

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Karin KOZELJ

**DOPOLNITEV PODATKOVNE BAZE NAMAKALNIH
SISTEMOV Z AGROTEHNIČNIMI VSEBINAMI**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2007

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Karin KOZELJ

**DOPOLNITEV PODATKOVNE BAZE NAMAKALNIH SISTEMOV Z
AGROTEHNIČNIMI VSEBINAMI**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**EXTENSION OF THE DATA BASE OF IRRIGATION SYSTEMS WITH
AGROTECHNICAL ISSUES**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2007

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija agronomije. Opravljeno je bilo na Katedri za urejanje kmetijskega prostora in agrohidrologijo, Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Podatke namakalnih sistemov so nam posredovali na Katedri za mehaniko tekočin z laboratorijem, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani.

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

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: akad. prof. dr. Ivan KREFT
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

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

Član: prof. dr. Franci STEINMAN
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
Oddelek za gradbeništvo

Član: prof. dr. Tomaž BARTOL
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddala v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Karin Kozelj

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 631.67:626.81/.84(043.2)
KG	namakanje/namakalni parametri/namakalni sistemi/podatkovne baze/agrotehnični parametri//NAMIZ/SWAP/CROPWAT
KK	AGRIS F06
AV	KOZELJ, Karin
SA	PINTAR, Marina (mentor)/STEINMAN, Franci (somentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddeleke za agronomijo
LI	2007
IN	DOPOLNITEV PODATKOVNE BAZE NAMAKALNIH SISTEMOV Z AGROTEHNIČNIMI VSEBINAMI
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	XI, 42 str., 5 pregl., 14 sl., 1 pril., 44 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Namen diplomskega dela je bil analizirati trenutno stanje podatkovne baze namakalnih sistemov in določiti ključne agrotehnične parametre, ki naj bi služili kot osnova za nadaljnjo dopolnitev podatkovne baze namakalnih sistemov z agrotehničnimi vsebinami. Pri analizi podatkov namakalnih sistemov smo ugotovili, da so trenutno v bazi zajeti 303 namakalni sistemi, katerih podatki so le delni, zgolj upravljalškega značaja. S pomočjo namakalnih parametrov in računalniških programov NAMIZ, CROPWAT ter SWAP, smo določili agrotehnične parametre za dopolnitev podatkovne baze namakalnih sistemov. Predlagani so sledeči parametri: podatki o tleh, način namakanja, vodni vir, gojene rastline, norma namakanja, obrok namakanja, čas namakanja, turnus namakanja in delovni hidromodul namakanja. Poleg dopolnitve manjkajočih podatkov in agrotehničnih vsebin, bi bilo smiselno določiti tudi terminologijo posameznih atributov, saj bi bili tako podatki poenoteni, s tem pa bi omogočili lažjo obdelavo in večjo preglednost le-teh. Dopolnjena podatkovna baza bi lahko služila kot podpora pri odločanju upravljalcem in načrtovalcem namakalnih sistemov ter pri delu kmetijske inšpekcije.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Dn
DC	UDC 631.67:626.81/.84(043.2)
CX	irrigation/irrigation parameters/irrigation systems/data base/agrotechnical parameters/NAMIZ/CROPWAT/SWAP
CC	AGRIS F06
AU	KOZELJ, Karin
AA	PINTAR, Marina (supervisor)/STEINMAN, Franci (co-supervisor)
PP	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB	University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
PY	2007
PI	EXTENSION OF THE DATA BASE OF IRRIGATION SYSTEMS WITH AGROTECHNICAL ISSUES
DT	Graduation Thesis (University studies)
NO	XI, 42 p., 5 tab., 14 fig., 1 ann., 44 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	The purpose of this thesis was to analyse the current state of the data base of irrigation systems and to determine the most important agrotechnical parameters, which would be the basis for the further extension of the data base. The analysis of the data of irrigation systems has shown that the data base includes 303 irrigation systems whose data are incomplete, oriented mainly to managerial characteristics. With support of irrigation parameters and computer programs NAMIZ, CROPWAT and SWAP we determined the agrotechnical parameters for the extension of the data base. The followed parameters are proposed: soil data, irrigation method, water source, growing plants, irrigation norm, irrigation ration, irrigation time, irrigation turn and irrigation hydromodule. Beside the extension of the missing data and the agrotechnical issues it would be also proportionately to determine the terminology for the individual attributes, because the data would so become uniformly for easier processing and better examination. The extended data base could serve as decision support system for the managers and designers of irrigation systems and also for the agricultural inspection.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
Kazalo prilog	IX
Okrajšave in simboli	X
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA NAMAKANJE	2
2.1.1 Tla	2
2.1.2 Voda v tleh	2
2.1.3 Koeficient infiltracije oz. vpojna sposobnost tal za vodo	4
2.1.4 Evapotranspiracija	4
2.2 ZAKONSKE PODLAGE, KI UREJAJO PODROČJE NAMAKANJA	5
2.2.1 Zakon o kmetijskih zemljiščih	5
2.2.2 Zakon o urejanju prostora in Zakon o prostorskem načrtovanju	5
2.2.3 Zakon o graditvi objektov	6
2.2.4 Zakon o varstvu okolja	6
2.2.5 Uredba o vrstah posegov v okolje, za katero je obvezna presoja vplivov na okolje	6
2.2.6 Uredba o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla	6
2.2.7 Zakon o vodah	7
2.2.8 Uredba o vodnih povračilih	7
2.2.9 Uredba o izvajanju nalog na hidromelioracijskih sistemih	7
2.2.10 Uredba o koncesiji za gospodarsko izkoriščanje talne vode in Uredba o koncesiji za gospodarsko izkoriščanje vode iz vodotoka	7
2.3 PODATKOVNE BAZE	7
2.3.1 Povpraševalni jezik SQL	8
2.3.2 Kataster melioracijskih sistemov in naprav (KatMeSiNa)	9
2.4 MODELI ZA IZRAČUN POTREB RASTLIN PO VODI	10
2.4.1 Računalniški program NAMIZ	10
2.4.2 Računalniški program SWAP	11
2.4.3 Računalniški program CROPWAT	12
2.5 NAMAKALNI SISTEMI	13
2.5.1 Namakalni parametri	14
2.5.1.1 Norma namakanja	14
2.5.1.2 Norma zalivanja ali obrok namakanja	14
2.5.1.3 Začetek namakanja	15

2.5.1.4	Čas namakanja	15
2.5.1.5	Interval zalivanja ali turnus namakanja	16
2.5.1.6	Hidromodul namakanja	16
2.5.1.7	Število namakanj	17
2.5.2	Namakalni sistemi in oprema	17
2.5.3	Načini namakanja	18
2.5.3.1	Namakanje z oroševanjem	18
2.5.3.2	Kapljično namakanje	18
2.5.3.3	Primerjava namakanja z razpršilci, mikrorazpršilci in kapljičnega namakanja	19
2.6	STATISTIČNI PODATKI O NAMAKANJU KMETIJSKIH ZEMLJIŠČ	20
3	MATERIAL IN METODE DE LA	22
3.1	KATASTER MELIORACIJSKIH SISTEMOV IN NAPRAV (KatMeSiNa)	22
3.1.1	Opis vsebin baze EviMeS, kot osnova za KatMeSiNa	22
3.2	ANALIZA PODATKOV NAMAKALNIH SISTEMOV	24
3.3	PREDLOG AGROTEHNIČNIH VSEBIN ZA DOPOLNITEV PODATKOVNE BAZE NAMAKALNIH SISTEMOV	26
4	REZULTATI	27
4.1	REZULTATI ANALIZE PODATKOV NAMAKALNIH SISTEMOV	27
4.2	REZULTATI PREDLOGA AGROTEHNIČNIH VSEBIN ZA DOPOLNITEV PODATKOVNE BAZE NAMAKALNIH SISTEMOV	32
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	34
5.1	RAZPRAVA	34
5.2	SKLEPI	37
6	POVZETEK	38
7	VIRI	40
	ZAHVALA	
	PRILOGA	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Primerjava prednosti in slabosti namakanja z razpršilci, mikrorazpršilci in kapljičnega namakanja (Pintar, 2006)	19
Preglednica 2: Površina namakanih kmetijskih zemljišč [ha] v Sloveniji, glede na način namakanja in vrst kmetijskih zemljišč od leta 2003 do 2006 (Statistični urad ..., 2007)	21
Preglednica 3: Količina namakalne vode [m ³] v Sloveniji glede na vodni vir, od leta 2003 do 2006 (Statistični urad ..., 2007)	21
Preglednica 4: Podatki o melioracijskih območjih in njihovih osnovnih lastnostih (Gosar, 2002: 65)	25
Preglednica 5: Predlog atributov za dopolnitev podatkovne baze NS z agrotehničnimi vsebinami	33

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Oblike, sila vezave in dostopnost vode v tleh za rastline (Pintar, 2006)	3
Slika 2: Prikaz aplikacije KatMeSiNa preko javnega dostopa (Kataster melioracijskih ..., 2007)	10
Slika 3: Shematska struktura modela SWAP (prirejeno po Soil Water ..., 2007)	12
Slika 4: Površina namakanih kmetijskih zemljišč [ha] in količina porabljene namakalne vode [m ³] v Sloveniji od leta 2003 do 2006	21
Slika 5: Shema podatkovne baze EviMeS (Gosar, 2002: 9)	22
Slika 6: Delež razpoložljivih podatkov [%] o površini NS v Sloveniji	28
Slika 7: Delež razpoložljivih podatkov [%] o investitorju in upravljalcu glede na velikost NS v Sloveniji	28
Slika 8: Delež razpoložljivih podatkov [%] o opisu NS	29
Slika 9: Delež razpoložljivih podatkov [%] NS o načinu namakanja	29
Slika 10: Delež razpoložljivih podatkov [%] o vodnem viru NS	30
Slika 11: Delež razpoložljivih podatkov [%] NS o vrsti gojenih rastlin	30
Slika 12: Delež razpoložljivih podatkov [%] NS glede na njihovo velikost za posamezna obdobja izgradnje	31
Slika 13: Delež razpoložljivih podatkov [%] NS o namakalni regiji v Sloveniji	31
Slika 14: Delež razpoložljivih podatkov [%] NS glede na velikost (površino) za posamezne namakalne regije	32

KAZALO PRILOG

Priloga A: Logični model podatkovne baze EviMes (MS SQL Server 2000)

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

bON	bruto norma zalivanja oziroma obrok namakanja
CROPWAT	računalniški program, ki omogoča izračun referenčne evapotraspiracije, potreba rastlin po vodi in namakanju
D	rastna doba
DP	Deep Percolation
dp	dnevna potrošnja oziroma evapotranspiracija za obravnavano kulturo
DZV	dovoljeno znižanje količine vode
E	koeficient izkoristka vode v namakalnem sistemu
ET	evapotranspiracija
ET ₀	referenčna evapotranspiracija
ET _a	dejanska evapotranspiracija
ETP = ET _{crop}	potencialna evapotranspiracija
EviMeS	Evidenca Melioracijskih Sistemov
EviNaS	Evidenca Namakalnih Sistemov
FDR	Frequency Domain Method
GD	gradbeno dovoljenje
Ha	povprečni hidromodul namakanja
Hmax	delovni hidromodul namakanja
I	intenziteta namakanja
idr.	in drugo
ipd.	in podobno
Irr. Appl	Irrigation depth
itd.	in tako dalje
KatMeSiNa	Kataster Melioracijskih Sistemov in Naprav
kc	faktor rastlin
kPa	kilopaskali
KT	kritična točka
LDV	lahko dostopna voda
MKGP	Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano
MS	Microsoft
NAMIZ	program za ovrednotenje fizikalnih parametrov izvedbe namakalnih projektov
Nb	bruto norma namakanja
Nn	norma namakanja
nON	neto norma zalivanja oziroma obrok namakanja
npr.	na primer
NS	namakalni sistem
ON	obrok namakanja
oz.	oziroma
p	delež razpoložljive vode
pF	desetiški logaritem kapilarnega tlaka, izraženega v centimetrih
PK	poljska kapaciteta tal za vodo

P_{tot}	efektivne padavine
P_v	skupna poraba ali konzumpcija vode v sezoni
RO	Runoff (odtok)
RV	razpoložljiva voda
SEQUEL	Structured English Query Language
SMD_i	Soil Moisture Depletion at a day i
sod.	sodelavci
SQL	Structured Query Language
SWAP	Soil-Water-Atmosphere-Plant
t	čas oziroma trajanje namakanja
T	turnus namakanja oziroma interval zalivanja
TDR	Time Domain Reflectometry
tj.	to je
TV	točka venenja
VGB	vodnogospodarski biro
ZKZ	Zakon o kmetijskih zemljiščih
ρ_b	gostota tal

1 UVOD

Namakanje gojenih rastlin postaja vse bolj aktualno zaradi pogostih sušnih obdobj ter časovno in prostorsko neenakomerno razporejenih padavin v rastni dobi. Zahteve kmetijskega trga se časovno vse bolj zaostrojujejo, poleg tega pa zahtevajo kakovosten in zanesljiv pridelek. Namakanje, ki mu v Sloveniji pripisujemo dopolnilni značaj, je umetno dodajanje vode, kadar jo v času vegetacije v tleh primanjkuje (Pintar, 2006).

Z namakanjem zagotovimo hitrejšo rast in razvoj rastlin, doseganje ustrezne (tržne) kakovosti pridelka, terminsko načrtovano pridelavo, doseganje večjih in zanesljivejših pridelkov, nižjo proizvodno ceno pridelka in zanesljivejšo oskrbo trga (Osvald in Kogoj-Osvald, 1998). Poleg boja proti suši namakalni sistemi (NS) lahko služijo tudi za boj proti spomladanski pozebi (protipozebna zaščita) in za dovajanje hranil rastlinam (fertigacija). V nekaterih območjih sveta služi namakanje tudi za varstvo pred talnimi škodljivci, ko s poplavljanjem tal uničijo škodljivce, ter za spiranje soli iz zgornjega sloja tal (desalinizacija ali razsoljevanje tal), kjer podnebne razmere v kombinaciji z namakanjem povzročajo kopičenje soli na površju tal (Pintar, 2006).

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP) je začelo urejati podatkovno bazo o hidromelioracijskih sistemih leta 2002, ker je na podlagi 93. člena Zakona o kmetijskih zemljiščih (2003) zavezano k temu, da vodi kataster melioracijskih objektov in naprav, ki je povezan z bazo zemljiškega katastra. Kataster hidromelioracijskih objektov in naprav služi za celostno spremljanje stanja NS in osuševalnih sistemov ter razvoj novih glede na dane potrebe. Namen vzpostavitve podatkovne baze in aplikacije Kataster Melioracijskih Sistemov in Naprav (KatMeSiNa) je bil pomoč pri nadzoru nad upravljanjem, postopku odmere stroškov upravljanja in vzdrževanja, izvajanju upravljanja, kontroli kmetijske inšpekcije ter pri vseh ostalih evidencah v državni upravi, kjer potrebujejo podatke o hidromelioracijah (Stražar, 2002).

Namen diplomskega dela je analizirati trenutno stanje podatkovne baze NS in s pregledom razpoložljive strokovne literature določiti ključne agrotehnične parametre, ki naj bi služili kot osnova za nadaljnjo dopolnitev podatkovne baze NS z agrotehničnimi vsebinami.

Rezultat bo ugotovljeno trenutno stanje podatkovne baze NS in predlogi za dopolnitev ter izboljšavo baze podatkov NS, ki bi kot taka lahko bila podpora pri odločanju upravljalcem in načrtovalcem namakalnih sistemov ter pri kontroli kmetijske inšpekcije.

Predvidevamo, da podatkovna baza NS ne vsebuje agrotehničnih parametrov, zato bomo v diplomskem delu predlagali ključne agrotehnične parametre za morebitno dopolnitev podatkovne baze NS z agrotehničnimi vsebinami.

2 PREGLED OBJAV

2.1 DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA NAMAKANJE

Potrebna količina dodane vode je odvisna od rastline ter podnebnih in talnih razmer, zato je poznavanje teh lastnosti ključnega pomena. Pri ohranjanju optimalnih razmer gojenih rastlin je pomembno, da upoštevamo dejavnike, ki vplivajo na rentabilno pridelovanje (Osvald in Kogoj-Osvald, 1998). Dejavniki, ki vplivajo na namakanje so: tla, voda v tleh, koeficient infiltracije in evapotranspiracija.

2.1.1 Tla

Tla so izredno pomemben naravni vir, zato moramo biti zelo previdni pri gospodarjenju z njimi. V Sloveniji imamo zelo različne vrste tal, zato je pri projektiranju NS, kot tudi pri namakanju, potrebno poznavanje lastnosti tal, na katerih se bo namakanje izvajalo. Za strokovno namakanje je potrebno pridobiti podatke o: tipu tal, globini talnih horizontov, teksturi tal, sposobnosti zadrževanja vode v posameznem horizontu, koeficientu infiltracije in, v primeru izvajanja fertigacije, tudi o določenih kemičnih lastnosti tal (Pintar, 2006).

V tleh se razvija koreninski sistem rastlin, preko katerega le-te črpajo vodo in hranila. Tla so trifazni sistem, sestavljen iz tekoče, plinaste in trdne faze. Kakšno je razmerje med zrakom in vodo na eni strani ter trdnimi talni delci na drugi strani, nam pove poroznost tal. Prazen prostor med trdnimi delci predstavljajo pore, ki jih zasedata zrak ali voda. Odnos med vodo in zrakom v porah je praviloma obratno sorazmeren (Pintar, 2006). Trdna faza tal je sestavljena iz organskega in mineralnega dela, slednjega pa sestavljajo pesek, melj in glina. Razmerje med količino peska, melja in gline imenujemo tekstura tal, ki določa številne lastnosti tal. Če v tleh prevladujejo peščeni delci, so tla topla in zračna, vendar slabo zadržujejo vodo. Peščenim tlem pravimo tudi lahka tla, ker so lahka za obdelovanje. Tla, v katerih prevladujejo glinasti in meljasti delci, pa so gosta, zbita, slabo propustna za vodo, slabo zračna in težka za obdelovanje. Tako se tla na osnovi teksture delijo na: peščena tla, peščeno-glinasta, peščeno-meljasta, ilovnata, meljasto-glinasta itd. (Prus in sod., 1992). Talni delci se med seboj povezujejo v agregate različnih oblik in velikosti, kar da tlem različno strukturo, ki jo po velikosti delimo na: mrvičasto (agregati velikosti do 5 mm), grudičasto (agregati velikosti od 1 – 10 mm), oreškasto (agregati velikosti od 2 – 30 mm), prizmatično (agregati velikosti od 10 – 50 mm) in stebričasto (agregati velikosti do 150 mm) ter po obliki na: sferično, poliedrično, prizmatično in lističasto (Zupan in sod., 2002). Tekstura določa sposobnost tal za zadrževanje vode in skupaj s strukturo določa koeficient infiltracije, ki je pomemben za izbiro kapacitete razpršilcev pri namakanju z razpršilci (Pintar, 2006).

2.1.2 Voda v tleh

Voda predstavlja temeljni vir življenja za organizme. V naravi se nahaja v vseh treh agregatnih stanjih (trdo, tekoče, plinasto) in se neprestano giblje med njimi. Voda se v tleh nahaja v sistemu talnih por in vpliva na mnoge fizikalne, kemične in biološke procese. Poleg tega vpliva tudi na mnoge lastnosti tal, kot so: zračnost, toplotno stanje,

mikrobiološka aktivnost ipd. Voda ima veliko nalog v tleh, med drugimi deluje kot topilo in kot nosilec raztopljenih snovi (Čirić, 1986).

Merjenje spremenljive količine vode v tleh z masnim ali volumskim deležem in merjenje energijskega stanja vode v tleh so pomembni faktorji, ki vplivajo na rast in razvoj rastlin (Hillel, 1998). Za rastline je pomembna voda v zgornjem sloju tal, kjer se tudi nahaja koreninski sistem rastlin. Vodo glede na silo vezave na talne delce delimo na: higroskopsko vodo (vezava s tenzijo 30 barov ali več), kapilarno vodo (vezava s tenzijo od 0,33 do 30 barov) in gravitacijsko vodo (vezava s tenzijo od 0 do 0,33 barov) (Zupan in sod., 2002). Ko so vse talne pore nasičene z vodo (maksimalna higroskopičnost), se začne vezava vode na talne delce. Prva plast molekul vode se veže s tenzijo 30 barov (3.000 kPa = kilopaskalov) in več. Vsaka naslednja plast vode je vezana na talne delce z nekoliko manjšo tenzijo (Pintar, 2006). Tenzija je izraz za negativni tlak, ker med talnimi delci in molekulami vode delujejo privlačne sile (na enoto površine talnih delcev). Odnos med vsebnostjo vode v tleh ter tenzijo talne vode je do določene mere odvisen od velikosti in geometrijske razporeditve por v trdni frakciji tal. Tenzija je izražena v enotah tlaka Pa, v enotah višine vodnega stolpca m ali s pF vrednostmi. Pascal je enota za tlak, in sicer je 100.000 Pascalov 1 bar, kar je enako 1,017 m vodnega stolpca (Zupanc in Pintar, 2005).

Koreninski laski rastlin lahko premagajo največ vezavo s tenzijo 15 barov. Ko je voda v tleh vezana s tenzijo 15 barov, govorimo o točki venenja (TV), saj takrat rastlina začne veneti (slika 1). Ko količina vode v tleh narašča in jo je že relativno veliko, je vezana le še s tenzijo do 0,33 bara, kar imenujemo poljska kapaciteta tal za vodo (PK). To je največja količina vode, ki jo tla lahko zadržijo ob obilnem vlaženju, ko gravitacijsko odcedna voda odteče (Pintar, 2006).



Slika 1: Oblike, sila vezave in dostopnost vode v tleh za rastline (Pintar, 2006)

Rastlinam dostopno vodo v tleh imenujemo razpoložljiva voda (RV), ki se nahaja med PK in TV. To vodo lentokapilarna točka deli na težje in lažje gibljivo vodo v tleh. Do neke določene količine vode v tleh, imenovane tudi kritična točka (KT), ki je za posamezno vrsto rastlin in tudi sorto različna, rastlina relativno lahko črpa vodo iz tal. V območju pod to kritično točko je rastlina v sušnem stresu, saj porablja energijo za premagovanje tenzije

vode, namesto za oblikovanje pridelka. Faktor p označuje delež razpoložljive vode, ki je rastlinam lahko dostopna. Faktor se za posamezne rastline razlikuje, zavzema pa vrednosti od 0,2 – 0,6 (Pintar, 2006). Povezave med PK, TV, RV, LDV in p prikazujejo enačbe 1, 2 in 3.

$$RV = PK - TV \quad \dots(1)$$

$$LDV = p * RV \quad \dots(2)$$

$$LDV = PK - KT \quad \dots(3)$$

kjer je RV razpoložljiva voda (masni odstotek ali volumski odstotek ali mm vodne plasti/100 mm tal), PK poljska kapaciteta (masni odstotek ali volumski odstotek ali mm vodne plasti/100 mm tal), TV točka venenja (masni odstotek ali volumski odstotek ali mm vodne plasti/100 mm tal), LDV lahko dostopna voda (masni odstotek ali volumski odstotek ali mm vodne plasti/100 mm tal), p delež razpoložljive vode, ki je rastlinam lahko dostopna in KT kritična točka (masni odstotek ali volumski odstotek ali mm vodne plasti/100 mm tal).

2.1.3 Koeficient infiltracije oz. vpojna sposobnost tal za vodo

Infiltracija je proces vpijanja vode v tla (Hillel, 1998) in se prične, ko padavine ali voda, ki jo naneseemo z namakanjem, potuje v talni profil preko stika atmosfera – tla. Pri načrtovanju NS je pomembno poznavanje stopnje infiltracije, saj se stopnja infiltracije spreminja v času in prostoru zaradi teksture, vsebnosti vode v tleh, stopnje zbitosti tal, zaskorjenosti ter drugih lastnosti tal (Zupanc in Pintar, 2005). Torej nam koeficient infiltracije pove, kako hitro se voda vpija v tla (cm/uro, mm/uro). Voda pronica hitreje v peščena kot v glinasta tla in tudi hitreje pronica v suha kot v mokra tla. Hitrost pronicanja vode je pomemben podatek, saj nam pove kakšno intenziteto namakanja ima lahko izbrana namakalna oprema (npr. razpršilci). Intenziteta namakanja ne sme presegati koeficienta infiltracije, ker bo voda sicer zastajala na površini tal, kar privede do površinskega odtoka vode (Pintar, 2006).

2.1.4 Evapotranspiracija

Evapotranspiracija (ET) je pojav prehoda vode z vodne površine ali iz tal ter rastlin v atmosfero in je odvisna od vremenskih parametrov (vlaga zraka, temperatura, sončno obsevanje, veter). Pojav je sestavljen iz dveh procesov: izhlapevanja (evaporacije) in transpiracije. Evaporacija je izhlapevanje vode z vodne površine ali iz tal, transpiracija pa je izhajanje vode iz rastline preko listnih rež ali drugih nadzemnih organov. Referenčna evapotranspiracija (ET_0) se nanaša na prosto vodno gladino ali na referenčno kulturo, ki je 12 cm visoka, z vodo optimalno oskrbljena trava. Evapotranspiracija ni odvisna le od podnebnih dejavnikov temveč tudi od vrste rastline ter od stopnje njenega razvoja, zato imamo za posamezne kulture v posamezni razvojni fazi različen faktor rastlin (k_c). Ob upoštevanju teh dejstev lahko izračunamo potencialno evapotranspiracijo rastline (ETP), kar pomeni, koliko vode (izraženo v mm/dan ali v $l/m^2/dan$) rastlina potrebuje za nemoten razvoj (Pintar, 2006). Zato nam poznavanje evapotranspiracije lahko služi kot osnova pri načrtovanju namakanja.

2.2 ZAKONSKE PODLAGE, KI UREJAJO PODROČJE NAMAKANJA

Področje namakanja v Republiki Sloveniji urejajo številni zakoni, uredbe in predpisi. Najpomembnejši med njimi so podrobneje predstavljeni v tem poglavju. Krovni zakoni za namakalne sisteme so: Zakon o kmetijskih zemljiščih (2003), Zakon o urejanju prostora (2002), Zakon o prostorskem načrtovanju (2007), Zakon o graditvi objektov (2004), Zakon o varstvu okolja (2006) in Zakon o vodah (2002). Med pomembnejše uredbe pa spadajo: Uredba o vrstah posegov v okolje, za katero je obvezna presoja vplivov na okolje (2006), Uredba o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla (1996), različne uredbe o koncesiji za izkoriščanje vode (Uredba o koncesiji ..., 1996; Uredba o koncesiji ..., 2001), Uredba o vodnih povračilih (2002) ter Uredba o izvajanju nalog na hidromelioracijskih sistemih (2005).

2.2.1 Zakon o kmetijskih zemljiščih

Zakon o kmetijskih zemljiščih (ZKZ) deli melioracije na osuševanje, namakanje in agromelioracije. Določa, da je NS sestavljen iz odvzemnega objekta, dovodnega omrežja in namakalne opreme. Vodni vir je vodotok, podtalnica ali vodni zadrževalnik (Zakon o kmetijskih ..., 2003). NS deli na:

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

V ZKZ so naštetih dokumenti in pogoji za uvedbo NS ter dolžnosti investitorja NS. Na podlagi 95. člena ZKZ izda minister za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano pravilnik o določitvi višine nadomestila za kritje stroškov za vzdrževalna dela na skupnih objektih in napravah na melioracijskih območjih (Pravilnik ..., 2007).

2.2.2 Zakon o urejanju prostora in Zakon o prostorskem načrtovanju

Zakon o urejanju prostora ureja prostorsko načrtovanje in uveljavljanje prostorskih ukrepov za izvajanje načrtovanih prostorskih ureditev, zagotavljanje opremljanja zemljišč za gradnjo ter vodenje sistema zbirk prostorskih podatkov. Določa pogoje za opravljanje dejavnosti prostorskega načrtovanja in določa prekrške v zvezi z urejanjem prostora in opravljanjem dejavnosti prostorskega načrtovanja (Zakon o urejanju ..., 2002). 80. člen zakona določa, da občinski upravni organ, pristojen za urejanje prostora izda lokacijsko informacijo za NS, ki vsebuje podatke o namenski rabi prostora, lokacijske in druge pogoje, kot jih določajo občinski izvedbeni prostorski akti ter podatke o prostorskih ukrepih, ki veljajo na določenem območju.

V letu 2007 je bil sprejet nov zakon na področju urejanja prostora, ker naj bi zakonodaja s področja prostorskega načrtovanja zagotavljala takšen pravni okvir, ki bo ob upoštevanju varovalnih zahtev omogočal čim večjo dinamiko v prostoru, kar sistemske in praktične rešitve v Zakonu o urejanju prostora ne omogočajo. Zato je bil sprejet Zakon o prostorskem načrtovanju, ki ureja prostorsko načrtovanje kot del urejanja prostora, tako da določa vrste prostorskih aktov, njihovo vsebino in medsebojna razmerja ter postopke za

njihovo pripravo in sprejem. Poleg tega pa zakon tudi ureja opremljanje stavbnih zemljišč ter vzpostavitev in delovanje prostorskega informacijskega sistema (Zakon o prostorskem ..., 2007).

2.2.3 Zakon o graditvi objektov

Ta zakon ureja pogoje za graditev vseh objektov, določa bistvene zahteve in njihovo izpolnjevanje glede lastnosti objektov, predpisuje način in pogoje za opravljanje dejavnosti, ki so v zvezi z graditvijo objektov, ureja organizacijo in delovno področje dveh poklicnih zbornic, ureja inšpekcijsko nadzorstvo, določa sankcije za prekrške, ki so v zvezi z graditvijo objektov ter ureja druga vprašanja, povezana z graditvijo objektov (Zakon o graditvi ..., 2004). Torej nam zakon poda, kdaj in za kakšen NS potrebujemo gradbeno dovoljenje (GD), ali ga ne potrebujemo ter postopek pridobitve GD. Določa nam tudi vrsto projektne dokumentacije, ki jo je potrebno priložiti k vlogi za GD ter postopek pridobitve uporabnega dovoljenja s pripadajočo tehnično dokumentacijo.

2.2.4 Zakon o varstvu okolja

Ta zakon ureja varstvo okolja pred obremenjevanjem kot temeljni pogoj za trajnostni razvoj in v tem okviru določa temeljna načela varstva okolja, ukrepe varstva okolja, spremljanje stanja okolja in informacije o okolju, ekonomske in finančne instrumente varstva okolja, javne službe varstva okolja in druga z varstvom okolja povezana vprašanja (Zakon o varstvu ..., 2006). Zakon o varstvu okolja je določil obveznost presoje vplivov na okolje pri tistih nameravanih posegih, za katere je predpisano GD (med katerimi je lahko tudi NS) in ki bi lahko občutneje vplivali na okolje (Čuden-Osredkar in Pintar, 2003).

2.2.5 Uredba o vrstah posegov v okolje, za katero je obvezna presoja vplivov na okolje

Uredba določa vrste posegov v okolje in njihove spremembe, za katere je presoja vplivov na okolje vedno obvezna in vrste posegov v okolje in njihove spremembe, za katere je presoja vplivov na okolje obvezna, če presegajo določen obseg in izpolnjujejo določene pogoje glede značilnosti posega in kraja posega ter možnih vplivov na okolje (Uredba o vrstah ..., 2006). Med naštetimi je tudi namakanje kmetijskih zemljišč, če gre za veliki NS.

2.2.6 Uredba o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla

Uredba določa vnos snovi v tla pri vnašanju blata čistilnih naprav, komposta ali mulja iz rečnih strug in jezer, ter vnos snovi pri namakanju rastlin in pri gnojenju, zlasti pa mejne vrednosti letnega vnosa nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla ali na tla, stopnje zmanjševanja vnosa ter druge ukrepe v zvezi z vnosom (Uredba o vnosu ..., 1996). 14. člen določa, da je za namakanje rastlin prepovedano uporabljati vodo, pri kateri:

- vsebnost težkih kovin presega mejne vrednosti dobrega kemijskega stanja za težke kovine v površinskih vodah v skladu s predpisi na področju varstva okolja, ki urejajo kemijsko stanje površinskih voda in
- parametri vode za namakanje rastlin presegajo mejne vrednosti, ki so določene v tej uredbi.

Poleg tega tudi določa, da je na območju vodnega zajetja namakanje rastlin prepovedano.

2.2.7 Zakon o vodah

Zakon ureja upravljanje z morjem, celinskimi in podzemnimi vodami (v nadaljnjem besedilu: vode) ter vodnimi in priobalnimi zemljišči. Upravljanje z vodami ter vodnimi in priobalnimi zemljišči obsega varstvo voda, urejanje voda in odločanje o rabi voda. Ta zakon ureja tudi javno dobro in javne službe na področju voda, vodne objekte in naprave ter druga vprašanja, povezana z vodami (Zakon o vodah, 2002). V zakonu so opisani postopki pridobitve vodne pravice, ki je, v primeru namakanja kmetijskega zemljišča ali drugih površin, vodno dovoljenje (125. člen), postopek pridobitve vodnega soglasja, ki ga potrebujemo pri graditvi NS ter postopek pridobitve koncesije za gospodarsko izkoriščenje talne vode ali vode iz vodotoka za namakanje kmetijskih zemljišč.

2.2.8 Uredba o vodnih povračilih

Uredba določa način določanja višine vodnega povračila, način obračunavanja, merila za znižanje vodnega povračila za rabo vode za oskrbo s pitno vodo, odmere in plačevanja vodnega povračila ter merila za znižanje in oprostitev plačevanja vodnega povračila. Vodno povračilo se plačuje za rabo vode (tudi za namakanje), naplavin in vodnih zemljišč v lasti države (Uredba o vodnih ..., 2002).

2.2.9 Uredba o izvajanju nalog na hidromelioracijskih sistemih

Uredba je izdana na podlagi Zakona o kmetijstvu (Zakon o kmetijstvu, 2000). Določa naloge v zvezi z upravljanjem in vzdrževanjem namakalnih in osuševalnih sistemov kmetijskih zemljišč, območja, na katerih se izvajajo te naloge, pogoje, programe upravljanja in vzdrževanja ter vire financiranja za izvajanje teh nalog. Ta uredba se ne uporablja za male NS (Uredba o izvajanju ..., 2005).

2.2.10 Uredba o koncesiji za gospodarsko izkoriščanje talne vode in Uredba o koncesiji za gospodarsko izkoriščanje vode iz vodotoka

Uredbe se podeljujejo za vsak posamezni primer (koncesionarjem). Določajo pogoje za podelitev koncesije, dejavnosti in pogoje, ki jih mora koncesionar izpolnjevati ter način plačevanja, ki se podrobneje določi v koncesijski pogodbi (Uredba o koncesiji ..., 1996; Uredba o koncesiji ..., 2001).

2.3 PODATKOVNE BAZE

Podatkovne baze imajo danes enak pomen kot fizični arhivi, saj omogočajo shranjevanje podatkov in takojšnjo obdelavo le-teh. Uporabljajo se na vseh možnih področjih, definiramo pa jih lahko na različne načine. Načeloma je podatkovna baza zbirka podatkov, ki so lahko na različne načine shranjeni, tako fizično kot digitalno. Podatki omogočajo posamezniku ali organizaciji shraniti na pomnilniški medij tisti del svojega znanja, ki se nanaša na pomnjenje dejstev. Iz takega razumevanja podatkov sledi definicija podatkovne baze:

- I. Podatkovna baza je model okolja, ki služi kot osnova za sprejemanje odločitev in izvajanje akcij (Mohorič, 2002).

Iz definicije sledi, da so podatki osnova, na katerih temelji celotno delovanje organizacije, zato je potrebno z njimi, enako kot z ostalimi sredstvi organizacije, smiselno upravljati. Upravljanje podatkovne baze zajema:

- zagotavljanje razpoložljivosti podatkov;
- nadzor nad uporabo podatkov, v katerega okvir sodi skrb za: celovitost (integriteto) podatkov, uporabo podatkov v skladu z njihovim namenom in uporabnost podatkov tudi v prihodnje.

Po mnenju Mohoriča (2002) na podatkovno bazo lahko gledamo tudi z bolj tehničnega vidika, o čemer govorita naslednji dve definiciji:

- II. Podatkovna baza je zbirka med seboj pomensko povezanih podatkov, ki so shranjeni v računalniškem sistemu, dostop do njih je centraliziran in omogočen s pomočjo sistema za upravljanje podatkovnih baz.
- III. Podatkovna baza je mehanizirana, večuporabniška, formalno definirana in centralno nadzorovana zbirka podatkov.

Iz njiju sledi, da se v podatkovni bazi shranjujejo podatki, ki se nanašajo na določen del sveta, v katerem so vse stvari in dogajanja med seboj povezana; da je podatkovna baza računalniško podprta; da obstaja centralni mehanizem za nadzor in dostop do podatkov; da obstaja predpis, kakšni in kateri podatki se nahajajo (oz. se smejo nahajati) v podatkovni bazi ter kakšen je njihov pomen.

Upravljanje podatkovne baze mora zagotavljati optimalno razpoložljivost v njej shranjenih podatkov. Pod razpoložljivostjo razumemo: učinkovit dostop vseh porabnikov, sočasno, do vseh vrst podatkov in to ves čas (Mohorič, 1995). Podatki v podatkovni bazi morajo biti dostopni uporabnikom (za branje in ažuriranje) vedno takrat, ko jih le-ti potrebujejo.

2.3.1 Povpraševalni jezik SQL

S pojavom relacijskega podatkovnega modela v začetku 70. let so se pričela tudi prizadevanja za razvoj ustreznega relacijskega povpraševalnega jezika. Leta 1974 je bil definiran in tudi eksperimentalno uveden Structured English Query Language (SEQUEL), iz katerega se je razvil današnji SQL (Mohorič, 1995). Osnovna funkcija jezika SQL je podpirati definicije podatkovnih struktur, rokovanje s podatki v njih in nadzor nad podatki v relacijski podatkovni bazi.

V diplomski nalogi obravnavana podatkovna baza KatMeSiNa (Kataster melioracijskih ..., 2007) je formirana na osnovi EviMeS (Evidenca Melioracijskih Sistemov), katere opisni (atributni) del je zasnovan na programskem orodju Microsoft SQL Server 2000 (Stražar, 2002).

2.3.2 Kataster melioracijskih sistemov in naprav (KatMeSiNa)

Do leta 2001 so obstajali samo nekateri popisi hidromelioracijskih območij, s približnimi evidencami o njihovih velikostih. Ti podatki so bili povzeti predvsem iz občinskih odlokov oz. odredb o uvedbi melioracijskih območij. Pri tem je potrebno poudariti, da ni bilo preverjeno, če so sistemi v resnici bili zgrajeni (Banovec in sod., 2003).

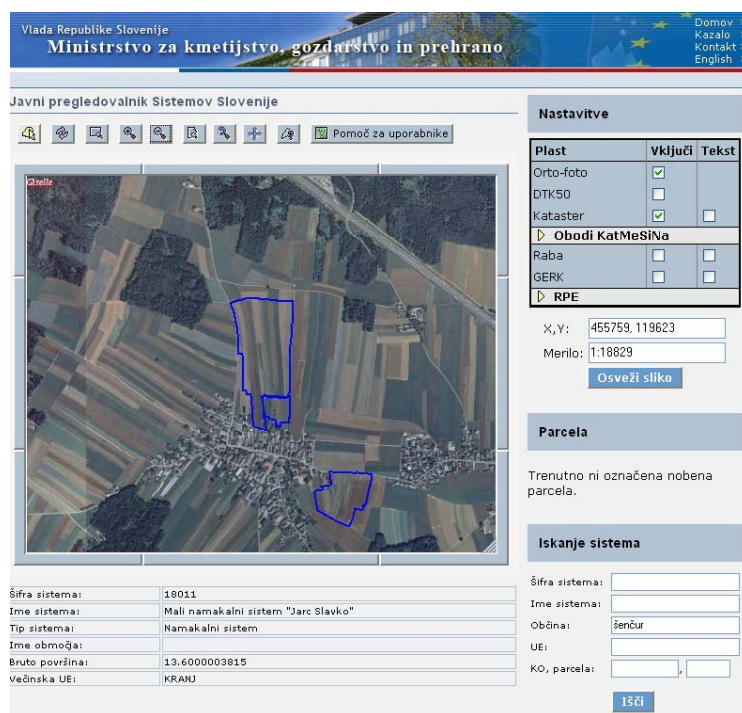
Ministrstvo za kmetijstvo je na podlagi 93. člena ZKZ (Zakon o kmetijskih ..., 2003) zavezano k temu, da vodi kataster melioracijskih objektov in naprav, ki je povezan z bazo zemljiškega katastra. Da bi se omogočilo učinkovito gospodarjenje s hidromelioracijskimi sistemi na osnovi učinkovitega komuniciranja med uporabniki, pristojnim ministrstvom in upravljavci, je bil osnovan prvi korak na poti k vzpostavitvi evidence hidromelioracijski sistemov. Evidenca melioracijskih sistemov in naprav (EviMeS) se je poimenovala po ZKZ v "Kataster melioracijskih sistemov in naprav (KatMeSiNa)".

KatMeSiNa se je oprl na že pripravljene dokumente iz preteklih let ter na zakonsko predvideno vsebino iz ZKZ. Prvo metodologijo je leta 1996 pripravil VGB iz Maribora, in sicer Kataster objektov in naprav za namakalne in osuševalne sisteme (Stražar, 2002). Leta 2000 je Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za mehaniko tekočin z laboratorijem iz Ljubljane nadgradila osnovno metodologijo in izdelala metodologijo za evidenco namakalnih sistemov imenovano EviNaS (Stražar, 2002). Podatkovna baza EviNaS naj bi služila kot osnova za nadgradnjo KatMeSiNa, vendar do aplikacije te metodologije še ni prišlo. Tako je bila podatkovna baza KatMeSiNa osnovana na osnovni metodologiji in je taka tudi na voljo uporabnikom in upravljavcem.

KatMeSiNa je dostopen na spletni strani MKGP (Kataster melioracijskih ..., 2007) in omogoča pregled podatkov tako preko javnega dostopa kot tudi preko prijave v KatMeSiNa (slika 2). Javni pregledovalnik aplikacije je sestavljen iz treh delov:

- osrednjega okna za prikaz podatkov,
- orodne vrstice na vrhu, ki jo sestavljajo gumbi, s katerimi se izvajajo različne operacije in
- področja (na desni strani), kjer se nastavlja poglede na plasti, numerično nastavlja pogled ter pregleduje podatke o parcelah in melioracijskih sistemih.

Podatkovna baza KatMeSiNa zajema področje agromelioracij, namakalnih in osuševalnih sistemov, vendar v bazi manjka opis področja agromelioracij. Z agromelioracijskimi operacijami bodo sledili k uravnoteženi porabi obnovljivih virov, izboljšanju založenosti površin ter primerni vključitvi dostopnih poti z ostalim infrastrukturnim omrežjem in s tem k smotnejši uporabi sodobnih pridelovalnih tehnologij. Tako je MKGP v finančnem načrtu za leto 2007 zopet predvidelo vlaganje finančnih sredstev v izdelavo informacijske baze in aplikacije KatMeSiNa (23 Ministrstvo za ..., 2007).



Slika 2: Prikaz aplikacije KatMeSiNa preko javnega dostopa (Kataster melioracijskih ..., 2007)

2.4 MODELI ZA IZRAČUN POTREB RASTLIN PO VODI

Modeli za izračun potreb rastlin po vodi predstavljajo orodje za pomoč pri načrtovanju NS tako inženirjem (projektantom) NS kot tudi končnim uporabnikom. Med seboj se v grobem razlikujejo po tem ali računajo dnevno ali pa samo mesečno in letno vodno bilanco tal. V diplomski nalogi bomo obravnavali tri različne računalniške programe za izračun evapotranspiracije in potreb rastlin po vodi.

2.4.1 Računalniški program NAMIZ

NAMIZ je program za ovrednotenje fizikalnih parametrov izvedbe namakalnih projektov. Osnovni namen je določitev tehnične izvedljivosti posameznega predvidenega namakalnega območja. NAMIZ na enostaven način omogoča spreminjanje posameznih parametrov modela in analizo vplivov različnih, spremenjenih vhodnih parametrov na strošek investicije in potrebe celotnega sistema po vodi (Gogerly in sod., 1999). Program pa ima določene omejitve, in sicer: ne vključuje retenzijske kapacitete tal, ne omogoča določitve urnika namakanja in elementov vezanih nanj, ne izvaja logične kontrole kolobarja in ima težave pri analizi kultur, ki v eni sezoni zrastejo na eni površini, kadar je možnih več žetev.

Program povezuje različne podatke v enoten model. Te podatke mora vsak uporabnik sam redno spremljati in po potrebi novelirati (Gogerly in sod., 1999). Vhodni podatki se delijo na naslednje osnovne kategorije:

- podatki specifični za vsako namakalno območje: velikost, topografija, bruto in neto namakalna površina;

- podatki, ki so specifični za aplicirani kolobar: namakalna površina, vrsta pridelkov in površina posameznega pridelka, specifični podatki o rasti za posamezni pridelek (datum sajenja, dinamika rasti in potrebe rastline po vodi);
- hidrometeorološki podatki (podatki o temperaturah, padavinah idr.), ki so potrebni za določitev evapotranspiracije in potrebe rastlin po vodi;
- podatki o NS (dolžina cevi in njihovi premeri, preboji (npr. prometnic), črpališče, ali je potrebna akumulacija idr.);
- podatki o cenah na enoto za gradbena dela, za material, mehansko in elektro opremo, električno energijo idr.;
- podatki o vrstah in karakteristikah namakalne opreme.

Program obdela vse navedene podatke in kot rezultat izdela potrebe po vodi za namakanje in oceno stroškov investicije ter tekočih stroškov obratovanja in vzdrževanja sistema (Gogerly in sod., 1999).

Rezultati, ki jih daje program NAMIZ, so združeni v dva sklopa:

- potreba po namakanju in potrebne vodne količine (srednja poraba vode, maksimalna poraba vode, dnevne, desetdnevne maksimalne vrednosti ipd.) ter
- tehnične karakteristike, vezane na izdelavo idejnega projekta, popisa del in projektantskega predračuna ter skupna ocena investicije in tekočih stroškov za vsak posamezni projekt (Gogerly in sod., 1999).

Program predstavlja zelo uporabno orodje, kljub temu, da omogoča le iz vrednotenje projektov obdelanih na nivoju idejnega projekta.

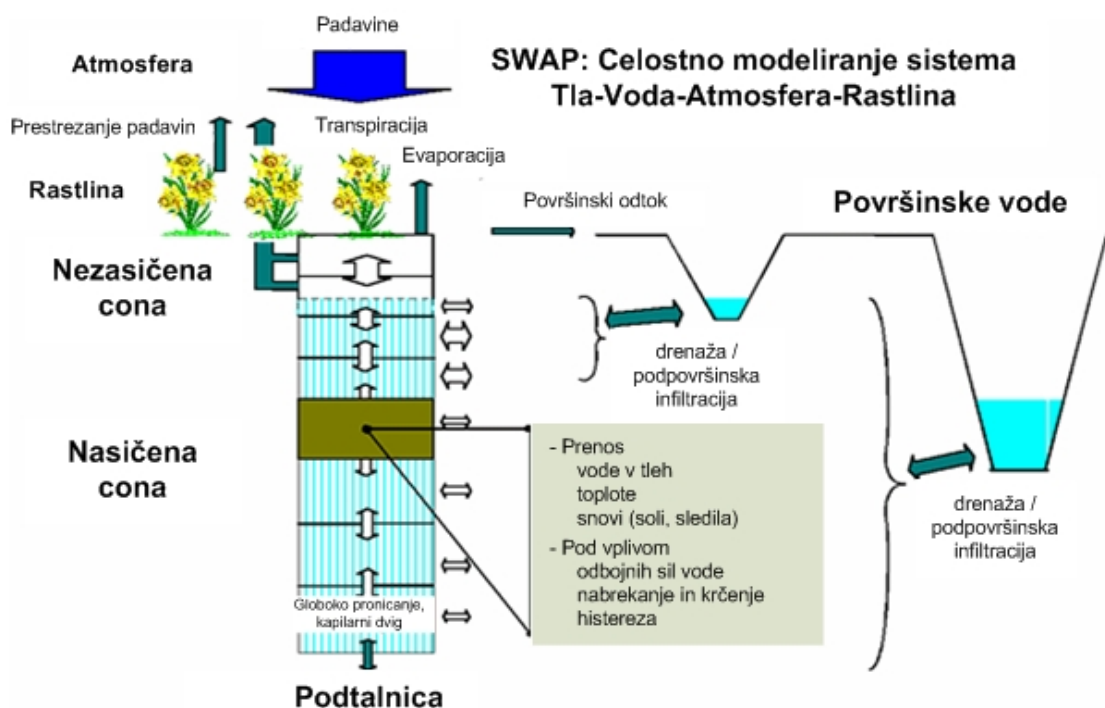
2.4.2 Računalniški program SWAP

Računalniški model SWAP (Soil-Water-Atmosphere-Plant) je naslednik agrohidrološkega modela SWATRE, ki so ga razvili pred več kot dvajsetimi leti. SWAP simulira tok vode, prenos snovi v talni raztopini in tok toplote v različno nasičenih vrhnjih plasteh tal. Program je narejen za celotno modeliranje sistema tla-voda-atmosfera-rastlina preko cele rastne dobe in je uporabno raziskovalno orodje pri proučevanju odziva omenjenega sistema na parametre okolja, zlasti temperaturo zraka, količino padavin, vsebnost vode v tleh, oblačnost, sevanje in veter. Model ponuja širok spekter možnosti za uporabo pri iskanju odgovorov na raziskovalna in praktična vprašanja na področju agronomije, vodnega gospodarstva in varstva okolja (Soil Water ..., 2007).

Model izračuna Richardovo enačbo numerično tako za nasičene kot nenasičene plasti tal, odvisno od specifičnih začetnih in mejnih pogojev ter znanih razmerij med vsebnostjo in tlakom vode v tleh ter hidravlično prevodnostjo nenasičenih tal. Ta razmerja običajno imenujemo hidravlične funkcije tal in jih lahko merimo direktno v tleh ali pa jih pridobimo iz podatkov o tleh (Sarwar in sod., 2001). Meje vrhnjih plasti sistem definira z ali brez rastlinskega pokrova (neporaščena tla) in z atmosferskimi pogoji. Stranske meje sistema omogočajo simulacijo interakcije s površinskimi vodnimi sistemi. Spodnja meja je cona kapilarnega dviga nad nivojem podtalnice oz. zgornje meje plasti podtalnice ter opisuje interakcijo vadozne (nenasičene) cone z regionalno podtalnico (Soil Water ..., 2007). Shematsko strukturo modela SWAP prikazuje slika 3.

Meje vrhnjih plasti sistem opisuje s potencialno evapotranspiracijo, padavinami in namakanjem. Za izračun evapotranspiracije model uporablja dnevne meteorološke podatke in Penman-Monteith-ovo metodo. Potencialno evapotranspiracijo deli na potencialno transpiracijo in potencialno evaporacijo tal, ki temeljita na indeksu listne površine ali pokrovnosti tal.

Z modelom je za določitev optimalne rabe vode pri namakanju moč uporabiti različne pristope. Lahko predvideva možnost začetka namakanja za točno določen dan ali pa uravnava obroke namakanja, glede na dinamično funkcijo stopnje razvoja rasti (Sarwar in sod., 2001).



Slika 3: Shematska struktura modela SWAP (prirejeno po Soil Water ..., 2007)

2.4.3 Računalniški program CROPWAT

CROPWAT je računalniški program, ki omogoča izračun referenčne evapotranspiracije, potreb rastlin po vodi in namakanju, poleg tega pa omogoča izdelavo namakalnega urnika (Smith, 1992). Razvili so že več različnih verzij programa, zadnje tri pa so: CROPWAT verzija 5.6, 5.7 in 7.0. Vse verzije uporabljajo Penman-Monteithovo metodo za izračun referenčne evapotranspiracije rastlin, ki jo potem uporabijo za določitev potreb rastlin po vodi ter izdelavo namakalnega urnika (Šraj, 2006). Izračuni temeljijo na vhodnih klimatskih podatkih, podatkih o rastlinah in tleh. Program je uporabnikom prijazen, saj omogoča poleg prikaza vhodnih podatkov in rezultatov tudi tabelarni in grafični prikaz rezultatov. V programu lahko izbiramo med 30 različnimi že vgrajenimi poljščinami. Načrt namakanja lahko izdelamo za več rastlin hkrati na eni parceli, za namakalni urnik pa sami izberemo interval namakanja (Šraj, 2006). Program omogoča vnos mesečnih klimatoloških podatkov.

Potrebni podatki za izračun potreb po vodi:

- referenčna evapotranspiracija rastlin (podatke lahko vnesemo sami ali pa uporabimo ocene ET_0 , ki so izračunane z uporabo Penman-Monteith-ove enačbe),
- mesečne vrednosti padavin (potrebno jih je vnesti le, če v času rasti rastlin dežuje ali pa uporabimo že obstoječe podatke o padavinah),
- podatki o posameznih vrstah rastlin (datoteke z osnovnimi lastnostmi so že vgrajene v program – potrebno je le izbrati pravo vrsto rastline in datum sajenja oz. sejanja, koeficiente posameznih rastlin je možno popravljati, tako kot tudi lahko ustvarimo novo datoteko za rastlino, ki je v programu ni).

Potrebni podatki za izdelavo namakalnega urnika:

- podatki o tleh (datoteke z osnovnimi tipi tal (težka, srednja, lahka) so že vgrajene, lahko pa jih sami vnesemo),
- kriteriji/pogoji namakalnega urnika (določitev kriterija je osnova, na podlagi katere bo program izračunal urnik namakanja).

Smith (1992) pojasnjuje, da je osnova izračuna urnika namakanja vodna bilanca tal, kjer določevanje stanja tal temelji na dnevni bilanci vhodne in izhodne vode v področje koreninskega sistema (enačba 4).

$$SMD_i = SMD_{i-1} + ET_a - P_{tot} - Irr.Appl. + RO + DP \quad \dots(4)$$

kjer je SMD_i (Soil Moisture Depletion at a day i) pomanjkanje vode v tleh na določen dan, ET_a dejanska evapotranspiracija rastline, P_{tot} efektivne padavine, $Irr. Appl.$ (irrigation depth) globina namakanja, RO (runoff) površinsko odtekajoča voda in DP (deep percolation) globina filtracije oz. pronicanja vode.

Rezultate program lahko prikaže tabelarično in grafično na ekranu ter tekstovno v datoteki, ki jo lahko izvozimo v MS Excel.

2.5 NAMAKALNI SISTEMI

Posledice sušnih razmer se v kmetijstvu najbolj odrazijo na pridelkih, vendar suša negativno vpliva tudi na okolje. Obseg negativnih posledic suše je odvisen od jakosti in trajanja sušnega obdobja. Sušne razmere določene lokacije so posledica vpliva številnih procesov, kot so padavine, evapotranspiracija in lastnosti tal (Matičič in sod., 1995). Ker rastline sprejemajo hranila preko talne raztopine, je pomembno, da so v tleh optimalne vodne razmere (Pintar, 2006).

V poletnem času, ko je vode že po naravi zelo malo, lahko s preveliko porabo vode za namakanje negativno vplivamo na okolje. S spiranjem hranil in sredstev za varstvo rastlin pospešujemo onesnaževanje voda, zato je pomembno, da količine dodane vode rastlinam z namakanjem niso prevelike in da ustrezajo njihovim dejanskim potrebam ter lastnostim tal (Pintar, 2006). Pri tem si lahko pomagamo z izračuni namakalnih parametrov, ki nam povedo koliko, kdaj in kako pogosto moramo namakati. Le-ti pa se med seboj razlikujejo glede na način namakanja.

2.5.1 Namakalni parametri

Namakalni parametri so osnova tehnološkega dela namakalnega projekta in služijo za dimenzioniranje NS. Namakalni parametri, ki opišejo koliko, kdaj in kako pogosto je potrebno dodajati vodo, so: norma namakanja, norma (obrok) zalivanja, začetek namakanja, trajanje namakanja, interval zalivanja (turnus namakanja), hidromodul namakanja in število namakanj.

2.5.1.1 Norma namakanja

Norma namakanja je skupna količina vode, ki jo moramo dodati rastlinam v eni sezoni oz. vegetaciji in je pomemben podatek za velikost akumulacije (Pintar, 2004). Izračun norme namakanja prikazuje enačba 5.

$$Nn = Pv - Rv \quad \dots (5)$$

kjer je Nn norma namakanja [mm, m³/ha/leto], Pv skupna poraba ali konzumpcija vode v sezoni [mm/leto, m³/ha/leto] in Rv skupna razpoložljiva količina vode v sezoni [mm/leto, m³/ha/leto].

Rastlina v rastni sezoni potrebuje za optimalno rast določeno količino vode (konzumpcija), ki je enaka potencialni evapotranspiraciji. Izračun potencialne evapotranspiracije prikazuje enačba 6. Del te vode dobi v obliki padavin, ki se vpijejo v tla, del pa ji moramo zagotoviti v obliki namakanja.

$$ETP(= ET_{crop}) = kc * ET_0 \quad \dots (6)$$

kjer je $ETP = ET_{crop}$ potencialna evapotranspiracija rastline [mm/dan, mm/mesec, mm/sezono], kc faktor rastlin (0,2 – 1,2) in ET_0 referenčna evapotranspiracija [mm/dan, mm/mesec, mm/sezono].

Pri vseh NS se del vode izgubi. Izgube vode nastajajo pri distribuciji, ker cevni sistemi niso povsem vodotesni, in pri sami aplikaciji, kjer imamo različne načine namakanja. Zaradi izgube vode pri namakanju, je potrebno neto normo namakanja povečati za koeficient izkoristka vode. Tako dobimo bruto normo namakanja (enačba 7).

$$Nb = \frac{Nn}{E} \quad \dots (7)$$

kjer je Nb bruto norma namakanja [mm, m³/ha/leto], Nn neto norma namakanja [mm/leto, m³/ha/leto] in E koeficient izkoristka vode v namakalnem sistemu [mm/leto, m³/ha/leto].

2.5.1.2 Norma zalivanja ali obrok namakanja

Norma zalivanja je skupna količina vode, ki jo tla sprejmejo pri enem zalivanju, izražena v mm ali m³/ha. Enaka je razliki med poljsko kapaciteto in dopustno rabo razpoložljive vode v tleh (Matičič in sod., 1995). Izračun norme zalivanja prikazuje enačba 8.

$$ON = LDV = (PK - TV) * \rho_b * D * p \quad \dots (8)$$

kjer je ON obrok namakanja ali lahko dostopna voda v tleh (LDV) [cm], PK poljska kapaciteta tal za vodo (0,33 bar) [volumski odstotek, mm vode/100 mm tal], TV točka venenja (15 bar) [volumski odstotek, mm vode/100 mm tal], ρ_b gostota tal [g/cm³], D globina vlaženja tal (glavne mase koreninskega sistema) [m] in p delež lahko dostopne vode v tleh med PK in TV.

Pomemben parameter je maksimalna količina dodane vode, to je delež vode, ki jo rastline iz tal lahko črpajo, saj vpliva tako na rastlino kot tudi okolje. Neto norma zalivanja je pomemben podatek za rast rastline, bruto norma zalivanja, ki upošteva izgube vode, pa za črpališče vode.

Norma zalivanja je odvisna od lastnosti tal in lastnosti rastline. Pri lastnostih tal je pomembna predvsem količina vode, ki jo tla lahko zadržijo med PK in TV, to je kapilarna voda. Med pomembnejše lastnosti rastlin štejemo globino razvoja koreninskega sistema, saj je efektivna globina koreninskega sistema približno $\frac{1}{2}$ maksimalne globine koreninskega sistema, ter sposobnost rastlin za črpanje vode, ker vse rastline ne izkoriščajo fiziološko aktivne vode enako dobro (Pintar, 2004).

2.5.1.3 Začetek namakanja

Začetek namakanja je trenutek, ko stopnja vlažnosti tal pade pod dovoljeno znižanje količine vode v tleh (DZV). DZV se v Sloveniji giblje od 20 – 25 mm. Pri določanju začetka namakanja si pomagamo z metodami in napravami za merjenje vlažnosti tal (Pintar, 2004). Metode za merjenje vlažnosti tal delimo na neposredne (gravimetrična metoda) in posredne (merjenje s tenziometri, nevtronskimi merilci, TDR (Time Domain Reflectometry), FDR (Frequency Domain Method) in merjenje električne prevodnosti).

Merjenje vodnega potenciala s tenziometri poteka v razponu 0 – 0,85 bar (teoretično do 1 bar), to je 25 – 75 % celotne razpoložljive vode. Porozna kapica tenziometra ima kontrolirano porazdelitev por tako, da lahko ostane nasičena, dokler matrični potencial okoli nje ne doseže podtlaka 1 bar. V tem razponu se gibljejo optimalne količine vode za sadje, vrtnine in poljščine. Tako s pomočjo izdelane desorbcijske krivulje (pF krivulje), ki grafično prikazuje pF vrednosti v odvisnosti od ustrezne vsebnosti vode talnega vzorca, ugotovimo količino vode v tleh. Ko količina vode v tleh doseže točko med lahko in težko dostopno vodo (nekje med PK in TV), je potrebno začeti z namakanjem. V praksi uporabniki NS večinoma nimajo izdelane desorbcijske krivulje, zato upoštevajo približek in začnejo namakati, ko se vrednosti tenziometra približajo 0,7 bar (Zupanc in Pintar, 2005).

2.5.1.4 Čas namakanja

Čas namakanja oz. čas trajanja enega zalivanja dobimo, če obrok namakanja delimo z intenziteto namakanja (enačba 9). Vsak namakalni sistem ima poleg ostalih podatkov priložene tudi podatke za intenziteto namakanja. Pomembno je, da intenziteta namakanja ni večja od filtracijske (infiltracijske) sposobnosti tal (Pintar, 2004).

$$t = ON / I \quad \dots (9)$$

kjer je t čas oz. trajanje namakanja [min, ure], ON obrok namakanja oz. norma zalivanja [mm, m³/ha] in I intenziteta namakanja [mm/min] oz. kapaciteta namakalne opreme [m³/ha/h, l/s*ha].

2.5.1.5 Interval zalivanja ali turnus namakanja

Interval zalivanja (turnus namakanja) je interval v dnevih med dvema zalivanjema in predstavlja čas, v katerem se porabi voda, ki smo jo dodali pri enkratnem zalivanju. Pomemben je za dimenzioniranje namakalne opreme (npr. število bobenskih namakalnikov (Pintar, 2004)). Izračun turnusa namakanja prikazuje enačba 10.

$$T = ON / dp \quad \dots (10)$$

kjer je T turnus namakanja oz. interval zalivanja [dni], ON obrok namakanja oz. norma zalivanja [mm, m³/ha] in dp dnevna potrošnja oz. evapotranspiracija za obravnavano kulturo [mm/dan].

2.5.1.6 Hidromodul namakanja

Hidromodul namakanja se deli na povprečni in delovni hidromodul.

Povprečni hidromodul je količina vode, ki jo moramo neprekinjeno dovajati do namakalne površine, 24 ur/dan. V praksi se uporablja pri simulaciji potrebnega volumna vode v akumulaciji (Pintar, 2004). Izračun povprečnega hidromodula prikazuje enačba 11.

$$Ha = \frac{Nb}{D * 86400s / dan} \quad \dots (11)$$

kjer je Ha povprečni hidromodul namakanja [l/s/ha], Nb (bruto) norma namakanja [m³/ha] in D rastna doba [dni].

Delovni hidromodul ali maksimalni hidromodul je količina vode, ki jo moramo dovajati na hektar ob največji porabi, pri tem pa upoštevamo izgube vode. Uporablja se za dimenzioniranje primarnih cevovodov in črpalk. Pri manjših sistemih je odvisen tudi od namakalne opreme (Pintar, 2004). Izračun delovnega hidromodula prikazuje enačba 12.

$$H_{max} = \frac{d}{T * t * 3600s / uro} \quad \dots (12)$$

kjer je H_{max} delovni hidromodul namakanja [l/s/ha], d bruto obrok namakanja oz. bruto norma zalivanja [mm], T najkrajši turnus namakanja [dnevi] in t dnevni čas namakanja [h/dan].

2.5.1.7 Število namakanj

Število namakanj je le okvirno število, brez upoštevanja deževnih dogodkov, ker prihodnosti ne moremo napovedovati (Pintar, 2004). Izračun števila namakanj prikazuje enačba 13.

$$\text{število namakanj} = Nn / nON \text{ oz. } Nb / bON \quad \dots (13)$$

kjer je Nn (neto) norma namakanja [mm], nON neto norma zalivanja oz. obrok namakanja [mm/zalivanje], Nb bruto norma namakanja [mm] in bON bruto norma zalivanja oz. obrok namakanja [mm/zalivanje].

2.5.2 Namakalni sistemi in oprema

ZKZ (2003) NS deli na velike in male NS. Veliki NS so namenjeni večjemu številu uporabnikom za skupno rabo po namakalnem urniku, mali pa so namenjeni enemu ali več uporabnikom, ki uporabljajo namakalni sistem neodvisno drug od drugega.

Vodni vir za namakanje kmetijskih zemljišč je lahko vodotok, podtalnica ali akumulacija. Matičič in sod. (1995) so mnenja, da je odvzem vode iz vodotokov omejen zaradi nizkih pretokov, omejenih količin podtalnice ter s kvaliteto vode. Večina manjših vodotokov v sušnem obdobju nima pretoka, da bi bil možen odvzem. Tako ostajajo kot vodni viri le največji slovenski vodotoki (Mura, Drava, Sava, Soča, Kolpa). Vodo iz akumulacije je možno definirati kot vodni vir na področjih, kjer je izgradnja možna glede posega v prostor in kjer so izpolnjeni ostali pogoji za izgradnjo (ustrezni pregradni prerezi, zadostno nabiranje vode v akumulaciji, sprejemljiv dovod vode do namakalnega področja, itd.). Pintar (2006) v Osnovah namakanja opisuje sestavne dele in način postavitve NS sledeče.

Sestavni deli NS so:

- Črpališče s črpalnim agregatom in, v primeru kapljičnega namakanja, s kontrolno glavo.
- Glavni (imenovan tudi primarni ali dovodni) cevovod za dovod vode do namakalne parcele.
- Razvodni (imenovan tudi sekundarni) cevovod za razvod vode po parceli.
- Namakalne linije z razpršilci ali s kapljači (imenovane tudi laterali ali na kratko namakalna oprema).
- Hidranti, zasuni, ventili, regulatorji tlaka in pretoka, odzračevalniki ipd. (skupno jih imenujemo armatura).

Glede načina postavitve ločimo:

- Stabilni NS, ki ima stalno črpališče ob vodnem viru in vkopane cevovode ter stalno nameščeno namakalno opremo.
- Polstabilni NS, ki ima stalno črpališče vode in vkopan glavni cevovod do parcele z vgrajenimi hidranti v jaških.
- Prestavljivi NS, kjer je ob vodnem viru nameščen prenosni črpalni agregat. Dovodni cevovod do parcele ter razvodni cevovod po parceli sta nameščena na površini tal in jih je po potrebi možno prestavljati.

2.5.3 Načini namakanja

Ker je namakanje stara agrotehnična disciplina in se je v praksi do sedaj zamenjalo že veliko metod, načinov in sistemov namakanja, bomo v tem poglavju opisali samo tiste načine namakanja in namakalno opremo, ki so primerni za naše naravne danosti ter tehnične in tehnološke razmere.

2.5.3.1 Namakanje z oroševanjem

Namakanje z oroševanjem so razvili po drugi svetovni vojni s vpeljavo lahkih prenosnih aluminijastih cevi (Benami in Ofen, 1995). Namakanje z oroševanjem izvajamo z razpršilci, ki so lahko nameščeni kot stabilna, prestavljiva ali mobilna oprema (bobnasti namakalnik). Cilj je čim bolj enakomerno razporediti vodo po celotni površini. Slabost namakanja z oroševanjem je večja nevarnost pojava bolezni, ki jim ugaja vlažna klima, saj so z oroševanjem površine listov večkrat mokre (Pintar, 2006).

Bobnaste namakalnike izberemo glede na dolžino cevi, premer cevi, širino namakalnega pasu in delovni tlak. Primerni so le za najodpornejše poljščine (npr. koruzo) ter travnike in pašnike, ki se jih pri nas, predvsem slednjih dveh, ne namaka.

Širok izbor razpršilcev na tržišču (od velikih (vodni topovi) do mikrorazpršilcev) pa omogoča, da izberemo primerne razpršilce za vrtnine in sadovnjake. Pri izbiri vrste razpršilca je pomembno, kakšno intenziteto namakanja ima razpršilec pri različnih postavitvah. Pomembno je tudi, da intenziteta namakanja ne presega koeficienta infiltracije, ker bi sicer voda na površju zastajala in površinsko odtekala ter povzročala erozijo tal. Mikrorazpršilci so zaradi majhnih kapelj primerni za namakanje vrtnin, ki jim prija visoka zračna vlaga (npr. kapusnice) ter za oroševanje sadik ob saditvi, z namenom vzdrževanja boljše mikroklimе, dokler še niso dobro ukoreninjene. Še posebej so primerni v vrtnarijah za namakanje rastlin gojenih v lončkih in za namakanje sadovnjakov, kot zaščita proti pozebi (Pintar, 2006).

2.5.3.2 Kapljično namakanje

Kapljično namakanje je relativno nova metoda namakanja, ki so jo razvili v zadnjih treh desetletjih (Benami in Ofen, 1995). Kapljično namakanje omogoča, da rastlini vsak dan dodajamo toliko vode, kolikor jo dejansko rabi. Najpomembnejše prednosti kapljičnega namakanja pred ostalimi tehnikami so, da ne namakamo celotne površine, medvrstni prostori ostajajo suhi in omogočajo prehod z mehanizacijo, namakalna oprema deluje pri nižjih tlakih (0,5-1 bara), omogoča namakanje lahkih peščenih tal, omogoča dodajanje hranil preko namakalnega sistema (fertigacija), ne močimo listne površine in ni povečane nevarnosti za pojav bolezni. Slabosti kapljičnega namakanja v primerjavi z ostalimi načini namakanja pa so: nevarnost mašenja kapljačev ter manjši razvoj koreninskega sistema rastlin v volumnu tal. Razdalje med kapljači, preko katerih izteka voda, so odvisne od vrste tal ter od namakalnih obrokov (Pintar, 2006).

2.5.3.3 Primerjava namakanja z razpršilci, mikrorazpršilci in kapljičnega namakanja

Za natančno izvajanje namakanja je pomembno poznavanje gojenih rastlin in povezave med količino vode v tleh ter njeno silo vezave na talne delce. V preglednici 1 so primerjalno prikazane glavne prednosti in slabosti namakanja z razpršilci, mikrorazpršilci in kapljičnega sistema namakanja.

Preglednica 1: Primerjava prednosti in slabosti namakanja z razpršilci, mikrorazpršilci in kapljičnega namakanja (Pintar, 2006)

	Namakanje z razpršilci	Namakanje z mikrorazpršilci	Kapljično namakanje
Obrok namakanja	Odvisen od količine vode, ki jo tla zadržijo med PK in TV v globini glavne mase korenin. Največji možni obrok je cca 20 mm oz. 20 l/m ² oz. 200 m ³ /ha.	Pri namakanju vrtnin je obrok enak kot pri razpršilcih, pri namakanju sadnega drevja pod krošnjami je enak kot pri kapljičnem sistemu.	Obrok namakanja je načeloma enak dnevni potencialni evapotranspiraciji. Največje vrednosti so 6-7 mm oz. 6-7 l/m ² .
Poraba vode	Največja, ker namakamo vso površino in so največje izgube vode. Ocenjene izgube 30-40 %.	Poraba vode in ocenjene izgube so odvisne od tega, ali imamo sistem, ki omogoča tudi zaščito proti pozebi ali ne.	Najmanjša, ker namakamo le del površine in so izgube najmanjše. Ocenjene izgube vode 8 %.
Poraba energije	Večja, ker namakalna oprema deluje pri večjih tlakih. Še primerna oprema za namakanje vrtnin deluje pri 2,5 bara.	Srednja, ker namakalna oprema deluje od 1,5 do 4,5 bara.	Najmanjša, ker namakalna oprema deluje pri tlakih do 1 bara.
Občutljivost na veter	Večja, zato je v vetrovnih legah priporočljivo namakati ponoči.	Manjša, saj so mikrorazpršilci navadno nameščeni 25 cm nad tlemi.	Neobčutljivo.
Nevarnost za bolezni	Povečana za bolezni, ki se razvijajo v vlažnejših razmerah, ker so listi pogostejše omočeni. Še posebej velika je, če namakamo ponoči. Zmanjšana za bolezni in škodljivce, ki se pojavljajo v suhih pogojih.	Če so mikrorazpršilci nameščeni nad rastlino, velja enako kot pri razpršilcih. Če so nameščeni pod rastlino, je nevarnost pojava bolezni manjša, kot pri ostalih razpršilcih.	Povečana nevarnost pri bolj občutljivih rastlinah, vendar manjša od vseh vrst namakanja.
Možnost zaščite proti pozebi	Da, s specializirano opremo.	V naših razmerah malo proučena. Obstaja specializirana oprema.	Ne.
Možnost fertigacije	Ne.	Da, če so mikrorazpršilci nameščeni pod krošnje.	Da.
Lastnosti tal	Zelo pomembne. Najprimernejša so srednje težka tla (meljasta ilovica).	Enako pomembne kot pri ostalih razpršilcih.	Enako uspešno lahko namakamo tudi lahka peščena in težka glinasta tla.

2.6 STATISTIČNI PODATKI O NAMAKANJU KMETIJSKIH ZEMLJIŠČ

Na spletni strani Statističnega urada Republike Slovenije (Statistični urad ..., 2007) vodijo statistiko namakanja od leta 2000 naprej. Za leta 2000 - 2006 so razpoložljivi podatki o namakanju po vrstah kmetijskih zemljišč (površina in letna poraba vode). Podatki o vodnem viru (podtalnica, tekoče vode, zbiralniki (akumulacije), ostalo) in načinu namakanja (z oroševanjem, kapljično) pa so dostopni od leta 2003 naprej.

Leta 2003 je bilo namakanih 2.741 ha kmetijskih zemljišč, od tega 95 % zemljišč z oroševanjem, 5 % pa kapljično. Kar 76,2 % namakanih zemljišč je bilo njiv in vrtov, 23,1 % sadovnjakov, preostalih 0,8 % zemljišč je bilo drugo. Za namakanje je bilo porabljenih 6,3 milijona m³ vode, od tega je bilo 64,11 % namakalne vode iz zbiralnikov, 30,75 % iz tekočih vod, 5,09 % iz podtalnice in 0,05 % iz drugih virov (Razboršek, 2005).

Leta 2004 je bilo namakanih 2.329 ha kmetijskih zemljišč, to je za 15,03 % manj kot v letu 2003. Od tega je bilo namakano 90,5 % zemljišč z oroševanjem, 9,5 % pa kapljično. Kar 73,6 % namakanih zemljišč je bilo njiv in vrtov, preostalih 26,4 % pa sadovnjakov. Za namakanje je bilo porabljenih 4,5 milijona m³ vode, od tega je bilo 84,7 % namakalne vode iz zbiralnikov, 12,1 % iz tekočih vod, 2,6 % iz podtalnice in 0,5 % iz drugih virov (Razboršek, 2005).

Leta 2005 je bilo namakanih 1.812 ha kmetijskih zemljišč, to je za 22,2 % manj kot v letu 2004. Od tega je bilo namakano 94,8 % zemljišč z oroševanjem, 5,2 % pa kapljično. Kar 69,1 % namakanih zemljišč je bilo njiv in vrtov, preostalih 30,9 % pa sadovnjakov. Za namakanje je bilo porabljenih 2,3 milijona m³ vode, od tega je bilo 84 % namakalne vode iz zbiralnikov, 10,6 % iz tekočih vod, 4,4 % iz podtalnice in 1 % iz drugih virov (Razboršek, 2006).

Leta 2006 je bilo namakanih 2.837 ha kmetijskih zemljišč, to je za 56,6 % več kot v letu 2005. Od tega 90,8 % zemljišč z oroševanjem, 9,2 % pa kapljično. Kar 78,5 % namakanih zemljišč je bilo njiv in vrtov, 21,3 % sadovnjakov, preostalih 0,2 % zemljišč je bilo drugo. Za namakanje je bilo porabljenih 6,3 milijona m³ vode, od tega je bilo 50 % namakalne vode iz tekočih vod, 48,3 % iz zbiralnikov, 1,5 % iz podtalnice in 0,3 % iz drugih virov (Razboršek, 2007).

Pomembno je omeniti, da Statistični urad RS zbira podatke le z velikih NS, medtem ko malih namakalcev ne zajame. Podatki o načinu namakanja (ha), vrst kmetijskih zemljišč (ha) in vodnem viru (m³), so za obdobje 2003 - 2006 prikazani v preglednici 2 in 3.

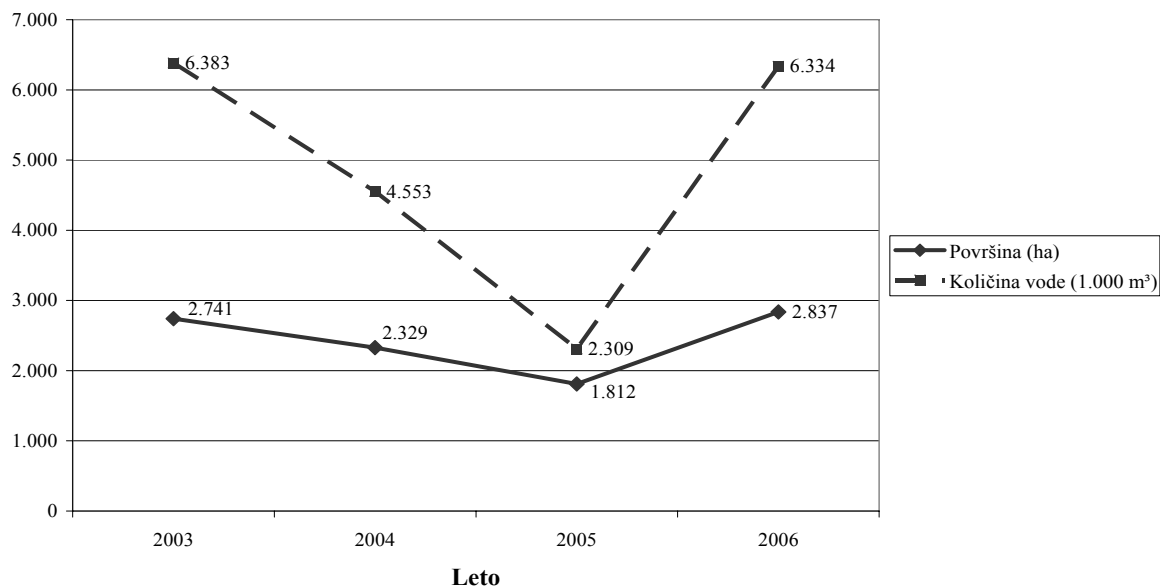
Leta 2003 in 2006 je količina porabljene vode za namakanje (m³) na površino namakanih kmetijskih zemljišč (ha) znašala preko 2.000 m³/ha, in sicer leta 2003 kar 2.329 m³/ha, leta 2006 pa 2.233 m³/ha (slika 4). Malo manj kot 2.000 m³/ha so jo porabili leta 2004, in sicer 1.955 m³/ha, leta 2005 pa je količina porabljene vode za namakanje (m³) na površino namakanih kmetijskih zemljišč (ha) znašala le dobrih 1.200 m³/ha, natančneje 1.274 m³/ha. Torej se je trend porabljene količine vode za namakanje na površino kmetijskih zemljišč (m³/ha) od leta 2003 do 2005 zmanjševal, leta 2006 pa močno povečal.

Preglednica 2: Površina namakanih kmetijskih zemljišč [ha] v Sloveniji, glede na način namakanja in vrst kmetijskih zemljišč od leta 2003 do 2006 (Statistični urad ..., 2007)

Po načinu	ha			
	2003	2004	2005	2006
z oroševanjem	2.598	2.108	1.717	2.575
kapljično	143	221	95	262
Po vrstah kmetijskih zemljišč				
njive in vrtovi	2.088	1.713	1.252	2.228
sadovnjaki	632	616	560	603
drugo	21	0	0	6
Skupaj	2.741	2.329	1.812	2.837

Preglednica 3: Količina namakalne vode [m³] v Sloveniji glede na vodni vir, od leta 2003 do 2006 (Statistični urad ..., 2007)

Vodni vir	1000 m ³			
	2003	2004	2005	2006
Podtalnica	325	119	102	95
Tekoče vode	1.963	553	244	3.168
Zbiralniki (akumulacije)	4.092	3.858	1.940	3.062
Ostalo	3	23	23	19
Skupaj	6.383	4.553	2.309	6.334



Slika 4: Površina namakanih kmetijskih zemljišč [ha] in količina porabljene namakalne vode [m³] v Sloveniji od leta 2003 do 2006

3 MATERIAL IN METODE DELA

3.1 KATASTER MELIORACIJSKIH SISTEMOV IN NAPRAV (KatMeSiNa)

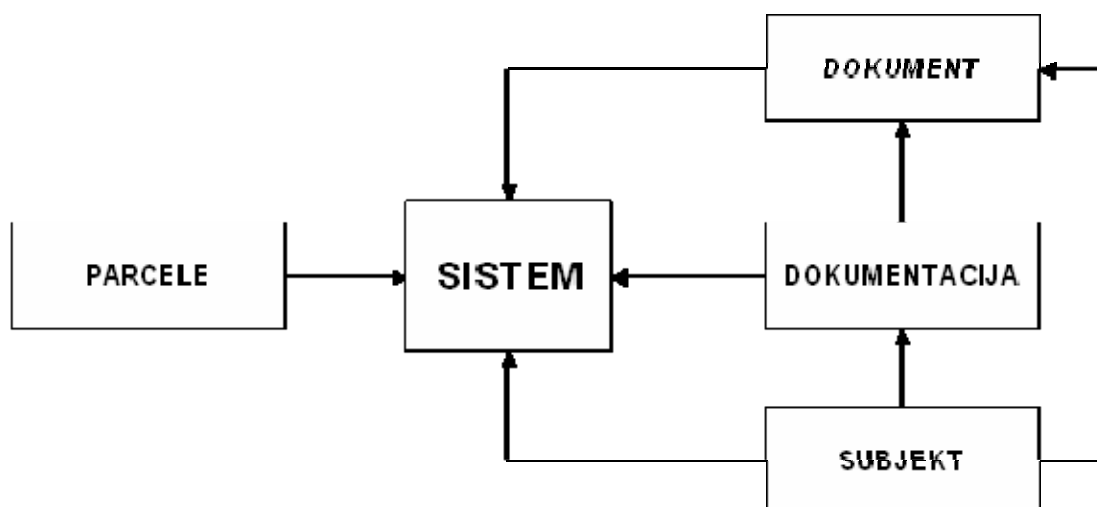
KatMeSiNa je sestavljen iz treh delov, in sicer: fizičnega arhiva, atributnega dela baze in prostorsko umeščene baze. V diplomski nalogi se bomo osredotočili na atributni del baze, natančneje na namakalne sisteme, ker smo od tam črpali podatke.

3.1.1 Opis vsebin baze EviMeS, kot osnova za KatMeSiNa

Centralna tabela evidence je tabela SISTEM, ki združuje osnovne podatke o sistemu in povezuje vse druge podatke, ki se navezujejo na sistem (glej sliko 5). Logični model podatkovne baze EviMeS v Microsoft SQL Server 2000 je prikazan v prilogi A.

Tabela SISTEM vsebuje naslednje zapise o melioracijskem območju:

- šifro sistema,
- ime melioracijskega območja,
- lokalno ime melioracijskega območja,
- ime melioracijskega sistema,
- bruto in neto površina,
- kratek opis sistema,
- občino, upravno enoto, namakalno regijo in statistično regijo v kateri se nahaja sistem,
- investitor, financer, izvajalec, nadzor in upravljavalec sistema,
- datum izgradnje,
- opombe, ki se nanašajo na zapise,
- datum zapisa in oseba, ki je izvedla zapis,
- ali je opravljena kontrola zapisov,
- mehke klasifikacije za kontrolo in analizo podatkov.



Slika 5: Shema podatkovne baze EviMeS (Gosar, 2002: 9)

Tehnična dokumentacija se evidentira v tabeli DOKUMENTACIJA z naslednjimi zapisi:

- tip dokumentacije,
- sistem na katerega se navezuje dokumentacija,
- ime dokumentacije,
- številka dokumentacije,
- številka dokumentacije v vložišču,
- datum dokumentacije,
- opis dokumentacije,
- projektant in naročnik dokumentacije,
- opombe vezane na fizične podatke o dokumentaciji,
- lokacija (arhiv) dokumentacije,
- skenirana prva stran dokumentacije ali evidenčni listi dokumentacije.

Dokumenti se evidentirajo v tabeli DOKUMENT z naslednjimi zapisi:

- tip dokumenta,
- sistem na katerega se navezuje dokument,
- ime dokumenta,
- številka dokumenta,
- številka dokumenta v vložišču,
- datum dokumenta,
- opis dokumenta,
- pošiljatelj dokumenta,
- prejemnik dokumenta,
- dokumentacija na katero je vezan dokument,
- opombe vezane na fizične podatke o dokumentu,
- lokacija (arhiv) dokumentacije,
- skenirane strani dokumenta.

Vsi subjekti, ki so vpleteni v posamezne dogodke ali zapise so zbrani v tabeli SUBJEKT z naslednjimi podatki:

- naziv subjekta,
- davčna številka,
- matična številka,
- naslov,
- kraj,
- poštna številka,
- telefon in fax,
- elektronska pošta,
- podatek ali subjekt še obstaja,
- opredelitev subjekta po Standardni klasifikaciji institucionalnih sektorjev.

Podatki o parcelah so zbrani v tabeli PARCELE, ki je (zaradi povezljivosti) sestavljena podobno kot tabela o parcelah v podatkovni bazi kmetijskih gospodarstev (Gosar, 2002).

3.2 ANALIZA PODATKOV NAMAKALNIH SISTEMOV

Podatke o NS smo dobili na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo, na Katedri za mehaniko tekočin z laboratorijem. Podatke smo izvozili iz programa MS SQL Server 2000 v program MS Excel 2003 in MS Word 2003. Najprej smo vse podatke skrčili na podatke NS in tako dobili podatke za 303 NS.

Podatki o NS so heterogeni, zato smo pomembnejše podatke razdelili na homogene delne populacije, ki jih imenujemo stratumi. Za stratume velja, da so znotraj stratumov podobne enote, med stratumi pa so razlike lahko zelo velike (Košmelj, 2001).

NS oz. melioracijski sistemi in naprave so v podatkovni bazi opisani z atributi predstavljenimi v preglednici 4. Podatki so predvsem upravljalvskega značaja, zato smo med njimi izbrali bolj zanimive iz agronomskega vidika, kot so: površina, opis sistema, datum izgradnje in namakalna regija. Pomembno je omeniti, da podatki NS niso popolni, zato smo se odločili, da jih kvalificiramo glede na njihovo razpoložljivost podatkov za posamezne attribute.

NS, ki imajo podatek o površini, smo razvrstili v tri velikostne stratume, glede na njihovo velikost (površino), v male NS (do 10 ha), srednje velike NS (10 – 50 ha) in velike NS (več kot 50 ha).

Podatke opisa NS smo razvrstili v tri opisne stratume, glede na njihov opis, in sicer: način namakanja, vodni vir in gojene rastline. Način namakanja smo razdelili v štiri stratume namakanja, glede na način namakanja, in sicer: z mikrorazpršilci, razpršilci, kapljično in kombinirano. Vodni vir smo razdelili v štiri stratume vira, glede na vodni vir, in sicer: vodotok, podtalnica, akumulacija in ostalo. Gojene rastline pa smo razdelili v štiri rastlinske stratume, glede na gojene rastline, in sicer: poljščine, vrtnine, sadovnjak in kombinirano.

NS, ki imajo podatek o datumu izgradnje, smo razvrstili v štiri starostne stratume (obdobja), glede na leto izgradnje, in sicer: od 1980 – 1985, 1985 – 1990, 1990 – 1995 ter 1995 – 2000. Te NS smo potem razdelili v tri velikostne stratume, kot je že zgoraj opisano.

NS, ki imajo podatek o namakalni regiji, smo razvrstili v devet regionalnih stratumov, glede na namakalno regijo, in sicer: Bela Krajina, Goriška Brda, Obala, Podravje, Pomurje, Savinjska dolina, spodnja Sava – spodnja Krka, Vipavska dolina in druge. Te NS smo potem razdelili v tri velikostne stratume, kot že opisano.

Podatke smo obdelali v Excelu in tako dobili tabelarične in grafične rezultate analize razpoložljivosti podatkov o NS.

Preglednica 4: Podatki o melioracijskih območjih in njihovih osnovnih lastnostih (Gosar, 2002: 65)

IME ATRIBUTA	OPIS ATRIBUTA
IdSistem	Identifikator melioracijskega območja.
SifraSistem	Šifra melioracijskega območja.
ImeMelObmocje	Ime melioracijskega območja.
ImeMelObmLokalno	Lokalno ime melioracijskega območja.
IdMelSistem	Identifikator melioracijskega sistema.
IdSistemTip	Identifikator tipa melioracijskega območja.
BrutoPovrsina	Bruto površina melioracijskega območja.
NetoPovrsina	Neto površina melioracijskega območja.
SistemOpis	Kratek opis melioracijskega območja .
UE_MID	Medresorski identifikator upravne enote, v kateri se nahaja melioracijsko območje.
IdNamakalnaRegija	Identifikator namakalne regije, v kateri se nahaja melioracijsko območje.
IdRegija	Identifikator melioracijske regije, v kateri se nahaja melioracijsko območje.
IdInvestitor	Identifikator investitorja melioracijskega območja (iz centralne tabele subjektov Subjekt).
IdFinancer	Identifikator financerja melioracijskega območja (iz centralne tabele subjektov Subjekt).
IdIzvajalec	Identifikator izvajalca melioracijskega območja (iz centralne tabele subjektov Subjekt).
IdNadzor	Identifikator nadzora se deli na melioracijskem območju (iz centralne tabele subjektov Subjekt).
IdUpravljalac	Identifikator upravljalca melioracijskega območja (iz centralne tabele subjektov Subjekt).
DatumIzgradnje	Datum izgradnje melioracijskega območja.
SistemOpombe	Opombe o melioracijskem območju ali zapisih v bazo.
IdUser	Uporabnik, ki je vnos zapisal ali spremenil.
DatumZapisa	Datum zapisa ali spremembe.
Kontrola	Polje za kontrolo izvedenih zapisov.
KoordinataX	Koordinata X melioracijskega območja (v merilu 1:50.000 ali manj).
KoordinataY	Koordinata Y melioracijskega območja (v merilu 1:50.000 ali manj).
IdOdlok	Številka melioracijskega območja po odloku o odmeri za vzdrževanje melioracijskih območij.
KontrolaA	Mehka klasifikacija za kontrolo vnosov in dodatno klasificiranje zapisov.
KontrolaB	Mehka klasifikacija za kontrolo vnosov in dodatno klasificiranje zapisov.
KontrolaC	Mehka klasifikacija za kontrolo vnosov in dodatno klasificiranje zapisov.
KontrolaD	Mehka klasifikacija za kontrolo vnosov in dodatno klasificiranje zapisov.
KontrolaE	Mehka klasifikacija za kontrolo vnosov in dodatno klasificiranje zapisov.
KontrolaF	Mehka klasifikacija za kontrolo vnosov in dodatno klasificiranje zapisov.
KontrolaG	Mehka klasifikacija za kontrolo vnosov in dodatno klasificiranje zapisov.
KontrolaH	Mehka klasifikacija za kontrolo vnosov in dodatno klasificiranje zapisov.
KontrolaI	Mehka klasifikacija za kontrolo vnosov in dodatno klasificiranje zapisov.
KontrolaJ	Mehka klasifikacija za kontrolo vnosov in dodatno klasificiranje zapisov.
KontrolaK	Mehka klasifikacija za kontrolo vnosov in dodatno klasificiranje zapisov.
KontrolaL	Mehka klasifikacija za kontrolo vnosov in dodatno klasificiranje zapisov.
KontrolaM	Mehka klasifikacija za kontrolo vnosov in dodatno klasificiranje zapisov.
KontrolaN	Mehka klasifikacija za kontrolo vnosov in dodatno klasificiranje zapisov.

3.3 PREDLOG AGROTEHNIČNIH VSEBIN ZA DOPOLNITEV PODATKOVNE BAZE NAMAKALNIH SISTEMOV

Po temeljitnem pregledu podatkovne baze NS smo ugotovili, da so upravljalški podatki dobro zastopani v bazi, manjkajo pa tehnološki oz. agrotehnični podatki NS. Na podlagi analize podatkov oz. trenutnega stanja podatkovne baze, smo se odločili za teoretično dopolnitev podatkovne baze NS z agrotehničnimi vsebinami.

Po opravljeni analizi razpoložljivih podatkov NS smo ugotovili, da so nekateri agrotehnični podatki že zajeti v podatkovni bazi. Podatki z agrotehničnimi vsebinami, med katere sodijo način namakanja, vodni vir in gojene rastline, so zastopani v atributu *Opis sistema*. Zaradi slabe preglednosti le-teh, smo se odločili za podrobnejšo obravnavo teh vsebin, da bi jih lahko vključili kot samostojne attribute.

Po pregledu razpoložljive strokovne literature smo določili ključne agrotehnične parametre za dopolnitev podatkovne baze NS, in sicer:

- podatki o tleh,
- način namakanja,
- vodni vir,
- gojene rastline,
- norma namakanja,
- obrok namakanja,
- čas namakanja,
- turnus namakanja in
- delovni hidromodul namakanja.

Pri določanju teh parametrov smo se oprli na namakalne parametre in računalniške programe NAMIZ, CROPWAT ter SWAP. Le-ti nam poleg tega, da povedo kdaj, koliko in kako pogosto moramo namakati, služijo tudi kot osnova pri načrtovanju in dimenzioniranju NS, pri spremljanju delovanja NS pa tudi za nadzor ustreznega ravnanja z NS, vodnimi količinami, načini namakanja itd.

4 REZULTATI

4.1 REZULTATI ANALIZE PODATKOV NAMAKALNIH SISTEMOV

V podatkovni bazi KatMeSiNa so skupno 303 NS. Podatkovna baza je odraz urejenosti fizičnega arhiva, zato lahko opazimo, da ima baza nepopolne podatke za posamezne attribute (površina, opis sistema, leto izgradnje in namakalna regija). Na podlagi tega smo jih razvrstili v več različnih stratumov in preverili njihovo razpoložljivost podatkov za določene stratumne posameznih atributov.

NS, ki imajo podatek o površini, smo razvrstili v tri velikostne stratumne, in sicer v male NS (do 10 ha), srednje velike NS (10 – 50 ha) in velike NS (več kot 50 ha). Prvi je štel 92 NS, drugi 51 NS in tretji 73 NS. Razvidno je, da 87 NS ni imelo podatka o površini, kar predstavlja 28,7 % vseh NS. Slika 6 prikazuje delež razpoložljivih podatkov o površini NS (ha) za posamezne velikostne stratumne.

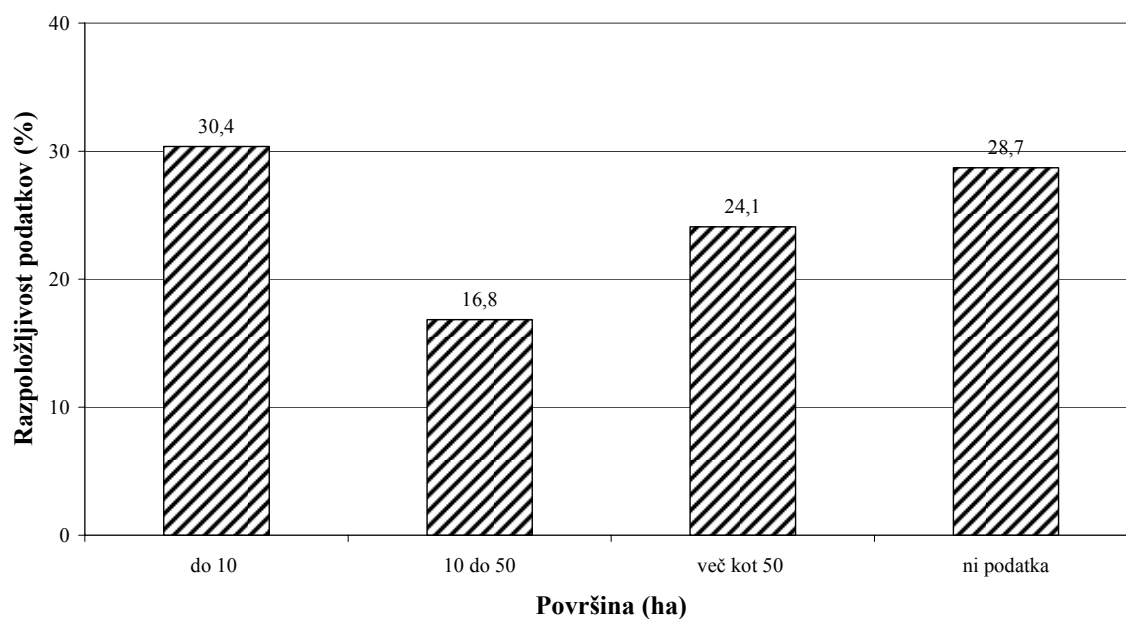
Velikostnim stratumom smo preverili razpoložljivost podatkov o investitorju in upravljalcu NS. Slika 7 prikazuje, da izmed velikostnih stratumov samo srednje veliki in veliki NS razpolagajo s podatki o upravljalcu in, da imajo skoraj vsi NS (98,2 %) podatek o investitorju.

Podatke opisa NS smo razvrstili v tri opisne stratumne, glede na njihov opis, in sicer: način namakanja, vodni vir in gojene rastline. Prvi je štel 134 NS, drugi 176 NS in tretji 106 NS. Delež razpoložljivosti opisnih podatkov prikazuje slika 8, iz katere je razvidno, da 55,8 % NS nima podatka o načinu namakanja, 41,9 % NS nima podatka o vodnem viru in 65 % NS manjka podatek o gojenih rastlinah.

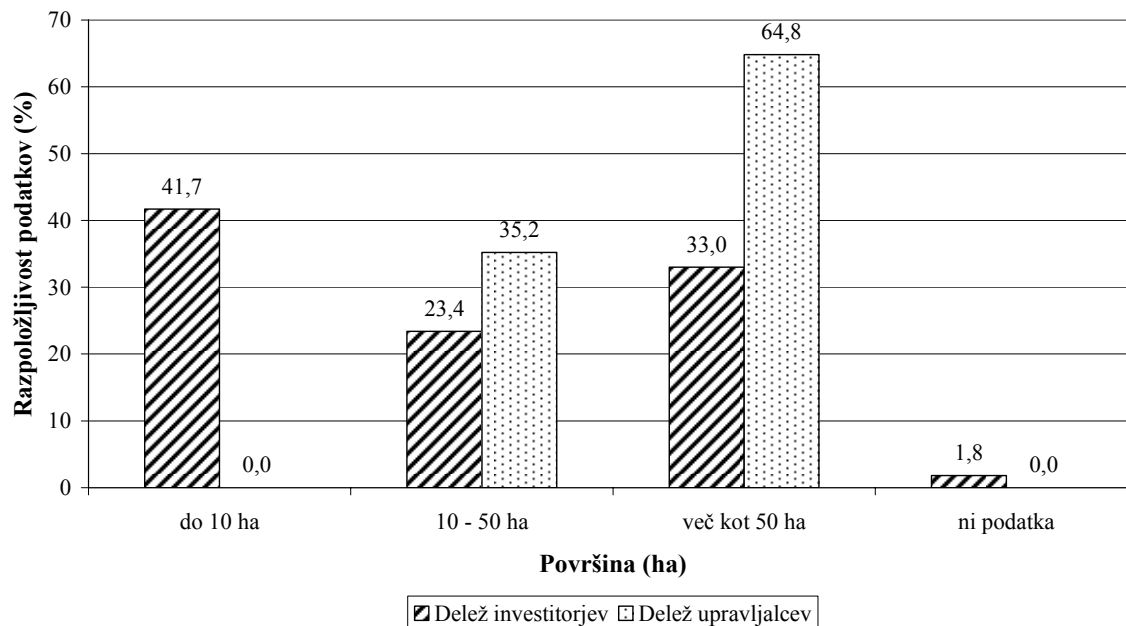
Način namakanja smo razdelili v štiri stratumne namakanja, glede na način namakanja, in sicer: z mikrorazpršilci, razpršilci, kapljično in kombinirano (mikrorazpršilci in razpršilci, mikrorazpršilci in kapljično, razpršilci in kapljično). Prvi je štel 1 NS, drugi 50 NS, tretji 55 NS in četrti 28 NS. 169 NS ni imelo podatka o načinu namakanja, kar je 55,8 % NS. Delež razpoložljivih podatkov NS o načinu namakanja prikazuje slika 9.

Vodni vir smo razdelili v štiri stratumne vira, glede na vodni vir, in sicer: vodotok, podtalnica, akumulacija in ostalo (akumulacijske gramoznice, bazen, mlaka, obrobni jarek itd.). Prvi je štel 27 NS, drugi 30 NS, tretji 52 NS in četrti 67 NS. 127 NS ni imelo podatka o vodnem viru, to je kar 41,9 % NS. Slika 10 prikazuje delež razpoložljivih podatkov o vodnem viru NS.

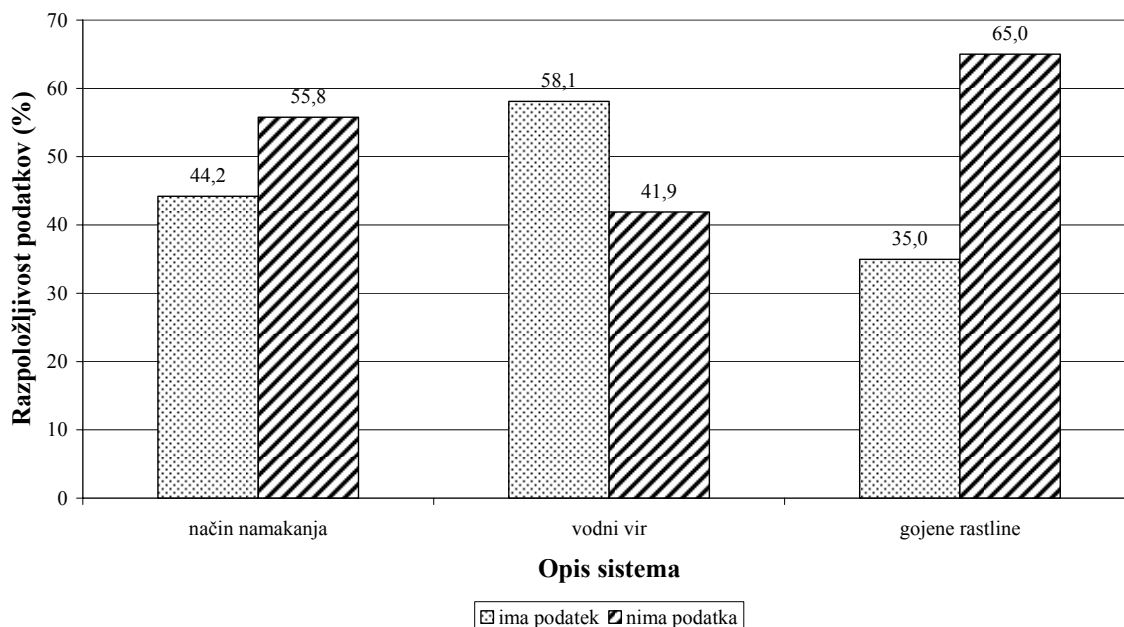
Gojene rastline smo razdelili v štiri stratumne rastlinskih vrst, glede na vrsto gojene rastline, in sicer: poljščine, vrtnine, sadovnjak in kombinirano (vrtnine in poljščine, vinograde, pašnike in travnike itd.). Prvi je štel 20 NS, drugi 14 NS, tretji 31 NS in četrti 41 NS. 197 NS ni imelo podatka o vrsti gojenih rastlin, kar predstavlja 65 % NS. Delež razpoložljivih podatkov NS o vrsti gojenih rastlin prikazuje slika 11.



Slika 6: Delež razpoložljivih podatkov [%] o površini NS v Sloveniji

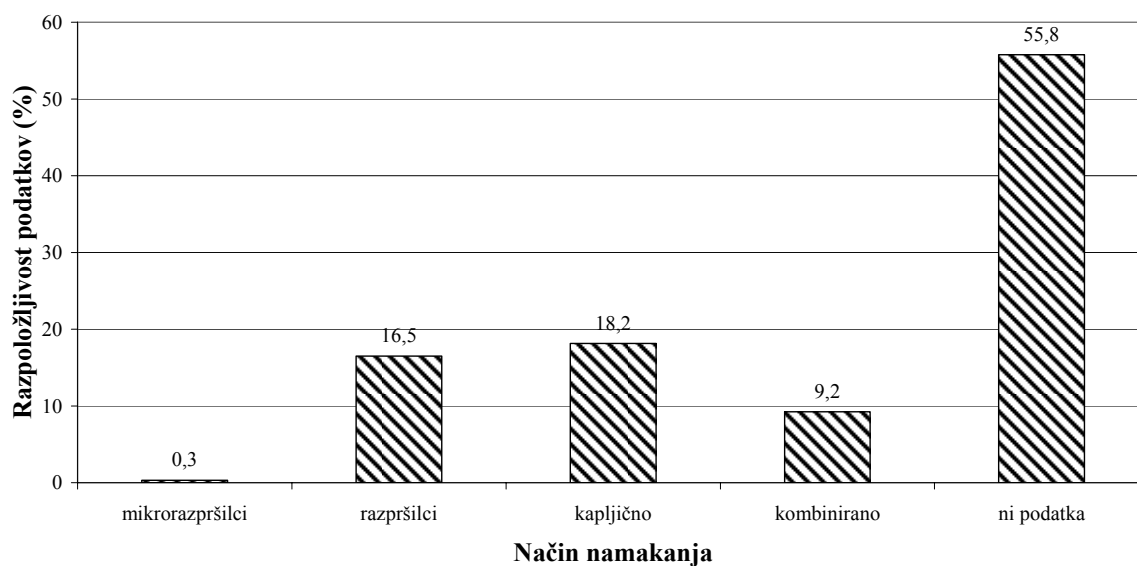


Slika 7: Delež razpoložljivih podatkov [%] o investitorju in upravljalcu glede na velikost NS v Sloveniji

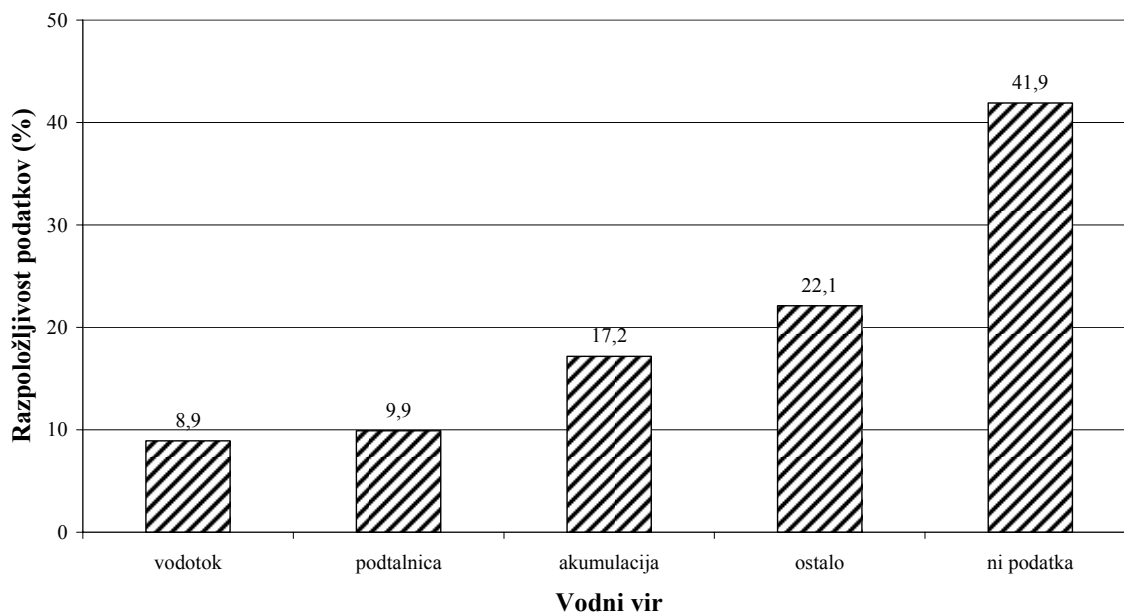


Slika 8: Delež razpoložljivih podatkov [%] o opisu NS

Zanimala nas je tudi velikost (površina) NS glede na leto oz. obdobje izgradnje. Zato smo namakalne sisteme po velikosti (površini) razdelili v štiri starostne stratume (obdobja), glede na leto izgradnje, in sicer: od leta 1980 – 1985, 1985 – 1990, 1990 – 1995 in od 1995 – 2000. Prvi je štel 2 NS, drugi 17 NS, tretji 34 NS in četrti 46 NS. 204 NS ni imelo podatka o letu izgradnje, kar predstavlja 67,3 % vseh NS. Deleže velikosti NS za posamezna obdobja prikazuje slika 12.

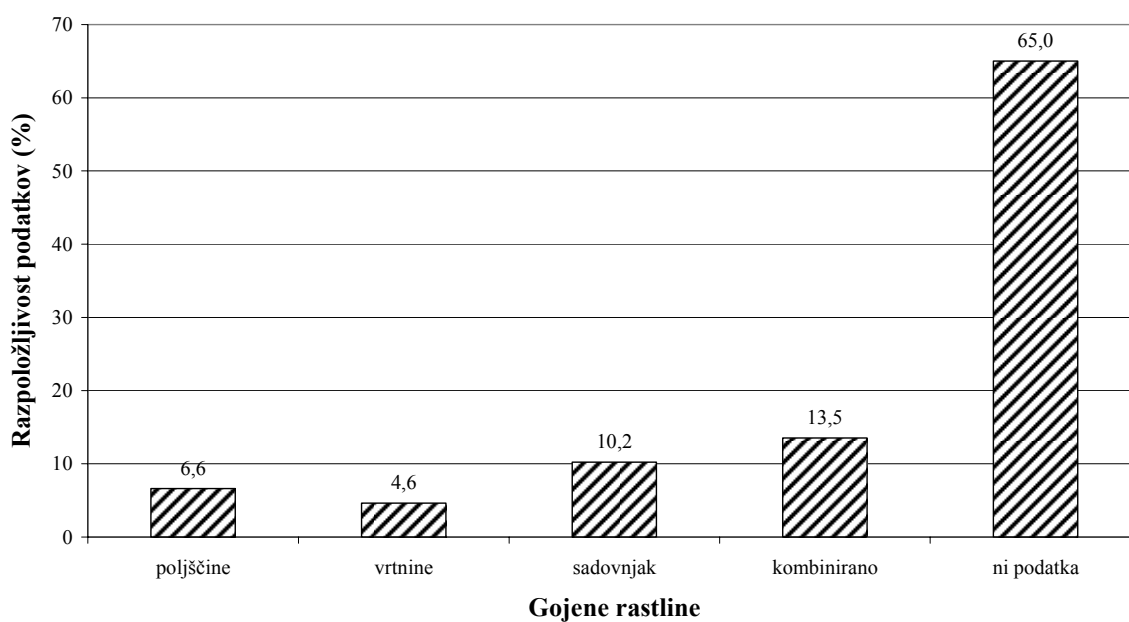


Slika 9: Delež razpoložljivih podatkov [%] NS o načinu namakanja

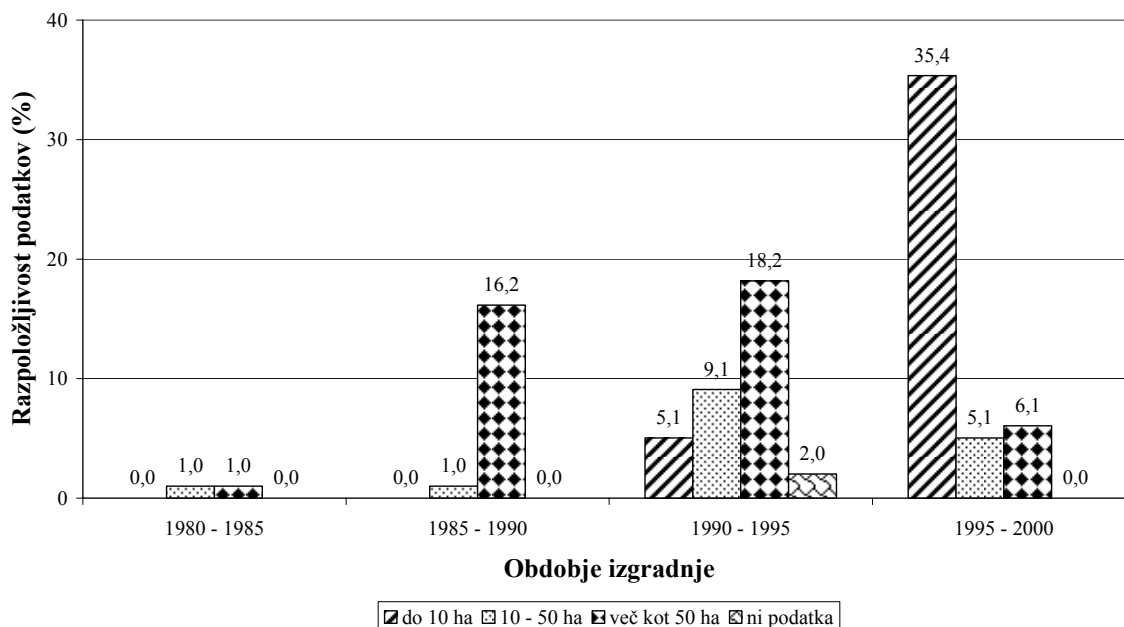


Slika 10: Delež razpoložljivih podatkov [%] o vodnem viru NS

NS, ki imajo podatek o namakalni regiji smo razvrstili v devet regionalnih stratumov, glede na namakalno regijo, in sicer: Bela Krajina, Goriška Brda, Obala, Podravje, Pomurje, Savinjska dolina, spodnja Sava – spodnja Krka, Vipavska dolina in druge. Prvi je štel 2 NS, drugi 2 NS, tretji 14 NS, četrti 37 NS, peti 15 NS, šesti 23 NS, sedmi 21 NS, osmi 21 NS in deveti 16 NS. 152 NS nima podatka o namakalni regiji, kar predstavlja 50,2 % NS. Slika 13 prikazuje delež razpoložljivih podatkov NS o namakalni regiji.

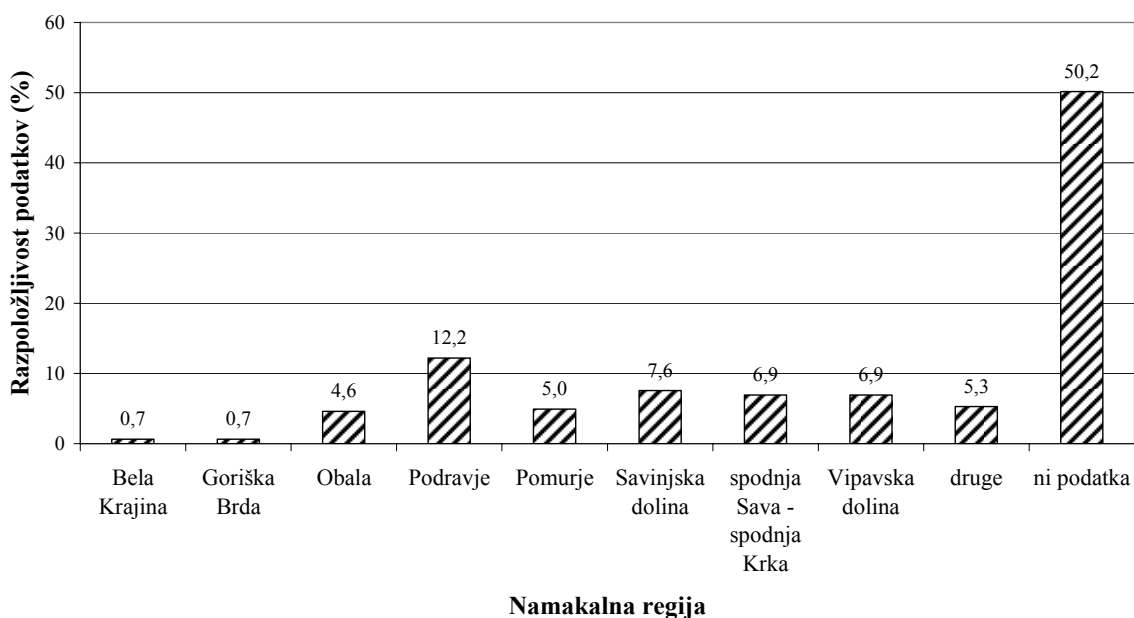


Slika 11: Delež razpoložljivih podatkov [%] NS o vrsti gojenih rastlin

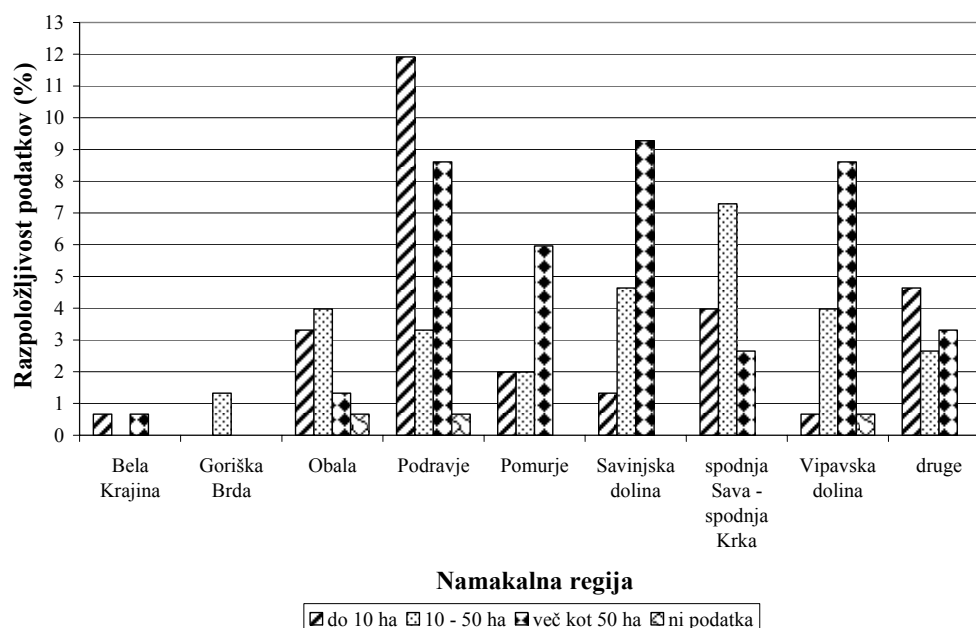


Slika 12: Delež razpoložljivih podatkov [%] NS glede na njihovo velikost za posamezna obdobja izgradnje

Preverili smo tudi razpoložljivost podatkov o velikosti (površini) NS za posamezne regionalne strukture, glede na namakalno regijo. Slika 14 prikazuje, da je največ malih NS v Podravske regiji, največ srednje velikih NS v regiji spodnja Sava – spodnja Krka in največ velikih NS v Savinjski dolini.



Slika 13: Delež razpoložljivih podatkov [%] NS o namakalni regiji v Sloveniji



Slika 14: Delež razpoložljivih podatkov [%] NS glede na velikost (površino) za posamezne namakalne regije

4.2 REZULTATI PREDLOGA AGROTEHNIČNIH VSEBIN ZA DOPOLNITEV PODATKOVNE BAZE NAMAKALNIH SISTEMOV

Pri določanju agrotehničnih parametrov za dopolnitev podatkovne baze NS smo se oprli na namakalne parametre in opise o potrebnih podatkih za računalniške programe NAMIZ, CROPWAT in SWAP. Ti programi predstavljajo orodje za izračun potreb po namakanju in izračun potrebne količine vode. Program NAMIZ in CROPWAT računata potrebe po vodi na podlagi mesečne evapotranspiracije, program SWAP pa na podlagi dnevne evapotranspiracije.

Pri pregledu trenutnega stanja podatkovne baze smo ugotovili, da atribut *Opis sistema*, ki zajema kratek opis NS, vsebuje tudi podatke o načinu namakanja, vodnem viru in gojenih rastlinah, zato nam teh vsebin ne bi bilo potrebno dodatno obravnavati pri predlogu za dopolnitev podatkovne baze NS. Ker pa je preglednost opisnega dela zelo zamudna in podatki niso popolni, bi bilo smiselno način namakanja, vodni vir in gojene rastline obravnavati kot samostojne attribute. Pri pregledu podatkovne baze smo tudi ugotovili, da terminologija opisov posameznih atributov ni enotna, s tem pa sta pregled in obdelava podatkov časovno zamudna in tehnično zahtevna. Zato smo mnenja, da bi bilo potrebno za vse attribute podatkovne baze uporabljati enako terminologijo, saj bi tako lahko imeli poenotene podatke, katerih obdelava bi bila hitra in enostavna.

Za opis agrotehničnega dela podatkovne baze NS predlagamo naslednje parametre: podatki o tleh, način namakanja, vodni vir, gojene rastline, norma namakanja (potencialna evapotranspiracija), obrok namakanja, čas namakanja, turnus namakanja in delovni hidromodul namakanja.

Atribut *Tla* zajema podatke o tipu tal, teksturi tal in koeficientu infiltracije, saj tla s svojimi lastnostmi predstavljajo temelj za rast rastlin. Seveda bo treba ta atribut podajati ločeno za več območij, če se pomembno spreminja znotraj NS. Na kakšen način dovajamo vodo opisuje atribut *Način namakanja*, kamor sodi namakanje s mikrorazpršilci, razpršilci, kapljično in kombinirano namakanje. Odvzem vode za namakanje opisuje atribut *Vodni vir*, ki deli vire vode na podtalnico, vodotok, akumulacijo in ostalo (bazen, mlaka, gramoznica, obrobni jarki, kanalizacijski kanali ipd.). Katere skupine (poljščine, vrtnine, krmne rastline, sadje in hmelj, kombinirano) in vrste gojenih rastlin namakamo ter kakšen je kolobar opisuje atribut *Gojene rastline*. Atribut *Norma namakanja* opisuje količino vode, ki jo moramo dodati rastlinam v eni sezoni oz. vegetaciji. Ta količina vode je enaka potencialni evapotranspiraciji, ki torej pomeni potrebe rastlin po vodi. Atribut *Obrok namakanja* opisuje količino vode, ki jo tla sprejmejo pri enem namakanju, saj ob prevelikem obroku namakanja voda lahko površinsko odteče. Čas trajanja enega namakanja opisuje atribut *Čas namakanja*. Atribut *Turnus namakanja* določa interval v dnevih med dvema namakanjema, v katerem se porabi voda, ki smo jo dodali pri enkratnem namakanju. Količino vode, ki jo moramo dovajati na hektar ob največji porabi, pri tem pa upoštevamo izgube vode opisuje atribut *Delovni hidromodul*. Preglednica 5 prikazuje predlagane attribute za dopolnitev podatkovne baze NS z agrotehničnimi vsebinami.

Preglednica 5: Predlog atributov za dopolnitev podatkovne baze NS z agrotehničnimi vsebinami

IME ATRIBUTA	OPIS ATRIBUTA
<i>Tla</i>	Podatki o tipu in teksturi tal ter koeficientu infiltracije.
<i>Način namakanja</i>	Namakanje s mikrorazpršilci, razpršilci, kapljično in kombinirano.
<i>Vodni vir</i>	Odvzem vode iz: podtalnice, vodotoka, akumulacije in ostalo.
<i>Gojene rastline</i>	Skupina (poljščine, vrtnine, krmne rastline, sadje in hmelj ter kombinirano) in vrsta gojenih rastlin ter kolobar.
<i>Norma namakanja</i>	Skupna količina vode, ki jo moramo dodati rastlinam v eni sezoni.
<i>Obrok namakanja</i>	Skupna količina vode, ki jo tla sprejmejo pri enem namakanju.
<i>Čas namakanja</i>	Čas trajanja enega namakanja.
<i>Turnus namakanja</i>	Interval v dnevih med dvema namakanjema, v katerem se porabi voda, ki smo jo dodali pri enkratnem namakanju.
<i>Delovni hidromodul</i>	Količina vode, ki jo moramo dovajati na hektar ob največji porabi, s upoštevanjem izgube vode.

Za opisane parametre smo se odločili na podlagi pregleda razpoložljive strokovne literature, saj opisujejo bistvene značilnosti posameznih NS. Poleg načina namakanja, vodnega vira in gojenih rastlin, ki so deloma že zajeti v podatkovni bazi, predlagana dopolnitev prikazuje tudi potrebno količino vode, čas trajanja ter pogostost namakanja. Ti parametri so pomembni in lahko služijo kot podpora pri odločanju tako upravljalcem in načrtovalcem NS kot tudi kontroli kmetijske inšpekcije ter ostalim evidencam v državni upravi, kjer potrebujejo podatke o hidromelioracijah.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

KatMeSiNa zajema področje osuševanja, namakanja in agromelioracij. V diplomskem delu smo se osredotočili na NS oz. na podatkovno bazo o NS. Pri pregledu podatkovne baze smo ugotovili, da je trenutno v bazi zajet le upravljalški del, ki ga opisujejo podatki, kot so: melioracijsko območje, površina, opis sistema, investitor, financer, izvajalec, nadzor, upravljalce, datum izgradnje ipd. Torej v bazi manjka opis tehnološkega dela, zato smo se odločili, da teoretično dopolnimo podatkovno bazo NS z agrotehničnimi vsebinami.

Podatkovna baza zajema 303 NS, za katere smo po temeljitnem pregledu ugotovili, da imajo nepopolne podatke za posamezne attribute. Zato smo preverili razpoložljivost podatkov pomembnejšim atributom z agronomskega vidika, kot so: površina, opis sistema, leto izgradnje in namakalna regija.

Od skupno 303 NS jih s podatkom o površini razpolaga 216 (tj. 71,3 %), kar 87 NS (tj. 28,7 %) pa nima podatka o površini. Od NS, ki razpolagajo s podatkom o površini je največ malih NS, sledijo jim veliki in srednje veliki NS. Od teh imajo skoraj vsi NS (98,2 %) podatek o investitorju, samo 54 NS pa jih ima podatek o upravljalcu. 64,8 % znanih upravljalcev pade na velike NS, 35,2 % pa na srednje velike NS. Torej v podatkovni bazi ni zajeta površina vseh NS, tako kot tudi ne vsi investitorji in upravljalci NS.

Pri atributu *Opis sistema* smo se osredotočili na načina namakanja, vodni vir in gojene rastline. Od vseh NS jih ima 134 (tj. 44,2 %) podatek o načinu namakanja, kar 169 NS (tj. 55,8 %) pa je brez podatka o načinu namakanja. Po razpoložljivih podatkih načina namakanja v podatkovni bazi prevladuje kapljični način namakanja, sledi mu namakanje z razpršilci, kombiniran način in namakanje z mikrorazpršilci. Vendar sta delež kapljičnega namakanja in namakanja z razpršilci dokaj podobna, saj jih kapljično namaka 18,2 %, z razpršilci pa 16,5 %. Podatkovna baza za več kot polovico NS ne razpolaga s podatkom o načinu namakanja.

Od 303 NS jih ima 176 (tj. 58,1 %) podatek o vodnem viru, 127 NS (tj. 41,9 %) pa nima podatka o vodnem viru. Od NS, ki razpolagajo s podatkom o vodnem viru jih največ pade v kategorijo ostalo, sledi odvzem vode iz akumulacije, podtalnice in vodotoka. Torej baza ne razpolaga z informacijo o vodnem viru za dobrih 40 % NS.

Skupina gojenih rastlin je v bazi zajeta le pri 106 NS (tj. 35 %), za kar 197 NS (tj. 65 %) skupina gojenih rastlin ni znana oz. ni zajeta v bazi. Izmed 35 % razpoložljivih podatkov iz baze, v Sloveniji največji delež namakanja pade v kategorijo kombinirano, sledijo sadovnjaki, poljščine in vrtnine.

Od vseh NS jih ima le 99 (tj. 32,7 %) podatek o datumu izgradnje, za 204 NS (tj. 67,3 %) pa v bazi ni zajetega podatka. Tako je dinamika gradnje NS z razpoložljivim podatkom sledeča, in sicer jih je bilo največ zgrajenih v obdobju od leta 1995 – 2000, sledi obdobje od leta 1990 – 1995, 1985 – 1990 in 1980 – 1985. V posameznih obdobjih je bilo glede na razpoložljive podatke o površini NS, zgrajenih v obdobju od leta 1995 – 2000 največ malih

NS, v obdobju od leta 1990 – 1995 in 1985 – 1990 največ velikih NS, v obdobju od leta 1980 – 1985 pa 1 srednje velik in 1 velik NS.

Polovico NS (tj. 50,2 %) v podatkovni bazi ne zajema podatka o namakalni regiji. Od preostalih 151 NS (tj. 49,8 %), ki zajemajo ta podatek, je največ NS v Podravski regiji, sledijo Savinjska dolina, spodnja Sava – spodnja Krka, Vipavska dolina, kategorija druge regije, Pomurje, Obala, Goriška Brda in Bela Krajina. Glede na površino NS za posamezne namakalne regije je največ malih NS v Podravski regiji, srednje velikih v regiji spodnja Sava – spodnja Krka in velikih v Savinjski dolini.

Za pridobljene rezultate analize podatkovne baze NS ne moramo trditi, da so merodajni, saj je pri obravnavanih atributih delež NS brez podatka previsok in prepgost.

Glavni namen diplomskega dela je bil dopolnitev podatkovne baze NS z agrotehničnimi vsebinami, zato smo se z analizo podatkov NS dobro seznanili z zajeto vsebino v podatkovni bazi. Pri tem smo ugotovili, da so v bazi, ki ima trenutno upravljalški značaj, podatki pomanjkljivi oz. nepopolni. V upravljalškem delu je zajet opis NS, kjer so med drugimi tudi podatki o načinu namakanja, vodnem viru in gojenih rastlinah, kar pa je bil že del naših predlaganih vsebin za dopolnitev podatkovne baze. Navkljub razpoložljivosti teh podatkov za nekatere NS, smo se na podlagi njihove zamudne preglednosti in otežene obdelave odločili, da jih vključimo v agrotehnološki del kot samostojne attribute. Pri tem pa je potrebno poudariti, da bi bilo smiselno določiti terminologijo za posamezne attribute, saj bi bili tako podatki poenoteni, obdelava le-teh pa bi bila hitrejša in enostavnejša.

Za dopolnitev podatkovne baze NS smo predlagali sledeče parametre: podatki o tleh, način namakanja, vodni vir, gojene rastline, norma namakanja (potencialna evapotranspiracija), obrok namakanja, čas namakanja, turnus namakanja in delovni hidromodul namakanja.

Tla predstavljajo temelj za rast rastlin, zato je dobro poznavanje lastnosti tal ključnega pomena. Predlagani atribut *Tla* zajema podatke o tipu in teksturi tal ter koeficientu infiltracije. Poznavanje tipa in texture tal je pomembno, saj rastline črpajo vodo in hranila preko koreninskega sistema, ki se razvije v tleh. Koeficient infiltracije nam pove, kako hitro se voda vpije v tla in kakšno intenziteto namakanja ima lahko namakalna oprema, saj intenziteta namakanja ne sme presegati koeficienta infiltracije, ker voda drugače zastaja in se površinsko odteka.

Z ozirom na razmere v Sloveniji smo atribut *Način namakanja* razdelili na mikrorazpršilce, razpršilce, kapljično in kombinirano namakanje. Ti načini namakanja se v grobem razlikujejo v porabi vode in energije, občutljivosti na veter in bolezni, možnosti fertigacije ipd. Vključili smo tudi kombinirano namakanje, saj smo pri analizi podatkov NS pri atributu *Opis sistema* večkrat zasledili več kot samo en način namakanja.

Glede na odvzem vode smo atribut *Vodni vir* razdelili na podtalnico, vodotok, akumulacijo in ostalo. Poleg z zakonom določenih vodnih virov (Zakon o kmetijskih ..., 2003) smo dodali še kategorijo ostalo, saj je analiza podatkov NS pokazala, da izmed razpoložljivih podatkov o vodnem viru največ NS črpa vodo iz kategorije ostalo, kamor sodijo bazen, mlaka, gramoznica, obrobni jarki, kanalizacijski kanali ipd.

S pomočjo računalniškega programa NAMIZ smo atribut *Gojene rastline* opisali s skupino in vrsto gojenih rastlin ter kolobarjem. Skupino gojenih rastlin smo razdelili na poljščine, vrtnine, krmne rastline, sadje in hmelj ter kombinirano skupino. Za vključitev kombinirane skupine gojenih rastlin smo se odločili na podlagi analize podatkov NS, saj smo pri atributu *Opis sistema* večkrat zasledili več kot eno skupino gojenih rastlin. Ker imajo posamezne vrste gojenih rastlin različne potrebe po količini vode, smo predvideli tudi kolobar gojenih rastlin.

Količino vode, ki jo moramo dodati rastlinam v eni sezoni oz. vegetaciji opisuje atribut *Norma namakanja*. Ta količina vode je enaka potencialni evapotranspiraciji, ki torej pomeni potrebe rastlin po vodi. Del te vode rastlina dobi s padavinami, del pa jo moramo dodati z namakanjem. Pri tem lahko uporabljamo kot orodje za izračun evapotranspiracije računalniške programe, in sicer za izračun mesečne ali letne evapotranspiracije uporabljamo program NAMIZ ali CROPWAT, za izračun dnevne evapotranspiracije pa program SWAP. Norma namakanja je pomemben količinski podatek, saj nam služi kot osnova pri zagotovitvi ustreznega vodnega vira.

Atribut *Obrok namakanja* opisuje količino vode, ki jo tla sprejmejo pri enem namakanju. Odvisen je tako od lastnosti tal (koliko vode tla lahko zadržijo) kot tudi od lastnosti rastline (globine koreninskega sistema in sposobnosti rastline za črpanje vode). Obrok namakanja je tudi pomemben količinski podatek, saj ob prevelikem obroku namakanja voda lahko površinsko odteče in s tem povzroča erozijo tal.

Čas trajanja enega namakanja opisuje atribut *Čas namakanja*. Ta je pomemben predvsem pri velikih NS, ki so namenjeni večjemu številu uporabnikom za skupno rabo po namakalnem urniku.

Atribut *Turnus namakanja* določa interval v dnevih med dvema namakanjema, v katerem se porabi voda, ki smo jo dodali pri enkratnem namakanju. Torej nam pove, za koliko dni zadošča dodana voda, kar je bistvenega pomena, saj ima prekomerno namakanje lahko negativne vplive tako na rastline kot tudi okolje.

Količino vode, ki jo moramo dovajati na hektar ob največji porabi, pri tem pa upoštevamo izgube vode, opisuje atribut *Delovni hidromodul*. Le-ta je pomemben pri dimenzioniranju primarnih cevovodov in črpalk, odvisen pa je od namakalne opreme.

Prvotni namen diplomskega dela je bil pregled podatkovne baze NS in določitev agrotehničnih vsebin za dopolnitev podatkovne baze NS. Temu naj bi sledila naključna izbira petnajstih vzorčnih NS, katerim naj bi preverili projektno dokumentacijo iz fizičnega arhiva MKGP in s tem ugotovili ali so predlagane vsebine že zajete v projektni dokumentaciji. Ker trenutno fizični arhiv MKGP ni dosegljiv, lahko le predvidevamo, da pri večini NS v projektni dokumentaciji namakalni parametri niso izračunani. Na podlagi tega bi lahko predlagali, da MKGP sprejme odločitev, da mora v prihodnosti projektna dokumentacija NS vsebovati tudi izračunane namakalne parametre, katere bi se lahko vpisalo v podatkovno bazo NS oz. KatMeSiNa. Na podlagi nedosegljivosti fizičnega arhiva, smo se odločili za analizo podatkovne baze NS in določitev agrotehničnih vsebin za dopolnitev podatkovne baze NS.

5.2 SKLEPI

V diplomskem delu smo obravnavali podatkovno bazo NS, ki je del KatMeSiNa. Pri pregledu podatkovne baze NS smo opazili, da so v bazi zajeti le podatki upravljaljskega značaja, torej manjka tehnološki oz. agrotehnološki del. Za obstoječe upravljalске podatke smo tudi ugotovili, da so dokaj pomanjkljivi oz. nepopolni. Analiza podatkov NS je potrdila, da so podatki za posamezne attribute nepopolni. Tako smo opravičili naš namen, to je teoretična dopolnitev podatkovne baze NS z agrotehničnimi vsebinami.

Iz analize podatkovne baze je razvidno, da je velik delež NS za posamezne obravnavane attribute brez podatkov. Tako nimajo vsi NS podatka o površini, upravljalcu, načinu namakanja, vodnem viru, gojenih rastlinah in datumu izgradnje, za katere domnevamo, da so zajeti v projektni dokumentaciji večine NS. Poleg pomanjkljivih podatkov pa smo tudi opazili neenotno izrazoslovje v opisnem delu NS, ki je bil podan kot povzetek tehničnega poročila, zaradi česar so predvsem opisni podatki NS nepregledni in zamudni za obdelavo. Zato sklepamo, da bi bilo smiselno določiti terminologijo za posamezne attribute, saj bi bili tako podatki poenoteni in preglednejši.

Terminologijo bi bilo smiselno enolično določiti tako za način namakanja kot tudi za vodne vire, ki so v bazi podani tako, kot jih ZKZ (2003) deli na vodotok, podtalnica ali vodni zadrževalnik (akumulacija). Pri analizi podatkov o vodnem viru pa smo poleg že omenjenih virov, opazili še veliko drugih izrazov za vodni vir kot gramoznica, bazen, mlaka, obrobni jarek, kanalizacijski kanali, zbiranje meteorne vode ipd. Do uporabe teh izrazov je verjetno prišlo zaradi postopka pridobitve vodnega dovoljenja in vodnega soglasja, ki ga potrebujemo pri odvzemu vode za namakanje, razen če namakamo z meteorno vodo. Predvidevamo, da investitorjem oz. upravljalcem za te vodne vire ni bilo potrebno pridobiti vodnega dovoljenja in soglasja, zato je bil postopek pridobitve projektne dokumentacije hitrejši, enostavnejši in cenejši, ker je vodno pravico potrebno plačati.

Dobro bi bilo, da bi si vsak pridelovalec znal izračunati namakalne parametre, saj nam poleg tega da povedo kdaj, koliko časa in kako pogosto moramo namakati, tudi služijo kot osnova pri načrtovanju in dimenzioniranju NS. Tako bi lahko preprečili, da rastline namakamo preveč ali premalo, kar ima lahko negativne vplive tako na rastline kot na okolje. Zato bi bilo le-te poleg predlaganih podatkov o tleh, načinu namakanja, vodnem viru in gojenih rastlinah, smiselno vključiti že v samo projektno dokumentacijo NS, saj bi imeli tako podatke zbrane na enem mestu in bi jih lahko hitro in enostavno vnesli v bazo podatkov. Problematična bi lahko bila le ažurnost teh podatkov, saj se nekateri lahko iz leta v leto spreminjajo. Na tem mestu pa bi moralo MKGP nameniti več finančnih sredstev za samo dopolnitev podatkovne baze ter vzdrževanje le-te.

Namen vzpostavitve podatkovne baze je bil pomoč pri nadzoru nad upravljanjem, postopku odmere, izvajanju upravljanja, kontroli kmetijske inšpekcije ter pri vseh ostalih evidencah v državni upravi, kjer potrebujejo podatke o hidromelioracijah. Ugotovili smo, da trenutno podatkovna baza predstavlja dober medij za zbiranje in vodenje podatkov o NS, saj je njen program dovršen in izpolnjuje svoj namen, zlasti administrativni, le podatki v bazi so nepopolni. Zato bi za v prihodnje predlagali dopolnitev manjkajočih upravljalških in agrotehničnih podatkov ter določitev terminologije za posamezne attribute.

6 POVZETEK

Zahteve kmetijskega trga so čedalje bolj neizprosne, saj od pridelovalcev zahtevajo poleg kakovosti tudi zanesljivost dobave, kar pomeni časovno tempirano proizvodnjo. Poleg vseh teh pogojev pa moramo upoštevati še vremenske razmere, na katere žal ne moramo vplivati. Kljub temu, da imamo v Sloveniji relativno veliko količino letnih padavin, so te neenakomerno razporejene preko celega leta, zato v naših podnebnih razmerah namakanju pripisujemo dopolnilni značaj. Namakanje je umetno dodajanje vode, kadar jo v času vegetacije v tleh primanjkuje (Pintar, 2006). Z namakanjem tako omogočamo pridelavo večjega, kakovostnejšega in konstantnega pridelka.

MKGP je z zakonom (Zakon o kmetijskih ..., 2003) zavezano k temu, da vodi kataster melioracijskih objektov in naprav, ki je povezan z bazo zemljiškega katastra. Tako so leta 2002 vzpostavili podatkovno bazo in aplikacijo KatMeSiNa, katere namen je bil pomoč pri nadzoru nad upravljanjem, postopku odmere, izvajanju upravljanja, kontroli kmetijske inšpekcije ter pri vseh ostalih evidencah v državni upravi, kjer potrebujejo podatke o hidromelioracijah. KatMeSiNa zajema področje osuševanja, namakanja in agromelioracij. V diplomskem delu smo se osredotočili na namakalne sisteme oziroma na podatkovno bazo namakalnih sistemov.

Namen diplomskega dela je bil analizirati trenutno stanje podatkovne baze namakalnih sistemov in določiti ključne agrotehnične parametre, ki naj bi služili kot osnova za nadaljnjo dopolnitev podatkovne baze namakalnih sistemov z agrotehničnimi vsebinami.

Pri analizi trenutnega stanja podatkovne baze namakalnih sistemov smo ugotovili, da so v bazi 303 namakalni sistemi in da je zajet le upravljalski del, manjka pa opis tehničnega oziroma agrotehničnega dela namakalnih sistemov. Poleg tega smo tudi ugotovili, da so upravljalški podatki, ki so zajeti v bazi nepopolni in da v opisnem delu nimajo enotnega izrazoslovja (opomba: atributni del mora biti enoznačno opisan, sicer ni možno povezovanje, povpraševanje itd.). Tako smo opravičili namen diplomskega dela, in sicer teoretično dopolnitev podatkovne baze namakalnih sistemov z agrotehničnimi vsebinami.

Za analizo smo izbrali podatke oziroma attribute, ki so bolj zanimivi iz agronomskega vidika, kot so: površina, opis sistema, datum izgradnje in namakalna regija. Pri tem je pomembno še enkrat omeniti, da podatki namakalnih sistemov niso popolni, zato smo jih kvalificirali glede na njihovo razpoložljivost podatkov za posamezne attribute. Vsi izbrani atributi so imeli dokaj velik delež manjkajočih podatkov, zato rezultati opravljenih analiz iz razpoložljivih podatkov verjetno niso merodajni. Po razpoložljivih podatkih smo ugotovili, da je v Sloveniji največ malih namakalnih sistemov (do 10 ha), po številu namakalnih sistemov prevladuje kapljični način namakanja, od vodnih virov poleg kategorije "ostalo" prevladujejo akumulacije, od namakanih skupin gojenih rastlin prevladuje kombinirana skupina, da je bilo največ namakalnih sistemov zgrajenih v obdobju od leta 1995 do 2000 in to malih namakalnih sistemov ter da je največ namakalnih sistemov v Podravski regiji, kjer prevladujejo mali namakalni sistemi.

Pri določanju agrotehničnih vsebin za dopolnitev podatkovne baze namakalnih sistemov smo se oprli na namakalne parametre potrebne za računalniške programe NAMIZ,

CROPWAT ter SWAP. Za opis agrotehničnega dela podatkovne baze namakalnih sistemov predlagamo naslednje vsebine: podatki o tleh, način namakanja, vodni vir, gojene rastline, norma namakanja (potencialna evapotranspiracija), obrok namakanja, čas namakanja, turnus namakanja in delovni hidromodul namakanja. Ti parametri so ključnega pomena pri načrtovanju in dimenzioniranju namakalnega sistema, poleg tega pa nam tudi povedo kdaj, koliko in kako pogosto moramo namakati. Pomembno pa je opozoriti, da se nekateri parametri lahko v življenjskem obdobju NS spreminjajo. Zato jih bo treba spremljati od faze načrtovanja, izvedbe, običajnega obratovanja, in v vseh fazah rekonstrukcije, modernizacije ali drugih sprememb znotraj NS (kolobar, namakalna oprema, sprememba namenske rabe itd.).

Ugotovili smo, da podatkovna baza namakalnih sistemov kot medij funkcionira in izpolnjuje svoj namen, le podatki so nepopolni, zato poleg dopolnitve z agrotehničnimi vsebinami, predlagamo še dopolnitev manjkajočih upravljalških podatkov ter določitev terminologije, ki bi omogočila boljšo preglednost in lažjo obdelavo podatkov. Iz obrazložitev finančnega načrta proračunskih sredstev MKGP je razvidno, da so v letu 2007 takšna sredstva zopet na voljo, zato bi bilo možno orodje KatMeSiNa (iz leta 2002) posodobiti in dopolniti. Tako bi dopolnjena podatkovna baza namakalnih sistemov lahko služila kot podpora pri odločanju upravljalcem in načrtovalcem namakalnih sistemov ter pri kontroli kmetijske inšpekcije.

7 VIRI

- Banovec P, Gosar L., Steinman F., Velepec K. 2003. Registar irigacionih i drenažnih sustava u Republici Sloveniji. V: Hrvatske vode u 21. stojeću, Zagreb, Hrvatske vode: 707-714.
- Benami A., Ofen A. 1995. Irrigation engineering. Sprinkler, trickle, surface irrigation - principles, design and agricultural practices. Israel, AGRIPRO – Agricultural Projects: 257 str.
- Čuden –Osredkar D., Pintar M. 2003. Postopek pridobitve dovoljenj in soglasij za namakalni sistem. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS: 30 str.
- Ćirić M. 1986. Pedologija. 2. izdanje. Sarajevo, SOUR "Svjetlost", OOUR Zavod za udžbenike i nastavna sredstva: 311 str.
- Gogerly A., Banovec P., Pintar M. 1999. NAMIZ. Program za vrednotenje fizikalnih parametrov izvedbe namakalnih projektov. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS: 15 str.
- Gosar L. 2002. Vsebina in način vodenja Katastra melioracijskih sistemov in naprav (strokovne podlage) – končno poročilo. Koper: 78 str.
- Hillel D. 1998. Environmental soil physics. San Diego, Academic Press: 794 str.
- Kataster melioracijskih sistemov in naprav. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.
<http://rkg.gov.si/KatMeSiNa/> (8. jun. 2007)
- Košmelj K. 2001. Uporabna statistika. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 249 str.
- Matičič B., Avbelj L., Hočevan A., Kajfež-Bogataj L., Tanjšek A., Osvald J., Štampar F., Korošec-Koruza Z., Čop J., Ozbič F., Mikluš I., Berčič S., Kovačič I., Pintar M. 1995. Namakanje v Sloveniji. 1. del: Osnove. Ljubljana, Slovensko društvo za namakanje in odvodnjo: 115 str.
- Mohorič T. 1995. Uvod v podatkovne baze. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko in računalništvo, BI-TIM: 266 str.
- Mohorič T. 2002. Uvod v podatkovne baze. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko in računalništvo, BI-TIM: 271 str.
- Osvald J., Kogoj-Osvald M. 1998. Splošno vrtnarstvo in zelenjadarstvo: učbenik za poklicni vrtnar. Železniki, Pami: 321 str.
- Pintar M. 2004. Melioracije in urejanje kmetijskih zemljišč 2. del. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 254 str. (gradivo k predavanjem)
- Pintar M. 2006. Osnove namakanja s poudarkom na vrtninah in sadnih vrstah v zahodni, osrednji in južni Sloveniji. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS: 55 str.
- "Podatki KatMeSiNa". 2002. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za mehaniko tekočin z laboratorijem. (izpis iz baze podatkov)

- Pravilnik o določitvi višine nadomestila za kritje stroškov za vzdrževalna dela na skupnih objektih in napravah na melioracijskih območjih od aprila do decembra 2007. Ur. l. RS, št. 33-1767/07
- Prus T., Vidic N. J., Zupan M., Vrščaj B., Lobnik F., Hrustel-Majcen M. 1992. Študijsko gradivo za predmet Pedologija: višješolski študij ob delu 1. letnik. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo: 194 str.
- Razboršek P. 2005. Namakanje kmetijskih zemljišč, 2004 (Prva objava). Statistični urad Republike Slovenije. 27.9.2005
http://www.stat.si/novice_poglej.asp?ID=731 (2. jul. 2007)
- Razboršek P. 2006. Namakanje kmetijskih zemljišč, Slovenija, 2005. Statistični urad Republike Slovenije. 30.6.2006
http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?id=277 (2. jul. 2007)
- Razboršek P. 2007. Namakanje kmetijskih zemljišč, Slovenija, 2006. Statistični urad Republike Slovenije. 2.7.2007
http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?id=947 (2. jul. 2007)
- Sarwar A., Bastiaanssen W. G. M., Feddes R. A. 2001. Irrigation water distribution and long-term effects on crop and environment. V: Agricultural Water Management, 50: 125-140
- Smith M. 1992. CROPWAT: A computer program for irrigation planning and management. Rim, FAO irrigation and drainage paper, 46: 126 str. + 1 disketa
- Soil Water Atmosphere Plant. 2007. Wageningen University and Research Centre.
<http://www.swap.alterra.nl/> (12. jun. 2007)
- Statistični urad Republike Slovenije. 2007.
<http://www.stat.si> (2. jul. 2007)
- Stražar S. 2002. Institucionalna ureditev hidromelioracij – pregled stanja in načrti za v bodoče. V: 13. Mišičev vodarski dan, Maribor, Vodnogospodarski biro: 56-67
- Šraj M. 2006. Navodila za uporabo programa CROPWAT (verzija 4.2 za Windows). Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 35 str. (gradivo za vaje)
- Uredba o izvajanju nalog na hidromelioracijskih sistemih. Ur. l. RS, št. 108-4691/05
- Uredba o koncesiji za gospodarsko izkoriščanje talne vode iz gramoznice Ivanci za namakanje kmetijskih zemljišč. Ur. l. RS, št. 68-3725/96
- Uredba o koncesiji za gospodarsko izkoriščanje vode iz vodotoka Krka za namakanje na kompleksu imenovanem Namakalni sistem Kalce-Naklo. Ur. l. RS, št. 79-4119/01
- Uredba o spremembah in dopolnitvah Uredbe o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla. Ur. l. RS, št. 29-1248/04
- Uredba o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla. Ur. l. RS, št. 68-3721/96
- Uredba o vodnih povračilih. Ur. l. RS, št. 103-5136/02
- Uredba o vrstah posegov v okolje, za katere je obvezna presoja vplivov na okolje. Ur. l. RS, št. 78-3406/06
- Zakon o graditvi objektov (uradno prečiščeno besedilo). Ur. l. RS, št. 102-4398/04

Zakon o kmetijskih zemljiščih (uradno prečiščeno besedilo). Ur. l. RS, št. 55-2750/03

Zakon o kmetijstvu. Ur. l. RS, št. 54-2497/00

Zakon o prostorskem načrtovanju. Ur. l. RS, št. 33-1761/07

Zakon o urejanju prostora. Ur. l. RS, št. 110-5386/02

Zakon o varstvu okolja (uradno prečiščeno besedilo). Ur. l. RS, št. 39-1682/06

Zakon o vodah. Ur. l. RS, št. 67-3237/02

Zupan M., Grčman H., Kočevan H. 2002. Navodila za vaje iz pedologije. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo (gradivo za vaje)

Zupanc V., Pintar M. 2005. Melioracije in urejanje kmetijskih zemljišč. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 49 str. (gradivo za vaje)

23 Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. 2007. Obrazložitev finančnega načrta: 122 str.

www.mf.gov.si/slov/proracun/sprejet_proracun/2007/OBR07_23.pdf (8. jun. 2007)

ZAHVALA

Zahvaljujem se vsem, ki ste me podpirali, vzpodbujali in mi stali ob strani tekom študija in nastanka diplomske naloge, še posebej pa:

- mentorici izr. prof. dr. Marini Pintar in somentorju prof. dr. Franciju Steinmanu za navdih, skrbno mentorstvo, strokovno pomoč in zaupanje;
- bratu Danielu, ki je verjel vame in mi stal ob strani tudi takrat, ko je bil sam zaposlen s svojim delom;
- mag. Leonu Gosarju in doc. dr. Primožu Banovcu za nesebično pomoč ter izmenjavo izkušenj;
- dr. Heleni Šircelj za vzpodbujanje ter vse strokovne in življenjske nasvete;
- Barbari Janhar (Pipan) za vso pomoč in prijateljstvo tekom študija;
- svoji mami za podporo in potrpljenje;
- Luki za to, da je ...

PRILOGA

Priloga A: Logični model podatkovne baze EviMeS (MS SQL Server 2000)

EviMeS - relacije v Microsoft SQL Server 2000

