanju rastlin so slanost, kislost in kationska izmenjalna kapaciteta (Ross et al., 1997). Pri slanosti lahko pride do problemov kopičenja soli oz. problem sodifikacije, ki je lahko posledica naravnih procesov (visoke vsebnosti soli v podtalnici) ali pa človeških, kot so neustrezni načini namakanja. Sol poslabšuje rodovitnost tal, uničuje strukturo in povečuje neprepustnost globokih plasti tal (Louwagie et al. 2009). Kislost tal pomembno vpliva na rast pridelka, saj vpliva na topnost in razpoložljivost hranil. S spremembo vrednosti pH se spreminja topnost in dostopnost različnih hranil. Bolj kot so tla kislila ali bazična, manj hranil je dostopnih, zato želimo takšna tla nevtralizirati. Kationska izmenjalna kapaciteta (*KIK*) nam pove, kakšno je skupno število negativnih nabojev koloida na enoto mase. Izražamo jo v molih naboja na

kilogram suhih tal. Nekateri kationi predstavljajo hranila rastlinam, *KIK* pa predstavlja zmožnost absorbiranja kationov v tleh. Vezava določenih ionov je odvisna od količine in vrste prisotne glinice in organskih snovi (Božič, 2006). Tla z majhno *KIK* vežejo manj kationov, zaradi česar lahko nastane potreba po bolj pogostem dodajanju hranil (fertigaciji) (Ross et al., 1997).

### 2.1.3 Tla in njihova sposobnost zadrževanja vode

Največjo količino vode, ki se lahko zadrži v tleh potem, ko gravitacijska odcedna voda že odteče, imenujemo poljska kapaciteta tal (*PK*) (Pintar, 2006). *PK* je odvisna od teksture, strukture, gostote tal in pojavljanja nepropustnih slojev. Slednji onemogočajo prosto premikanje vode.

Rastlinam je dostopen le del vode, ki se zadrži v tleh, imenujemo pa ga razpoložljiva voda (*RV*). Rastline namreč s svojim koreninskim sistemom ne morejo izčrpati vse vode. Voda, ki je v tleh vezana s tenzijo večjo od 15 barov, je nedostopna. Delež razpoložljive vode je odvisen od globine koreninskega sistema in nekaterih lastnosti tal. Npr., v tleh, ki so sestavljena iz majhnih mehanskih delcev (ilovnata, glinena), tleh nasičenih s solmi, dušikom ali drugimi kemičnimi snovmi je ta delež manjši (Ross et al., 1997).

Razpoložljivo vodo lahko dalje delimo na težje in lažje gibljivo oz. dosegljivo vodo v tleh. Točka, ki deli lažje in težje dosegljivo vodo, t.i. kritična točka (*KT*) se razlikuje za posamezno vrsto rastlin in tudi sorto. Pri lažje in težje dostopni vodi v tleh gre za količino opravljenega dela rastline, ki je potrebno za premik vode v tleh. V območju pod *KT* rastlina pri črpanju porablja energijo za premagovanje tenzije, zaradi česar je v sušnem stresu, v območju nad *KT* pa odvečno energijo porabi za rast. Faktor, ki označuje delež lahko dosegljive vode označujemo s *p*. Za vsako rastlino se ta delež spreminja, vrednosti pa se gibljejo v razponu od 0,2 do 0,6 (Pintar, 2006).

Kadar je vsebnost vode v okolici korenin tako majhna, da rastline ne zmorejo načrpati dovolj vode, pravimo, da je nastopilo venenje (nepopravljiva škoda biomase in pridelkov). Vnenenje nastopi, ko tenzija vode v tleh preseže okrog 15 barov. To mejo imenujemo točka vnenja (*TV*) (Pintar, 2006).

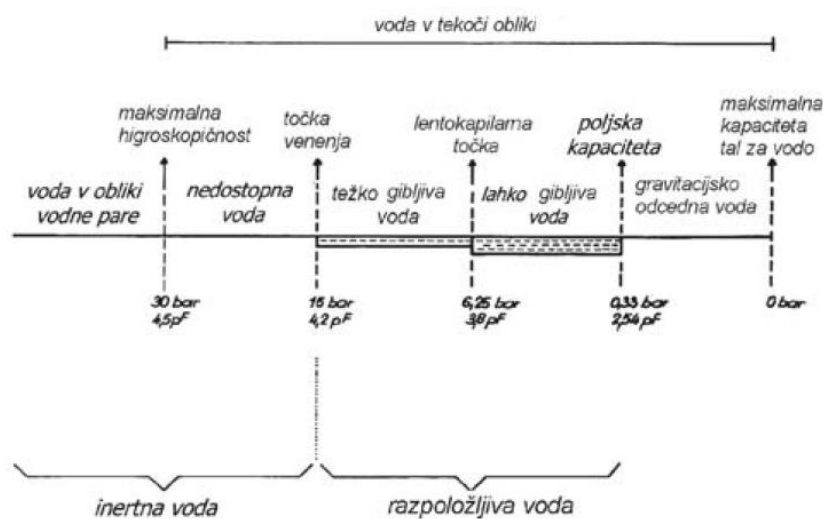
Enačbe, ki sledijo, prikazujejo povezave med *PK*, *RV*, *TV*, *LDV* in *p*:

$$RV = PK - TV, \tag{1}$$

$$LDV = p * RV, \tag{2}$$

$$LDV = PK - KT, \tag{3}$$

kjer pomeni: *RV* razpoložljiva voda (možne različne enote: mm vodne plasti/100 mm, masni odstotek, volumski odstotek), *PK* poljska kapaciteta (možne različne enote: mm vodne plasti/100 mm, masni odstotek, volumski odstotek), *TV* točka vnenja (možne različne enote: mm vodne plasti/100 mm, masni odstotek, volumski odstotek), *LDV* lahko dostopna voda (možne različne enote: mm vodne plasti/100 mm, masni odstotek, volumski odstotek), *p* delež razpoložljive vode, ki je rastlinam lahko dostopna in *KT* kritična točka (možne različne enote: mm vodne plasti/100 mm, masni odstotek, volumski odstotek).



Slika 1: Oblike, sila vezave in zmožnost črpanja vode iz tal za rastline (Pintar, 2003)

Spremenljive količine vode v tleh in merjenje masnih in volumskih deležev je pomembno, saj vpliva na rast in razvoj rastlin (slika 1). S povečevanjem vode v tleh se zmanjšuje tenzija in energija, ki je potrebna za črpanje vode. Kakor je bilo že omenjeno, večina rastlin lahko črpa vodo, ki je vezana z maksimalno silo 15 barov. Vodo glede na silo vezave delimo na: higroskopsko vodo (tenzija je enaka 30 barov ali več), kapilarno vodo (tenzija znaša med 0,33 in 30 barov) in gravitacijsko vodo (tenzija med 0 in 0,33 bari) (Brilly in Šraj, 2005; Zupan et al., 2002). Merske enote za tenzijo so lahko različne: Pa, m ali pF.

## 2.2 Rastline

Namen namakanja je nadomestiti nezadostne količine padavin za potrebe zdrave rasti rastlin. Kako se bodo rastline odzvale na namakanje, je odvisno od tal, rodovitnosti, tipa rastlin, faze rasti in lokalne klime. Zdrave rastline bolj učinkovito porabljajo vodo, hkrati pa porabijo tudi več vode kakor tiste, ki jim primanjkuje hranil in mineralov. Iz tega sledi, da je mnogo večji tudi pridelek. Optimalna pridelava zahteva omejevanje plevela in škodljivih insektov, izbiro kakovostnega semena, prilagojenega okolju, dodajanje hranil glede na potrebe rastlin ter skrbno ravnanje z zemljo in vodo

skozi celotno sezono. Za pridelavo je potrebno izbrati takšne rastline, ki ustrezajo tlom, vodi, klimi, NS, razpoložljivi kmetijski opremi in trgu (Ross et al., 1997).

### **2.2.1 Rast rastlin in namakanje**

Večjo rast in kvaliteto pridelka omogočimo s pravilnim izvajanjem namakanja kjer skrbimo, da ohranjamo razmere, ko je na voljo dovolj lahko dostopne vode. Dodajanje večjih količin vode kot je potrebno, ne poveča pridelka, temveč ga zmanjša. Odvečno namakanje spira hranila in pesticide pod cono koreninskega sistema, kar lahko privede tudi do onesnaženja podtalnice. Ali je poraba vode z namakanjem učinkovita lahko praktično določimo s količino pridelka na enoto površine na enoto porabljene vode (Ross et al., 1997).

Za rastline je predvsem pomembno, da imajo v občutljivih obdobjih razvoja in rasti zadostno količino vode. Ne zadostnost vode v teh obdobjih lahko povzroči nepopravljivo škodo na pridelku. Občutljiva obdobja se razlikujejo med vrstami in tipi rastlin, te pa je potrebno dobro poznati. Pri nekaterih vrstah srednja stopnja stresa namreč niti ne povzroči škode, pri drugih pa je minimalen stres celo potreben, da razvijejo plod. Potrebo po namakanju določimo na terenu s preverbo vsebnosti vode v tleh ali s katerokoli drugo metodo, ki se za ta namen uporablja pri načrtovanju urnika namakanja. Določanje samo na podlagi izgleda rastlin je lahko zavajajoče. Nekatere rastline tudi za krajši čas ovenijo, s čimer ohranjajo vlago v obdobju visoke evapotranspiracije skozi dan, izsušenost pa je lahko tudi posledica drugih dejavnikov, kot so nezadostnost hranil, insekti ali bolezni.

Da lahko določimo kdaj je potrebno namakati moramo poznati ustrezne vrednosti faktorja *LDV* oz. *p* za posamezne vrste rastlin in njihove faze razvoja. Rastline gredo v svojem življenjskem ciklu skozi različna občutljiva obdobja, v katerih je potrebno zagotoviti dovolj lahko dostopne vode, da ne pride do stresa. Pri nekaterih vrstah ali sortah je lahko takšnih obdobj več. Za rastline višje cenovne vrednosti in s plitkim koreninskim sistemom se med obdobjem rasti vrednost *p* giblje med 25 in 40 %, za rastline z globokim koreninskim sistemom pa je *p* 50 %. Za rastline nižje vrednosti z globokim koreninskim sistemom se *p* giblje med 60 in 65% (Ross et al., 1997).

### **2.2.2 Globina koreninskega sistema in vzorci črpanja vode**

Tip koreninskega sistema rastlin je pogojen z genetskim zapisom. Nekatere rastline razvijejo globok vertikalni koreninski sistem, druge pa bolj plitev in horizontalni koreninski sistem. Količina dostopne vode v tleh je tako pogojena tudi z lastnostmi koreninskega sistema. V primeru rastlin s plitvimi koreninami je npr. potrebno pogosto, a neintenzivno namakanje (Ross et al., 1997). Glede na vertikalni profil korenin rastline največ vode črpajo iz prve četrtine globine korenin (40 %), iz druge

četrtine 30 % iz tretje 20 % in iz četrte četrtine 10 % (Pintar, 2006). Zaradi večjega izkoristka vode se pri računanju namakalnega obroka upošteva le globino glavne mase korenin – polovico celotne globine. Razvitost koreninskega sistema je odvisna od zmožnosti oz. različnih omejitev.

Lastnosti tal, ki vplivajo na rast korenin so: gostota, velikost ali razporeditev por, nepropustni sloji, vlažnost, vsebnost kisika, organskih snovi in hranil, teksturna in strukturna stratifikacija, podzemna voda in vsebnost soli in organizmov, ki poškodujejo korenine. Penetracija korenin je omejena s suhimi tlemi, podzemno vodo, skalnato podlago, conami višje vsebnosti soli, zbitimi sloji, ki nastanejo zaradi težke mehanizacije in gostimi težkimi tlemi. Zaradi omejenosti razvoja koreninskega sistema se poveča potreba po različnih namakalnih praksah. Pogosta uporaba ali uporaba težke kmetijske mehanizacije, še posebej v obdobjih večje namočenosti tal, povzroča formiranje zbitih slojev. Če tudi so ti lahko povsem tanki, preprečujejo penetracijo korenin in zmanjšajo zmožnosti črpanja vode. Vsaka uporaba mehanizacije povzroči zgoščevanje zato je priporočeno uporabljati lahke stroje in izvajati le nujna potrebna dela. Pri načrtovanju NS je potrebno potencialno globino koreninskega sistema preveriti praktično na obravnavanem območju (Ross et al., 1997). Okvirne globine glavne mase korenin pri rastlinah pa so na voljo tudi v preglednicah za različna območja Slovenije, ki jih podaja Pintar (2006).

### 2.2.3 Vodna bilanca tal in potrebe rastlin po vodi

Pri vodni bilanci tal ocenimo koliko vode priteče, se skladišči in odteče v določenem času v mejah izbranega območja (Ross et al., 1997). Na ta način dobimo pregled posameznih členov vodne bilance ter kako ti vplivajo drug na drugega. V primeru namakanja nas zanima vodna bilanca tal v prerezu od površja pa do globine korenin. Z enačbo lahko proces zapišemo tako (Tratnik, 2009):

$$\Delta VK = P + Nk + K_a \pm O_{pov} - ET - OK, \quad (4)$$

kjer je  $\Delta VK$  razlika v količini vode v območju korenin [mm],  $P$  količina padlih padavin [mm],  $Nk$  količina namakalne vode [mm],  $K_a$  kapilarni dvig vode [mm],  $O_{pov}$  odtok ali dotok površinske vode [mm],  $ET_R$  evapotranspiracija [mm] in  $OK$  odtok vode iz območja korenin (globinsko pronicanje) [mm].

Rastline potrebujejo vodo za rast in hlajenje. Procesu, ko vodna para prehaja iz rastline v atmosfero pravimo transpiracija. Proces izhlapevanja vode z vodne površine ali iz tal imenujemo evaporacija. Skupno količino vode, ki je potrebna za posamezno rastlino, pri čemer ta vključuje transpiracijo in evaporacijo s površin rastline in tal imenujemo evapotranspiracija rastline. Stopnja evapotranspiracije



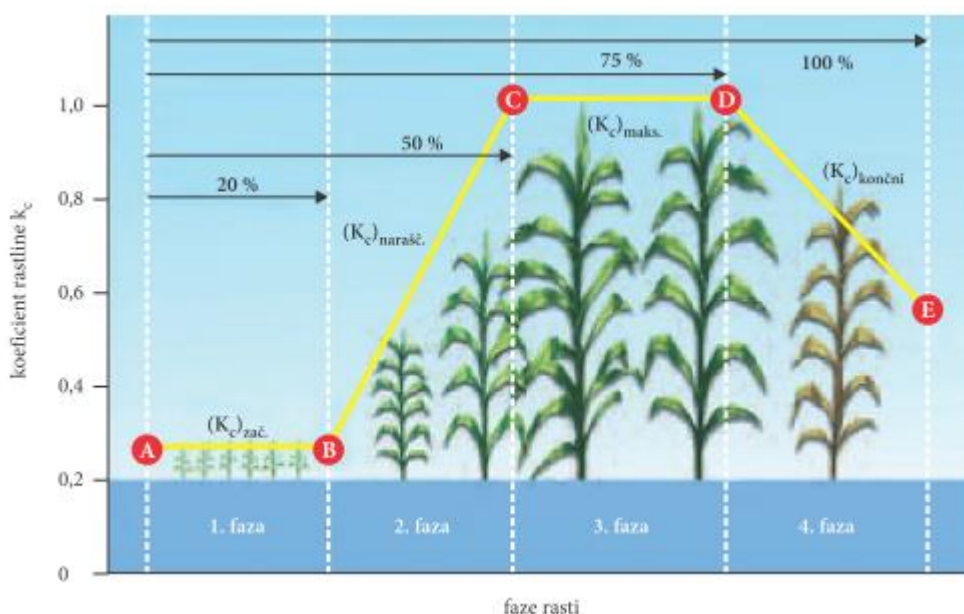
je odvisna od podnebnih dejavnikov (vlaga v zraku, temperatura, sončno obsevanje in veter) in od vrste rastline ter stopnje njenega razvoja (Kozelj, 2007).

V literaturi se omenja tri pojme: potencialna, dejanska in referenčna evapotranspiracija. Potencialna evapotranspiracija rastline ( $ET_c$ ) predstavlja  $ET$ , ko je na razpolago zadostna zaloga vode v tleh, pove pa nam tudi kakšne so potrebe rastlin po vodi oz. koliko moramo namakati, če ni dovolj padavin. Dejanska evapotranspiracija ( $ET_R$ ) je količina vode, ki dejansko preide v atmosfero s površine tal in rastlin pri naravni količini vlage v tleh (Brilly in Šraj, 2005).  $ET_R$  je na splošno manjša od  $ET_c$ . Referenčna evapotranspiracija ( $ET_0$ ) se nanaša (odvisno od metode računanja) na prosto vodno gladino ali na referenčno kulturo, ki je v naših pogojih 12 cm visoka z vodo optimalno oskrbljena trava (Pintar, 2006). Na podlagi  $ET_0$  in koeficienta rastline lahko za določeno rastlino izračunamo, koliko vode potrebuje na dan:

$$ET_c = k_c \cdot ET_0, \quad (5)$$

kjer je  $ET_c$  potencialna evapotranspiracija izbrane rastline [mm/dan],  $ET_0$  referenčna evapotranspiracija [mm/dan] in  $k_c$  faktor rastline.

Faktor rastline ( $k_c$ ) predstavlja razmerje med  $ET_c$  izbrane rastline in  $ET_0$ . Faktor se spreminja v odvisnosti od vrste in faze razvoja rastline (slika 2). Odvisen je od anatomije listov, višine rastline, aerodinamičnih lastnosti in albeda (Cesar in Šraj, 2012).



Slika 2: Faktor rastline v odvisnosti od faze rasti (Cesar in Šraj, 2012)

Standardna metoda za izračun  $ET_0$ , je kombinirana Penman – Monteithova metoda, ki je predlagana s strani FAO (Allen et al., 1998):

$$\lambda ET = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)}, \quad (6)$$

kjer je  $R_n$  neto sevanje [ $\text{MJ}/\text{m}^2$  dan],  $G$  tok toplote iz površja [ $\text{MJ}/\text{m}^2$  dan],  $(e_s - e_a)$  razlika med zasičenim in dejanskim parnim tlakom [kPa],  $\rho_a$  srednja gostota zraka pri konstantnem tlaku [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ],  $c_p$  specifična toplota zraka pri konstantnem tlaku [ $\text{MJ}/\text{kg m}^3$ ],  $\Delta$  naklon krivulje zasičenega parnega tlaka [ $\text{kPa}/^\circ\text{C}$ ],  $\gamma$  naklon krivulje parnega tlaka (psihrometrična konstanta) [ $\text{kPa}/^\circ\text{C}$ ],  $r_s$  stomatalna upornost in  $r_a$  aerodinamična upornost (Allen et al., 1998).

### 2.3 Zakonske podlage

Področje namakanja kmetijskih zemljišč je urejeno s številnimi zakoni, uredbami in predpisi. Kot pomembnejše lahko naštejemo: Zakon o kmetijskih zemljiščih (ZKZ, Uradni list RS št. 71/2011), Zakon o urejanju prostora (ZUreP-1, Uradni list RS št. 110/2002), Zakon o graditvi objektov (ZGO-1, 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 kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (Uradni list RS št. 97/2009), Uredba o posegih v okolje, za katere je treba izvesti presojo vplivov na okolje (Uradni list RS št. 51/2014), Uredba o mejnih vrednosti vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla (Uradni list RS št. 84/2005) in Uredba o vodnih povračilih (Uradni list RS št. 103/2002).

#### 2.3.1 Zakon o kmetijskih zemljiščih (ZKZ)

Zakon ureja varstvo kmetijskih zemljišč in njihovo upravljanje. Namakanje, poleg osuševanja in agromelioracij spada pod melioracije. Zakon opredeljuje namakanje, njegove ključne elemente in sestavne dele. Kot možen vodni vir navaja vodotok, podtalnico ali vodni zadrževalnik. Zakon namakalne sisteme deli na (ZKZ, 2011):

- velike namakalne sisteme, ki so namenjeni večjemu številu uporabnikov za skupno rabo po namakalnem urniku;
- male namakalne sisteme, ki so namenjeni enemu ali več uporabnikom, ki pa uporabljajo NS neodvisno drug od drugega.

Zakon podaja pogoje in dokumente, ki so potrebni za uvedbo NS ter dolžnosti investitorja.

### **2.3.2 Zakon o urejanju prostora (ZUreP-1)**

Zakon ureja prostorske ureditve, ki se načrtujejo s prostorskimi akti, ki so: strategije prostorskega razvoja, prostorski redi ali lokacijski načrti. Občinski prostorski akti, ki jih poda pristojna občina za določeno zemljišče kjer želi investitor graditi NS vsebujejo podatke o namenski rabi in druge pogoje. Podatki so podani v t.i. lokacijski informaciji (ZUreP-1, 2002).

### **2.3.3 Zakon o graditvi objektov (ZGO-1)**

Ta zakon ureja pogoje za graditev objektov in določa zahteve in izpolnjevanje teh zahtev glede lastnosti objektov. Glede NS podaja kdaj in za kakšen sistem je potrebno gradbeno dovoljenje ter kakšen je postopek pridobitve. Določa potrebno projektno dokumentacijo ob vložitvi vloge za gradbeno dovoljenje in potrebno tehnično dokumentacijo ter postopek za pridobitev uporabnega dovoljenja (ZGO-1, 2004).

### **2.3.4 Zakon o varstvu okolja (ZVO)**

Zakon ureja varstvo okolja pred obremenjevanjem, določa temeljna načela varstva, spremljanje stanja in informacije o okolju, ekonomske in finančne instrumente varstva okolja, javne službe varstva okolja in ostala vprašanja, ki se nanašajo na varstvo okolja (ZVO, 2006). ZVO določa obveznost presoje vplivov na okolje pri tistih nameravanih posegih za katere je predpisano gradbeno dovoljenje in, ki bi lahko občutneje vplivali na okolje. Med posegi je lahko tudi NS. Slednje podaja Uredba o vrstah posegov v okolje, za katere je obvezna presoja vplivov na okolje.

### **2.3.5 Zakon o vodah (ZV-1)**

Zakon o vodah ureja upravljanje z vodami ter vodnimi in priobalnimi zemljišči. Upravljanje z vodnimi in priobalnimi zemljišči obsega varstvo voda, urejanje voda in odločanje o rabi voda. Zakon ureja javno dobro in javne službe na področju voda, vodne objekte in naprave ter druga vprašanja, povezana z vodami (ZV-1, 2002). V aktu je opisan postopek pridobitve vodne pravice, ki je v primeru namakanja, vodno dovoljenje. Opisan je tudi postopek pridobitve vodnega soglasja, ki ga potrebujemo pri graditvi NS.

### **2.3.6 Uredba o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka**

Ta uredba se uporablja za posebno rabo površinske vode (tudi odvzem vode za namakanje), ki lahko povzroči zmanjšanje pretoka, znižanje vodne gladine ali poslabšanje stanja voda ter določa kriterije za določitev ekološko sprejemljivega pretoka ter načine spremljanja in poročanja o ekološko sprejemljivem pretoku (Uredba o kriterijih ..., 2009). Ekološko sprejemljiv pretok mora po ZV-1 biti zagotovljen v vseh letnih obdobjih. Uredba podaja tudi izjeme in sicer v primeru, ko je dejanski pretok vode na mestu odvzema manjši od ekološko sprejemljivega pretoka se lahko vodo za namakanje odvzema v količini, da seštevek odvzemov ne presega 7 % vrednosti srednjega malega pretoka (10. člen). Ta parametra sta pomembna pri preverjanju izdatnosti vodnega vira.

### **2.3.7 Uredba o načrtu upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja**

S to uredbo so postavljena okoljska izhodišča na področju upravljanja voda v skladu s predpisi, ki urejajo varstvo okolja za vodni območji Donave in Jadranskega morja (Uredba o načrtu ..., 2011). Uredba o načrtu upravljanja voda med drugim določa tudi prepovedi, pogoje in omejitve rabe površinske vode ter dodeljevanje vode pravice (5. in 6. člen). Poleg rabe podaja tudi pogoj za dodelitev vodne pravice na podlagi lokacije zemljišča namakanja. Če se slednje nahaja na območju velikega NS, ki ni popolno izkoriščen se vodne pravice ne podeli (8. Člen).

### **2.3.8 Uredba o posegih v okolje, za katere je treba izvesti presojo vplivov na okolje**

Uredba navaja posege, ki morajo biti ne glede na obseg vedno deležni presoje vplivov na okolje ter posege in merila za katere se ugotavlja ali je potrebno izvesti presojo vplivov na okolje. Veliki namakalni sistemi spadajo med tiste posege za katere je vedno potrebno izvesti presojo vplivov na okolje, pri malih namakalnih sistemih pa podaja merila in sicer za tiste, ki so načrtovani na strnjeni površini kmetijskih zemljišč v izmeri 10 ha ali več. Pri rabi vode (črpališča) je potrebno izvesti presojo vplivov na okolje, če gre za zmogljivosti, ki so večje od 100 l/s (Uredba o posegih ..., 2014).

### **2.3.9 Uredba o mejnih vrednosti vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla**

Uredba na področju namakanja podaja prepovedi glede vode s katero namakamo. Prepovedano je uporabljati vodo, pri kateri vsebnost težkih kovin presega mejne emisijske vrednosti za težke kovine v vodah III. kakovostnega razreda in parametri vode za namakanje rastlin presegajo mejne vrednosti, ki so določene v tej uredbi (Uredba o mejnih ..., 2005).

Če gre za gradnjo ali rekonstrukcijo naprave za namakanje rastlin in je potrebno zanjo pridobiti gradbeno dovoljenje, mora investitor tega posega k projektu za pridobitev gradbenega dovoljenja priložiti tudi strokovno oceno o vplivu vnosa snovi v tla, podtalnico in površinske vode na namakanih zemljiščih in podatke o vsebnosti nevarnih snovi v tleh, ki se namakajo. V primerih, ko je za predviden poseg obvezna presoja vplivov na okolje, strokovno oceno nadomesti zahteva po pridobitvi okoljevarstvenega soglasja.

### **2.3.10 Uredba o vodnih povračilih**

Uredba navaja način določanja višine vodnega povračila, način obračunavanja, odmere in plačevanje vodnega povračila ter merila za znižanje in oprostitev plačevanja vodnega povračila. Vodno povračilo je potrebno plačevati za rabo vode, ki se uporablja za namakanje (Uredba o vodnih ..., 2002)

### **2.3.11 Dovoljenja in soglasja pri gradnji malega namakalnega sistema**

Pred gradnjo NS je potrebno pridobiti različna dovoljenja in soglasja. Glavni trije dokumenti, ki so medsebojno soodvisni in jih moramo pridobiti so: odločba o uvedbi NS (po ZKZ), vodno dovoljenje za rabo vode (po ZV-1) in gradbeno dovoljenje (ZGO-1). Pridobivanje posameznega dokumenta spremljajo različni postopki, dodatna soglasja in dovoljenja. Pri gradnji malega NS se nekateri pogoji, postopki in soglasja razlikujejo od tistih, ki so potrebni pri gradnji velikega NS. Večina teh razlik izhaja iz ZKZ.

Osnovne podlage, informacije in podatki, ki jih moramo pridobiti pred postopkom pridobivanja glavnih dokumentov so (Osredkar in Pintar, 2003):

- idejna zasnova NS,
- namakalni parametri,
- informacija o pogojih posega v prostor, ki lahko vplivajo na vodni režim ali stanje voda,
- dovoljenje za raziskave podzemnih voda (če delamo kaptažno vrtino),
- zemljiškoknjižni izpisek (velja kot dokazilo o pravici graditi na zemljišču, kjer načrtujemo NS,
- pregledni katastrski načrt,
- lokacijska informacija.

### 2.3.11.1 Odločba o uvedbi namakalnega sistema

Po ZKZ (2011) je potrebno za namakanje na Ministrstvo za kmetijstvo, gospodarstvo in prehrano (MKGP) podati predlog za uvedbo NS. Predlog lahko podajo melioracijske skupnosti ali pravne osebe v imenu lastnikov zemljišč ter posamezni lastniki kmetijskih zemljišč.

K predlogu je potrebno priložiti:

- meje območja namakanja, vrisane na pregledni katastrski načrt,
- dokazilo, da predlagano območje namakanja ne krši prostorskega planskega akta in izvedbeno prostorskega akta (podano v lokacijski informaciji),
- oceno pričakovanih učinkov namakanja,
- navedbo lastnika oz. solastnikov zemljišč ter soglasje lastnika, če ni sam predlagatelj, soglasje solastnikov za uvedbo NS oz. seznam lastnikov zemljišč s podatki o površinah, ki jih imajo v lasti na predvidenem namakalnem območju in podpisane izjave lastnikov, da se strinjajo z namakanjem,
- izpisek podatkov o zemljiščih na območju načrtovanja namakanja,
- firmo in sedež investitorja (če je ta pravna oseba) oz. ime in priimek investitorjev, če so ti fizične osebe ter drugi podatki o investitorju v skladu z zakonom o gospodarskih družbah,
- predračun stroškov za izvedbo namakalnih del s predvidenimi viri zagotovitve sredstev,
- izjava investitorja o tem, da prevzema pravice, obveznosti in odgovornosti, ki izhajajo iz investicije namakanja in kasnejšega upravljanja z namakalnim sistemom in predlagano ureditev lastnine namakalnih objektov in naprav po končani zgraditvi NS.

Če so vsi pogoji za uvedbo NS po ZKZ izpolnjeni, MKGP uvede NS in izda odločbo. V odločbi so zapisane omejitve, pogoji, dolžnosti, obveznosti, odgovornosti, financiranje, lastništvo, merila in dela, ki se nanašajo na izvedbo sistema in namakanja. Izdana odločba predstavlja potrebno prilogo pri pridobivanju naslednjega dovoljenja, to je vodno dovoljenje.

### 2.3.11.2 Vodno dovoljenje oz. vodna pravica

Glede na ZV-1 (2002) namakanje sodi med t.i. posebno rabo voda za katero je potrebno pridobiti vodno pravico. Zakon določa, da se jo lahko pridobi z vodnim dovoljenjem za katerega upravno odločbo izda Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). Za dovoljenje je potrebno izpolniti Vlogo za pridobitev vodnega dovoljenja za neposredno rabo vode za namakanje kmetijskih zemljišč ali drugih površin ter priložiti vse zahtevane priloge. Vodno dovoljenje je potrebno pridobiti za vse vodne vire razen za vodni zadrževalnik, v katerega priteka meteorna voda (zajetje s strehe).

Glede na Pravilnik o vsebini vloge za pridobitev vodnega dovoljenja in o vsebini vloge za pridobitev dovoljenja za raziskavo podzemnih voda (Uradni list RS, št. 79/2007) mora vloga vsebovati zlasti:

- podatke o vodi, ki jo namerava prosilec rabiti,
- podatke o nameravani rabi,
- tehnično dokumentacijo o objektih in napravah, ki bodo rabili vodo,
- izpis iz veljavne prostorske dokumentacije,
- kopija načrta parcele z vrisom predvidenih objektov,
- izjava lastnika nepremičnine, na kateri bo odvzemni objekt, in druga ustrezna strokovna mnenja v skladu s predpisi, ki urejajo vode in izdajo vodnega dovoljenja.

Če zapišemo nekoliko bolj podrobno, je vlogi potrebno poleg opisa priložiti izris prostorske umestitve mesta odvzema. Podati je potrebno izdatnost vodnega vira, rabo maksimalne količine vode tako v l/s kot tudi v m<sup>3</sup>/leto ter opisati lastnosti in sestavne dele NS. V primeru črpanja podtalnice pri vrtnah globljih od 30 m je potrebno pridobiti posebno dovoljenje. K vlogi je potrebno priložiti tudi hidrogeološko poročilo, če gre za odvzem iz podtalnice, hidrološko poročilo pri odvzemu iz površinskih voda, tehnično dokumentacijo o izgradnji zajetja, kopijo načrta parcele in druge zahtevane priloge. Če se odvzema vodo iz površinskih voda je potrebno pridobiti tudi soglasje Zavoda za ribištvo, za izvedbo NS na ekološko pomembnih območjih pa še soglasje Zavoda za varstvo okolja. Na vodovarstvenih območjih vodno dovoljenje velja 10 let sicer pa 30 let. Na vlogo imetnika se lahko to podaljša ali spremeni.

ARSO izda vodno dovoljenje, če je nameravana raba vode v skladu z načrti upravljanja z vodami in če nameravana raba ne zmanjšuje, omejuje ali onemogoča izvajanja obstoječih vodnih pravic drugih upravičencev. Z dovoljenjem so imetniku podane informacije o vrsti, obsegu in namenu pravice, pogojih izvajanja, času trajanja, določilu plačila in drugih obveznosti, ki jih mora izpolnjevati imetnik skladno z izdanimi zakoni in predpisi.

### **2.3.11.3 Gradbeno dovoljenje**

V določenih primerih je gradnja NS in pripadajočih objektov za hrambo ali nabiro vode (če so ti potrebni) možna brez gradbenega dovoljenja. Za NS to velja takrat, ko je ta montažen, ne posega v prostor in ni objekt z vplivi na okolje (po zakonodaji gre za enostaven objekt). Med enostavne objekte spadajo vsi NS in vodna zajetja ter objekti za akumulacijo vode in namakanje do vključno 250 m<sup>3</sup> prostornine (Uredba o razvrščanju ..., 2013). Torej, če lokacijska informacija izkazuje skladnost gradnje NS z izvedbeno prostorskim aktom in če je njegova velikost, način gradnje in rabe ter odmik od meje sosednjih zemljišč v skladu s predpisom, pri gradnji zadostuje le lokacijska informacija.

Uvrstitev objektov v različne kategorije glede na Uredbo o razvrščanju objektov glede na zahtevnost gradnje (Uredba o razvrščanju ..., 2013) (enostavne, nezahtevni, manj zahtevni in zahtevni) je odvisna od površine zemljišča, ki se bo namakalo in prostornine ter velikosti vodnih zbiralnikov. Bistvena razlika med kategorijami je predvsem v potrebni dokumentaciji in soglasjih. Za enostavne objekte je kriterij že podan zgoraj, med nezahtevne in manj zahtevne objekte pa se uvršča površine namakanja do 50 ha, na varovanih območjih do 30 ha, velikost vodnih zbiralnikov pa sega od 250 m<sup>3</sup> do 2000 m<sup>3</sup>. Med zahtevne objekte se uvršča namakalne sisteme s površinami 50 ha in več, na zavarovanih območjih pa s površinami večjimi od 30 ha.

Če je gradbeno dovoljenje potrebno se k vlogi za pridobitev dovoljenja priložiti projektno dokumentacijo, ki obsega:

- projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja (PGD),
- projekt za izvedbo (PZI),
- projekt izvedbenih del (PID),

ter različna soglasja kot je vodno soglasje, požarno soglasje, mnenje regionalnega zavoda za varstvo naravne in kulturne dediščine, četrtne ali vaške skupnosti ipd.

Glede na ZVO (2006) je za objekte, ki imajo vpliv na okolje potrebno k PGD priložiti tudi poročilo o vplivih na okolje. Uredba o posegih v okolje, za katere je treba izvesti presojo vplivov na okolje (2014) podaja, da je pri malih namakalnih sistemih to potrebno, če:

- je NS načrtovan na strnjeni površini 10 ha ali več,
- črpamo 100 l/s vode ali več,
- je gradnja NS načrtovana na območju narodnega parka ali naravnega rezervata.

Po izdelanem poročilu (če je to potrebno) se pristojni upravni enoti vloži zahtevo za izdajo gradbenega dovoljenja. Ko so postopki presoje vplivov na okolje končani, ARSO izda okoljevarstveno soglasje. Temu postopku lahko nato sledi izdaja gradbenega dovoljenja.

## **2.4 Kapljični namakalni sistemi**

Kapljično namakanje je metoda s katero se vodo dodaja na zelene točke namakanja preko namakalnih linij (NL) ali lateral na katerih so vgrajeni kapljači. NL so lahko položene pod ali nad zemljo. Iztok vode preko kapljačev poteka pod nižjimi tlaki kot v primeru namakanja z oroševanjem, zato se tu porabi manj energije. Vzdolž NL se tlak zmanjšuje, zato mora biti razlika med dejanskim pretokom prvega in zadnjega kapljača dovolj majhna, da omogočamo izenačenost namakanja po vsej NL.



Sistem dodaja vodo na zelene točke namakanja po posameznih kapljicah oz. z majhnim curljanjem skozi kapljače, razporejene na NL. Tlaki pri dodajanju vode znašajo od cca. 0,25 bara pa do nekaj barov. Količina izpuščene vode je kontrolirana na kapljaču. Ko voda zapusti kapljač, se infiltrira v tla in začne propagirati v smeri, kjer je tenzija vode v tleh višja. Pri tem delujejo gravitacijske in kapilarne sile. Kakšna je namočenost tal je odvisno od lastnosti tal, trajanja in intenzitete namakanja (aplikativnega pretoka), števila in postavitev kapljačev (Ross et al. 1997). Razdaljo med kapljači in njihovo število določimo glede na velikost rastlin in medsebojno razdaljo zasaditve, vrsto tal in potrebnega namakalnega obroka. Slednji parametri vplivajo tudi na največje možne dolžine NL (Pintar, 2006).

Uporabnost takšnih sistemov se največkrat izkaže v primerih, ko je količina razpoložljive vode omejena saj sistem omogoča učinkovito dostavo vode točno na lokacijo kjer je ta potrebna. Kapljično namakanje je metoda, s katero se doseže najintenzivnejšo rastlinsko proizvodnjo ob najvišji stopnji varovanja okolja. Ustrezno upravljani, načrtovani, izvedeni in vzdrževani sistemi lahko dosegajo učinkovitost namakanja ( $U_c$ ) med 80 in 90 odstotki (Pintar, 2006).

Največkrat so se kapljični sistemi uporabljali v sadjarstvu, sadovnjakih oreškov, vinogradih, okrasnih vrtovih ter pri gojenju vrtnin, jagodičja in različnih sadik, v zadnjem času pa se uporabljajo tudi pri namakanju poljščin.

#### **2.4.1 Prednosti in slabosti kapljičnih namakalnih sistemov**

Prednosti kapljičnih namakalnih sistemov (Pintar, 2006):

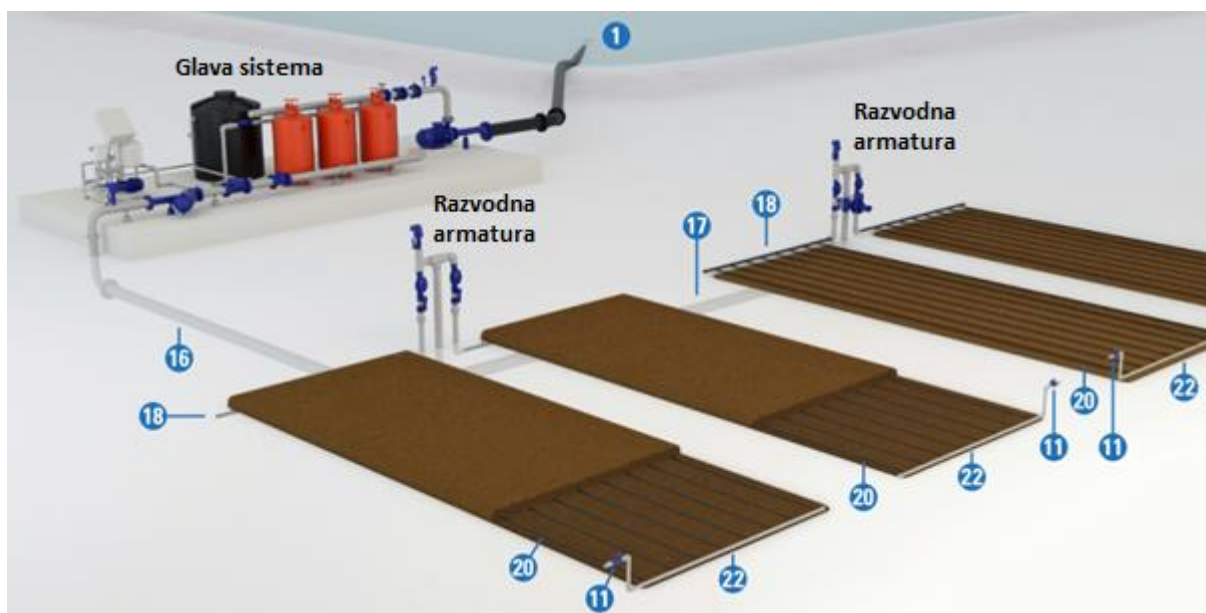
- Največja možna učinkovitost namakanja med vsemi vrstami NS;
- Nično ali zanemarljivo površinsko odtekanje vode, nizka evaporacija ter možnost kontroliranja globinskega odtekanja vode (namakamo lahko tako lahka kot težka tla);
- Vodo dodajamo točno na mesto, kjer se ta porablja (transpiracija rastlin), zato je poraba manjša;
- Medvrstni prostori ostajajo suhi in omogočajo prehod z mehanizacijo tudi v času namakanja;
- Manjša poraba energije zaradi delovanja opreme pri nižjih tlakih;
- Možnost dodajanja hranil ter s tem zmanjšanje spiranja hranil proti podtalnici;
- Manjša nevarnost za pojav bolezni zaradi ne močenja listnih površin;
- Sisteme je enostavno avtomatizirati, kar pomeni manj dela;
- Lahko se jih uporablja tudi na strmih skalnatih terenih in za skoraj vse vrste kmetijskih pridelkov.

Slabosti kapljičnih namakalnih sistemov (Pintar, 2006):

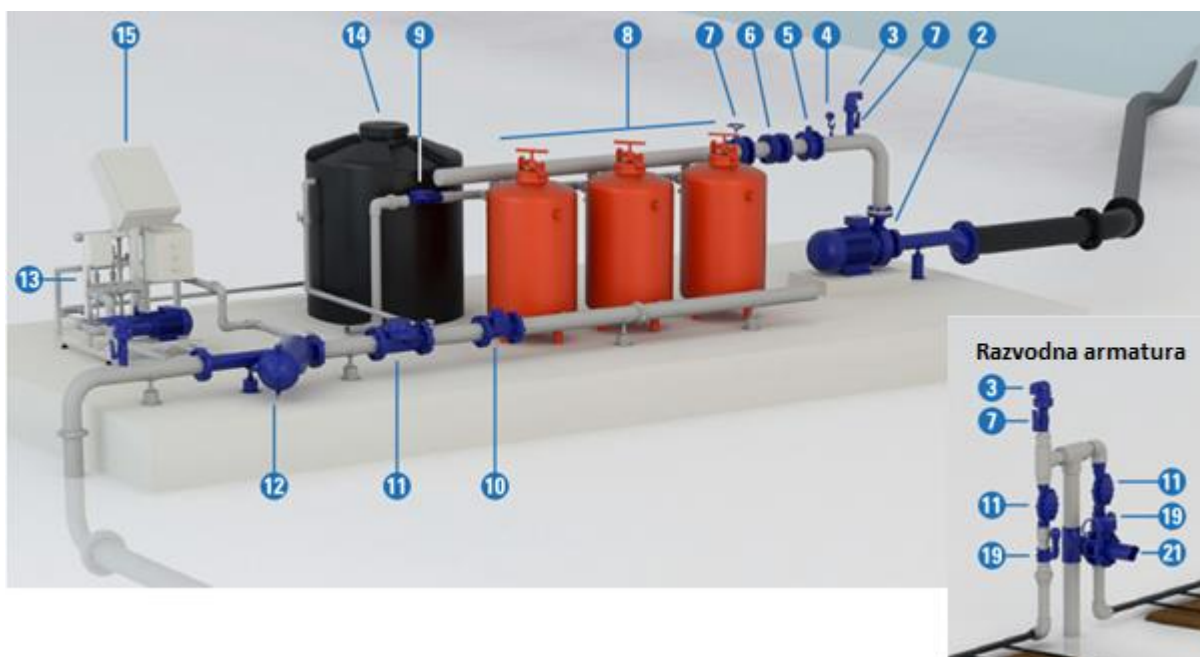
- Nevarnost mašenja kapljačev zato je potrebno poskrbeti za filtracijo vode;
- Na splošno večja cena tovrstnih sistemov;
- Potrebno je redno vzdrževanje;
- Večja zahtevnost pri upravljanju;
- Manjše živali kot so razni godalci lahko poškodujejo na površju položene tanjše cevi;
- Rastline razvijejo koreninski sistem v manjšem volumnu tal zato so bolj ranljive ob pomanjkanju vode.

## 2.5 Glavni elementi kapljičnega namakalnega sistema ter njihova izbira

Kapljične namakalne sisteme sestavljajo različni elementi. Glavni so: črpalka, filtri za vodo, manometri, vodomeri in različni ventili, dovodne in razvodne cevi, namakalne linije s kapljači ter dozirna enota. Povezanost elementov v celoto je prikazana na slikah 3 in 4. Posamezen element je označen s številko, na koncu serije slik pa je podano poimenovanje oštevilčenih elementov.



Slika 3: Elementi kapljičnega namakalnega sistema - prvič (prirejeno po NETAFIM, 2014a)



Slika 4: Elementi kapljičnega namakalnega sistema - drugič (prirejeno po NETAFIM, 2014a)

Poimenovanje oštevilčenih elementov iz zgornjih slik:

- |  |  |
|--|--|
| 1. Vodni vir                                 | 12. Sekundarna filtracijska enota                |
| 2. Črpalka                                   | 13. Dozirna enota                                |
| 3. Odzračevalni ventil                       | 14. Rezervoar za gnojila                         |
| 4. Manometer                                 | 15. Enota za upravljanje namakanja               |
| 5. Nepovratni ventil                         | 16. Glavna dovodna cev                           |
| 6. Blažilec hidravličnega udara              | 17. Sekundarna dovodna cev                       |
| 7. Zaporni ventil                            | 18. Razvodna cev                                 |
| 8. Glavna filtracijska enota                 | 19. Kinetični proti-vakumski odzračevalni ventil |
| 9. Avtomatski izpustni ventil pri filtraciji | 20. Namakalna linija                             |
| 10. Vodomer                                  | 21. Ventil, ki omogoča spiranje                  |
| 11. Regulacijski ventil                      | 22. Zaključna cev namenjena spiranju             |

### 2.5.1 Zaporedje inštalacije elementov namakalnega sistema in potrebna armatura

Elementi NS, njihove funkcije in potrebna armatura si pri namakalnem sistemu sledijo v naslednjem zaporedju, začenši pri vodnem viru (Ross et al., 1997):

1. Filtriranje večjih in težjih delcev, če je vodni vir površinska voda. Med pripadajočo armaturo spadajo zaporni ventili in vodomer.
2. V sistemu je potrebno zagotoviti ustrezen delovni tlak ali s črpalko ali pa vodnim virom z zadostnim gravitacijskim potencialom. Med pripadajočo armaturo spadajo manometer in zaporni ventili.
3. Dozirna enota za dodajanje hranil in kemikalij za čiščenje vodovodnega omrežja.
4. Filter za odstranjevanje finih organskih delcev, suspendiranih snovi in kemijskih oborin. Med pripadajočo armaturo spada manometer pred in za filtrom.
5. Sistem za povratno spiranje filtra. Med pripadajočo armaturo spadajo zaporni ventili.
6. Dovodne cevi (navadno položene pod zemljo). Med pripadajočo armaturo spadajo zaporni ventili.
7. Razvodne cevi (navadno položene pod zemljo). Med pripadajočo armaturo spadajo zaporni in regulacijski ventili ter ventili namenjeni spiranju.
8. Namakalne linije (položene nad ali pod zemljo).
9. Kapljači.
10. Tenziometri.

### 2.5.2 Kakovost vodnega vira

Pri načrtovanju kapljičnega NS je najbolj pomembna kakovost vode. Slednja določa ali je tovrstni sistem namakanja sploh mogoč. Tako površinske vode kot podtalnica navadno vsebujejo veliko nezaželenih mineralnih snovi (kemikalij) lahko pa tudi organske ostanke, alge, bakterije, majhne živali, semena in različne trdne delce (Ross et al., 1997).

Veliko težav lahko povzročijo alge in bakterije, ko se te enkrat razširijo v NL in kapljačih. Problem je predvsem mašenje kapljačev in tanjših cevi. Najboljša rešitev je čiščenje omrežja s pomočjo klora. V izogib temu je na površju tudi bolje uporabljati črne cevi (PE cevi), ki ne prepuščajo svetlobe (Ross et al., 1997).

Voda z veliko vsebnostjo natrija in nizko električno prevodnostjo uničuje strukturo tal kar povzroči drastično znižanje stopnje infiltracije tal (Ross et al., 1997). Če je vsebnost natrija izrazito velika, lahko škoduje tudi rastlinam. Za nepreverjene vode vire je priporočljivo izvesti analizo teh dveh parametrov.

Voda iz gospodinjstva kjer se uporablja mehčalce vode, je neprimerna zaradi velike vsebnosti soli. Sol škodi rastlinam ter povzroča mašenje kapljačev.

Trdne delce, ki se naberejo v omrežju izpiramo pod večjim pritiskom, kot je siceršnji pri normalnem delovanju.

Pri podtalnici je najpogostejši problem visoka koncentracija železa, kar pospešuje rast železovih bakterij. Če slednje ne filtriramo iz vode, lahko zamašijo kapljače. V preglednici 1 so prikazani fizični, kemijski in biološki faktorji, ki mašijo kapljače:

Preglednica 1: Faktorji, ki povzročajo mašenje kapljačev (povzeto po Ross et al. 1997)

<b>Fizični</b>	<b>Kemični</b>	<b>Biološki</b>
Organski delci	Kalcijevi ali magnezijevi karbonati	Citoskelet
Vodne trave	Kalcijevi sulfati, železove spojine	Sluzi
Alge	Železovi hidroksidi:	Mikrobi:
Vodne živali	- karbonati - silikati - sulfidi	- ostanki - železove bakterije, - manganove bakterije, - žveplove bakterije
Plastični delci	Hranila:	
Trdni delci tal: - pesek - ilovica - glina	- fosfati - amonijak - mangan - železo - cink - baker	

Torej pri načrtovanju NS je potrebno izvesti analize kakovosti vode. Na podlagi ugotovljenih parametrov nato izbiramo sistem filtriranja, vrste kapljačev in NL, potrebno dodajanje hranil in način vzdrževanja.

### 2.5.3 Vodna črpalka

Črpalka spada med osnovne elemente NS. V primeru, da je na voljo dovolj velik delovni tlak in pretok vode, črpalke ne potrebujemo. Primer tega je zadostna višinska razlika med vodnim virom (črpališčem) zgoraj in namakalnimi površinami spodaj (dovolj velik hidrostatični tlak), vodni vir iz komunalnega omrežja ali vodovodnega omrežja velikega NS (NETAFIM, 2014a).

Pri izbiri črpalke je potrebno vedeti kakšna je kakovost vode, ki jo črpamo, kakšne so potrebe NS po vodi, dostopnost vira energije in dostopnost do mesta črpanja (NETAFIM, 2014a). Slaba izbira črpalke se lahko kaže v visokih stroških in krajši življenjski dobi, hkrati pa to vpliva na zmožljivost in zanesljivost celotnega NS.

Razpoložljivost in dostopnost energije za potrebe črpalke je odvisna od lokalnih virov. Na splošno je najbolj zaželena elektrika saj so pri tem viru potrebe po delovni sili manjše, učinkovitost pa višja. Slednje se rezultira tudi v nižjih stroških energije. Če električnega vira ni na voljo, se uporablja bencin, dizel, ali solarna energija. Kot alternativa elektriki je najbolj razširjena je uporaba bencinskih agregatov za manjše črpalke in dizelskih agregatov za večje črpalke (NETAFIM, 2014a).

Za potrebe namakanja se največkrat uporablja centrifugalne črpalke (NETAFIM, 2014a). Pri tem tipu črpalke voda vteka v rotor pri določenem radiju in izteka pri večjem. Pri tem se spremeni kinetična, potencialna in tlačna energija. Voda priteka aksialno skozi vtočni del, ki se nahaja v središču rotorja, nato pa sledi sprememba smeri toka v radialno smer zaradi delovanja loput rotorja. Povečana kinetična energija se na izstopu iz črpalke pretvori v tlačno energijo (Mori in Drobnič, 2010). Glede postavitve črpalke ločimo na horizontalne, vertikalne in vertikalne – potopne (slika 5). Za črpanje iz površinskih vodnih virov se največkrat uporablja horizontalne črpalke za črpanje podtalne vode pa vertikalne ali vertikalne – potopne.

#### b) Vertikalna črpalka

#### c) Vertikalna - potopna črpalka

#### a) Horizontalna črpalka

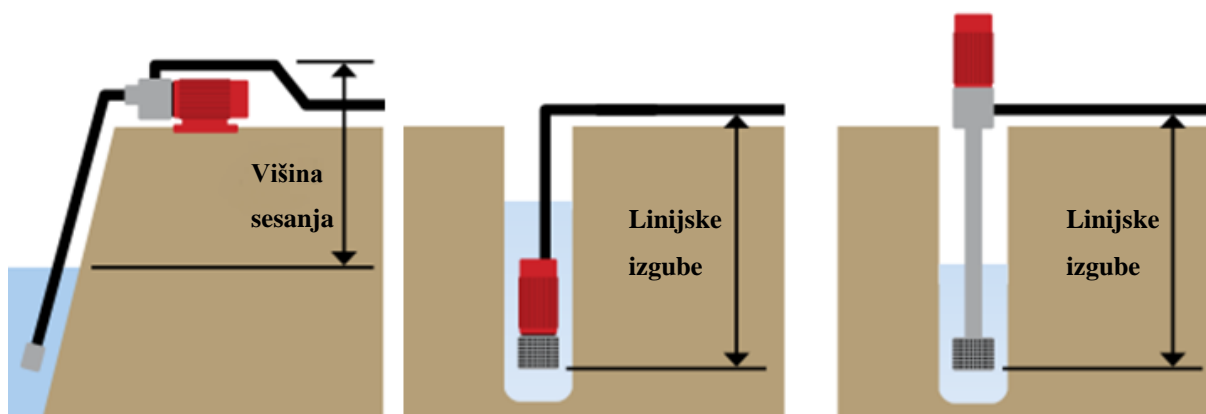


Slika 5: Črpalke (Tipi črpalke, 2015)

Osnovni faktorji glede na katere izberemo črpalko so pretok ( $\text{m}^3/\text{h}$ ,  $\text{l/s}$ ), višina črpanja (m, bar), višina sesanja (m, bar) in energijske izgube pri vtoku v črpalko (lokalne in linijske) (NETAFIM, 2014a).

Višina črpanja je odvisna od pretoka skozi črpalko in se podaja s črpalno krivuljo. Pri večjem pretoku je višina črpanja manjša in obratno, pri manjšem pretoku lahko črpamo višje. Pri izbiri črpalke moramo zagotoviti da črpalka izpolnjuje potrebno črpalno višino, tlak v omrežju in pretok.

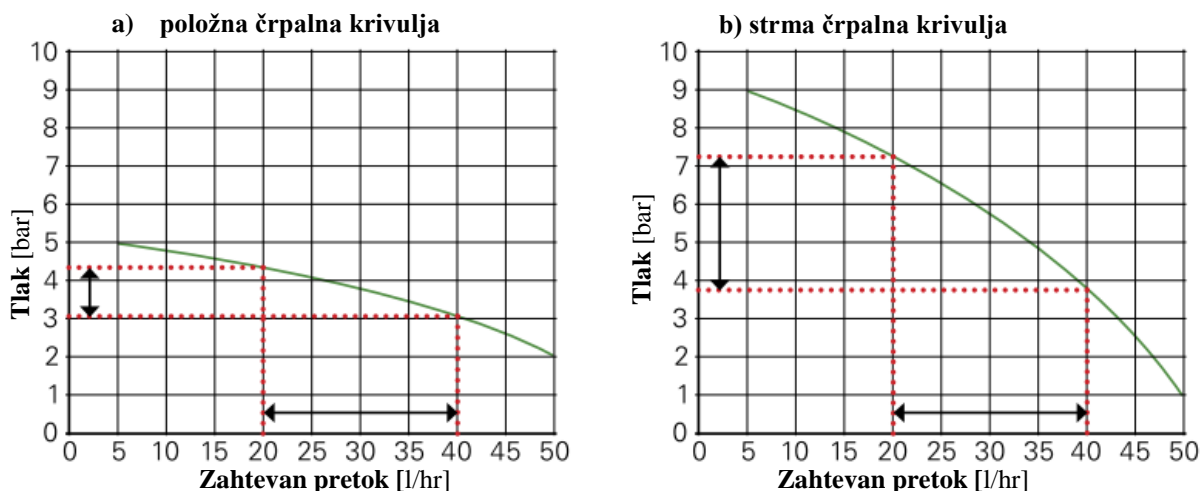
Pri višini sesanja (slika 6) moramo biti pozorni na maksimalno dovoljeno višino (navadno tovarniško določena), da ne pride do pojava kavitacije. Kavitacija se pojavlja, kadar pride do lokalnega zmanjšanja tlaka (pri vходу v črpalko). Voda se prične uparjati in tvorijo se parni mehurčki. Ko voda potuje naprej, pride do rotorja črpalke, kjer se tlaki naglo povečajo. Parni mehurčki se začno kondenzirati, prihaja do implodiranja oz. gibanja vode v prazen prostor. Pojav spremljajo veliki lokalni tlaki (do  $10^4$  bara), kar privede do erozije materiala in poškodovanja črpalke (Steinman, 2010). Če se črpalka nahaja pod gladino vode oz. nižje od gladine vode iz kjer črpamo se ponavadi kavitacija ne pojavlja.



Slika 6: Višina sesanja in linijske izgube pri črpanju (prirejeno po NETAFIM, 2014a)

Lokalne energijske izgube so največje pri vstopu v sesalno cev. Cev je na tem mestu opremljena s filtrom, ki onemogoča vstop nezaželenih snovi (filter je potrebno redno čistiti). Linijske izgube se pojavljajo zaradi trenja med tekočino in notranjimi stenami cevovoda. Izgube se povečujejo z dolžino cevi in s kvadratom hitrosti tekočine ter vplivajo na pretok in višino črpanja.

Črpalna krivulja podaja razmerje črpalne višine in pretoka črpalke. Za novo črpalko nam krivuljo poda proizvajalec, sicer pa je potrebno pri starejših, obrabljenih ali modificiranih črpalkah krivuljo ponovno določiti. Bolj kot je krivulja strma večja je sprememba pretoka proti spremembi delovnega tlaka, zato se priporočajo črpalke s čim bolj položnimi črpalnimi krivuljami (slika 7).



Slika 7: Črpalna krivulja (prirejeno po NETAFIM, 2014a)

Kakšne lastnosti mora imeti črpalna narekuje zasnovano namakalno omrežje. Pri izbiranju pa je najboljša tista črpalna, katere najboljše točka obratovanja (angl. *best operating point*) se najbolj približa zahtevanim parametrom zasnovanega omrežja (tlak v omrežju, pretok, in višina sesanja). Dlje kot se točka obratovanja nahaja od zahtevanih parametrov omrežja, višji so stroški obratovanja, manjša je učinkovitost in življenjska doba.

Življenjsko dobo črpalke lahko povečamo z bolj konstantno uporabo in manjšimi spremembami delovnega pretoka. Bolj enakomerne pretoke lahko dosežemo tako, da zaporedoma namakamo podobno velike površine. Priporočljivo je, da najmanjši pretok ne pade pod 75 odstotkov največjega pretoka (NETAFIM, 2014a).

#### 2.5.4 Filtracija

Filtracija je nujen ukrep pri vsakem kapljičnem namakalnem sistemu. Z učinkovitim filtriranjem dosežemo dolgoročno zanesljivo delovanje namakanja saj preprečujemo mašenje kapljačev in drugih elementov sistema. Mašenje je lahko posledica kemičnih, bioloških ali pa fizičnih dejavnikov (dejavniki so podrobneje opisani v poglavju 2.5.1). Poleg dobrega delovanja sistema je pri filtriranju oz. kakovosti vode, ki jo spuščamo v sistem pomembno tudi, da je ta primerna za rast rastlin in da ne poslabšuje lastnosti tal, saj se v vodi nahajajo različne suspendirane in raztopljene snovi. Nekateri parametri kakovosti vode, ki vplivajo na rastline, tla in dele NS so naštetih spodaj:

- |                          |                     |                     |
|--------------------------|---------------------|---------------------|
| - električna prevodnost, | - alkalnost,        | - vsota susp.snovi, |
| - pH,                    | - Cl,               | - vsota razt.snovi, |
| - Ca,                    | - SO <sub>4</sub> , | - kalnost,          |



- |                      |                       |                     |
|----------------------|-----------------------|---------------------|
| - Mg,                | - PO <sub>4</sub> ,   | - alge in klorofil, |
| - Na,                | - N-NH <sub>4</sub> , | - zooplankton.      |
| - K,                 | - N-NH <sub>3</sub> , |                     |
| - HCO <sub>3</sub> , | - B,                  |                     |
| - CO <sub>3</sub> ,  | - Fe,                 |                     |
|                      | - Mn,                 |                     |

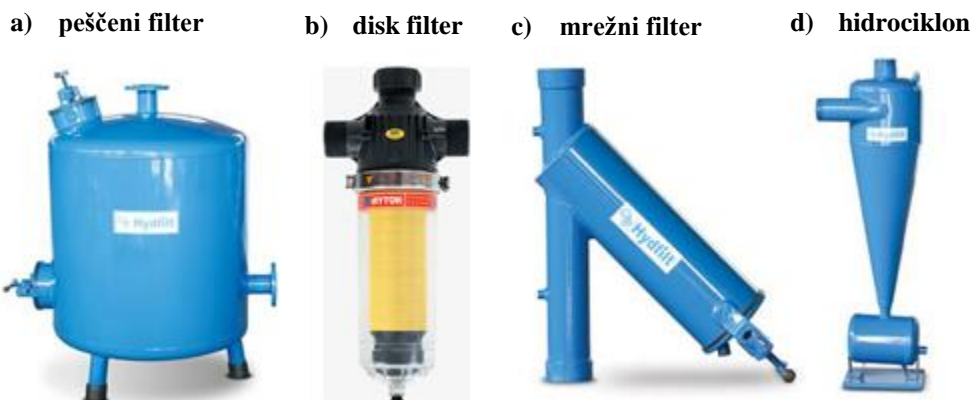
Kakšna je kakovost vode, glede na koncentracijo nekaterih snovi in kakšni so potrebni postopki za čiščenje, je prikazano v preglednici 2:

Preglednica 2: Koncentracija posameznih snovi v vodi in potrebna obdelava (prirejeno po NETAFIM, 2014a)

Parameter	Koncentracija			Obdelava
	Nizka	Srednja	Visoka	
Suspendirani delci [mg/l]	<20	20-60	>60	Filtracija*
Pesek [mg/l]	<1	1-5	>5	Separacija peska s hidrociklonom in filtracija*
Ilovica in glina [mg/l]	<20	20-60	>60	Filtracija*
Kalcijev karbonat [mg/l]	<50	50-300	>300	prilagajanje vrednost pH
Železo [mg/l]	<0,1	0,1-0,5	>0,5	Oksidacija in odstranjevanje železa
Mangan [mg/l]	<0,1	0,1-0,5	>0,5	Oksidacija in odstranjevanje mangana
Sulfid [mg/l]	<0,01	0,01-0,2	>0,2	Oksidacija in čiščenje
Alge (klorofil A) [mg/l]	<0,3	0,3-0,8	>0,8	Obdelava pri vodnem viru; Filtracija in kloriranje
Plankton	<2	2-20	>20	Obdelava pri vodnem viru in filtracija
Ceponožci	<5	5-50	>50	Obdelava pri vodnem viru in filtracija
Rotifere	<50	50-200	>200	Filtracija (pri nizki koncentraciji)
Raztopljen kisik	<0,5	0,1-0,5	0,1>	Obdelava pri vodnem viru
pH	prilagajanje vrednosti pH glede na rastline in tla			
Fosfor [mg/l]	<1	1-10	>10	Obdelava pri vodnem viru
Heterotrofne bakterije	0	Prisotnost	Kolonizacija	Obdelava pri vodnem viru; prečiščevanje
Žveplo bakterije	0	Prisotnost	Kolonizacija	Odstranjevanje žvepla in prečiščevanje
Železove in manganove bakterije	0	Prisotnost	Kolonizacija	Odstranjevanje železa in mangana ter prečiščevanje
Praživali	0	Prisotnost	Kolonizacija	Prečiščevanje
Mahovnice	0	Prisotnost	Kolonizacija	Prečiščevanje in filtracija
Polži in školjke	0	Prisotnost	Kolonizacija	Preprečevanje razvoja

\*V nekaterih primerih je pred filtracijo potrebna še sedimentacija

Za kapljične namakalne sisteme se najpogosteje uporablja peščene, disk in mrežne filtre ter hidrociklične filtre oz. odstranjevalce peska (slika 8).



Slika 8: Vrste filtrov, ki se uporabljajo pri namakalnih sistemih (Filtration Systems, 2015)

Peščeni filtri (peščeni ali gramoz) se uporabljajo za površinske vodne vire in kadar je vir odpadna voda. Izdelani so kot pločevinasta ali plastična posoda, napolnjena z majhnimi gramoznimi kamni ali peskom, ki preprečuje prehod umazanije. Filtri so izdelani tako, da je omogočeno povratno spiranje medija s tem pa ohranjamo ustrezno delovanje. Pri izvedbi je priporočeno, da se za medij filtrom postavi še žični filter, ki prepreči, da ob morebitni okvari prvega filtra, medij ne bi prišel v sistem (NETAFIM, 2014a).

Diskasti filtri se uporabljajo pri uporabi površinske vode, podtalnice in odpadne vode. Navadno je vzporedno nameščenih več filtrov. Posamezen filter sestavlja več plastičnih diskov, ki so naloženi v slojih. Površina diskov je prekrita z utori. Filter deluje tako, da voda potuje z zunanje strani diskov med dvema slojema proti njihovi sredini kjer je nameščena iztočna cev. Ker ima tak tip filtra večjo čistilno površino, kot npr. žični filtri se uporablja predvsem v sistemih z višjimi pretoki (NETAFIM, 2014a).

Mrežni filtri se uporabljajo kot primarni filtri pri čiščenju podtalnice ali odpadne vode in kot sekundarni filtri pri čiščenju površinske vode (NETAFIM, 2014a). Žični filter sestavlja v obliki valja napeta mreža iz žic. Voda potuje prek zunanjih sten proti notranjosti valja med tem pa se na mreži ustavlja umazanija. Filter se uporablja ko je vode že relativno čista.

Hidrociklični filtri oz. odstranjevalci peska se uporabljajo predvsem za predhodno čiščenje vode, v primeru večje prisotnosti težjih delcev kot je pesek. Centrifugalna sila, ki se ustvarja znotraj posode povzroči pomikanje težjih delcev proti stenam posode. Ločeni delci se usedajo na dnu, kjer se jih kasneje odstrani. Hidrociklon, ki praktično ni filter saj delcev ne ustavlja fizična bariera, se uporablja za predhodno čiščenje večjih delcev, zato v sistemu za njim potrebujemo še pravi filter. Takšno

dvojno čiščenje omogoča daljše delovanje glavnega filtra, brez potrebe po njegovem povratnem spiranju in čiščenju. Slabost hidrociklonov je, da delujejo le pri pretoku, za katerega so bili načrtovani.

Velikost odprtin filtrirne mreže ali utorov diskov je lahko podana v mikrometrih ali pa kot to podaja večina proizvajalcev v velikosti mreže. Velikost mreže predstavlja število por (odprtin) na razdalji enega palca (2,54 cm), mnogokrat pa ob tem ni podana velikost odprtin. Pretvorba med velikostjo mreže in odprtinami je podana v preglednici 3:

Preglednica 3: Pretvorba med mikrometri in t.i. velikostjo mreže (NETAFIM, 2014a)

Mikrometri [ $\mu\text{m}$ ]	420	250	177	152	105	100	75
Velikost mreže (št. odprtin na razdalji 2,54 cm)	40	60	80	120	140	155	200

Kaj je potrebno vzeti v obravnavo pri izbiri sistema filtracije in primerjava lastnosti različnih tipov filtrov je prikazana v preglednici 4:

Preglednica 4: Potrebna obravnavna in primerjava različnih tipov filtrov pri izbiri (NETAFIM, 2014a)

Obravnavna	Element	Mrežni	Peščeni	Disk
<b>Učinkovitost odstranjevanja različnih delcev in splošno obratovanje</b>	Suspendirani trdni delci	+	+++	+++
	Splošna stopnja filtracije	+	+++	++
	Pesek (po predhodni obdelavi hidrociklona)	+++	+	++
	Ilovica in glina	+	+++	++
	Alge (manjše od 40 mikronov)	+	+++	++
	Zooplankton	+++	++	+++
	Železo in mangan (po predhodni oksidaciji)	++	+++	++
	Sluzi	+++	+	++
<b>Tehnične in hidravlične lastnosti</b>	Majhne količine vode	+	++	+++
	Zelo velike količin vode	+++	+	++
	Minimalni tlak pri spiranju [bar]	2,2	2,0	1,5
	Količina in cena vode za spiranje	+	+++	+
	Kompleksnost sistema	++	++	++
	Zaščita pred korozijo	++	+	+++
<b>Delovanje in vzdrževanje</b>	Zahteve za delovanje in vzdrževanje	+	+++	+
	Pogostost izpada delovanja	+	+++	+
	Potrebno znanje	++	++	++
<b>Finance</b>	Cena sistema	Primerjava		
	Cena vzdrževanja	Primerjava		
	Cena potrebne armature (razni ventili)	Dodatni stroški		
	Cena m <sup>3</sup> filtrirane vode na uro	Končna cena filtrirane vode		

Pri načrtovanju filtriranja vode se je potrebno odločiti med različnimi tipi filtrov in natančnostjo čiščenja. Kakšna bo izbira, je odvisno od kvalitete vodnega vira in potreb namakalnega omrežja. Kapljači so tisti elementi omrežja, ki definirajo tip filtra in njegovo natančnost filtriranja. Večina kapljičnih NS potrebuje natančnost čiščenja vsaj 130 mikronov (velikost mreže 120) ali več (NETAFIM, 2014a). Eno izmed splošnih načel pri načrtovanju je tudi, da se izbere takšne filtre, ki zadržijo vse delce, ki so večji od ene desetine premera najmanjšega prepusta v sistemu (Ross et al., 1997). Raztopljenih mineralnih snovi, alg na nivoju celic ali bakterije ni mogoče filtrirati.

Dobro prakso pri načrtovanju filtriranja predstavlja izvedba dveh faz filtracije. S prvo se poskrbi za odstranjevanje relativno velikih delcev, za kar se uporablja peščene ali disk filtre. Še pred tem se v primeru pojava peska oz. delcev večjih od 50 mikronov uporabi tudi hidrociklični odstranjevalec peska. V drugi fazi se odstrani relativno majhne delce, ki so prešli prvo fazo. Pri tem se lahko uporabi mrežne ali disk filtre (NETAFIM, 2014a).

Pri filtriranju je potrebno poskrbeti tudi za vračanje snovi, ki niso bile zaželeno nazaj v vodni vir. Če je vir vodotok, je potrebno snovi vrniti dolvodno od mesta črpanja.

### **2.5.5 Glavne, sekundarne (dovodne) in razvodne cevi**

Po ceveh omrežja voda potuje od črpalke preko filtrov in ventilov do kapljačev. Premeri cevi v omrežju morajo biti ustrezno dimenzionirani, pri tem pa morajo cevi prenesti tudi maksimalne tlake. V omrežju ne sme prihajati do večjih izgub ali pa dvigovanja tlakov. V omrežju se navadno uporabljajo polivinil klorid (PVC,) polietilenske (PE) ali podobne fleksibilne cevi, na črpališču pa tudi jeklene. Med seboj so cevi spete z različnimi spoji ali zvari (NETAFIM, 2014a).

Pri načrtovanju omrežja je potrebno upoštevati različne dejavnike. Pri dimenzioniranju cevi upoštevamo finance, trenjske izgube, možnosti vodnega udara in potrebe po spiranju (NETAFIM, 2014a). Če je premer cevi večji, so manjše trenjske izgube oz. je začetni strošek nakupa višji, nato pa je cena črpanja nižja. Pri ceveh, položenih na površju tal, je zaradi temperaturnih sprememb potrebno upoštevati tudi krčenje in raztezanje. Pri polaganju razvodnih cevi je bolje, če so te položene pod nivojem NL. S tem dosežemo, da se prisotni delci v vodi raje usedajo v razvodni cevi, kot pa da bi prišli do kapljačev. Sekundarne in razvodne cevi je potrebno dimenzionirati glede na dejanske pretoke, ki so potrebni za posamezno namakalno površino saj so površine, kjer se uporabljajo kapljični NS pogostokrat nepravilne oblike ali na razgibanem terenu. Pri načrtovanju omrežja in dimenzioniranju cevi je potrebno upoštevati tudi kakšni so pretoki pri spiranju saj so ti lahko drugačni od sicer uporabljenih za namakanje. Hitrosti vodnega toka pri spiranju naj bi se gibale med 1,0 in 2,0 m/s (NETAFIM, 2014a). Cevi se spira minimalno enkrat na rastno sezono. Ker omrežje cevi ni 100 %

neprepustno, je potrebno upoštevati tudi vodne izgube. V Slovenskem namakalnem projektu (cit. po Pintar, 2006) so ocenjene izgube v dovodnih in razvodnih cevovodih 3 % (2 % v razvodnem in 1 % v dovodnem cevovodu).

### 2.5.6 Vodomeri in manometri

Vodomeri in manometri so osnovni in nujni elementi kapljičnega NS (slika 9). Skupaj z ventili imenujemo te naprave tudi armatura. Uporabljajo se za nadziranje pretokov in tlakov v omrežju. Na podlagi merjenj lahko določimo koliko vode dodajamo pri namakanju in preverjamo, če je prišlo do mašenja kapljačev ali puščanja omrežja.

a) vodomer



b) manometer



Slika 9: Vodomer (Vodometry, 2015) in manometer (Manometrs, 2015)

Pri NS se najpogosteje uporabljajo mehanski vodomeri, ki imajo vgrajen propeler, na podlagi katerega merimo pretok. Vodomer se navadno inštalira na črpališču, manjše merilce pa lahko tudi na izbranih namakalnih linijah kar nam omogoča boljše spremljanje mašenja kapljačev. Manjši merilci na NL se navadno uporabljajo na velikih namakalnih sistemih, saj tako lažje zaznamo mašenje kapljačev. Pri inštalaciji je potrebno paziti, da merilci niso pričvrščeni tik ob ventilih ali kolenih cevi, saj bi s tem dobili slabše meritve.

Z manometri ugotavljamo ali je prišlo do puščanja in mašenja, nepogrešljivi pa so tudi pri kontroliranju filtriranja, pri doziranju kemičnih sredstev in pri kontroli tlaka, ki ga moramo zagotavljati v omrežju. Pri izbiri merilnikov je potrebno izbrati takšne, ki imajo na skali delovni tlak omrežja približno na sredini (NETAFIM, 2014a). S tem dosežemo ustrezno natančnost meritev. Manometre v omrežju inštaliramo na črpališču, pred vsako ločeno namakalno površino ter na začetku in koncu NL.

### 2.5.7 Ventili

Pri namakalnem sistemu je ključno, da zagotavljamo ustrezen pretok in tlak v omrežju. S pravilno izbiro in pozicijo ventilov lahko kontroliramo omenjena parametra. Velikost ventilov, maksimalni delovni tlak in material izdelave morajo ustrezati zahtevam sistema. Pri neustrezno dimenzioniranih ventilih, npr. pri prevelikih ventilih, lahko prihaja do neustreznega odpiranja in zapiranja, pri premajhnih pa do oviranja vodnega toka in tlačnih izgub (NETAFIM, 2014a).

Zaporni ventili se uporabljajo za vklop in izklop oz. za popoln pretok ali popolno zaporo pretoka vode. Uporablja se različne vrste zapornih ventilov: zasun, krogelni ventil in loputa (metuljček).

Proti-povratni ventili preprečujejo tok vode v povratni smeri. Uporabljajo se v različnih primerih: za izhodom črpalke, ki črpa vodo na višjo koto; za filtrom, če sledi potiskanje vode na višjo koto; pred dozirno enoto za hranila ali kemična sredstva.

Ventili za regulacijo pretoka skozi ventil se uporabljajo za različne namene. Lahko delujejo kot zaporni ventili, zmanjšajo delovni tlak v omrežju dolvodno ali pa vzdržujejo določen tlak z odpiranjem in zapiranjem in sproščajo tlak tam, kjer je prevelik (NETAFIM, 2014a).

Odzračevalni in vakuumski ventili skrbijo, da pri polnjenju in praznjenju sistema z vodo izpustimo zrak v ali iz cevi.

Pri dimenzioniranju ventilov velja nekaj splošnih usmeritev (RAINBIRD, 2015):

- pri toku skozi ventil naj lokalne energijske izgube ne bodo večje od 10 % delovnega tlaka cevi, na katero je inštaliran ventil
- velikost ventila naj bo enaka velikosti cevi ali maksimalno eno nominalno velikost manjša

### 2.5.8 Dozirna enota

Dozirna enota skrbi za dodajanje hranil ali kemičnih sredstev vodi. Dodajanje hranil izboljša kakovost in količino pridelka. Dodane količine hranil je potrebno podrobno določiti glede na razvojno fazo rastlin. Kemična sredstva se dodajajo za potrebe čiščenja namakalnega omrežja in preventivo pred mašenjem (dodaja se klor, vodikov peroksid, kisline) ter kot dopolnila sredstva za potrebe rastlin in tal (herbicidi, pesticidi) (NETAFIM, 2014a).

Pri načrtovanju se moramo odločiti za ustrezen tip in kapaciteto dozirne enote. Kapaciteta je odvisna od tega ali bomo uporabili tudi dodajanje hranil ali le dodajanje kemičnih sredstev. Razmerje vode in

hranil je namreč manjše od razmerja kemičnih sredstev in vode, zaradi česar je pri prvem primeru kapaciteta dozirne enote precej večja (NETAFIM, 2014a).

Doziranje hranil ali kemičnih sredstev lahko poteka na različne načine, od načinov pa je odvisna tudi oprema, ki jo potrebujemo. Dodaja se lahko le en tip hranila hkrati, več hranil hkrati, vsa hranila naenkrat v obtok, postopno dodajanje hranil v obtok in dodajanje hranil glede na meritve (npr. pH) (NETAFIM, 2014a).

Sestavni deli dozirne enote so rezervoar za hranila, hidravlično brizgalo in po potrebi črpalka (slika 10).



Slika 10: Venturi injektor z dodatno črpalko ter rezervoar za hranila (NETAFIM, 2014a)

Venturi injektor na sliki 10 deluje po principu venturijeve cevi, ki je oblikovana tako, da se toku, ki teče skozi cev pospeši hitrost, pri tem pa tlak pade na raven vakuuma. Na točki, kjer se pojavlja vakuum je inštalirana cev, ki vodi do rezervoarja s hranili. Da bi venturijev injektor deloval, je potrebna zadostna razlika v delovnem tlaku na vhodu in izhodu iz venturijeve cevi. Če je razlika premajhna, se lahko doda tudi črpalko (NETAFIM, 2014a).

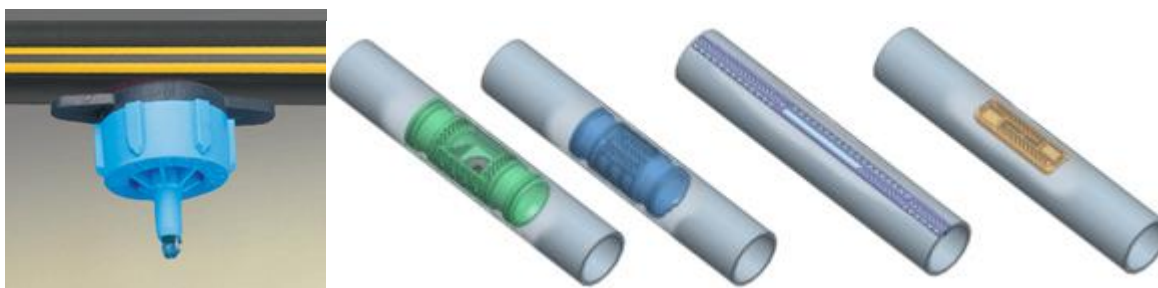
### 2.5.9 Namakalne linije in kapljači

Namakalne linije (NL) s kapljači so jedro kapljičnega NS. Pri načrtovanju je potrebno določiti tip in kapaciteto kapljačev, razdaljo med kapljači in razdaljo med NL, njihov premer ter globino polaganja, če se odločimo za podzemno namakanje.

Kapljači so naprave, ki omogočajo, da voda izteka iz lateral z določenim pretokom in prehaja v tla h koreninskemu sistemu. Namen kapljačev je znižati tlak pri izhodu iz NL tako, da je vodni tok pri tem čim bolj enakomeren. Slednje omogoča tudi bolj enakomerne pretoke skozi vse kapljače po dolžini NL. V NL tipičnega NS je na določeni medsebojni razdalji vstavljenih na tisoče kapljačev. Za

ustrezno delovanje je pomembno, da se kapljači ne mašijo in da so postavljeni na takšnih razdaljah, da ne bi povzročali površinskega ali globinskega odtekanja vode (NETAFIM, 2014a).

Kapljače lahko delimo na tiste, ki se nahajajo znotraj lateral (angl. *in-line drippers*) in tiste, ki so pričvrščeni na laterale (angl. *on-line drippers*) (slika 11). Kapljači, ki so nameščeni na laterale se uporabljajo predvsem v nasadih in sadovnjakih oz. tam, kjer lokacijo kapljačev določimo med polaganjem lateral. Pričvrščevanje kapljačev zahteva dodatno delo, prav tako pa kapljači na lateralah nekoliko bolj ovirajo spravljanje lateral (Ross et al. (1997).



Slika 11: Kapljač pričvrščen na NL (Bombayharbor, 2009) in različni vgrajeni kapljači (DRTS, 2006)

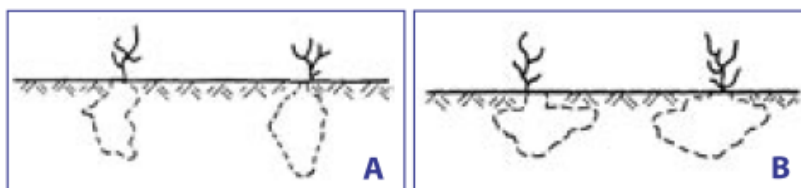
Dalje kapljače delimo na tlačno kompenzacijske in ne-kompenzacijske (NETAFIM, 2014a). Tlačno kompenzacijski kapljači omogočajo isti pretok vode ne glede na delovni tlak, pri ne-kompenzacijskih pa se pretok skozi kapljač spreminja s tlakom. Na ta račun kompenzacijski kapljači omogočajo enakomerno namakanje ne glede na dolžino lateral, v kolikor upoštevamo omejitve proizvajalcev. Pri ne-kompenzacijskih kapljačih se pretoki vzdolž lateral nekoliko spreminjajo. Parametri, ki vplivajo na spremembe pretokov oz. spremembe tlaka so kapaciteta kapljača, premer cevi in razdalja med kapljači (NETAFIM, 2014a).

Kot je bilo že omenjeno, zunanje kapljače uporabljamo takrat, ko lokacijo namakanja določamo ob položitvi lateral in v primeru, ko se namakalne površine še razvijajo (sadovnjaki in zasadi). Notranje vgrajene kapljače pa izberemo v primeru bolj gosto in enakomerno sejanih rastlin (poljščine). Za kompenzacijske kapljače se odločimo, kadar: je padeč terena večji od 2,0 %; v primeru spuščanja in dviganja terena; pri uporabi dolgih lateral, so rastline občutljive na prekomerno ali nezadostno namakanje; v sadovnjakih želimo enakomerno rast rastlin z daljšo življenjsko dobo in povsod, kjer je potrebna enakomerna distribucija vode (NETAFIM, 2014a).

Delovni tlak kapljačev je relativno nizek (navadno med 0,25 in 3,5 bara), kapaciteta oz. pretok pa se največkrat giblje v razponu od cca. 0,5 l/h do 8,0 l/h (Ross et al., 1997). Kakšno kapaciteto kapljačev potrebujemo, je odvisno od lastnosti tal. Za bolj lahka peščena tla se priporoča kapljače z večjo



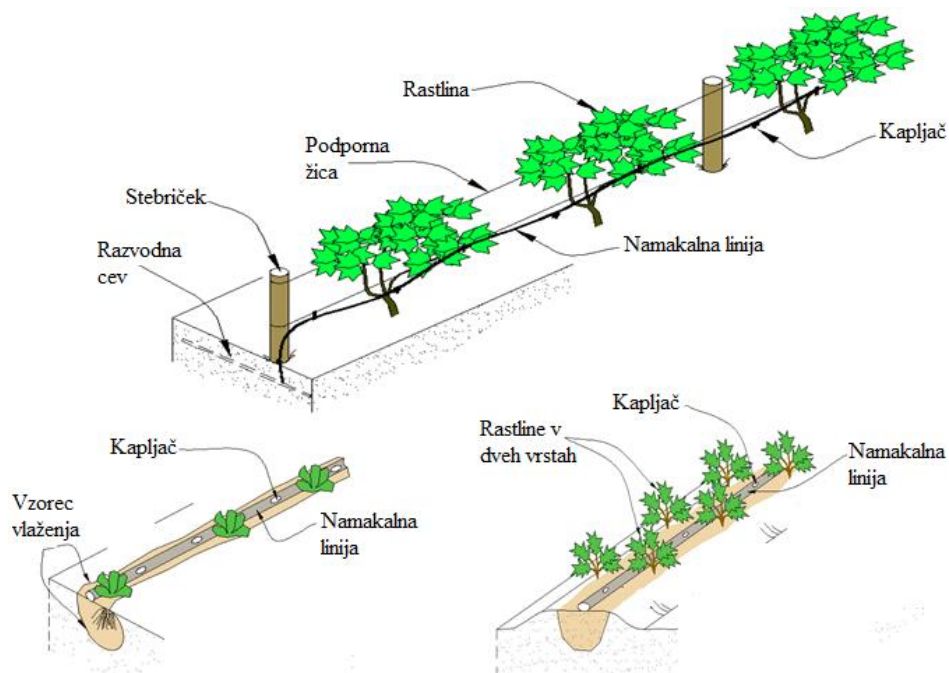
kapaciteto kot na težkih glinastih tleh. V lahkih peščenih tleh voda namreč hitro potuje vertikalno med tem, ko se v težkih tleh dobro razporeja tudi v horizontalni smeri (slika12). Torej večja kot je kapaciteta kapljačev, bolj horizontalno se bo razporedila voda v tleh. Pri izbiri kapacitete je potrebno upoštevati tudi razdaljo med kapljači in, da vode ne dodajamo tako hitro, da bi povzročili površinsko odtekanje. Splošno velja tudi, da je bolje uporabljati večje število kapljačev določene kapacitete in krajši čas namakati, kot pa uporabiti manjše število kapljačev z večjo kapaciteto (Ross et al., 1997).



Slika 12: Vzorec vlaženja lahkih peščenih (A) in težkih glinastih tal (B) (Pintar, 2006).

Razdaljo med kapljači določimo glede na kapaciteto kapljačev, lastnosti tal ter glede na vrsto in gostoto rastlin. V težjih tleh navadno voda pronica v globino in širino v enakem obsegu, medtem, ko v lahkih tleh navadno širina pronicanja vode ne predstavlja polovice njene globine. Splošne smernice so, da se pri namakanju na lažjih tleh kapljače postavi bolj skupaj kot na težjih tleh. Pri lažjih tleh naj ne bi uporabljali razdalje večje od 30 cm, pri srednje težkih tleh pa ne več od 60 cm. Na splošno se razdalje med kapljači gibajo med 30 in 90 cm (Ross et al., 1997).

Pri izbiri NL je potrebno upoštevati naslednje faktorje: notranji premer in debelino sten cevi ter kapaciteto kapljačev in njihovo medsebojno razdaljo (NETAFIM, 2014a). Slednja parametra vplivata na največjo dovoljeno dolžino NL. Vzdolž teh se pojavljajo izgube tlaka, kar pomeni, da se pretoki skozi kapljače z dolžino zmanjšujejo (če ne uporabljamo tlačno kompenzacijskih kapljačev). Odstopanje od projektiranega pretoka na kapljačih naj ne bi presegalo 20 % (NRCS, 2015a). Pri tlačno kompenzacijskih kapljačih je za ustrezno delovanje potrebno vzdolž NL zagotoviti minimalen potreben tlak. Največje možne dolžine NL se gibljejo od nekaj deset do nekaj sto metrov. Pri načrtovanju linij je potrebno zagotoviti tudi ustrezno spiranje le teh. Minimalna hitrost toka po ceveh mora znašati 0,3 m/s (NETAFIM, 2014a). Širino med linijami določimo glede na rastline, ki bodo uspevale ter glede na procesne metode in vrsto kmetijske mehanizacije. Na sliki 12 so prikazane tipične postavitve NL.



Slika 13: Tipične postavitve namakalnih linij (povzeto po NRCS, 2015a)

Glavni parametri NL so zunanji in notranji premer cevi, debelina stene in dolžina cevi. Glede na debelino sten cevi, lahko NL delimo na (NETAFIM, 2014a):

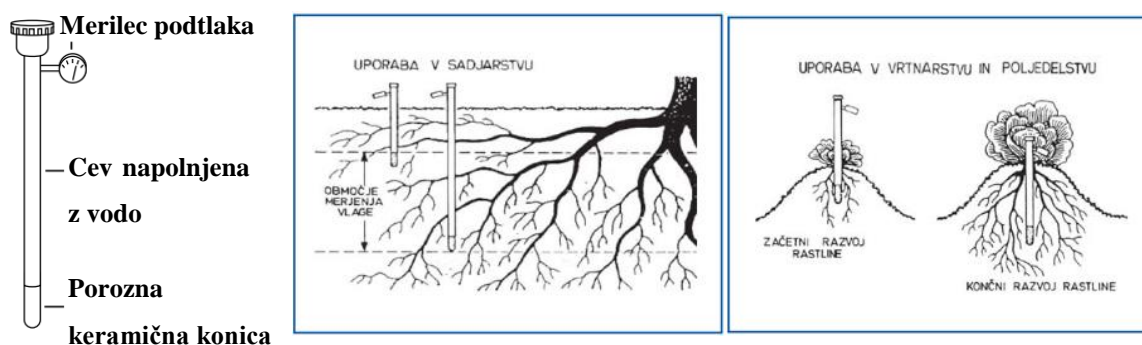
- NL s tankimi stenami (0,15 – 0,38 mm): primerne za 1 – 3 rastne sezone. Posebej primerne za gojenje zelenjave in poljščin, po končani sezoni se lahko pripravijo.
- NL s srednjo debelino sten (0,50 – 0,80 mm): primerne za 4 – 9 rastnih sezon, gojenje trajnih rastlin in rastlin v vrstah. Uporablja se jih lahko tudi za podzemno namakanje.
- NL z debelimi stenami (0,90 – 1,20 mm): so primerne za 10 ali več rastnih sezon. Uporablja se jih predvsem za namakanje trajnic, sadovnjakov in vinogradov. Primerne so tudi za podzemno namakanje.

Da bi NL ustrezno delovale, jih je potrebno spirati. Pri spiranju želimo skozi cevi doseči višjo hitrost vode, kot je ta sicer pri namakanju. Zagotovitev višjih hitrosti je lahko problem pri večjih namakalnih površinah, zato je včasih potrebno inštalirati dodatno vodno črpalko, ali pa namakalne površine razdeliti na manjše enote. Višje hitrosti skozi NL omogočimo s prostim iztokom na koncu linij. Konci so lahko izvedeni na različne načine. Lahko jih povežemo s cevjo, ki je namenjena odvajanju vode, lahko se zaključijo z ventilom za spiranje ali pa le prepognejo in povežejo z gumico (NETAFIM, 2014a). NL se spira po potrebi, glede na mašenje kapljačev.

### 2.5.10 Tenzimeter

Tenzimetre uporabljamo za ugotavljanje sprememb količine vode v tleh med posameznimi namakanji in so praktično nujni pri planiranju namakanja in namakalnih obrokov. Z njihovo uporabo ugotovimo, kakšno tenzijo morajo rastline premagovati, da lahko črpajo vodo oz. izvemo, kakšna je količina rastlinam dostopne vode. Tenzimeter deluje na podlagi merjenja podtlaka (tenzije) v razponu do 0,8 bara. Na podlagi meritev lahko nato s pomočjo krivulje tenzije določimo količine vode. Tenzija 0,8 bara se v težkih tleh relativno dobro pokrije s 70 – 80 % PK, pri srednje težkih tleh pri 0,5 bara in pri lahkih tleh pri približno 0,3 bara. Z namakanjem naj bi vzdrževali količino vode v tleh, ki je večja od 70 – 80 % PK (Pintar, 2006). Ko dodamo obrok namakanja mora biti tenzija blizu PK. Pri težkih tleh je ta pri cca. 0,33 bara, pri srednje težkih tleh pri cca. 0,2 bara in pri lahkih tleh pri cca. 0,1 bara.

Tenzimetre namestimo v območje glavne mase korenin. Včasih to pomeni, da potrebujemo več tenzimetromv nameščenih na različnih globinah tal, odvisno od vrste rastlin (slika 14).



Slika 14: Tenzimeter (prirejeno po NETAFIM, 2014a) in njegova namestitev pri različnih pridelavah (Pintar, 2004)

Lokacije in število meritev so odvisne od raznovrstnosti rastlin in tipov tal. Neprimerna mesta za meritve so na najvišjih ali najnižjih mestih terena, na lokacijah kjer je infiltracija vode slaba in na površinah kjer je namakanje nezadostno zaradi neustrezne razporeditve NL. Mesta meritev je zaradi varnosti pred poškodbami potrebno označiti (NETAFIM, 2014a).

### 2.6 Načrtovanje NS in namakalni parametri

Primarna naloga pri načrtovanju NS je, da sistem dostavlja rastlinam takšne količine vode kot jo te potrebujejo. Za dimenzioniranje je potrebno upoštevati tisto rastlino, ki izkazuje največje potrebe po vodi. Padavin pri dimenzioniranju ne upoštevamo. Upoštevamo jih pri izračunu namakalnega urnika tekom rastne sezone. Večinoma so NS dimenzionirani na 80 - 90 % verjetne  $ET_c$ , ki je približno 10 %

višja kot povprečna  $ET_c$ . V tem primeru sistem rastlinam zagotavlja dovolj vode, da rastline le v 10 % let (vsako deseto leto) niso optimalno oskrbljene z vodo (Pintar, 2006). Ross et al. (1997) podaja, da je potrebno v suhih in srednje suhih klimatskih pogojih pri pridelkih z visoko dodano vrednostjo zagotavljati od 90 – 95 %  $ET_c$ , pri pridelkih srednje dodane vrednosti je lahko dovolj 80 %  $ET_c$  in pri pridelkih nizke dodane vrednosti je lahko dovolj že zagotavljanje 50 %  $ET_c$ .

Enakomernost dostavljene vode na celotni namakalni površini je odvisna od enakomernosti tlakov v kapljačih, višinske razgibanosti terena in vzdrževanja sistema. Spremembe v tlaku so posledica linijskih izgub energije zaradi trenja v ceveh, mašenja kapljačev, sprememb višine terena in neenakomernosti izdelave kapljačev. Uporaba tlačno kompenzacijskih kapljačev lahko v veliki meri odpravi težave s tlakom (NETAFIM, 2014a).

Pri načrtovanju je potrebno pretehtati koliko časa bo trajal en obrok namakanja, koliko kapljačev potrebujemo, kakšne vrste in kakšne kapacitete. Izbira elementov NS je opisana v poglavju 2.5. Glede dolžine namakanja je splošna usmeritev ta, da je strošek namakanja enega ara najmanjši ob najdaljšem trajanju namakanja saj takšna zasnova pomeni nizke pretoke in posledično tudi tanke cevi sistema (Ross et al., 1997). Čas namakanja je sicer odvisen od urnika, ki bo zagotovil namakanje vseh površin ter od faktorja varnosti. Pri enkratnem namakanju je potrebno zagotoviti toliko vode, kot je bilo porabljen od časa zadnjega namakanja. Idealno najnižje stroške NS dosežemo pri konstantnem dodajanju potrebne vode ali pa pri dodajanju vode točno takrat, ko je ta potrebna. Izračun časa namakanja je podan v nadaljevanju (poglavje 2.6.4). Zaradi varnosti pri okvari NS je priporočljivo, da je namakanje dnevno in, da količina vode v tleh zadostuje rastlinam za vsaj tri dni. Priporoča se maksimalno 18-urno dnevno namakanje (Ross et al., 1997). Ostali čas je potreben za osnovno vzdrževanje, popravila ter, da zagotovimo večjo varnost v času največje porabe vode.

Pri načrtovanju NL (opisano v poglavju 2.5.8) je glavno vodilo največje dovoljeno odstopanje pretoka na kapljačih glede na načrtovan pretok. To odstopanje je lahko maksimalno 20% (NRCS, 2015a). Linije so navadno povezane z razvodnimi cevmi v manjše enote, razvodne cevi pa prek zapiralnih ventilov z dovodnimi cevmi. Pri dimenzioniranju cevi NL in razvodnih cevi se je potrebno posvetiti spremembam tlaka. Idealna razporeditev izgub tlaka v eni enoti je polovično razdeljena med razvodno cev (50 %) in linije (50 %) (Ross et al., 1997). NL se na terenu položi tako, da so čim bolj v ravnini (čim manj višinske razlike vzdolž linij). Dovodne cevi se na terenih v naklonu položi v smeri padca. Vse cevi morajo biti načrtovane tako, da omogočajo izpust vode in spiranje nezaželenih snovi (Ross et al., 1997).

Ukrepi za doseganje enakomerne razporeditve tlaka v razvodnih ceveh (Ross et al., 1997):

- Razvodne cevi razdelimo na več krajših cevi ali pa jih na terenu položimo tako, da je višinska razlika med spojem z dovodno cevjo in zadnjim iztokom v NL manjša od 3,0 m.
- Pred vsako enoto NL oz. na razvodni cevi inštaliramo regulator tlaka in pretoka – hidravlični ventil.
- Kjer je potrebno uporabimo kompenzacijske kapljače.
- NL razvodne cevi in sekundarne razvodne cevi dimenzioniramo tako, da minimiziramo linijske izgube zaradi trenja.
- Zagotoviti je potrebno ustrezno stopnjo delovnega tlaka v omrežju.

Osnovne podlage in informacije, potrebne pri načrtovanju kapljičnega NS in planiranju namakanja so (Ross et al., 1997):

- Topografska karta z izohipsami, višinske razlike 0,5 m, geometrija polja in višinske kote ključnih točk omrežja.
- Tekstura tal, poljska kapaciteta in delež lahko dostopne vode, ki velja za rastline, ki jih želimo gojiti, ET rastlin, površina in volumen tal, ki jih bomo namakali.
- Vrsta, velikost, lokacija, razporeditev in gostota zasaditve ali sejanja rastlin.
- Vodni vir: razpoložljivost (količine), kvaliteta, lokacija, urnik odvzema, naprave za merjenje različnih parametrov vode.
- Zaželeno površinsko ali podzemno namakanje in tipi NL.
- Spremljanje kakovosti vode in potreben sistem filtriranja.
- Dovodne cevi, ventili, manometri, regulatorji tlaka in pretoka ter dozirne enote.
- Vir energije: tip, lokacija.
- Črpališče.
- Možna razširitev namakanja v prihodnosti, sprememba rastlin, v sadovnjakih upoštevanje velikosti odraslih dreves.
- Želje upravljalca glede avtomatiziranja sistema in urnika namakanja ter njegova usposobljenost.

Ključni koraki pri načrtovanju kapljičnega NS so naslednji (Ross et al., 1997):

1. Določimo delovni hidromodul namakanja;
2. Izberemo kapljače;
3. Določimo pretok na vsaki NL, razvodni in dovodni cevi. Določimo kapaciteto celotnega NS glede na rastlino, ki dosega najvišjo evapotranspiracijo;
4. Določimo dimenzije NL, razvodnih in dovodnih cevi;
5. Določimo moč črpalke;

6. Določimo potreben sistem filtriranja;
7. Določimo kakšne so potrebe glede dozirne enote hranil;
8. Določimo kakšne so potrebe glede dozirne enote kemijskih sredstev;
9. Določimo število in lokacijo manometrov, zasunov, odtočnih ventilov ter potrebnih merilnih naprav;
10. Izberemo postopek, ki nam pove kdaj je potrebno namakati (izvedba urnika namakanja)
11. Priprava navodil delovanja, upravljanja in vzdrževanja NS;

Osnovni parametri namakanja za potrebe dimenzioniranja NS, ki opišejo koliko, kdaj in kako pogosto dodajati namakalno vodo so: norma namakanja, obrok namakanja, začetek namakanja, čas namakanja, turnus namakanja, hidromodul namakanja in število namakanj (Kozelj, 2007). Parametri obrok, turnus in trajanje namakanja služijo kot pripomoček za pravilno namakanje. Pravilno namakanje pomeni, da rastlinam ne dodajamo preveč ali premalo vode.

### 2.6.1 Norma namakanja

Norma namakanja nam pove kakšno količino vode potrebujejo rastline letno. Podatek se uporablja tudi pri načrtovanju zbiralnika vode. Enačba se glasi (Pintar, 2004):

$$Nn = Pv - Rv, \quad (7)$$

kjer je  $Nn$  norma namakanja [mm, m<sup>3</sup>/ha/leto],  $Pv$  skupna poraba vode v sezoni [mm/leto, m<sup>3</sup>/ha/leto],  $Rv$  skupna razpoložljiva količina vode v sezoni [mm/leto, m<sup>3</sup>/ha/leto].

Skupna poraba vode v sezoni je enaka potencialni evapotranspiraciji. Del potrebne vode prispe v obliki padavin, drug potreben del pa zagotovimo z namakanjem. Ker NS niso povsem vodotesni je potrebno normo namakanja povečati za stopnjo izgub v cevovodih. Tako dobimo bruto normo namakanja:

$$Nb = Nn/E, \quad (8)$$

kjer je  $Nb$  bruto norma namakanja [mm, m<sup>3</sup>/ha/leto],  $Nn$  norma namakanja [mm, m<sup>3</sup>/ha/leto] in  $E$  koeficient izkoristka vode v namakalnem sistemu.

## 2.6.2 Obrok namakanja

Količina vode (obrok namakanja), ki jo je potrebno dati rastlinam pri enem namakanju, je enaka količini lahko dostopne vode. Idealno bi bilo vodo dodajati rastlinam tik preden bi vsebnost vode v tleh dosegla kritično točko. Dobra praksa pri tem upošteva tudi možnost padavin in tako se nekaj prostora pušča tudi za deževno vodo. Obrok namakanja je odvisen od razpoložljive vode v sloju koreninskega sistema in od sposobnosti posameznih rastlin za toleriranje stresa zaradi zmanjševanja vode v tleh. Obrok namakanja se lahko izrazi v mm ali m<sup>3</sup>/ha. Enačba za izračun obroka namakanja se glasi (Pintar, 2006):

$$nON = LDV = (kPK - kTV) \cdot p, \quad (9)$$

kjer je  $nON$  neto obrok namakanja [mm],  $LDV$  količina lahko dostopne vode v tleh [mm],  $kPK$  količina vode pri poljski kapaciteti v globini glavne mase korenin [mm],  $kTV$  količina vode pri točki venenja v globini glavne mase korenin [mm],  $p$  delež vode, ki je rastlini lahko dostopen med  $PK$  in  $TV$ .

Pri kapljičnem namakanju se lahko rastlinam dodaja vsak dan toliko vode, kot jo te v enem dnevu porabijo, ali pa se dodaja večje obroke, ki zadoščajo za več dni. Najprimernejše je vsakodnevno namakanje, s katerim se pokrije dnevno potrebo rastlin po vodi (Pintar, 2006). Pri tem je torej neto obrok namakanja enak dnevni potencialni evapotranspiraciji.

Obrok namakanja je količina vode, ki je potrebna pri vsakem namakanju tal, da zagotovimo ustrezne količine vode, ki bodo infiltrirane v tla v območje koreninskega sistema. Noben NS ni sto odstotno učinkovit (vodne izgube v cevovodnem omrežju), poleg tega pa so izgube tudi posledica: neenakomerne razporeditve vode na polje, globoke infiltracije vode pod območje koreninskega sistema na nekaterih delih polja, evaporacije s tal in krošenj pri namakanju z razpršilci, vetra, ipd. (Pintar, 2006). Izgube lahko v začetku le bolj ali manj grobo ocenimo. Bolj natančne vrednosti lahko določimo z leti, na podlagi izkušenj na konkretnem namakalnem sistemu in jih nato uporabimo v nadaljnjih izračunih. Ross et al. (1997) podaja, da je učinkovitost kapljičnega namakanja pri ustreznem načrtovanju med 80 in 90 %. Z upoštevanjem učinkovitosti namakanja izračunamo bruto obrok namakanja ( $bON$ ), ki je pomemben podatek za črpališče vode.

## 2.6.3 Začetek namakanja

Ko stopnja vlažnosti tal pade pod določen minimum je čas za začetek namakanja. Pri tem se uporablja izraz dovoljeno znižanje vode v tleh ( $DZV$ ). Ko je slednje doseženo je potrebno začeti z namakanjem.

V Sloveniji se *DZV* giblje med 20 in 25 mm (Pintar, 2004). Vlažnost v tleh se lahko določi z različnimi metodami in napravami: gravimetrična metoda, merjenje s tenziometri, nevtronskimi merilci, TDR (angl. *Time Domain Reflectometry*), FDR (angl. *Frequency Domain Method*) in z merjenjem električne prevodnosti (Kozelj, 2007).

#### 2.6.4 Čas namakanja

Čas enega obroka namakanja dobimo, če obrok namakanja delimo z intenziteto namakanja (kapaciteto namakalne opreme). Kot smo že omenili je potrebno pri intenziteti poskrbeti, da ta ne presega infiltracijske sposobnosti tal. Enačba se glasi (Pintar, 2004):

$$t = ON/I, \quad (10)$$

kjer je  $t$  čas namakanja [h],  $ON$  obrok namakanja [mm],  $I$  intenziteta namakanja [mm/uro] oz. kapaciteta namakalne opreme [m<sup>3</sup>/h/ha, l/s/ha].

#### 2.6.5 Turnus namakanja

Kako pogosto in koliko je potrebno namakati, je odvisno od razpoložljive vode, vrste rastlin in faze razvoja, stopnje evapotranspiracije, količine lahko dostopne vode in učinkovitih padavin. Ko določimo vrednost lahko dostopne vode, je potrebno oceniti ali izmeriti kdaj vsebnost vode v tleh ustreza temu pogoju. Na lahkih in plitkih tleh je potrebno bolj pogosto namakanje kot na težkih globokih tleh. Turnus namakanja lahko določimo tako, da lahko dostopno vodo ali pa neto obrok namakanja delimo z ocenjeno ali izmerjeno vrednostjo evapotranspiracije rastlin (Ross et al., 1997):

$$Tn = \frac{LDV}{ET} = \frac{nON}{ET}, \quad (11)$$

kjer je  $Tn$  turnus namakanja [dni],  $LDV$  količina lahko dostopne vode v tleh [mm],  $nON$  neto obrok namakanja [mm] in  $ET$  evapotranspiracija.

#### 2.6.6 Hidromodul namakanja

Hidromodul je strokovni izraz za trenutno porabo vode na hektar. Ločimo povprečni in delovni hidromodul. Povprečni hidromodul je količina vode, ki bi jo bilo potrebno na namakalno površino dovajati neprekinjeno en dan. Podatek se uporablja pri računu potrebnega volumna zbiralnika vode (Pintar, 2004).



$$Ha = \frac{Nb}{D \cdot 86400s/dan}, \quad (12)$$

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

Delovni hidromodul je količina vode, ki jo je potrebno dovajati na hektar pri največji porabi in z upoštevanjem izgub vode. Podatek se uporablja pri dimenzioniranju primarnih cevovodov in črpalk, pri manjših sistemih pa je odvisen tudi od namakalne opreme (Pintar, 2004).

$$Hmax = \frac{d}{T \cdot t \cdot 3600s/uro}, \quad (13)$$

kjer je  $Hmax$  delovni hidromodul namakanja [l/s/ha],  $d$  bruto obrok namakanja [mm],  $T$  najkrajši turnus namakanja [dnevi],  $t$  dnevni čas namakanja [h/dan].

Pri kapljičnem namakanju kjer namakamo vsak dan, delovni hidromodul določa kapaciteta kapljačev in razpored NL.

### 2.6.7 Število namakanj

Število namakanj je okvirno število, saj pri izračunu ne upoštevamo deževnih dogodkov, ki jih ne moremo napovedati (Pintar, 2004).

$$\text{število namakanj} = \frac{Nn}{nON} \text{ ali } \frac{Nb}{bON}, \quad (14)$$

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

### 2.7 Hidravlični izračuni

Energijo vodnega toka, ki teče po kapljičnem namakalnem sistemu lahko razdelimo na tri dele: potencialno, kinetično in tlačno. Ker se voda prenaša od njenega vira do rastlin, je potrebno izvesti analizo hidravlike sistema. Ta analiza je del zasnove in dimenzioniranja sestavnih elementov in podlaga za izvedbo enakomernega dodajanja vode. Analize hitrosti in pretokov vodnega toka slonijo na zakonu o ohranitvi mase. V katerikoli točki sistema se pretok lahko izračuna po naslednji enačbi:

$$Q = \frac{a \cdot v}{1000}, \quad (15)$$

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

Na podlagi zgornje enačbe se lahko preveri tudi ali so hitrosti vodnega toka v sistemu v dopustnih mejah. Velike hitrosti znotraj cevovoda, hipne spremembe smeri vodnega toka, hitro zapiranje ventilov ali hiter zagon ali izklop črpalke so dejavniki, ki lahko povzročijo vodni udar. Pri slednjem se tlak zaradi momenta toka izredno poviša. Posledice so lahko poškodbe cevi in drugih elementov. Da bi se izognili povišanim tlakom je maksimalna priporočena hitrost toka znotraj sistema 1,5 m/s, nekateri proizvajalci podajajo tudi 2,0 m/s, vendar mora biti pri tem v sistemu inštalirana tudi oprema, ki omili vodni udar (Lamm et al., 2007).

Energija se spreminja vzdolž sistema, in sicer glede na spremembe v hitrosti toka, višini, tlaku, delovanju črpalke in trenju v cevovodih ter armaturi. Izrazimo jo lahko v enotah tlaka, največkrat v barih, ali pa temu tlaku ekvivalentni višini vodnega stolpca [m]. Velikost energijskih izgub je odvisna od hitrosti toka, hrapavosti cevi, oblike spojev in sprememb smeri toka pri potovanju skozi elemente sistema. Ker je hitrost toka ( $v$ ) odvisna od pretoka ( $Q$ ) in površine prečnega prereza toka ( $a$ ), prava izbira velikosti premera cevi in ostalih komponent vpliva na izgube energije oz. potrebno energijo, ki jo je potrebno zagotoviti na črpališču. Skupne energijske izgube ( $\Delta E_{izgub}$ ) v cevovodih lahko ločimo na linijske ( $\Delta E_{lin}$ ) in lokalne ( $\Delta E_{lok}$ ). Izgube zaradi trenja zapišemo z enačbo (Lamm et al., 2007):

$$\Delta E_{izgub} = \Delta E_{lin} + \Delta E_{lok}, \quad (16)$$

Linijske izgube se pojavijo zaradi trenja med tekočino in steno cevi, lokalne pa zaradi povečane turbulence ali motenj tokovnic, ki jih pogosto povzročijo ventili, merilci ali priključni spoji.

### 2.7.1 Linijske izgube

Na razpolago je več enačb za izračun linijskih izgub v tlačnih cevovodih. Za načrtovanje namakalnih sistemov se največkrat uporabljajo Darcy-Weisbachova, Hazen-Williamsova in Watters-Kellerjeva enačba (NRCS, 2015a). V tej nalogi sta predstavljeni prvi dve, ki sta bili tudi uporabljeni pri izračunu.

Darcy-Weisbachova enačba se glasi (Lamm et al., 2007):

$$\Delta E_{lin} = 1000 \cdot \lambda \cdot \frac{l}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad (17)$$

kjer je  $\Delta E_{lin}$  energijska izguba [m],  $\lambda$  Darcy-Weisbachov koeficient trenja,  $l$  dolžina cevovoda [m],  $D$  premer cevi [mm], hitrost tekočine [m/s],  $g$  gravitacijski pospešek [m/s<sup>2</sup>].

Koeficient trenja  $\lambda$ , lahko izračunamo na podlagi Reynoldsovega števila ( $Re$ ) in Blasiusove enačbe za gladke cevi manjših premerov, kjer vrednosti  $Re$  znašajo od 2000 do 100.000.

$$\lambda = (0,316) \cdot (Re^{-0,25}), \quad (18)$$

Reynoldsovo število, lahko izračunamo s pomočjo enačbe (Lamm et al., 2007):

$$Re = (1,30 \cdot 10^6) \cdot \left(\frac{Q}{D}\right), \quad (19)$$

kjer so enote za  $Q$  l/s, za  $D$  pa mm.

Hazen-Williamsova enačba je bila dobljena eksperimentalno in velja le za vodo. Upošteva se lahko v območju normalnih temperatur v cevovodih. Enačba vsebuje koeficient hrapavosti  $C$ , ki je konstanten samo čez široko območje turbulentnih tokov, vsebuje pa empirično konstanto. Enačba se glasi (Lamm et al., 2007):

$$\Delta E = L \cdot (1,212 \cdot 10^{12}) \cdot \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} \cdot (D^{-4,87}), \quad (20)$$

kjer je  $\Delta E$  energijska izguba [m],  $L$  dolžina cevovoda [m],  $D$  premer cevi [m],  $C$  Hazen-Williamsov koeficient hrapavosti in  $1,212 \cdot 10^{12}$  pretvorna konstanta za metrične enote.

Tipične vrednosti koeficienta hrapavosti  $C$  so prikazane v preglednici 5:

Preglednica 5: Koeficient hrapavosti  $C$  za različne materiale cevi (Stropnik, 2006)

Material	Koeficient hrapavosti $C$
azbestni cement	140
medenina, bron	135
opeka	100
lito železo	130
beton	120 – 140
baker	135

se nadaljuje ...

... nadaljevanje Preglednice 5

pocinkano jeklo	120
steklo	140
svinec	135
plastika	150
jeklo	110 – 145
les	120

### 2.7.1.1 Linijske izgube v ceveh z več iztoki

Cevi z več iztoki pri namakalnem sistemu so NL, zaključne linije in razvodne cevi. Navadno so pretoki na iztokih in razdalje med iztoki enake. Energijske izgube v takšnih ceveh lahko izračunamo po modificirani Hazen-Williamsovi enačbi, in sicer z uvedbo Christiansenovega faktorja  $F$  (Lamm et al., 2007):

$$\Delta E = (F) \cdot (L) \cdot (1,212 \cdot 10^{12}) \cdot \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} \cdot (D^{-4,87}), \quad (21)$$

Faktor  $F$  se določi na podlagi števila enakomerno razporejenih iztokov z enakim pretokom. Christiansenov faktor je bil razvit za razmere, ko se prvi iztok na cevi nahaja na isti razdalji od dovodne cevi, kot znaša medsebojna razdalja med iztoki. Vrednosti faktorja  $F$  za različno število iztokov so podane v preglednici 6:

Preglednica 6: Vrednosti Christiansenovega faktorja  $F$  za različna števila iztokov iz cevi (Lamm et al., 2007)

Število iztokov	Christiansenov faktor $F$	Število iztokov	Christiansenov faktor $F$
1	1.00	8	0.42
2	0.64	9	0.41
3	0.53	10 - 11	0.40
4	0.49	12 - 14	0.39
5	0.46	15 - 20	0.38
6	0.44	21 - 35	0.37
7	0.43	>35	0.36

### 2.7.2 Lokalne izgube

Lokalne izgube lahko nastopijo v krivinah, pri naglih zožitvah in razširitvah cevi, na mestih ventilov in zasunov, merilnih elementih, filtrih ipd. Če so te izgube v primerjavi z linijskimi dovolj majhne jih

lahko pri praktičnih izračunih tudi zanemarimo. Lokalne izgube lahko izračunamo po naslednji enačbi (Lamm et al., 2007):

$$\Delta E_{lok} = \xi_{lok} \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad (22)$$

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

Vrednosti koeficientov izgub za različne elemente so podani v preglednici 7:

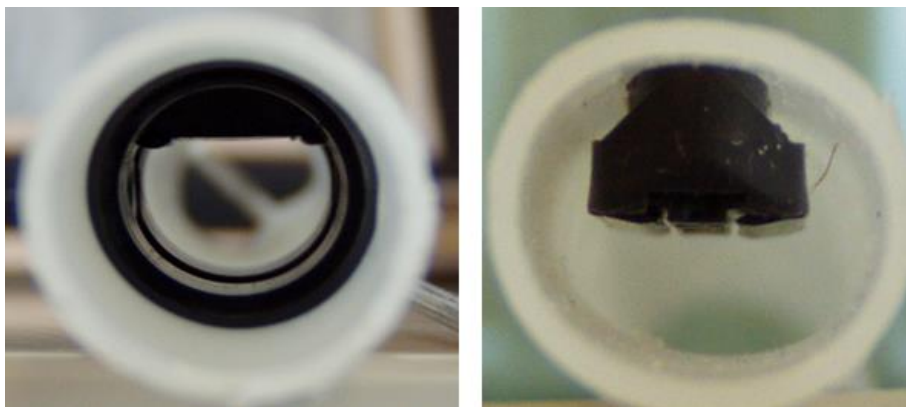
Preglednica 7: Vrednosti koeficienta lokalnih izgub za različne elemente sistema (Lamm et al., 2007)

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	$\xi_{lok} = (1 - {}^1Dr^2)^2$			

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

### 2.7.3 Energijske izgube v namakalnih linijah zaradi inštaliranih kapljačev

Kapljači, inštalirani na ali v cevi NL predstavljajo oviro v toku (slika 15).



Slika 15: Kapljači v namakalni liniji predstavljajo oviro toku skozi cev (NRCS, 2015a)

Energijske izgube zaradi kapljačev lahko štejemo kot lokalne izgube. Večina proizvajalcev namakalne opreme podaja vrednost koeficienta lokalnih izgub ( $K_d$ ) za posamezno vrsto kapljačev. Skupne energijske izgube zaradi kapljačev dobimo če lokalne izgube pomnožimo s številom kapljačev (NRCS, 2015a)

### 2.7.3. Filtracija

Filtracija vode je pri kapljičnem namakalnem sistemu ključna zaradi preventive pred mašenjem kapljačev. Filtracija je lahko izvedena z enim filtrom ali več vzporedno inštaliranimi filtri. Pri toku vode skozi filter pride do energijskih izgub (padca tlaka), ki se spreminjajo s pretokom, gibljejo pa se od 0,14 do 0,34 bara. Pri filtriranju in nabiranju nečistoč se izgube povečujejo. Največji priporočljiv padec tlaka preden je potrebno čiščenje, znaša 0,70 bara. Energijske izgube filtrov s pripadajočimi ventili in spoji je potrebno upoštevati v celokupni analizi. Poleg tega je potrebno v primeru avtomatskih filtrov upoštevati tudi potreben delovni tlak za potrebe spiranja (čiščenja) filtrov. Ta tlak je lahko precej večji (npr. 3,5 bara) in v nekaterih primerih predstavlja ključno vrednost, okoli katere se zasnuje NS (Lamm et al., 2007).

### 2.7.4 Višina sesanja, črpanja in moč črpalke

Višina sesanja pri črpalkah je omejena zaradi podtlaka, ki se pojavi v sesalni cevi, predvsem takrat, ko je črpalka nameščena nad nivo vode, iz katere črpa. Zato je potrebno preveriti maksimalno dovoljeno sesalno višino, da ne pride do kavitacije (poglavje 2.5.3). V praksi se običajno dovoljujejo le podtlaki do 8,0 m vodnega stolpca (NETAFIM, 2014a). Minimalni še dovoljen podtlak pred črpalko je tovarniško določen, in navadno imenovan s kratico NPSH (angl. *Net Positive Suction Head*) ali po slovensko neto pozitivna sesalna višina. Maksimalna dovoljena sesalna višina ( $H_{c,ses}$ ) se lahko izračuna po naslednji enačbi (Steinman, 2010):

$$H_{\zeta,ses} = \frac{p_0}{\rho \cdot g} - \frac{p_d}{\rho \cdot g} - \frac{8Q^2}{g \cdot \pi^2 \cdot D^4} \left[ 1 + \lambda \frac{L_s}{D} + \sum_{i=1}^m \xi_i \right], \quad (23)$$

kjer je  $p_0$  atmosferski zračni pritisk [Pa],  $\rho$  gostota vode [ $\text{kg/m}^3$ ],  $g$  gravitacijski pospešek [ $\text{m/s}^2$ ],  $p_d$  minimalni še dovoljen podtlak pred črpalko [Pa],  $Q$  pretok [ $\text{m}^3/\text{s}$ ],  $D$  premer cevi [m],  $\xi$  koeficient izgub,  $\lambda$  koeficient trenja in  $L_s$  dolžina sesalne cevi [m].

Višina črpanja je sestavljena iz geodetske višine in energijske razlike, ki je potrebna za želeni pretok. Izračunamo jo lahko z naslednjima enačbama (Steinman, 2010):

$$H_{\zeta} + H_{geod} = \left[ 1 + \lambda \frac{L}{D} + \sum_{j=1}^m \xi_j \right] \cdot \frac{v^2}{2g} = H_e, \quad (24)$$

$$H_{\zeta} - H_{geod} = \left[ 1 + \lambda \frac{L}{D} + \sum_{j=1}^m \xi_j \right] \cdot \frac{v^2}{2g} = H_e, \quad (25)$$

kjer je  $H_{\zeta}$  višina črpanja [m],  $H_{geod}$  geodetska višina [m],  $H_e$  efektivn višina,  $\lambda$  koeficient trenja,  $L$  dolžina cevi [m],  $D$  premer cevi [m],  $\xi$  koeficient izgub,  $v$  hitrost toka vode po cevi [m/s] in  $g$  zemeljski pospešek [ $\text{m/s}^2$ ].

Enačba 24 velja za primer, ko črpalki pri črpanju pomaga gravitacijski potencial. Enačba 25 pa velja takrat, ko je potrebno s črpanjem najprej premagati obstoječo potencialno razliko, nato pa dodati še ustrezno energijsko razliko za želen pretok.

Ko je znana višina črpalke, izračunamo moč črpalke (Steinman, 2010):

$$N_{\zeta} = \frac{\rho \cdot Q \cdot H_{\zeta} \cdot g}{\eta_{\zeta}}, \quad (26)$$

kjer je  $N_{\zeta}$  moč črpalke [kW],  $Q$  pretok tekočine [ $\text{m}^3/\text{s}$ ],  $H_{\zeta}$  višina črpanja [m] in  $\eta_{\zeta}$  izkoristek črpalke.

Pri izračunu sesalne višine je potrebno upoštevati maksimalne dovoljene podtlake zaradi možnosti pojava kavitacije. Da bi se zaščitili pred poškodbami, se običajno dovoljuje podtlake do  $-0,75 p_0$  ( $p_0$  je tlak okolice), kar je približno 7,5 m vodnega stolpca podtlaka (Steinman, 2010).

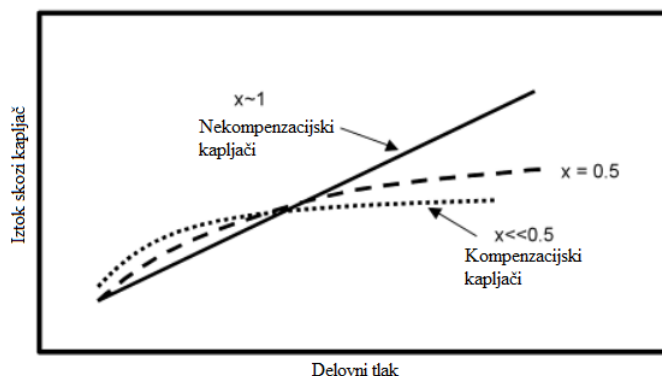
### 2.7.5 Kapljači

Pretok skozi kapljač je določen z enačbo, ki opisuje razmerje med delovnim tlakom in pretokom na kapljaču (NRCS, 2015b):

$$q = K_e \cdot P^x, \quad (27)$$

kjer je  $q$  pretok [l/h],  $P$  delovni tlak [m],  $K_e$  koeficient iztoka kapljača in  $x$  eksponent kapljača.

Omenjene parametre ( $K_e$  in  $x$ ) navadno poda proizvajalec, lahko pa se jih tudi izračuna. Konstanta  $K_e$  (angl. *discharge coefficient*) je odvisna od pretoka in tlaka na kapljaču ter povzame vpliv dimenzij kapljača na tok, eksponent  $x$  (angl. *emitter exponent*) pa predstavlja sploščenost krivulje odvisnosti pretoka od tlaka ter povzema režim toka skozi kapljač (slika 16).

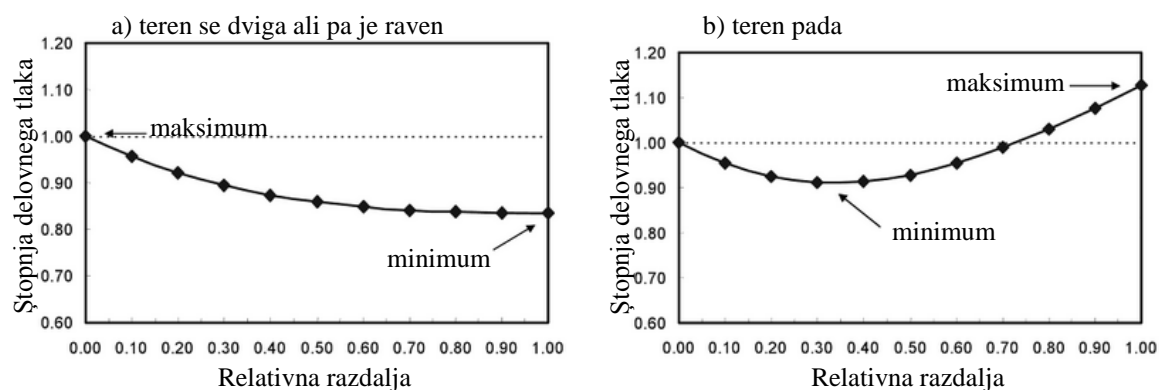


Slika 16: Primer razmerij med pretokom in delovnim tlakom na kapljaču za nekompensacijski ( $x = 1$ ) in kompensacijski kapljač ( $x < 0,5$ ) ter navadno odprtino ( $x = 0,5$ ) (prirejeno po Lamm et al., 2007)

### 2.7.6 Namakalne linije

Tok vode teče skozi NL do kapljačev. Iztok iz kapljačev (ne-kompensacijskih) se spreminja vzdolž linij zaradi spreminjanja tlaka. Spremembe v tlaku so odvisne od energijskih izgub zaradi trenja in spreminjanja višine terena. Ker so navadno tlaki na začetku NL nizki (4 – 14 m) imajo prej omenjeni dejavniki energijskih izgub velik vpliv na razporeditev tlakov vzdolž linij (slika 17). Na katerem kapljaču bo minimalni ali maksimalni iztok je odvisno od premera linije, trenja, lastnosti stopnje iztoka kapljača in padca linije (pozitivnega, negativnega ali ničnega) (Lamm et al., 2007).





Slika 17: Stopnja delovnega tlaka glede na relativno razdaljo vzdolž namakalne linije za primer a), ko se teren dviga ali pa je raven in za primer b), ko teren pada (Lamm et al., 2007)

V nadaljevanju so podane osnovne enačbe, ki se uporabljajo pri zasnovi NL v povezavi z uporabo Hazen – Williamsove enačbe (Lamm et al., 2007):

a) Izračun potrebnega začetnega tlaka na NL:

$$h_0 = h_a + (0,5) \cdot (S) \cdot (L) + (0,75) \cdot (h_f), \quad (28)$$

kjer je  $h_0$  začetni tlak [m],  $h_a$  povprečni tlak [m],  $S$  padec (pozitiven za vzpenjajoč se teren in negativen za padajoč teren),  $L$  dolžina [m] in  $h_f$  trenjske izgube NL [m].

b) Izračun tlaka ( $h_i$ ) na razdalji ( $L_i$ ) vzdolž NL:

$$h_i = h_0 - (S) \cdot (L_i) - (R_i) \cdot (h_f), \quad (29)$$

$$R_i = 1 - \left(1 - \left(\frac{L_i}{L}\right)\right)^{2,852}, \quad (30)$$

kjer je  $R_i$  predstavlja delež vseh tlačnih izgub, ki se pojavijo na razdalji  $L_i$  [m] vzdolž NL dolžine  $L$  [m] in  $S$  padec (pozitiven za vzpenjajoč se teren in negativen za padajoč teren).

c) Izračun pozicije minimalnega tlaka vzdolž NL na padajočem terenu:

$$\frac{L_m}{L} = 1 - \left(\frac{\Delta z}{h_f}\right)^{0,54}, \quad (31)$$

kjer je  $L_m$  razdalja od začetka namakalne linije do lokacije kjer se pojavi minimalni tlak [m],  $\Delta z$  višinska razlika vzdolž dolžine namakalne linije  $L$  [m] in  $h_f$  so trenjske izgube vzdolž namakalne linije brez upoštevanja mnogoterih iztokov [m].

d) Izračun minimalnega tlaka na lokaciji minimalnega tlaka ( $L_m$ ):

$$h_{min} = h_0 - (S) \cdot (L_m) - \frac{h_f}{2.852} \cdot \left(1 - \left(1 - \frac{L_m}{L}\right)^{2.852}\right), \quad (32)$$

kjer je  $S$  padec (negativen za padajoč teren),  $h_0$  začetni tlak [m] in  $h_f$  so trenjske izgube vzdolž NL brez upoštevanja mnogoterih iztokov [m].

e) Izračun stopnje neenakomernosti iztoka iz kapljačev ( $q_{var}$ ):

$$q_{var} = \frac{q_{max} - q_{min}}{q_{max}}, \quad (33)$$

kjer je  $q_{max}$  maksimalni iztok iz kapljača [l/h] in  $q_{min}$  minimalen iztok iz kapljača [l/h].

f) Izračun odstotka uniformnosti iztokov iz kapljačev (EU):

$$EU = 100 \cdot \left(1,0 - 1,27 \cdot \frac{C_v}{\sqrt{n_p}}\right) \frac{q_{min}}{q_a}, \quad (34)$$

kjer je  $C_v$  produkcijska neenakomernost izdelave kapljačev,  $n_p$  število kapljačev na rastlino in  $q_a$  povprečni iztok skozi kapljače.

g) Izračun intenzitete namakanja ( $P_r$ ):

$$P_r = \frac{Q}{E \cdot B}, \quad (35)$$

kjer je  $Q$  iztok iz kapljača [l/h],  $E$  razdalja med kapljači [m] in  $B$  razdalja med NL [m].

## 2.8 Analiza potenciala vodnega vira za namakanje iz površinskega vodotoka

Namen analize potenciala vodnega vira za namakanje iz površinskega vodotoka je ocena količinskega stanja vode za možnost rabe. Najmanjši pretok, ki mora v primeru posebne rabe (raba vode za namakanje) ostati v vodotoku je t.i. ekološko sprejemljiv pretok ( $Q_{es}$ ).  $Q_{es}$  je določen z Uredbo o

kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (Ur. l. RS, št. 97/2009).

Vhodne podatke za analizo predstavljajo arhivski hidrološki podatki vodomernih postaj. Potrebni podatki so mesečni pretoki, ki veljajo za mesece v namakalnem obdobju (npr. maj – sept.). Količinski monitoring voda v Sloveniji izvaja ARSO na državni mreži vodomernih postaj.

Na podlagi vhodnih podatkov se izračuna karakteristične pretoke, ki jih je za lokacije odvzema, če ni na voljo bližnje vodomerne postaje, potrebno določiti ob upoštevanju korelacijskih faktorjev in razmerij med prispevnimi površinami.

Razpoložljive količine vode za namakanje so odvisne od velikosti odvzema, kjer Uredba o  $Q_{es}$  loči med malim in velikim odvzemom vode. Za velik odvzem velja, da so količine v sušnem in vodnatem obdobju različne, za mali odvzem pa enake skozi celo leto. Za primer namakanja v tej diplomski nalogi upoštevamo mali odvzem saj za veliki odvzem po uredbi velja, da je količina odvzete vode na mestu odvzema večja od srednjega pretoka.

Določitev razpoložljivih količin vode za namakanje ( $Q_{neto}$ ) temelji na izračunu razlike med merodajno količino vode v vodotoku ( $Q_{mer}$ ) na mestu odvzema in  $Q_{es}$ , ki ga je v vodnem telesu treba zagotavljati trajno (Cvejić, 2012):

$$Q_{neto} = Q_{mer(maj-sep)} - Q_{es(maj-sep)}, \quad (36)$$

kjer je  $Q_{neto}$  razpoložljiva količina vode za namakanje,  $Q_{mer(maj-sep)}$  merodajni pretok, ki predstavlja naravno količino vode v vodotoku v obdobju namakanja (maj – september),  $Q_{es(maj-sep)}$  ekološko sprejemljiv pretok pri malem odvzemu (maj – september).

Merodajni pretok je enak velikosti pretoka  $Q_{95}$ , ki predstavlja pretok, ki je presežen 95 odstotkov časa. Določimo ga lahko s pomočjo uporabe krivulje trajanja srednjih mesečnih pretokov.

### 2.8.1 Krivulja trajanja pretoka

Krivulja trajanja pretoka prikazuje odstotek časa, v katerem je vrednost pretoka enaka oz. večja od neke vrednosti (Mikoš et al., 2002). Izris krivulje poteka s pomočjo celotnega niza podatkov, pri čemer slednje razporedimo od največje do najmanjše vrednosti (v padajočem vrstnem redu od 1 do  $i$ ) ter izračunamo porazdelitveno funkcijo ( $PF$ ) za vsako od vrednosti.  $PF$  predstavlja razmerje med mestom v ranžirni vrsti ter številom vseh podatkov o izmerjenih pretokih (WMO, 2009):

$$PF_{Qi} = \frac{i}{N}, \quad (37)$$

Na grafu na abscisni osi v odstotkih prikažemo  $PF$ , na ordinatni osi pa vrednosti pretokov.

### 2.8.2 Izračun ekološko sprejemljivega pretoka

Ocena ekološko sprejemljivega pretoka  $Q_{es}$ , je določena z Uredbo o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (Ur. l. RS, št. 97/2009).

Hidrološka izhodišča za izračun  $Q_{es}$  predstavljata mali srednji pretok ( $sQ_{np}$ ) in srednji pretok, ki ju za mesto odvzema lahko izračunamo na podlagi podatkov iz evidence ARSO. Pretoka se izračuna po naslednjih enačbah (Ur. l. RS, št. 97/2009):

$$sQ_{np} = \sum_{i=1}^{i=N} Q_{np,i} / N \text{ in} \quad (38)$$

$$sQ_s = \sum_{i=1}^{i=N} Q_{s,i} / N, \quad (39)$$

kjer je  $sQ_{np}$  srednji mali pretok,  $Q_{np,i}$  najmanjši srednji dnevni pretok v  $i$ -tem koledarskem letu,  $N$  število let v opazovalnem obdobju, običajno zadnjih 30 let,  $sQ_s$  srednji pretok,  $Q_{s,i}$  srednji letni pretok v  $i$ -tem koledarskem letu.

Če na mestu odvzema ne obstajajo podatki državnega hidrološkega monitoringa, se izdelava ocena vrednosti srednjega malega in srednjega pretoka z izračuni na podlagi podatkov o razmerjih pretoka in velikosti prispevnih površin hidrološko podobnega povodja ali porečja ali na podlagi druge empirične metode, če gre za hidrogeološko homogeni porečji in hidromorfološko podobni porečji iz iste skupine ekoloških tipov vodotokov (Ur. l. RS, št. 97/2009).

$Q_{es}$  se določi na podlagi omenjenih hidroloških izhodišč po naslednji enačbi (Ur. l. RS, št. 97/2009):

$$Q_{es} = f * sQ_{np}, \quad (40)$$

kjer je  $Q_{es}$  ekološko sprejemljiv pretok,  $f$  faktor, odvisen od ekološkega tipa vodotoka,  $sQ_{np}$  srednji mali pretok.

Vrednosti faktorja  $f$  se določi glede na preglednico 8, ki je sestavni del Uredbe o  $Q_{es}$  oz. glede na: velikost prispevne površine; nepovraten ali povraten odvzem vode; dolžino povratnega odvzema vode;

količino odvzema, opredeljeno glede na vrednost srednjega pretoka na mestu odvzema; skupino ekoloških tipov vodotokov in razmerje med srednjim in srednjim malim pretokom. Podatki o ekoloških skupinah vodotokov so podani na spletnih straneh ARSO, na spletnem pregledovalniku in so odvisni od ekoregije in bioregije območja kateri pripada vodotok.

Preglednica 8: Vrednosti faktorja  $f$  za izračun ekološko sprejemljivega pretoka pri nepovratnem odvzemu (Vir: Ur. l. RS, št. 97/2009)

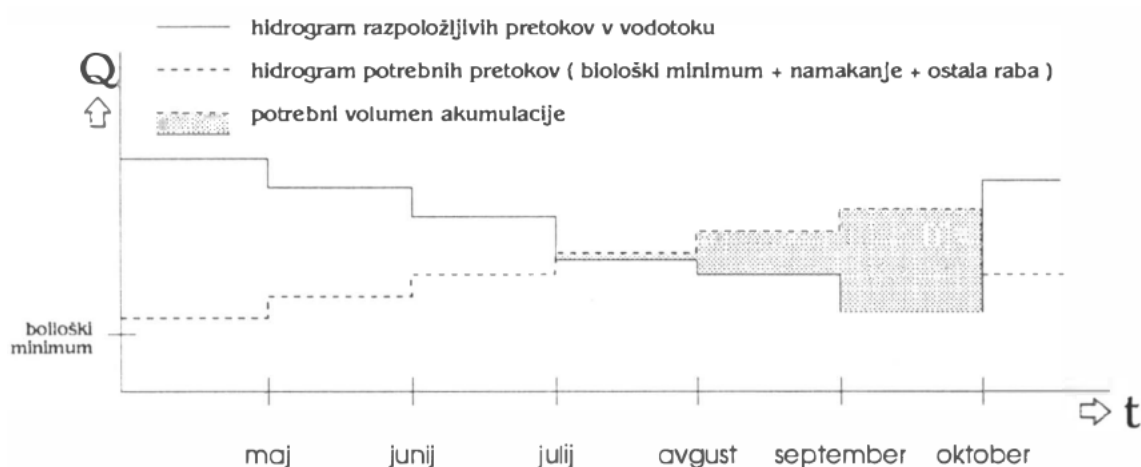
Skupina ekoloških tipov	Velikost prispevne površine				
	< 10 km <sup>2</sup>	10 - 100 km <sup>2</sup>	100 - 1.000 km <sup>2</sup>	1.000 - 2.500 km <sup>2</sup> in $sQ_s < 50 \text{ m}^3/\text{s}$	> 2.500 km <sup>2</sup> ali $sQ_s > 50 \text{ m}^3/\text{s}$
<b>Majhen odvzem celo leto ali velik odvzem v sušnem obdobju</b>					
1(1)	1,5	1,5	1,2	1,0	
2(1)	1,5	1,2	1,0	1,0	
3	1,2	1,0	0,8		
4					0,8
<b>Velik odvzem v vodnatem obdobju</b>					
1(1)	2,4	2,4	1,9	1,6	
2(1)	2,4	1,9	1,6	1,6	
3	1,9	1,6	1,3		
4					1,3

<sup>(1)</sup> Faktor se pomnoži z 1,6, če je razmerje med srednjim pretokom in srednjim malim pretokom na mestu odvzema večje od 20

Uredba dopušča tudi izjeme in sicer se lahko v obdobju, ko je dejanski pretok vode na mestu odvzema manjši od  $Q_{es}$  (v skladu s to uredbo), vodo za namakanje odvzema v taki količini, da seštevok odvzemov ne presega sedem odstotkov vrednosti  $sQ_{np}$  (Ur. l. RS, št. 97/2009).

### 2.8.3 Bilanca razpoložljivih in potrebnih vodnih količin za namakanje pri površinskih vodotokih – analiza potrebe po akumulaciji

Vodna bilanca se izdelava na osnovi razpoložljivih in potrebnih vodnih količin (pretokov). Vodne količine je potrebno časovno definirati, tako da lahko na podlagi hidrogramov izračunamo potrebni volumen akumulacije za čas, ko so potrebe po vodi za namakanje večje od razpoložljivih količin vode v vodotoku. Pri tem moramo upoštevati zagotavljanje ekološko sprejemljivega pretoka v vodotoku ter ostale porabnike vode iz vodotoka (slika 18).



Slika 18: Bilanca razpoložljivih in potrebnih vodnih količin ter potrební volumen akumulacije (Juvan, 1992)

Glede na Gustard in Demuth (2008) se za načrtovanje namakalnih sistemov največkrat uporablja 7 ali 10 dnevne minimalne pretoke. Če se potrebe po namakanju skozi sezono spreminjajo, je potrebno statistiko pretokov razpoložljive vode določiti za posamezen mesec ali skupine mesecev.

#### 2.8.4 Izračun verjetne potencialne evapotranspiracije z metodo kvantilov

Kvantil je pojem, ki se ga uporablja v statistiki za točko, ki deli statistično populacijo na enake dele. Delitev se največkrat izvaja na zbirni funkciji, ki pripada slučajni spremenljivki, vedno pa se uporabi po vrednostih urejeno populacijo (Kvantil, 2013).

Kvantil reda  $p$  ali  $p$ -kvantil je takšna vrednost  $q_p$  slučajne spremenljivke, da je  $n \cdot p$  vrednosti manjših od  $q_p$ , ostale ( $n \cdot (n - p)$ ) pa imajo večjo vrednosti od  $q_p$ . Pri tem so vrednosti slučajne spremenljivke  $x_1, x_2, \dots, x_n$  urejene po velikosti ( $x_1 \leq x_2 \leq x_3 \leq \dots \leq x_n$ ) (Kvantil, 2013).

### 2.9 CROPWAT 8.0

CROPWAT 8.0 je računalniški program, ki izračuna potrebne vodne količine za rast rastlin in načrtovanje namakalnih sistemov na podlagi podatkov o tleh, klimi in rastlinah (FAO, 2013). Program je razvil Joss Swennenhuis za potrebe FAO – Organizacija združenih narodov za kmetijstvo in prehrano. Verzija 8.0 temelji na DOS verzijah 5.7 (1992) in 7.0 (1999). Program omogoča tudi izdelavo urnikov namakanja za različne scenarije, preverbo uspešnosti namakalne prakse in simulacijo rasti rastlin v različnih pogojih. Za izračun referenčne evapotranspiracije program uporablja Penman-Monthietovo metodo. Vse računske procedure programa temeljijo na dveh publikacijah, ki so delo Allen et al., (1998) in Doorenbos et al. (1979), izdane pa so bile pod okriljem FAO.

Za izračun potreb po vodi so potrebni naslednji podatki:

- mesečna količina padavin;
- lastnosti rastlin (datum sajenja oz. sejanja, faktor rastlin ( $k_c$ ), trajanje posameznih faz razvoja rastlin, globina korenin, delež lahko dosegljive vode v tleh in faktor  $K_y$ , ki pove koliko se zmanjša pridelek zaradi sušnega stresa);
- referenčna evapotranspiracija (uporabimo lahko svoje podatke ali pa se  $ET_0$  izračuna na podlagi Penman-Montiethove enačbe in potrebnih mesečnih podatkov: (povprečna minimalna in maksimalna temperatura, relativna vlažnost, trajanje sončnega obsevanja in hitrost vetra).

Za izračun urnika namakanja potrebujemo:

- Podatke o tleh (razpoložljiva količina vode za rastline, maksimalna globina korenin, omejitve v profilu tal (podtalnica, matična podlaga, neprepustni sloji), vodni primanjkljaj v začetku rastne sezone).
- Izbran način namakanja, kriterijev in pogojev namakalnega urnika.

Osnova izračuna urnika namakanja je vodna bilanca tal (Smith, 1992), opisana v poglavju 2.2.3.

Cropwat po vnosu podatkov izračuna in tudi grafično prikaže naslednje parametre:

- referenčna evapotranspiracija,
- koeficient rastline,
- efektivne padavine,
- količina vode potrebna rastlinam,
- količina razpoložljive vode v tleh,
- dnevni primanjkljaj vode v tleh,
- turnus namakanja in količine potrebne vode za namakanje,
- količina vodnih izgub v tleh,
- razmerje med  $ET_r/ET_c$ ,
- ocenjen izpad pridelka zaradi sušnega stresa,

Program sestavlja osem modulov, ki zahtevajo vnos vhodnih podatkov in prikazujejo rezultate izračunov. Za posamezen modul je možno spreminjati različne nastavitve od metod izračuna do sprememb merskih enot parametrov. Za osnovne rastline in tipe tal so znotraj programa že na voljo potrebni podatki. Slednje lahko prilagodimo ali povsem spremenimo glede na naše pogoje.

### 2.9.1 Klimatski modul/ $ET_0$

Kot je bilo že omenjeno, referenčno evapotranspiracijo  $ET_0$  program izračuna na podlagi Penman-Monteith metode in potrebnih vhodnih klimatskih podatkov. Vhodne podatke (minimalna in maksimalna temperatura, relativna vlažnost, veter in trajanje sončnega obsevanja) vnesemo v klimatski modul, kjer hkrati dobimo tudi rezultate  $ET_0$  za posamezen mesec.

### 2.9.2 Padavinski modul

V padavinski modul vnesemo podatke o padavinah program pa vrne izračunane vrednosti efektivnih padavin. Efektivne padavine so tiste padavine, ki jih rastline lahko uporabijo za rast in razvoj. Ostanek padavin, ki ni na voljo rastlinam, površinsko odteče ali pa pronica globoko v tla izven dosega korenin. Na voljo so štiri metode izračuna: »Fixed percentage«, »Dependable rainfall«, »Empirical formula« in »USDA Soil Conservation Service«. V izračunih za potrebe te diplomske naloge smo uporabili zadnjo metodo. Opisana je v nadaljevanju.

Za posamezni mesec velja (FAO, 2013):

$$P_{ef} = P_{mesecc} \cdot \frac{125 - 0,2 \cdot P_{mesecc}}{125} \quad \dots \text{ za } P_{mesecc} \leq 250 \text{ mm}, \quad (41)$$

$$P_{ef} = 125 + 0,1 \cdot P_{mesecc} \quad \dots \text{ za } P_{mesecc} > 250 \text{ mm}, \quad (42)$$

za mesečno dekada (1, 2 in 3) pa:

$$P_{ef(dek)} = P_{dek} \cdot \frac{125 - 0,6 \cdot P_{dek}}{125} \quad \dots \text{ za } P_{dek} \leq \left(\frac{250}{3}\right) \text{ mm}, \quad (43)$$

$$P_{ef} = \left(\frac{125}{3}\right) + 0,1 \cdot P_{dec} \quad \dots \text{ za } P_{dec} > \left(\frac{250}{3}\right) \text{ mm}, \quad (44)$$

kjer je  $P_{ef}$  pomeni mesečne efektivne padavine [mm],  $P_{mesecc}$  mesečne padavine in  $P_{dek}$  dekadne padavine.

### 2.9.3 Modul rastlin

V modul rastlin vnesemo podatke o lastnostih rastlin, ki so potrebni za nadaljnje izračune potreb rastlin po vodi. Najprej je potrebno vnesti datum setve oz. sejanja. Datum spravila pridelka program izračuna na podlagi dolžine posameznih faz v rastni sezoni rastline, ki jih podamo v dnevih. Sezona je razdeljena na začetno, razvojno, srednjo in pozno fazo. Dolžino posamezne faze lahko ocenimo na podlagi podatkov o vrednostih faktorja rastlin  $k_c$  skozi sezono. V pogovorno okno je potrebno vnesti tudi vrednosti  $k_c$  in sicer začetno, maksimalno in končno vrednost. Vmesne vrednosti program linearno



interpolira. Naslednji podatek je globina korenin, ki jo podamo za začetno fazo ter srednjo in pozno skupaj, vmes pa program prav tako interpolira vrednosti. Za posamezno fazo je potrebno podati še delež razpoložljive vode, ki je rastlinam lahko dostopna ( $p$ ) in faktor  $K_y$ , ki opisuje odziv rastlin na pomanjkanje vode (zmanjšanje pridelka). Zadnji podatek (opcijsko), je višina polno razvite rastline. Podatek se upošteva v primeru t.i. nestandardnih pogojev (hitrost vetra večja ali manjša od 2 m/s ali relativna vlažnost je izrazito večja ali manjša od 45 % in vpliva na vrednost faktorja rastlin.

#### **2.9.4 Modul tal**

V tem modulu le vnesemo podatek o količini razpoložljive vode, maksimalni infiltraciji tal, maksimalni možni globini korenin in stopnji izgube razpoložljive vode v času sajenja oz. sejanja.

#### **2.9.5 Modul potreb rastlin po vodi**

Modul potreb rastlin po vodi nam podaja izključno rezultate. Za posamezno rastlino in za mesečne dekade (1,2 in 3) ter skupno, so podane razvojne faze in izračunani koeficient  $k_c$ , dnevna  $ET_c$ , dekadna  $ET_c$ , efektivne padavine in potreba rastlin po vodi. Potreba rastlin po vodi je izračunana kot razlika med evapotranspiracijo rastline ( $ET_c$ ) in efektivnimi padavinami.

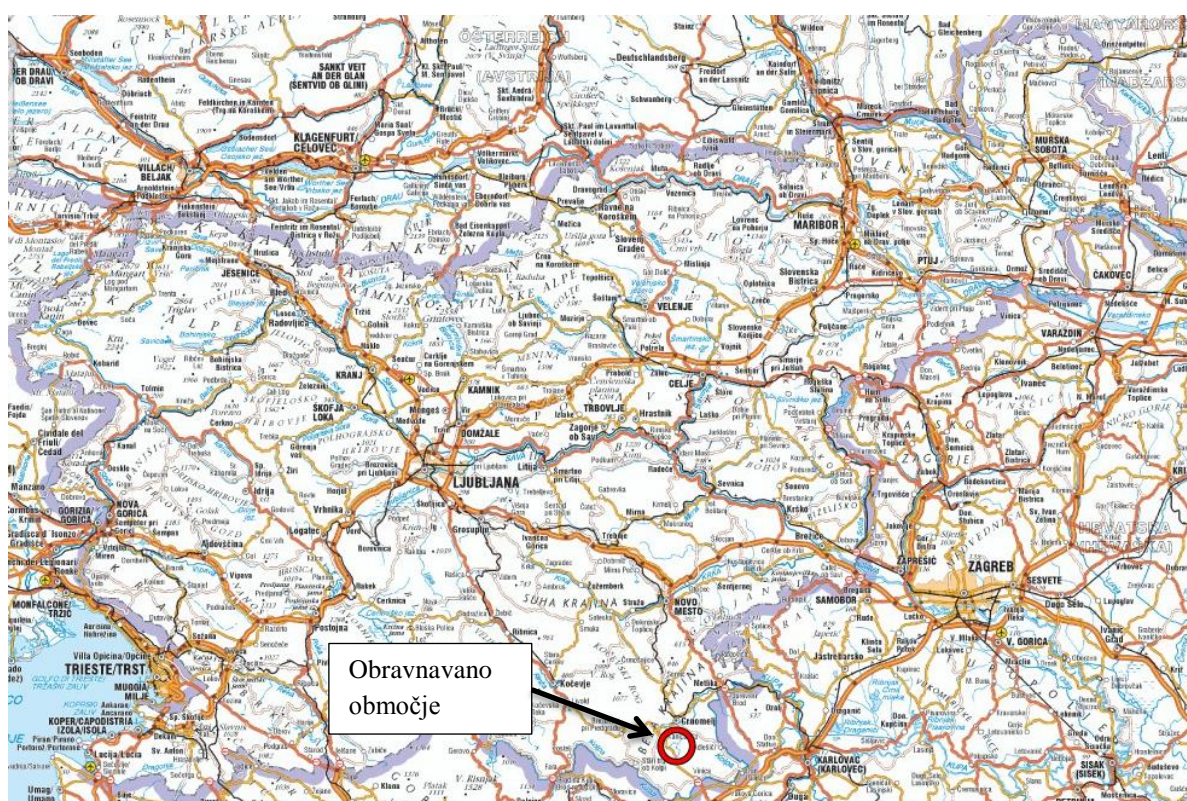
#### **2.9.6 Modul urnikov namakanja**

Modul urnikov namakanja omogoča izdelavo indikativnih urnikov namakanja za izboljšavo namakalnih praks. Omogoča ovrednotenje obstoječih namakalnih praks, glede učinkovitosti porabe vode in pojava stresa zaradi pomanjkanja vode pri rastlinah. Modul lahko izračuna tudi izpad pridelka pri določenih scenarijih pomanjkanja vode. Izračuni v modulu temeljijo na enačbi vodne bilance tal, na dnevni ravni, v območju koreninskega sistema rastlin. Pri izdelavi urnikov se uporablja naslednje parametre: efektivne padavine, evapotranspiracija rastline ( $ET_c$ ), izguba vode v območju sistema korenin, neto obrok namakanja, deficit vode glede na poljsko kapaciteto, izgube vode pri namakanju zaradi površinskega ali globinskega odtoka, bruto obrok namakanja ter pretok.

### 3 VHODNI PODATKI IN OBRAVNAVANO OBMOČJE

Obravnvano območje namakanja se nahaja v JV Sloveniji, v Beli krajini, pri naselju Brdarci, ki spada pod okrilje občine Črnomelj (slika 19). Njivske površine ležijo v neposredni bližini reke Lahinje, ki je potencialni vir vode za namakanje. V bližnji okolici namakalnih sistemov ni. Večji namakalni sistem je bil v Beli krajini postavljen v Krasincu ob Kolpi, vendar je tudi ta slabo izkoriščen. Na splošno na tem območju namakanje ni razvito, obstaja pa potencial, če sklepamo po sliki 20.

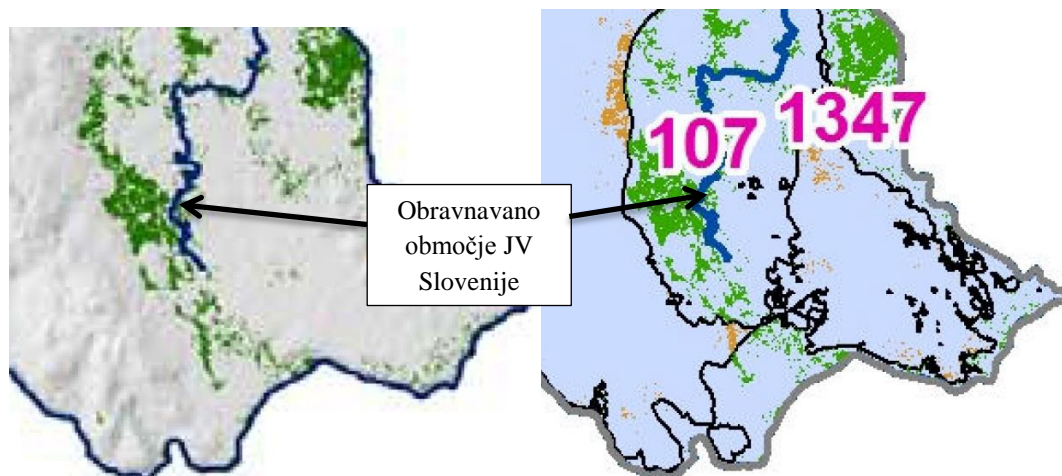
Kmetovalec oz. kmetija želi namakati njivske površine za gojenje vrtnin ali poljščin v skupni velikosti 2,7 ha. Na kmetiji sta redno zaposlena dva delavca, ki še nista imela izkušenj z namakanjem. Njive, ki so predmet obravnave se trenutno gnoji s hlevskim gnojem, dodajanje hranil z namakalnim sistemom pa ni v načrtu. Želja kmetije je zavarovanje pridelka v suhih letih in povečanje pridelka nekaterih vrst, ki pred tem v povprečnih letih, glede na padavine, niso imele ustreznih pogojev.



Slika 19: Prikaz lokacije obravnavanega območja (Geopedia, 2015)

Glede na projekte, ki so analizirali njivske površine v Sloveniji z vidika namakanja, se lahko hitro ugotovi ali so območja obravnave primerna. Glede na Pintar (2010), spadajo obravnavane njivske površine med površine primerne za namakanje. Površine so prikazane na sliki 20 levo (označene s temno zeleno barvo) in sicer za skrajni jugovzhodni del Slovenije. Pintar (2012) podaja tudi karto

Slovenije na kateri so prikazane površine primerne za namakanje glede na obravnavan vodni vir (na sliki 20).



Legenda:

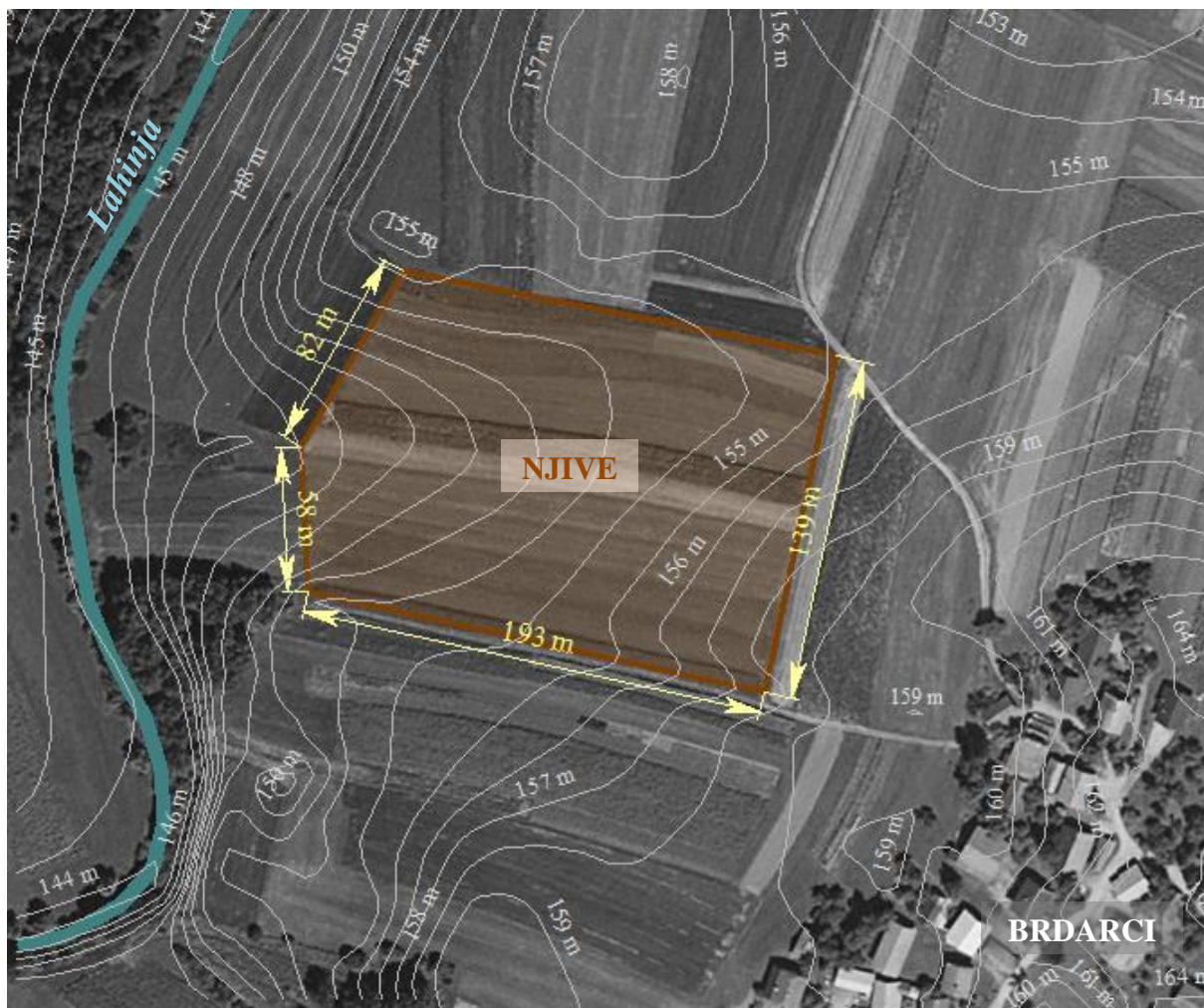
- Površine primerne za namakanje — Vodotoki 1 Obseg namakalnih površin na obravnavanem območju [ha]
- Površine primerne za namakanje z vodo iz površinskih vodotokov ■ Površine primerne za namakanje z vodo iz podtalnice/drugi viri
- Srednje dostopna voda iz podtalnice □ Meja območja namakanja za posamezno vodno telo površinskih voda

Slika 20: Na levi so prikazane površine primerne za namakanje (označene z zeleno barvo) (prirejeno po Pintar, 2010), na desni pa površine primerne za namakanje glede na obravnavan vodni vir (prirejeno po Pintar, 2012)

Glede na sliko 20 desno, spadajo njivske površine, ki jih želimo namakati, med površine, primerne za namakanje z vodo iz površinskih vodotokov (površine označene s svetlo zeleno barvo). Vodotok, ki se nahaja v neposredni bližini je reka Lahinja (slika 20).

### 3.1 Njivske površine

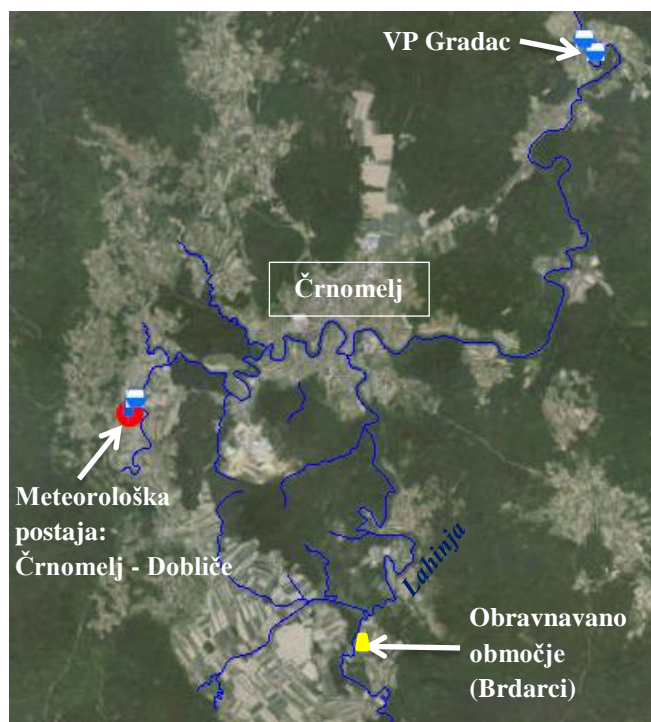
Bolj podrobneje smo obravnavano območje pregledali na terenu ter na podlagi ortofoto posnetka in digitalnega modela višin Slovenije – DMV 5. Njivske površine se nahajajo na desnem bregu Lahinje, na oddaljenosti cca. 150 m od struge. Razdalja med središčem njivskih površin in strugo znaša 210 m. Velikost zelenega območja namakanja znaša 2,7 ha, ima obliko trapeza, usmeritev njiv pa poteka s padcem terena (3,0 %) od vzhoda proti zahodu (proti reki). Najvišja kota terena se nahaja na 158,6 m.n.m., najnižja pa na 148,5 m.n.m. Korito Lahinje oz. gladina vode se na odseku, ki je najbližje njivam, nahaja na koti cca. 144,4 m.n.m. Dostop do obravnavanega območja na celem južnem robu omogoča makadamski kolovoz, na vzhodni in zahodni strani pa njivski kolovoz. V neposredni bližini njivskih površin, na jugozahodu se nahaja naselje Brdarci, ki ga lahko upoštevamo kot lokacijo vira električne energije (slika 21).



Slika 21: Obravnavano območje zasnovane namakalnega sistema (vir podlage: ortofoto Slovenije)

### 3.2 Vodni vir

Vodotok, ki se nahaja v neposredni bližini je reka Lahinja v svojem zgornjem toku. Želeno mesto črpanja se nahaja cca. 5 km dolvodno od izvira. Glede na Atlas okolja (2015) drugih nepovratnih odvzemov gorvodno ni, zabeležen je en povratni odzem za potrebe mlina in žage. Najbližje hidrološko merilno mesto je vodomerna postaja (VP) Gradac, ki se nahaja cca. 24 km dolvodno od predvidenega črpaljšča, njeno prispevno povodje pa znaša 221,3 km<sup>2</sup> (slika 22). Kljub temu, da njivske površine, ki jih želimo namakati spadajo med površine primerne za namakanje in je zanje primeren vodni vir površinski vodotok, Pintar (2010) podaja, da je iz Lahinje možno namakati le 6 % vseh površin, ki so primerne za namakanje. Ali je izdatnost vodnega vira na lokaciji odvzema zadostna, je potrebno ugotoviti z analizo.



Slika 22: Prikaz lokacije obravnavanega območja, rečne mreže ter meteorološke in vodomerne postaje (Atlas okolja, 2015)

Za potrebe omenjene analize so bili pridobljeni različni podatki o pretokih. Za izračun ekološko sprejemljivega pretoka so bile uporabljene vrednosti letnih srednjih pretokov ( $Q_s$ ) in letnih najmanjših pretokov dnevnih povprečij ( $Q_{np}$ ), ki jih na svoji spletni strani podaja ARSO (ARSO, 2015a). Uporabljeni so bili podatki za 30-letno obdobje od leta 1983 do 2012. Za izračun 10 letnih 10 dnevnih minimalnih pretokov pa so bili uporabljeni dnevni pretoki 30-letnega obdobja od leta 1984 do 2013, prav tako pridobljeni na spletnih straneh ARSO (ARSO, 2015a).

### 3.3 Klima in padavine

Na splošno je podnebje v Beli krajini zmerno toplo in vlažno, podobno kot velja za večji del Slovenije. Bolj podrobno pa se podnebje Bele krajine označuje kot poseben tip zmerno celinskega podnebja oz. subpanonsko podnebje Bele krajine. Gre za prepletanje mediteranskih padavinskih vplivov in vplivov celinskih temperatur. Povprečna letna temperatura na kraškem ravniku znaša 10 °C (Ogrin, 2008). Zimske temperature so primerljive s temperaturami v nižjih delih celinske Slovenije medtem, ko se poleti zaradi nižje nadmorske višine bolj ogreje. Povprečna letna temperaturna amplituda je višja od 20 °C. Glede sončnega obsevanja Bela krajina spada med bolj sončne slovenske pokrajine. V poletnih mesecih je povsem oblačnih dni zelo malo, trajanje sončnega obsevanja pa znaša od 780 do 820 ur (Ogrin, 2008). Nasprotno pa je precej manj sončnih dni v zimskem času zaradi nizke lege in pogostega pojavljanja inverzijske megle ter nizke oblačnosti. Padavine v nižinskem delu te pokrajine so

podpovprečne in znašajo od 1300 do 1100 mm padavin letno. Razporeditev padavin je v splošnem enakomerna, višek namočenosti pa se pojavlja jeseni (november) in v začetku poletja (junij) (Ogrin, 1996). Večja namočenost v vegetacijski dobi je ugodna z vidika kmetijstva, vendar pogost pojav suš in zgodnejši nastop jesenskega deževja neugodno vplivajo na kmetijstvo. Nevaren je predvsem pojav slane, saj se je izkazalo, da se lahko prva pojavi že 20. septembra, zadnja pa okoli 10. maja (Plut, 1996). Kar se tiče vetra je za pokrajino značilen velik delež brezvetrja. Največkrat ob ciklonih piha jugozahodnik, po prehodu hladnih front pa se pojavijo bolj severni vetrovi. Najmočnejši vetrovi nastopijo ob poletnih nevihtah, kar lahko povzroči tudi materialno škodo (Ogrin, 2008).

Za izračun potreb rastlin po vodi v programu CROPWAT 8.0 potrebujemo klimatske podatke. Slednje smo pridobili na spletnih straneh ARSO (ARSO, 2015b). Njivskim površinam najbližja klimatološka postaja monitoringa državne mreže je Črnomelj – Dobliče (slika 22). Za to postajo ali za katerokoli drugo na območju Bele krajine ni bilo na voljo le podatkov o sončnem obsevanju. Slednje smo zato privzeli iz glavne meteorološke postaje Novo mesto. Za naše potrebe smo na podlagi mesečni vrednosti izračunali povprečne mesečnih vrednosti za vse potrebne klimatološke podatke in padavine za obdobje zadnjih 30 let (od leta 1984 do 2013). Povprečne vrednosti so prikazane v preglednici 9:

Preglednica 9: Vhodni klimatski podatki in padavine (ARSO, 2015b)

<b>Država: Slovenija</b>		<b>Postaja: Črnomelj - Dobliče</b>				
<b>Nadmorska višina: 157 m</b>		<b>Geo. dolžina: 15,2 Geo. širina: 45,8</b>				
<b>Mesec</b>	<b>Min temp. [°C]</b>	<b>Maks temp. [°C]</b>	<b>Rel. vlažnost [%]</b>	<b>Veter [m/s]</b>	<b>*Sončno obs. [h/dan]</b>	<b>Padavine [mm]</b>
Januar	-3,0	4,7	85,0	0,4	2,5	75,4
Februar	-2,9	7,9	79,0	0,4	3,9	75,1
Marec	0,7	12,9	73,0	0,7	4,8	79,7
April	4,8	17,3	72,0	0,7	5,6	109,4
Maj	9,2	22,2	71,0	0,6	7,5	106,7
Junij	12,9	25,7	71,0	0,5	8,0	113,5
Julij	14,3	27,8	71,0	0,4	9,1	101,6
Avgust	14,0	27,7	74,0	0,4	8,3	109,0
September	10,2	22,1	80,0	0,4	6,1	141,9
Oktober	6,4	16,8	83,0	0,4	4,0	141,7
November	2,4	10,3	86,0	0,3	2,2	133,6
December	-2,3	4,8	88,0	0,4	1,9	113,1

\*Sončno obs. – vrednosti sončnega obsevanja so bile izračunane na podlagi podatkov iz glavne meteorološke postaje Novo mesto

### 3.4 Evapotranspiracija

ARSO na svojih spletnih straneh (ARSO, 2015c) podaja podatke o dnevni referenčni evapotranspiraciji  $ET_0$ . Slednja je izračunana na podlagi Penman-Monteithove metode in meritev, ki so najbližje Brdarcev opravljene na meteorološki postaji Črnomelj – Dobljče. Podatki o  $ET_0$ , so bili potrebni za izračun 90 % verjetne potencialne evapotranspiracije  $ET_c$ , na podlagi katere je zasnovan NS. Uporabljeni so podatki za obdobje zadnjih 10 let (2005 – 2014) in sicer za mesece v rastni sezoni, za katere se pričakuje najvišje vrednosti evapotranspiracije. To so april, maj, junij, julij, avgust in september. Maksimalne dnevne vrednosti  $ET_0$  za posamezen mesec, v izbranem obdobju 10 let, so v naraščajočem zaporedju prikazane na preglednici 10.

Preglednica 10: Maksimalne dnevne vrednosti  $ET_0$  za posamezen mesec, za obdobje 10 let (2005 – 2014), prikazane v naraščajočem zaporedju (ARSO, 2015c)

$ET_0$ [mm/dan]					
April	Maj	Junij	Julij	Avgust	Sept
3,9	4,5	5,5	5,4	4,4	2,5
3,9	4,6	5,9	5,4	4,6	2,8
4,1	4,7	6,1	5,5	4,6	3,0
4,3	5,0	6,2	5,8	4,9	3,1
4,3	5,5	6,4	6,1	4,9	3,2
4,3	5,7	6,8	6,2	5,1	3,5
4,8	5,9	6,8	6,3	5,2	3,6
4,8	6,1	6,8	6,7	5,2	3,8
5,0	7,3	6,8	7,1	5,7	5,0
6,0	7,5	7,5	8,7	5,9	5,8

### 3.5 Rastline

Rastline lahko razdelimo na dva dela. Tiste, na podlagi katerih bo NS dimenzioniran in tiste, ki bodo gojene v kolobarju za katerega so bile izračunane potrebe po vodi in oblikovani urniki namakanja v programu CROPWAT 8.0. V obeh primerih je bilo potrebno pridobiti faktorje rastlin  $k_c$ , ki so bili povzeti iz brošure Osnove namakanja s poudarkom na vrtninah in sadnih vrstah v zahodni, osrednji in južni Sloveniji (Pintar, 2006).

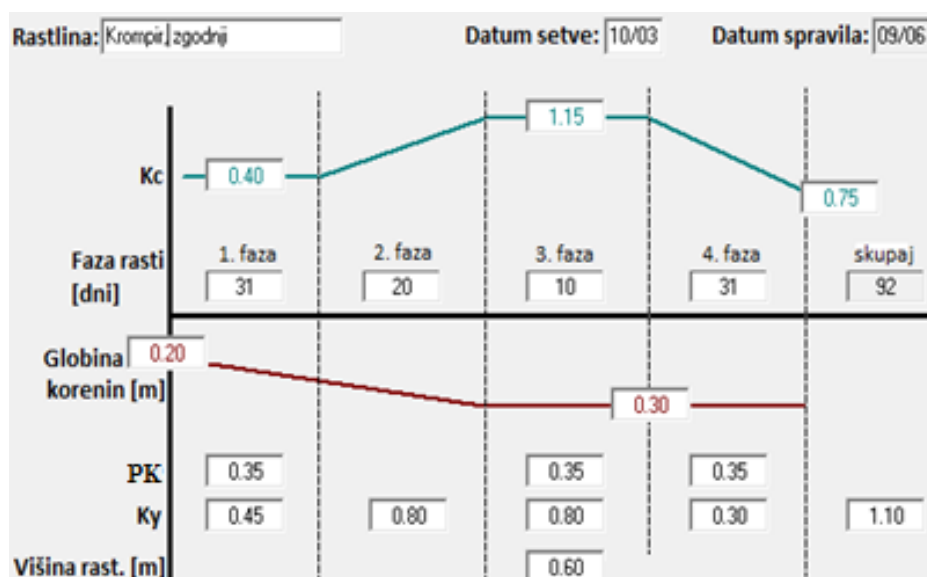
Kolobar rastlin je bil podan s strani kmetovalca. Izbranih je pet vrtnin: fižol za zrnje, zgodnje in jesensko zelje, zgodnji krompir in radič.

Rastline za potrebe dimenzioniranja namakalnega sistema so najbolj potratne rastline. Slednje so bile izbrane na podlagi faktorja rastlin  $k_c$ , ki je v določenem mesecu najvišji. V obravnavi so bili meseci rastne sezone od aprila pa do septembra. Rastline z najvišjimi faktorji  $k_c$  v posameznih mesecih so prikazane v preglednici 11.

Preglednica 11: Najvišji faktorji rastlin  $k_c$  za posamezen mesec (Pintar, 2006)

Rastlina	April	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep
zgodnji krompir	1,15	1,12	/	/	/	/
fižol zrnje	/	/	1,05	1,05	/	/
kitajsko zelje	/	/	/	/	1,10	/
radič	/	/	/	/	/	1,09

Za izračune s programom CROPWAT 8.0 so bili iz zgoraj omenjene brošure povzeti še drugi podatki o rastlinah. Ti podatki so datum setve, število dni v posamezni fazi rasti, globina korenin in delež poljske kapacitete nad katerim je potrebno z namakanjem vzdrževati količino vode v tleh (%PK). Sicer je poleg omenjenih podatkov v programu potrebno podati še podatka o višini rasti rastlin in faktorju  $K_y$ . Oba podatka sta opcijska, saj se uporabljata za izračun v analizah izpada pridelka zaradi nezadostno dodane vode. Ker razmere omogočajo, da bo NS zasnovan tako, da bo dodane vode zadosti, se te analize niso opravljale. Vrednosti teh podatkov so bile privzete, kakor jih že vnaprej podaja program. Primer vhodnih vrednosti za zgodnji krompir je podan na sliki 23.



Slika 23: Vhodni podatki za zgodnji krompir, ki so potrebni v programu CROPWAT 8.0



### 3.6 Tla

Pred namakanjem je potrebno izvesti analizo tal. Poleg terenskih analiz je potrebno tudi laboratorijsko delo, s čimer se ukvarjajo laboratoriji za fiziko tal. Za potrebe te diplomske naloge analize tal niso bile izvedene. Podatki so bili pridobljeni s strani inštitucij, ki se ukvarjajo s kmetijstvom (Kmetijski inštitut Slovenije) ali okoljem (ARSO) in razpolagajo s splošnimi podatki za posamezna območja v Sloveniji.

Pedološka karta Slovenije 1:25000 (PK25), dostopna tako na spletnih straneh Kmetijskega inštituta Slovenije (KIS) (eTLA, 2015) kot na spletnih straneh ARSO (Atlas okolja, 2015) podaja kartografske enote talnih tipov (TKE) ter za vsak TKE več talnih sistemskih enot (TSE.) Enote so poimenovane po prevladujočem tipu tal, lahko pa je naveden tudi drug ali največ tretji tip tal, ki je reprezentativen za TKE. Na podlagi pedološke karte so bili dobljeni tudi podatki o teksturnih razredih, organski snovi, pH, globini tal in efektivni poljski kapaciteti (razpoložljivi vodi v tleh) (preglednica 12). Za potrebe računov s programom CROPWAT 8.0 je potreben vreden podatek tudi maksimalna dnevna infiltraciji padavin. Slednji podatek je bil privzet, kakor ga podaja program, in sicer za tla, ki so srednje težka do težka (obravnavano območje), kar je značilnost obravnavanega območja.

Preglednica 12: Podatki za obravnavana tla, podani na podlagi PK25 (Atlas okolja, 2015; eTLA, 2015)

<b>Tipi tal (PK25)</b>	Izprana tla (luvisol), na pliocenskih sedimentih, tipična 60%; izprana tla (luvisol), na apnencu in dolomitu, akrična 40%
<b>Teksturni razredi v TKE do 30 cm (povprečje)</b>	Ilovica in glinasta ilovica, srednje težka do težka tla
<b>Globina tal v TKE (povprečje)</b>	102 cm, zelo globoka tla
<b>Razpoložljiva voda v tleh</b>	180 mm/m
<b>Maksimalna dnevna infiltracija padavin</b>	40 mm/dan
<b>pH tal v TKE do 30 cm (povprečje)</b>	5,42, kislata tla
<b>Organska snov v TKE do 30 cm (povprečje)</b>	2,3 % organske snovi, srednje humozna tla

## 4 ZASNOVA NAMAKALNEGA SISTEMA

Zasnova namakalnega sistema se je začela pri izdatnosti vodnega vira oz. bilanci razpoložljive vode in potreb po vodi. Sledila je postopna zasnova in izbira kapljačev, namakalnih linij, razvodnih in dovodnih cevi, armature, filtrov in črpalke. Dozirna enota ni bila neposredno upoštevana pri dimenzioniranju namakalnega sistema, ker ni v interesu kmetovalca. Kljub temu, je dodano tudi poglavje za ta element. Slednje poglavje informativno podaja potrebne spremembe v zasnovi namakalnega sistema ob upoštevanju dozirne enote. Elementi sistema so bili izbrani s strani različnih proizvajalcev.

Hidravlični parametri (delovni tlaki v omrežju, tlačne izgube, hitrosti vodnega toka in pretoki) so bili izračunani s pomočjo programske opreme HydroCalc ([www.netafim.com](http://www.netafim.com)). Program izgube izračuna na podlagi Darcy-Weisbachove ali pa Hazen-Williamsove enačbe. Za posamezno polje namakanja je bil izračunan potreben delovni tlak in pretok, tako za namakanje kot za potrebe spiranja.

Zasnova NS je prikazana na podlagi ortofota Slovenije in izohips izdelanih na podlagi DMV 5. (priloga A). Prikazani so ključni elementi: območje namakanja z NL, potek dovodnega cevovoda, lokacija črpališča in potrebni pretoki in tlaki v omrežju.

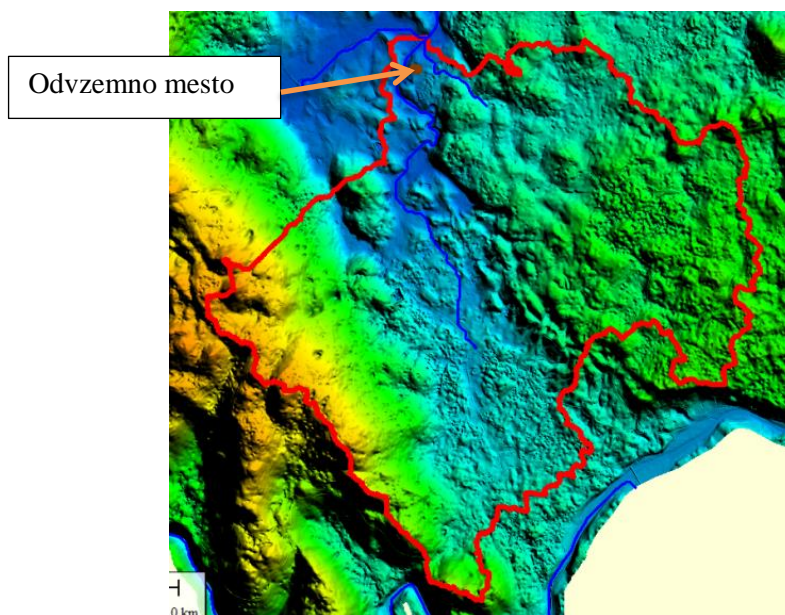
Shema elementov NS prikazuje inštalacijo armature. Podani sta dve shemi, prva za črpališče in druga na lokaciji priključkov razvodnih cevi na dovodno. Shemi sta prikazani v prilogi B.

### 4.1 Analiza izdatnosti vodnega vira

V tej analizi smo preverili ali izbran vodni vir z razpoložljivimi vodnimi količinami zadošča za potrebe namakanja ali bi bil potreben vodni zadrževalnik oz. drug vodni vir.

#### 4.1.1 Izračun ekološko sprejemljivega pretoka ( $Q_{es}$ ) na odvzemnem mestu

$Q_{es}$  je bil izračunan v skladu z Uredbo o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (Ur. l. RS, št. 97/2009). Na podlagi znane lokacije odvzema na reki Lahinji pri Brdarcih smo določili prispevno površino povodja do točke odvzema. Podlaga za določitev prispevnega območja je bil 5 metrski digitalni model višin Slovenije (DMV 5). S pomočjo računalniškega programa Global Mapper (Blue Marble, 2015) in funkcije »Watershed« je bila nato izrisana površina omenjenega prispevnega območja (F2), ki znaša 44,0 km<sup>2</sup> (slika 24).



Slika 24: Prispevno območje Lahinje do odvzemnega mesta

Najbližja merodajna vodomerna postaja (VP) na tem območju je cca. 24 km dolvodno, v vasi Gradac (VP Gradac). Prispevno območje po podatkih ARSO za VP Gradac znaša  $F1 = 221,3 \text{ km}^2$ .  $sQ_{np}$  in  $sQ_s$  sta bila izračunana za VP Gradac na podlagi podatkov za obdobje 30 let - od leta 1984 do 2013. Dobljene so bile naslednje vrednosti:  $sQ_{np} = 0,409 \text{ m}^3/\text{s}$  in  $sQ_s = 1,369 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Na podlagi razmerij prispevnih površin se je na lokaciji odvzema izračunala vrednosti  $sQ_{np}$  in  $sQ_s$ :

$$sQ_{np} = \frac{44,0 \text{ km}^2}{221,3 \text{ km}^2} \cdot 0,409 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0,081 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad \text{in} \quad sQ_s = \frac{44,0 \text{ km}^2}{221,3 \text{ km}^2} \cdot 1,369 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0,272 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Za določitev faktorja  $f$  ( $f = 1,2$ ) so bili upoštevani naslednji kriteriji:

- nepovraten odvzem,
- skupina ekološkega tipa vodotoka je 2,
- velikost prispevne površine od 10 do 100  $\text{km}^2$ ,
- majhen odvzem celo leto (odvzem  $\leq sQ_s$ ) ali velik odvzem v sušnem obdobju (odvzem  $> sQ_s$ ; rastna doba rastlin se pokriva s sušnim obdobjem).

Izračun  $Q_{es}$  na odvzemu:

$$Q_{es} = 1,2 \cdot 0,081 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0,097 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 97 \text{ l/s}$$

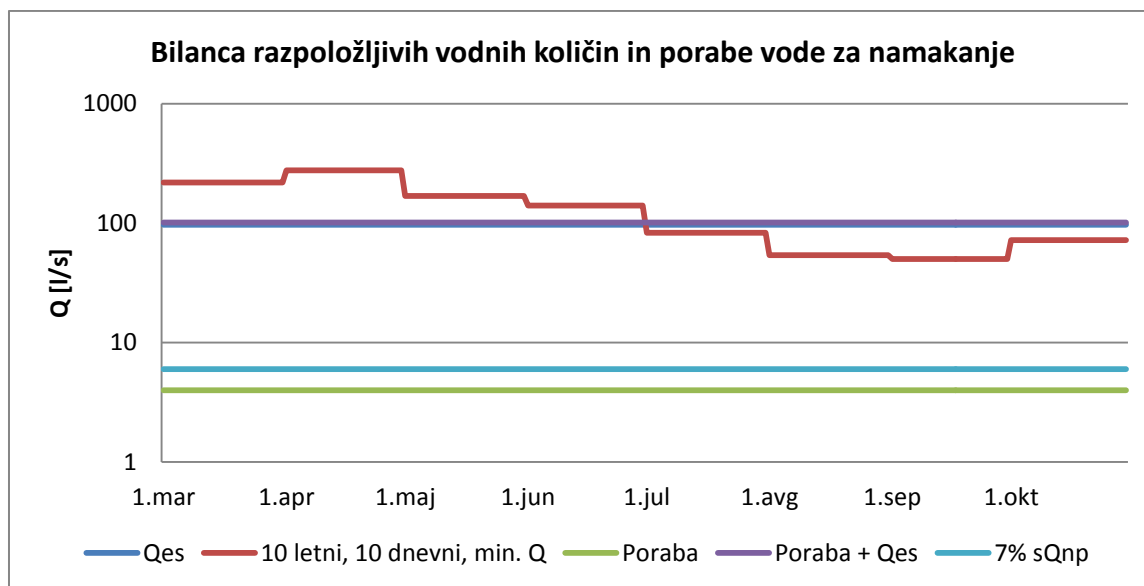
#### 4.1.2 Bilanca razpoložljivih in potrebnih vodnih količin za namakanje

Najprej smo preverili, če je vode dovolj za direktno namakanje (brez zbiralnika). Pri tem je potrebno upoštevati ekološko sprejemljivi pretok ( $Q_{es}$ ), ki ga je potrebno v vodotoku vzdrževati skozi celo leto. V uredbi o  $Q_{es}$  (Uredba o kriterijih ..., 2009) je zapisana tudi izjema, ki dovoljuje odvzem vode v času, ko so pretoki v vodotoku nižji od  $Q_{es}$  v obsegu odvzemov, ki ne presegajo 7 odstotkov  $sQ_{np}$ . Razpoložljive količine so bile enačene z 10 dnevnimi minimalnimi pretoki s povratno dobo 10 let za posamezen mesec. Uporabljeni so bili podatki o dnevni pretokih iz VP Gradac za obdobje 30 let (od 1984 do 2013). Vrednosti pretokov so bile znižane na podlagi razmerij prispevnih površin ( $F_1$  in  $F_2$ ) za mesto odvzema. Faktor znižanja znaša 0,199. S pomočjo programa HEC-SSP 2.0 (UACE, 2015) je bila narejena statistična analiza pretokov. Na podlagi logaritemske normalne statistične porazdelitve so bile dobljene vrednosti minimalnih pretokov za posamezne mesece (preglednica 13).

Preglednica 13: 10 dnevni minimalni pretoki s povratno dobo 10 let, za posamezen mesec, na mestu odvzema

	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober
$Q$ [l/s]	219	276	169	140	83	54	50	72

Poraba vode pri direktnem namakanju je odvisna od kapacitete kapljačev in površine namakalnih polj. Glede na izbrano opremo (poglavje 2.5.9) znaša največja poraba 3,8 l/s. Izračunan  $Q_{es}$  znaša 0,097 m<sup>3</sup>/s oz. 97 l/s, vsota porabe in  $Q_{es}$  je torej 101 l/s. Ker so razpoložljive vodne količine v posameznih mesecih nižje od  $Q_{es}$ , smo izračunali še koliko znaša 7 odstotkov  $sQ_{np}$ , kar je meja, do katere se lahko še črpa vodo, če je dejanski pretok nižji od  $Q_{es}$ .  $sQ_{np}$ , izračunan v poglavju 2.8.2 znaša 0,081 m<sup>3</sup>/s, torej 7 odstotkov te vrednosti v l/s znaša 5,7. Vse izračunane količine so prikazane na sliki 25:

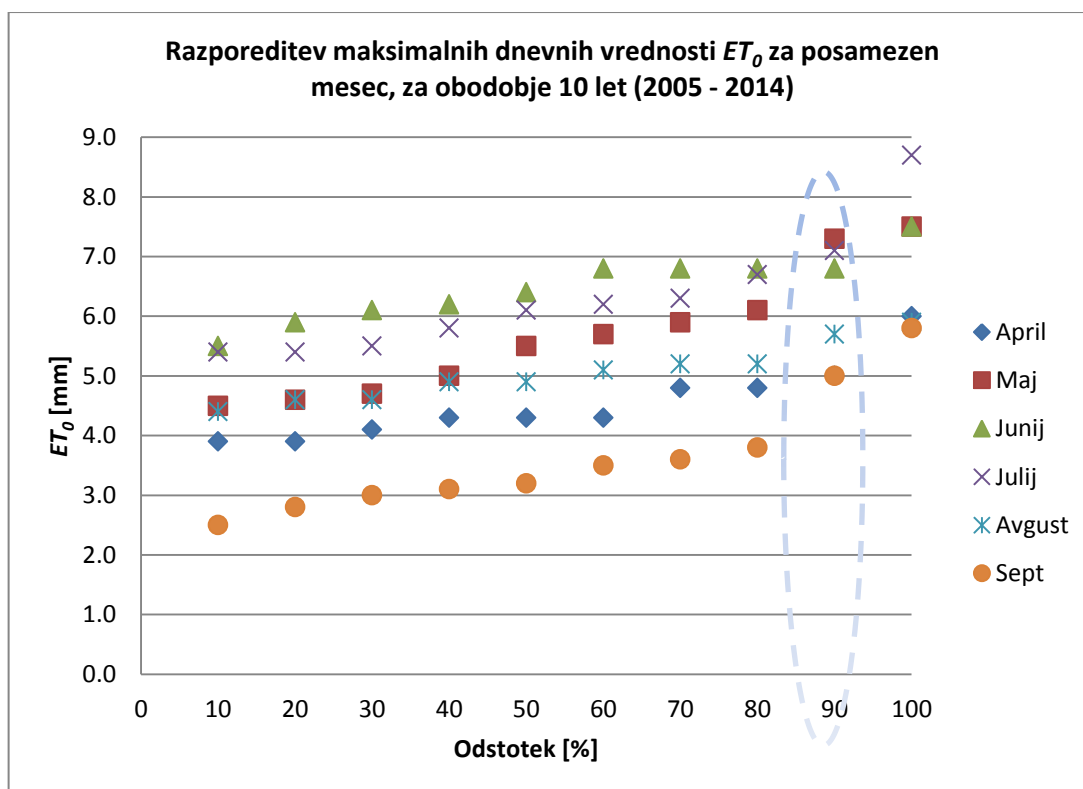


Slika 25: Bilanca razpoložljivih vodnih količin in porabe vode za namakanje

Iz slike 25 je razvidno, da je razpoložljive vode dovolj od marca do junija. Od julija do konca oktobra pa je pretok manjši od ekološko sprejemljivega. Kljub temu se lahko črpa vodo tudi v teh mesecih saj znaša poraba manj od 7 %  $sQnp$ . Glede na prikazane rezultate zbiralnik vode ni nujno potreben.

#### 4.2 Maksimalne dnevne potrebe po vodi

NS bo zasnovan na podlagi 90% verjetne  $ET_c$  za obdobje 10 let. Na ta način je zagotovljeno, da rastline samo vsako deseto leto ne bodo optimalno oskrbljene z vodo. Račun temelji na statistični metodi kvantilov, pri kateri se vrednosti razporedi od najmanjše do največje (slika 26), nato pa razdeli na enake dele. Podlaga za izračun so bile maksimalne dnevne vrednosti referenčne evapotranspiracije  $ET_0$  za mesece v rastni sezoni, za obdobje od leta 2005 do 2014 ter koeficienti rastlin  $k_c$ . Za posamezen mesec je bil izbran  $k_c$  najbolj potratne rastline. Tukaj lahko še enkrat opomnimo, da so bile rastline razdeljene na dva dela. Na tiste, na podlagi katerih bo NS dimenzioniran (najbolj potratne) ter tiste, ki bodo gojene v kolobarju prvo leto. Po naključju so v kolobarju skoraj vse najbolj potratne rastline, razen kitajskega zelja.



Slika 26: Razporeditev maksimalnih dnevnih vrednosti  $ET_0$  za posamezni mesec, za obdobje 10 let

Rezultati izračuna  $ET_c$  so prikazani v preglednici 14:

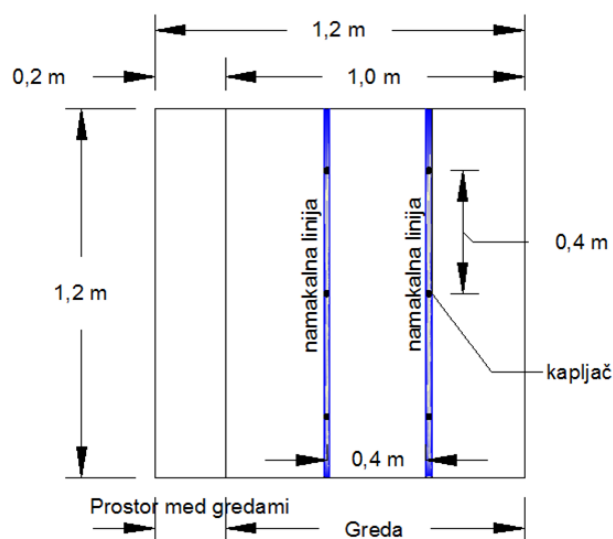
Preglednica 14 : Rezultati izračuna 90 % verjetne  $ET_c$  za izbrane rastline

90% verjetna dnevna $ET_0$ [mm]						
April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	
5	7,3	6,8	7,10	5,7	5	
90% verjetna dnevna $ET_c$ [mm]						
Rastlina	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September
zgodnji krompir	5,8	8,2	/	/	/	/
fižol zrnje	/	/	7,1	7,5	/	/
kitajsko zelje	/	/	/	/	6,3	/
radič	/	/	/	/	/	5,5

Glede na preglednico 14 se maksimalna dnevna potreba po vodi pojavi pri zgodnjem krompirju v mesecu aprilu in sicer 8,2 mm/dan, kar je enako  $8,2 \text{ l/m}^2/\text{dan}$  ali  $82 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{dan}$ .

#### 4.3 Kapljači in namakalne linije

Glede na povprečni padec njivskih površin, ki znaša več kot 2 % (3%), so bili izbrani kompenzacijski kapljači. Ker želimo namakati vrtnine, so bili izbrani vgrajeni kapljači. Gredice stojijo na razdalji 1,2 m, pri čemer je gredica široka 1,0 m med gredicami pa je 0,2 m prostora (slika 27). Gredice v razdalji merijo od 180 do 205 m. Na posamezni gredici bodo rastline sejane v dveh vrstah. Za ustrezno namočenost na posamezni gredici sta načrtovani dve NL na medsebojni razdalji 0,4 m. Kapaciteta kapljačev bo glede na potrebe rastlin po vodi in glede na srednje težka do težka tla nizka, poleg tega pa z nizko kapaciteto oz. z nizkimi pretoki na kapljačih zagotavljamo manjše dimenzije komponent celotnega sistema in manjšo porabo energije. Izbrani so bili kapljači z nizko kapaciteto namakanja in sicer 0,6 l/h. Razdalja med kapljači je izbrana glede na vrsto rastlin, ki bodo sejane in glede na tip tal. Zaradi zavarovanja pred pomanjkljivo namočenostjo zaradi mašenja kapljačev ali prisotnega skeleta v tleh, so kapljači razporejeni nekoliko bolj skupaj, na razdalji 0,4 m (slika 27).



Slika 27: Zasnova kapljačev in namakalnih linij na gredah

Ker se na njivah kolobari in ker se odstotek površin sejanih rastlin razlikuje, se je celotna površina namakanja razdelila na pet namakalnih polj (NP), na dele velikosti cca. 20 % celotne površine. Eno NP predstavlja razvodna cev z NL. Razvodna cev je nato priključena prek armature (ventilov) na dovodno cev. Smer poteka NL je glede na padec terena od vzhoda proti zahodu, kakor se njive že sedaj obdelujejo. Strategija namakanja je takšna, da se posamično, v sosledju, namaka po eno NP. Upoštevano je, da je velikost površin čim bolj enakomerna, kar omogoča tudi zagotavljanje čim bolj enakomernega delovnega pretoka na črpalki, s tem pa tudi daljšo delovno dobo črpalke.

Površina posameznega NP, zasnova kapljačev in NL narekuje, kakšen pretok bo potrebno zagotavljati na črpališču. Tako s površino največjega NP vplivamo na maksimalno količino črpanja vode, kar je potrebno upoštevati pri izdatnosti vodnega vira. Slednje vpliva tudi na dimenzije cevi namakalnega omrežja in porabo energije črpalke. Pri delitvi na posamezna NP smo upoštevali še čas namakanja tako, da sistem omogoča namakanje vseh površin v enem dnevu in da ostane potreben varnostni čas v primeru okvare. Glede na širino gredice in vmesnih prostorov na posamezno NP pride 23 gredic (46 NL), skupaj torej 115 gredic (230 NL). Od juga proti severu znašajo površine posameznega NP:  $NP_1 = 0,53$ ,  $NP_2 = 0,55$ ,  $NP_3 = 0,56$ ,  $NP_4 = 0,53$  in  $NP_5 = 0,49$  ha. Namakalna polja so prikazana v prilogi A.

Izbrane so bile NL s tanko steno (0,31 mm) s komercialnim imenom DRIPNET PC 16125 (NETAFIM, 2015a) (slika 28), namenjene za eno do dve sezoni. Tehnični podatki o kapljačih so podani v preglednici 15, podatki o NL pa v preglednici 16.

Preglednica 15: Tehnični podatki o izbranih kapljačih (NETAFIM, 2015a)

Kapaciteta [l/h]	Delovni tlak [bar]	Dim. prepustov za vodo (širina-višina-dolžina) [mm]	Konstanta $K_e$	Eksponent $x$	Priporočena velikost filtriranja [ $\mu\text{m}$ ]
0,6	0,25 – 2,5	0,52 x 0,60 x 22	0,6	0	130

Preglednica 16: Tehnični podatki o izbranih namakalnih linijah (NETAFIM, 2015a)

Notranji premer [mm]	Debelina stene [mm]	Zunanji premer [mm]	Največji delovni tlak [bar]	Največji tlak pri spiranju [bar]	Koeficient $K_d$
16,2	0,31	16,82	1,8	2,1	0,40

Maksimalna dovoljena dolžina linij pri izbrani kapaciteti in medsebojni razdalji kapljačev na ravnem terenu znaša od 305 m pri delovnem tlaku 1,0 bar do 449 m pri tlaku 2,2 bara (NETAFIM, 2015a). Zaključki linij (konci) bodo izvedeni s prepogibanjem linije in fiksacijo s plastičnim držalom.



Slika 28: Namakalna linija DRIPNET PC (NETAFIM, 2015a)

Izbiri kapljačev oz. NL je sledil izračun hidravličnih parametrov NL, kot so potreben vstopni tlak, izgube tlaka, pretoki in hitrosti vodnega toka. Izračun parametrov je bil izveden s programom HydroCalc (NETAFIM, 2015b) tako za namakanje kot za spiranje. Pri spiranju je bila v NL upoštevana minimalna hitrost 0,3 m/s. Za vsako NP so bili omenjeni parametri najprej izračunani za prvo in zadnjo NL oz. za najkrajšo in najdaljšo NL (NP imajo obliko trapeza). Skupen pretok za NP program izračuna na podlagi števila NL in interpolacije njihovih dolžin. Na podlagi maksimalnega pretoka posameznega NP lahko sledi dimenzioniranje razvodnih in dovodnih cevi ter izbira črpalke.

Za izračun omenjenih parametrov za posamezno NL so potrebni naslednji podatki: padci ali višinske razlike vzdolž cevi, tip kapljača in NL, razdalja med kapljači, kapaciteta kapljača, notranji premer cevi, konstanta iztoka  $K_e$ , koeficient lokalnih izgub zaradi kapljača  $K_d$ , eksponent  $x$  kapljača, dolžina NL in želen tlak na koncu NL.



Primer pogovornega okna za NL št. 1 je prikazan na sliki 29. Vhodni podatki so vnešeni v bele okvirje, rezultati pa so prikazani v modrih okvirjih. Dodatni rezultati, kot npr. pretok v NL, so prikazani v zavihku, ki ni prikazan na sliki.

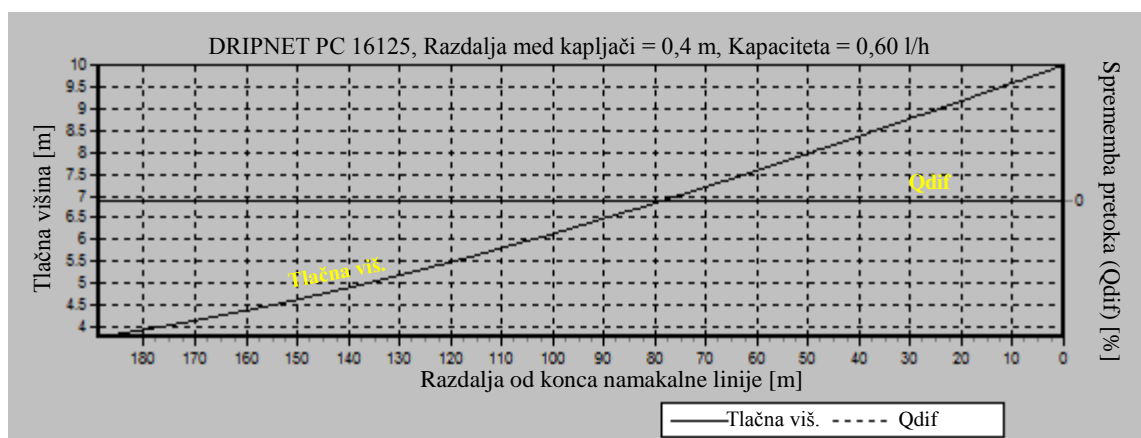
Pipe Type	Inside Diam (mm)	KD	Exponent	K	Segment Length (m)	Pressure Loss (m)	Head (m)	Velocity (m/s)
	16.2	0.4	0	0.6	189	-6.23	3.77	0.38

Calculation Method	Total emitters	Total Length (m)	Cum. Pressure Loss (m)
Emitter Line Length	472	189	-6.23

Slika 29: Pogovorno okno za vnos podatkov za izračun hidravličnih parametrov namakalnih linij v programu HydroCalc (NETAFIM, 2015b)

Na sliki 30 sledi prikaz tlačnih izgub vzdolž NL in sprememb v pretoku skozi kapljače. Zaradi padca vzdolž NL tlaki naraščajo. Ker so uporabljeni kompenzacijski kapljači in so tlaki znotraj dovoljenega razpona (0,25 – 2,5 bar), sprememb v pretokih na kapljačih ni. Teoretično je dosežena 100 % enakomernost iztokov (slika 30). Pri računu je bilo upoštevano, da je minimalni tlak na kapljačih vsaj 0,4 bara.



Slika 30: Spremembe tlačne višine in pretoka skozi kapljače vzdolž namakalne linije v programu HydroCalc (NETAFIM, 2015b)

Program izračuna tlak na začetku NL glede na tlak, ki ga podamo sami za konec NL. Vmes je upoštevana topografija terena in energijske izgube zaradi trenja. Pri računu hidravličnih parametrov za potrebe namakanja je bil na koncu NL upoštevan tlak med 10 in 12 m. Za potrebe spiranja tlaki v kapljačih niso pomembni, pomembna je le hitrost vodnega toka skozi NL. Pri spiranju se upošteva, da je iztok na koncu NL prost, zato smo upoštevali nižji tlak in sicer 4 m.

Rezultati izračunov potrebnih delovnih tlakov in pretokov, tako za namakanje kot za spiranje, za prvo in zadnjo NL vsakega NP so prikazani v preglednici 17. Tlaki so zaokroženi navzgor in podani na eno desetinko. Poleg tega so prikazani tudi izračuni potrebnih pretokov za posamezno namakalno polje, kar se uporabi pri dimenzioniranju razvodnih cevi in kot vhodni podatek za potrebno črpanje vode.

Preglednica 17: Rezultati izračunov hidravličnih parametrov namakalnih linij

Namak. polje	Št. NL	Dolžina NL	Delovni tlak pri namak. na NL	Pretok pri namak. na NL	Delovni tlak pri spiranju na NL	Pretok pri spiranju na NL	Pretok pri namak. na NP	Pretok pri spiranju na NP
		[m]	[m]	[l/h]	[m]	[l/h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]
NP <sub>1</sub>	1	196	4	294	4	517	13,27	23,53
	46	189	4	283	4	506		
NP <sub>2</sub>	47	196	4	294	2	483	13,78	22,45
	92	203	4	304	2	492		
NP <sub>3</sub>	93	196	4	294	3	509	13,8	23,69
	138	204	4	306	3	521		
NP <sub>4</sub>	139	196	4	294	6	517	13,23	23,46
	184	187	4	280	6	503		
NP <sub>5</sub>	185	187	4	280	9	502	12,60	22,84
	230	179	4	268	9	491		

Glede na rezultate je maksimalen pretok potreben na NP<sub>3</sub> in sicer za namakanje  $Q_{n_{max}} = 13,8 \text{ m}^3/\text{h}$  (3,8 l/s) in pri spiranju  $Q_{s_{max}} = 23,69 \text{ m}^3/\text{h}$  (6,6 l/s). Razlike med pretoki za posamezna NP so majhne. Pretok pri namakanju NP<sub>3</sub> je le za 11 % višji od pretoka potrebnega pri NP<sub>5</sub>.

Sledil je izračun maksimalnega časa namakanja. Maksimalni čas dnevnega namakanja pri takšni postavitvi NS je izračunan na podlagi najbolj potratne rastline (zgodnji krompir). V praksi obravnavane njive ne bodo nikoli 100% posejane samo z eno vrsto rastlin, zato bo dejanski dnevni čas namakanja krajši. Čas namakanja bo odvisen tudi od dnevnih potreb rastlin. Pri izračunu namakanja je

bila upoštevana tudi učinkovitost namakanja ( $U_c$ ). Upoštevana je bila  $U_c = 0,9$  za kapljični sistem in  $U_c = 0,98$  za ocenjene izgube vode v dovodnih in razvodnih ceveh.

Na podlagi izbranih kapljačev je bila izračunana intenziteta namakanja:

$K$  kapaciteta kapljačev =  $0,6 \text{ l/h} = 0,6 \text{ mm/m}^2/\text{h}$ ,

$E$  razdalja med kapljači =  $0,4 \text{ m}$ ,

$B$  razdalja med parom namakalnih linij =  $1,2 \text{ m}$ .

$$\text{Intenziteta namakanja } (P_r) = 2 \cdot \frac{K}{(E \cdot B)} = 2 \cdot \frac{0,6}{0,4 \cdot 1,2} = 2,5 \text{ mm/h} = 25 \text{ m}^3/\text{h/ha}$$

$ON$  obrok namakanja =  $ET_c = 82 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{dan}$ ,

$P_r$  intenziteta namakanja =  $25 \text{ m}^3/\text{h/ha}$ ,

$U_c$  učinkovitost namakanja =  $0,90 \cdot 0,98 = 0,88$ .

$$\text{Čas namakanja } (t) = \frac{ON}{P_r \cdot U_c} = \frac{82}{25 \cdot 0,88} = 3 \text{ h } 44 \text{ min}$$

Čas namakanja vseh petih polj torej znaša 10 h 4 min. Če bo sistem ročno kontroliran, je potrebno upoštevati še čas za odklapanje in priklapanje novega polja (ocenjeno na 30 min). Za namakanje vseh petih polj bi se tako potrebovalo 12 h 34 min. Kot je bilo že omenjeno zgoraj bo dejanski čas namakanja, ko se upošteva različne rastline na NP in dejansko evapotranspiracijo precej krajši.

#### 4.4 Razvodne cevi

Njiva je torej po vzhodni stranici dolžine 139 m razdeljena na pet delov oz. na polja po 23 gredic. Dolžina prečno na gredice na posameznem NP znaša 27,6 m kar je tudi potrebna dolžina razvodnih cevi. Premer cevi je določen glede na priporočeno hitrost vodnega toka pri izpiranju, ki je med 1,0 in 2,0 m/s ter glede na potreben pretok na posameznem polju namakanja. Za dimenzioniranje je bila izbrana hitrost vodnega toka 1,5 m/s. Ker so si pretoki relativno podobni (razlika med najmanjšim in največjim je le 0,8 l/s) bo uporabljena enaka dimenzija razvodnih cevi za vsa NP. Maksimalni pretok, na katerega je dimenzionirana cev, je torej pretok pri spiranju na NP<sub>3</sub>. Pretok, za katerega je cev dimenzionirana znaša, 23,69 m<sup>3</sup>/h oz. 6,6 l/s. Izračun potrebnega notranjega premera razvodnih cevi je prikazan v nadaljevanju:

$Q$  pretok = 6,6 l/s,

$v$  hitrost vodnega toka = 1,5 m/s.

$$\text{Notranji premer razvodne cevi } (D_n) = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,8 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 1,5}} = 0,075 \text{ m oz. } 75 \text{ mm}$$

Glede na tipe razvodnih cevi podjetja NETAFIM so bile izbrane PE cevi z imenom FLATNET (slika 31). Na voljo so tri različne dimenzije notranjih premerov cevi 51,5, 78,3 in 102,5 mm. Izbrane so cevi z notranjim premerom  $D_{nr} = 78,3$  mm (tehnični podatki so podani v preglednici 18). Notranji premer cevi se minimalno razlikuje od izračunanega, zato lahko za spiranje razvodnih cevi uporabljamo enak pretok kot za spiranje NL NP<sub>3</sub>. Skupna dolžina potrebnih razvodnih cevi za vseh pet NP je 138 m.

Preglednica 18: Tehnični podatki za izbrano cev FLATNET (NETAFIM, 2014b)

Min. zunanji premer [mm]	Povp. notranji premer [mm]	Povp. debelina sten [mm]	Maksimalni delovni tlak [bar]
80,5	78,3	1,1	3,0

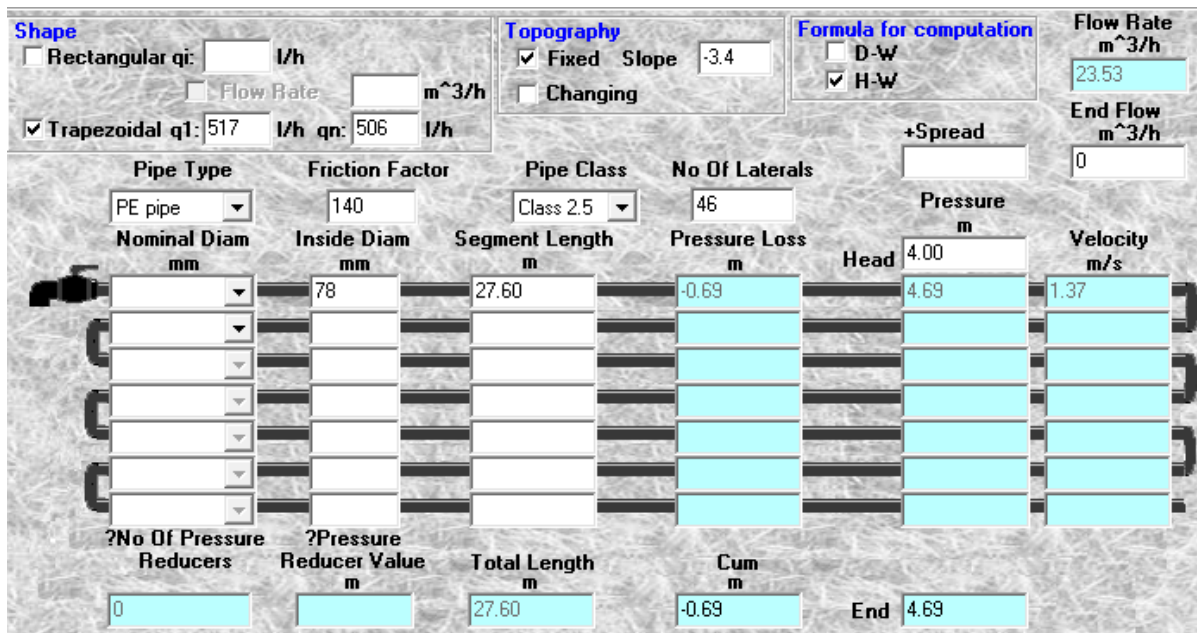


Slika 31: Razvodna cev FLATNET (NETAFIM, 2014b)

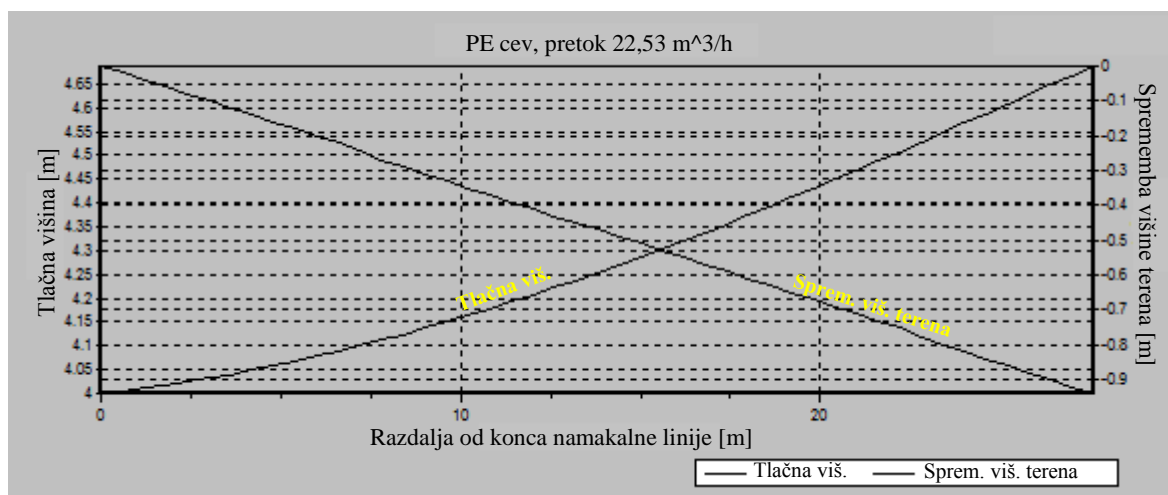
Izbiri razvodnih cevi je sledil izračun hidravličnih parametrov (potreben tlak na začetku cevi in izgube tlaka). Račun je bil izveden v programu HydroCalc (NETAFIM, 2015b).

Za razvodne cevi (RC) so zahtevani vhodni podatki: oblika namakalnega polja, pretok in potreben tlak v najkrajši in najdaljši NL, padci ali višinske razlike vzdolž cevi, vrsta materiala cevi, koeficient trenja, maksimalni tlak, ki ga cev prenese, število cevi, ki so priključene na razvodno ali dovodno cev, tlak na začetku cevi, notranji premer in dolžina cevi.

Primer pogovornega okna za izračun hidravličnih parametrov v razvodni cevi prvega namakalnega polja je prikazan na sliki 32.



Slika 32: Pogovorno okno za vnos podatkov za izračun hidravličnih parametrov razvodnih cevi v programu HydroCalc (NETAFIM, 2015b)



Slika 33: Sprememba tlačne višine in pretokov vzdolž razvodne cevi na  $NP_1$  v programu HydroCalc (NETAFIM, 2015b)

Tlaki, ki jih je potrebno zagotoviti na začetku vsake razvodne cevi, so podani v preglednici 19:

Preglednica 19: Delovni tlaki, ki jih je potrebno zagotoviti na začetku razvodnih cevi

Namak. polje	Razvodna cev	Vhodni tlak pri namakanju [m]	Vhodni tlak pri spiranju [m]
NP <sub>1</sub>	RC <sub>1</sub>	4	4
NP <sub>2</sub>	RC <sub>2</sub>	4	2
NP <sub>3</sub>	RC <sub>3</sub>	6	5
NP <sub>4</sub>	RC <sub>4</sub>	4	6
NP <sub>5</sub>	RC <sub>5</sub>	4	9

#### 4.5 Dovodne cevi

Glede na to, da je NS zasnovan tako, da se hkrati namaka le eno namakalno polje, je lahko izhodišče za dimenzioniranje dovodnih cevi enako kot pri razvodnih ceveh. Glede na izračun v poglavju 4.4 je potreben premer cevi 75 mm. Maksimalni tlak, ki ga mora prenesti dovodna cev pa je višji. V poglavju 4.9 je izračunana maksimalna višina črpanja črpalke (model črpalke 32-250), ki je enaka tlaku 7,0 barov pri spiranju. Dovodna cev bo morala torej prenesti vsaj tak tlak. Izbrana je bila tehnična cev PE 80, nominalne velikosti 90 mm, z maksimalnim delovnim tlakom 8 barov. Tehnični podatki so podani v preglednici 20.

Preglednica 20: Tehnični podatki za izbrano cev PE 80 (NETAFIM, 2013)

Min. zunanji premer	Povp. notranji premer	Povp. debelina sten	Maksimalni delovni tlak
[mm]	[mm]	[mm]	[bar]
90	77	6	8



Slika 34: Tehnične PE cevi (NETAFIM, 2013)

Linijske energijske izgube v cevi so bile izračunane s programom Hydrocalc (VIR) za maksimalen pretok pri namakanju ( $Q_{n,max}$ ) in pri spiranju ( $Q_{s,max}$ ). Za izračun linijskih izgub za dovodne cevi je potrebno vnesti: koeficient trenja, notranji premer in dolžina cevi ter pretok. Linijske izgube na 100 m cevi pri namakanju znašajo 0,9 m, pri spiranju pa 2,3 m. Dolžina dovodnih cevi znaša 391 m.

#### 4.6 Filtracija

Filtracija bo zasnovana v dveh stopnjah. Glavna filtracijska enota bo filtrirala večje delce, sekundarna pa manjše. Ker analize kakovosti vode iz Lahinje niso bile na voljo, se je potrebna filtracija dimenzionirala na podlagi zahtev, ki jih podaja proizvajalec za kapljače ter na podlagi priporočil filtriranja za posamezne vodne vire, kar je podano v teoretičnem delu (poglavje 2.5.4). Za filtriranje večjih delcev je bil izbran peščen filter s komercialnim imenom F-600 (slika 35), ki je glede na informacije proizvajalca (NETAFIM) primeren za filtriranje vode iz rek. Filter ustreza zahtevam glede maksimalnega delovnega pretoka in tlaka. Tehnične lastnosti so podane v preglednici 21:

Preglednica 21: Tehnične lastnosti peščenega filtra (NETAFIM, 2015c)

Premer posode	Filtracijska površina	Volumen filtracije	Maksimalni delovni tlak	Maksimalni pretok	Minimalni tlak pri spiranju filtra
[mm]	[m <sup>2</sup> ]	[dm <sup>3</sup> ]	[bar]	[m <sup>3</sup> /h]	[bar]
750	0,46	176	8	30	1,5



Slika 35: Izbran peščen filter s komercialnim imenom F-600 (NETAFIM, 2015c)

Peščen filter ima tudi možnost avtomatskega povratnega spiranja medija, pri tem pa je potrebno zagotoviti minimalni tlak 1,5 bara. Podatek lahko odloča o potrebni črpalni višini in izbiri črpalke.

Za izbrane kapljače je potrebno zagotoviti filtracijo velikosti 130  $\mu\text{m}$ , kar je enako velikosti filter mreže 120. Izbran je bil disk filter s komercialnim imenom Arkal (slika 36), z ustreznimi tehničnimi lastnostmi, ki so podane v preglednici 22. Filter nima avtomatskega čiščenja, zato pri računanju

potrebne višine črpanja za spiranje filtra ni potrebno upoštevati posebnih zahtev (poglavje 2.5.4). Filter ustreza zahtevam glede delovnega pretoka in tlaka.

Preglednica 22: Tehnične lastnosti disk filtra Arkal (NETAFIM, 2015c)

Velikost filtriranja	Filtracijska površina	Volumen filtracije	Maksimalni delovni tlak	Maksimalni pretok
[ $\mu\text{m}$ ]	[ $\text{cm}^2$ ]	[ $\text{cm}^3$ ]	[bar]	[ $\text{m}^3/\text{h}$ ]
130	950	1225	12	25



Slika 36: Izbran disk filter z velikostjo filtriranja 130  $\mu\text{m}$ , s komercialnim imenom Arkal (NETAFIM, 2015c)

Lokalne energijske izgube za filtra so bile povzete iz poglavja 2.7.3. Maksimalne izgube za posamezen filter pri namakanju znašajo 0,7 bara.

#### 4.7 Ventili in merilniki

V cevovodnem omrežju NS je potrebnih kar nekaj ventilov in merilnikov. V tem delu bodo opisani le glavni. Dodatni ventili, ki so potrebni v filtrirnih enotah za potrebe povratnega izpiranja filtracijskih posod niso bistveni. Zaporedje vezave elementov NS in tudi ventilov je prikazano v prilogi B. Prvi ventil je t.i. sesalna košara, ki se pritrdi na začetek sesalne cevi, da prepreči vstop večjih umazanij. Ventil je zato, ker je v košari vgrajen nepovratni ventil, ki zagotavlja, da v sesalni cevi ostaja voda. Največ je v sistemu potrebnih zapiralnih in redukcijskih ventilov, in sicer skupaj enajst. Dva zapiralna ventila pri črpališču ter po en redukcijski ventil za vsako razvodno cev (z že vgrajenim manometrom), zapiralni pred odzračevalnim ventilom na priključku razvodnih cevi ter zapiralni oz. spiralni na koncu dovodne cevi. Na priključkih razvodnih cevi so kot je bilo omenjeno, potrebni tudi odzračevalni ventili in vakuumski ventili, prav tako pa je odzračevalni ventil potreben tudi na črpališču. Na črpališču je poleg tega potreben še nepovratni ventil ter vodomer in več manometrov.

Ventili in merilni elementi povzročajo lokalne energijske izgube, ki bodo kasneje upoštevane pri izračunu potrebne črpalne višine. V nadaljevanju je podan postopek določitve izgub. Glede na tok v



omrežju se pri izračunu ne upošteva vseh ventilov oz. tistih skozi katere med namakanjem ne teče vodni tok (npr. zapiralni in odzračevalni ventili na priključkih razvodnih cevi). Energijske izgube zaradi manometrov se lahko enači kot izgube zaradi T elementa, enako so bile obravnavane tudi izgube zaradi blažilca hidravličnega udara. Za T elemente so bile lokalne energijske izgube izračunane na podlagi koeficienta  $\zeta_{lok}$  ( $\zeta_{lok} = 0,9$ ), iz preglednice 7. Za ostale elemente smo lokalne energijske izgube povzeli s strani proizvajalcev, ki podajajo diagrame odvisnosti energijskih izgub od pretoka. Izbrana sesalna košara je model 63, znamke Flomatic (Flomatic, 2015); zapiralni in redukcijski ventili serije 75, znamke Dorot (Dorot, 2015a); nepovratni ventil model NR-030, znamke A.R.I. (A.R.I., 2015); vodomer model DWM-A, znamke Dorot (Dorot, 2015b); blažilec hidravličnega udara serije 500, znamke Dorot (Dorot, 2015c) (slika 37).

Potrebna velikost ventilov je bila določena glede na velikost razvodnih ( $D_n = 78,3$  mm) in dovodnih cevi ( $D_n = 77,0$  mm). Izbrana je bila eno nominalno stopnjo manjša velikost, in sicer 65 mm. Ker pri nekaterih elementih slednja ni bila na voljo, smo izbrali velikost 80 mm. Velikosti 65 mm je sesalna košara, ter zapiralni in redukcijski ventili, velikosti 80 mm pa nepovratni ventil, vodomer in že omenjeni T elementi.

Energijske izgube zaradi posameznega elementa so prikazane v preglednici 24:

Preglednica 23: Lokalne energijske izgube zaradi ventilov in merilnikov

Pretok	Lokalne energijske izgube zaradi ventilov in merilnikov [m]							
	Sesalna Košara	Zapiralni ventil	T element (merilniki; $n = 5$ )	Vodomer	Nepovratni ventil	Blažilec hidr. udara	Redukcijski ventil	Skupaj
$Q_{n_{max}}$	0,7	2,8	0,2	0,5	0,7	0,7	0,7	6,3
$Q_{s_{max}}$	1,5	4,1	0,5	1,5	1,5	1,9	0,7	11,7

Na sliki 37 so prikazani še izbrani odzračevalni ventili D-040 in kinetični proti-vakuumski odzračevalni ventili AV-010 (NETAFIM, 2015d). Ti ventili so velikosti 50 mm.



Slika 37: Izbrana armatura namakalnega sistema (Flomatic, 2015; Dorot, 2015a; A.R.I., 2015; Dorot, 2015b; Dorot, 2015c; NETAFIM, 2015d)

## 4.9 Črpališče

Črpališče bo postavljeno ob strugi reke Lahinje, na njenem desnem bregu, tik ob gozdu. Teren ob bregu se prvih 15,0 m blago dviga. Najnižje ocenjena kota gladine vode se nahaja na 143,8 m.n.m. Črpalka se bo nahajala 2,5 m višje na 146,3 m.n.m. Dolžina potrebne sesalne cevi znaša 6,0 m. Dimenzije in lastnosti sesalne cevi bodo enake kot pri dovodni cevi, torej bo premer znašal 77 mm. Na koncu sesalne cevi bo inštalirana sesalna košara, ki bo preprečevala mašenje in vhod večjih nečistoč v sistem. Energijski vir za črpalko bo elektrika, speljana po vodu iz naselja Brdarci.

Izračun potrebne črpalne višine  $H_c$  je potekal po sledečih korakih. Predhodno so bili določeni potrebni začetni (vstopni) tlaki za posamezno namakalno polje za namakanje in spiranje. Nato so bile določene geodetske višinske razlike med najnižjo ocenjeno gladino vode in kotami lokacij priključkov razvodnih cevi  $\Delta H_{geod}$ . Ker se na prvih dveh priključkih povežeta po dve razvodni cevi, smo upoštevali tisto, pri kateri je potreben večji vstopni tlak. Ker je vsota energijskih lokalnih izgub do vseh priključkov razvodnih cevi enaka, je bila maksimalna potrebna  $H_c$  odvisna od že omenjene višinske razlike in dolžine dovodne cevi (linijskih izgub) do posameznega priključka. Seštevek lokalnih izgub je zajemal izgube zaradi filtrov, ventilov in merilnikov. Lokalne izgube zaradi posameznih spojin

elementov cevi niso bile upoštevane, saj NS oz. črpališče ni bilo tako podrobno zasnovano, takšne izgube pa lahko tudi zanemarimo, saj ne vplivajo bistveno na izbiro črpalke. Na koncu se je preverila še potrebna višina črpanja pri povratnem spiranju peščenega filtra. Minimalna potrebna tlačna višina spiranja je 15 m.

Rezultati izračuna potrebne višine črpanja pri namakanju, spiranja NL in povratnem spiranju peščenega filtra so podani v preglednicah 25-27.

Preglednica 24: Potrebna višina črpanja pri namakanju

Črpanje do razvodnih cevi	Višinska razlika $\Delta H_{geod}$	Maks. vstopni delovni tlak razvodnih cevi	Lokalne energijske izgube	Dolžina dovodne cevi	Linijske izgube	$H_{\epsilon}$
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
RC <sub>1</sub> in RC <sub>2</sub>	14,6	4,0	20,3	307,0	2,8	41,5
RC <sub>3</sub> in RC <sub>4</sub>	12,8	4,0	20,3	363,0	3,3	40,2
RC <sub>5</sub>	11,7	4,0	20,3	391,0	3,5	39,3

Preglednica 25: Potrebna višina črpanja pri spiranju

Črpanje do razvodnih cevi	Višinska razlika $\Delta H_{geod}$	Maks. vstopni delovni tlak razvodnih cevi	Lokalne energijske izgube	Dolžina dovodne cevi	Linijske izgube	$H_{\epsilon}$
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
RC <sub>1</sub> in RC <sub>2</sub>	14,6	4,0	25,7	307,0	7,1	51,4
RC <sub>3</sub> in RC <sub>4</sub>	12,8	6,0	25,7	363,0	8,3	52,8
RC <sub>5</sub>	11,7	9,0	25,7	391,0	9,0	55,4

Preglednica 26: Potrebna višina črpanja pri povratnem spiranju peščenega filtra

Minimalna tlačna višina spiranja	Višinska razlika $\Delta H_{geod}$	Lokalne energijske izgube	Linijske izgube	$H_{\epsilon}$
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
15,0	2,5	5,5	0,1	23,1

Glede na rezultate je razvidno, da znaša maksimalna višina črpanja pri namakanju 41,5 m, pri spiranju NS 55,4 in za potrebe povratnega spiranja peščenega filtra 23,1 m.

Izbira črpalke je temeljila na podatkih o potrebnem pretoku in črpalni višini. Zagotoviti je potrebno črpalko, ki bo ustrezala potrebam namakanja in spiranja ter upoštevati tudi možnosti razširitve namakalnega sistema. Izbrana znamka črpalke je bila Lowara (Lowara 2015a; Lowara 2015b). Glede na diagrame odvisnosti črpalne višine od pretoka, ki jih podaja proizvajalec za svoje črpalke (Lowara 2015a; Lowara 2015b), se izkaže, da bi bili potrebni dve različni črpalki, saj se zahteve za namakanje in spiranje precej razlikujejo. Vzrok teh težav so relativno dolge NL, pri katerih je razlika med pretokom in tlakom pri namakanju in spiranju večja kot pri krajših NL. Če bi izbrali eno črpalko, ki bi pokrivala vse potrebe, bi bila poraba energije v času namakanja bistveno višja kot je to potrebno. Lahko pa je črpalka za spiranje v določenem primeru tudi opsijska, glede na to, da se za NL uporablja najtanjša cevi, ki bodo v uporabi le eno do dve sezoni. Zaradi tega se spiranje NL lahko tudi opusti, odvisno od mašenja kapljačev. Namakalni sistem se bo po vsaki rastni sezoni odstrani, s tem pa je tudi možnost, da se razvodne cevi (pa tudi dovodno, če se slednja razdeli na krajše odseke), prenese k črpališču in tam spere. Pri nekoliko nižji hitrosti vodnega toka v ceveh (do minimalno 1,0 m/s), bi spiranje omogočala tudi črpalka, ki ustreza potrebam namakanja. Kot je omenjeno v teoretičnem delu naloge se dovodne in razvodne cevi spira minimalno enkrat na rastno sezono.

Kakorkoli, za potrebe namakanja ( $Q_{n_{max}} = 13,8 \text{ m}^3/\text{s}$  in  $H_c = 41,5 \text{ m}$ ) je bila na podlagi omenjenega diagrama izbrana črpalka modela 15HM04 za potrebe spiranja (opsijsko) ( $Q_{s_{max}} = 23,7 \text{ m}^3/\text{s}$  in  $H_c = 55,4$ ) pa črpalka modela 32-250 (slika 38). Zmogljivosti črpalok so predstavljene v preglednici 28.

Preglednica 27: Zmogljivosti izbranih modelov črpalok 15HM04 (Lowara 2015a) in 32-250 (opsijsko) (Lowara 2015b)

Moč delovanja 15HM04 pri $Q_{n_{max}}$	Izkoristek 15HM04 pri $Q_{n_{max}}$	Višina črpanja 15HM04 pri $Q_{n_{max}}$	Moč delovanja 32-250 pri $Q_{s_{max}}$	Izkoristek 32-250 pri $Q_{s_{max}}$	Višina črpanja 32-250 pri $Q_{s_{max}}$
[kW]	[%]	[m]	[kW]	[%]	[m]
2,6	70	47	10	51	70

a) 15HM04



b) 32-250 (opsijsko)



Slika 38: Izbrani centrifugalni črpalke 15HM04 (Lowara 2015a) in 32-250 (opsijsko) (Lowara 2015b)

Doveden tlak črpalke 15HM04 bo nekoliko višji od potrebnega pri namakanju. Na priključku razvodne cevi  $RC_1$  in  $RC_2$  bo ta 0,6 bara, na  $RC_3$  in  $RC_4$  0,7 bara in na  $RC_5$  0,8 bare. Tlake bo potrebno znižati na regulacijskih ventilih tako, da bodo ti znašali 0,4 bare.

Pri lokaciji črpališča je potrebno preveriti tudi možnost pojava kavitacije oz. ali je črpalka postavljena na ustrezni geodetski višini, da do tega ne pride. Minimalni še dovoljeni podtlak pred črpalko ( $p_d$ ) je bil povzet iz diagramov, ki jih podaja proizvajalec (Lowara 2015a; Lowara 2015b). Za izračun maksimalne dovoljene višine sesanja je bila uporabljena enačba 23. Rezultati so prikazani v preglednici 29:

Preglednica 28: Maksimalna dovoljena višina sesanja črpalk

Model črpalke	$p_0$ [m]	$p_a$ [m]	Q [m <sup>3</sup> /h]	D [mm]	$\Delta E$ [m]	$H_{ses,č}$ [m]
15HM04	8	1,5	13,8	77	0,2	6,3
32-250	8	4,0	23,7	77	0,5	3,5

Rezultati izkazujejo, da je lokacija črpališča z vidika pojava kavitacije neproblematična. Črpalka se, kot je bilo že omenjeno, nahaja 2,5 m višje od najnižje ocenjene kote gladine vode.

## 5.0 Dozirna enota (opcijsko)

Kmetovalec se ni odločil za dozirno enoto za dodajanje hranil ali kemijskih sredstev. V tem poglavju obravnavamo ta element le opisno, zaradi možne nadgradnje v prihodnosti. Dozirno enoto bi se inštaliralo vzporedno na cevni sistem na črpališču. Enota se lahko namesti vzporedno z disk filtrom, pred filter pa se inštalira redukcijski ventil. Redukcijski ventil bi imel funkcijo uravnavanja delovnega tlaka, s katerim vplivamo tudi na količino doziranja snovi, če se odločimo za venturi injektor (poglavje 2.5.8). Venturi injektor je nizkocenovna rešitev, ker za delovanje ne potrebuje dodatnega vira energije. Pred in za dozirno enoto se na vzporedno cev namesti zapiralni ročni ventil, ki omogočata odklop enote iz omrežja. Zaradi dozirne enote bi se povečale tudi energijske izgube zaradi česar bi bilo potrebno preveriti ali bi bila potrebna močnejša črpalka.

## 5 NAMAKALNI PARAMETRI IN URNIKI NAMAKANJA

V tem delu diplomske naloge smo s pomočjo programa CROPWAT 8.0 izračunali namakalne parametre in izdelali urnike namakanja za kolobar, ki ga je podal kmetovalec. V kolobarju je pet rastlin in sicer: fižol za zrnje, zgodnje in jesensko zelje, zgodnji krompir in radič. Vsaka rastlina se zasadi ali seje v določeni dekadi meseca (tri dekade) in se nato razvija skozi določeno obdobje do dekade v določenem mesecu, ko nastopi spravilo pridelka. Trajanje tega procesa je za posamezne rastline za Dolenjsko in Belo krajino predstavljeno v Osnovah namakanja s poudarkom na vrtninah in sadnih vrstah v zahodni, osrednji in južni Sloveniji (Pintar, 2006). Na podlagi podatkov o obdobjih rasti posamezne rastline in njiv razdeljenih na posamezna NP, se je z namenom s čim večjega izkoristka njivskih površin, določilo obseg sejanja posamezne rastline. Posamezna namakalna polja predstavljajo naslednje deleže njivskih površin: NP<sub>1</sub> in NP<sub>4</sub> 20 %, NP<sub>2</sub> in NP<sub>3</sub> 21 % in NP<sub>5</sub> 18 %. Rastline so bile sajene po naslednjih odstotkih (preglednica 30):

Preglednica 29: Odstotki površin sejanih z določeno rastlino po posameznih mesecih ter datum sejanja in spravila

Rastlina	Mar	Apr	Maj	*Jun			Jul	Avg	Sep	Datum sajenja	Datum spravila
				1	2	3					
fižol zrnje	/	/	20	20	20	20	20	20	/	5. maj	24. avgust
zelje zgodnje	20	20	20	/	/	/	/	/	/	15. marec	24. maj
zelje jesensko	/	/	/	/	60	60	60	60	60	15. junij	24. september
krompir zgodnji	60	60	60	60	/	/	/	/	/	5. marec	4. junij
radič	/	/	/	/	/	/	20	20	20	15. julij	24. september
skupaj	80	80	100	80	80	80	100	100	80	/	/

\*Jun: mesec junij je razdeljen na tri dekade zaradi ustreznega prikaza vsote izkoriščenih površin. Krompir, zgodnji (60%) se spravi v prvi dekadi, zelje, jesensko (60%) pa se poseje v drugi dekadi.

Za pravilno namakanje je za kmetovalca pomembno, da si pred sezono izračuna obrok namakanja, turnus namakanja in koliko časa traja namakanje. Ker gre za kapljični namakalni sistem, bo turnus namakanja 1 dan. V programu CROPWAT 8.0 so bili vneseni vsi potrebni vhodni podatki. Na podlagi klimatskih podatkov je program izračunal  $ET_0$ , na podlagi vhodnih podatkov za rastline pa je bil nato izračunan še  $ET_c$  za celo rastno obdobje. Ker se bo namakalo vsak dan, bo neto obrok namakanja ( $nON$ ) enak  $ET_c$ . Bruto obrok namakanja je bil izračunan na podlagi učinkovitosti namakanja (90 %) in vodnih izgub v omrežju (2 %). Čas namakanja je bil izračunan kot količnik bruto obroka namakanja ( $bON$ ) in intenzitete namakanja ( $Pr$ ) ali kapacitete kapljačev. Časi namakanja torej niso podani povsem neposredno za zasnovan namakalni sistem. S tem je mišljeno, da ni upoštevano, na koliko poljih je posamezna rastlina sejana. Slednje se lahko določi s pomočjo preglednice 30, kjer 20 % površin praktično predstavlja eno namakalno polje. Kakorkoli, rezultati za posamezno rastlino po

mesečnih dekadah so prikazani v prilogi C, v preglednici 31 pa so povzete minimalne in maksimalne vrednosti ter izračunane povprečne vrednosti *bON* in časov namakanja.

Preglednica 30: Minimalni, povprečni in maksimalni parametri namakanja

Rastlina	<i>bON</i> /dan [mm]			Čas namakanja/dan [h]		
	min.	povp.	maks.	min.	povp.	maks.
fižol, zrnje	1,1	2,9	4,6	0,46	1,17	1,82
zelje, zgodnje	0,5	2,3	3,5	0,21	0,92	1,41
zelje, jesensko	2,0	3,5	4,1	0,78	1,40	1,65
krompir, zgodnji	0,4	2,2	3,5	0,17	0,88	1,39
radič	2,1	3,1	3,5	0,83	1,24	1,39

Izračunani parametri služijo kot vodilo pri namakanju v določenih razvojnih fazah rastlin. Poleg teh podatkov si mora kmetovalec pomagati še z meritvami s tenziometrom in količinami padlih padavin.

CROPWAT 8.0 omogoča tudi izračun okvirnih potrebnih količin dodajanja vode z namakanjem pri upoštevanju padavin. Ta rezultat lahko služi kot splošna ocena predvidenih potreb po namakanju. Slednje program izračuna kot razliko med efektivnimi padavinami in potencialno evapotranspiracijo  $ET_c$ . Program pri tem izračunu torej ne upošteva količine izgubljene ali zadržane vode v tleh (lastnosti tal) in ostalih lastnosti rastlin (% PK in globina korenin). Zaradi slednjega se izračun potreb rastlin po vodi lahko razložimo kot minimalno količino, ki bi jo rastlina ob podani količini dežja potrebovala. Upoštevane so bile povprečne mesečne padavine (poglavje 3.3). Rezultati za povprečno leto so prikazani v preglednici 32, dobljene vrednosti pa so bile preračunane v bruto potrebne vodne količine.

Preglednica 31: Potrebne bruto količine dodane vode z namakanjem za leto s povprečnimi padavinami

Rastlina	Mar [mm]	Apr [mm]	Maj [mm]	Jun [mm]	Jul [mm]	Avg [mm]	Sep [mm]	Letno [mm]
fižol zrnje	0.0	0.0	0.0	11.6	35.2	0.0	0.0	46.8
krompir zgodnji	0.0	0.0	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9
radič	0.0	0.0	0.0	0.0	8.8	3.1	0.0	11.8
zelje, jesensko	0.0	0.0	0.0	6.4	28.5	19.3	0.0	54.2
zelje, zgodnje	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8

Glede na te rezultate je razvidno, da rastlinam v povprečnem letu ne primanjkuje veliko vode. Za krompir, zgodnji in zelje, zgodnje, je potreba po namakanju praktično zanemarljiva.

CROPWAT 8.0 omogoča tudi izdelavo indikativnih urnikov namakanja. Pri tem program upošteva več vhodnih podatkov in sicer še podatke o lastnostih tal (poglavje 3.6) ter vse podatke o lastnostih rastlin (poglavje 3.5). Torej program izračunava vodno bilanco tal (poglavje 2.2.3). Izdelani so bili urniki namakanja za povprečno padavinsko leto. Padavine so znotraj programa razporejene po naslednji metodi. Mesečne padavine so najprej razdeljene v tri dekade, nato pa znotraj dekade enakomerno na tretji in sedmi dan deset dnevne dekade. Razporeditve padavin ni mogoče spreminjati. Program na podlagi vseh vhodnih podatkov izračuna potrebno količino vode, ki jo nadomestimo z namakanjem. Nastavitve namakanja so zahtevale začetek namakanja, ko je bila porabljena vsa lahko dostopna voda (*LDV*) ter obrok namakanja, s katerim se doda toliko vode, da je dosežena polna poljska kapaciteta (*PK*). Ker zaradi takšnih nastavitvev dobimo daljše turnuse namakanja in večje obroke, se je za potrebe dnevnega namakanja te obroke razdelilo na število dni med turnusi in tako so bile dobljene dnevne vrednosti obrokov namakanja. Indikativni urniki z dnevnimi podatki so prikazani v prilogi D. Povzete vrednosti za celo sezono (št. dni namakanj, bruto količine dodane vode in časa namakanja) so podane v preglednici 33.

Preglednica 32: Povzete vrednosti nekaterih parametrov za celo sezono iz indikativnih urnikov namakanja

Rastlina	Št. namakanj	Bruto količina dodane vode [mm]	Skupen čas namakanj [h]
fižol, zrnje	0	0	0
zelje, zgodnje	3	10,3	4,12
zelje, jesensko	65	164,9	65,96
krompir, zgodnji	2	6	2,4
radič	57	176,6	67,04

Glede na izdelane urnike, fižola ni potrebno namakati. Minimalne potrebne količine dodatne vode zahtevata zgodnje zelje in krompir. Najbolj potratni rastlini sta jesensko zelje in radič.



## 6 ZAKLJUČKI

Namakanje in namakalni sistemi ter njihova zasnova zahtevajo interdisciplinarno znanje, kjer se srečujejo hidravlika, hidrologija, vodarstvo, agronomija in druge sorodne vede. Pri zasnovi namakalnega sistema in namakanju je potrebnih veliko analiz in vhodnih podatkov ter informacij. Od analiz tal, reliefa terena, analiz vodnega vira, klime in rastlin pa do znanja in želja uporabnika sistema, razpoložljive delovne sile, finančnih okvirjev in ekonomskih pogojev.

Zakonodaja, ki se tiče namakanja je obsežna, prav tako število potrebnih vhodnih podatkov, ki jih potrebujemo pri pridobivanju ustreznih dovoljenj. Med podlage in podatke spada tudi zasnova namakalnega sistema in izračun namakalnih parametrov. Potrebno je postopno pridobivanje mnenj, soglasij in dovoljenj, začenši z vodnim virom, ki je osnovni pogoj za namakanje.

Cilji ukrepov so izboljšanje upravljanja voda v Sloveniji ter manjša in bolj učinkovita poraba vode težijo h kapljični tehnologiji (MKGP, 2015). Zasnova namakalnega sistema temelji na omenjenih potrebnih vhodnih podatkih in rezultatih analiz. Jedro kapljičnega namakalnega sistema so namakalne linije s kapljači. Njihova zasnova in dimenzioniranje v večji meri vpliva tudi na dimenzioniranje ostalih elementov namakalnega sistema. Pomembno je, da se zagotovi dovolj fino filtriranje vode, da ne prihaja do mašenja kapljačev. Del namakalnega sistema so še črpalka, ventili, dovodne in razvodne cevi, ter merilniki tlaka in pretoka. Pri zasnovi se je potrebno včasih vračati kakšen korak nazaj, da se izbere najbolj optimalno rešitev.

Za obravnavane njivske površine v Beli krajini, pri naselju Brdarci, se je na 2,7 ha zasnoval namakalni sistem za gojenje vrtnin. Sistem je zasnovan na podlagi najbolj potratnih rastlin. Njivske površine se je razdelilo na pet namakalnih polj, ki se jih namaka izmenično. Zaradi relativno velikega padca so bili izbrani tlačno-kompenzacijski kapljači, ki omogočajo enakomerno namakanje tudi pri takšnih pogojih. Namakalne linije so tanke in v uporabi le eno do dve sezoni. Celotno omrežje cevi namakalnega sistema se po koncu sezone pospravi. Uporabljene so fleksibilne polietilenske cevi. Črpališče, kjer so postavljeni tudi filtri, se nahaja ob reki Lahinji, ki predstavlja vodni vir.

V nalogi so bile s programom CROPWAT 8.0, izračunane tudi potrebne vodne količine za namakanje ter izdelani urniki namakanja za izbran kolobar v letu s povprečnimi padavinami. Izračunane vrednosti je treba upoštevati bolj kot indikativne pripomočke, saj je z enačbami nemogoče zajeti vse naravne pogoje. Koliko in kdaj je potrebno namakati, se bolj podrobno lahko določi na terenu s pomočjo tenziometra.

Zasnovan namakalni sistem omogoča večje in stabilnejše pridelke ter zmanjšanje odvisnosti od neugodnih vremenskih razmer.

## 7 VIRI

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. Rim, Food, Agriculture Organization of the United Nations: 300 str.

<http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e00.htm> (Pridobljeno 15. 1. 2015.)

A.R.I. 2015. NR-030 Check Valve.

<http://www.arivalves.com/library/product-catalogs/category/agriculture-2> (Pridobljeno 7. 6. 2015.)

ARSO. 2015a. Vode. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje.

[http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov\\_arhiv\\_tab.php](http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov_arhiv_tab.php) (Pridobljeno 13. 4. 2015.)

ARSO. 2015b. Arhiv meteoroloških podatkov. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje.

[http://www.arso.gov.si/vreme/napovedi%20in%20podatki/podneb\\_30\\_tabele.html](http://www.arso.gov.si/vreme/napovedi%20in%20podatki/podneb_30_tabele.html) (Pridobljeno 17. 4. 2015.)

ARSO. 2015c. Referenčna evapotranspiracija in padavine za celotno arhivsko obdobje (dnevni podatki po letu 1961). Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje.

[http://meteo.arso.gov.si/met/sl/agromet/data/arhiv\\_etp/](http://meteo.arso.gov.si/met/sl/agromet/data/arhiv_etp/) (Pridobljeno 19. 4. 2015.)

Atlas okolja. 2015.

<http://gis.arso.gov.si/atlasokolja> (Pridobljeno 26. 5. 2015.)

Blue Marble. 2015. Global Mapper.

<http://www.blumarblegeo.com/products/global-mapper.php> (Pridobljeno 5. 1. 2015.)

Bombayharbor. 2009.

[http://www.bombayharbor.com/productImage/0928215001256565631/Drippers\\_Emitters.jpg](http://www.bombayharbor.com/productImage/0928215001256565631/Drippers_Emitters.jpg)

(Pridobljeno 5. 5. 2014.)

Božič, P. 2006. Primerjava treh metod za določevanje kationske izmenjalne kapacitete tal. Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za agronomijo (samozaložba P. Božič): 45 str.

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

Cesar, P., Šraj, M. 2012. Evapotranspiracija: Pregled vplivnih dejavnikov in metod izračuna. Geografski vestnik 84-2: 73–87.

Cvejić, R., Tratnik, M., Meljo, J., Bizjak, A., Prešeren, T., Kompare, K., Steinman, F., Mezga, K., Urbanc, J., Pintar, M. 2012. Trajno varovana kmetijska zemljišča in bližina vodnih virov, primernih za namakanje. Geodetski vestnik 56/2: 308–324.

<http://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-01WMQEE8/92ec6964-0af3-4724-ba24-e49549565f61/PDF> (Pridobljeno 7. 1. 2015.)

Doorenbos, J. in Kassam, A.H., Bentvelsen, C.L.M., Branscheid, V., Plusje, J.M.G.A. 1979. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33. Rim: 200 str.

Dorot. 2015a. Series 75 Valves.

<http://www.dorot.com/files/cf879734ccc2232a2b2b387c72824433.pdf> (Pridobljeno 5. 6. 2015.)

Dorot. 2015b. DWM-A Turbine Water Meter.

<http://www.dorot.com/files/9a3951bf82237c7424a24bb181b66c9b.pdf> (Pridobljeno 5. 6. 2015.)

Dorot. 2015c. Series 500 Valves.

<http://www.dorot.com/files/9a3951bf82237c7424a24bb181b66c9b.pdf> (Pridobljeno 6. 6. 2015.)

DRTS. 2006. Production Lines to Manufacture Drip Tubing and Drip Tape. DRTS.

<http://www.drts.com/> (Pridobljeno, 5. 5. 2014.)

eTLA. 2015. Podatki tal – Portal eTLA

<http://www.kis.si/eTLA> (Pridobljeno 27. 5. 2015.)

FAO, 2013. CropWat 8.0.

[http://www.fao.org/nr/water/infores\\_databases\\_crowat.html](http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_crowat.html) (Pridobljeno 20. 1. 2015.)

Filtration Systems. 2015. Hydfilt.

<http://www.hydfilt.com/> (Pridobljeno 15. 2. 2015.)

Flomatic. 2015. Foot Valves.

[https://flomatic.com/assets/pdf\\_files/Model\\_63\\_357%20\\_302B\\_Foot\\_Valves.pdf](https://flomatic.com/assets/pdf_files/Model_63_357%20_302B_Foot_Valves.pdf) (Pridobljeno 20. 6. 2015.)

Geopedia. 2015.

<http://www.geopedia.si> (Pridobljeno 26. 5. 2015.)

Gornik, D.B. 2013. Tudi v Beli krajini je mogoče namakati. Lokalno.si

[http://www.lokalno.si/2013/11/18/106346/aktualno/DL\\_Tudi\\_v\\_Beli\\_krajini\\_je\\_mogoce\\_namakati/](http://www.lokalno.si/2013/11/18/106346/aktualno/DL_Tudi_v_Beli_krajini_je_mogoce_namakati/)  
(Pridobljeno 4. 6. 2015)

Gustard, A., Demuth S. 2008. Manual on Low-flow Estimation and Prediction. Operational and Hydrology report No. 50. WMO-No. 1029: str. 43 – 49.

[http://www.wmo.int/pages/prog/hwrrp/publications/low-flow\\_estimation\\_prediction/WMO%201029%20en.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/hwrrp/publications/low-flow_estimation_prediction/WMO%201029%20en.pdf) (Pridobljeno 11. 3. 2015.)

Juvan, S. 1992. Vodni viri za namakanje kmetijskih površin: Namakanje Dravskega in Ptujkega polja. V: Mišičev vodarski dan 1992: 6 str.

<http://www.mvd20.com/LETO1992/R2.pdf> (Pridobljeno 20. 1. 2015.)

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

Kvantil. 2013.

<https://sl.wikipedia.org/wiki/Kvantil> (Pridobljeno 03. 05. 2015)

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.

Louwagie, G. (ur.), Gay, S.H. (ur.), Burr,ell, A. (ur.). 2009. Zasoljevanje in sodifikacija. Projekt: Trajnostno kmetijstvo in varovanje tal (SoCo) - Procesi degradacije tal. European Commission: Agriculture and Rural Development. Joint Research Centre: Institute for Prospective technological Studies: 4 str.

<http://agrilife.jrc.ec.europa.eu/documents/SLFactSheet-04.pdf> (Pridobljeno 23. 12. 2014.)

Lowara. 2015a. e-HM™ Series

<http://www.vip-tehnika.si/produkti/lowara/pdf/lowara-e-hm-50hz.pdf> (Pridobljeno 12. 6. 2015.)

Lowara. 2015b. e-NSC Series.

[http://documentlibrary.xylemappliedwater.com/wp-content/blogs.dir/22/files/2014/05/191002951\\_C\\_W01-2015\\_NSC-50Hz\\_EN.pdf](http://documentlibrary.xylemappliedwater.com/wp-content/blogs.dir/22/files/2014/05/191002951_C_W01-2015_NSC-50Hz_EN.pdf) (Pridobljeno 12. 6. 2015.)

Manometrs. 2015.

[https://www.dungs.com/fileadmin/media/Images/Manometer\\_6\\_bar\\_1c.jpg](https://www.dungs.com/fileadmin/media/Images/Manometer_6_bar_1c.jpg) (Pridobljeno 14. 06. 2015.)

Mikoš, M., Kranjc, A., Matičič, B., Müller, J., Rakovec, J., Roš, M., Brilly, M. 2002. Hidrološko izrazje = Terminology in hydrology. Acta Hydrotechnica 20: 32 str.

Mori, M., Drobnič, B. 2010. Karakteristike centrifugalnih črpalk in cevovoda: Laboratorijska vaja. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Katedra za energetska strojništvo, Laboratorij za termoenergetiko: 13 str.

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. 2015. Program razvoja podeželja RS za obdobje 2014-2020: 825 str.

NETAFIM. 2013. Technical PE Pipes.

[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 15. 5. 2014.)

NETAFIM. 2014a. Drip Irrigation Handbook: Understanding The Basics. NETAFIM: 96 str.

<http://orev.dk/images/stories/pdf/2014/dripirrigationhandbook2014.pdf> (Pridobljeno 15. 12. 2014.)

NETAFIM. 2014b. Polyethylene Rigid And Flexible Pipes.

<http://www.netafim.com/Data/Uploads/pipes%20cataloge%202014.pdf> (Pridobljeno 14. 5. 2014.)

NETAFIM, 2015a. DRIPNET PC.

<http://netafim.com/Data/Uploads/130214%20Dripnet%20PC%20thin%20walled%20dripperlines%20technical%20information.pdf> (Pridobljeno 20. 5. 2015.)

NETAFIM. 2015b. HydroCalc Software.

<http://www.netafim.com/hydrocalc-software-1> (Pridobljeno 2. 3. 2015.)

NETAFIM. 2015c. Filtration.

<http://www.catalog.netafim.com/catalogue> (Pridobljeno 7. 5. 2015.)

NETAFIM. 2015d. Automatic & Combination Air Valves.

<http://www.netafim.com/hydrocalc-software-1> (Pridobljeno 7. 6. 2015.)

NRCS. 2015a. Lateral Design.

<http://www.wcc.nrcs.usda.gov/ftpref/wntsc/Irrigation/training%20presentations/micro/5-Microirrigation%20Lateral%20Design.pptx> (Pridobljeno 10. 6. 2015.)

NRCS. 2015b. Emitter selection.

<http://www.wcc.nrcs.usda.gov/ftpref/wntsc/Irrigation/training%20presentations/micro/Emitter%20Selection.pptx> (Pridobljeno 10. 6. 2015.)

Ogrin, D. 1996. Podnebni tipi v Sloveniji. Geografski vestnik, 68: 39–56.

Ogrin, D. 2008. Splošne in lokalne podnebne značilnosti Bele krajine. V: Plut, D. (ur.). Bela krajina in Krajinski park Lahinja. Ljubljana, Geografsko društvo Slovenije: 71 – 90.

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

Phocaides, A. (ur.). 2000. Technical Handbook On Pressurized Irrigation Techniques. Rim, Food And Agriculture Organization Of The United Nations, 195 str.

<ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/pressirrig.pdf> (Pridobljeno 8. 6. 2015.)

Pintar, M. 2003. Osnove namakanja s poudarkom na vrtninah in sadnih vrstah v severovzhodni Sloveniji. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS: 52 str.

Pintar, M. 2004. Melioracije in urejanje kmetijskih zemljišč 2. del (gradivo k predavanjem). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 254 str.

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

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 21. 1. 2015.)

Pintar, M. 2012. Zaključno poročilo o rezultatih ciljnega raziskovalnega projekta: Projekcija vodnih količin za namakanje v Sloveniji. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 206 str.

<http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-TWDYUIZR> (Pridobljeno 26.1. 2015.)

Plut, D. 1984. Zemljepisni oris Bele krajine. V: Plut, D. (ur.). Vodnik ekskurzije po Beli krajini in osrednji Dolenjski. Ljubljana, Geografsko društvo Slovenije, str. 26 – 34.

RAINBIRD. 2015. Landscape Irrigation Design Manual. RAINBIRD: 140 str.

<http://www.rainbird.com/documents/turf/IrrigationDesignManual.pdf> (Pridobljeno 26.2. 2015.)

Ritonja, I. 2010. Vodna dovoljenja za namakanje kmetijskih zemljišč. Mišičev vodarski dan 2010: 6 str.

<http://www.mvd20.com/LETO2010/R16.pdf> (Pridobljeno 10. 1. 2015.)

Ross, E.A., Hardy, L.A., Brenner, J., Walker, J., Gustafson, C., Nelson, D., Dalton, J., Suit, J., Carmack, W.J., Marlow, R.L., Spofford, T.L. 1997. National Engineering Handbook: Irrigation Guide (part 652). USDA, NRCS: 754 str.

<http://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=17837.wba> (Pridobljeno 19. 12. 2014.)

Smith, M. 1992. CROPWAT: A computer program for irrigation planning and management. Rim, FAO irrigation and drainage paper, 46: 126 str.

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. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Hidrotehnična smer (samozaložba P. Stropnik): 117 str.

[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 14. 06. 2015.)



Tipi črpalk. 2015.

<http://www.vip-tehnika.si/industrijski-program> (Pridobljeno 19. 5. 2015.)

Tratnik, M. 2009. Uporaba modela Cropwat za analizo potrebnih količin vode za namakanje na izbranih kulturah v Zgornji Vipavski dolini. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo (samozaložba M. Tratnik): 43 str.

UACE. 2015. HEC-SSP.

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ssp/> (Pridobljeno 10. 1. 2015)

Vodomery. 2015.

<http://justing.sk/sk/?cat=46> (Pridobljeno 14. 6. 2015.)

World Meteorological Organization (WMO), 2009. Manual of Low-flow Estimation and Prediction. Operational Hydrology Report No. 50. (WMO-No. 1029): str. 50.

## **ZAKONODAJA**

Pravilnik o vsebini vloge za pridobitev vodnega dovoljenja in o vsebini vloge za pridobitev dovoljenja za raziskavo podzemnih voda Uradni list RS št. 79-4100/2007: 10958.

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

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

Uredba o načrtu upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja. Uradni list RS št. 61-2891/2011: 8848.

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

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

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

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

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

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

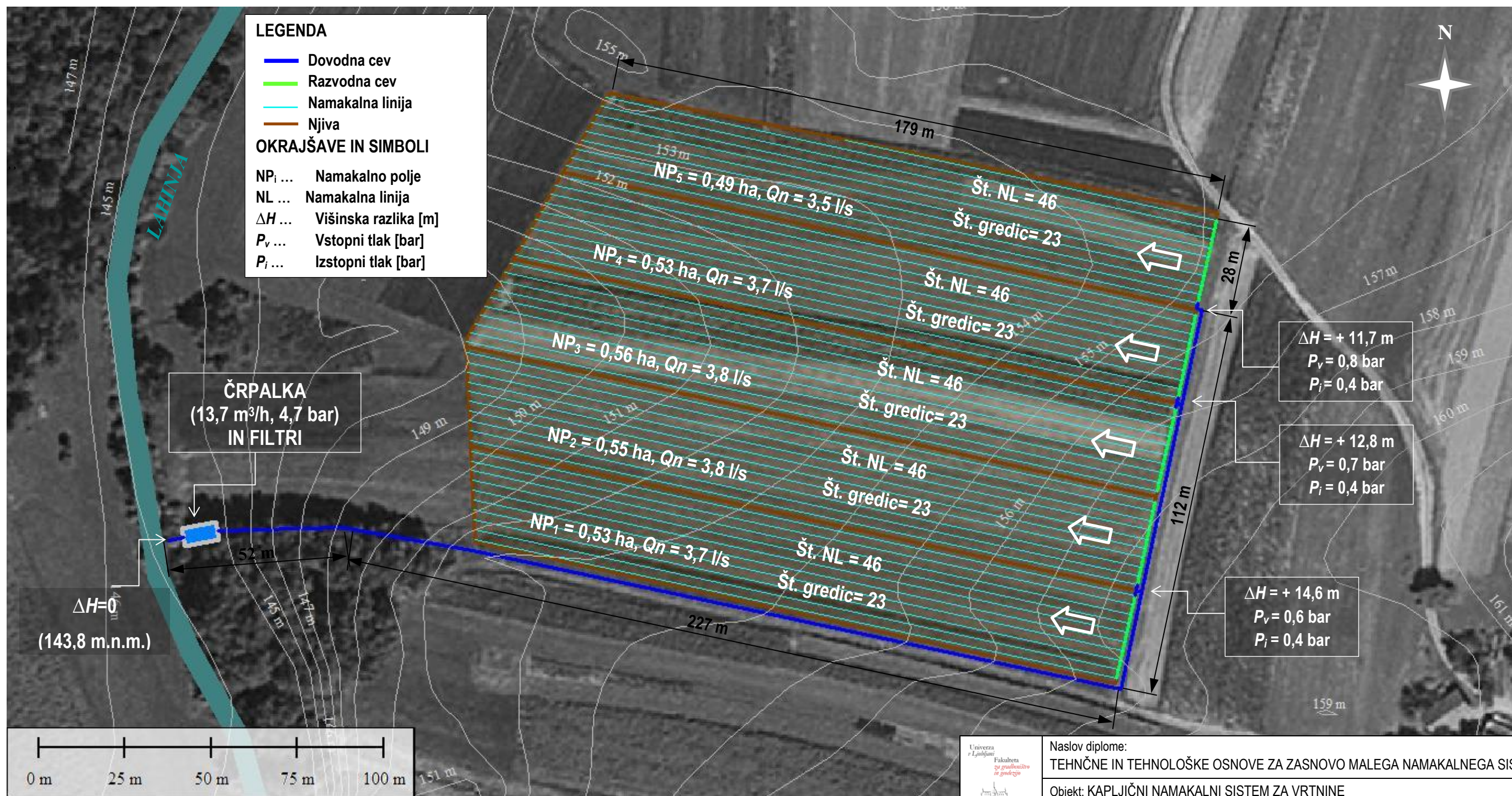
Zakon o varstvu okolja. Uradni list RS št. 39-1682/2006: 4151.


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

## SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: SITUACIJA ZASNOVE NAMAKALNEGA SISTEMA.....	A1
PRILOGA B1: SHEMA ARMATURE NA ČRPALIŠČU.....	B1
PRILOGA B2: SHEMA ARMATURE PRI PRIKLJUČITVI RAZVODNIH CEVI NA DOVODNE CEVI.....	B2
PRILOGA C1: NAMAKALNI PARAMETRI ZA FIŽOL V ZRNJU IN ZGODNJE ZELJE.....	C1
PRILOGA C2: NAMAKALNI PARAMETRI ZA JESENSKO ZELJE IN ZGODNJI KROMPIR.....	C2
PRILOGA C3: NAMAKALNI PARAMETRI ZA RADIČ.....	C3
PRILOGA D1: URNIK NAMAKANJA ZA ZGODNJE ZELJE ZA POVPREČNO LETO.....	D1
PRILOGA D2: URNIK NAMAKANJA ZA JESENSKO ZELJE ZA POVPREČNO LETO.....	D3
PRILOGA D3: URNIK NAMAKANJA ZA ZGODNJI KROMPIR ZA POVPREČNO LETO.....	D6
PRILOGA D4: URNIK NAMAKANJA ZA RADIČ ZA POVPREČNO LETO.....	D9

»Ta stran je namenoma prazna.«



	Naslov diplome: TEHNIČNE IN TEHNOLOŠKE OSNOVE ZA ZASNOVO MALEGA NAMAKALNEGA SISTEMA	
	Objekt: KAPLJIČNI NAMAKALNI SISTEM ZA VRTNINE	
Prikaz: SITUACIJA ZASNOVE NAMAKALNEGA SISTEMA	Priloga: A	
Izdela: Nejc Gačnik, abs. VKI	Merilo: 1:1200	
Mentor: doc. dr. Mojca Šraj	Datum: junij 2015	
Somentor: prof. dr. Marina Pintar	Kraj: Ljubljana	

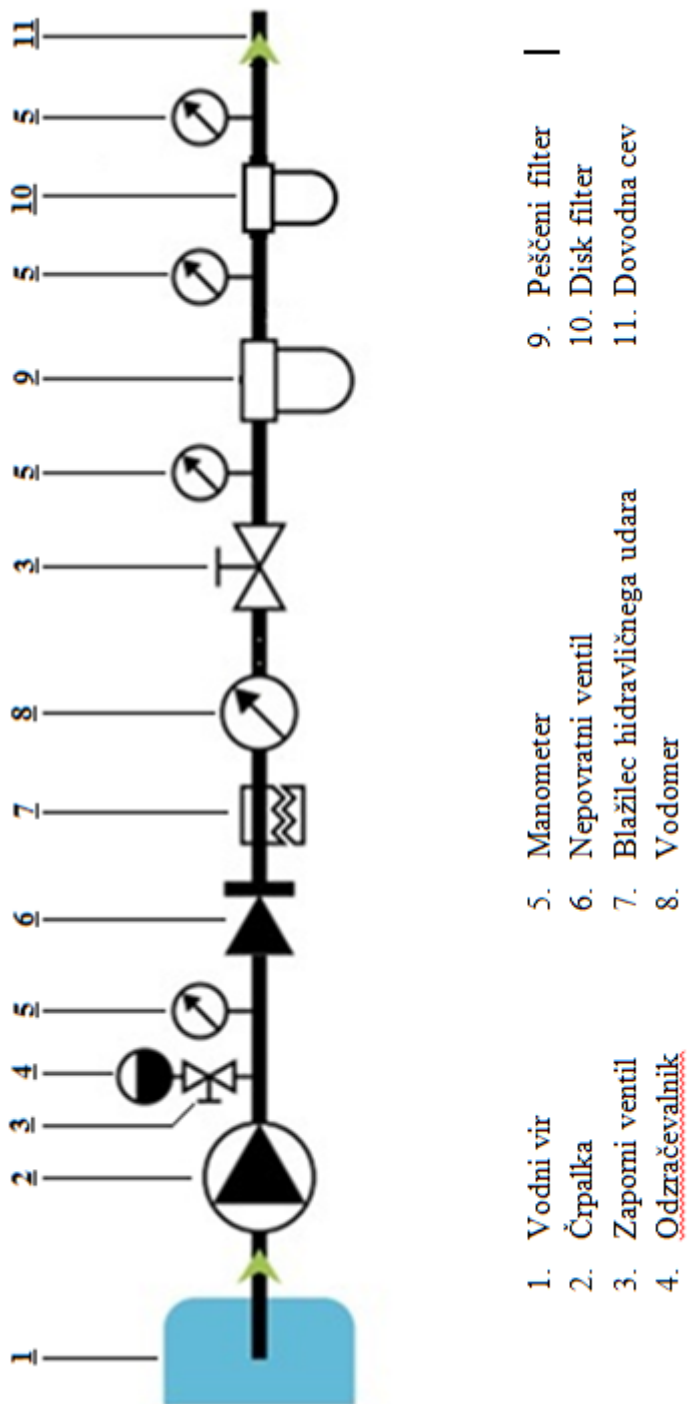


»Ta stran je namenoma prazna.«





## PRILOGA B1: SHEMA ARMATURE NA ČRPALIŠČU

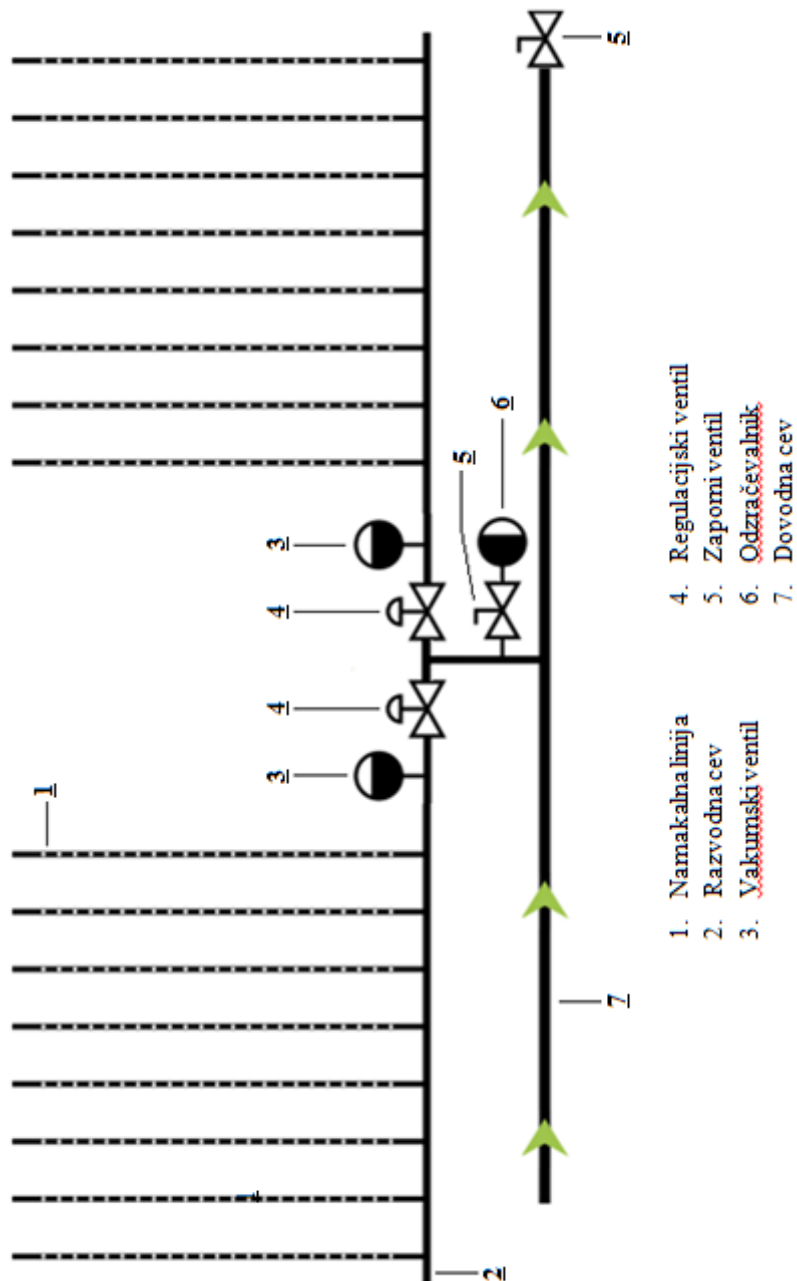




»Ta stran je namenoma prazna.«



## PRILOGA B2: SHEMA ARMATURE PRI PRIKLJUČITVI RAZVODNIH CEVI NA DOVODNE CEVI



»Ta stran je namenoma prazna.«

## PRILOGA C1: NAMAKALNI PARAMETRI ZA FIŽOL, ZRNJE IN ZGODNJE ZELJE

Fižol, zrnje							
Mesec	Dekada	Faza razvoja	<i>kc</i>	<i>Etc</i> = nON [mm/dan]	<i>bON</i> [mm/dan]	<i>Pr</i> [mm/h]	Čas namakanja [h/dan]
Maj	1	1. faza	0,36	1,0	1,1	2,5	0,46
Maj	2	2. faza	0,39	1,2	1,4	2,5	0,56
Maj	3	2. faza	0,55	1,9	2,1	2,5	0,84
Jun	1	2. faza	0,72	2,6	2,9	2,5	1,16
Jun	2	2. faza	0,88	3,3	3,8	2,5	1,50
Jun	3	3. faza	1,01	3,9	4,4	2,5	1,76
Jul	1	3. faza	1,02	4,0	4,6	2,5	1,82
Jul	2	4. faza	0,99	4,0	4,5	2,5	1,81
Jul	3	4. faza	0,84	3,2	3,7	2,5	1,47
Avg	1	4. faza	0,68	2,5	2,9	2,5	1,14
Avg	2	4. faza	0,53	1,9	2,1	2,5	0,85
Avg	3	4. faza	0,42	1,3	1,5	2,5	0,60

Zgodnje zelje							
Mesec	Dekada	Faza razvoja	<i>kc</i>	<i>Etc</i> = nON [mm/dan]	<i>bON</i> [mm/dan]	<i>Pr</i> [mm/h]	Čas namakanja [h/dan]
Mar	2	1. faza	0,36	0,5	0,5	2,5	0,21
Mar	3	2. faza	0,44	0,7	0,8	2,5	0,31
Apr	1	2. faza	0,76	1,4	1,6	2,5	0,63
Apr	2	3. faza	1,01	2,1	2,4	2,5	0,97
Apr	3	4. faza	1,02	2,5	2,9	2,5	1,14
Maj	1	4. faza	0,99	2,8	3,1	2,5	1,26
Maj	2	4. faza	0,95	3,0	3,4	2,5	1,36
Maj	3	4. faza	0,93	3,1	3,5	2,5	1,41

**PRILOGA C2: NAMAKALNI PARAMETRI ZA JESENSKO ZELJE IN ZGODNJI KROMPIR**

<b>Jesensko zelje</b>							
Mesec	Dekada	Faza razvoja	<i>kc</i>	<i>Etc</i> = nON [mm/dan]	<i>bON</i> [mm/dan]	<i>Pr</i> [mm/h]	Čas namakanja [h/dan]
Jun	2	1. faza	0,85	3,2	3,6	2,5	1,45
Jun	3	1. faza	0,85	3,3	3,7	2,5	1,49
Jul	1	2. faza	0,86	3,4	3,9	2,5	1,54
Jul	2	2. faza	0,9	3,6	4,1	2,5	1,65
Jul	3	2. faza	0,94	3,6	4,1	2,5	1,65
Avg	1	2. faza	0,98	3,6	4,1	2,5	1,65
Sep	2	3. faza	1,02	3,6	4,1	2,5	1,63
Okt	3	4. faza	1,01	3,1	3,6	2,5	1,42
Sep	1	4. faza	0,98	2,6	3,0	2,5	1,18
Sep	2	4. faza	0,94	2,1	2,4	2,5	0,95
Sep	3	4. faza	0,92	1,7	2,0	2,5	0,78

<b>Zgodnji krompir</b>							
Mesec	Dekada	Faza razvoja	<i>kc</i>	<i>Etc</i> = nON [mm/dan]	<i>bON</i> [mm/dan]	<i>Pr</i> [mm/h]	Čas namakanja [h/dan]
Mar	1	1. faza	0,36	0,4	0,4	2,5	0,17
Mar	2	1. faza	0,36	0,5	0,5	2,5	0,21
Mar	3	2. faza	0,42	0,7	0,8	2,5	0,30
Apr	1	2. faza	0,67	1,2	1,4	2,5	0,56
Apr	2	2. faza	0,91	1,9	2,2	2,5	0,88
Apr	3	3. faza	1,11	2,7	3,1	2,5	1,24
Maj	1	4. faza	1,09	3,1	3,5	2,5	1,40
Maj	2	4. faza	0,97	3,1	3,5	2,5	1,39
Maj	3	4. faza	0,84	2,8	3,2	2,5	1,27
Jun	1	4. faza	0,74	2,6	3,0	2,5	1,19



### PRILOGA C3: NAMAKALNI PARAMETRI ZA RADIČ

Radič							
Mesec	Dekada	Faza razvoja	<i>kc</i>	<i>Etc</i> = nON [mm/dan]	<i>bON</i> [mm/dan]	<i>Pr</i> [mm/h]	Čas namakanja [h/dan]
Jul	2	1. faza	0,75	3,0	3,4	2,5	1,38
Jul	3	1. faza	0,75	2,9	3,3	2,5	1,32
Avg	1	2. faza	0,77	2,9	3,2	2,5	1,30
Sep	2	2. faza	0,86	3,1	3,5	2,5	1,39
Okt	3	2. faza	0,97	3,0	3,4	2,5	1,36
Sep	1	3. faza	1,05	2,8	3,2	2,5	1,27
Sep	2	4. faza	1,04	2,3	2,6	2,5	1,05
Sep	3	4. faza	0,98	1,8	2,1	2,5	0,83

**PRILOGA D1: URNIK NAMAKANJA ZA ZGODNJE ZELJE ZA POVPREČNO LETO**

Zgodnje zelje								
Datum	Dan	Faza razvoja	Padavine [mm]	<i>Etc</i> [mm]	<i>nON</i> [mm]	Deficit vode glede na <i>PK</i> [mm]	<i>bON</i> [mm]	Čas namakanja [h/dan]
15.mar	1	1. faza	0	0,5	0	0,5	0	0
16.mar	2	1. faza	0	0,5	0	0,9	0	0
17.mar	3	1. faza	12,7	0,5	0	0,5	0	0
18.mar	4	1. faza	0	0,5	0	0,9	0	0
19.mar	5	1. faza	0	0,5	0	1,4	0	0
20.mar	6	1. faza	0	0,5	0	1,8	0	0
21.mar	7	1. faza	0	0,7	0	2,5	0	0
22.mar	8	1. faza	0	0,7	0	3,2	0	0
23.mar	9	1. faza	14,5	0,7	0	0,7	0	0
24.mar	10	1. faza	0	0,7	0	1,4	0	0
25.mar	11	2. faza	0	0,7	0	2,1	0	0
26.mar	12	2. faza	0	0,7	0	2,8	0	0
27.mar	13	2. faza	14,5	0,7	0	0,7	0	0
28.mar	14	2. faza	0	0,7	0	1,4	0	0
29.mar	15	2. faza	0	0,7	0	2,1	0	0
30.mar	16	2. faza	0	0,7	0	2,8	0	0
31.mar	17	2. faza	0	0,7	0	3,4	0	0
1.apr	18	2. faza	0	1,4	0	4,8	0	0
2.apr	19	2. faza	0	1,4	0	6,2	0	0
3.apr	20	2. faza	17,1	1,4	0	1,4	0	0
4.apr	21	2. faza	0	1,4	0	2,8	0	0
5.apr	22	2. faza	0	1,4	0	4,2	0	0
6.apr	23	2. faza	0	1,4	0	5,6	0	0
7.apr	24	2. faza	17,1	1,4	0	1,4	0	0
8.apr	25	2. faza	0	1,4	0	2,8	0	0
9.apr	26	2. faza	0	1,4	0	4,2	0	0
10.apr	27	2. faza	0	1,4	0	5,6	0	0
11.apr	28	2. faza	0	2,1	0	7,7	0	0
12.apr	29	2. faza	0	2,1	0	9,8	0	0
13.apr	30	2. faza	19	2,1	0	2,1	0	0
14.apr	31	2. faza	0	2,1	0	4,3	0	0
15.apr	32	3. faza	0	2,1	0	6,4	0	0
16.apr	33	3. faza	0	2,1	0	8,5	0	0
17.apr	34	3. faza	19	2,1	0	2,1	0	0
18.apr	35	3. faza	0	2,1	0	4,3	0	0
19.apr	36	3. faza	0	2,1	0	6,4	0	0
20.apr	37	3. faza	0	2,1	0	8,5	0	0

se nadaljuje ...

... nadaljevanje

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

**PRILOGA D2: URNIK NAMAKANJA ZA JESENSKO ZELJE ZA POVPREČNO LETO**

Jesensko zelje								
Datum	Dan	Faza razvoja	Padavine [mm]	Etc [mm]	nON [mm]	Deficit vode glede na PK [mm]	bON [mm]	Čas namakanja [h/dan]
15.jun	1	1. faza	0	3,2	0	3,2	0	0
16.jun	2	1. faza	0	3,2	3,2	3,2	3,6	1,44
17.jun	3	1. faza	19,3	3,2	0	3,2	0	0
18.jun	4	1. faza	0	3,2	3,2	0	3,6	1,44
19.jun	5	1. faza	0	3,2	3,2	0	3,6	1,44
20.jun	6	1. faza	0	3,2	3,2	0	3,6	1,44
21.jun	7	1. faza	0	3,3	3,3	0	3,8	1,52
22.jun	8	1. faza	0	3,3	3,3	0	3,8	1,52
23.jun	9	1. faza	18,5	3,3	0	3,3	0	0
24.jun	10	1. faza	0	3,3	3,3	0	3,8	1,52
25.jun	11	1. faza	0	3,3	2,5	0,8	2,8	1,12
26.jun	12	1. faza	0	3,3	2,5	1,5	2,8	1,12
27.jun	13	1. faza	18,5	3,3	0	3,3	0	0
28.jun	14	1. faza	0	3,3	2,5	1,5	2,8	1,12
29.jun	15	1. faza	0	3,3	3,3	1,5	3,8	1,52
30.jun	16	1. faza	0	3,3	3,3	1,5	3,8	1,52
1.jul	17	1. faza	0	3,4	3,3	1,6	3,8	1,52
2.jul	18	1. faza	0	3,4	3,4	1,6	3,9	1,56
3.jul	19	1. faza	17,3	3,4	0	5	0	0
4.jul	20	1. faza	0	3,4	3,4	0	3,9	1,56
5.jul	21	2. faza	0	3,4	2	1,4	2,3	0,92
6.jul	22	2. faza	0	3,4	2	2,8	2,3	0,92
7.jul	23	2. faza	17,3	3,4	0	6,2	0	0
8.jul	24	2. faza	0	3,4	2	2,8	2,3	0,92
9.jul	25	2. faza	0	3,4	2	4,2	2,3	0,92
10.jul	26	2. faza	0	3,4	2,3	5,2	2,6	1,04
11.jul	27	2. faza	0	3,6	2,3	6,6	2,6	1,04
12.jul	28	2. faza	0	3,6	2,3	7,9	2,6	1,04
13.jul	29	2. faza	16,5	3,6	0	11,5	0	0
14.jul	30	2. faza	0	3,6	2,3	2,7	2,6	1,04
15.jul	31	2. faza	0	3,6	2,3	4	2,6	1,04
16.jul	32	2. faza	0	3,6	3,6	4	4,1	1,64
17.jul	33	2. faza	16,5	3,6	0	7,6	0	0
18.jul	34	2. faza	0	3,6	3,6	0,1	4,1	1,64
19.jul	35	2. faza	0	3,6	3,6	0,1	4,1	1,64
20.jul	36	2. faza	0	3,6	1,3	2,4	1,5	0,6
21.jul	37	2. faza	0	3,6	1,3	4,8	1,5	0,6
22.jul	38	2. faza	0	3,6	1,3	7,1	1,5	0,6

se nadaljuje ...

... nadaljevanje

23.jul	39	2. faza	17	3,6	1,3	2,3	1,5	0,6
24.jul	40	2. faza	0	3,6	1,3	4,7	1,5	0,6
25.jul	41	2. faza	0	3,6	1,3	7	1,5	0,6
26.jul	42	2. faza	0	3,6	1,3	9,4	1,5	0,6
27.jul	43	2. faza	17	3,6	0	10,7	0	0
28.jul	44	2. faza	0	3,6	1,3	4,7	1,5	0,6
29.jul	45	2. faza	0	3,6	1,3	7	1,5	0,6
30.jul	46	2. faza	0	3,6	1,3	9,4	1,5	0,6
31.jul	47	2. faza	0	3,6	1,6	11,4	1,8	0,72
1.avg	48	2. faza	0	3,6	1,6	13,5	1,8	0,72
2.avg	49	2. faza	0	3,6	1,6	15,5	1,8	0,72
3.avg	50	2. faza	17,4	3,6	0	17,1	0	0
4.avg	51	2. faza	0	3,6	1,6	4,1	1,8	0,72
5.avg	52	2. faza	0	3,6	1,6	6,1	1,8	0,72
6.avg	53	2. faza	0	3,6	1,6	8,2	1,8	0,72
7.avg	54	2. faza	17,4	3,6	0	11,8	0	0
8.avg	55	2. faza	0	3,6	1,6	4,1	1,8	0,72
9.avg	56	2. faza	0	3,6	1,6	6,1	1,8	0,72
10.avg	57	2. faza	0	3,6	1,6	8,2	1,8	0,72
11.avg	58	2. faza	0	3,6	1,6	10,2	1,8	0,72
12.avg	59	2. faza	0	3,6	2,2	11,6	2,5	1
13.avg	60	2. faza	17,6	3,6	0	15,2	0	0
14.avg	61	2. faza	0	3,6	2,2	2,8	2,5	1
15.avg	62	3. faza	0	3,6	2,2	4,2	2,5	1
16.avg	63	3. faza	0	3,6	2,2	5,6	2,5	1
17.avg	64	3. faza	17,6	3,6	0	9,2	0	0
18.avg	65	3. faza	0	3,6	2,2	2,8	2,5	1
19.avg	66	3. faza	0	3,6	2,2	4,2	2,5	1
20.avg	67	3. faza	0	3,6	2,2	5,6	2,5	1
21.avg	68	3. faza	0	3,1	2,2	6,5	2,5	1
22.avg	69	3. faza	0	3,1	2,1	7,5	2,4	0,96
23.avg	70	3. faza	19,6	3,1	0	10,6	0	0
24.avg	71	3. faza	0	3,1	2,1	2,1	2,4	0,96
25.avg	72	4. faza	0	3,1	2,1	3,1	2,4	0,96
26.avg	73	4. faza	0	3,1	2,1	4,1	2,4	0,96
27.avg	74	4. faza	19,6	3,1	0	7,2	0	0
28.avg	75	4. faza	0	3,1	2,1	2,1	2,4	0,96
29.avg	76	4. faza	0	3,1	2,1	3,1	2,4	0,96
30.avg	77	4. faza	0	3,1	2,1	4,1	2,4	0,96
31.avg	78	4. faza	0	3,1	2,1	5,1	2,4	0,96
1.sep	79	4. faza	0	2,6	2,1	5,6	2,4	0,96

se nadaljuje ...

... nadaljevanje

2.sep	80	4. faza	0	2,6	2,1	6,1	2,4	0,96
.sep	81	4. faza	22,3	2,6	0	2,63	0	0
4.sep	82	4. faza	0	2,6	0	5,2	0	0
5.sep	83	4. faza	0	2,6	0	7,8	0	0
6.sep	84	4. faza	0	2,6	0	10,4	0	0
7.sep	85	4. faza	22,3	2,6	0	2,6	0	0
8.sep	86	4. faza	0	2,6	0	5,2	0	0
9.sep	87	4. faza	0	2,6	0	7,8	0	0
10.sep	88	4. faza	0	2,6	0	10,4	0	0
11.sep	89	4. faza	0	2,1	0	12,5	0	0
12.sep	90	4. faza	0	2,1	0	14,6	0	0
13.sep	91	4. faza	24,4	2,1	0	2,1	0	0
14.sep	92	4. faza	0	2,1	0	4,2	0	0
15.sep	93	4. faza	0	2,1	0	6,3	0	0
16.sep	94	4. faza	0	2,1	0	8,4	0	0
17.sep	95	4. faza	24,4	2,1	0	2,1	0	0
18.sep	96	4. faza	0	2,1	0	4,2	0	0
19.sep	97	4. faza	0	2,1	0	6,3	0	0
20.sep	98	4. faza	0	2,1	0	8,4	0	0
21.sep	99	4. faza	0	1,7	0	10,1	0	0
22.sep	100	4. faza	0	1,7	0	11,8	0	0
23.sep	101	4. faza	24,2	1,7	0	1,7	0	0
24.sep	Konec		0	0,9				0

**PRILOGA D3: URNIK NAMAKANJA ZA ZGODNJI KROMPIR ZA POVPREČNO LETO**

Zgodnji krompir								
Datum	Dan	Faza razvoja	Padavine [mm]	Etc [mm]	nON [mm]	Deficit vode glede na PK [mm]	bON [mm]	Čas namakanja [h/dan]
5.mar	1	1. faza	0	0,4	0	0,4	0	0
6.mar	2	1. faza	0	0,4	0	0,8	0	0
7.mar	3	1. faza	12,6	0,4	0	0,4	0	0
8.mar	4	1. faza	0	0,4	0	0,8	0	0
9.mar	5	1. faza	0	0,4	0	1,1	0	0
10.mar	6	1. faza	0	0,4	0	1,5	0	0
11.mar	7	1. faza	0	0,5	0	2	0	0
12.mar	8	1. faza	0	0,5	0	2,4	0	0
13.mar	9	1. faza	12,7	0,5	0	0,5	0	0
14.mar	10	1. faza	0	0,5	0	0,9	0	0
15.mar	11	1. faza	0	0,5	0	1,4	0	0
16.mar	12	1. faza	0	0,5	0	1,8	0	0
17.mar	13	1. faza	12,7	0,5	0	0,5	0	0
18.mar	14	1. faza	0	0,5	0	0,9	0	0
19.mar	15	1. faza	0	0,5	0	1,4	0	0
20.mar	16	1. faza	0	0,5	0	1,8	0	0
21.mar	17	1. faza	0	0,7	0	2,5	0	0
22.mar	18	1. faza	0	0,7	0	3,2	0	0
23.mar	19	1. faza	14,5	0,7	0	0,7	0	0
24.mar	20	1. faza	0	0,7	0	1,3	0	0
25.mar	21	2. faza	0	0,7	0	2	0	0
26.mar	22	2. faza	0	0,7	0	2,6	0	0
27.mar	23	2. faza	14,5	0,7	0	0,7	0	0
28.mar	24	2. faza	0	0,7	0	1,3	0	0
29.mar	25	2. faza	0	0,7	0	2	0	0
30.mar	26	2. faza	0	0,7	0	2,6	0	0
31.mar	27	2. faza	0	0,7	0	3,3	0	0
1.apr	28	2. faza	0	1,2	0	4,5	0	0
2.apr	29	2. faza	0	1,2	0	5,8	0	0
3.apr	30	2. faza	17,1	1,2	0	1,2	0	0
4.apr	31	2. faza	0	1,2	0	2,5	0	0
5.apr	32	2. faza	0	1,2	0	3,7	0	0
6.apr	33	2. faza	0	1,2	0	4,9	0	0
7.apr	34	2. faza	17,1	1,2	0	1,2	0	0
8.apr	35	2. faza	0	1,2	0	2,5	0	0
9.apr	36	2. faza	0	1,2	0	3,7	0	0
10.apr	37	2. faza	0	1,2	0	4,9	0	0
11.apr	38	2. faza	0	1,9	0	6,9	0	0

se nadaljuje ...

... nadaljevanje

12.apr	39	2. faza	0	1,9	0	8,8	0	0
13.apr	40	2. faza	19	1,9	0	1,9	0	0
14.apr	41	2. faza	0	1,9	0	3,9	0	0
15.apr	42	2. faza	0	1,9	0	5,8	0	0
16.apr	43	2. faza	0	1,9	0	7,7	0	0
17.apr	44	2. faza	19	1,9	0	1,9	0	0
18.apr	45	2. faza	0	1,9	0	3,9	0	0
19.apr	46	2. faza	0	1,9	0	5,8	0	0
20.apr	47	2. faza	0	1,9	0	7,7	0	0
21.apr	48	2. faza	0	2,7	0	10,5	0	0
22.apr	49	2. faza	0	2,7	0	13,2	0	0
23.apr	50	2. faza	18,6	2,7	0	2,7	0	0
24.apr	51	2. faza	0	2,7	0	5,4	0	0
25.apr	52	3. faza	0	2,7	0	8,2	0	0
26.apr	53	3. faza	0	2,7	0	10,9	0	0
27.apr	54	3. faza	18,6	2,7	0	2,7	0	0
28.apr	55	3. faza	0	2,7	0	5,4	0	0
29.apr	56	3. faza	0	2,7	0	8,2	0	0
30.apr	57	3. faza	0	2,7	0	10,9	0	0
1.maj	58	3. faza	0	3,1	0	14	0	0
2.maj	59	3. faza	0	3,1	0	17	0	0
3.maj	60	3. faza	17,8	3,1	0	3,1	0	0
4.maj	61	3. faza	0	3,1	0	6,1	0	0
5.maj	62	4. faza	0	3,1	0	9,2	0	0
6.maj	63	4. faza	0	3,1	0	12,3	0	0
7.maj	64	4. faza	17,8	3,1	0	3,1	0	0
8.maj	65	4. faza	0	3,1	0	6,1	0	0
9.maj	66	4. faza	0	3,1	0	9,2	0	0
10.maj	67	4. faza	0	3,1	0	12,3	0	0
11.maj	68	4. faza	0	3,1	0	15,3	0	0
12.maj	69	4. faza	0	3,1	0	18,4	0	0
13.maj	70	4. faza	17,6	3,1	0	3,9	0	0
14.maj	71	4. faza	0	3,1	0	6,9	0	0
15.maj	72	4. faza	0	3,1	0	10	0	0
16.maj	73	4. faza	0	3,1	0	13	0	0
17.maj	74	4. faza	17,6	3,1	0	3,1	0	0
18.maj	75	4. faza	0	3,1	0	6,1	0	0
19.maj	76	4. faza	0	3,1	0	9,2	0	0
20.maj	77	4. faza	0	3,1	0	12,2	0	0
21.maj	78	4. faza	0	2,8	0	15	0	0
22.maj	79	4. faza	0	2,8	0	17,8	0	0
23.maj	80	4. faza	18	2,8	0	2,8	0	0

se nadaljuje ...



... nadaljevanje

24.maj	81	4. faza	0	2,8	0	5,6	0	0
25.maj	82	4. faza	0	2,8	0	8,4	0	0
26.maj	83	4. faza	0	2,8	0	11,2	0	0
27.maj	84	4. faza	18	2,8	0	2,8	0	0
28.maj	85	4. faza	0	2,8	0	5,6	0	0
29.maj	86	4. faza	0	2,8	0	8,4	0	0
30.maj	87	4. faza	0	2,8	0	11,2	0	0
31.maj	88	4. faza	0	2,8	0	14	0	0
1.jun	89	4. faza	0	2,6	0	16,6	0	0
2.jun	90	4. faza	0	2,6	2,6	16,6	3	1,2
3.jun	91	4. faza	18,8	2,6	2,6	0	3	1,2
4.jun	Konec		0	2,1				0

**PRILOGA D4: URNIK NAMAKANJA ZA RADIČ ZA POVPREČNO LETO**

Radič								
Datum	Dan	Faza razvoja	Padavine [mm]	Etc [mm]	nON [mm]	Deficit vode glede na PK [mm]	bON [mm]	Čas namakanja [h/dan]
15.jul	1	1. faza	0	3	3	0	3,4	1,36
16.jul	2	1. faza	0	3	3	0	3,4	1,36
17.jul	3	1. faza	16,5	3	0	3	0	0
18.jul	4	1. faza	0	3	3	3,1	3,4	1,36
19.jul	5	1. faza	0	3	3,1	3	3,5	1,4
20.jul	6	1. faza	0	3	3,1	2,9	3,5	1,4
21.jul	7	1. faza	0	2,9	2,9	2,9	3,3	1,32
22.jul	8	1. faza	0	2,9	2,9	2,9	3,3	1,32
23.jul	9	1. faza	17	2,9	0	2,9	0	0
24.jul	10	1. faza	0	2,9	2,9	2,9	3,3	1,32
25.jul	11	1. faza	0	2,9	2,9	2,9	3,3	1,32
26.jul	12	1. faza	0	2,9	2,9	2,9	3,3	1,32
27.jul	13	1. faza	17	2,9	0	2,9	0	0
28.jul	14	1. faza	0	2,9	2,9	2,9	3,3	1,32
29.jul	15	1. faza	0	2,9	2,9	2,9	3,3	1,32
30.jul	16	1. faza	0	2,9	2,9	2,9	3,3	1,32
31.jul	17	1. faza	0	2,9	2,9	2,9	3,3	1,32
1.avg	18	1. faza	0	2,9	5,8	0	6,5	2,6
2.avg	19	1. faza	0	2,9	2,9	0	3,3	1,32
3.avg	20	1. faza	17,4	2,9	0	2,9	0	0
4.avg	21	1. faza	0	2,9	2,9	2,8	3,3	1,32
5.avg	22	2. faza	0	2,9	2,9	2,8	3,3	1,32
6.avg	23	2. faza	0	2,9	2,9	2,7	3,3	1,32
7.avg	24	2. faza	17,4	2,9	0	2,9	0	0
8.avg	25	2. faza	0	2,9	2,9	2,8	3,3	1,32
9.avg	26	2. faza	0	2,9	2,9	2,8	3,3	1,32
10.avg	27	2. faza	0	2,9	2,9	2,7	3,3	1,32
11.avg	28	2. faza	0	3	3	2,8	3,4	1,36
12.avg	29	2. faza	0	3	3,1	2,7	3,5	1,4
13.avg	30	2. faza	17,6	3	0	3	0	0
14.avg	31	2. faza	0	3	3	3,1	3,4	1,36
15.avg	32	2. faza	0	3	3	3,1	3,4	1,36
16.avg	33	2. faza	0	3	1,2	5	1,4	0,56
17.avg	34	2. faza	17,6	3	0	3	0	0
18.avg	35	2. faza	0	3	1,2	4,9	1,4	0,56
19.avg	36	2. faza	0	3	3	4,9	3,4	1,36
20.avg	37	2. faza	0	3	3	5	3,4	1,36

se nadaljuje ...

... nadaljevanje

21.avg	38	2. faza	0	3	3,1	4,9	3,5	1,4
22.avg	39	2. faza	0	3	3	4,9	3,4	1,36
23.avg	40	2. faza	19,6	3	0	3	0	0
24.avg	41	2. faza	0	3	3	3	3,4	1,36
25.avg	42	2. faza	0	3	2,3	3,7	2,6	1,04
26.avg	43	2. faza	0	3	2,3	4,4	2,6	1,04
27.avg	44	2. faza	19,6	3	0	3	0	0
28.avg	45	2. faza	0	3	2,3	3,7	2,6	1,04
29.avg	46	2. faza	0	3	3	3,7	3,4	1,36
30.avg	47	2. faza	0	3	3	3,7	3,4	1,36
31.avg	48	2. faza	0	3	3	3,6	3,4	1,36
1.sep	49	2. faza	0	2,8	2,2	4,2	2,5	1
2.sep	50	2. faza	0	2,8	2,2	4,8	2,5	1
3.sep	51	2. faza	22,3	2,8	0	2,8	0	0
4.sep	52	2. faza	0	2,8	2,2	3,4	2,5	1
5.sep	53	3. faza	0	2,8	2,1	4,1	2,4	0,96
6.sep	54	3. faza	0	2,8	2,1	4,8	2,4	0,96
7.sep	55	3. faza	22,3	2,8	0	2,8	0	0
8.sep	56	3. faza	0	2,8	2,1	3,5	2,4	0,96
9.sep	57	3. faza	0	2,8	1,4	4,9	1,6	0,64
10.sep	58	3. faza	0	2,8	1,4	6,3	1,6	0,64
11.sep	59	3. faza	0	2,3	1,4	7,2	1,6	0,64
12.sep	60	3. faza	0	2,3	1,4	8,1	1,6	0,64
13.sep	61	3. faza	24,4	2,3	0	2,3	0	0
14.sep	62	3. faza	0	2,3	1,2	3,4	1,4	0,56
15.sep	63	4. faza	0	2,3	1,2	4,5	1,4	0,56
16.sep	64	4. faza	0	2,3	2,3	4,5	2,6	1,04
17.sep	65	4. faza	24,4	2,3	0	2,3	0	0
18.sep	66	4. faza	0	2,3	2,3	2,3	2,6	1,04
19.sep	67	4. faza	0	2,3	2,3	2,3	2,6	1,04
20.sep	68	4. faza	0	2,3	2,3	2,3	2,6	1,04
21.sep	69	4. faza	0	1,8	2,3	1,8	2,6	1,04
22.sep	70	4. faza	0	1,8	2,3	1,4	2,6	1,04
23.sep	71	4. faza	24,2	1,8	0	1,8	0	0
24.sep	Konec	4. faza	0	3,1				0