

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Matija MATIJAŠEVIČ

**ANALIZA DELOVANJA OSUŠEVALNEGA SISTEMA
NA LABORATORIJSKEM POLJU ODDELKA ZA
AGRONOMIJO BIOTEHNIŠKE FAKULTETE**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Matija MATIJAŠEVIČ

**ANALIZA DELOVANJA OSUŠEVALNEGA SISTEMA NA
LABORATORIJSKEM POLJU ODDELKA ZA AGRONOMIJO
BIOTEHNIŠKE FAKULTETE V LJUBLJANI**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**ANALYSIS OF DRAINAGE SYSTEM OPERATION IN LABORATORY
FIELD OF DEPARTMENT OF AGRONOMY AT BIOTECHNICAL
FACULTY OF LJUBLJANA**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2016

Diplomski projekt je zaključek Univerzitetnega študija agronomije. Delo je bilo opravljeno na katedri za agrometeorologijo, urejanje kmetijskega prostora ter ekonomiko in razvoj podeželja. Terenski del diplomskega dela je bil opravljen na osuševalnem sistemu laboratorijskega polja oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Marino Pintar.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednica: prof. dr. Zlata LUTHAR
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: prof. dr. Marina PINTAR
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: prof. dr. Helena GRČMAN
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je diplomsko delo rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Matija Matijašević

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 631.62:626.86(043.2)
KG	osuševanje/osuševalni sistemi/drenaža/voda v tleh
AV	MATIJAŠEVIČ, Matija
SA	PINTAR, Marina (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI	2016
IN	ANALIZA DELOVANJA OSUŠEVALNEGA SISTEMA NA LABORATORIJSKEM POLJU ODDELKA ZA AGRONOMIJO BIOTEHNIŠKE FAKULTETE
TD	Diplomsko delo (Univerzitetni študij)
OP	XII, 50, [13] str., 3 pregl., 33 sl., 11 pril., 22 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Z analizo osuševalnega sistema na laboratorijskem polju Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete smo želeli preveriti delovanje osuševalnega sistema. Na območju sistema smo izbrali 6 opazovanih parcel, omejenih s sosednjima drenoma. Na vsaki parceli smo opazovali dva preseka. Enega ob iztoku v odvajalec in enega ob koncu drenov. V vsak presek smo vgradili tri piezometre. Dva ob dren ter enega natanko med njiju na sredini parcel. Z izvajanjem meritev ob padavinskih dogodkih in po njih smo spremljali višino nasičene cone. Opravili smo 26 ločenih meritev. 24 v spomladanskem obdobju in 2 v jesenskem. Z analizo višin nasičene cone v prvih 24 meritvah smo ugotovili, da se nasičena cona ne giblje v predvidenih vzorcih. Z analizo nadmorske višine drenov v primerjavi z nadmorsko višino nasičene cone smo ugotovili, da v prvih 24 meritvah ni prišlo do zasičenosti in da prihaja do napake v prvi stopnji toka vode v tleh. Z analizo drenažnega dogodka 15. in 16. 10. 2015 smo ugotovili, na katerih drenih prihaja do napake v tretji ali četrti stopnji toka vode v tleh. Ugotovili smo tudi da drenažni sistem že dan po padavinah zniža nivo nasičenosti do nivoja drenaže. Predlagali smo ukrepe za izboljšanje delovanja in bolj natančno analizo.

KEY WORD DOCUMENTATION

ND Dn

DC UDC 631.62:626.86(043.2)

CX drainage/drainage systems/groundwater

AU MATIJAŠEVIČ, Matija

AA PINTAR, Marina (supervisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy

PY 2016

TI ANALYSIS OF DRAINAGE SYSTEM OPERATION IN LABORATORY
FIELD OF DEPARTMENT OF AGRONOMY AT BIOTECHNICAL
FACULTY OF LJUBLJANA

DT Graduation thesis (University studies)

NO XII, 50, [13] p., 3 tab., 33 fig., 11 ann., 22 ref.

LA sl

Al sl/en

AB By analysing the drainage system in the laboratory field of the Department of Agronomy at the Biotechnical Faculty we aimed to test its operation. In the area of the drainage system we selected 6 lots marked out by two neighbouring drain pipes. We observed two sections in each lot, one by the outflow to the drain canal and one at the end of the drain pipes. Then we installed three piezometers in each section, two next to the drain pipe and one directly in between, in the middle of the lot. By performing measurements on precipitation events and directly after them we monitored the height of the saturated zone. We performed 26 separate measurements, 24 in spring and 2 in autumn. By analysing the height of the saturated zone in the first 24 measurements we found out that the saturated zone does not act according to the anticipated patterns. By analysing the altitude of the drain pipes compared to the altitude of the saturated zone we established that there was no saturation in the first 24 measurements and that the error occurs in the first stage of the water flow in the ground. By analysing the drainage events on 15 and 16 October 2016 we were able to determine at which drain pipes error occurs in the third and fourth stage of the water flow in the ground. We established that the drainage system lowers the saturation level to the drainage level already a day after precipitation. We suggested measures for improving the operation of the drainage system and a more thorough analysis.

KAZALO VSEBINE

	KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
	KEY WORD DOCUMENTATION	IV
	KAZALO VSEBINE	V
	KAZALO PREGLEDNIC	VIII
	KAZALO SLIK	IX
	KAZALO PRILOG	XII
1	UVOD	1
1.1	VZROK ZA RAZISKAVO	1
1.2	NAMEN DELA	1
1.3	DELOVNE HIPOTEZE	1
2	PREGLED LITERATURE	2
2.1	ZAKON O KMETIJSKIH ZEMLJIŠČIH	2
2.2	DEFINICIJE DRENAŽ IN OSUŠEVALNIH SISTEMOV	2
2.3	CILJI OSUŠEVALNIH SISTEMOV	3
2.4	VPLIVI OSUŠEVALNIH SISTEMOV NA OKOLJE	3
2.5	VRSTE OSUŠEVALNIH SISTEMOV	4
2.5.1	Površinski osuševalni sistemi	4
2.5.1.1	Preoblikovanje topografije	4
2.5.1.2	Odprti jarki	5
2.5.2	Podpovršinski osuševalni sistemi	5
2.5.2.1	Cevna drenaža	5
2.5.2.2	Krtična drenaža	6
2.5.2.3	Holandska drenaža	6
2.6	DOLOČITEV DRENAŽNE RAZDALJE	6
2.6.1	Hooghoudt-Donnan	7
2.7	PREVERJANJE IN UČINKOVITOST DRENAŽNEGA SISTEMA	8
2.7.1	Napaka v prvi stopnji smeri toka vode	9
2.7.2	Napaka v drugi stopnji smeri toka vode	10

2.7.3	Napaka v tretji stopnji smeri toka vode	10
2.7.4	Napaka v četrti stopnji smeri toka vode	12
2.7.4.1	Zablatenje ali zamašitev s talnimi delci	12
2.7.4.2	Zamašitev drenaže s kemičnimi usedlinami	12
2.7.4.3	Zamašitev drenaže s koreninami rastlin	12
2.8	PIEZOMETRI	13
2.9	GLEJI	13
2.9.1	Osuševanje glejev	15
3	MATERIALI IN METODE	16
3.1	PROJEKTNA DOKUMENTACIJA	16
3.1.1	Projekt za izvedbo c 321	16
3.1.2	Agrohidrološka študija zemljišč kompleksa	17
3.1.3	Pedološke raziskave	17
3.2	OGLED TERENA	19
3.3	OPIS POSKUSA	22
3.3.1	Izgradnja opazovalne mreže	22
3.3.1.1	Geodezija in količenje	22
3.3.1.2	Izdelava in vgradnja piezometrov	23
3.3.1.3	Izmera in izračun nadmorske višine piezometrov	23
3.3.2	Meritve nivoja nasičene cone	24
3.4	METODA ANALIZE VIŠINE ZASIČENE CONE	25
3.5	ANALIZA RAZLIK VIŠINE NASIČENE CONE NA PRESEKIH	27
4	REZULTATI	28
4.1	MERITVE NIVOJA NASIČENE CONE OD APRILA DO JUNIJA 2015	28
4.1.1	Parcela A	28
4.1.2	Parcela B	29
4.1.3	Parcela C	30
4.1.4	Parcela D	31
4.1.5	Parcela E	32
4.1.6	Parcela F	33

4.2	ANALIZA RAZLIK VIŠINE NASIČENE CONE NA PRESEKIH	34
4.3	ANALIZA NADMORSKE VIŠINE DRENOV V PRIMERJAVI Z NADMORSKO VIŠINO NASIČNE CONE	35
4.3.1	Nadmorske višine drenov v primerjavi z nadmorsko višino nasičene cone za parcelo A	35
4.3.2	Nadmorske višine drenov v primerjavi z nadmorsko višino nasičene cone za parcelo B	36
4.3.3	Nadmorske višine drenov v primerjavi z nadmorsko višino nasičene cone za parcelo C	37
4.3.4	Nadmorske višine drenov v primerjavi z nadmorsko višino nasičene cone za parcelo D	38
4.3.5	Nadmorske višine drenov v primerjavi z nadmorsko višino nasičene cone za parcelo E	40
4.3.6	Nadmorske višine drenov v primerjavi z nadmorsko višino nasičene cone za parcelo F	40
4.4	ANALIZA DRENAŽNEGA DOGODKA 15. in 16. 10. 2015	41
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	45
5.1	RAZPRAVA	45
5.2	SKLEPI	47
6	VIRI	49
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Popis, premer, dolžina in padec sesalcev osuševalnega sistema na laboratorijskem polju oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete	20
Preglednica 2:	Opazovana območja in njim pripadajoči dreni osuševalnega sistema na laboratorijskem polju Oddelka za agronomije Biotehniške fakultete	22
Preglednica 3:	Število pozitivnih in negativni razlik višine zasičene cone sredinskega piezometra in povprečjem pripadajočih piezometrov	35

KAZALO SLIK

Slika 1:	Skica izvedbene faze bauliranja (Miličić, 2007: 12, cit. po Sevenhuijsen, 1994)	5
Slika 2:	Višina zasičene cone na preseku v stacionarnih pogojih (Wayne Skaggs, 1987: 67)	7
Slika 3:	Stopnje pretočnih poti vode, ki naj jih odstrani cevni drenažni sistem (Matičič, 1984b: 173)	8
Slika 4:	Potenciometrični pritiski pri neustrezno delujočem drenažnem sistemu (Matičič, 1984b: 174)	9
Slika 5:	Dva primera preprečitve vertikalnega toka vode (Matičič, 1984b: 176)	9
Slika 6:	Vzorci pretoka v bližini cevne drenaže (Matičič, 1984b: 178); A: idealna drenaža, B: drenaža z vzdolžnimi odprtinami, C: drenaža z vzdolžnimi odprtinami, obložena s filtrskim materialom	11
Slika 7:	Primeri piezometričnih višin za različne tipe talnih razmer postavljene na različne globine (de Ridder, 1994: 50)	13
Slika 8:	Načrt osuševalnega sistema predviden v projektu »Melioracije laboratorijskega polja pod Rožnikom »C 321« (Investicijska ..., 1984)	16
Slika 9:	Shematski prikaz profila tal (Investicijska ..., 1984)	18
Slika 10:	Shematski prikaz osuševalnega sistema na laboratorijskem polju Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete v smeri severozahod-jugovzhod	21
Slika 11:	Prikaz izračuna spremembe nadmorske višine z niveliranjem iz sredine po enačbi ... (3) (Benka, 2007)	23
Slika 12:	Povprečna količina korigiranih padavin (mm) po mesecih za obdobje 1971-2000 (ARSO, 2006: 3)	24

Slika 13:	Osnova testiranja drenažnih sistemov: A: Štiri stopnje toka vode proti in v dren., B: Izguba pritiska v štirih stopnjah (Cavelaars in sod., 1994: 901)	25
Slika 14:	Primeri napak, ki jih lahko opišemo z vgradnjo piezometrov 2 in 3; A: pravilno delujoč drenažni sistem; B: napaka v 2. Stopnji; C: napaka v tretji stopnji; D: napaka v četrti stopnji (Cavelaars in sod., 1994: 909)	26
Slika 15:	Piezometrične meritve pri pravilnem delovanju drenaže (Matičič, 1984b: 174)	27
Slika 16:	Nivo nasičene cone (m n.m.v.) v posameznem piezometru parcele A po datumih meritev, brez 15. in 16.10.2015	28
Slika 17:	Nivo nasičene cone (m n.m.v.) v posameznem piezometru parcele B po datumih meritev, brez 15. in 16.10.2015	29
Slika 18:	Nivo nasičene cone (m n.m.v.) v posameznem piezometru parcele C po datumih meritev, brez 15. in 16.10.2015	30
Slika 19:	Nivo nasičene cone (m n.m.v.) v posameznem piezometru parcele D po datumih meritev, brez 15. in 16.10.2015	31
Slika 20:	Primerjava višine nivoja nasičene cone (m n.m.v.) v piezometrih ob iztoku in v testnih piezometrih na parceli D po datumih meritev, brez 15. in 16.10.2015	32
Slika 21:	Nivo nasičene cone (m n.m.v.) v posameznem piezometru parcele E po datumih meritev, brez 15. in 16.10.2015	33
Slika 22:	Nivo nasičene cone (m n.m.v.) v posameznem piezometru parcele F po datumih meritev, brez 15. in 16.10.2015	34
Slika 23:	Višinska razlika (cm) med višino drenaže (m n.m.v.) in višino nasičene cone (m n.m.v.) za parcelo A	36
Slika 24:	Višinska razlika (cm) med višino drenaže (m n.m.v.) in višino nasičene cone (m n.m.v.) za parcelo B	37

Slika 25:	Višinska razlika (cm) med višino drenaže (m n.m.v.) in višino nasičene cone (m n.m.v.) za parcelo C	38
Slika 26:	Višinska razlika (cm) med višino drenaže (m n.m.v.) in višino nasičene cone (m n.m.v.) za parcelo D	39
Slika 27:	Višinska razlika (cm) med višino drenaže (m n.m.v.) in višino nasičene cone (m n.m.v.) na iztoku in v tesnem preseku na parceli D	39
Slika 28:	Višinska razlika (cm) med višino drenaže (m n.m.v.) in višino nasičene cone (m n.m.v.) za parcelo E	40
Slika 29:	Višinska razlika (cm) med višino drenaže (m n.m.v.) in višino nasičene cone (m n.m.v.) za parcelo F	41
Slika 30:	Prikaz višine nasičene cone (cm) za vse opazovane parcele nad višino drenov v prostoru na dan 15.10.2015, orientirano v smeri jugovzhod - severozahod	43
Slika 31:	Prikaz višine nasičene cone (cm) za vse opazovane parcele nad višino drenov v prostoru na dan 16.10.2015, orientirano v smeri jugovzhod – severozahod	44
Slika 32:	Prikaz razlike višine nasičene cone nad višino drenov med 15. 10. 2015 in 16.10.2015, za vse opazovane parcele v prostoru orientirano v smeri jugovzhod - severozahod	44
Slika 33:	Piezometerske meritve v primerih zastajanja vode na površini A: Slabo prepusten sloj na globini 20cm, B: Debel slabo prepusten sloj do globine 80 cm (Cavelaars in sod., 1994: 909)	46

KAZALO PRILOG

PRILOGA A	Dnevnik meritev med 11. 4. 2015 in 16. 10. 2015.
PRILOGA B	Izsek pedološke karte za opazovano območje osuševalnega sistema.
PRILOGA C	Koordinate piezometrov v koordinatnem sistemu z izhodiščem v revizijskem jašku I, podane v metrih.
PRILOGA D	Pripadajoč količek posameznega piezometra ter izračun nadmorske višine iz spremembe višine od reperja po geometrijskem nivelmanu.
PRILOGA E	Izračunana višina nivoja zasičene cone v piezometrih na parceli A iz opravljenih meritev.
PRILOGA F	Izračunana višina nivoja zasičene cone v piezometrih na parceli B iz opravljenih meritev.
PRILOGA G	Izračunana višina nivoja zasičene cone v piezometrih na parceli C iz opravljenih meritev.
PRILOGA H	Izračunana višina nivoja zasičene cone v piezometrih na parceli D iz opravljenih meritev.
PRILOGA I	Izračunana višina nivoja zasičene cone v piezometrih na parceli E iz opravljenih meritev.
PRILOGA J	Izračunana višina nivoja zasičene cone v piezometrih na parceli F iz opravljenih meritev.
PRILOGA K	Površinska voda ob piezometeru A3 (23. 5. 2015).

1 UVOD

1.1 VZROK ZA RAZISKAVO

Zaradi občasnega zastajanja vode v tleh laboratorijskega polja Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete je bil leta 1984 na laboratorijskem polju izveden osuševalni sistem. V zadnjih letih smo ob povečanih padavinah zopet opazili večja zastajanja vode. Ker se hidravlična prevodnost osuševalnega sistema zmanjšuje s starostjo, zablatenjem in zaradi slabe položitve, bomo v diplomskem delu analizirali delovanje osuševalnega sistema.

1.2 NAMEN DELA

V diplomskem delu bomo skušali ugotoviti, ali osuševalni sistem kljub svoji starosti in večkratnim gradbenim posegom še deluje v celoti. Ugotovili bomo, zakaj je prišlo do morebitnega slabšega delovanja ali nedelovanja. Opisali bomo tudi morebitne šibke točke in predlagali ukrepe za njihovo odpravo.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

Hipoteza I: Osuševalni sistem je delno ali popolnoma nedelujoč zaradi: starosti, slabe položitve, zablatenja, terciarnih osuševalnih ukrepov ali kasnejših gradbenih ukrepov.

Hipoteza II: Osuševalni sistem je popolnoma delujoč. Zastajanje vode je posledica preobilnega deževja.

2 PREGLED LITERATURE

Med prebiranjem domače in tuje literature moramo biti pazljivi. Izraz »drenaža« ima tako v slovenskem kot v angleškem jeziku dva pomena, in sicer lahko pomeni proces odtekanja tekočine ali pa objekt, ki je temu namenjen. Kadar bomo v diplomskem delu govorili o objektu, namenjenemu osuševanju, bomo uporabili izraz »osuševalni sistem«, kadar bomo govorili o njegovi učinkovitosti ali pri citiranju virov, pa bomo uporabili izraz »drenaža«.

2.1 ZAKON O KMETIJSKIH ZEMLJIŠČIH

Področje osuševalnih sistemov v Sloveniji ureja Zakon o kmetijskih zemljiščih (1996) in njegove spremembe ter dopolnitve (Zakon o spremembah ..., 2012, 2016). Zakon o kmetijskih zemljiščih ali krajše (ZKZ) ureja varstvo kmetijskih zemljišč in njihovo upravljanje, tako da določa njihovo razvrstitev, rabo in obdelovanje, njihov promet in zakup, agrarne operacije in skupne pašnike. Agrarne operacije so operacije, s katerimi se urejajo kmetijska zemljišča oziroma kmetijski prostor zaradi izboljšanja kmetijskih zemljišč oziroma izboljšanja pogojev obdelave. Mednje šteje: medsebojna menjava zemljišč, arondacije, komasacije in melioracije. Melioracije so po tem zakonu: osuševanje, namakanje in agromelioracije. Osuševanje obsega ukrepe, objekte in naprave za urejanje in vzdrževanje talnega vodnega režima. Osuševalni sistemi spadajo med objekte in naprave za vzdrževanje vodnega režima tal.

2.2 DEFINICIJE DRENAŽ IN OSUŠEVALNIH SISTEMOV

Drenaža je sistem jarkov in kanalov za odvajanje vode, zlasti z zamočvirjenih zemljišč (SSKJ, 2000).

Drenaža je odvajanje vode, zlasti z zamočvirjenih zemljišč (SSKJ, 2000).

Drenaža je tehnologija gospodarjenja z vodo, katere praktični nameni se razlikujejo glede na klimatske razmere in vrsto rabe tal (Fausey in sod., 1987: 48).

Drenaža je odstranjevanje odvečne površinske in podtalne vode, katere namen je povečanje pridelka, poleg tega pa tudi spiranje vodotopnih soli (Constitution of ICID, 1979, cit. po Bos in Boers, 1994).

Sistem poljske drenaže je sistem, ki sprejema odvečno vodo iz zemljišča ali polja in jo odvaja glavnemu odvodnemu sistemu, ki zbira vodo iz celotnega območja (Matičič, 1984a).

2.3 CILJI OSUŠEVALNIH SISTEMOV

Glavni cilji izgradnje osuševalnih sistemov v kmetijstvu so: preprečevanje ali zmanjšanje zastajanja vode, kontroliranje zasoljevanja in pridobitev novih kmetijskih zemljišč. Prva dva cilja sta usmerjena v izboljšanje že obstoječih kmetijskih tal (vertikalna ekspanzija), tretji pa v pridobivanje novih (horizontalna ekspanzija) (Ritzema in Braun, 1994).

S preprečevanjem in zmanjšanjem zastajanja vode pridobimo bolj suha in zračna tla. Posledice tega so globlje ukoreninjenje rastline, manjša erozija, pestrejši izbor kultur, manjša zaplevljenost, boljši izkoristek gnojil, manjša dezertifikacija, bolj kakovostna travna ruša, lažja dostopnost in obdelava tal, večja nosilnost tal, povečana aktivnost mikrofavne, boljša struktura tal, prepustnost in višja temperatura tal, ki omogoča zgodnejšo rast rastlin (Fausey in sod., 1987; Ritzema in Braun, 1994).

S spiranjem vodotopnih soli preprečimo povečevanje zasoljenosti na namakanih tleh. S tem podaljšamo življenjsko dobo takih tal. Z zmanjšanjem koncentracije soli lahko vpeljemo v pridelavo tudi nove, bolj občutljive kulture. S spiranjem lahko zaradi zasoljenosti ali zakisanosti s sulfatnimi kislinami opuščena zemljišča ponovno vpeljemo v pridelavo (Ritzema in Braun, 1994).

Poleg kmetijskih motivov za izgradnjo osuševalnega sistema poznamo tudi zdravstvene. Stojee vode pogosto služijo kot razmnoževalno območje prenašalcev bolezni ljudi, živine in rastlin (Fausey in sod., 1987; Ritzema in Braun, 1994). Uporabi se lahko tudi za vzpostavitev ali izboljšanje rekreacijskih objektov ter redkeje za izgradnjo habitatov za divje živali (Ritzema in Braun, 1994).

2.4 VPLIVI OSUŠEVALNIH SISTEMOV NA OKOLJE

Z izgradnjo osuševalnega sistema na nekem območju posledično spreminjamo lastnosti okolja. Okolje lahko definiramo kot skupek različnih ekosistemov (Ritzema in Braun, 1994).

Commission on Ecology and Development Cooperation (CEDC, 1986, cit. po Ritzema in Braun, 1994) razlikuje tri kategorije vplivov na okolje:

- motnje in/ali onesnaženje okolja,
- izčrpavanje in/ali izkoriščanje naravnih virov,
- uničenje in/ali poškodovanje naravnih ekosistemov.

Motnje so najbolj blaga kategorija človeškega vpliva na naravne ekosisteme. Temu se lahko v veliki meri izognemo s previdnim načrtovanjem. Pri izgradnji drenažnega sistema, kot je na primer izgradnja odprtih kanalov, se spremeni tok v naravnih strugah in drenažne vode se stekajo v reke. Posledica teh sprememb so spremembe habitata za določene živalske in rastlinske vrste zaradi spremenjene količine ali kakovosti vode.

Izčrpavanje naravnih virov je navadno postopen proces. V začetnih fazah ima lahko manj opazen vpliv, vendar so posledice na dolgi rok lahko usodne. Primer je erozija gornjega rodovitnega sloja tal s površinskim odtokom vode ter spiranje hranil iz tal skozi drenažo. Uničenje naravnih ekosistemov je najtežja posledica vpliva na okolje. Primer takih vplivov so osuševanja močvirij, katerih posledica je ireverzibilna skrčitev novo pridobljenih tal, in oksidacija šotnih tal po znižanju nivoja podtalnice.

Ritzema in Braun (1994) vplive drenaž na okolje delita naprej na predvidljive in nepredvidljive, primarne in sekundarne ter na vplive vertikalno v smeri nad in po drenažnem sistemu ter v sistemu samem.

2.5 VRSTE OSUŠEVALNIH SISTEMOV

Poznamo dve glavni vrsti osuševalnih sistemov: podpovršinski ali podtalni osuševalni sistemi ter površinski osuševalni sistemi (Matičič, 1984b). V praksi je velikokrat osuševalni sistem kombinacija obeh načinov drenaže.

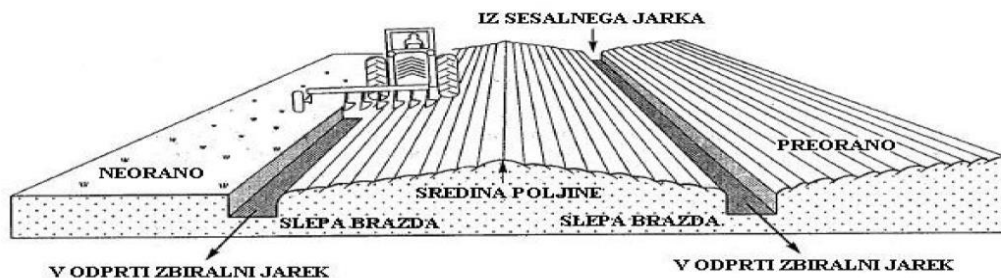
Nekateri avtorji navajajo kot tretjo vrsto še holandsko drenažo (Boehmer in Boonstra, 1994). Holandsko ali »tubwell« drenažo bomo uvrstili v podpovršinske drenažne sisteme.

2.5.1 Površinski osuševalni sistemi

Površinske osuševalne sisteme lahko delimo na dva sklopa. Prvi je preoblikovanje topografije zemljišča s tehnološkimi ukrepi. Druga vrsta površinskih drenažnih sistemov pa je izgradnja odprtih jarkov (Sevenhuijsen, 1994).

2.5.1.1 Preoblikovanje topografije

Eden od najstarejših drenažnih ukrepov je bauliranje. Bauliranje je postopek, kjer s tehnološkimi ukrepi povzdignemo osrednji del njive 20–40 cm, robove pa znižamo (slika 1). S tem dosežemo povečan površinski odtok, nižjo infiltracijo vode ter povečan delež makropor. Uporablja se predvsem na psevdoglejnih tleh (Miličič, 2007).



Slika 1: Skica izvedbene faze bauliranja (Sevenhuijsen, 1994, cit. po Miličič, 2007: 12)

Poleg bauliranja in njegovih variacij v preoblikovanje topografije uvrščamo planiranje terena. V tem primeru na podlagi topografije in pedoloških raziskav izračunamo najbolj optimalne klančine. Na podlagi teh izračunov pa izvajamo nasutja in izravnavo terena. Najboljše rezultate dobimo v primerih, ko zemljišče in talne razmere skrbno razdelimo v podskupine (Sevenhuijsen, 1994).

2.5.1.2 Odprti jarki

Odprti jarki so jarki, ki jih izvedemo z izkopom za namen osuševanja zemljišča. Primeren drenažni sistem so v primerih, kadar lahko podtalno vodo uravnavamo s širokimi razmiki med jarki, kadar morajo jarki sprejeti še določeno količino površinske vode, če želimo pospešiti dozorevanje aluvialnih tal na novo melioriranih tleh ter če želimo na travnikih ali šotnih tleh talno vodo vzdrževati plitvo pod površjem. Pomanjkljivosti odprtih jarkov so, da izgubimo precejšen del obdelovalne površine, oteženo je upravljanje s stroji ter pogosto in drago vzdrževanje (Matičič, 1984b).

2.5.2 Podpovršinski osuševalni sistemi

Podpovršinske osuševalne sisteme delimo na:

- cevno drenažo,
- krtično drenažo in
- holandsko drenažo.

2.5.2.1 Cevna drenaža

Cevna drenaža je navadno sestavljena iz drenov ali sesalcev, cevni zbiralcev ter cevne odvodne drenaže. Sesalci služijo uravnavanju nihanja nasičene cone. Iz sesalcev odteka v zbiralce, iz zbiralcev pa v odvodno drenažo. Cevna drenaža mora biti učinkovita tudi po več deset letih, zato mora biti material odporen proti okvaram ter mora ohraniti prvotno

obliko in lastnosti. Poleg tega morajo delovati tudi spoji, filtri ter perforacija cevi. Drenažne cevi so najpogostejše plastične, keramične in betonske. Lastnosti plastičnih rebrastih drenažnih cevi so nizka lastna teža, kemična neuničljivost, zadostna odpornost proti pritisku in raztezanju, enakomerna porazdelitev perforacij z želeno skupno površino odprtin ter dolgotrajna uporaba. Lastnosti keramičnih cevi so: visoka teža, odpornost proti mrazu in korozivnim vodom, velika jakost in dolga doba trajanja. Pri betonskih in keramičnih drenažnih ceveh je vstopna točka vode navadno v stikih med cevmi. Pomanjkljivost betonskih cevi je poleg visoke teže tudi to, da so podvržene razkroju v kislih in sulfatnih tleh (Matičič, 1984b).

2.5.2.2 Krtična drenaža

Krtična drenaža je rov, izveden s kmetijskim strojem, imenovanim krtični plug. Primerna je v pogojih, kadar vgradnja cevne drenaže ni možna in ima zemljišče majhen padec, še posebej na težko prepustnih zelo zbitih tleh z visoko vsebnostjo gline, kjer je na globini krtičenja, tj. 400–600 mm, oviran gravitacijski tok talne vode. Krtična drenaža ni primerna za prepustna tla z visokim deležem peska (Hopkins in Mickan, 2010). Ena od prednosti krtične drenaže je tudi to, da so stroški izvedbe nizki v primerjavi s cevno drenažo (Matičič, 1984b).

2.5.2.3 Holandska drenaža

Nekateri avtorji navajajo holandske osuševalne sisteme kot ločen tip osuševalnih sistemov. Tu gre za mrežo vrtin po celotnem polju, iz katerih se odvečna voda izčrpava z ročnimi ali motornimi črpalkami v cevi. Preko cevi se voda nato odvede s polja. Vrtine so lahko globoke do nekaj deset metrov. S tem nivo zasičene cone prilagajamo želeni višini. Nekaterе prednosti tega tipa drenaže so: občutno manjša dolžina cevi, potrebna za vgradnjo, možnost osuševanja depresij brez naravnih iztokov, nivo zasičene cone lahko znižamo občutno globlje, načrpana voda se lahko uporabi za namakanje. Slabosti sistema so predvsem povezane s stroški vzdrževanja in delovanja sistema. Načrpana voda lahko vsebuje večje količine soli (Boehmer in Boonstra, 1994).

2.6 DOLOČITEV DRENAŽNE RAZDALJE

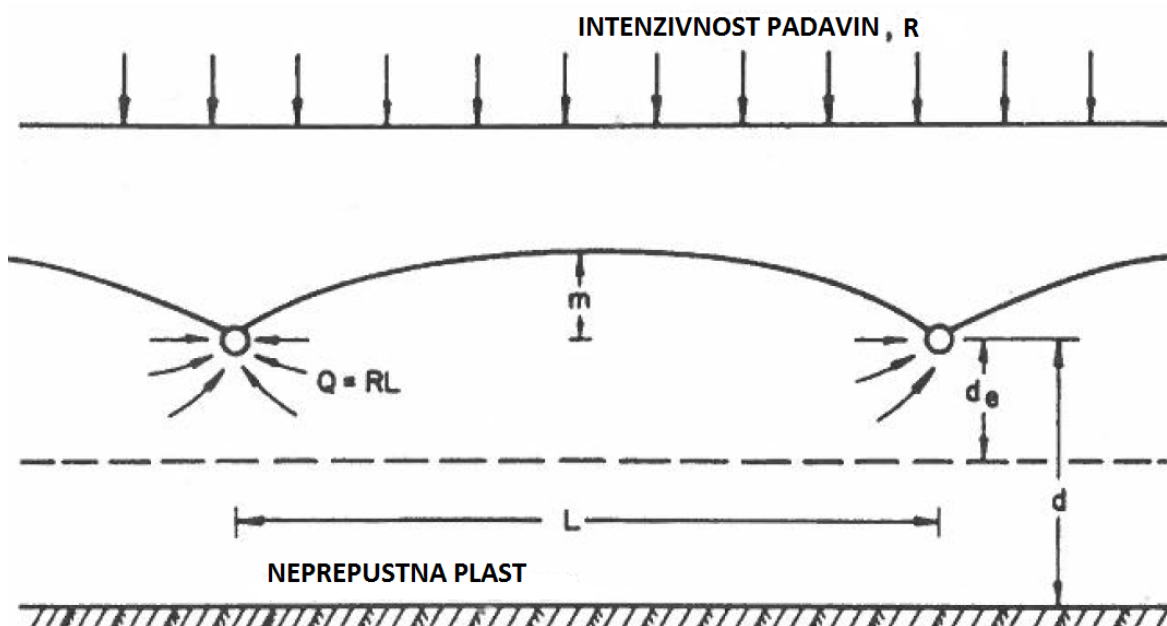
Delovanje drenažnega sistema je zelo odvisno od globine in medsebojne razdalje posameznih sesalcev. Pri načrtovanju drenaže se najpogostejše uporabljajo enačbe, ki predvidevajo stacionarne pogoje. Stacionarni pogoji pomenijo stanje neprekinjenih padavin, ki jih dreni ne prestopajo odvajajo.

2.6.1 Hooghoudt-Donnan

Najpogosteje uporabljena enačba pri določevanju razdalje med laterali je Hooghoudt-Donnanova enačba (enačba 1). Uporabljena je bila tudi v načrtovanju projekta melioracije laboratorijskega polja pod Rožnikom.

$$L^2 = \frac{8k_2 d_e m}{q} + \frac{4k_1 m^2}{q}, \quad \dots (1)$$

pri čemer je L razdalja med sesalcema (slika 2), k_1 je koeficient hidravlične prevodnosti v m/dan nad drenažo, k_2 je koeficient hidravlične prevodnosti pod drenažo, d_e je efektivna globina neprepustnega sloja, ki je manjša od dejanske (d), in q je intenzivnost padavin v m/dan. Iz Hooghoudtovih tabel in teorije Kirkhama lahko ugotovimo, da d_e narašča skupaj z d , dokler ni globina neprepustne plasti večja od $\frac{1}{4} L$. Za večje globine d postane d_e konstanten (Wayne Skaggs, 1987).



Slika 2: Višina zasičene cone na preseku v stacionarnih pogojih (Wayne Skaggs, 1987: 67)

S Hooghoudt-Donnanovo enačbo se razdalja računa po metodi postopnih približkov, zato za praktično uporabo ni najbolj primerna. Hooghoudt je zato razvil nomograme, ki upoštevajo vse v enačbi zajete parametre. Najboljše nomograme, ki upoštevajo Hooghoudt-Donnanovo enačbo, je objavil Boumans (Matičič, 1984a).

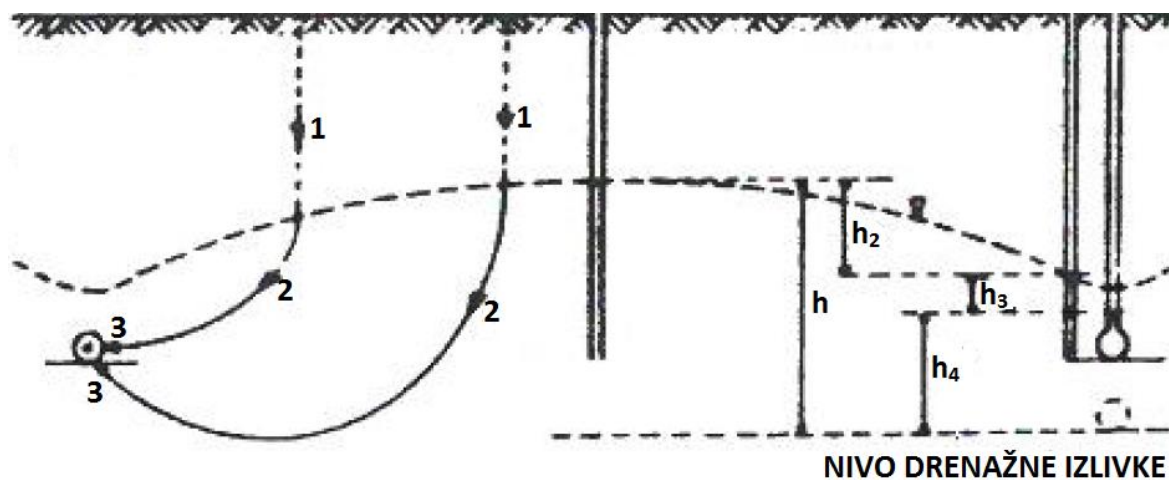
2.7 PREVERJANJE IN UČINKOVITOST DRENAŽNEGA SISTEMA

Matičič (1982b) navaja, da je dober smerokaz za preverjanje sistema in lokaliziranje vzroka napake upoštevanje smeri toka vode na njeni poti s površine skozi profil tal in celotni drenažni sistem. Smer vode lahko razdelimo na več različnih stopenj. V kolikor postavimo piezometre na prehode iz ene stopnje v drugo in merimo izgubo pritiska na vsaki stopnji, lahko razdelimo skupno izgubo pritiska sistema v korist definirane in lokalizirane stopnje. Posamezne upore pretoka lahko določimo z enačbo 2.

$$h_i = q w_i \quad \dots(2)$$

pri čemer je: h_i = izguba pritiska (m)
 q = odtok na enoto dolžine drenaže (m^3/dan)
 w_i = upornost (dni/m)

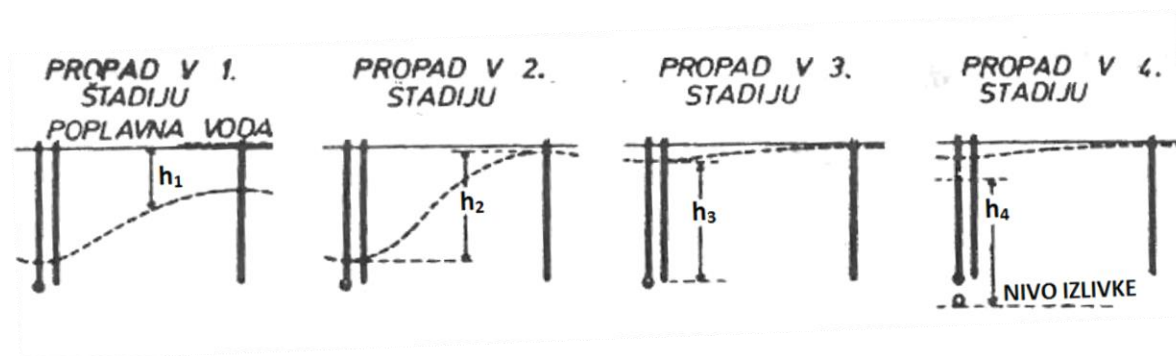
Smer toka vode lahko razdelimo v štiri stopnje (slika 3).



Slika 3: Stopnje pretočnih poti vode, ki naj jih odstrani cevni drenažni sistem (Matičič, 1984b: 173)

Prva stopnja je sestavljena iz infiltracije (nenasičen tok) do nivoja talne vode ter iz nasičenega toka od nivoja talne vode do približne globine drenaže. Druga stopnja je sestavljena iz horizontalnega pretoka med drenažo in delno radialnim tokom v bližini drena. Tretja stopnja je sestavljena iz toka ob robovih drena v notranjost drenažne cevi. Četrta stopnja pa je tok skozi cevni sistem do izlivke.

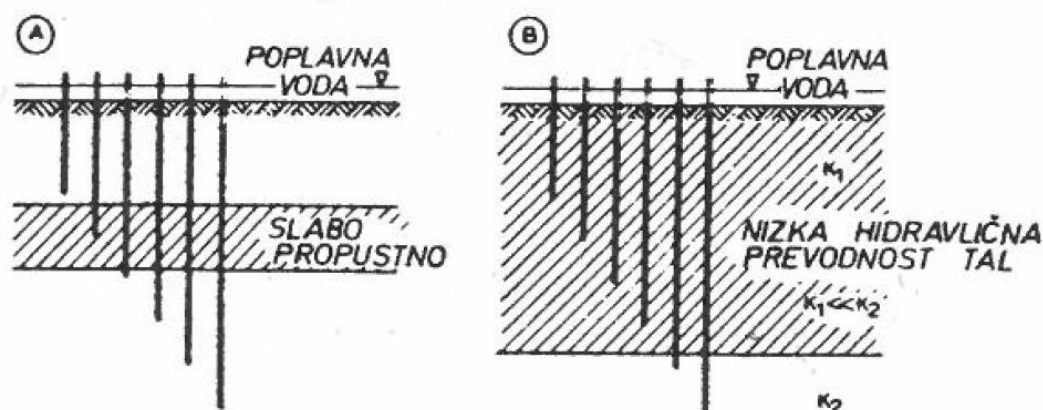
To pomeni, če predpostavimo, da je drenažna cev zamašena in sistem ne uravnava nivoja vode dovolj učinkovito, bo skupna izguba pritiska večja od zahtevane. Piezometriške meritve na prestopih bi pokazale večjo izgubo pritiska in ustrezno večjo upornost (slika 4).



Slika 4: Potenciometrični pritiski pri neustrezno delujočem drenažnem sistemu (Matičič, 1984b: 174)

2.7.1 Napaka v prvi stopnji smeri toka vode

Vertikalni tok vode je sestavljen iz infiltracije ter nasičenega toka vode od nivoja talne vode do približne globine drenaže. Vertikalni tok lahko preprečijo naravne razmere tal ali motnje, ki jih povzroči človek. Za ugotavljanje napak lahko postavimo piezometre v različne globine. Napaka se izrazi s pojavom zastajanja vode na površini, tj. s poplavno vodo. Možna sta dva vzroka. Kot je vidno na sliki 5A, je lahko vzrok nepropustna plast tal. Le-ta je lahko naravna lastnost tal ali pa je posledica nepravilne obdelave tal. Drugi vzrok je lahko, da ima zgornji talni profil nižjo hidravlično prevodnost kot profil pod njim (slika 5B).



Slika 5: Dva primera preprečitve vertikalnega toka vode (Matičič, 1984b: 176)

Napake v prvi stopnji lahko izboljšamo z obdelavo tal ali s prerahljanjem katere koli nepropustne plasti. Kadar to ni mogoče, moramo zagotoviti dodatne površinske drenažne ukrepe.

2.7.2 Napaka v drugi stopnji smeri toka vode

Napake v drugi stopnji, ki je sestavljena iz horizontalnega in radialnega toka, so posledica izključno prevelikih razdalj med drenažnimi cevmi. Težavam se izognemo z dobrim načrtovanjem, s pravilno izmero in oceno hidravlične prevodnosti tal, globino neprepustne plasti in osuševalnega modula. Kot edini možni način popravka navaja polaganje dodatnih drenov med obstoječe drenažne cevi (Matičič, 1984b).

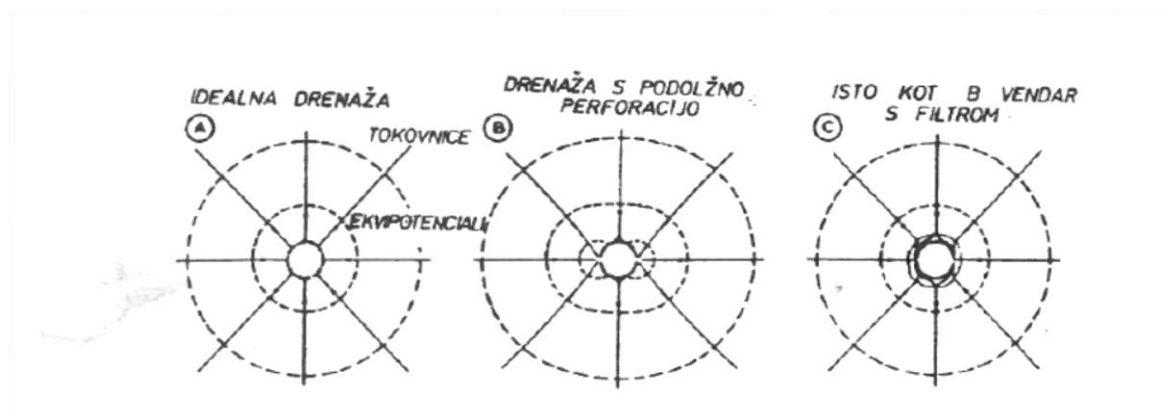
2.7.3 Napaka v tretji stopnji smeri toka vode

Najpogostejše napake na drenažnih sistemih so v tej stopnji, ki je opredeljena z dotokom v cevno drenažo.

Kadar upoštevamo tok v neposredni bližini drenaže, večino teorij o drenažnem toku potrjujejo naslednje ocene:

- Idealen je tisti dren, v katerega lahko voda vstopa prek celotne površine.
- Okolje okoli drena štejemo kot homogeno, če ima hidravlično prevodnost, ki je enaka hidravlični prevodnosti okoliškega materiala.

Na sliki 6A je prikazan vzorec tokovnic in ekvipotencial v idealni drenaži. Realno stanje se razlikuje zaradi dveh razlogov. Cevna drenaža ima relativno majhno območje vstopnih odprtin (spoji v opečnih ceveh, zareze, krožne luknje v plastičnih) in okolje okoli drenaže ni homogeno zaradi t. i. trenča (slika 6B), ki je zakrit ozek izkop, v katerega je položena drenažna cev. Okolje okoli drenaže v zakritem jarku ali trenču ima navadno večji hidravlično prevodnost kot okoliška neporušena tla. Zaradi zgostitve tokovnih poti k vstopnim odprtinam se pojavi precejšnja dodatna pretočna upornost v primerjavi z idealno drenažo. Ta upornost se imenuje vstopna upornost (Engelund, 1957, cit. po Matičič, 1984b).



Slika 6: Vzorci pretoka v bližini cevne drenaže (Matičič, 1984b: 178); A: idealna drenaža, B: drenaža z vzdolžnimi odprtinami, C: drenaža z vzdolžnimi odprtinami, obložena s filtrskim materialom

Če upoštevamo krožno območje okoli drenaže s premerom, ki je približno enak širini drenažnega jarka (okoli 25 cm), potem je na tem območju pretočna upornost 4- do 8-krat večja od upornosti idealne drenaže z enakim premerom. V primeru, da bi bila povprečna hidravlična prevodnost v jarku 4- do 8-krat večja od okoliških neporušenih tal, izguba pritiska v 3. stopnji ne bi bila večja kot pri idealni drenaži.

Pri izvedbi moramo torej upoštevati dva ukrepa:

- preprečiti zaplnitev trenča z blatno zemljo, kar se dogaja, kadar dreniramo v mokrih razmerah,
- predhodno moramo oskrbeti filtrski material zadostne debeline (tj. 1 cm ali več).

Pri laboratorijskih opazovanjih je bilo ugotovljeno, da filtrski material ne more zadostno izravnati slabih talnih razmer in slabo izvedenih del (Cavelaars, 1966, cit. po Matičič, 1984b). Filtrski material lahko sčasoma postane neprepusten zaradi obložitve s talnimi delci ali zaradi kemičnih nesnag, večinoma železovih ali žveplovih spojin (Ford, 1965, cit. po Matičič, 1984b). Na enak način se lahko zamašijo tudi vstopne odprtine drenaže. Napake v tretji stopnji težko odpravimo. Obstajajo metode čiščenja, ki pa so bile večkrat neučinkovite.

2.7.4 Napaka v četrti stopnji smeri toka vode

Četrta stopnja je definirana kot tok v drenažni cevi. Preprečen pretok sproži prevelik pritisk v cevi. Obstaja več različnih vzrokov:

- Cevni premer je premajhen.
- Cev je zamašena s talnimi delci.
- Cev je zamašena s kemičnimi usedlinami.
- Cev je zamašena s koreninami.

2.7.4.1 Zablatenje ali zamašitev s talnimi delci

V ugodnih razmerah za zablatenje drenaže je potrebno drene zavarovati s filtrom ali drugim prekrivnim materialom. Za zagotovitev popolnega varstva moramo drenažne cevi popolnoma oviti. Zbiralci navadno ne sprejemajo vode neposredno iz tal. Da preprečimo vstop mulja v zbiralce, je priporočljiva uporaba zaprtih cevi. V primerih, da se mulj nabira v zbiralcih, ga lahko prestrežemo v revizijskih jaških ali površinskih vtokih, kjer pričakujemo, da bo vstopil tudi talni material (Matičič, 1984b).

2.7.4.2 Zamašitev drenaže s kemičnimi usedlinami

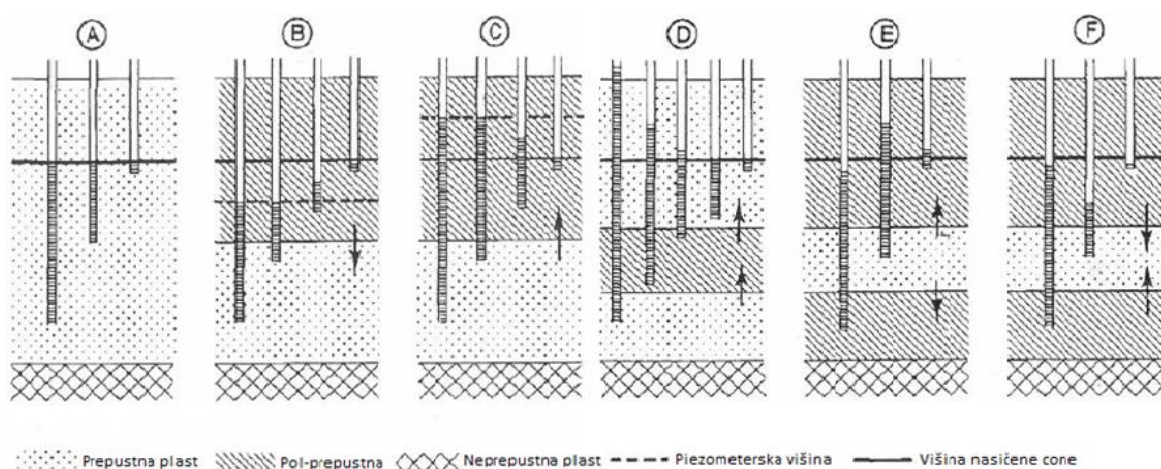
Kemične snovi, ki zamašijo drenažne snovi, so običajno železove spojine, včasih železov oksid ali železov sulfid ali manganove spojine (Grass, 1969, cit. po Matičič, 1984b). Mehanizem deponiranja železovih spojin poteka tako, da raztopljen Fe^{++} teče v cevi s talno vodo. Ob stiku z zrakom oksidira v Fe^{+++} , ki tvori netopne spojine (Matičič, 1984b). Pri mehanizmu sodelujejo bakterije, pod vplivom pH ter toplote. Na ta način nastajajo različne usedline, odvisne od okoliščin, v katerih nastajajo (Kuntze, 1966, cit. po Matičič, 1984b).

2.7.4.3 Zamašitev drenaže s koreninami rastlin

Onemogočen pretok nastane, kadar korenine rastlin prodrejo skozi perforacijo cevi. Najpogosteje se to dogaja v primerih, ko so uporabljene določene vrste dreves in grmovja kot vetro-zaščitni pas okoli sadovnjakov in igrišč. Korenine ene rastline se lahko razrastejo v cevi na razdalji nekaj metrov. V primerih, kadar tak pas križa pot drenažne cevi, lahko v tistem predelu uporabimo zaprto cev. Druga možnost je vgraditev globoke drenaže ali pa odprtih jarkov namesto cevi.

2.8 PIEZOMETRI

Piezometer je cev majhnega premera, vgrajena skozi talni profil. Pri tem mora biti cev po celotni dolžini vodotesna, odprto je le dno in vrh cevi, ki je nad nivojem tal, da površinska voda ne more vstopati. Vsa tekočina lahko vstopi le skozi njeno odprto dno vgrajeno v talni profil. Piezometer nakazuje hidrostatski tlak talne vode v določeni točki talnega profila, kjer se nahaja njegovo odprto dno. V delno nasičenih homogenih peščenih tleh vertikalnega toka vode ni ali pa je zanemarljiv, tako da piezometrični nivoji sovpadajo z višino nasičene cone (slika 7A). Enako velja tudi za nasičene zaprte peščene profile. Z zaprtimi profili mislimo profil od spodaj in od zgoraj obdan s pol ali neprepustno plastjo. V takem profilu prevladuje horizontalni tok vode, vertikalnega lahko zanemarimo. Zadostuje, da lahko v tak profil vgradimo samo en piezometer. Višino, izmerjeno v piezometru, imenujemo piezometrična višina. V nasičenih tleh so piezometrične meritve uporabne pri določevanju smeri toka vode v vertikalni smeri ter pri določevanju, ali se pojavi naravna drenaža. Na sliki 7B in 7F piezometrične višine nakazujejo naravno drenažo skozi peščeno plast. Ker je tok vode skozi težko in polprepustna tla večinoma navpičen, je piezometrična višina, izmerjena v piezometru, vgrajenem v takšno plast, funkcija globine namestitve piezometra (slika 7B, 7C in 7D) (de Ridder, 1994).



Slika 7: Primeri piezometričnih višin za različne tipe talnih razmer, postavljene na različne globine (de Ridder, 1994: 50)

2.9 GLEJI

Gleji so tipi tal, ki jih uvrščamo v hidromorfna tla. Poleg glejev so hidromorfni tipi tal še psevdogleji, šotna tla in obrečna tla. Gleji so mlada tla, nastala na holocenskih in pozno-pleistocenskih nanosih. Na razvoj klima nima posebnega vpliva, tako da jih najdemo tako v hladni kot v zmerni in topli klimi, pogoj je le, da je več padavin od evapotranspiracije.

Večji vpliv ima relief. Pojavljajo se predvsem na ravninah, v depresijah in ob vznožju hribov, kjer je površinski odtok vode oviran in so tla večji del leta nasičena z vodo. V poletnih sušnih obdobjih se tla lahko popolnoma ali vsaj delno posušijo. Značilnost glejev je G horizont. Nastaja v trajnih anaerobnih pogojih, v katerih prevladujejo redukcijski procesi. Obarvan je značilno sivo, olivnozeleno ali celo modrikasto. Talni profil glejev sestavljajo A – Go – Gr horizonti (Lobnik in sod., 1984).

A – horizont je površinski humusni horizont. Navadno je 20 do 30 cm globok. Temno sive do črne barve. Po konsistenci je nekoliko plastičen.

Go – horizont je oksidacijski horizont gleja. Označuje oksidacijsko redukcijsko cono v tleh. V tej coni niha talna voda. V sušnih obdobjih reducirane železove spojine zopet oksidirajo. Tako dobi plast videz marmoriranosti. Siva talna osnova je pretkana s številnimi rjastimi lisami.

Gr – horizont je sive, olivnozelene ali vijoličaste barve. Rjaste lise popolnoma izginejo. Imenujemo ga redukcijski horizont, ker so zanj značilni konstantni anaerobni redukcijski pogoji. Prihaja do popolne redukcije železovih spojin. Začenja se pri spodnji meji nihanja talne vode.

Nastanek glejev spodbujajo:

- slabo nihanje talne vode (0–1 m maksimalno),
- slabo lateralno kroženje vode; posledica je neobnavljanje kisika v talni vodi,
- topne organske snovi v tleh.

Zaradi različne mineraloške sestave matične podlage so po naravni rodovitnosti zelo različni. Najdemo kisle, bazične ali celo močno karbonatne sedimente. Rodovitno se izrazi šele po osušitvi tal. V površinskem delu so močno humozna, razmerja C/N so zelo široka, kar nakazuje slabo humifikacijo. Reakcija tal niha med 4 in 7. Značilnost je močna nasičenost izmenljivega dela tal z bazami. Tekstura je večinoma glinasto ilovnata ali ilovnato glinasta (Lobnik in sod., 1984).

Gleje klasificiramo v naslednje podtipе po vzroku oglejevanja. Hipoglejni glej nastaja pod vplivom visoke talne vode, epiglejni glej zaradi zasajanja površinske vode in amfiglej pod vplivom površinske in talne vode. Varietete se naprej za vsak podtip delijo po vsebnosti organske snovi. Mineralni glej je z vsebnostjo organske snovi do 30 %, humusni pa z vsebnostjo organske snovi od 10 do 30 %. Po obliki jih delimo na karbonatne in nekarbonatne. Faza glejev se deli na močan glej, kjer voda niha med 10 in 40 cm pod površjem, ter na srednje močan, kjer voda niha med 40–80cm (Lobnik in sod., 1984).

2.9.1 Osuševanje glejev

Glede na vrsto vode, ki povzroča hidrogenizacijo talnega profila, delimo oglejena tla na hipogleje, kjer je vzrok zamočvirjenosti talna voda, ter amfigleje, kjer zamočvirjenost povzročita talna voda in površinska voda. Pri hipoglejnem oglejevanju osuševanje razmeroma lahko izvedemo. Izvede se cevna drenaža, ki zniža nivo talne vode, ki edina povzroča zamočvirjenje zemljišča. Težje je osuševanje amfiglejnih tal, kjer oglejevanje povzroča tudi površinska voda. Voda prodre v tla, nato pa zelo počasi prodira v globino. Odstraniti moramo škodljiv vpliv obeh voda. Poleg osnovne cevne drenaže moramo v postopek vključiti tudi dodatne ukrepe. Ukrepa za izboljšanje amfi in epiglejnih tal sta globoko podrahljavanje in krtična drenaža.

Krtična drenaža je primerna za tla, ki vsebujejo 50 % gline in manj kot 30 % melja, podrahljavanje pa za tla, ki vsebujejo nad 50 % melja in manj kot 30 % gline. V vmesnih območjih lahko izbiramo med prvim in drugim ukrepom. Globoko podrahljavanje učinkuje samo na dobro presušениh tleh (Lobnik in sod., 1984; Hopkins in Mikan, 2010).

3 MATERIALI IN METODE

3.1 PROJEKTNÁ DOKUMENTACIJA

Pred ogledom stanja v naravi in pričetkom meritev smo najprej preučili Investicijsko dokumentacijo melioracije laboratorijskega polja pod Rožnikom (1980–1984). Investicijska dokumentacija obsega :

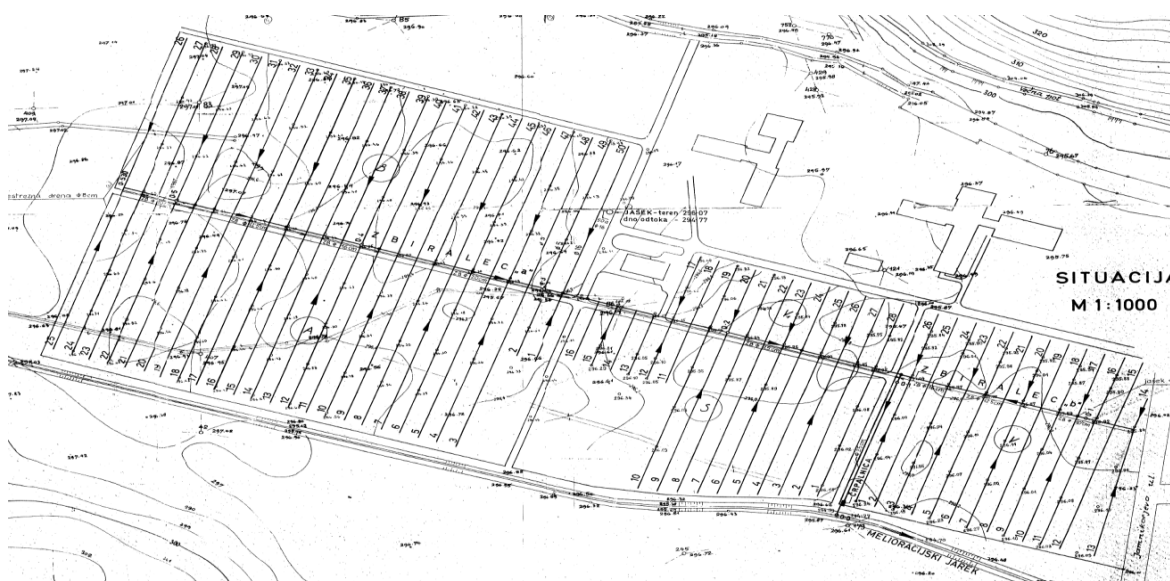
- projekt za izvedbo št. C 321 (Vodnogospodarski inštitut Ljubljana, marec 1980),
- talno hidrološko študijo (Biotehniška fakulteta, 1980),
- pedološke raziskave (Biotehniška fakulteta, 1982),
- investicijski program (Biotehniška fakulteta, 1985),
- priloge.

3.1.1 Projekt za izvedbo c 321

Na sliki 8 je prikazan načrt osuševalnega sistema laboratorijskega polja pod Rožnikom, kot je bil predviden v projektu za izvedbo št. C 321. Cevna drenaža je bila predvidena za celotno površino laboratorijskega polja. Sestavljena je bila iz dveh zbiralcev:

- zbiralec »a«,
- zbiralec »b«.

Opazovani del drenaže je na površini zbiralca A in obsega območje načrtovanih drenaž 1–15 južno in 36–50 severno od zbiralca. Dejansko stanje drenaž je prikazano na Sliki 10.



Slika 8: Načrt osuševalnega sistema, predviden v projektu »Melioracije laboratorijskega polja pod Rožnikom »C 321« (Investicijska ..., 1984)

3.1.2 Agrohidrološka študija zemljišč kompleksa

Kot je opisano v poglavju 3.1.3, sta na melioracijskem območju ugotovljena 2 tipa tal (priloga B). Tipa tal spadata v zmerno oglejena tla, karbonatna z izraženim površinskim oglejevanjem. Razlikujeta se le v globini proda, ki se v tipu 1 pojavlja do 70 cm globine, v tipu 2 pa v globini pod 70 cm. Infiltracijska sposobnost tal je različna. Za tip 1 0,55 cm/uro in za tip 2 2,5 cm/uro. Po Hooghoudtu znaša povprečna prepustnost tal 0,53 oz. 0,42 m/dan za talni enoti 1 in 2.

Predlogi za sanacijo zemljišč:

- Cevna drenaža na celotnem melioracijskem kompleksu na razdalji 10 m in globini 1 m (razdalja drenov je določena po Hooghoudt-Donnanu).
- Nasutje s filtrskim materialom ($\varnothing = 0,3 - 3$ cm) okoli drenov do globine 40 cm pod površino tal.
- Podrahljanje do globine 50–60 cm pravokotno na potek sesalcev. V kasnejših letih je potrebno podrahljanje obnavljati.
- Dopolnilno namakanje v sušnih letih, za katero so predvideni globlji jaški, kjer se bo zbirala voda za namakanje.

3.1.3 Pedološke raziskave

Pedološka raziskava Biotehniške fakultete je bila izvedena leta 1982 (Investicijska ..., 1984) z namenom ugotovitve vzrokov občasnega zamočvirjenja zemljišč laboratorijskega polja. Določila naj bi tudi potrebne ukrepe za izboljšanje vodnih in talnih razmer. Izdelana je bila tudi pedološka karta v merilu 1:1000, katere izsek je priložen v prilogi B.

Ugotovljeno je bilo, da je matična podlaga aluvialna naplavina Glinščice, ki prekriva starejšo pleistocensko usedlino. Naplavina je sestavljena iz dokaj karbonatnega materiala, na katerem so se razvila rodovitna tla, bogata z bazami. V spodnji plasteh (od 50–100 cm navzdol) neredko naletimo na plasti peska in proda. Površinski del sestavlja meljasto glinasto ilovnat material.

Ugotovljena sta bila dva vzroka zamočvirjenja:

- Trajno vlaženje s talno vodo, ki povzroča pojave hidromorfnosti v spodnjem delu talnega profila (tvorba hipoglejev).
- Občasno vlaženje s površinsko vodo, ki povzroča oglejevanje v površinskem delu tal (tvorba epigleja).

Iz zgornjih ugotovitev je razvidno, da so bili potrebni dvovrstni melioracijski ukrepi:

- Odstranitev negativnih vplivov površinskih voda.
- Znižanje nivoja talne vode na primerno gladino.

Osnovna in prevladujoča pedosistematska enota so zmerno oglejena tla z izraženim površinskim oglejevanjem, ki so karbonatna. Spadajo v razred hidromorfni tal, in sicer v skupino karbonatnih glejev. So precej skeletna. Skelet se pojavlja po vsej globini profila, ponekod samo nižje od 70 cm. Na Pedološki karti (priloga B) je tip tal razdeljen na dva pod-tipa. Tip 1 ima prod po celotnem profilu, tip 2 pa samo nižje od 70 cm.

Profil gradijo A - g - Go – Gr horizonti (slika 9). Horizont »g« označuje cono, v kateri se zadržuje padavinska voda. Horizonta Go in Gr pa prikazujeta dominacijo talne vode (opomba: G_r horizont je v besedilu pedološke študije omenjen na sliki 9, ki je iz študije privzeta, pa ni označen).

Ap	meljasta ilovica
g	meljasto glinasta ilovica
B(Go)	meljasto glinasta ilovica
BCGo	glinasta ilovica
CG	pesek/prod

Slika 9: Shematski prikaz profila tal (Investicijska ..., 1984)

Opis značilnega profila:

Ap – 0–28 cm, temnorjava meljasta ilovica, debelo grudičasta, vsebuje do 5 % drobnega skeleta

g – 28–63 cm, rjavo siva meljasto glinasta ilovica, debelo oreškasta struktura, težko drobljiva, drobne konkrekcije, epiglejno oglejevanje

B (G_o) – 63–110 cm, rumenorjava meljasto glinasta ilovica, slabo izražene poliedrične strukture, nedrobljiva, slabotno hipoglejno oglejevanje, vsebuje okoli 20 % skeleta

BCG_o – 110–130 cm, skeletna glinasta ilovica, brezstrukturna in nedrobljiva, mokra

CG – 130–150 cm, pesek, pomešan s prodrom

3.2 OGLED TERENA

Kot navedeno v prejšnjem poglavju, je bil leta 1984 v sklopu melioracij laboratorijskega polja v okolici Biotehniške fakultete izveden osuševalni sistem. Preučevani del drenažnega sistema se nahaja na polju zahodno od stavbe Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete. Polje je na severu omejeno s potokom Glinščico, na jugu z južnim odvodnikom in na zahodu z novo stavbo Oddelka za biologijo. Končna izvedba osuševalnega sistema se močno razlikuje od načrtovanega projekta.

Tip drenaže spada v podpovršinski drenažni sistem. Sesalci ali laterali so postavljeni v razdalji 20 m, in ne v načrtovanih 10 m, z obeh strani zbiralca. Narejeni so iz PVC in so rebraste oblike. Nagib sesalcev je bil prilagojen terenu in je 2 ‰. Kote sesalcev na iztoku smo preverili na terenu. Kote na koncu so izračunane ob predpostavki, da je njihov naklon 2 ‰, kot je navedeno v projektni dokumentaciji. Iz popisa sesalcev (preglednica 1) je razvidno, da je večina sesalcev premera 5 cm. Izjemi sta sesalca št. 8 in 16. Na dren št. 8 je s kasnejšim gradbenim posegom priklopljen osuševalni sistem, ki se nahaja za stavbo Oddelka za biologijo, na jugu omejenim z južnim odvodnikom. Dren št. 16 je večjega premera, ker je bil nanj priključen odtok iz že obstoječega jaška.

Preglednica 1: Popis, premer, dolžina in padec sesalcev osuševalnega sistema na laboratorijskem polju Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete

Št. sesalca	Ø sesalca [cm]	Dolžina drena [m]	Padec [‰]	Revizijski jašek	Kote na iztoku	Kote na koncu
1	5	50	2	I.	295,54	295,64
2	5	120	2	II.	295,48	295,72
3	5	120	2	III.	295,41	295,65
4	5	120	2	IV.	295,46	295,70
5	5	120	2	V.	295,43	295,67
6	5	120	2	VI.	295,52	295,76
7	5	120	2	VII.	295,55	295,79
8	8	120	2	VIII.	295,57	295,81
9	5	110	2	VIII.	295,53	295,75
10	5	110	2	VII.	295,55	295,77
11	5	110	2	VI.	295,52	295,74
12	5	110	2	V.	295,43	295,65
13	5	110	2	IV.	295,47	295,69
14	5	110	2	III.	295,43	295,65
15	5	110	2	II.	295,48	295,70
16	16	110	2	I.	295,55	295,77

Dreni so povezani z zbiralcem, ki poteka po sredini polja. Zbiralec je različnih premerov. Pri lopi se izteka v odvodno cev. Zaradi skoraj ravnega zemljišča je bil izveden z minimalnim padcem, in sicer: $I = 2 ‰$.

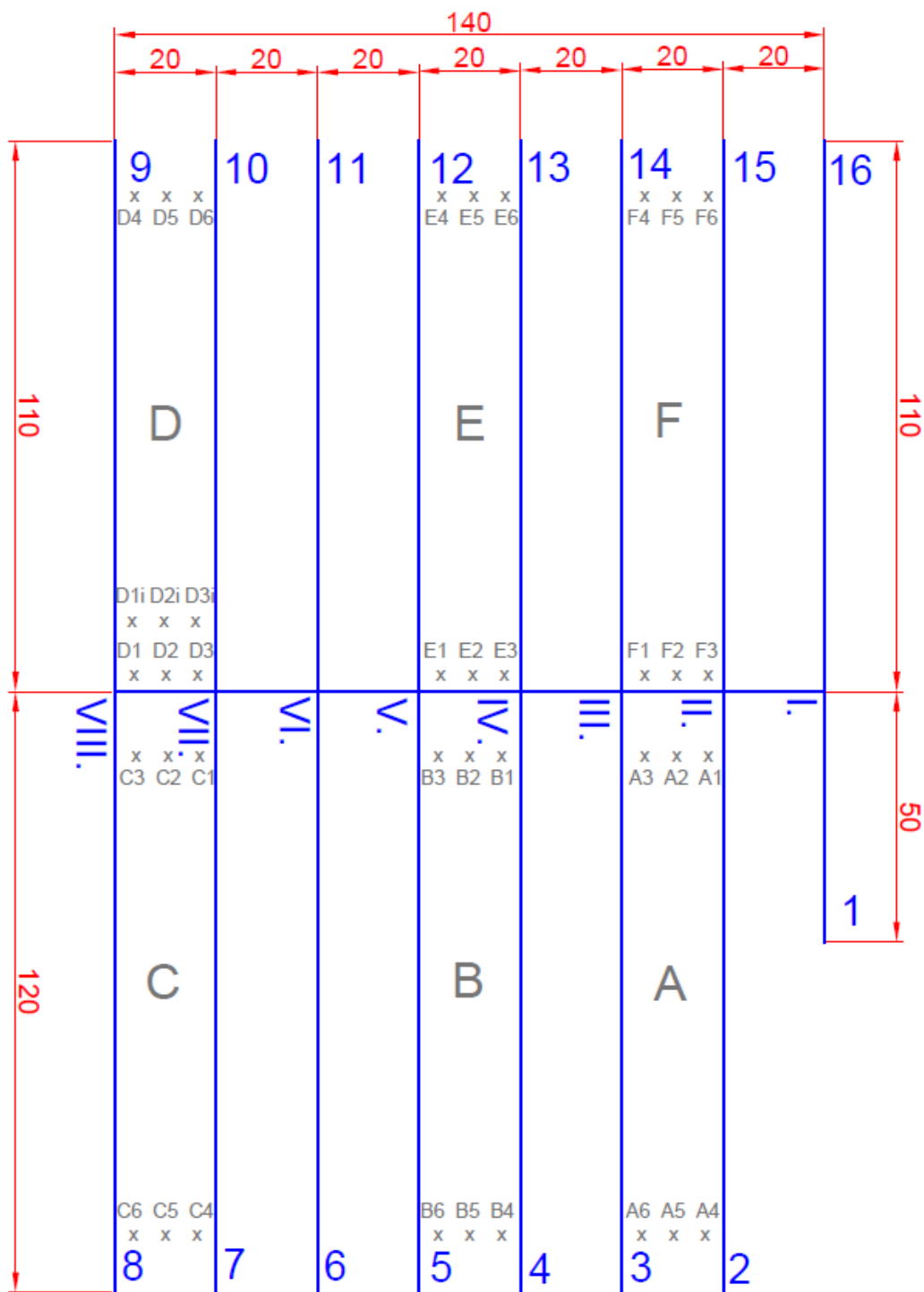
Dimenzije zbiralca:

Ø 20cm: L = 100 m od iztoka pri lopi do revizijskega jaška 5

Ø 16cm: L = 40 m od revizijskega jaška 5 do revizijskega jaška 7

Ø 12,5cm: L = 20 m od revizijskega jaška 7 do revizijskega jaška 8

Nad vsakim sesalcem in zbiralcem je izvedeno zasutje s filtrskim materialom, sestavljenim iz kokosovih vlaken in gramoza do 40 cm pod površjem. Na spojih sesalcev in zbiralca je 8 revizijskih jaškov na razdalji 20 m. Revizijski jaški so označeni z rimskimi številkami (preglednica 1). Revizijski jašek V. je premera 100 cm in poglobljen do globine 2,50 m. Poglobljeni jašek je bil predviden za potrebe namakanja. Ostali revizijski jaški so premera 60 cm. V prvotnih načrtih so bili mišljeni pokriti z betonskim pokrovom in označeni.



JUŽNI ODVODNIK

Slika 10: Shematski prikaz osuševalnega sistema na laboratorijskem polju Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete v smeri severozahod-jugovzhod

3.3 OPIS POSKUSA

Delovanje osuševalnega sistema smo ocenili na podlagi spremljanja višine gladine podtalnice na presekih osuševalnega sistema med dvema sosednjima drenoma. Na ta način dobimo sedem območij severno od zbiralca ter sedem območij južno od zbiralca. Za namen diplomske naloge smo izbrali šest območij, tri severno od zbiralca in tri južno, za katere smo določili, da so najbolj reprezentativni (slika 10). Opazovane parcele so poimenovane z velikimi latinski črkami in so omejene z dvema sosednjima drenoma (preglednica 2) (slika 10).

Preglednica 2: Opazovana območja in njim pripadajoči dreni osuševalnega sistema na laboratorijskem polju Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete

Opazovano območje (Parcela)	Južno od zbiralca			Severno od zbiralca		
	A	B	C	D	E	F
Mejna sesalca	2 in 3	4 in 5	7 in 8	9 in 10	12 in 13	14 in 15
Piezometri presek 1	A1, A2, A3	B1, B2, B3	C1, C2, C3	D1, D2, D3	E1, E2, E3	F1, F2, F3
Piezometri presek 2	A4, A5, A6	B4, B5, B6	C4, C5, C6	D4, D5, D6	E4, E5, E6	F4, F5, F6
Referenčni presek				D1i, D2i, D3i		

Na vsakem opazovanem območju smo naredili 2 preseka. En presek na začetku sesalca v bližini iztoka v zbiralec in drugega na koncu. Vsak presek je sestavljen iz 3 piezometrov. Na vsakem preseku sta dva piezometra postavljena tik ob sesalcih, tretji pa je natanko v sredini med njima. Za potrebe poskusa smo potrebovali 36 piezometrov.

3.3.1 Izgradnja opazovalne mreže

Preden smo zakoličili lokacije, smo izračunali koordinate za vseh 36 piezometrov in za že vgrajene piezometre D1i, D2i in D3i. Zaradi lažjih izračunov smo za x os vzeli smer zbiralca z izhodiščem v revizijskem jašku I. in mu določili koordinate (0,0). Za pravokotno y os smo vzeli smer zbiralcev 1 in 16. Zaradi tega bodo vsi slikovni prikazi narejeni v smeri jug-sever. Koordinate piezometrov so priložene v prilogi C.

3.3.1.1 Geodezija in količenje

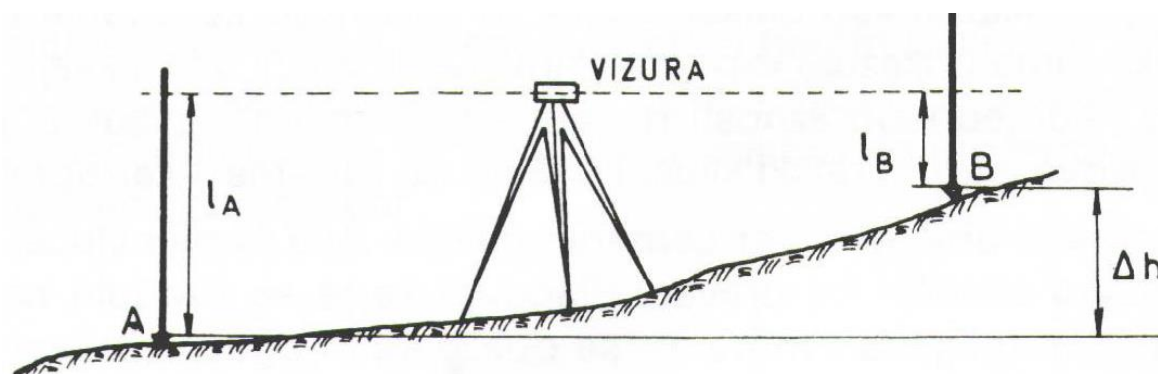
Po izdelavi koordinatnega sistema (priloga C) smo s pomočjo nivelirja, trasirk in merskega traku zakoličili lokacije piezometrov ter jih označili s pripadajočo številko (priloga D).

3.3.1.2 Izdelava in vgradnja piezometrov

36 piezometrov smo izdelali iz 2 m cevi ($\varnothing = 50$ mm). Dno piezometrov smo ošilili za lažjo vgradnjo. Cev smo perforirali do globine 1,75 m ter jih nato vgradili na zakoličena mesta. Zanesljivost piezometrov smo preverili z dodajanjem vode. Gladina vode v piezometrih je v kratkem dospela v prvotni položaj.

3.3.1.3 Izmera in izračun nadmorske višine piezometrov

Po vgradnji vseh 36 piezometrov je bilo potrebno določiti tudi njihovo nadmorsko višino ter nadmorsko višino testnih piezometrov 25i, 26i in 27i. V geodeziji se nadmorske višine redkeje merijo, bolj pogosto se merijo razlike v višini. Nadmorska višina se nato določi računsko. Za merjenje višinskih razlik se uporabljajo različni postopki. Mi smo uporabili geometrijski nivelman (slika 11).



Slika 11: Prikaz izračuna spremembe nadmorske višine z niveliranjem iz sredine po enačbi ... (3) (Benka, 2007)

$$\Delta h = l_A - l_B \quad \dots (3)$$

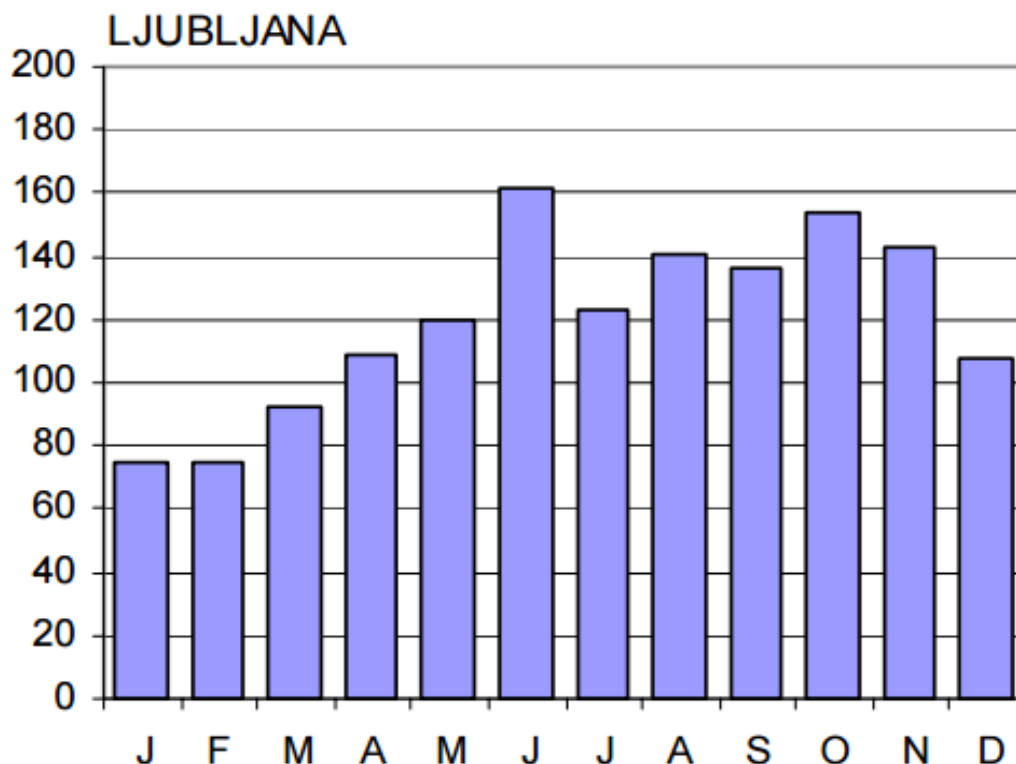
Δh je sprememba višine, l_A višine, odčitana na nivelmanskem latu, postavljenem v točko A, in l_B je višina, odčitana na nivelmanskem latu, postavljenem v točko B.

Inštrument, ki se uporablja pri tej metodi, se imenuje nivelir. Poleg nivelirja smo uporabili še nivelmanske late. Na latah je centimetrski trak, ki poteka od spodaj navzgor. Niveliramo lahko iz krajišča ali iz sredine. V našem primeru smo uporabili niveliranje iz krajišča. Niveliranje iz krajišča je, kadar je nivelir bližje eni točki. Najprej smo nivelir postavili v poljubno točko na polju, pri tem smo bili pazljivi, da je bila os nivelacijske libele celoten postopek vzporedna vizuri. Točko smo poimenovali vezna točka 1 ali l_{A1} . Nato smo

izmerili višino na nivelmanski lati, postavljeni na reper z znano nadmorsko višino $l_0 = 296,494 \text{ m}$, ki se nahaja na izlivu v odvodno drenažo. Tako smo dobili $l_{A1} = 151,00 \text{ cm}$. Nato smo nivelmansko lato prestavljali po piezometrih, ki pripadajo količkom od 1 do 9, in odčitali višine na nivelmanski lati iz vezne točke l_{A1} . Nato smo nivelir prestavili v vezno točko 2 ali l_{A2} in ponovili enak postopek za piezometre ob pripadajočih količkah od 10 do 36 in testne piezometre ob količkah 25i, 26i ter 27i. $l_{A2} = 152,50 \text{ cm}$ (Benka, 2007, in Kuhar, 2015). Iz spremembe višine smo nato izračunali nadmorsko višino posameznega piezometra (priloga D). Z enakim postopkom smo izračunali tudi kote drenov na iztoku (preglednica 1). Po opravljenih meritvah in izračunih smo pridobili potrebno mrežo piezometrov z znano nadmorsko višino. Nato smo izvajali piezometrične meritve.

3.3.2 Meritve nivoja nasičene cone

Za meritve smo uporabili električno sondo, pritrjeno na merski trak. Ta ob stiku z vodo odda pisk. Po pisku smo odčitali globino gladine v piezometru. Globino smo nato odšteli od vrha posameznega piezometra. Opravili smo 26 ločenih meritev gladine vode v vseh piezometrih. Prvih 24 meritev smo opravili v obdobju od 11. 4. 2015 do 25. 6. 2015, ko smo glede na dolgoletne povprečne podatke za Ljubljano (slika 12) pričakovali spomladanski višek padavin.



Slika 12: Povprečna količina korigiranih padavin (mm) po mesecih za obdobje 1971–2000 (ARSO, 2006: 3)

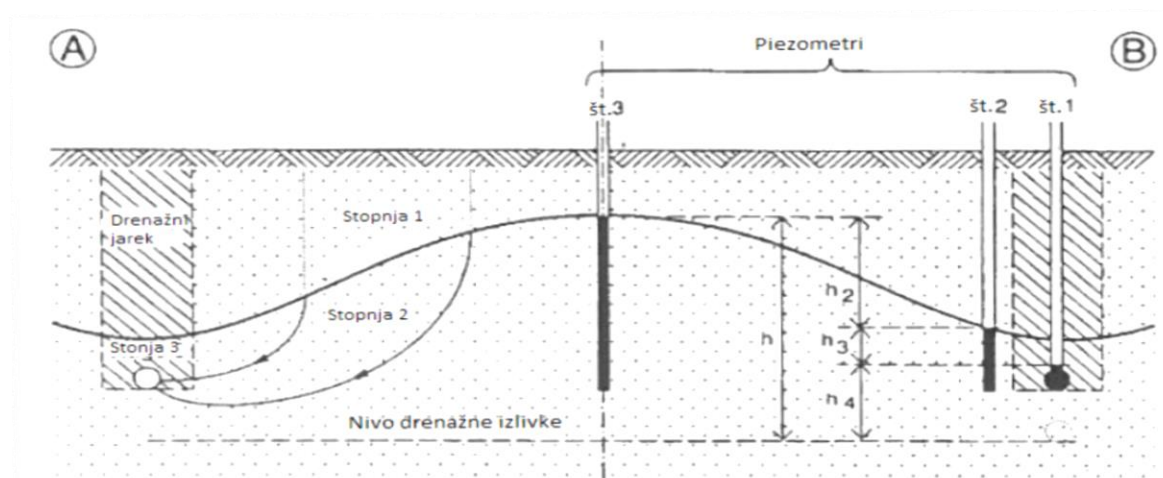
Po ugotovitvi, da rezultati meritev, ki smo jih izvedli v omenjenem obdobju, niso primerni za izvajanje analize, smo opravili še meritvi 15. in 16. 10. 2015. Meritev nismo izvajali po vnaprej pripravljeni časovnici, temveč ob dogodkih, ko smo pričakovali delovanje osuševalnega sistema, torej med in po padavinah, kot predlagajo (Cavelaars in sod., 1994). Vse meritve so bile opravljene v obdobju med 17:00. in 19:00. uro, razen v primerih, kadar je to posebej navedeno. Meritev z dne 10. in 21. 5. 2015 ne bomo uporabili v diplomski nalogi, ker meritve niso bile izvedene v celoti. Dnevnik meritev je priložen v prilogi A. Padavinske podatke za meteorološko postajo Ljubljana (šifra 192) smo povzeli iz arhiva agrometeoroloških podatkov Agencije Republike Slovenije za okolje (Arhiv ..., 2016).

3.4 METODA ANALIZE VIŠINE ZASIČENE CONE

Metoda za analizo višine nasičene cone bazira na teoriji toka vode od površine tal skozi profil tal do drena ter skozi cev do iztoka v zbiralec ali odvodno drenažo. Razdelitev je bila opisana že v pregledu literature. Ta tok lahko razdelimo v štiri stopnje:

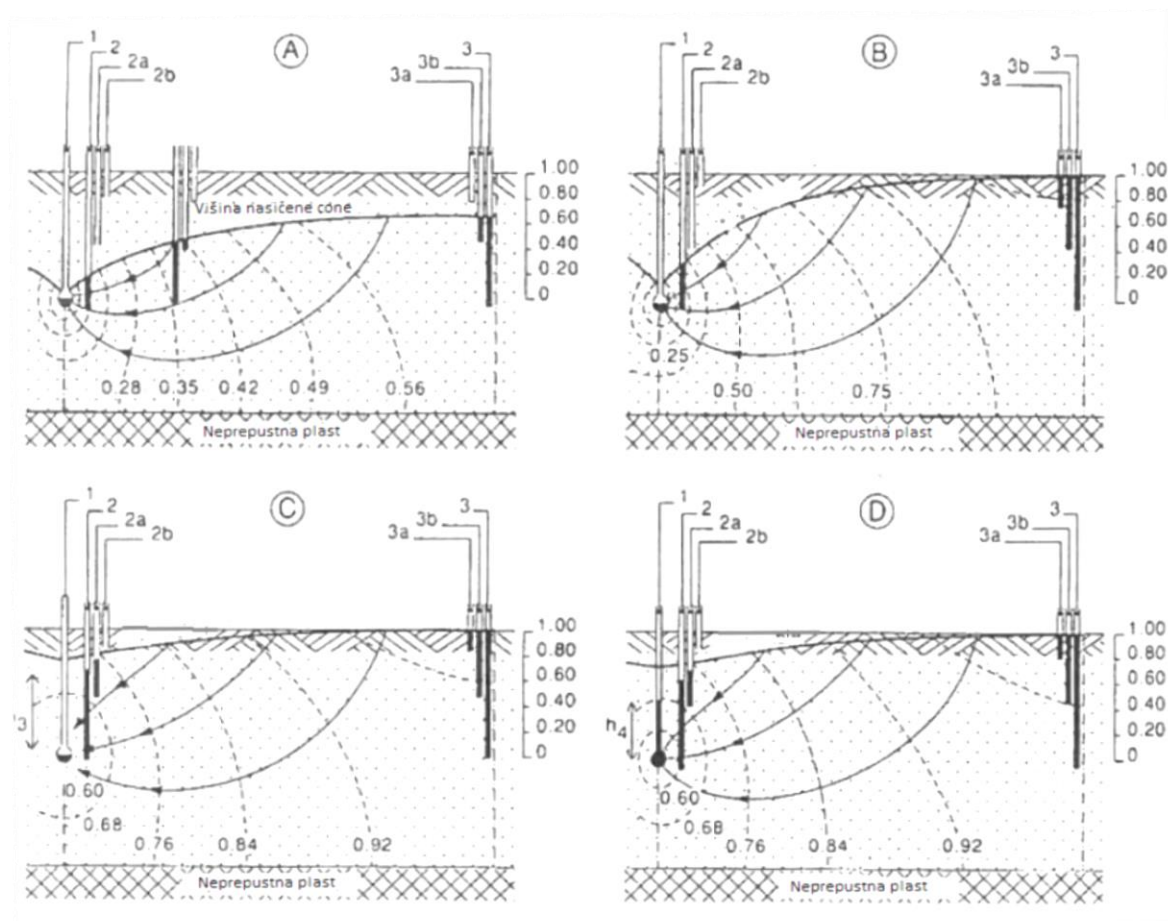
- Stopnja 1: Vertikalni tok vode, ki je lahko sestavljen iz nasičenega in nenasičenega toka.
- Stopnja 2: Nasičen tok skozi neporušen talni profil do drenažnega jarka.
- Stopnja 3: Tok od robov drena v notranjost drenažne cevi.
- Stopnja 4: Tok skozi cevni sistem.

S postavitvijo piezometrov št. 1, 2 in 3 (slika 13) na prehode med stopnje lahko z meritvami nivoja zasičene cone določimo, v kateri stopnji pride do izgube pritiska in posledično lahko določimo lokacijo napake v sistemu.



Slika 13: Osnova testiranja drenažnih sistemov: A: Štiri stopnje toka vode proti in v dren, B: Izguba pritiska v štirih stopnjah (Cavelaars in sod., 1994: 901)

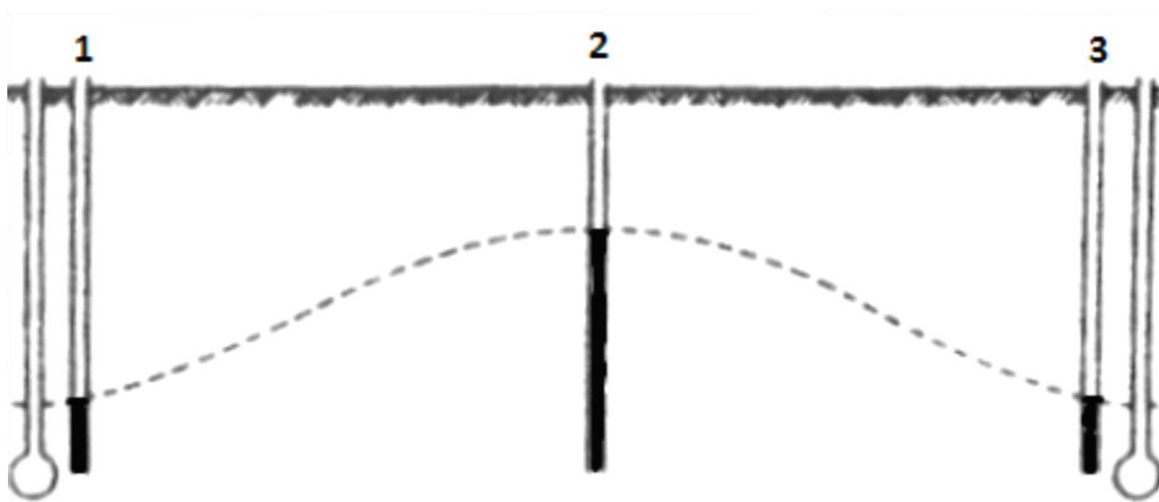
Pri zasnovi poskusa smo se odločili, da piezometra v sam dren ne vstavimo zaradi zahtevnosti postopka. Opazovali smo torej samo drugo stopnjo toka vode skozi talni profil. Na ta način smo pridobljene podatke lahko razdelili v 4 segmente, kot so prikazani na sliki 14. Na sliki 14A so prikazane piezometrične meritve v delujočem osuševalnem sistemu, na sliki 14B pride do poplavne vode zaradi prevelike razdalje med dreni. To pomeni, da je napaka v drugi stopnji. Na slikah 14C in D je napaka v 3. in v 4. stopnji. Z našo postavitvijo piezometrov nismo mogli točno določiti, v kateri od obeh faz prihaja do napake, lahko pa smo sklepali, ali dren deluje. Napako v prvi stopnji lahko določimo v primerih, ko ne pride do zasičenja, pride pa do zamočvirjenja na površju.



Slika 14: Primeri napak, ki jih lahko opišemo z vgradnjo piezometrov 2 in 3; A: pravilno delujoč drenažni sistem; B: napaka v 2. stopnji; C: napaka v tretji stopnji; D: napaka v četrti stopnji (Cavelaars in sod., 1994: 909)

3.5 ANALIZA RAZLIK VIŠINE NASIČENE CONE NA PRESEKIH

Najprej smo naredili analizo višin nasičene cone po posameznih presekih. V delujočem osuševalnem sistemu pričakujemo, da bo nivo zasičene cone, odčitani iz piezometrov ob sesalcih, nižji kot v piezometru, ki je natanko med njima, kot je razvidno s slike 15. Uporabili smo meritve za vse preseke na vseh parcelah za vse datume. Za vsak presek smo izračunali razliko med višino nasičene cone na sredini obravnavane parcele ter povprečjem višine na robovih. Ločili smo jih še na preseke ob iztoku v zbiralnik ter na preseke na koncih osuševalnega sistema. Z analizo smo ugotovili, na katerih presekih oz. parcelah osuševalni sistem sledi pričakovanim vzorcem ter na katerih odstopa od pričakovanj. Za nedelujoče oz. popačene slike smo poskušali poiskati razlago.



Slika 15: Piezometrične meritve pri pravilnem delovanju drenaže (Matičič, 1984b: 174)

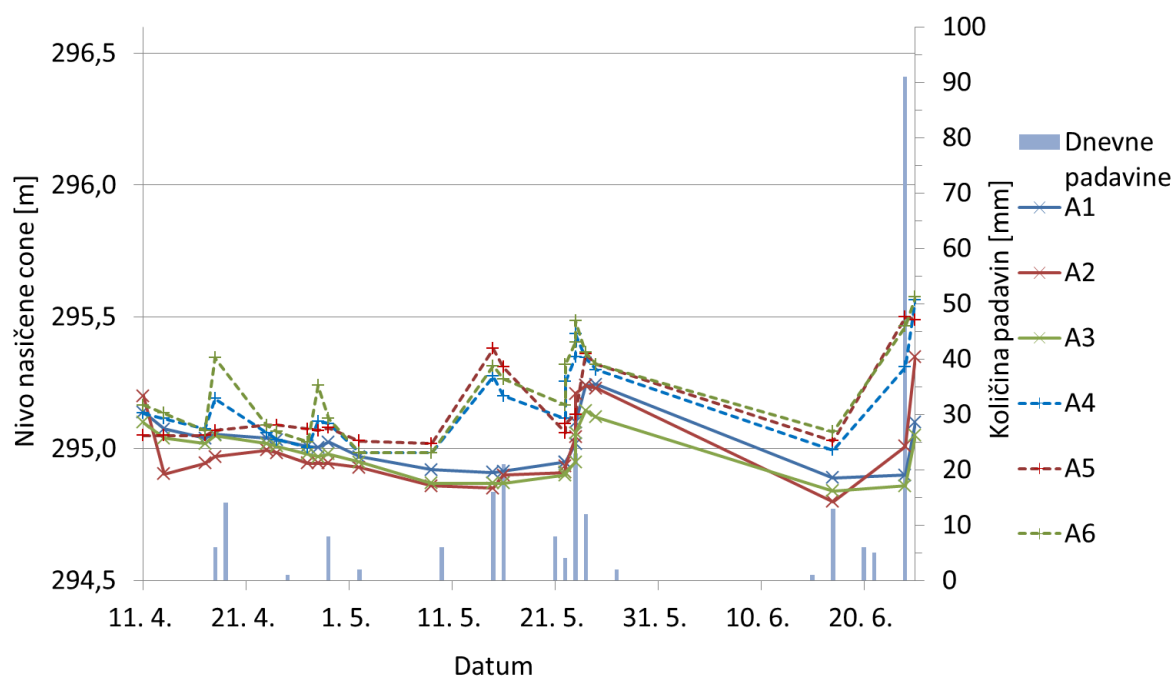
4 REZULTATI

4.1 MERITVE NIVOJA NASIČENE CONE OD APRILA DO JUNIJA 2015

4.1.1 Parcela A

Parcela A se nahaja med sesalcema 2 in 3. Na njej smo opazovali dva preseka, in sicer presek 1 ob iztoku v zbiralec, ki je opisan s piezometri A1, A2 in A3, pri katerem je A2 sredinski piezometer, ter presek na kocu polja v smeri južnega odvodnika, ki je opisan s piezometri A4, A5 in A6, pri katerem je A5 sredinski piezometer. Izračuni so priloženi v prilogi E.

Iz slike 16 je razvidno, da je na parceli A višina nasičene cone v piezometrih na kocu polja nad višino v piezometrih ob iztoku. Praviloma sledi količini padavin na celotni parceli, vendar hitreje raste na kocu polja. Po padavinah se tudi hitreje zniža, kar gre lahko na račun naravne drenaže zaradi bližine južnega odvodnika. Opaziti je, da višina nasičene cone ne sledi predvidnemu vzorcu, ki ga pričakujemo, tj. da bo najvišja v piezometrih A2 in A5 glede na posamezen presek.

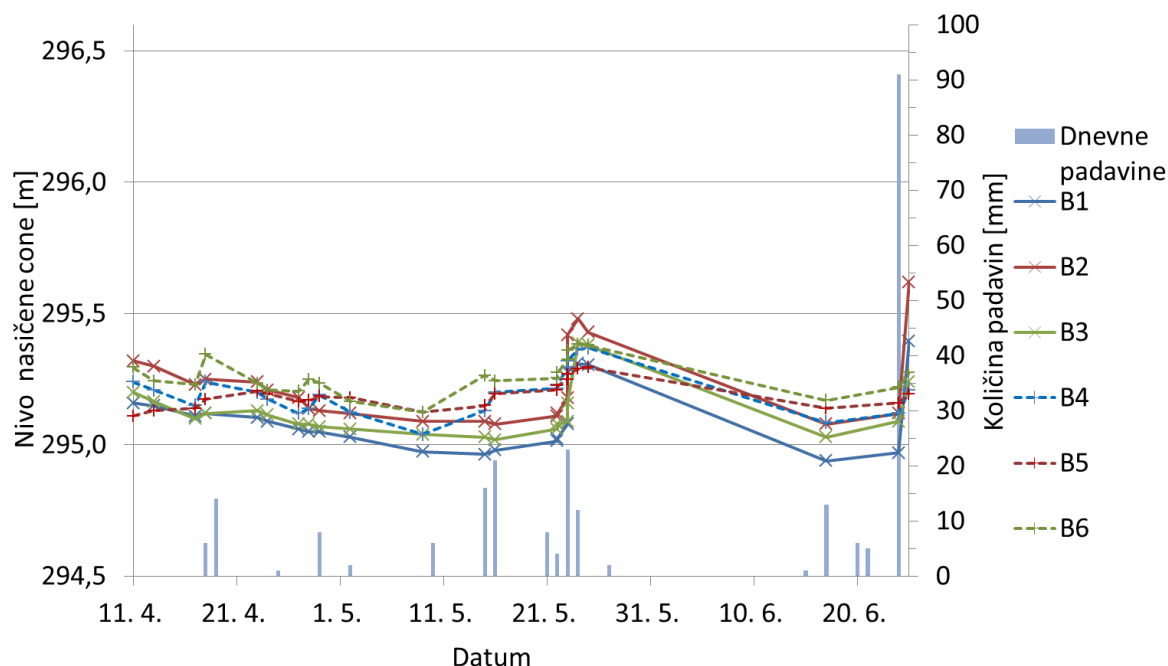


Slika 16: Nivo nasičene cone (m n.m.v.) v posameznem piezometru parcele A po datumih meritev, brez 15. in 16. 10. 2015

4.1.2 Parcela B

Parcela B se nahaja med sesalcema 4 in 5. Na njej smo enako kot v opazovanem območju A opazovali dva preseka, in sicer presek 1 ob iztoku v zbiralec, ki je opisan s piezometri B1, B2 in B3, pri katerem je B2 sredinski piezometer, ter presek 2 na koncu polja proti južnemu odvodniku, ki je opisan s piezometri B4, B5 in B6, pri katerem je B5 sredinski piezometer. Izračuni višine nasičene cone so priloženi v prilogi F.

Podobno kot na parceli A tudi tu opazimo višje nivoje nasičenosti na koncu polja proti južnemu odvodniku. Nivoji nasičene cone sledijo količinam padavin. V primeru preseka ob iztoku sledijo tudi pričakovanim razlikam znotraj preseka, da je nivo nasičene cone med drenažama višji kot ob drenažah.

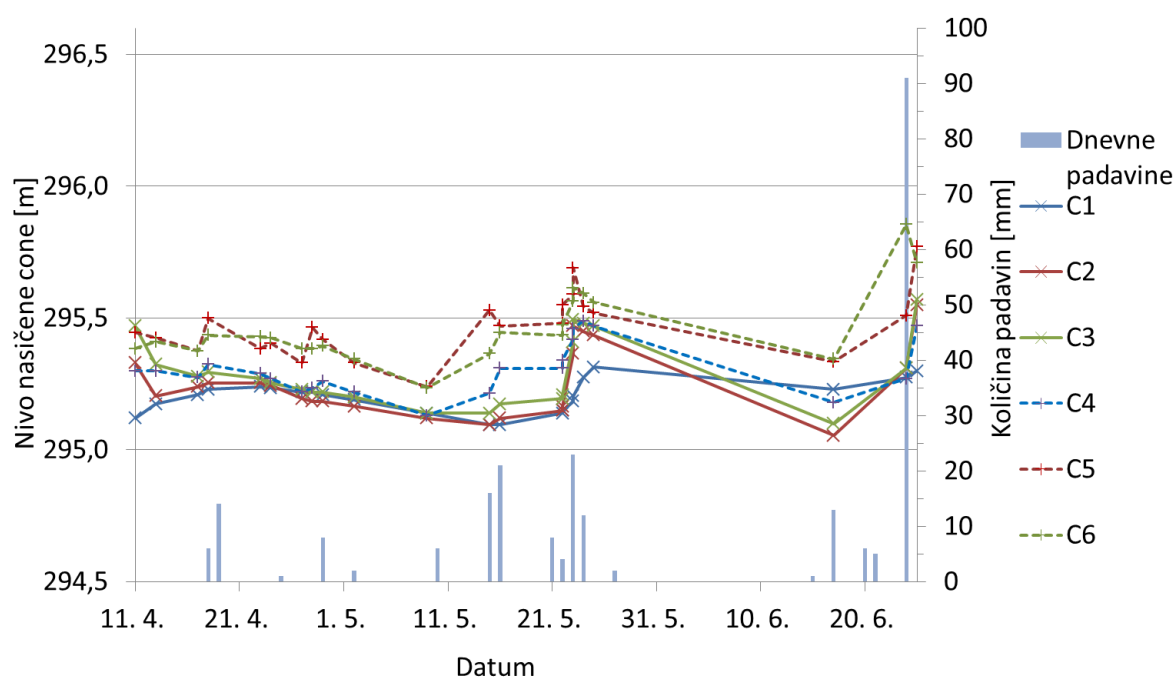


Slika 17: Nivo nasičene cone (m n.m.v.) v posameznem piezometru parcele B po datumih meritev, brez 15. in 16. 10. 2015

4.1.3 Parcela C

Parcela C se nahaja med sesalcema 7 in 8. Presek 1, ki je opisan s piezometri C1, C2 in C3, se nahaja ob iztoku v zbiralec, presek 2 pa s C4, C5 in C6 in je na koncu polja proti južnemu odvodniku. Piezometra C2 in C5 sta sredinska piezometra. Na sliki 18 so grafično prikazane meritve. Izračuni višine nasičene cone so priloženi v prilogi G.

Iz slike 18 je razvidno, da je višina nasičene cone v preseku na koncu polja višja kot na preseku ob iztoku. Višina po celotnem polju praviloma sledi količini padavin, ne sledi pa predvideni najvišji višini v sredinskih piezometrih C2 in C5. Za piezometrom C6 je jašek za elektriko, ki lahko ovira naravno drenažo v južni odvodnik. Skok višine nasičene cone 24. 6. 2015 je lahko posledica tega.

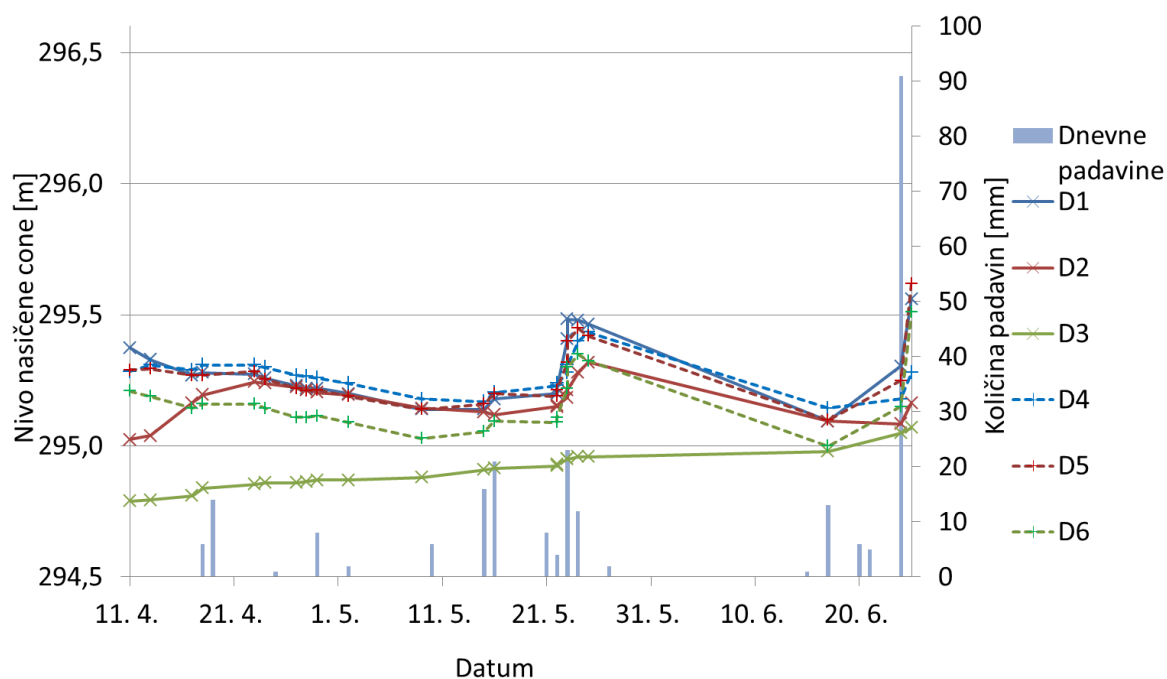


Slika 18: Nivo nasičene cone (m n.m.v.) v posameznem piezometru parcele C po datumih meritev, brez 15. in 16. 10. 2015

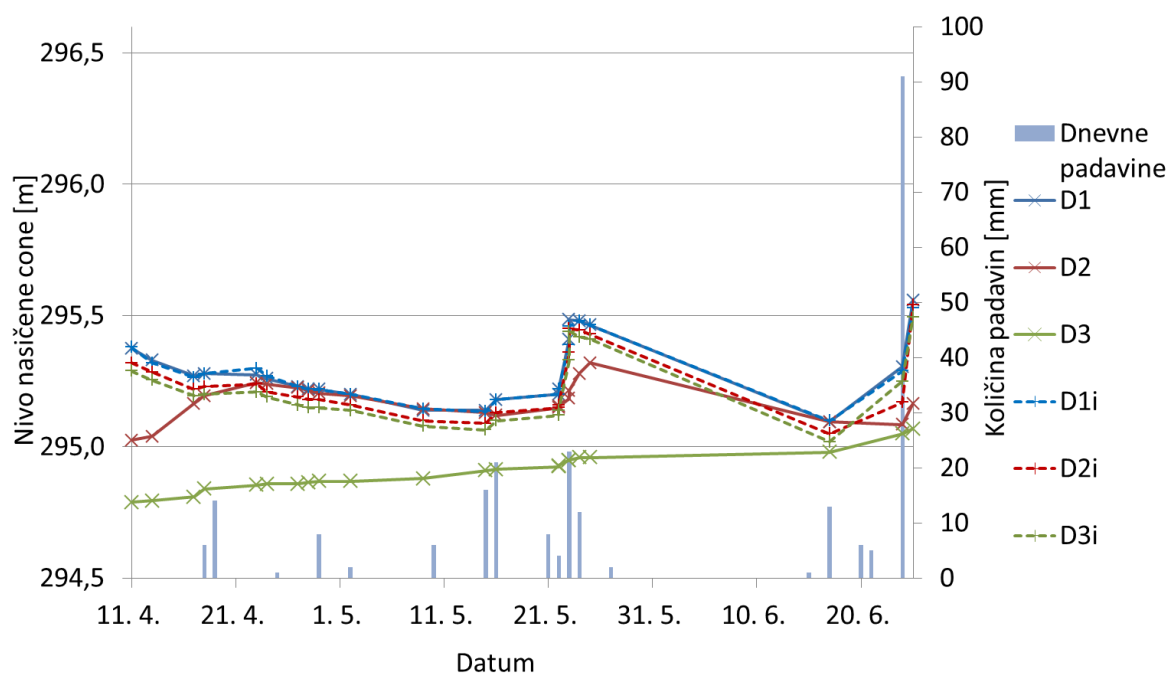
4.1.4 Parcela D

Parcela D se nahaja med sesalcema 9 in 10 severno od zbiralca. Poleg dveh presekov, kot na ostalih opazovanih parcelah, so na parceli D že bili vgrajeni trije testni piezometri D1i, D2i in D3i, ki jih bomo uporabili za primerjavo. Presek 1, opisan s piezometri D1, D2 in D3, se nahaja tik ob iztoku v zbiralec, presek 2 pa na koncu polja proti potoku Glinščica. Testni presek 3 se nahaja 2,5 m severno od preseka 1. Izračuni višine nasičene cone so priloženi v prilogi H.

Iz slike 19 in slike 20 je razvidno, da so bile težave pri meritvah v piezometru D3 in da smo veskozi merili zelo nizke nivoje nasičene cone. Vzroka za to nismo mogli ugotoviti. Ostale meritve sledijo količini padavin. Meritve v preseku na koncu polja praviloma niso višje od preseka ob iztoku, kot je bil to slučaj na parcelah proti južnemu odvodniku. Tudi meritve, opravljene v testnem preseku, sledijo meritvam v preseku 1. Glede na slabšo odzivnost piezometra D2 (slika 20) v primerjavi z D2i lahko slutimo, da je prišlo do delne zamašitve vstopnih poti piezometra.



Slika 19: Nivo nasičene cone (m n.m.v.) v posameznem piezometru parceli D po datumih meritev, brez 15. in 16. 10. 2015

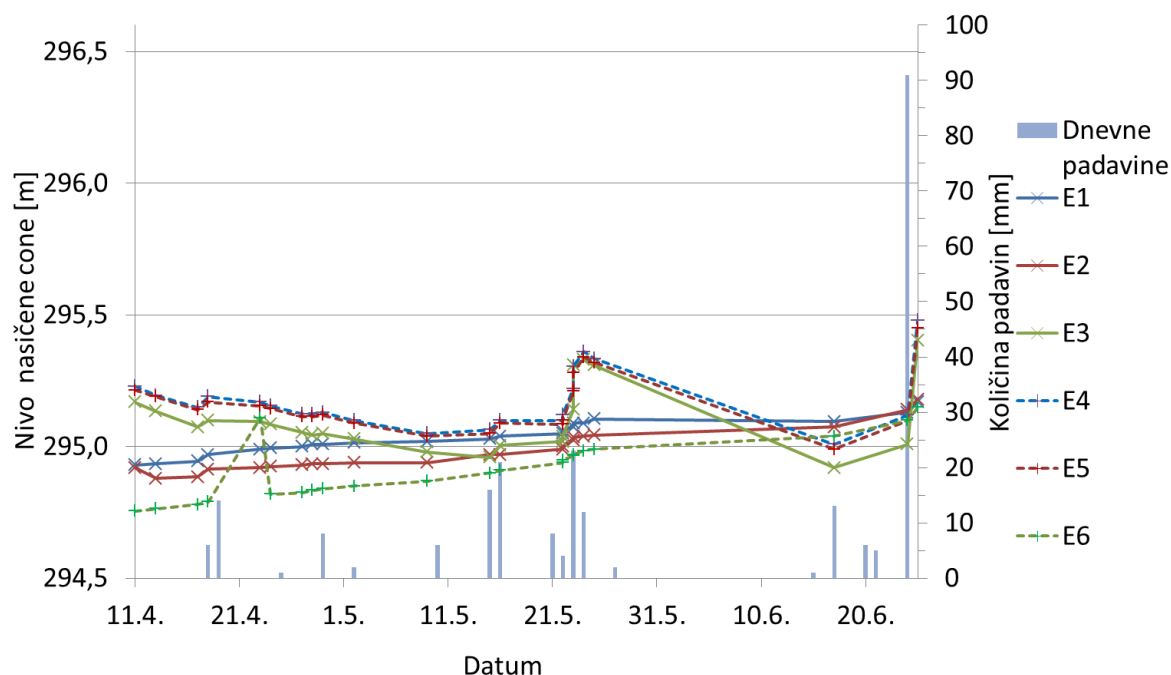


Slika 20: Primerjava višine nivoja nasičene cone (m n.m.v.) v piezometrih ob iztoku in v testnih piezometrih na parceli D po datumih meritev, brez 15. in 16. 10. 2015

4.1.5 Parcela E

Parcela E se nahaja med sesalcema 12 in 13. Na njej smo obravnavali dva preseka. Presek 1 je opisan s piezometri E1, E2 in E3, ki se nahajajo severno od zbiralca tik ob iztoku vanj, presek 2 pa je opisan s piezometri E4, E5 in E6, ki se nahajajo na kocu polja proti potoku Glinščica. Piezometra E2 in E5 sta sredinska piezometra. Izračuni višine nasičene cone so priloženi v prilogi I.

Najprej opazimo izmerjen povišan nivo zasičene cone v meritvi 23. 4. 2015. Tu gre najverjetneje za napako pri beleženju meritev. Ostale meritve sledijo količini padavin. V preseku ob iztoku je nekoliko manj odzivno kot na koncu polja. Izmerjeni višini nasičene cone v piezometrih E2 in E5 praviloma nista nad višinama v pripadajočih piezometrih v preseku.

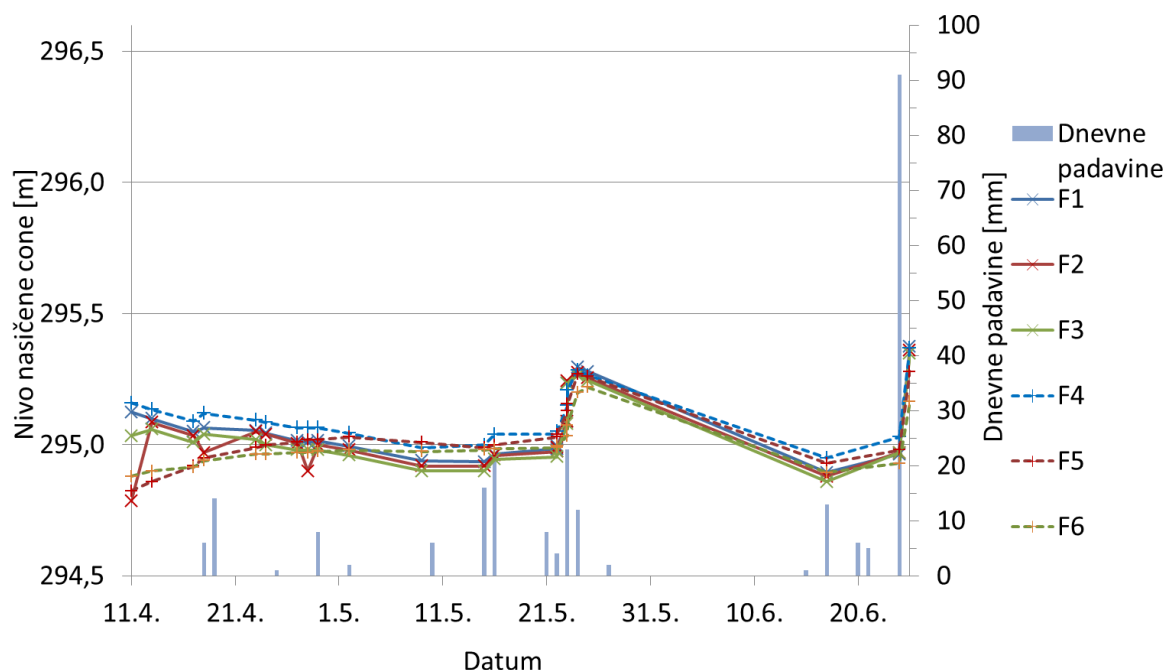


Slika 21: Nivo nasičene cone (m n.m.v.) v posameznem piezometru parcele E po datumih meritev, brez 15. in 16. 10. 2015

4.1.6 Parcela F

Parcela F se nahaja med sesalcema 14 in 15. Na njej smo obravnavali par presečnih piezometrov. Presek 1 tik ob iztoku v zbiralnik sestavljajo piezometri F1, F2 in F3, pri tem je F2 sredinski piezometer, ter presek 2, ki je opisan s piezometri F4, F5 in F6, pri čemer je F5 sredinski piezometer. Izračuni višine nasičene cone so priloženi v prilogi J.

Na parceli F so meritve dokaj izenačene. Sledijo količini dnevnih padavin. Možna je le napaka pri merjenju 28. 4. 2015 v piezometru B2.



Slika 22: Nivo nasičene cone (m n.m.v.) v posameznem piezometru parcele F po datumih meritev, brez 15. in 16. 10. 2015

4.2 ANALIZA RAZLIK VIŠINE NASIČENE CONE NA PRESEKIH

Slike iz poglavja meritve nakazujejo, da višine nasičenih con v posameznih presekih ne sledijo predvidenemu vzorcu. Zato smo najprej opravili analizo izračunane razlike med višino nasičene cone sredinskega piezometra in povprečjem višine stranskih piezometrov za vse preseke in vse datume. Ločeni so na preseke ob iztoku in preseke na kocu drenov. Ugotovimo, da je 55 razlik od 144 ob iztoku ter 45 razlik od 144 na kocu drenov negativnih (preglednica 4). Pozitivna razlika pomeni, da je nivo nasičene cone v sredinskem piezometru višji kot povprečje v pripadajočih stranskih in obratno. Iz naslednjih podatkov smo sklepali, da nivo zasičene cone kljub obilnim padavinam, pri tem mislimo predvsem 24. 6. 2015, ko je padlo 91 mm padavin, ni dosegel višine posameznih drenov ali pa je drenažni sistem na določenih mestih popolnoma ali delno nedelujoč. Zato smo naknadno opravili še meritve višine drenov ob iztoku ter meritve višine zasičene cone 25 in 26. 10. 2015.

Preglednica 3: Število pozitivnih in negativnih razlik višine zasičene cone med sredinskim piezometrom in povprečjem pripadajočih piezometrov

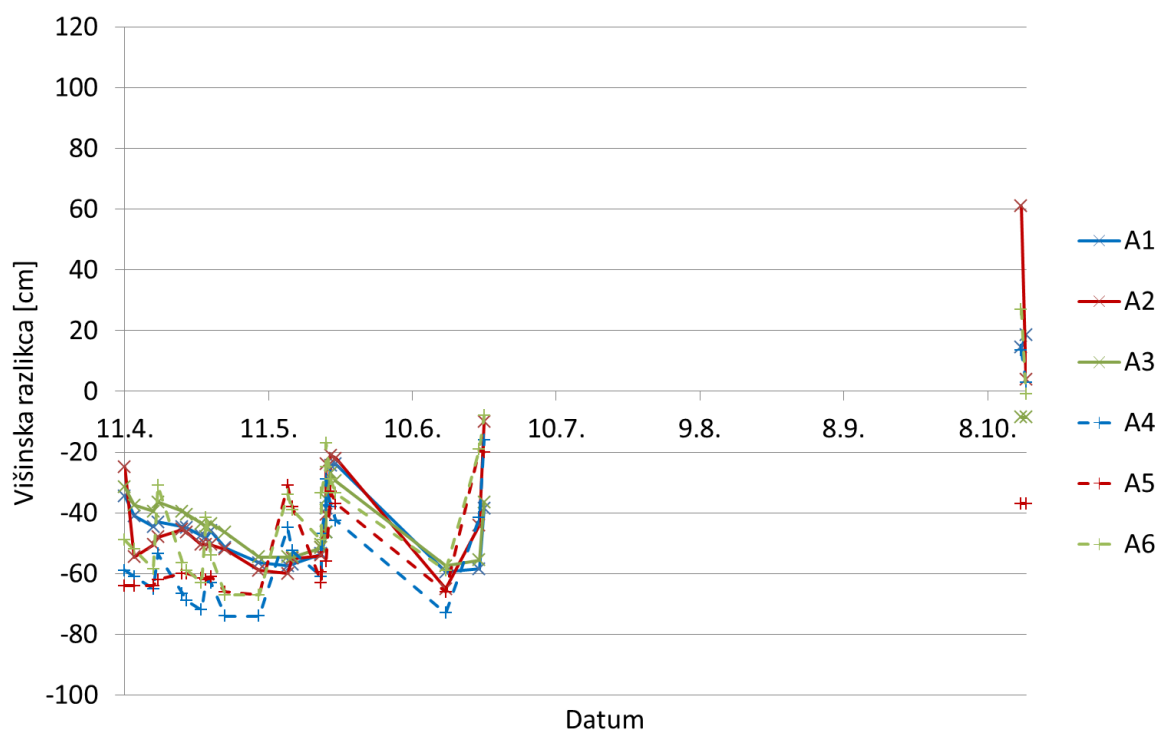
		A	B	C	D	E	F	Skupaj
Na začetku	Št. pozitivnih razlik	10	24	11	20	4	20	89
	Št. negativnih razlik	14	0	13	4	20	4	55
Na koncu	Št. pozitivnih razlik	11	5	22	24	22	15	99
	Št. negativnih razlik	13	19	2	0	2	9	45

4.3 ANALIZA NADMORSKE VIŠINE DRENOV V PRIMERJAVI Z NADMORSKO VIŠINO NASIČNE CONE

Kot navedeno v prejšnji analizi, smo želeli preveriti, ali nadmorska višina nasičene cone v posameznih datumih doseže nadmorsko višino posameznih drenov. Najprej smo višino drenov izračunali s pomočjo meritev, pridobljenih z niveliranjem iz krajišča, kot opisano v poglavju materiali. Kote drenov na koncu njive smo izračunali iz predpostavke, da je naklon drenov 2 ‰, kot je navedeno v projektnem načrtu. Kote so dodane v preglednico 1 v poglavju 3 Materiali in metode. Nato smo višino drena odšteli od višine nasičene cone pripadajočega drena. Za boljšo predstavbo smo izračunali tudi povprečno višino sosednjih drenov in od nje odšteli meritve v sredinskih piezometrih. Iz slik 23 do 28 je razvidno, da nivo nasičene cone na opazovanih parcelah praviloma doseže višino drenov samo na meritvah, opravljenih 25. 10. 2015 in 26. 10. 2015.

4.3.1 Nadmorske višine drenov v primerjavi z nadmorsko višino nasičene cone za parcelo A

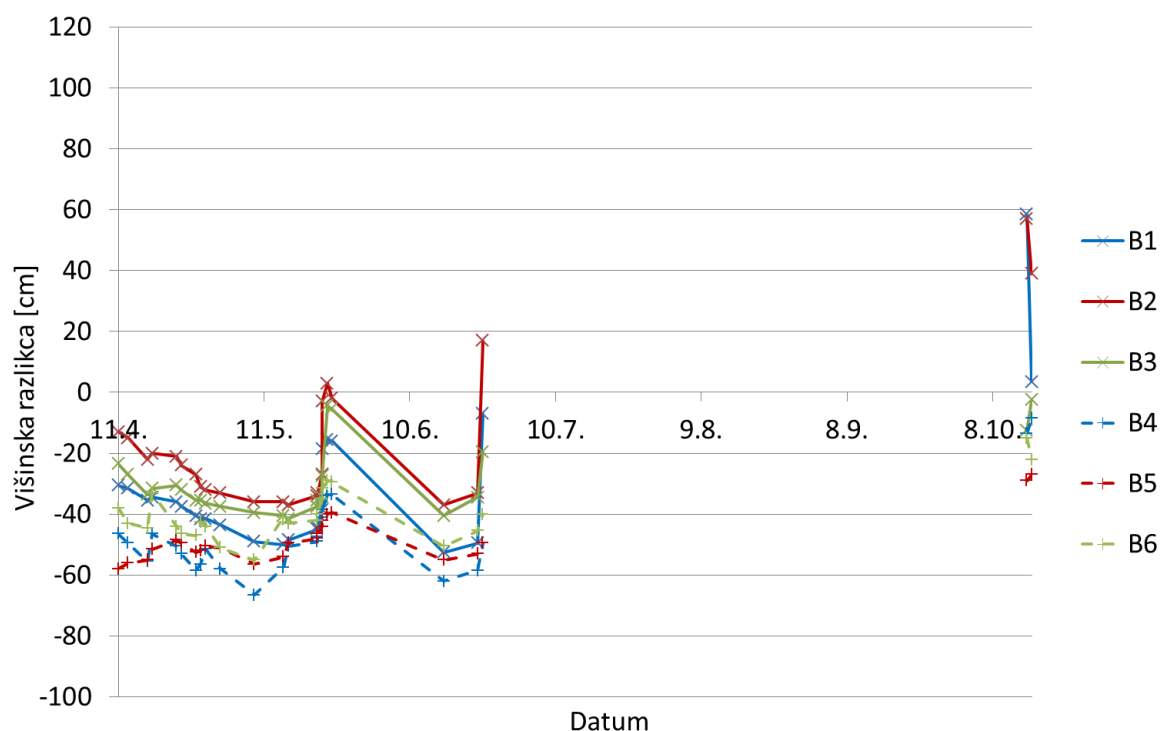
Slika 23 prikazuje, da je nivo nasičene cone presegel nadmorsko višino drenov samo v piezometrih A1, A2, A4 in A6, samo ob meritvah, opravljenih 25. in 26. 10. 2015.



Slika 23: Višinska razlika (cm) med višino drenaže (m n.m.v.) in višino nasičene cone (m n.m.v.) za parcelo A

4.3.2 Nadmorske višine drenov v primerjavi z nadmorsko višino nasičene cone za parcelo B

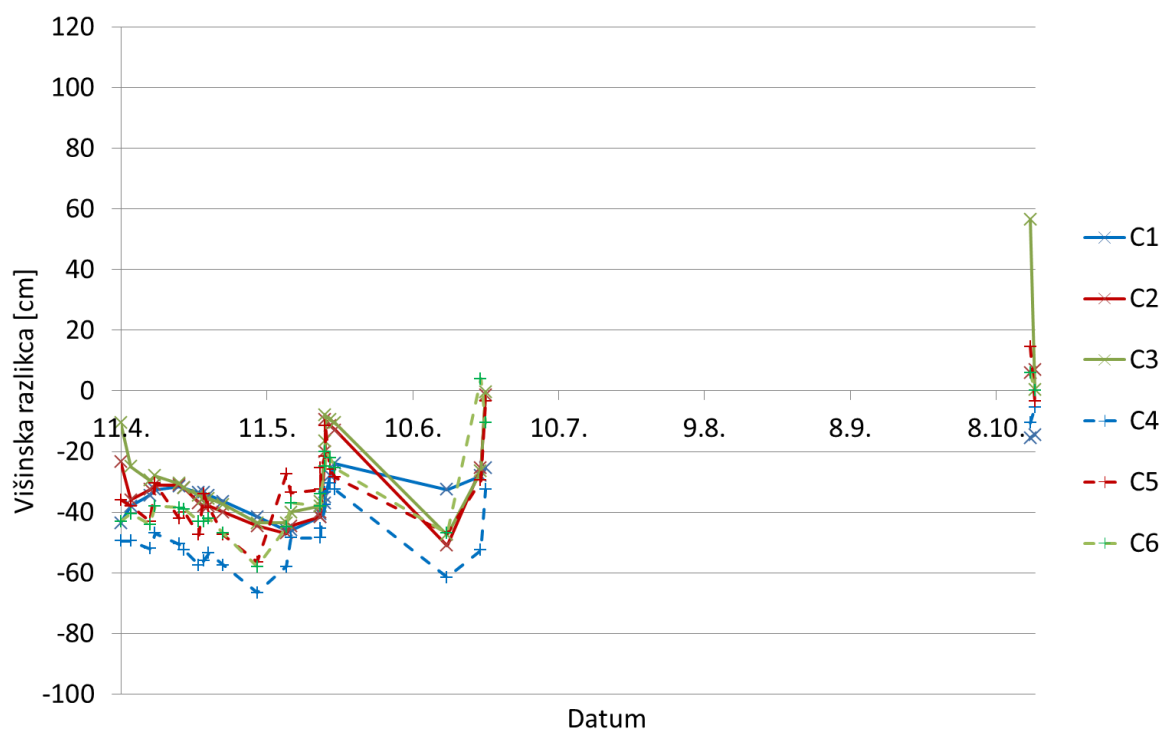
Slika 24 prikazuje, da je nivo nasičene cone presegel nadmorsko višino drenov poleg meritev, opravljenih 15. in 16. 10. 2015, še 25. 6. 2015, vendar le v piezometru B2.



Slika 24: Višinska razlika (cm) med višino drenaže (m n.m.v.) in višino nasičene cone (m n.m.v.) za parcelo B

4.3.3 Nadmorske višine drenov v primerjavi z nadmorsko višino nasičene cone za parcelo C

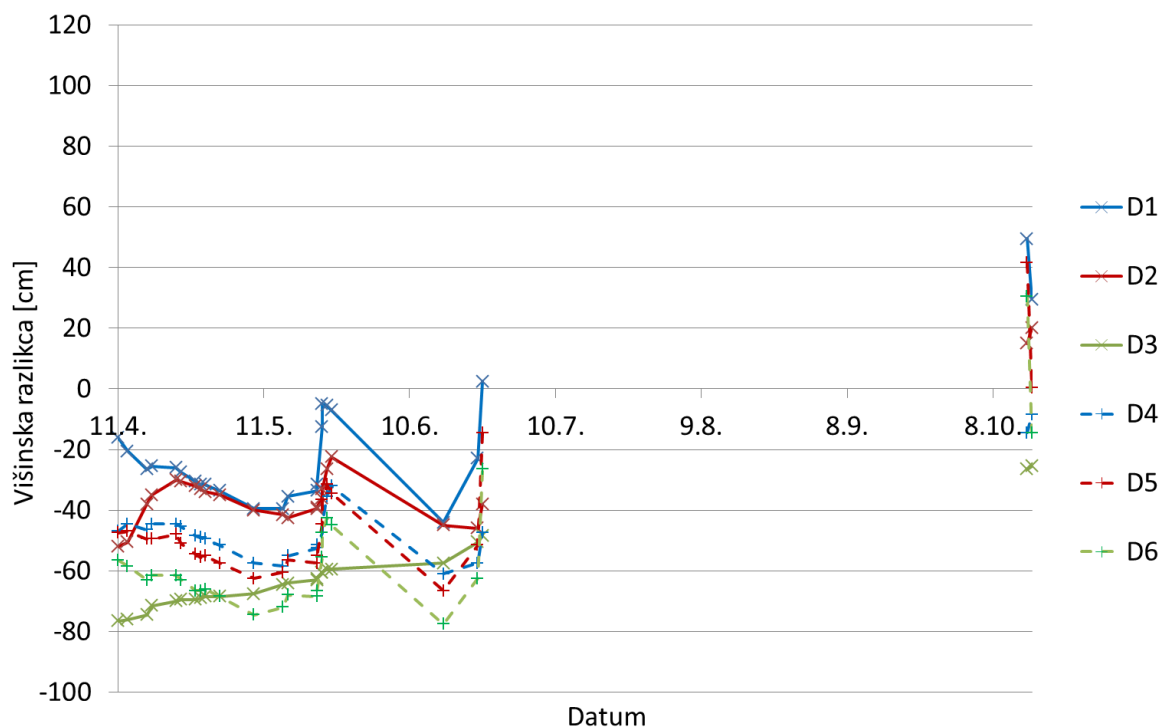
Slika 25 prikazuje, da je nivo nasičene cone presegel nadmorsko višino drenov poleg meritev opravljenih, 15. in 16. 10. 2015, še 25. 6. 2015, vendar le v piezometru C6. Kot smo že omenili, je za piezometrom C6 betonski jašek za elektriko, ki lahko ovira naravno drenažo v južni odvodnik.



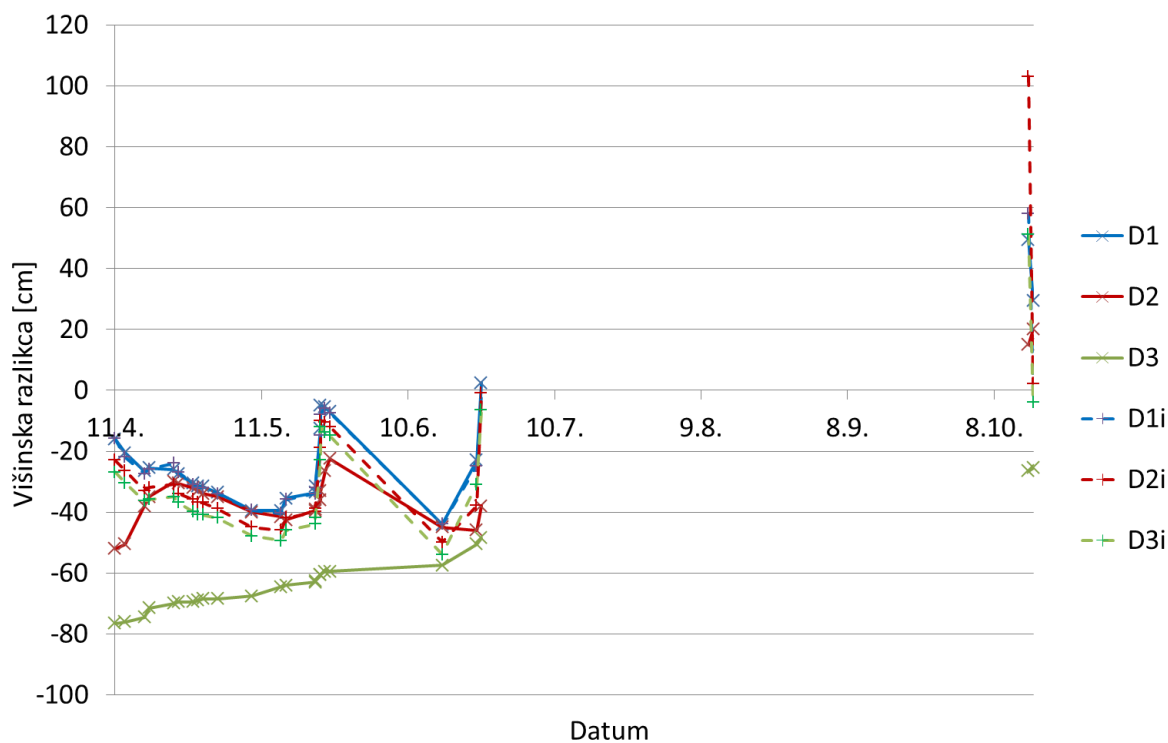
Slika 25: Višinska razlika (cm) med višino drenaže (m n.m.v.) in višino nasičene cone (m n.m.v.) za parcelo C

4.3.4 Nadmorske višine drenov v primerjavi z nadmorsko višino nasičene cone za parcelo D

Slika 26 prikazuje, da je nivo nasičene cone presegel nadmorsko višino drenov poleg meritev, opravljenih 15. in 16. 10. 2015, še 25. 6. 2015, vendar le v piezometru D1. Na sliki 27 so prikazani podatki za presek 1 in referenčni presek s piezometri D1i, D2i in D3i. Nivo nasičene cone preseže nivo drenov samo 15. in 16. 10.



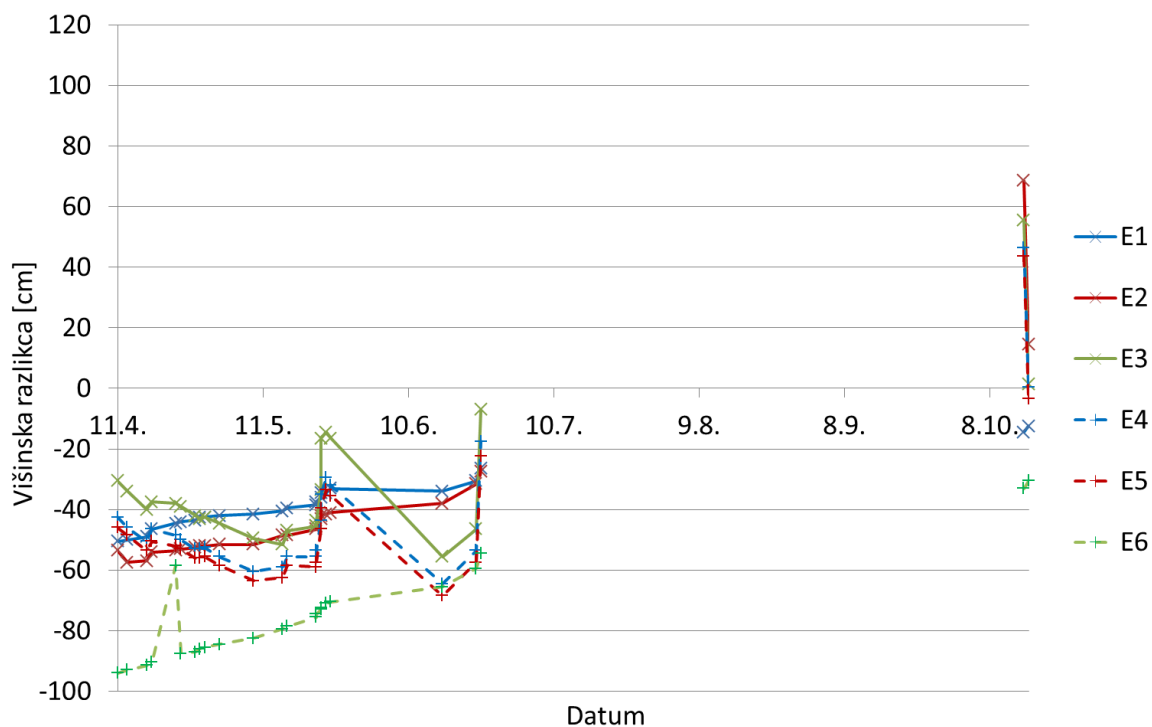
Slika 26: Višinska razlika (cm) med višino drenaže (m n.m.v.) in višino nasičene cone (m n.m.v.) za parcelo D



Slika 27: Višinska razlika (cm) med višino drenaže (m n.m.v.) in višino nasičene cone (m n.m.v.) na iztoku in v tesnem preseku na parceli D

4.3.5 Nadmorske višine drenov v primerjavi z nadmorsko višino nasičene cone za parcelo E

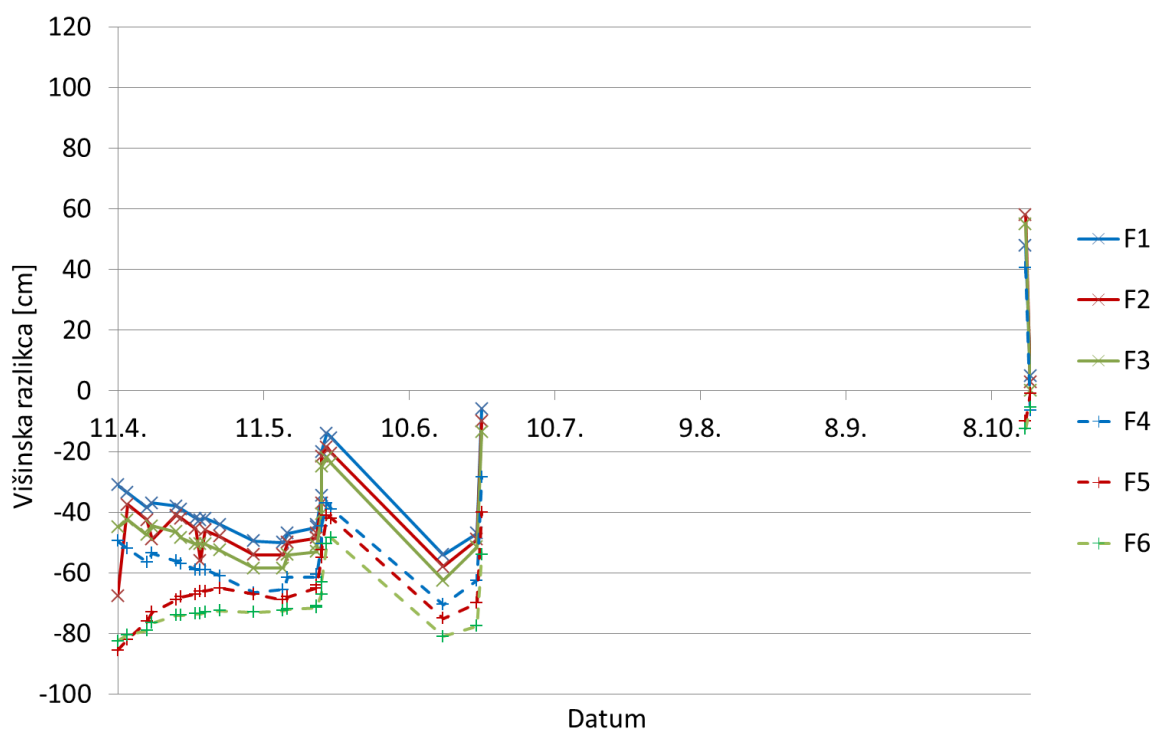
Slika 28 prikazuje, da je nivo nasičene cone presegel nadmorsko višino drenov samo v piezometrih E2, E3, E4 in E5, samo ob meritvah, opravljenih 25. in 26. 10. 2015.



Slika 28: Višinska razlika (cm) med višino drenaže (m n.m.v.) in višino nasičene cone (m n.m.v.) za parcelo E

4.3.6 Nadmorske višine drenov v primerjavi z nadmorsko višino nasičene cone za parcelo F

Slika 29 prikazuje, da je nivo nasičene cone presegel nadmorsko višino drenov samo v piezometrih F1, F2, F3 in F4, samo ob meritvah, opravljenih 25. in 26. 10. 2015.



Slika 29: Višinska razlika (cm) med višino drenaže (m n.m.v.) in višino nasičene cone (m n.m.v.) za parcelo F

4.4 ANALIZA DRENAŽNEGA DOGODKA 15. in 16. 10. 2015

Drenažni dogodek je trajal med 4. 10. 2015 in 17. 10. 2015. V tem obdobju je padlo 129 mm padavin. Meritvi sta bili opravljene 15. 10. 2015 in 16. 10. 2015. Prva meritve je bila opravljena 15. 10. 2015 med dežjem, druga pa dan kasneje po dežju. Največ padavin je zabeleženih 15. 10. 2015, ko je padlo 31 mm padavin (Arhiv ..., 2016).

Sliki 30 in 31 prikazujeta višine nasičenih con nad višino drenov za vse opazovane parcele v prostoru na dan 15. 10. 2015 in 16. 10. 2015. Orientirani sta v smeri jugovzhod–severozahod. Testni piezometri D1i, D2i in D3i so zaradi boljše vidljivosti namesto na -2,5 m od zbiralca prikazani -10 m od zbiralca na y osi.

Na sliki 30 najprej opazimo, da so nivoji nasičene cone praviloma najnižji v presekih ob južnem odvodniku. Tu gre slutiti, da obstaja naravna drenaža vanj.

Na parceli A opazimo, da je prišlo do nasičenosti v obeh presekih (slika 30). Na preseku 1 je pričakovan povišan nivo v piezometru A2, medtem ko povišan nivo v piezometru A1 nakazuje napako v tretji ali v četrti stopnji toka vode skozi talni profil. Sklepamo, da je omejen vstop vode v dren 2 ali tok skozenj. V piezometru A3 je nivo zasičene cone pod

nivojem drena 3, iz česar lahko predpostavimo pravilno delovanje v danih pogojih. Na preseku 2 dobimo zanimivo sliko, ko je povišana cona nasičenosti samo ob stranskih piezometrih, v srednjem pa nivo nasičenosti ne doseže dna drenaže. Lahko predpostavimo, da je povišan nivo v piezometru A4 posledica že prej omenjene napake, opisane s piezometrom A1. Povišan nivo v A6 lahko prav tako pripišemo napaki v tretji ali četrti stopnji drena 3, nekje med piezometrom A3 in A6. Najnižja meritev v piezometru A5 je lahko posledica naravne drenaže v smeri južnega odvodnika.

Na parceli B (slika 30) opazimo nasičenost nad nivojem drenov samo na preseku 1 v piezometrih B1 in B2, iz česar lahko sklepamo, da gre za napako v tretji ali četrti stopnji toka vode proti drenu 4. Lahko tudi sklepamo, da dren 5 deluje v danih pogojih. Na preseku 2 ne pride do nasičenosti. Lahko je posledica naravne drenaže v smeri južnega odvodnika.

Na parceli C (slika 30) je v preseku 1 viden povišan nivo nasičenosti v piezometru C3. Na dren št. 8 je bil s kasnejšim gradbenim ukrepom priklopljen zbiralec cevne drenaže, ki se nahaja južno od poslopja Fakultete za biologijo. Lahko je povišan nivo nasičenosti posledica dotokanja vode iz sosednje drenaže in vode iz smeri drena 8. Dren 7 deluje v danih razmerah. Na preseku 2 je pričakovan vzorec nivojev, ki pa je lahko naključen zaradi vpliva naravne drenaže v smeri južnega odvodnika.

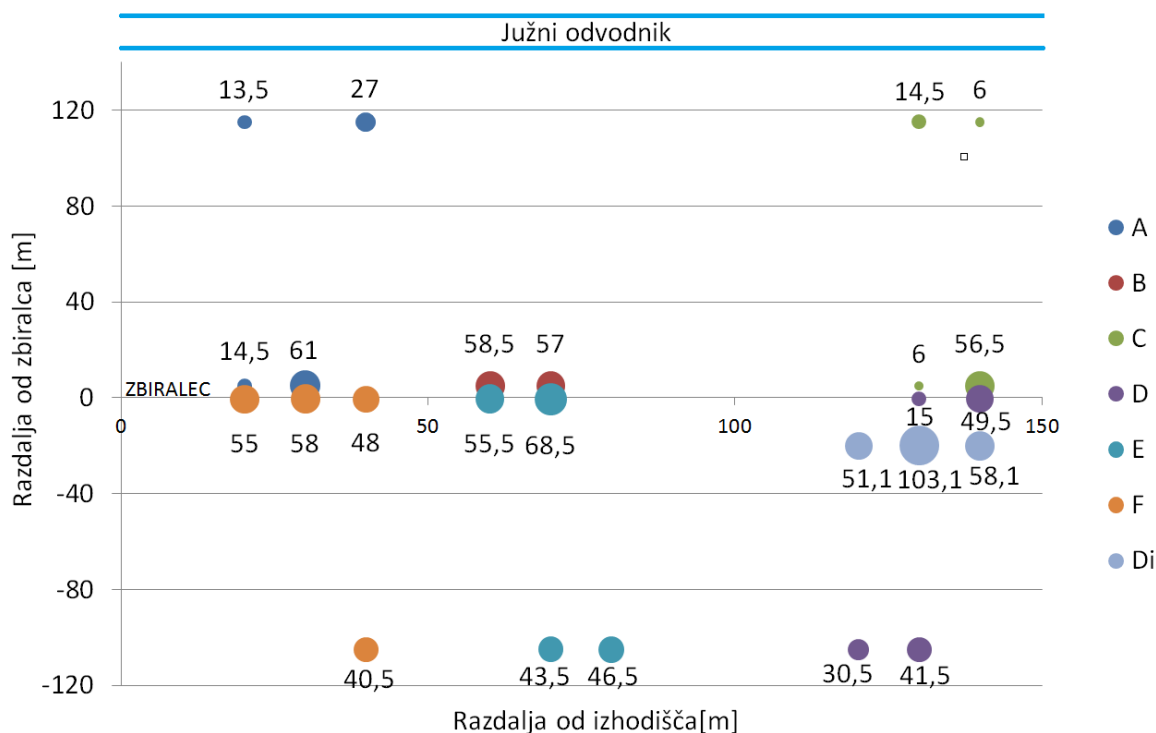
Na parceli D imamo 3 preseke. Na preseku se ponovi podoben vzorec kot na preseku 1 parcele C (slika 30). Ker je dren 9 v revizijskem jašku potopljen, se lahko polni z vodo iz jaška in posledično pride do povečane nasičenosti v piezometru D1. V poglavju **4.1.4 Parcela D** smo omenili slabe meritve v piezometru D3 in slabšo odzivnost piezometra D2, tako da bomo upoštevali podatke iz referenčnega preseka. Tu se v območju piezometra D2i pojavi poplavna voda. To je lahko posledica prevelike razdalje med dreni ali neprepustne plasti tal (Matičič, 1984b), vendar ker pride do občutnega povišanja nasičenosti tudi v stranskih piezometrih D1i in D3i, lahko to pripišemo tretji ali četrti stopnji toka vode skozi drenažni sistem. Iz preseka 2 lahko sklepamo, da gre za napako v tretji ali četrti stopnji.

Na parceli E (slika 30) lahko iz preseka 1 sklepamo, da je napaka v tretji ali četrti stopnji ob drenu 13 ob iztoku. Iz preseka 2 je razvidno, da je napaka prav tako v tretji ali četrti stopnji ob drenu 12 na koncu polja.

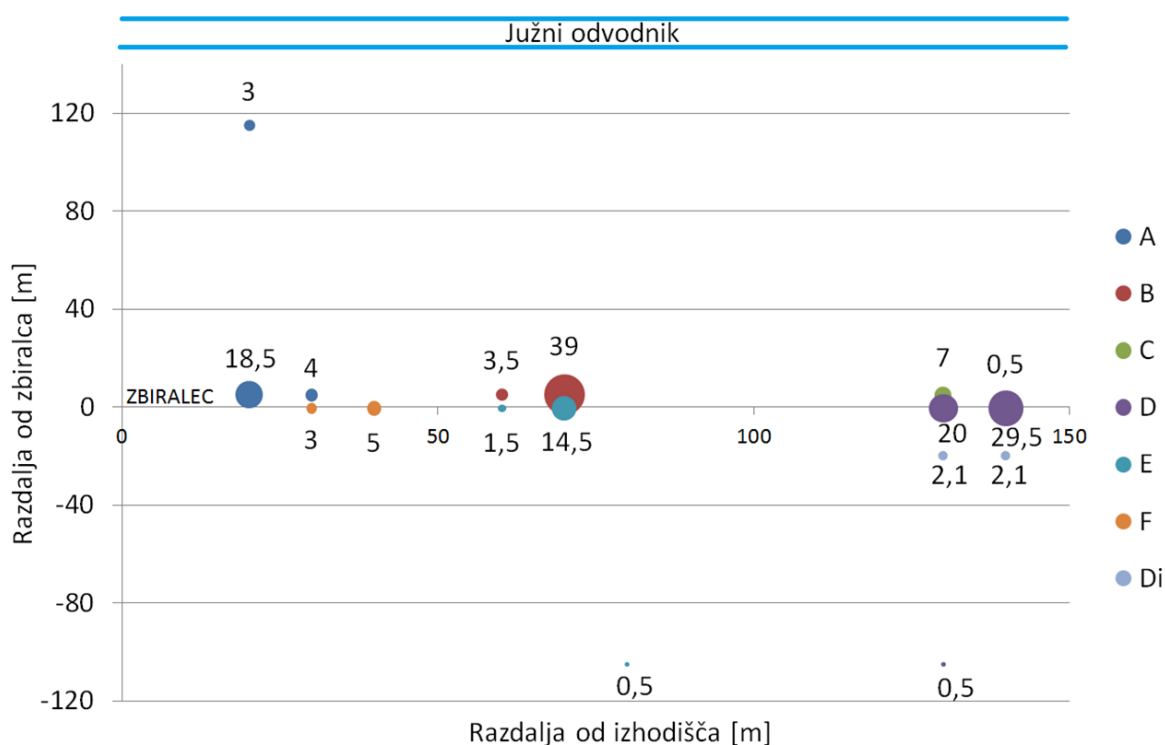
Presek 1 na parceli F (slika 30) nakazuje napake v tretji ali četrti stopnji na drenih 14 in 15. Presek 2 nakazuje na nedelovanje drena 14 v tretji ali četrti stopnji.

Na sliki 31 je prikazano stanje nasičenih con dan kasneje. Opazimo močno znižanje (slika 31 in 32) nivoja nasičene cone. Iz preseka 1 na parceli A je vidna napaka ob drenu 2, ki smo jo opazili tudi dan poprej. Drugje se nivoji ustrezno znižajo. Na parceli B smo 15. 10.

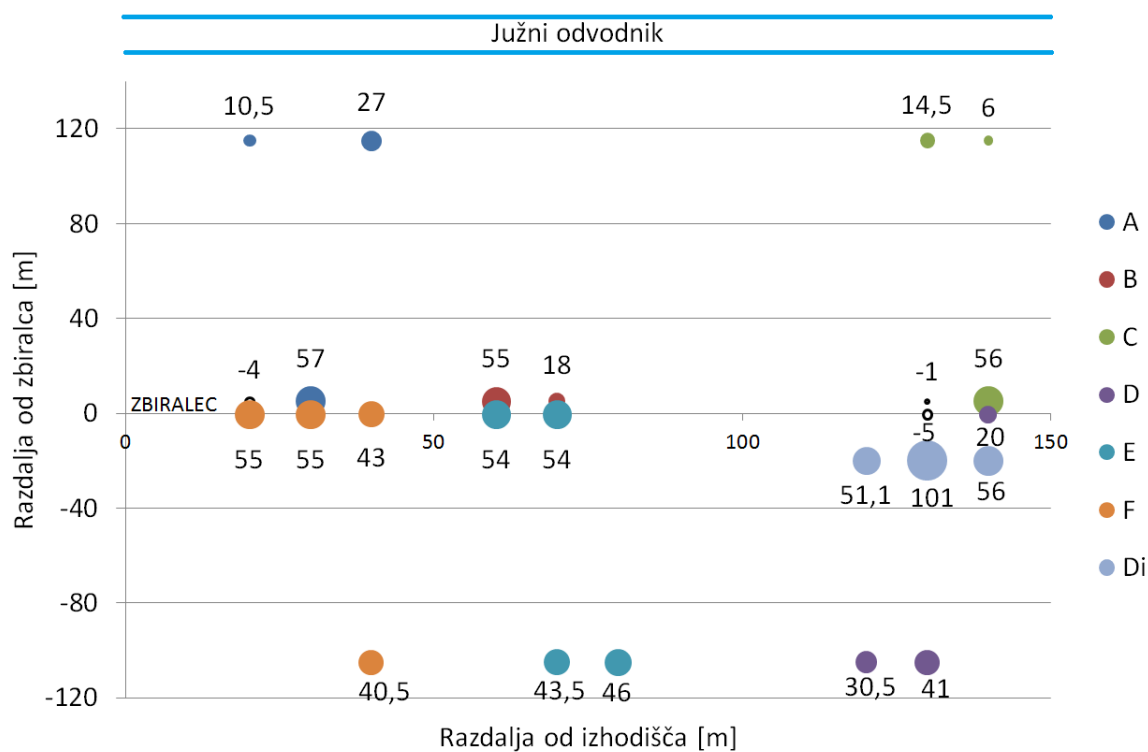
2015 opazili napako na drenu 4, naslednji dan je nivo ustrezno znižan (slika 31 in 32), ostane pa dokaj visok nivo v piezometru B2. Prav tako lahko vidimo, da dren 8 ustrezno zniža nivo. Na parceli D vidimo iz referenčnega preseka in preseka 2, da sta drena 9 in 10 znižala nivo nasičene cone do nivoja drenov. Nivoji nasičene cone so tudi na parcelah E in F ustrezno znižani.



Slika 30: Prikaz višine nasičene cone (cm) za vse opazovane parcele nad višino drenov v prostoru na dan 15. 10. 2015, orientirano v smeri jugovzhod–severozahod



Slika 31: : Prikaz višine nasičene cone (cm) za vse opazovane parcele nad višino drenov v prostoru na dan 16. 10. 2015, orientirano v smeri jugovzhod–severozahod



Slika 32: Prikaz razlike višine nasičene cone nad višino drenov med 15. 10. 2015 in 16. 10. 2015 za vse opazovane parcele v prostoru, orientirano v smeri jugovzhod–severozahod

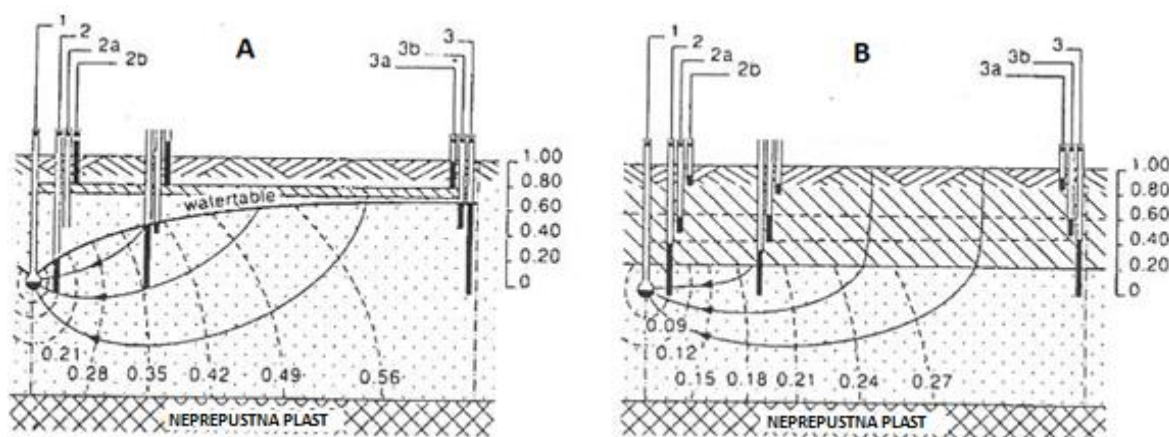
5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

S pomočjo prvih 24 meritev, ki so bile opravljene v obdobju med 11. 4. 2015 in 25. 6. 2015, in grafičnim prikazom na slikah 16–19 ugotovimo, da padavinski dogodki vplivajo na višino nasičene cone, vendar smo nato z analizo razlik višine nasičene cone na presekih pokazali, da se ne giba v predvidenih vzorcih, kot je to prikazano na sliki 15. Iz teh rezultatov smo sklepali, da višina nasičene cone ne doseže višine drenov. Zato smo naknadno opravili še dve meritvi 15. 10. 2015 in 16. 10. 2015 in naredili analizo nadmorske višine drenov v primerjavi z nadmorsko višino nasičene cone. Ugotovili smo, da je višina nasičene cone presegla višino drenov praviloma samo v meritvah, opravljenih 15. 10. 2015 in 16. 10. 2015. Iz podatkov, da v prvih 24 meritvah ni bil dosežen nivo nasičene cone, kljub obilnejšim padavinam, ko je med 15. 5. 2015 in 24. 5. 2015 padlo 84 mm padavin, med 17. 6. 2015 in 24. 6. 2015 115 mm padavin (slike 16–22) ter da je bilo opazeno površinsko zastajanje vode (priloga J), lahko sklepamo, da gre za napako v prvi stopnji toka vode (Matičič, 1984b).

Razloga za zastajanje sta lahko zastajanje zaradi neprepustne plasti tal ali v primeru, da imajo nižji horizonti nižjo hidravlično prevodnost (Matičič, 1984b).

Za točno ugotovitev, kateri sloj tal je problematičen, Cavelaars in sod. (1994) predlagajo vgradnjo več piezometrov na različne globine (slika 33). Na ta način lahko s piezometrijskimi meritvami določimo problematičen sloj in njegovo debelino. Na sliki 33A in 33B sta prikazana 2 primera, ko pride do zastajanja vode. Slabo prepusten sloj se lahko pojavi na različnih globinah. V nekaterih primerih je lahko slabo prepusten sloj povsem na vrhu. To se dogodi v primerih obdelovanja tal v mokrih pogojih in navadno ni trajen pojav. Odpravi se z osušitvijo ali z morebitno obdelavo tal. Slabo prepustna plast se lahko pojavi na določeni globini. Lahko je naravnega nastanka ali pa je nastala pod vplivom človeka. Plazino lahko umetno ustvarimo z oranjem ali z vožnjo s težkimi stroji. Ob oranju se pod ornico formira plazina. Volumska gostota tal se poveča, kar posledično spremeni tudi hidravlično prevodnost. Poleg tega težki stroji s svojo težo zgoščujejo tla. Globlje kot je, manjša je verjetnost, da se bo stanje izboljšalo po naravni poti in velikokrat je potrebno podrahljanje tal. Na sliki 33A je slabo prepustni sloj na globini 10–20 cm, nasičena cona ne doseže višine slabo prepustnega sloja. Opazujemo lahko dve višini nasičenosti, pod in nad slabo prepustnim slojem. Na sliki 33B je slabo prepusten sloj do globine 0,8 m. Takšna situacija je značilna za aluvialna glinasta tla.



Slika 33: Piezometrične meritve v primerih zastajanja vode na površini A: Slabo prepusten sloj na globini 20cm, B: Debel slabo prepusten sloj do globine 80 cm (Cavelaars in sod., 1994: 909)

V našem primeru smo imeli v sredini vgrajen samo en piezometer, tako da točnega podatka, kateri sloj je težaven, nismo uspeli določiti. Iz podatka, da v spodnjih horizontih ne pride do zasičenosti, sklepamo, da večino padavinske vode zadržita horizonta Ap in g. Z vgradnjo piezometrov v različne globine bi lahko določili globino in debelino slabo prepustnega sloja in na podlagi tega predlagali globino podrahljanja tal.

Zastajanje vode je najpogostejše na težkih tleh, ki imajo omejeno količino por, skozi katere voda in zrak le stežka potujeta. Če so tla nasičena predolgo, se lahko zniža količina O_2 v tleh, korenine prenehajo z rastjo in absorpcijo hranil, stome se zaprejo, preneha se fotosinteza ter nastopi denitrifikacija tal. Ker rastlina ne more pridobiti N iz tal, ga prične pridobivati iz starejših listov. Ta količina navadno ne zadostuje za razraščanje. Pojavi se rumenenje starejših listov (Rawson in Gomez Mc., 2000).

Dodatni ukrepi, ki jih lahko izvajamo na poljih, kjer zastaja voda, so (Rawson in Gomez Mc., 2000):

- dodajanje dušika po obdobju zastajanja vode,
- zaščita pred plevelom (večja razpoložljivost kisika rastlinam),
- izravnava terena in zmanjšanje drenažne razdalje,
- bauliranje,
- globlje gojenje rastlin (povečanje količine por),
- zeleno gnojenje in povečanje organske snovi v tleh.

Najbolj učinkovit ukrep poleg krtične drenaže, ki v našem primeru zaradi teksture tal ne pride v poštev, je podrahljanje.

Nasičenost nad nivojem drenov smo analizirali v drenažnem dogodku 15. in 16. 10. 2015. V obdobju med 4. in 17. 10. 2015 je padlo 129 mm padavin (Arhiv ..., 2016). V analizi smo ugotovili, da na določenih drenih prihaja do napak v tretji ali četrti stopnji toka vode (slike 30–32). Sklepamo, da do napake prihaja ali zaradi oviranega dotoka v cevno drenažo ali zaradi preprečenega pretoka v drenu samem.

Cavelaars in sod. (1994) predlagajo vgraditev piezometra še v drenažno cev samo (sliki 14 in 33). Na ta način se lahko določi, ali pride do napake v tretji ali četrti stopnji. Pogosto je napaka v tretji stopnji posledica vgradnje cevne sistema v mokrih pogojih, še posebej na tleh z nizkim deležem ilovice in visokim deležem melja ter nizko stabilnostjo strukturnih agregatov. Pojavi se nedolgo po vgradnji (Cavelaars in sod., 1994). Ker je osuševalni sistem v letih po vgradnji deloval brezhibno, lahko to možnost delno zavrnamo.

Za napako v četrti stopnji so lahko razlogi:

- visok nivo vode v zbiralcih (nad nivojem drena),
- nezadosten premer drenov,
- poškodba drenov,
- zamašitev drenov s talnimi delci, kemičnimi usedlinami ali s koreninami.

Na podlagi naše analize težko določimo točen razlog. Lahko pa sklepamo na podlagi osuševalnega sistema (PVC), tipa tal in njegove starosti, da gre za kombinacijo zamašitve drenov s talnimi delci in morebitne poškodbe posameznih drenov.

5.2 SKLEPI

Ugotovili smo napake v prvi, tretji in četrti stopnji toka vode. V prvi stopnji je napaka možna ali zaradi ovirane infiltracije ali zaradi slabo prepustne plasti tal. Glede na tip tal lahko slutimo, da gre za slabo prepustno plast, nastalo po naravni poti zaradi načina obdelave ali zaradi neizvajanja dodatnih ukrepov. Predlagamo ugotovitev globine problematične plasti in podrahljanje pravokotno na smer drenov, kot je bilo predlagano v agrohidrološki študiji. Podrahljanje naj se v kasnejših letih obnavlja.

Ugotovili smo tudi napaki v tretji ali četrti stopnji toka vode v tleh. S to ugotovitvijo lahko potrdimo hipotezo I, da je osuševalni sistem delno nedelujoč. V analizi ugotovimo, da se 16. 10. 2015, na dan po padavinah, nivoji nasičene cone praviloma znižajo na nivo drenaže (slika 32), s čimer lahko ovržemo hipotezo II. Poleg tega ugotovimo, da obstaja naravna drenaža v smeri južnega odvodnika.

Napako v tretji in četrti stopnji je težko odpraviti brez večjih posegov, vendar, ker drenaža že dan po padavinah višino nasičene cone zniža do nivoja drenaže, predlagamo, da se na laboratorijskem polju izvedejo samo ukrepi za preprečevanje zastajanja vode v zgornjih plasteh.

6 VIRI

- Arhiv agrometeoroloških podatkov (po letu 1961). Agencija Republike Slovenije za okolje.
<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/agromet/data> (junij 2016)
- ARSO. 2006. Podnebne razmere v Sloveniji (OBDOBJE 1971–2000).
http://www.arso.gov.si/vreme/podnebje/podnebne_razmere_Slo71_00.pdf (junij 2016)
- Benka P. 2007. Merjenje visinskih razlik – nivelman. 4. Predavanje. Univerzitet u Novom Sadu - Poljoprivredni fakultet.
<http://polj.uns.ac.rs/~geodezija/pa/4%20Predavanje.pdf> (julij 2016)
- Bos M.G., Boers Th.M. 1994. Land Drainage: Why and how? V: Drainage principles and applications. 2. Izdaja. Ritzema H.P. (ur.). Wageningen, ILRI: 23–32
- Cavelaars J.C., Vlotman W.F., Spoor G. 1994. Subsurface drainage systems. V: Drainage principles and applications. 2. izdaja. Ritzema H.P. (ed.). Wageningen, ILRI: 827– 929
- De Ridder N.A. Groundwater investigations. V: Drainage principles and applications. 2. izdaja. Ritzema H.P. (ed.). Wageningen, ILRI: 33–75
- Fausey N.R., Doering E.J., Palmer M.L. 1987. Purposes and benefits of drainage. V: Farm drainage in the United States: history, status, and prospects. Pavelis G.A (ed.). Washington, U.S. Department of Agriculture: 48–61
- Hopkins D., Mickan F. 2010. Types of subsurface drainage systems. Department of Environment and Primary Industries
<http://agriculture.vic.gov.au/agriculture/dairy/managing-wet-soils/types-of-subsurface-drainage-systems> (julij 2016)
- Investicijska dokumentacija Melioracije laboratorijskega polja pod Rožnikom. 1984. Ljubljana, Katedra za melioracije in urejanje kmetijskega prostora, Biotehniška Fakulteta: 1 mapa (projektna dokumentacija, interno gradivo)
- Kuhar M. 2015., Niveliranje. Pouk. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
http://www.fgg.uni-lj.si/~mkuhar/bio_slo.html (julij 2016)
- Lobnik F., Stepančič D., Stritar A., Hodnik A., Prus T. 1984. Izbrana poglavja iz pedologije. V: Izvajanje drenažnih sistemov. 1984. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 11–49
- Matičič B. 1984a. Agrohidrologija. V: Izvajanje drenažnih sistemov. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 51–101
- Matičič B. 1984b. Izvajanje in vzdrževanje drenažnih sistemov. V: Izvajanje drenažnih sistemov. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 123–184

- Miličič V. 2007. Analiza stanja osuševalnih sistemov na območju jugozahodne Ljubljane. Diplomsko Naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 73 str.
- Ritzema H.P., Braun. H.M.H. 1994. Environmental aspects of drainage. V: Drainage principles and applications. 2. izdaja. Ritzema H.P. (ed.). Wageningen, ILRI: 1041–1065
- Rawson H.M., Gomez Mc. H. 2000. Irrigated wheat: managing your crop. Rome, FAO: 92 str.
- Sevenhuijsen R.J. 1994. Surface Drainage Systems. V: Drainage principles and applications. 2. izdaja. Ritzema H.P. (ed.). Wageningen, ILRI: 799–826
- SSKJ, Slovar slovenskega knjižnega jezika. 2000. Inštitut za slovenski jezik Frana Ramovša ZRC SAZU, Založba ZRC
<http://bos.zrc-sazu.si/sskj.html> (julij 2016)
- Wayne Skaggs R. 1987. Principales of drainage. V: Farm drainage in the United States: history, status, and prospects. Pavelis G.A (ed.). Washington, U.S. Department of Agriculture: 62–78
- Zakon o kmetijskih zemljiščih. 1996. Ur. l. RS, št. 71/96
- Zakon o spremembah in dopolnitvi Zakona o kmetijskih zemljiščih (ZKZ-D). 2012. Ur. l. RS, št. 58/12
- Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o kmetijskih zemljiščih (ZKZ-E). 2016. Ur. l. RS, št. 27/16

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici prof. dr. Marini Pintar za vodenje in pomoč pri izdelavi diplomskega dela.

Zahvala gre tudi doc. dr. Damijani Kastelec za svetovanje in vsem zaposlenim na Biotehniški fakulteti v Ljubljani, ki so kakor koli prispevali svoj delež pri izdelavi in izvedbi diplomskega dela.

Zahvaljujem se prijateljem Galu Motoreju, Špeli Varmuž in Simonu Levstiku, zaradi katerih je bil študij tudi prijetna izkušnja.

Zahvaljujem se prijateljem Mihajlu Davidoviću, Klemnu Bergantu, Blažu Železniku in Draganu Periću za pomoč pri opravljanju meritev in izrisu skic.

Največja zahvala gre družini za brezpogojno podporo.

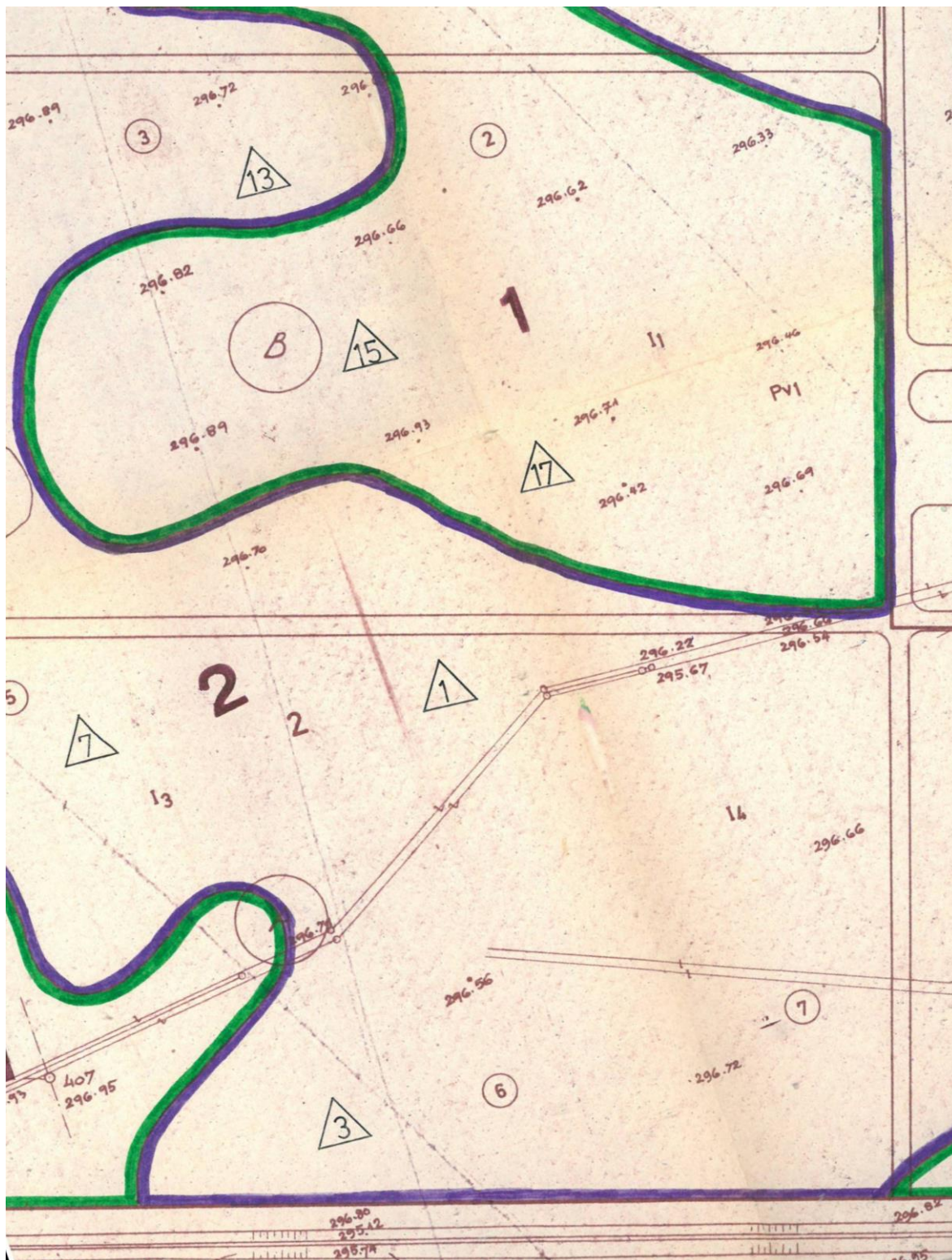
PRILOGA A

Dnevnik meritev med 11. 4. 2015 in 16. 10. 2015.

Piezometer	11.4.2015	13.4.2015	17.4.2015	18.4.2015	23.4.2015	24.4.2015	27.4.2015	28.4.2015	29.4.2015	2.5.2015	9.5.2015	15.5.2015	22.5.2015	23.5.2015	24.5.2015	25.5.2015	26.5.2015	27.5.2015	28.5.2015	29.5.2015	30.5.2015	31.5.2015	1.6.2015	2.6.2015	3.6.2015	4.6.2015	5.6.2015	6.6.2015	7.6.2015	8.6.2015	9.6.2015	10.6.2015	11.6.2015	12.6.2015	13.6.2015	14.6.2015	15.6.2015	16.6.2015	17.6.2015	18.6.2015	19.6.2015	20.6.2015	21.6.2015	22.6.2015	23.6.2015	24.6.2015	25.6.2015	26.6.2015	27.6.2015	28.6.2015	29.6.2015	30.6.2015	1.7.2015	2.7.2015	3.7.2015	4.7.2015	5.7.2015	6.7.2015	7.7.2015	8.7.2015	9.7.2015	10.7.2015	11.7.2015	12.7.2015	13.7.2015	14.7.2015	15.7.2015	16.7.2015	17.7.2015	18.7.2015	19.7.2015	20.7.2015	21.7.2015	22.7.2015	23.7.2015	24.7.2015	25.7.2015	26.7.2015	27.7.2015	28.7.2015	29.7.2015	30.7.2015	31.7.2015	1.8.2015	2.8.2015	3.8.2015	4.8.2015	5.8.2015	6.8.2015	7.8.2015	8.8.2015	9.8.2015	10.8.2015	11.8.2015	12.8.2015	13.8.2015	14.8.2015	15.8.2015	16.8.2015	17.8.2015	18.8.2015	19.8.2015	20.8.2015	21.8.2015	22.8.2015	23.8.2015	24.8.2015	25.8.2015	26.8.2015	27.8.2015	28.8.2015	29.8.2015	30.8.2015	31.8.2015	1.9.2015	2.9.2015	3.9.2015	4.9.2015	5.9.2015	6.9.2015	7.9.2015	8.9.2015	9.9.2015	10.9.2015	11.9.2015	12.9.2015	13.9.2015	14.9.2015	15.9.2015	16.9.2015	17.9.2015	18.9.2015	19.9.2015	20.9.2015	21.9.2015	22.9.2015	23.9.2015	24.9.2015	25.9.2015	26.9.2015	27.9.2015	28.9.2015	29.9.2015	30.9.2015	1.10.2015	2.10.2015	3.10.2015	4.10.2015	5.10.2015	6.10.2015	7.10.2015	8.10.2015	9.10.2015	10.10.2015	11.10.2015	12.10.2015	13.10.2015	14.10.2015	15.10.2015	16.10.2015	17.10.2015	18.10.2015	19.10.2015	20.10.2015	21.10.2015	22.10.2015	23.10.2015	24.10.2015	25.10.2015	26.10.2015	27.10.2015	28.10.2015	29.10.2015	30.10.2015	31.10.2015	1.11.2015	2.11.2015	3.11.2015	4.11.2015	5.11.2015	6.11.2015	7.11.2015	8.11.2015	9.11.2015	10.11.2015	11.11.2015	12.11.2015	13.11.2015	14.11.2015	15.11.2015	16.11.2015	17.11.2015	18.11.2015	19.11.2015	20.11.2015	21.11.2015	22.11.2015	23.11.2015	24.11.2015	25.11.2015	26.11.2015	27.11.2015	28.11.2015	29.11.2015	30.11.2015	1.12.2015	2.12.2015	3.12.2015	4.12.2015	5.12.2015	6.12.2015	7.12.2015	8.12.2015	9.12.2015	10.12.2015	11.12.2015	12.12.2015	13.12.2015	14.12.2015	15.12.2015	16.12.2015	17.12.2015	18.12.2015	19.12.2015	20.12.2015	21.12.2015	22.12.2015	23.12.2015	24.12.2015	25.12.2015	26.12.2015	27.12.2015	28.12.2015	29.12.2015	30.12.2015	31.12.2015	1.1.2016	2.1.2016	3.1.2016	4.1.2016	5.1.2016	6.1.2016	7.1.2016	8.1.2016	9.1.2016	10.1.2016	11.1.2016	12.1.2016	13.1.2016	14.1.2016	15.1.2016	16.1.2016	17.1.2016	18.1.2016	19.1.2016	20.1.2016	21.1.2016	22.1.2016	23.1.2016	24.1.2016	25.1.2016	26.1.2016	27.1.2016	28.1.2016	29.1.2016	30.1.2016	31.1.2016	1.2.2016	2.2.2016	3.2.2016	4.2.2016	5.2.2016	6.2.2016	7.2.2016	8.2.2016	9.2.2016	10.2.2016	11.2.2016	12.2.2016	13.2.2016	14.2.2016	15.2.2016	16.2.2016	17.2.2016	18.2.2016	19.2.2016	20.2.2016	21.2.2016	22.2.2016	23.2.2016	24.2.2016	
------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	--

PRILOGA B

Izsek pedološke karte za opazovano območje osuševalnega sistema.



PRILOGA C

Koordinate piezometrov v koordinatnem sistemu z izhodiščem v revizijskem jašku I,
podane v metrih.

Piezometer	X1 (m)	Y1 (m)
A1	20,13	5,00
A2	30,00	5,00
A3	39,88	5,00
A4	20,13	115,00
A5	30,00	115,00
A6	39,88	115,00
B1	60,13	5,00
B2	70,00	5,00
B3	79,88	5,00
B4	60,13	115,00
B5	70,00	115,00
B6	79,88	115,00
C1	120,13	5,00
C2	130,00	5,00
C3	139,88	5,00
C4	120,13	115,00
C5	130,00	115,00
C6	139,88	115,00
D1	139,88	-0,50
D2	130,00	-0,50
D3	120,13	-0,50
D4	139,88	-105,00
D5	130,00	-105,00
D6	120,13	-105,00
E1	79,88	-0,50
E2	70,00	-0,50
E3	60,13	-0,50
E4	79,88	-105,00
E5	70,00	-105,00
E6	60,13	-105,00
F1	39,88	-0,50
F2	30,00	-0,50
F3	20,13	-0,50
F4	39,88	-105,00
F5	30,00	-105,00
F6	20,13	-105,00
Di1	139,00	-2,50
Di2	129,00	-2,50
Di3	120,50	-2,50

PRILOGA D

Pripadajoč količek posameznega piezometra ter izračun nadmorske višine iz spremembe višine od repolja po geometrijskem nivelmanu.

Št. Piezometra	Št. količka	l_B [cm]	l_A [cm]	$\Delta h = l_A - l_B$ [cm]	$l_0 + \Delta h$ [cm]
A4	1	105,00	151,00	46,00	29695,40
A5	2	102,50	151,00	48,50	29697,90
A6	3	104,00	151,00	47,00	29696,40
B4	4	98,50	151,00	52,50	29701,90
B5	5	104,50	151,00	46,50	29695,90
B6	6	89,00	151,00	62,00	29711,40
C4	7	108,50	151,00	42,50	29691,90
C5	8	95,50	151,00	55,50	29704,90
C6	9	91,00	151,00	60,00	29709,40
A1	10	137,00	152,50	15,50	29664,90
A2	11	143,00	152,50	9,50	29658,90
A3	12	137,00	152,50	15,50	29664,90
B1	13	125,00	152,50	27,50	29676,90
B2	14	119,00	152,50	33,50	29682,90
B3	15	101,00	152,50	51,50	29700,90
C1	16	124,00	152,50	28,50	29677,90
C2	17	122,50	152,50	30,00	29679,40
C3	18	121,00	152,50	31,50	29680,90
F3	19	142,00	152,50	10,50	29659,90
F2	20	151,00	152,50	1,50	29650,90
F1	21	134,50	152,50	18,00	29667,40
E3	22	131,00	152,50	21,50	29670,90
E2	23	118,00	152,50	34,50	29683,90
E1	24	116,00	152,50	36,50	29685,90
D3	25	125,00	152,50	27,50	29676,90
D2	26	125,50	152,50	27,00	29676,40
D1	27	121,00	152,50	31,50	29680,90
F6	28	119,00	152,50	33,50	29682,90
F5	29	136,00	152,50	16,50	29665,90
F4	30	131,00	152,50	21,50	29670,90
E6	31	132,00	152,50	20,50	29669,90
E5	32	133,00	152,50	19,50	29668,90
E4	33	132,00	152,50	20,50	29669,90
D6	34	131,00	152,50	21,50	29670,90
D5	35	130,00	152,50	22,50	29671,90
D4	36	115,00	152,50	37,50	29686,90

Di3	25i	140,00	152,50	12,50	29661,90
Di2	26i	147,00	152,50	5,50	29654,90
Di1	27i	140,00	152,50	12,50	29661,90

PRILOGA E

Izračunana višina nivoja zasičene cone v piezometrih na parceli A iz opravljenih meritev.

Datum in ura meritve	Presek 1			Presek 2		
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
11.04.2015	295,139	295,199	295,099	295,189	295,069	295,344
13.04.2015	295,074	294,904	295,039	295,059	295,089	295,089
17.04.2015	295,039	294,944	295,019	295,034	295,089	295,064
18.04.2015	295,054	294,969	295,049	295,004	295,074	295,024
23.04.2015	295,039	294,994	295,019	295,104	295,069	295,239
24.04.2015	295,034	294,984	295,009	295,094	295,079	295,114
27.04.2015	295,009	294,944	294,979	294,984	295,029	294,984
28.04.2015	295,004	294,944	294,969	294,984	295,019	294,984
29.04.2015	295,024	294,944	294,979	295,274	295,379	295,314
02.05.2015	294,969	294,929	294,949	295,199	295,309	295,264
09.05.2015 14:30	294,919	294,859	294,869	295,114	295,059	295,164
15.05.2015	294,909	294,849	294,869	295,254	295,094	295,319
16.05.2015	294,914	294,899	294,869	295,349	295,129	295,404
22.05.2015 11:00	294,949	294,909	294,899	295,434	295,129	295,484
22.05.2015	294,949	294,934	294,909	295,344	295,359	295,364
23.05.2015 11:00	295,019	295,044	294,949	295,299	295,319	295,319
23.05.2015	295,099	295,209	295,059	294,994	295,029	295,064
24.05.2015	295,239	295,239	295,144	295,309	295,499	295,464
25.05.2015	295,244	295,229	295,119	295,564	295,489	295,574
21.06.2015	294,889	294,799	294,839	295,859	295,319	295,924
24.06.2015	294,899	295,009	294,859	295,754	295,319	295,644
25.06.2015	295,099	295,349	295,049	295,564	295,489	295,574
15.10.2015	295,629	296,059	295,329	295,859	295,319	295,924
16.10.2015	295,669	295,489	295,329	295,754	295,319	295,644

PRILOGA F

Izračunana višina nivoja zasičene cone v piezometrih na parceli B iz opravljenih meritev.

Datum	Presek 1			Presek 2		
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
11.04.2015	295,159	295,319	295,199	295,239	295,109	295,294
13.04.2015	295,149	295,299	295,164	295,209	295,129	295,244
17.04.2015	295,109	295,229	295,099	295,149	295,139	295,229
18.04.2015	295,119	295,249	295,119	295,239	295,174	295,344
23.04.2015	295,104	295,239	295,129	295,199	295,204	295,234
24.04.2015	295,089	295,209	295,114	295,174	295,194	295,209
27.04.2015	295,059	295,179	295,079	295,119	295,164	295,204
28.04.2015	295,049	295,139	295,079	295,139	295,169	295,249
29.04.2015	295,049	295,129	295,069	295,189	295,184	295,234
02.05.2015	295,029	295,119	295,059	295,124	295,179	295,164
09.05.2015 14:30	294,974	295,089	295,039	295,019	295,124	295,124
15.05.2015	294,964	295,089	295,029	295,129	295,149	295,264
16.05.2015	294,979	295,079	295,019	295,199	295,194	295,244
22.05.2015 11:00	295,014	295,109	295,059	295,214	295,209	295,254
22.05.2015	295,024	295,119	295,079	295,229	295,224	295,274
23.05.2015 11:00	295,079	295,179	295,089	295,294	295,249	295,324
23.05.2015	295,279	295,419	295,159	295,319	295,269	295,359
24.05.2015	295,309	295,479	295,389	295,364	295,289	295,384
25.05.2015	295,304	295,429	295,379	295,369	295,294	295,379
21.06.2015	294,939	295,079	295,029	295,084	295,139	295,169
24.06.2015	294,969	295,119	295,089	295,119	295,159	295,219
25.06.2015	295,394	295,619	295,239	295,209	295,194	295,274
15.10.2015	296,049	296,019	295,309	295,569	295,399	295,524
16.10.2015	295,499	295,839	295,409	295,619	295,419	295,454

PRILOGA G

Izračunana višina nivoja zasičene cone v piezometrih na parceli C iz opravljenih meritev.

Datum in ura meritve	Presek 1			Presek 2		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
11.04.2015	295,119	295,329	295,469	295,299	295,444	295,384
13.04.2015	295,174	295,204	295,324	295,299	295,424	295,409
17.04.2015	295,209	295,239	295,279	295,274	295,374	295,374
18.04.2015	295,229	295,254	295,294	295,324	295,499	295,434
23.04.2015	295,239	295,254	295,269	295,289	295,384	295,429
24.04.2015	295,234	295,244	295,254	295,269	295,404	295,424
27.04.2015	295,219	295,194	295,229	295,219	295,329	295,384
28.04.2015	295,219	295,184	295,219	295,234	295,464	295,384
29.04.2015	295,209	295,184	295,219	295,259	295,419	295,394
02.05.2015	295,189	295,164	295,199	295,219	295,329	295,344
09.05.2015 14:30	295,139	295,119	295,139	295,129	295,239	295,234
15.05.2015	295,094	295,094	295,139	295,214	295,529	295,364
16.05.2015	295,094	295,119	295,174	295,309	295,469	295,444
22.05.2015 11:00	295,139	295,149	295,194	295,309	295,479	295,434
22.05.2015	295,149	295,164	295,209	295,339	295,549	295,474
23.05.2015 11:00	295,184	295,364	295,409	295,419	295,589	295,564
23.05.2015	295,204	295,469	295,494	295,459	295,689	295,614
24.05.2015	295,274	295,449	295,479	295,489	295,544	295,594
25.05.2015	295,314	295,434	295,469	295,469	295,519	295,559
21.06.2015	295,229	295,054	295,099	295,179	295,334	295,344
24.06.2015	295,274	295,309	295,309	295,269	295,509	295,854
25.06.2015	295,299	295,549	295,569	295,469	295,769	295,709
15.10.2015	295,399	295,624	296,139	295,689	295,949	295,874
16.10.2015	295,409	295,634	295,579	295,739	295,769	295,814

PRILOGA H

Izračunana višina nivoja zasičene cone v piezometrih na parceli D iz opravljenih meritev.

Datum	Presek 1			Presek 2			Presek 3		
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D1i	D2i	D3i
11.04.2015	295,374	295,014	294,789	295,284	295,289	295,209	295,379	295,319	295,289
13.04.2015	295,329	295,039	294,794	295,309	295,294	295,189	295,319	295,284	295,254
17.04.2015	295,269	295,164	294,809	295,289	295,269	295,144	295,264	295,219	295,194
18.04.2015	295,279	295,194	294,839	295,309	295,269	295,159	295,279	295,229	295,199
23.04.2015	295,274	295,244	294,854	295,309	295,284	295,159	295,299	295,239	295,209
24.04.2015	295,259	295,239	294,859	295,299	295,254	295,144	295,269	295,209	295,189
27.04.2015	295,229	295,224	294,859	295,269	295,219	295,109	295,229	295,189	295,159
28.04.2015	295,219	295,214	294,864	295,264	295,209	295,109	295,219	295,179	295,149
29.04.2015	295,219	295,204	294,869	295,259	295,214	295,114	295,219	295,179	295,149
02.05.2015	295,199	295,194	294,869	295,239	295,189	295,089	295,199	295,159	295,139
09.05.2015 14:30	295,139	295,144	294,879	295,179	295,139	295,029	295,144	295,099	295,079
15.05.2015	295,139	295,129	294,909	295,169	295,159	295,054	295,134	295,089	295,064
16.05.2015	295,179	295,119	294,914	295,204	295,199	295,094	295,179	295,129	295,099
22.05.2015 11:00	295,199	295,149	294,924	295,229	295,189	295,089	295,199	295,149	295,119
22.05.2015	295,219	295,154	294,929	295,239	295,214	295,109	295,219	295,159	295,139
23.05.2015 11:00	295,409	295,184	294,949	295,279	295,319	295,219	295,389	295,359	295,329
23.05.2015	295,484	295,214	294,949	295,309	295,399	295,299	295,459	295,449	295,439
24.05.2015	295,479	295,279	294,959	295,399	295,449	295,349	295,479	295,444	295,419
25.05.2015	295,464	295,319	294,959	295,434	295,419	295,324	295,464	295,429	295,409
21.06.2015	295,094	295,094	294,979	295,144	295,099	294,999	295,099	295,049	295,019
24.06.2015	295,304	295,084	295,049	295,179	295,249	295,149	295,289	295,169	295,249
25.06.2015	295,559	295,164	295,069	295,279	295,619	295,509	295,529	295,539	295,494
15.10.2015	296,029	295,694	295,289	295,609	296,179	296,079	296,119	296,579	296,069
16.10.2015	295,829	295,744	295,299	295,669	295,769	295,629	295,559	295,569	295,519

PRILOGA I

Izračunana višina nivoja zasičene cone v piezometrih na parceli E iz opravljenih meritev.

Datum in ura meritve	Presek 1			Presek 2		
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
11.04.2015	294,929	294,919	295,169	295,229	295,214	294,754
13.04.2015	294,934	294,879	295,134	295,194	295,189	294,764
17.04.2015	294,944	294,884	295,074	295,149	295,139	294,779
18.04.2015	294,969	294,914	295,099	295,189	295,169	294,789
23.04.2015	294,989	294,919	295,094	295,169	295,154	295,109
24.04.2015	294,994	294,924	295,084	295,154	295,144	294,819
27.04.2015	294,999	294,929	295,054	295,124	295,114	294,824
28.04.2015	295,009	294,934	295,044	295,124	295,114	294,834
29.04.2015	295,009	294,934	295,049	295,129	295,119	294,839
02.05.2015	295,014	294,939	295,029	295,099	295,089	294,849
09.05.2015 14:30	295,019	294,939	294,979	295,049	295,039	294,869
15.05.2015	295,029	294,969	294,959	295,064	295,049	294,899
16.05.2015	295,039	294,969	295,004	295,099	295,089	294,909
22.05.2015 11:00	295,049	294,989	295,019	295,099	295,084	294,939
22.05.2015	295,059	294,999	295,039	295,119	295,099	294,949
23.05.2015 11:00	295,074	295,024	295,139	295,219	295,209	294,964
23.05.2015	295,089	295,034	295,309	295,304	295,279	294,969
24.05.2015	295,089	295,039	295,329	295,359	295,339	294,984
25.05.2015	295,104	295,044	295,309	295,334	295,319	294,989
21.06.2015	295,094	295,074	294,919	295,009	294,989	295,039
24.06.2015	295,129	295,139	295,009	295,119	295,099	295,099
25.06.2015	295,169	295,179	295,404	295,479	295,449	295,149
15.10.2015	295,289	296,139	296,029	296,119	296,109	295,364
16.10.2015	295,309	295,599	295,489	295,659	295,639	295,389

PRILOGA J

Izračunana višina nivoja zasičene cone v piezometrih na parceli F iz opravljenih meritve.

Datum in ura meritve	Presek 1			Presek 2		
	F1	F2	F3	F4	F5	F6
11.04.2015	295,124	294,784	295,034	295,159	294,824	294,879
13.04.2015	295,099	295,084	295,059	295,134	294,859	294,899
17.04.2015	295,049	295,034	295,009	295,089	294,919	294,914
18.04.2015	295,064	294,969	295,039	295,119	294,949	294,939
23.04.2015	295,054	295,049	295,019	295,094	294,989	294,964
24.04.2015	295,044	295,039	294,999	295,084	294,999	294,964
27.04.2015	295,014	295,004	294,979	295,064	295,009	294,969
28.04.2015	295,009	294,899	294,979	295,064	295,019	294,969
29.04.2015	295,014	294,999	294,979	295,064	295,019	294,974
02.05.2015	294,994	294,979	294,959	295,044	295,029	294,979
09.05.2015 14:30	294,939	294,919	294,899	294,989	295,009	294,974
15.05.2015	294,934	294,919	294,899	294,999	294,989	294,979
16.05.2015	294,964	294,959	294,944	295,039	294,999	294,984
22.05.2015 11:00	294,984	294,974	294,954	295,039	295,029	294,989
22.05.2015	294,994	294,989	294,974	295,049	295,039	294,994
23.05.2015 11:00	295,089	295,089	295,079	295,149	295,129	295,034
23.05.2015	295,234	295,244	295,234	295,209	295,154	295,074
24.05.2015	295,294	295,274	295,264	295,284	295,269	295,199
25.05.2015	295,279	295,254	295,244	295,264	295,259	295,219
21.06.2015	294,894	294,879	294,859	294,949	294,929	294,894
24.06.2015	294,964	294,969	294,969	295,029	294,979	294,929
25.06.2015	295,374	295,359	295,349	295,369	295,279	295,164
15.10.2015	295,914	296,039	296,034	296,059	295,579	295,579
16.10.2015	295,484	295,489	295,484	295,589	295,669	295,649

PRILOGA K

Površinska voda ob piezometru A3 (23. 5. 2015).



