

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Matjaž TRATNIK

**UPORABA MODELA CROPWAT ZA ANALIZO
POTREBNIH KOLIČIN VODE ZA NAMAKANJE NA
IZBRANIH KULTURAH V ZGORNJI VIPAVSKI
DOLINI**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2009

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Matjaž TRATNIK

**UPORABA MODELA CROPWAT ZA ANALIZO POTREBNIH
KOLIČIN VODE ZA NAMAKANJE NA IZBRANIH KULTURAH V
ZGORNJI VIPAVSKI DOLINI**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**THE USE OF MODEL CROPWAT FOR ANALYSIS OF NECESSARY
AMMOUNTS OF WATER FOR IRRIGARION ON CHOSEN
CULTURES IN UPPER VIPAVA VALLEY**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2009

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. Model *CropWat for Windows*, katerega smo uporabljali pri delu je prosto dostopen tudi na internetu. Meteorološke podatke, ki so bili uporabljeni za analize v naši nalogi, so nam posredovali iz Agencije Republike Slovenije za okolje.

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

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Franc Batič
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. Lučka Kajfež – Bogataj
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

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

Matjaž Tratnik

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 631.671:519.876.5(497.4 Vipavska dolina)(043.2)
KG	namakanje/voda v tleh/simulacijski modeli/potrebe po vodi/cropwat/Vipavska dolina
KK	AGRIS F06
AV	TRATNIK, Matjaž
SA	PINTAR, Marina (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI	2009
IN	UPORABA MODELA CROPWAT ZA ANALIZO POTREBNIH KOLIČIN VODE ZA NAMAKANJE NA IZBRANIH KULTURAH V ZGORNJI VIPAVSKI DOLINI
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	XIII, 43, [10] str., 17 pregl., 21 sl., 8 pril., 40 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Zgornja Vipavska dolina (ZVd) ima ugodno klimo za gojenje vrtnin, žal pa vrtnarstvo na tem območju ni razširjeno, saj za te potrebe ni zagotovljenega ustreznega namakanja. Da bi ocenili potrebnost namakalnih sistemov, smo se odločili analizirati potrebe po vodi za izbrane vrtnine (čebula, spomladanska špinača, radič solatnik, jesenska špinača). Analizirani nizi podatkov so bili: povprečje med leti 1991 in 2006, sedem podnebnih scenarijev (dvigi temperature za 1,5°C; 3°C; 4,5°C in zmanjšana količina padavin za 10%) in analiza sušnih let 2003 in 2006. Izbrali smo tudi tri tipe tal, ki se pojavljajo v ZVd, na katerih bi lahko pridelovali zelenjavo. Orodje za analizo je bil program CropWat for Windows (C4W). Analize so pokazale, da je ob optimalni razporeditvi padavin v zgodnji sezoni (ZS) potrebnega več namakanja kot v pozni sezoni (PS). Pri scenarijih klimatskih sprememb so se v ZS potrebe po vodi sicer povečale, toda niso dosegle nivoja potreb iz let 2003 in 2006. Pri spomladanski špinači vsaka 1,5°C povišane temperature zveča potrebe po namakanju za 15 – 22%, zmanjšanje količine padavin za 10% pa poveča potrebe po namakanju za 24 – 34%, rezultati pri čebuli pa so le malo manjši. V PS so klimatski scenariji pokazali minimalne količine potrebnega namakanja, zopet pa je bilo v letih 2003 in 2006 potrebnega veliko več namakanja. Naslednji korak v naši raziskavi je bil izdelava urnikov namakanja, kjer so upoštevane tudi lastnosti tal. Največja težava pri izdelavi urnikov namakanja je v načinu, na katerega C4W izračuna efektivne padavine, saj menimo, da jih C4W izračuna premalo. Ravno zato smo naredili nekaj poskusov računanja urnikov namakanja, kjer uporabnik sam določa količine in termine namakanja. Poskusili smo tudi načine, kjer lahko sami korigiramo vodno bilanco tal in načine, kjer upoštevamo dejanske količine padavin. Mislimo, da je C4W namenjen načrtovanju namakanja, ki temelji na dejanskih meteoroloških podatkih in ne na izračunanih povprečjih.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Dn
DC	UDC 631.671:519.876.5(497.4 Vipavska dolina)(043.2)
CX	irrigation/soil water/simulation models/cropwat/vegetables/Slovenia
CC	AGRIS F06
AU	TRATNIK, Matjaž
AA	PINTAR, Marina (supervisor)
PP	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB	University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
PY	2009
TI	THE USE OF MODEL CROPWAT FOR ANALYSIS OF NECESSARY AMMOUNTS OF WATER FOR IRRIGATION ON CHOSEN CULTURES IN UPPER VIPAVA VALLEY
DT	Graduation Thesis (university studies)
NO	XIII, 43, [10] p., 17 tab., 21 fig., 8 ann., 40 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	In the Upper Vipava Valley (UVV) climate is appropriate for growing vegetables, but because there is no appropriate irrigation system in this area, horticulture is not present. We decided to analyze crop water requirements for some selected crops (onion, chicory, spinach planted in spring and spinach planted in late summer), to estimate necessity of constructing irrigation systems in near future. Climate data analyzed in research were: average between years 1991 and 2006, seven climate change scenarios (increased air temperature for 1,5°C; 3°C; 4,5°C and decreased precipitation amount for 10%) and analysis of years with drought 2003 and 2006. We also choose three soil types that are frequent in the UVV, and where vegetable could be grown. In our research, we used computer program CropWat for Windows (C4W). Analyses showed that considering optimal distribution of precipitation we need more irrigation in early growing season (EGS) than in late growing season (LGS). Considering climate change scenarios in EGS crop water requirements increased, but did not reach level of water requirements from years 2003 and 2006. For spinach grown in EGS we found out, that for every 1,5°C higher temperature irrigation requirements increase for 15 – 22%, decreased precipitations for 10% increases irrigation requirements for 24 – 34%, results for onion are only a little lower. Climate scenarios showed very small amounts of irrigation needed in LGS, but again the needs for irrigation in years 2003 and 2006 were much larger. Next step in our research was making scheduling scenarios, where characteristics of soils were also taken into consideration. In that part of research we found out that the main problem is the way C4W calculates amount of effective rain. We think that amount of effective rain is underestimated. That is why we also did some trials of calculating scheduling scenarios where user of C4W sets amount and time of irrigation. In some trials we demonstrated how to adjust soil water balance if we think this is necessary and also how to take into consideration actual daily precipitations. We think C4W is designed for irrigation planing based on actual not on average climate data.

KAZALO VSEBINE

Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation.....	IV
Kazalo vsebine.....	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	IX
Kazalo prilog	XI
Okrajšave in simboli	XII
1 UVOD.....	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 Voda v sistemu – atmosfera – tla – rastlina	2
2.1.1 Voda v tleh	3
2.2 Vodna bilanca tal.....	4
2.2.1 Spremembe vodne bilance tal	6
2.2.1.1 Suša	6
2.2.1.2 Klimatske spremembe	7
2.2.1.3 Namakanje	7
2.2.1.3.1 Namakanje zelenjadnic.....	8
2.3 Računalniški simulacijski modeli.....	9
3 MATERIAL IN METODE.....	10
3.1 Podnebne značilnosti	10
3.1.1 Veter.....	10
3.1.2 Vremenske ujme	11
3.2 Matična podlaga	12
3.3 Hidrografske značilnosti	12
3.4 Tla.....	13
3.5 Stanje kmetijstva	14

3.5.1	Namakanje v Zgornji Vipavski dolini	15
3.6	Model CropWat for windows 4.3	15
3.6.1	Vhodni podatki modela	15
3.6.2	Izhodne informacije	16
3.7	Izbira rastlin in njihovih parametrov	17
3.8	Izbira parametrov namakanja	20
3.9	Izbira scenarijev za analizo	20
4	REZULTATI in razprava	21
4.1	Izbira porazdelitve padavin	21
4.2	Rezultati analiz potreb rastlin po vodi	23
4.2.1	Čebula	23
4.2.2	Spomladanska špinača	27
4.2.3	Radič solatnik	28
4.2.4	Jesenska špinača	29
4.3	Računanje urnikov namakanja	30
4.4	Računanje urnikov namakanja – uporabnik načrtuje namakanje	33
4.4.1	Določanje količine namakanja in terminov namakanja	34
4.4.2	Urn timer z vnosom dejanskih padavinskih dogodkov	35
5	SKLEPI	37
6	POVZETEK	38
7	VIRI	41

ZAHVALA

PRILOGE

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Razvrstitev tal v Vipavski dolini v kategorije glede na EPK (Kajfež-Bogataj in sod., 2005).	13
Preglednica 2:	Učinki namakanja v Vipavski dolini po posamezni kulturi (Namakanje v Vipavski dolini, 1999).	15
Preglednica 3:	Izbrane vrtnine, termini setve, trajanje rastne dobe in termin spravila vrtnin, uporabljenih v našem poskusu.	17
Preglednica 4:	Spremembe osnovnega niza podatkov (povprečje med leti 1991 in 2006) za mesečne temperature zraka in količino padavin.	20
Preglednica 5:	Primerjava količine padavin (mm) ob različnih porazdelitvah v rastni dobi čebule za povprečje padavin v obdobju 1991 – 2006.	21
Preglednica 6:	Rezultati izračuna potreb po vodi in namakanju (mm) za čebulo v Zgornji Vipavski dolini, pri različnih klimatskih scenarijih.	24
Preglednica 7:	Količina padavin (mm) po mesecih za postajo Slap pri Vipavi, v času rasti čebule.	25
Preglednica 8:	Količina vode potrebne za namakanje (mm) čebule v Zgornji Vipavski dolini, pri različnih klimatskih scenarijih, glede na osnovni niz podatkov – povprečje 1991 – 2006 (scenarij 1).	26
Preglednica 9:	Rezultati izračuna potreb po vodi in namakanju (mm) za spomladansko špinačo v Zgornji Vipavski dolini, ob različnih klimatskih scenarijih.	28
Preglednica 10:	Rezultati izračuna potreb po vodi in namakanju (mm) za radič v Zgornji Vipavski dolini, pri različnih klimatskih scenarijih.	29
Preglednica 11:	Rezultati izračuna potreb po vodi in namakanju (mm) za jesensko špinačo v Zgornji Vipavski dolini, pri različnih klimatskih scenarijih.	30
Preglednica 12:	Rezultati urnikov namakanja za čebulo, v Zgornji Vipavski dolini, na lahkih tleh (padavine vsakih 5 dni).	31
Preglednica 13:	Rezultati urnikov namakanja za čebulo, v Zgornji Vipavski dolini, na lahkih tleh (padavine vsakih 6 dni).	32

Preglednica 14: Rezultati urnikov namakanja za čebulo, v Zgornji Vipavski dolini, na lahkih tleh (padavine vsakih 7 dni).	32
Preglednica 15: Primerjava namakanja spomladanske špinače v Zgornji Vipavski dolini, ki ga ponudi program CropWat, z namakanjem, ki ga določi uporabnik (<i>a</i> – scenariji).....	35
Preglednica 16: Primerjava namakanja spomladanske špinače v Zgornji Vipavski dolini, ki ga ponudi program CropWat (leto 2003 - sc9), z namakanjem, ki ga določi uporabnik (<i>b</i> – scenarij).....	35
Preglednica 17: Primerjava namakanja spomladanske špinače v Zgornji Vipavski dolini, ki ga ponudi program CropWat (leto 2006 - sc10), z namakanjem, ki ga določi uporabnik (<i>b</i> – scenarij).....	36

KAZALO SLIK

Slika 1:	Sistem rastlina – tla – atmosfera, ki določa vodno bilanco tal (Bellisario in sod., 1992).....	2
Slika 2:	Oskrbovanje rastlin z vodo po globini v profilu korenin (Pintar, 2006).....	3
Slika 3:	Spremembe koeficienta infiltracije (cm/uro) v lahkih peščeno ilovnatih (PI) in težkih glinasto ilovnatih (GI) tleh v odvisnosti od časa (Pintar, 2006).	4
Slika 4:	Vodni rezervoar v tleh, iz katerega se oskrbujejo rastline (Pintar, 2006).	8
Slika 5:	Klimogram za Slap pri Vipavi za obdobje 1976 – 2005 (Meteorološki letopis..., 1991; Meteorološki podatki, 2008).....	10
Slika 6:	Razlika med povprečno letno količino padavin in evapotranspiracijo v obdobju 1991 – 2006 na postaji Slap pri Vipavi (Meteorološki podatki, 2008).....	11
Slika 7:	Pogovorno okno za vnos mesečnih meteoroloških podatkov pri programu CropWat, na podlagi katerih je izračunana evapotranspiracija.	16
Slika 8:	Shematičen prikaz poteka krivulje koeficienta rastline tekom rastne sezone (Chapter 6 – Etc, 2009).	18
Slika 9:	Grafični prikaz namakanja, in komponent le-tega, kot nam ga predstavi model CropWat.	19
Slika 10:	Pogovorno okno za vnos podatkov o rastlini pri programu CropWat.	19
Slika 11:	Količina padavin (mm) v rastni dobi čebule (marec – junij) za nekatera leta za postajo Slap pri Vipavi.	21
Slika 12:	Porazdelitev padavin (povprečje 1991 – 2006), ki jo predlaga program CropWat, za postajo Slap pri Vipavi.	22
Slika 13:	Ena od porazdelitev padavin (povprečje 1991 – 2006) pri programu CropWat, ki jo lahko izberemo, za postajo Slap pri Vipavi.	22
Slika 14:	Ena od porazdelitev padavin (povprečje 1991 – 2006) pri programu CropWat, ki jo lahko izberemo, za postajo Slap pri Vipavi.	23
Slika 15:	Porazdelitev padavin v letu 1995 za postajo Slap pri Vipavi ki jo lahko izberemo pri modelu CropWat.	23
Slika 16:	Potrebe po namakanju čebule v Zgornji Vipavski dolini za scenarij 8; padavine porazdeljene kot na Sliki 13.	24

Slika 17:	Potrebe po namakanju čebule v Zgornji Vipavski dolini za scenarij 9; padavine porazdeljene kot na Sliki 14.	24
Slika 18:	Prikaz izračuna potreb po vodi s programom CropWat za čebulo v Zgornji Vipavski dolini za vsak dan posebej.	25
Slika 19:	Prikaz potreb po vodi in namakanju (mm) za čebulo v Zgornji Vipavski dolini, pri različnih podnebnih scenarijih.....	27
Slika 20:	Pogovorno okno pri programu CropWat za vnos podatkov o tleh.	30
Slika 21:	Primer namakanja čebule v Zgornji Vipavski dolini, ko izkoristimo zelo malo učinkovitih padavin.	33

KAZALO PRILOG

- Priloga A: Kategorije desorpcijskih značilnosti tal za vodo na območju Vipavske doline.
- Priloga B: Osnovni niz meteoroloških podatkov (povprečje 1991 – 2006) za meteorološko postajo Slap pri Vipavi za analizo z modelom CropWat (sc 1).
- Priloga C: Primer računanja potreb rastlin po vodi (CWR) z modelom CropWat za spomladansko špinačo v Zgornji Vipavski dolini.
- Priloga D: Primer računanja urnika namakanja z modelom CropWat za čebulo v Zgornji Vipavski dolini – predstavljeni so le dnevi, ko je predvideno namakanje ali padavine.
- Priloga E: Rezultati urnikov namakanja, izračunanih s pomočjo modela CropWat, za čebulo v Zgornji Vipavski dolini, za različne podnebne scenarije in različne tipe tal.
- Priloga F: Rezultati urnikov namakanja, izračunanih s pomočjo modela CropWat, za spomladansko špinačo v Zgornji Vipavski dolini, za različne podnebne scenarije in različne tipe tal.
- Priloga G: Rezultati urnikov namakanja, izračunanih s pomočjo modela CropWat, za radič v Zgornji Vipavski dolini, za različne podnebne scenarije in različne tipe tal.
- Priloga H: Rezultati urnikov namakanja, izračunanih s pomočjo modela CropWat, za jesensko špinačo v Zgornji Vipavski dolini, za različne podnebne scenarije in različne tipe tal.

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

OKRAJŠAVE

CWR	potrebe rastlin po vodi (crop water requirement)
DZV	dovoljeno znižanje vode
EPK	efektivna poljska kapaciteta
FAO	Svetovna organizacija za prehrano in kmetijstvo (Food and Agriculture Organization)
PK	poljska kapaciteta
RV	razpoložljiva voda
TV	točka venenja

SIMBOLI

SIMBOL	Enota	Razlaga
c_p	$J g^{-1} ^\circ C^{-1}$	specifična toplota vlažnega zraka
E	mm	evaporacija
e_a	mm Hg	delni parni pritisk
e_s	mm Hg	nasičeni parni pritisk
ET_C	$mm dan^{-1}$	potencialna evapotranspiracija
ET_R	$mm dan^{-1}$	dejanska evapotranspiracija
ET_0	$mm dan^{-1}$	referenčna evapotranspiracija
G	$J m^{-2} dan^{-1}$	toplotni tok
K_a	mm	kapilarni dvig vode
k_c		koeficient rastline
K_y	%	odstotek zmanjšanja pridelka zaradi sušnega stresa
N_k	mm	namakanje
O_{pov}	mm	odtok površinskih voda
OK	mm	odtok vode iz območja korenin
p	%	delež lahko dostopne vode v tleh
P	mm	padavine
r_a	$s m^{-1}$	aerodinamična upornost
r_s	$s m^{-1}$	stomatalna upornost
R_n	$MJ m^{-2} dan^{-1}$	neto sevanje
T	mm	transpiracija
ΔVK	mm	vsebnost vode v območju korenin

ρ_a	gcm^3	gostota zraka
Δ	$\text{kPa}^\circ\text{C}^{-1}$	utežnostna konstanta odvisna od temperature
γ	$\text{kPa}^\circ\text{C}^{-1}$	psihrometrična konstanta

1 UVOD

V bolj sušnih podnebnih razmerah je namakanje nujno potrebno za kakršnokoli rastlinsko pridelavo. V naših podnebnih razmerah, kjer pade relativno veliko dežja, ki je preko rastne sezone neenakomerno razporejen, je namakanje dopolnilni ukrep, ki omogoča količinsko in kakovostno stabilno rastlinsko pridelavo. Seveda je namakanje nujen ukrep pri gojenju rastlin v zavarovanih prostorih (Pintar, 2006).

Pred začetkom vsake rastlinske pridelave moramo preveriti razpoložljive količine vode, ki naj bi jih naša izbrana rastlina potrebovala tekom rasti. To vedno velja za gojenje v nadzorovanih razmerah rasti (rastlinjakih), enako pa to velja za gojenje na prostem, kjer nimamo zagotovljenega namakanja. Zato je na mestu vprašanje o perspektivah kmetijstva na območjih, kjer s padavinami ne moremo zagotoviti zadostnih količin vode za oskrbo rastlin, namakanje pa ni mogoče. Ob ekstremnih vremenskih pojavih in predvidenih klimatskih spremembah, se porajajo vprašanja o perspektivah kmetijstva na teh območjih.

Kmetijstvo je v Vipavski dolini pomembna gospodarska dejavnost in ob predvidenih spremembah vodne bilance tal zaradi klimatskih sprememb bo v prihodnosti imelo sprejemanje pravih odločitev v kmetijski pridelavi še pomembnejšo vlogo. Zato je pomembno, da na tem področju potekajo raziskave, katere bodo odgovornim olajšale sprejemanje strateških odločitev.

Namen dela je določitev potreb po namakanju izbranih vrtnin v Zgornji Vipavski dolini, obenem pa tudi ugotoviti, kakšen vpliv na vodno bilanco tal bodo imele napovedane klimatske spremembe. Namen dela je tudi določitev potrebne količine vode, ki jo bomo morali zagotoviti ob predvidenih klimatskih spremembah na različnih tipih tal. V končni fazi bomo lahko primerjali in tudi ovrednotili potrebe po vodi v prvi in drugi polovici rastne sezone.

V raziskavi smo uporabili model CropWat, ki simulira vodno bilanco tal. Program je namenjen določevanju potreb rastlin po vodi ter izdelavi urnikov namakanja. Z njim skrbimo, da je nihanje rastlinam dostopne vode v tleh čim manjše, s čimer lahko dosegamo maksimalno pridelavo in optimalno porabo namakalne vode. Predvidevamo, da je program CropWat primerno orodje za obdelavo naših podatkov.

V Zgornji Vipavski dolini namakanje ni urejeno, toda kmetje za samooskrbo vseeno gojijo zelenjavo – ob sušah so te rastline v stresu, zato pridelki niso tako veliki, kot bi lahko bili. Predvidevamo, da je za nemoteno rast naših izbranih rastlin v Zgornji Vipavski dolini že sedaj potrebno namakanje, v prihodnosti, ob upoštevanju klimatskih sprememb, pa naj bi se količina potrebne vode še povečala.

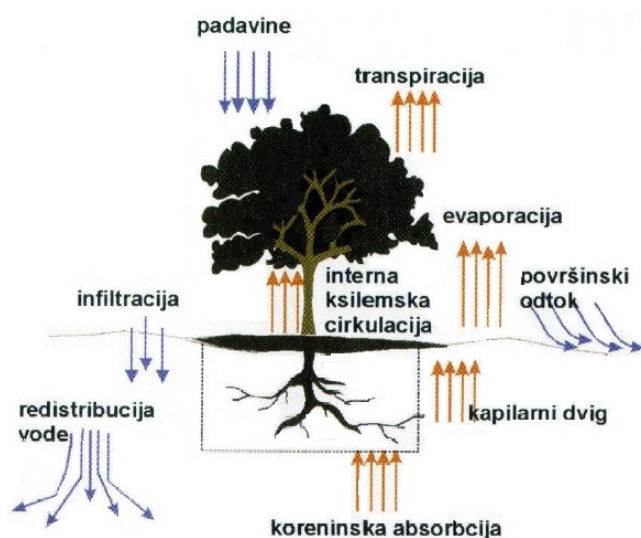
2 PREGLED OBJAV

2.1 VODA V SISTEMU ATMOSFERA – TLA – RASTLINA

Atmosfera je zmes plinov, ki obdajajo Zemljo. Plin, ki atmosfero sestavlja v splošnem imenujemo zrak in je mešanica raznih plinov, ki drug z drugim kemično ne reagirajo.

Vreme je splet meteoroloških pojavov in vrednosti meteoroloških elementov v določenem času in prostoru. Klimo opredeljujejo značilnosti vremena nad nekim geografskim območjem v daljšem časovnem obdobju, skupaj s pogostnostjo pojavljanja tipičnih vremenskih stanj in s sezonskimi spremembami (Rakovec in Vrhovec, 2000).

Obdržati zadostno količino vode je eden glavnih izzivov kopenskih rastlin. Rastline se nenehno soočajo z nevarnostjo pomanjkanja vode zaradi izgube vode v atmosfero. Oskrba rastlin z vodo je tako eden najpomembnejših dejavnikov, ki določa razprostranjenost in vrstno sestavo rastlin v okolju. Na Sliki 1 so prikazani procesi, ki prispevajo k bogatenju, oziroma manjšanju zaloga vode v tleh, ki so dostopne rastlini.



Slika 1: Sistem rastlina – tla – atmosfera, ki določa vodno bilanco tal (Bellisario in sod., 1992).

Tla oskrbujejo rastline z vodo in hranili, dajejo oporo koreninam, zadržujejo minerale, organsko snov, vodo in energijo. Pridelava hrane in drugih kmetijskih izdelkov, nujno potrebnih za preživetje človeka, je povsem odvisna od tal. Značilnosti tal so definirane z razmerji med komponentami tal, večinoma med peskom, meljem in glino, ter organsko snovjo, vodo in zrakom (Suhadolc in sod., 2005).

Trdna faza tal je sestavljena iz organskega in mineralnega dela – slednjega sestavljajo pesek, melj in glina. Razmerje med količino peska, melja in gline imenujemo tekstura tal, ki določa številne lastnosti tal (Prus in sod., 1992). Talni delci se med seboj povezujejo v agregate različnih oblik in velikosti, kar imenujemo struktura tal (Zupan in sod., 2002).

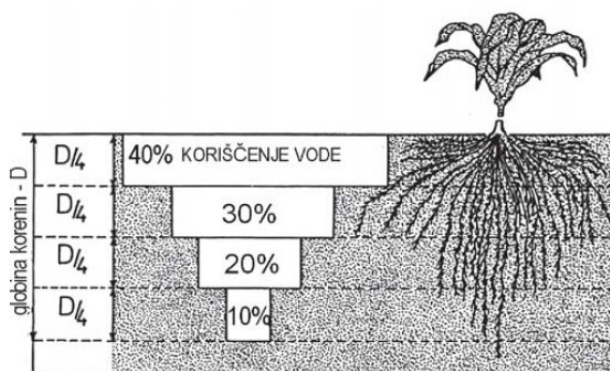
2.1.1 Voda v tleh

Za snovi v tekočem stanju v tleh uporabljamo posplošen izraz voda v tleh. Večina teh snovi je res voda, ki vsebuje tudi razne raztopljene mineralne snovi in pline (Hočevnar in Petkovšek, 1984).

Vezava vode na talne delce se začne, ko je zrak v tleh nasičen z vodnimi molekulami. Najmočnejše je na talne delce vezana prva plast molekul vode – tudi s silo večjo od 30 barov. Da rastline lahko sprejmejo vodo iz tal, morajo premagati tenzijo, s katero je voda vezana na talne delce. Največja tenzija, ki jo rastline lahko premagajo je 15 barov (Pintar, 2006).

Pomembne lastnosti tal so vodnoretenzijske lastnosti tal za vodo. Uporabljamo jih za določitev koreninam rastlin dostopne vode v tleh. Podatki o vodnoretenzijskih lastnostih tal za vodo so poleg meteoroloških podatkov edina informacija za ugotavljanje in zasledovanje ranljivosti posamezne parcele ali neke regije za kmetijsko sušo.

V povprečju se rastline z vodo največ oskrbujejo iz prve četrtine globine korenin, kjer dobijo do 40% vse potrebne vode. Iz druge četrtine korenin dobijo 30%, iz tretje in četrte četrtine korenin pa dobijo 20% in 10% potrebne vode (Slika 2).



Slika 2: Oskrbovanje rastlin z vodo po globini v profilu korenin (Pintar, 2006).

Absolutna kapaciteta tal za vodo je količina vode, ki jo tla obdržijo po 24 urah, potem ko so bila tla zasičena do maksimalne kapacitete. Poljska kapaciteta (PK) je količina vode, ki jo tla s svojimi notranjimi silami v naravnih razmerah obdržijo daljši čas po obilnem namakanju (Suhadolc in sod., 2005).

Tla dosežejo točko venenja (TV), če rastline zaradi pomanjkanja vode v tleh ovenijo in si tudi ob ponovnem razpolaganju z vodo ne opomorejo več (Klobučar in sod., 1982). Količino fiziološko aktivne vode torej dobimo, ko od količine vode v tleh pri poljski kapaciteti odštejemo količino vode pri točki venenja.

2.2 VODNA BILANCA TAL

Vodna bilanca je ocena vseh pritokov, odtokov ter komponent skladiščenja vode v mejah območja, katerega definiramo (Ritzema, 1994).

Vodna bilanca je lahko model za hidrološki proces, katerega raziskujemo in je uporabno orodje za preveritev, kakšen učinek bodo imele spremembe določenega člena vodne bilance na druge člene sistema (Zupanc, 2003). Glede na namen raziskave, si izberemo primeren volumen oziroma globino tal, za katero izračunamo vodno bilanco. Z agronomskega vidika je pomembna vodna bilanca nenasičene cone v prerezu od površine tal do globine korenin.

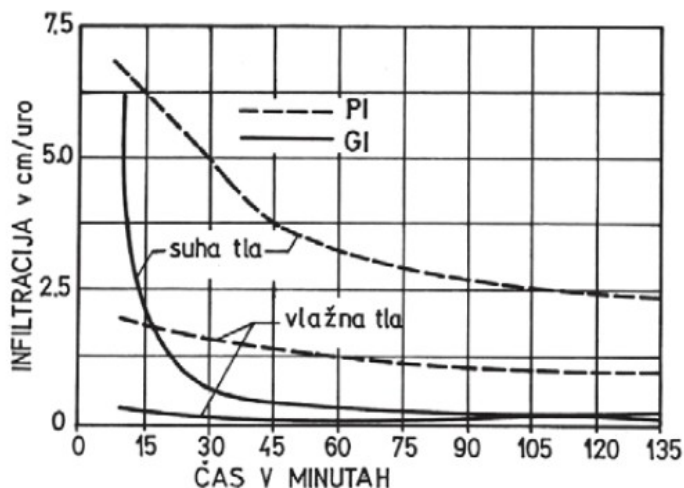
Vodni cikel lahko z vidika rastlin v območju korenin opišemo s formulo:

$$\Delta VK = P + N_k + K_a \pm O_{pov} - T - E - OK \quad \dots(1)$$

V enačbi je ΔVK vsebnost vode v območju korenin, P količina padavin, N_k namakanje, K_a kapilarni dvig vode, O_{pov} površinski odtok ali dotok vode, T transpiracija, E evaporacija, OK odtok vode iz območja korenin.

Namakanje je umetno dodajanje vode z namenom optimizirati rast in razvoj gojenih rastlin, kadar v času vegetacije le-te manjka v tleh (Čuden Osredkar in Pintar, 2003).

V suha tla voda pronica hitreje in z vlaženjem vedno počasneje. Po 3-5 urah vlaženja se hitrost pronicanja skoraj ne spreminja več. Koeficient infiltracije (spreminjanje koeficienta infiltracije v odvisnosti od časa je prikazano na Sliki 3) je pomemben predvsem pri namakanju, da tlom ne dovajamo več vode, kot jo lahko v nekem času vpijejo, saj bi sicer voda na površini zastajala, pojavil bi se tudi površinski odtok (izguba vode).



Slika 3: Spremembe koeficienta infiltracije (cm/uro) v lahkih peščeno ilovnatih (PI) in težkih glinasto ilovnatih (GI) tleh v odvisnosti od časa (Pintar, 2006).

Če izhajamo iz enačbe številka 1, lahko vidimo, da so členi, ki imajo negativni prispevek k vodni bilanci evaporacija (E), transpiracija (T) in odtok vode iz območja korenin (OK).

Negativni predznak ima tudi površinski odtok vode (O_{pov}), v primeru, ko voda po površini odteče iz našega opazovanega območja.

Površinski odtok imenujemo tisti del padavin, ki prispejo na površino Zemlje in se ne zadržijo na rastlinah ali v tleh ali izhlapijo, temveč odtečejo v mrežo vodotokov. Voda teče pod vplivom gravitacije proti najnižji točki določene prispevne površine ali padavinskega območja (Brilly in Šraj, 2005). Odtok vode iz območja korenin lahko imenujemo tudi globinsko pronicanje in pomeni migracijo vode navzdol in s tem bogatenje podtalnice. Globinski odtok predstavlja gravitacijska voda.

Od padavin, ki padejo na zemeljsko površino, jih okoli 60% izhlapi nazaj v atmosfero. To v celoti ne predstavlja izgube vode, saj del te vode transpirira preko poljščin, torej preko rastlinske pridelave (Droogers, 2000). Izhlapevanje ali evaporacija je prehod vode iz tekočega v plinasto agregatno stanje.

Ob enakomernem povečevanju hitrosti vetra, se izhlapevanje z vodne površine enakomerno veča, transpiracija pa se veča vse počasneje. Rastlina namreč z zapiranjem listnih rež regulira, da ne pride do prevelike transpiracije (Hočevvar in Petkovšek, 1984).

Količine vode, ki zapustijo obraslo površino v procesih evaporacije in transpiracije, je tako rekoč nemogoče med seboj ločiti, saj evaporacija in transpiracija potekata istočasno. Zato z izrazom evapotranspiracija imenujemo celoten proces prehajanja vode s površine Zemlje v atmosfero. Prispevni delež evaporacije, oziroma transpiracije k evapotranspiraciji se tekom rastne dobe spreminja, glede na pokrovnost tal. Ko je rastlina majhna, s svojimi listi pokriva le majhen delež tal, in takrat je glavni proces evaporacija. Tekom rasti lahko rastlina popolnoma prekrije tla in glavni proces postane transpiracija.

Razlikujemo potencialno in dejansko evapotranspiracijo (ET). Potencialna evapotranspiracija (ET_C) predstavlja največjo možno ET, ko je na razpolago neomejena količina vode (Meteorološki terminološki slovar). Dejanska evapotranspiracija (ET_R) je količina vode, ki dejansko preide v atmosfero s površine tal in rastlin pri naravni količini vlage v tleh (Brilly in Šraj, 2005) in je navadno manjša od potencialne ET. Poznamo tudi tretjo vrsto evapotranspiracije, to je referenčna evapotranspiracija (ET_0). Definirana je kot količina vode, ki izhlapi iz površine tal, ki jih enakomerno pokriva ekstenzivna travna ruša, visoka 0,12 m, zadostno preskrbljena z vodo, s površinsko upornostjo 70 sm^{-1} in albedom 0,23 (Allen in sod., 1998).

S pomočjo referenčne evapotranspiracije (ET_0) in koeficienta rastline lahko izračunamo potrebe po vodi za določeno rastlino.

$$ET_C = k_C * ET_0 \quad \dots(2)$$

ET_C	potencialna evapotranspiracija [mm dan^{-1}]
ET_0	referenčna evapotranspiracija [mm dan^{-1}]
k_C	koeficient rastline []

Koeficient rastline (k_c) predstavlja razmerje med evapotranspiracijo izbrane rastline (ET_c) in referenčno evapotranspiracijo (ET_0). Koeficient rastline predstavlja vpliv štirih glavnih lastnosti, po katerih se naša proučevana rastlina loči od referenčne rastline – višina rastline, albedo, površinska upornost in evaporacija iz tal; k_c za neko rastlino ni enak tekom cele rastne sezone, ampak se spreminja glede na to, v kateri fazi razvoja je opazovana rastlina (Sušnik, 2006).

Za izračun referenčne evapotranspiracije se uporablja Penman – Monteithova enačba. Enačba opisuje ET iz suhe ekstenzivne in horizontalno uniformne vegetacije, ki je optimalno preskrbljena z vodo. Kombinirana Penman – Monteithova metoda je bila leta 1990 s strani FAO predlagana kot standardna metoda za izračun referenčne evapotranspiracije (Allen in sod., 1998; Sušnik, 2006).

$$\lambda ET = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)} \quad \dots(3)$$

kjer je R_n neto sevanje, G je toplotni tok tal – kondukcija, $(e_s - e_a)$ predstavlja deficit parnega pritiska v zraku, ρ_a je povprečna gostota zraka pri konstantnem pritisku, c_p je specifična toplota vlažnega zraka, Δ predstavlja naklon saturacijske točke parnega pritiska in temperature, γ je psihrometrična konstanta, r_s in r_a sta stomatalna in aerodinamična upornost.

2.2.1 Spremembe vodne bilance tal

2.2.1.1 Suša

Ločimo več vrst suše. Meteorološka ali klimatološka suša je primanjkljaj padavin v daljšem časovnem obdobju – je odklon od povprečnega trajanja suhega obdobja. Hidrološka suša je posledica dolgotrajnega pomanjkanja padavin, ki so potrebne za napajanje površinskih in podzemnih voda. To se pozna na zmanjšanih pretokih rek in manjših dotokih vode v vodne zbiralnike in jezera. Hidrološka suša ne nastopi istočasno z meteorološko in kmetijsko sušo, ampak za njima zaostaja (Kobold in Sušnik, 2003).

Kmetijska suša je kombinacija meteorološke in hidrološke suše. Izpad pridelka je v veliki meri odvisen od časa nastopa, trajanja in intenzivnosti sušnega obdobja ter od občutljivosti posejanega sortimenta. Izpad pridelka je lahko komaj opazen, na primer na težjih, vlažnejših in globokih tleh, z večjo sposobnostjo vezanja in zadrževanja vlage; večji je izpad na lažjih ter bolj izpostavljenih zemljiščih. Prav tako je izpad pridelka močno odvisen od razporeditve padavin in drugih klimatskih dejavnikov, kot so visoke temperature in veter.

2.2.1.2 Klimatske spremembe

Koncentracije plinov, ki vplivajo na absorpcijo sevanja, ki ga oddaja Zemlja, se s časom hitro večajo. To velja tudi za koncentracijo ogljikovega dioksida, za katerega ocenjujejo, da se bo njegova koncentracija do leta 2040 podvojila glede na predindustrijski čas okrog leta 1750 (Kajfež-Bogataj in Bergant, 1998).

Kako velike bodo podnebne spremembe v Sloveniji, še ni mogoče napovedati. Vsem ocenam je skupna napoved povišanja temperatur zraka, tako poleti, kot pozimi, ter nekoliko povečana količina padavin pozimi. Velike razlike so pri napovedih padavin poleti – možno je tudi zmanjšanje do 15% (Kajfež-Bogataj, 2003). Veliko bolj zaskrbljujoče so napovedi, da bodo v prihodnosti veliko pogostejši in intenzivnejši ekstremni vremenski pojavi (Cegnar, 2003). Velika verjetnost je, da bodo klimatske spremembe vplivale na vodne vire in na potrebe po namakanju. Vplivi na potrebe po namakanju so še dokaj neraziskani zaradi negotovosti, ki so posledica nejasnih predvidevanj o porazdelitvi padavin (Bouwer, 2002).

V Sloveniji zaenkrat ni trendov letne količine padavin, saj pojav bolj ali manj mokrih let ostaja naključen. Tudi napovedanega povečanja padavin pozimi ali zmanjšanja poleti ni zaznati. Opazni, a statistično neznčilni trendi, so povečanje trajanja sončnega obsevanja v hladni polovici leta, zmanjševanje dni s snežno odejo v pomladnem času, zmanjševanje števila meglenih dni ter povečanje povprečne hitrosti vetra v nižinskem svetu. Seveda moramo tu upoštevati dejstvo, da v Sloveniji s temeljitimi in sistematičnimi raziskavami klimatskih nihanj v zadnjem stoletju še ne razpolagamo (Kajfež-Bogataj in Bergant, 1998).

2.2.1.3 Namakanje

Vodno bilanco obravnavanih tal lahko spreminjamo tudi z namakanjem. Glede na opozorila o klimatskih spremembah, bo namakanje vedno pomembnejši ukrep v borbi proti suši, čeprav je že v sedanjih razmerah pomemben ukrep za kakovosten ter preko let količinsko izenačen pridelek (Pintar, 2008). Kajfež-Bogataj in Bergant (2003) na podlagi analiz podnebnih sprememb za Slovenijo sklepata, da se bo v primeru dviga temperature za 2°C in zmanjšanja količine padavin za 10% skupno območje s potencialnim primanjkljajem vode v tleh več kot podvojilo.

Pred začetkom namakanja oziroma že pred začetkom gradnje namakalnega sistema moramo izračunati namakalne parametre. Namakalni parametri, s katerimi opišemo namakalni sistem, so: norma namakanja, norma zalivanja, začetek namakanja, trajanje namakanja, turnus namakanja ter hidromodul namakanja.

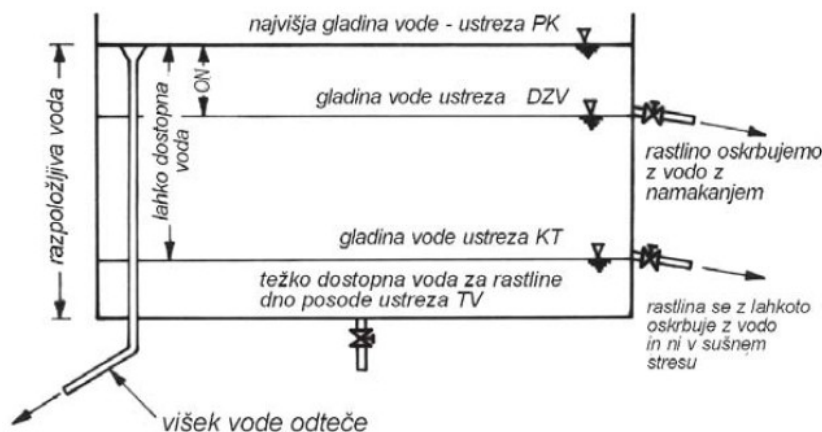
Norma namakanja nam pove, kakšno količino vode [$\text{mmha}^{-1}\text{leto}^{-1}$] moramo dodati rastlinam v eni rastni sezoni. Podatek je pomemben predvsem pri dimenzioniranju akumulacij.

Norma zalivanja ali obrok namakanja je skupna količina vode, ki jo tla sprejmejo pri enem zalivanju [mm , m^3ha^{-1}]. 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.

Pomembna lastnost rastlin, ki jo moramo pri namakanju upoštevati, je globina razvoja koreninskega sistema, saj je efektivna globina koreninskega sistema približno polovica maksimalne globine koreninskega sistema (Pintar, 2004).

Začetek namakanja definiramo kot trenutek, ko stopnja vlažnosti tal pade pod dovoljeno znižanje količine vode v tleh (DZV).

Na Sliki 4 je shematsko prikazan »vodni rezervoar« v tleh, s pomočjo katerega si lažje predstavljamo vodne količine v tleh. Da rastline niso v stresu, moramo količino vode vzdrževati med dovoljenim znižanjem vode (DZV) in poljsko kapaciteto (PK).



Slika 4: Vodni rezervoar v tleh, iz katerega se oskrbujejo rastline (Pintar, 2006).

TV – točka venenja, KT – kritična točka, DZV – dovoljeno znižanje količine vode v tleh, PK – poljska kapaciteta, ON – obrok namakanja.

Trajanje namakanja [min, ure] dobimo, če obrok namakanja delimo z intenziteto namakanja. Pomembno je, da intenziteta namakanja ne presega infiltracijske sposobnosti tal (Pintar, 2006).

Turnus namakanja je interval v dnevih med dvema zalivanjema in predstavlja čas, v katerem se porabi voda, ki smo jo dodali pri enkratnem zalivanju (Pintar, 2006).

Povprečni hidromodul [$\text{ls}^{-1}\text{ha}^{-1}$] 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, 2006). Delovni hidromodul je količina vode, ki jo moramo dovajati na hektar površine ob največji porabi, pri tem pa upoštevamo izgube vode (Pintar, 2006).

2.2.1.3.1 Namakanje zelenjadnic

Namakanje vrtnin naj temelji na natančnosti dodajanja vode, v skladu s fiziološkimi potrebami rastlin po vodi. Za izračunavanje potrebnih količin vode, za normalno oskrbo vrtnin, uporabljamo razne metode. Zaradi spreminjanja klimatskih razmer, kakor tudi specifičnosti vrtnarske proizvodnje (terminska zasnova posevkov, sortiment, itn.) ni možno vnaprej natančno napovedati obdobja namakanja ter potrebnih količin vode, razen za gojenje vrtnin v nadzorovanih razmerah pridelovanja (Osvold, 1993).

2.3 RAČUNALNIŠKI SIMULACIJSKI MODELI

Meritve dejanske ET so zapletene, saj tako merjenje evaporacije tal, kot transpiracije poljščin zahteva posebne merilne tehnike. Dodatna težava dejanske ocene ET je, da je večina meritev točkovnih, potrebovali bi pa podatke za večje površine ali območja. Te lahko dobimo s ponovitvami meritev na reprezentativnih enotah območja raziskovanja. Časovno in finančno ugodnejša rešitev je raba računalniških simulacijskih modelov za oceno dejanske transpiracije in evaporacije (Droogers, 2000).

Funkcija modelov je z vodnobilančnimi izračuni oceniti rastlinam potrebno in dostopno vodo v tleh. Modeli za namakanje omogočajo vodenje optimalne preskrbe z vodo, saj je kmetijska pridelava v veliki meri pogojena z vodno oskrbo. Razvoj modelov je zapleten interdisciplinaren proces. V Evropi je trenutno na voljo paleta namakalnih modelov, ki uporabljajo različne metode za izračun evapotranspiracije (izhlapevanja iz rastline in tal) (Sušnik in sod., 2005).

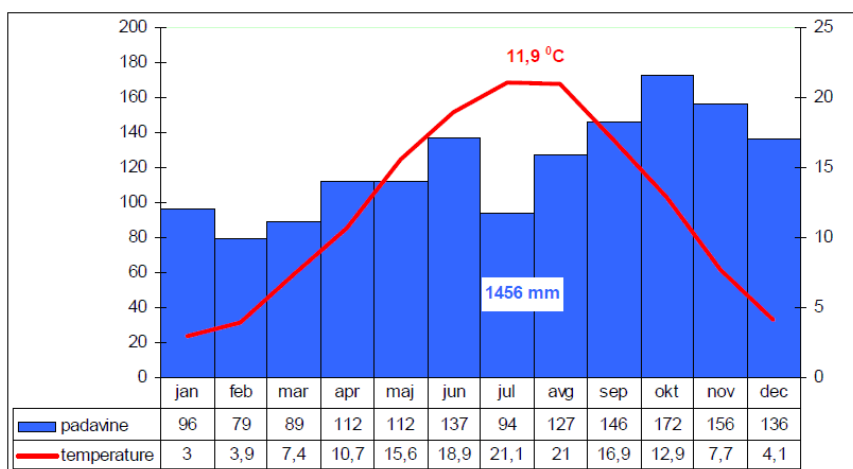
Med seboj se modeli razlikujejo po vrsti in količini vhodnih podatkov ter splošni uporabnosti. Upoštevajo fenološko fazo rastline, lastnosti tal in referenčno evapotranspiracijo. Nekateri modeli podrobno simulirajo lastnosti rastlin, ki so lahko sezonske ali trajnice. Drugi zahtevajo podroben opis tal, na katerih se bo izvajalo namakanje, tretji pa dajejo prednost čimbolj natančnemu izračunavanju referenčne evapotranspiracije po različnih metodah. Izhodni podatki so ponavadi podobni: členi vodne bilance tal in posledično količina potrebne vode za namakanje (Kajfež-Bogataj in Sušnik, 2002).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 PODNEBNE ZNAČILNOSTI

Celotna Vipavska dolina sodi v zaledni podtip submediteranskega podnebja. Submediteranske klimatske poteze se kažejo zlasti v temperaturnih kolebanjih, količini in razporeditvi padavin in v vetrovnih značilnostih (Kladnik in Natek, 1996). Za ta tip podnebja je značilna povprečna temperatura najhladnejšega meseca med 0 in 4°C, povprečna temperatura najtoplejšega meseca pa med 20 in 22°C (Slika 5). Na splošno so za klimo Vipavske doline značilne mile zime, a ne toliko kot ob morju, prav zaradi prenizkih temperatur tu oljka slabše uspeva kot na obali.

Padavin je okoli 1500 mm letno, značilen primarni višek je jeseni, sekundarni pa na prehodu pomladi v poletje. Primarni minimum je na prehodu zime v pomlad, sekundarni nižek pa v obeh poletnih mesecih (Ogrin, 1998). Poleti je padavin malo, vendar te padejo v obliki intenzivnih kratkotrajnih padavin (vročinske nevihte), ki so konvekcijskega značaja. Vroč dolinski zrak se dviguje in na robovih planot (Nanos) pride v stik s hladnejšim zrakom na planoti, kar ustvari labilno ozračje in nastanejo vročinske nevihte. Te se lahko z vetrovi pomaknejo nad dolino, v nevihtnih oblakih pa lahko nastane tudi toča. Ob nevihtah lahko pade v zelo kratkem času veliko padavin. Tako je 16. julija 1996 v nevihti s točo na Slapu pri Vipavi padlo 50,4 mm padavin v 15 minutah (Kovač, 2000).



Slika 5: Klimogram za Slap pri Vipavi za obdobje 1976 – 2005 (Meteorološki letopis..., 1991; Meteorološki podatki, 2008).

3.1.1 Veter

Zelo pomemben klimatski dejavnik Vipavske doline je veter. Najpomembnejša vetrova sta jugo (topel in ponavadi vlažen jugozahodni veter) in burja (hladen, sunkovit, severozahodni veter). Vipavska dolina je znana predvsem po izjemno močni burji, ki nastane zaradi temperaturnih razlik in razlik v pritisku med Primorjem in kontinentalno notranjostjo. Hladen zrak, ki je zajezen za dinarsko pregrado, se začne »prelivati« proti Primorju. Takšne situacije so najizrazitejše jeseni in pozimi, ko je burja najpogostejša in

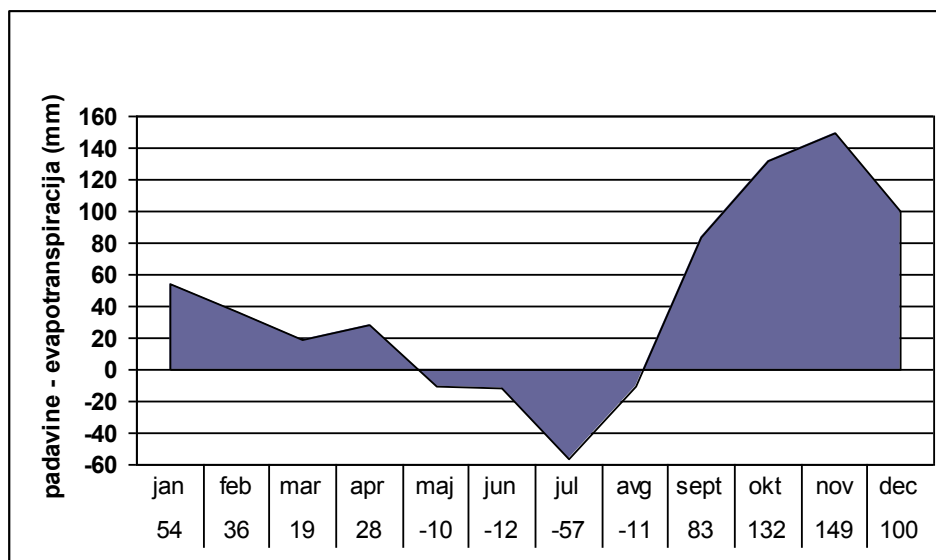
tudi najmočnejša (Kovač, 2000). Na leto je okrog 40 vetrovnih dni z burjo, od tega polovico pozimi, poleti le kak dan ali dva, jeseni in spomladi je število dni z burjo približno enako – okoli deset dni (Kladnik in Natek, 1996).

3.1.2 Vremenske ujme

Vdori hladnega kontinentalnega zraka v spomladanskem času od marca do maja lahko povzročajo pozebe na sadnem drevju in trti, ko brsti in cveti večina rastlin. Škoda ob pozebi je odvisna od več dejavnikov – časa izpostavljenosti brsta oziroma cveta kritični temperaturi, od fenološke faze rastline ter od vrste in sorte rastline (Žust, 2003).

V poletnih mesecih se v Vipavski dolini lahko pojavijo nevihte s točo in močnim vetrom. Redkeje in manj uničujoče so na tem območju poplave, čeprav je osuševanje med leti 1980 in 1985 veliko prispevalo k večji ranljivosti Zgornje Vipavske doline tako za poplave kakor tudi za suše.

Čeprav je Vipavska dolina z okrog 1500 mm padavin dobro namočena, so padavine razporejene tako, da poleti pade najmanj padavin in te padejo v obliki intenzivnih neviht, ko voda hitro odteče. Če upoštevamo tudi večjo porabo vode, je julij najbolj suh mesec v letu. Suhemu juliju sledi prav tako suh avgust in če pri tem upoštevamo, da je osuševanje podtalnico prestavilo globlje, lahko sklepamo, da imamo v tleh večji primanjkljaj vode že po nekaj suhih dneh. Poleti se pogosto zgodi, da gre fronta mimo Vipavske doline, brez da bi deževalo. Temu sledi šibka do zmerna burja, ki sušo le stopnjuje (Kovač, 2000). Na Sliki 6 je prikazana razlika med povprečno letno količino padavin in povprečno evapotranspiracijo, ki nam pokaže, da je za oskrbo rastlin z vodo v Zgornji Vipavski dolini najbolj kritičen mesec julij.



Slika 6: Razlika med povprečno letno količino padavin in evapotranspiracijo v obdobju 1991 – 2006 na postaji Slap pri Vipavi (Meteorološki podatki, 2008).

3.2 MATIČNA PODLAGA

Na ravnini ob reki Vipavi se izmenjujejo fliš in aluvialni nanosi rek in potokov. Dolina Močilnika predstavlja skrajni jugovzhodni del Vipavske doline. Dolina sega skoraj do Razdrtega in je v zgornjem delu zelo ozka. Na desni strani poteka dolina vzporedno s pobočji Nanosa, na levi strani jo omejujejo flišna pobočja Vipavskih brd. Močilnik je pri Podnanosu s svojimi številnimi levimi pritoki dolino precej razširil in ustvaril aluvialno ravnico, ki se nadaljuje proti Ajdovski kotlini. Na tem območju gre v glavnem za flišne sedimente, nekaj je tudi proda, ki ga prispevajo desni pritoki Močilnika.

Tudi Bela, desni pritok Vipave, je akumuliran material iz zgornjega toka odlagala na ravnici in s tem potisnila reko Vipavo proti jugu. Za razliko od Močilnika, je Bela odlagala večinoma prod, manj je flišnih sedimentov (Radinja, 1965).

Na severni strani doline, pri Budanjah in Dolgi Poljani, ravninski del prehaja v flišna spodnja pobočja Kovka, flišni pas pa z višino prehaja v gruščnata in skalna pobočja. Ponekod grušč sega tudi do dolinskega dna.

3.3 HIDROGRAFSKE ZNAČILNOSTI

Zgornja Vipavska dolina je, tako kot celotna Vipavska dolina, prepredena s številnimi manjšimi in večjimi vodotoki, ki so zarežani v nepropustno flišno podlago.

Hidrološke značilnosti Zgornje Vipavske doline so v veliki meri odvisne od kraškega zaledja, s katerega dobijo vodo najpomembnejši vodotoki. Visoke kraške planote dobijo precej več dežja kot dolina sama in od tu se napajajo kraški izviri, ki prihajajo na dan ob vznožju teh planot, kjer je stik prepustnega apnenca in neprepustnega fliša. Iztok te vode je v Zgornji Vipavski dolini v večini skoncentriran na reko Vipavo, pomembnejši vodotok je še Bela, v Srednji Vipavski dolini pa Hubelj. Močilnik se od Vipave in drugih izvirov izpod kraških planot razlikuje po tem, da je njegovo povirje flišno. Vendar na svoji poti do izliva v Vipavo dobiva številne manjše desne pritoke, ki izvirajo na pobočjih Nanosa. Edini vodotoki, ki niso povezani s kraškim zaledjem so krajši levi pritoki Močilnika in Vipave z območja Vipavskih brd, ki so manj vodnati. Največji izmed teh je Pasji rep, ki ima povirje pod najvišjimi vrhovi Vipavske doline in na območju Vrh (Melik, 1960).

Talna voda v Zgornji Vipavski dolini za rabo, ki je povezana s človeškim delovanjem, nima takega pomena, kakor ga imajo kraški izviri (Bricelj, 2003). Talna voda je v Zgornji Vipavski dolini mešanega izvora. V Zgornji Vipavski dolini so tla zaradi naplavin s flišne okolice relativno slabo prepustna in voda hitro odteka.

Medsebojni vplivi površinskih voda in podtalnice so slabo proučeni, vendar vemo, da zgornji tok Vipave bogati podtalnico le v ozkem pasu ob reki, sicer pa jo drenira. Glede nihanja gladine talne vode niso bile ugotovljene nobene značilnosti povezane s časom pojavljanja visoke oziroma nizke podtalnice (Kladnik in Natek, 1996).

3.4 TLA

Tla v Zgornji Vipavski dolini uvrščamo v dva oddelka:

- Avtomorfna tla; zanje je značilno vlaženje samo s padavinsko vodo, ta voda pa lahko skozi profil prosto in brez daljšega zadrževanja gravitacijsko odteče.
- Hidromorfna tla; v njih zastajajoča padavinska voda ali navzočnost talne vode povzroča prekomerno vlažnost prsti.

Poleg pedološke klasifikacije je za nas pomembna tudi razvrstitev tal v razrede glede na sposobnost zadrževanja vode. Pri tem nas zanima predvsem voda, ki je rastlinam dostopna (EPK – efektivna poljska kapaciteta) in jo lahko uporabijo za neovirano rast in razvoj. Glede na vodnoretencijske lastnosti tako tla v celotni Vipavski dolini (tudi Zgornji) delimo v pet kategorij (Preglednica 1). Vodnoretencijske lastnosti so bile izračunane po metodi Finnern-a, ki je bila za tla v Sloveniji testirana leta 1999, in je bila uporabljena tudi za tla v Vipavski dolini (Kajfež-Bogataj in sod., 2005). Zemljevid z desorpcijskimi lastnostmi za Vipavsko dolino je priložen kot Priloga A.

Preglednica 1: Razvrstitev tal v Vipavski dolini v kategorije glede na EPK (Kajfež-Bogataj in sod., 2005).

Označba	Stopnja	EPK (mm)
EPK1	zelo majhna	<60
EPK2	majhna	60 – 120
EPK3	srednja	120 – 200
EPK4	velika	200 – 300
EPK5	zelo velika	>300

EPK = (efektivna poljska kapaciteta) količina vode v tleh, ki je vezana s silo od 1,8 do 4,2 pF, ki omogoča nemotene rastlinske fiziološke procese (enote: vol.%, l/m^2 , mm).

V skupini z zelo majhno kapaciteto za zadrževanje vode (EPK1) so tla zelo ranljiva za kmetijsko sušo.

Tudi tla z majhno kapaciteto (EPK2) za rastlini dostopno vodo so še vedno zelo ranljiva za poletno kmetijsko sušo. Ta tla so v Srednji in Spodnji Vipavski dolini močno zastopana. Najmanj jih je v Zgornji Vipavski dolini, na njih so največkrat vinogradi.

Tretji razred s srednjo kapaciteto tal za vodo (EPK3) je v zgornjem delu Vipavske doline najbolj zastopan. Sem spadajo **rigolana evtrična** rjava tla in **koluvialna rjava tla**, za oba tipa je značilna prisotnost humusa tudi v spodnjih horizontih, kar izboljšuje kapaciteto tal za vodo. Tretji tip tal v tem razredu so **terasni in pobočni psevdogleji**, za katere je značilno, da lahko ob degradaciji organske snovi postanejo zelo ranljiva za sušo.

Tla v četrtem razredu (EPK4), s kapaciteto 200 – 300 mm, so zelo malo občutljiva na sušo. Tla, ki bi spadala v peti razred (EPK5), s kapaciteto nad 300 mm EPK, v Zgornji Vipavski dolini niso prisotna.

Za naše potrebe smo uporabili podatke iz projekta »Vpliv klimatskih sprememb na rastlinsko pridelavo v Vipavski dolini« (Kajfež-Bogataj in sod., 2005), kjer so bili talni profili analizirani in je bila ocenjena njihova sposobnost zadrževanja rastlini dostopne vode. Pri tem smo upoštevali tudi vsebino naše raziskave in tako v analizo nismo vključili vseh kategorij tal v Vipavski dolini, saj to ne bi bilo smiselno. Ker je naše področje dela predvsem rast in namakanje vrtnin, smo upoštevali talne profile, ki so na ravninskem delu

doline in kjer bi bilo z ali celo brez namakanja mogoče pridelovati vrtnine. Kot prvo smo tako izločili zemljišča na obrobju doline – na pobočjih, kjer pa je tudi kapaciteta tal za zadrževanje vode manjša. Zato smo se pri izbiri pedoloških podatkov za vnos v program CropWat osredotočili na analize pedoloških profilov na našem izbranem območju in izbrali tri vrednosti za količino rastlini dostopne vode.

Kot skrajni primer smo uporabili podatke pedološkega profila z oznako GO48, ki leži v ravninskem delu doline med Vrhpoljem in Zemonom. Gre za njivsko zemljišče, kjer tla lahko zadržijo le 69 mm rastlini dostopne vode. Za največjo vrednost smo izbrali 165 mm rastlini dostopne vode. Takšna tla se pojavljajo ob reki Vipavi in nekaterih njenih pritokih. Ponekod lahko zemljišča ob reki zadržijo tudi preko 200 mm vode, ki je rastlini dostopna, vendar takšna tla za vrtnarsko pridelavo niso več primerna, saj so tam tla oglejena in bi lahko prišlo do negativnih učinkov zastajajoče vode oziroma občasno previsoke podtalnice.

Za tretjo vrednost smo izbrali 125 mm. To vrednost smo izbrali, ker je v Zgornji Vipavski dolini največ tal, ki zadržijo okrog 125 mm rastlini dostopne vode, kar nakazujejo tudi pedološki profili na tem območju (0 36J – Zemono, 36J – Zemono, GO47 – Lože, 8J – Slap). Analiza teh profilov je pokazala, da ta tla zadržijo od 115 do 135 mm rastlini dostopne vode.

3.5 STANJE KMETIJSTVA

Največje spremembe v poljski razdelitvi in rabi tal je Zgornja Vipavska dolina doživela v osemdesetih letih prejšnjega stoletja, ko so bile izvedene melioracije in komasacije, ki so zajele večinoma dno doline. Namen melioracij je bil izboljšava vodnih značilnosti, povečanje njivskih površin in s tem intenziviranje rabe teh površin. S komasacijo, ki je bila izvedena sočasno, se je nekoliko povečala povprečna velikost parcel, a je velika razdrobljenost še vedno prisotna. Na komasiranih območjih se je zelo spremenila raba zemljišč – na račun travnikov se je povečala površina njiv. Vendar se je površina njiv že kmalu spet zmanjšala, predvsem zaradi negativnih posledic melioracij. Velike površine njiv so namreč ostale brez zaščite pred vetrom, zato je burja že v prvih letih po melioracijah odnesla veliko rodovitnih tal. Kmetje so bili zato prisiljeni spet zatraviti najbolj ogrožene njive. Z novo mrežo vodotokov, jarkov, kanalov, poti in navsezadnje z novo parcelacijo se je površina živih mej v dolinskem dnu zmanjšala za 80%. Ob tem so bile izravnane tudi struge potokov in rek ter izkopani novi kanali in jarki za odvodnjo.

Najmanjše spremembe, tako glede odstranjevanja gozdno – grmovnih zaplat, kot tudi glede manjšanja površine travnikov, so bile na območju Lozic (v Zgornji Vipavski dolini), kjer so bile tudi melioracije in komasacije najpozneje izvedene (Kladnik in Natek, 1996).

Že med samim izvajanjem melioracij je bilo načrtovano, da se bo vzporedno z melioracijami uredilo tudi namakanje za Zgornjo Vipavsko dolino, vendar to nikoli (do sedaj) ni bilo izvedeno.

3.5.1 Namakanje v Zgornji Vipavski dolini

Namakanje je na avtomorfnih tleh nujno, če hočemo dosežati večje in konstantne pridelke, hidromorfnim tlom pa je potrebno odvečno vodo odvajati z ustrezno odvodnjo oziroma dreniranjem. Vendar bo v sušnih obdobjih potrebno tudi ta tla dopolnilno namakati, če jih bomo želeli izkoriščati za intenzivno kmetijsko proizvodnjo (Ureditev Vipavske doline..., 1985).

Zelenjadarstvo bi lahko imelo v Srednji in Zgornji Vipavski dolini večji pomen, če ne bi bilo dveh omejitvenih dejavnikov: burje in suše. Predvsem slednja predstavlja težavo, saj za večjo pridelavo ni urejenih namakalnih sistemov, ob sušnih letih pa je tveganje izpada pridelka veliko. Za Zgornjo Vipavsko dolino so možni viri za namakanje Močilnik, Pasji rep in reka Vipava. Ocenjeni so bili učinki, ki jih bi imelo namakanje na posamezne kulture v Vipavski dolini (Preglednica 2).

Preglednica 2: Učinki namakanja v Vipavski dolini po posamezni kulturi (Namakanje v Vipavski dolini, 1999).

Kultura	Brez namakanja [kg/ha]	Z namakanjem [kg/ha]	Indeks
Krompir (zgodnji)	15000	25000	167
Bučke	15000	40000	267
Radič	10000	20000	200
Špinača	15000	20000	133
Čebula	20000	40000	200
Paradižnik	60000	100000	167

3.6 MODEL CROPWAT FOR WINDOWS 4.3

Najprej bomo na kratko opisali različico modela CropWat, ki smo ga uporabili v tej raziskavi. Različica programa CropWat for Windows 4.3, ki smo jo uporabili, se od svojih predhodnih verzij razlikuje po tem, da omogoča tako grafičen kot tabelaričen prikaz vhodnih in izhodnih podatkov. Pri tej različici lahko simuliramo rast in sočasno namakanje več vrst rastlin na istem polju. Program uporablja FAO (1992) Penman-Montiethovo metodo za izračun referenčne evapotranspiracije, ki jo potem uporabi za določitev **potreb rastlin po vodi ter izdelavo urnika namakanja**.

Model CropWat je bil razvit na oddelku za tla in vodo pri FAO (1993). S tem dokaj preprostim operativnim modelom lahko izračunamo referenčno evapotranspiracijo, količino vode, ki jo rastline potrebujejo in količino vode, ki je potrebna za namakanje. Na kratko povedano, je to model, s katerim načrtujemo in upravljamo z namakalnimi sistemi in skrbimo za čim manjše nihanje količine vode, ki je potrebna za optimalno rast (Clarke in sod., 1998).

3.6.1 Vhodni podatki modela

- Količina padavin, kjer je mesečna količina razdeljena v izbrano število padavinskih dogodkov na mesec.
- Lastnosti rastline: datum setve oziroma saditve, koeficient rastline, dolžina posamezne faze razvoja, globina korenin, delež lahko dostopne vode v tleh in

faktor K_y , s katerim ocenimo zmanjšanje pridelka zaradi sušnega stresa. Za nekatere rastline ima program že privzete vse potrebne vrednosti, vendar se je treba do vseh vrednosti opredeliti in jih prilagoditi za naše klimatske razmere.

- Referenčna evapotranspiracija (ET_0), ki je lahko izmerjena vrednost ali pa izračunana z uporabo Penman-Montiethove enačbe, pri kateri potrebujemo mesečne klimatske podatke: povprečno minimalno in maksimalno temperaturo zraka, relativno vlago, trajanje sončnega obsevanja in hitrost vetra.

V nadaljevanju, za izračun urnika namakanja, program od nas zahteva dodatne informacije:

- podatki o tleh: količina rastlini dostopne vode, maksimalna mogoča globina korenin, če je omejitev v globini tal (talna voda oziroma matična podlaga), primanjkljaj vode v tleh v začetku rastne dobe konkretne rastline (odstotek od vse dostopne vode),
- željen način namakanja, kjer so mogoče različne možnosti glede intervalov namakanja in količine dodane vode za namakanje.

Vnos podatkov ni zelo zahteven, saj podatke vnašamo v običajna pogovorna okna programa Windows. Na Sliki 7 je prikazan primer pogovornega okna za vnos mesečnih meteoroloških podatkov.

Slika 7: Pogovorno okno za vnos mesečnih meteoroloških podatkov pri programu CropWat, na podlagi katerih je izračunana evapotranspiracija.

3.6.2 Izhodne informacije

Ko vnesemo vse zahtevane podatke, nam model na zahtevo prikaže rezultate v obliki grafov, oziroma tabel. Izhodne informacije, ki nam jih izračuna model, so:

- referenčna evapotranspiracija – ET_0 (mm/časovno enoto),
- koeficient rastline – k_c – povprečna vrednost koeficienta rastline za vsako izbrano časovno obdobje,
- delež padavin, ki vstopi v tla (mm/časovno enoto),
- količina vode, ki jo rastlina potrebuje,

- količina vse rastlini razpoložljive vode v tleh,
- dnevni primanjkljaj vode v tleh,
- interval namakanja in količina potrebne vode za namakanje,
- količina vode, ki se ob namakanju izgubi v tleh,
- razmerje med dejansko in potencialno evapotranspiracijo rastline (ET_R/ET_C [%]),
- ocenjeno zmanjšanje pridelka zaradi stresa rastline.

3.7 IZBIRA RASTLIN IN NJIHOVIH PARAMETROV

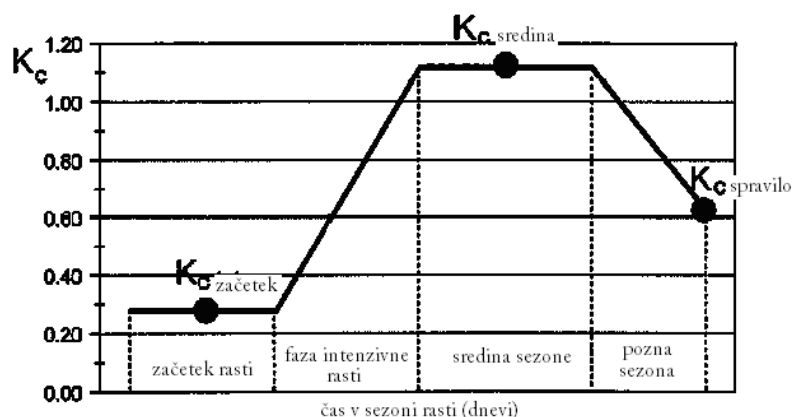
Za naš poskus smo izbrali štiri vrtnine (Preglednica 3), ki bi jih lahko uspešno gojili v Zgornji Vipavski dolini in bi jih tekom rasti lahko namakali. Pri izbiri vrtnin smo bili pozorni tudi na čas setve in spravila pridelka. Iz klimograma smo ugotovili, da je v rastni dobi mesec julij v povprečju najbolj suh, obenem pa je v tem mesecu tudi največja evapotranspiracija. Zato smo pri načrtovanju setve in spravila izbrali vrtnine, ki jih pospravimo pred mesecem julijem oziroma jih sadimo šele avgusta. Zaradi lažjega dela z modelom CropWat, smo bili pozorni tudi na to, da lahko vrtnine zasujemo z direktno setvijo in jih tekom rasti ne presajamo.

Preglednica 3: Izbrane vrtnine, termini setve, trajanje rastne dobe in termin spravila vrtnin, uporabljenih v našem poskusu.

Rastlina	Datum setve	Datum spravila	Rastna doba (dni)
Pomladanska špinača	1. marec	30. maj	90
Čebula	1. marec	29. junij	120
Radič solatnik	1. avgust	25. oktober	85
Jesenska špinača	20. avgust	8. november	80

Rastna doba vsake rastline je sestavljena iz štirih faz: začetek rasti, faza intenzivne rasti in razvoja rastline, sredina sezone, pozna sezona. Določili smo trajanja posameznih razvojnih faz. Seveda nismo direktno privzeli števil, ki jih ima program že vgrajene, ampak smo trajanja teh faz prilagodili glede na podnebne razmere, ki so v Zgornji Vipavski dolini. V naših razmerah rast in razvoj vrtnin razdelimo na pet faz, tu pa smo morali našo klasifikacijo prirediti in oblikovati podatke, ki jih program zahteva.

Za vsako razvojno fazo program CropWat zahteva podatek o trajanju razvojne faze in vnos koeficienta rastline. Zahtevane so tri vrednosti za koeficient rastline- na začetku rasti, sredina sezone in ob spravilu. Za vmesna obdobja program interpolira vrednosti in za vsak dan izbere ustrezno vrednost koeficienta (Slika 8).



Slika 8: Shematičen prikaz poteka krivulje koeficienta rastline tekom rastne sezone (Chapter 6 – Etc, 2009)

Vhodni podatek za program je tudi globina korenin, in sicer dve vrednosti – v začetku rasti in končna globina korenin. Kot začetna globina je mišljena globina, iz katere lahko seme oziroma rastlina v začetku rasti črpa vodo. Druga vrednost je globina korenin v začetku sredine sezone, ko je koreninski sistem polno razvit. Program nam sicer že sam ponudi določene vrednosti, ki pa morajo biti preverjene in po potrebi z naše strani popravljene. V primeru čebule, vidimo, da te vrtnine program nima vgrajene, ampak ima le splošni izraz mala zelenjava (small vegetables), v katero spada tudi čebula. Ob pregledu konkretnih podatkov vidimo, da ti podatki – predvsem glede globine korenin – nikakor niso primerni za praktično uporabo, saj predvideva globino korenin do 60 cm, kar pa je po našem mnenju veliko preveč.

Faktor (p) označuje delež lahko dostopne vode v tleh. Zahtevane so tri vrednosti in sicer na začetku rasti, v sredini sezone in faktor v pozni sezoni. Ta faktor označuje kritično vlažnost zemlje, ko se lahko pojavijo prvi znaki sušnega stresa na rastlini. Rang velikosti koeficienta (p) je odvisen od tipa rastline in velja, da imajo občutljive rastline z manjšim koreninskim sistemom in pri večjem izhlapevanju iz tal manjše vrednosti faktorja (p). Višje vrednosti tega faktorja imajo rastline z večjim koreninskim sistemom in manjšimi vrednostmi evaporacije. S pomočjo faktorja (p) program nato izračuna količino lahko dostopne vode (RAM – readily available moisture), ki je v določeni fazi rasti dostopna rastlini. Izračun lahko dostopne vode je zato takšen:

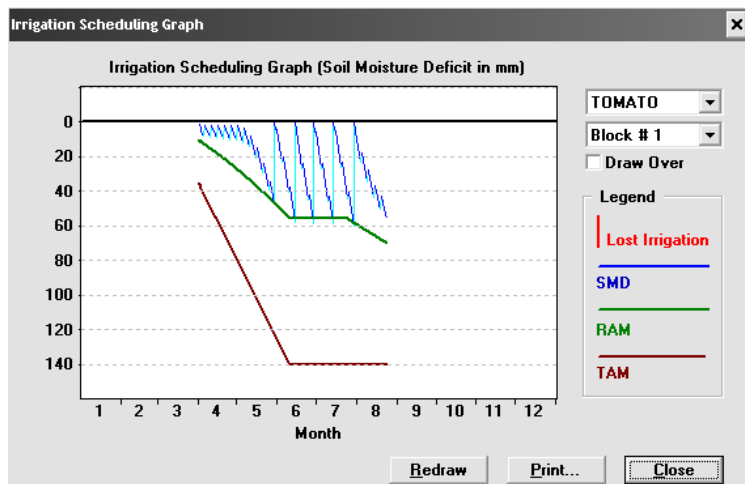
$$LDV = RV * p \text{ [mm]} \quad \dots(4)$$

$$RV = EPK * \text{globina korenin [mm]} \quad \dots(5)$$

LDV lahko dostopna voda [mm]
RV razpoložljiva voda [mm]
EPK efektivna poljska kapaciteta [mm/m]
p delež lahko dostopne vode
globina korenin [m]

Poleg tabelarnih prikazov nam program CropWat for Windows omogoča tudi grafični prikaz vhodnih in izhodnih podatkov. Na Sliki 9 so prikazani parametri namakanja. Spodnja črta prikazuje vrednost celotne količine vode v zemlji (TAM – total available

moisture). Srednja – zelena črta predstavlja količino vode, ki je v danem trenutku na razpolago rastlini. Ko se temno modra črta dotakne zelene, se mora začeti namakanje, sicer rastlina trpi vodni stres.



Slika 9: Grafični prikaz namakanja, in komponent le-tega, kot nam ga predstavi model CropWat.

TAM = RV vsa razpoložljiva voda v tleh (mm/m)
RAM = LDV lahko dostopna voda (mm/m)
SMD (soil moisture deficit) – primanjkljaj vode v tleh

Zadnji podatek o rastlini je (K_y) faktor, s katerim lahko ocenimo zmanjšanje pridelka zaradi morebitnega sušnega stresa. Faktor K_y je predvsem pomemben v primerih, ko na površini z istim namakalnim sistemom gojimo dve kulturi z različnima faktorjema K_y . Ko na tem področju pride do pomanjkljive oskrbe rastlin z namakalno vodo, bomo prej poskrbeli za rastline, ki so v danem trenutku bolj dovzetne za sušo – to pomeni, da bomo prej namakali rastline z večjo vrednostjo K_y . V splošnem lahko rečemo, da so rastline bolj občutljive na pomanjkanje vode v določenih fazah razvoja – kalitev, cvetenje in zgodnja faza formiranja plodov.

Podatke o rastlini vnesemo v pogovorno okno, kot je na Sliki 10, vse vnesene podatke lahko shranimo s funkcijo *save* in jih ob naslednji uporabi programa zopet prikličemo s funkcijo *retrieve*.

Slika 10: Pogovorno okno za vnos podatkov o rastlini pri programu CropWat.

3.8 IZBIRA PARAMETROV NAMAKANJA

V pogovornem oknu, kjer izberemo čas začetka namakanja, lahko izbiramo med več možnostmi glede časa začetka namakanja in količine vode za namakanje. Za naše izračune smo uporabili način namakanja, ki nam ga program že sam ponudi kot privzetega:

- začetek namakanja, ko se porabi vsa lahko dostopna voda v tleh,
- namakanje s tolikšno količino vode, da je v tleh največja možna količina lahko dostopne vode, ki jo lahko tla zadržijo.

Mislino, da je od ponujenih možnosti to najprimernejša izbira za naše potrebe, ker je tudi najbolj racionalna, glede porabe namakalne vode.

3.9 IZBIRA SCENARIJEV ZA ANALIZO

Za analizo smo izbrali deset nizov meteoroloških podatkov, ki smo jih poimenovali scenariji. Z izbiro teh scenarijev smo želeli ponazoriti klimatske spremembe, ki so napovedane. Analizirali smo povprečje med leti 1991 in 2006, leti, ki ju označujemo kot leti s sušo 2003 in 2006 in še sedem drugih scenarijev, kjer smo povišali temperaturo in zmanjšali količino padavin. Pregled vseh obravnavanih scenarijev je prikazan v Preglednici 4. Osnovni niz meteoroloških podatkov (povprečje med letoma 1991 in 2006 – sc1) je priložen kot priloga B.

Preglednica 4: Spremembe osnovnega niza podatkov (povprečje med leti 1991 in 2006) za mesečne temperature zraka in količino padavin.

	Temperatura	Padavine
Scenarij 1	povprečje 1991 - 2006	povprečje 1991 – 2006
Scenarij 2	+ 1,5°C	povprečje 1991 – 2006
Scenarij 3	+ 3°C	povprečje 1991 – 2006
Scenarij 4	+ 4,5°C	povprečje 1991 – 2006
Scenarij 5	povprečje 1991 – 2006	- 10%
Scenarij 6	+ 1,5°C	- 10%
Scenarij 7	+ 3°C	- 10%
Scenarij 8	+ 4,5°C	- 10%
Scenarij 9	leto 2003	leto 2003
Scenarij 10	leto 2006	leto2006

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

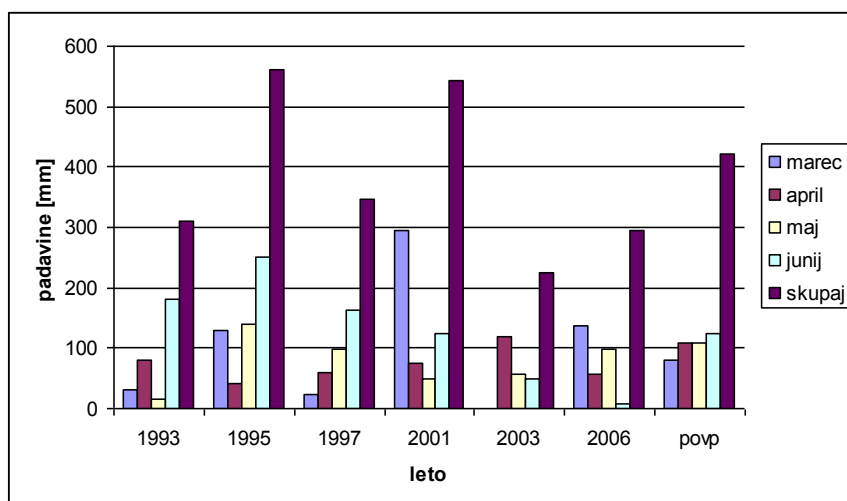
4.1 IZBIRA PORAZDELITVE PADAVIN

Ugotovili smo, da moramo biti pazljivi pri izbiri porazdelitve padavin, ki nam jo program sam ponudi. Ponujena možnost porazdelitve je seveda primerna za določene tipe podnebij, kjer so padavine drugače razporejene. Poglejmo primer čebule, ki jo sadimo 1. marca in poberemo konec junija. Primer je izračunan na podlagi povprečja padavin v obdobju 1991 – 2006. V Preglednici 5 so prikazane vrednosti, ki jih dobimo, če vnesemo v program iste vhodne podatke, spremenimo pa le način porazdelitve padavin.

Preglednica 5: Primerjava količine padavin (mm) ob različnih porazdelitvah v rastni dobi čebule za povprečje padavin v obdobju 1991 – 2006.

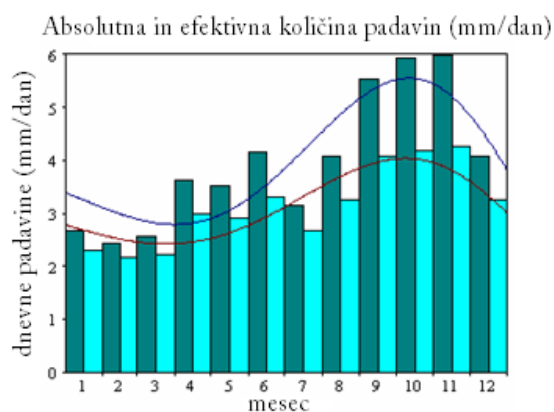
	Padavine –neto (mm)	Padavine –efektivne (mm)	Količina vode za namakanje (mm)
Porazdelitev 1 (Slika 12)	383	367	95
Porazdelitev 2 (Slika 13)	412	342	67
Porazdelitev 3 (Slika 14)	413	341	67

Povprečne vrednosti padavin nam največkrat ne povedo dejanskih razmer v nekem časovnem obdobju. Kot primer vzemimo padavine v mesecu marcu, ko zasujemo posevka naših izbranih kultur – spomladansko špinačo in čebulo. Povprečje padavin za mesec marec v obdobju 1991 – 2006 je 79 mm, razpon pa od 1 mm do 296 mm, kar v desetih od 16 let pa je padlo manj kot 60 mm padavin. Čeprav označujemo leto 2006 kot leto, v katerem smo imeli sušo, vidimo, da je v mesecu marcu padlo kar 136 mm padavin, kar je precej več, kot je povprečje. Kljub temu je bilo obdobje marec – junij v letu 2006 takoj za letom 2003 drugo najbolj sušno v našem izbranem obdobju 1991 – 2006 (Slika 11).

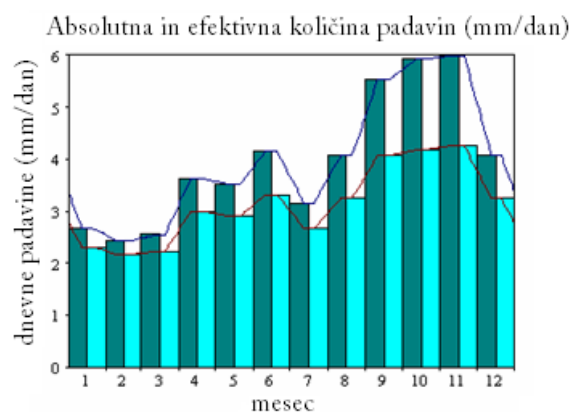


Slika 11: Količina padavin (mm) v rastni dobi čebule (marec – junij) za nekatera leta za postajo Slap pri Vipavi.

V našem konkretnem primeru nam program zmanjša količino padavin v mesecih, ko je padavin več, poveča pa v mesecih z manjšo količino padavin (Slika 12). Tako vidimo, da krivulja, ki jo program predlaga, privzame, da je v najbolj sušnih mesecih (julij in avgust) padavin več, kot jih je v povprečju, v mesecih z več padavin pa privzame, da je padavin manj od dejanskega povprečja. Tako je letna količina padavin sicer enaka povprečju, toda porazdelitev znotraj mesecev ni realna. Zgornja črta in temnejši stolpci v Slikah 12 - 15 predstavljajo količino padavin, spodnja linija in svetlejši stolpci pa izračunane efektivne padavine. Drugi primer porazdelitve padavin je predstavljen na Sliki 13. V mesecih juniju, juliju in avgustu so padavine porazdeljene tako, da količina padavin v padavinskih dogodkih od sredine junija do sredine julija pada, nato pa spet začne rasti. Bistvena razlika s porazdelitvijo na Sliki 12 je v tem, da je v posameznem mesecu upoštevana točno enaka količina padavin kot je prikazana v stolpcih s povprečji.



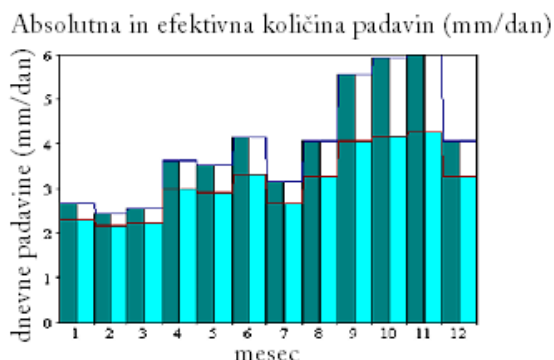
Slika 12: Porazdelitev padavin (povprečje 1991 – 2006), ki jo predlaga program CropWat, za postajo Slap pri Vipavi.



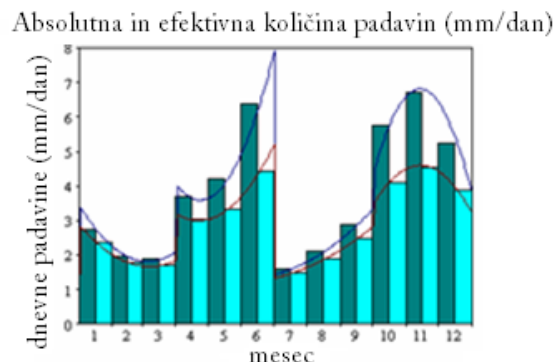
Slika 13: Ena od porazdelitev padavin (povprečje 1991 – 2006) pri programu CropWat, ki jo lahko izberemo, za postajo Slap pri Vipavi.

Padavine so tekom meseca porazdeljene v nekaj padavinskih dogodkov – to število padavinskih dogodkov lahko sami izberemo. Slabost te izbire je, da lahko število padavinskih dogodkov definiramo le z eno številko, ki naj bi veljala za vse mesece, in ne moremo tega definirati za vsak mesec posebej.

Verjetno najbolj realen prikaz dejanskih padavin je tretja porazdelitev (Slika 14), kjer mesečne količine padavin dejansko porazdeli v isti mesec v definirano število padavinskih dogodkov. Toda po našem mnenju je ta porazdelitev najbolj primerna za ugotavljanje primanjkljajev za točno določeno leto, oziroma mesec, saj tu pridejo bolj do izraza posamični minimumi in maksimumi padavin v posameznih mesecih. Pri nekaterih letih se s podatki ujema tudi četrta možnost porazdelitve padavin, kjer so padavine porazdeljene glede na trimesečna povprečja (Slika 15).



Slika 14: Ena od porazdelitev padavin (povprečje 1991 – 2006) pri programu CropWat, ki jo lahko izberemo, za postajo Slap pri Vipavi.



Slika 15: Porazdelitev padavin v letu 1995 za postajo Slap pri Vipavi ki jo lahko izberemo pri modelu CropWat.

Program CropWat nam lahko najprej izračuna potrebe rastline po vodi (Crop water requirement), za izračun česar ne potrebuje podatkov o tipu tal (Priloga C). Ko vnesemo še podatke o tleh, lahko izračunamo tudi urnik (dnevnik) namakanja.

4.2 REZULTATI ANALIZ POTREB RASTLIN PO VODI

Pregledali bomo rezultate izračunov potreb naših izbranih kultur po vodi. V vseh preglednicah so podani tudi ostali pomembni rezultati, ki vplivajo na izračun potrebe rastlin po vodi (količina padavin, količina efektivnih padavin, referenčna evapotranspiracija). Pri vsaki kulturi je za vsak klimatski scenarij podana tudi izračunana količina potrebnega namakanja.

4.2.1 Čebula

V Preglednici 6 so zbrani rezultati potreb čebule po vodi za vse izbrane klimatske scenarije. Nas najbolj zanimajo podatki o potrebi rastlin po vodi (CWR) in podatki o potrebnih količinah namakanja. Iz Preglednice 6 lahko ugotovljamo, kakšen vpliv ima na povečanje potreb po namakanju povišana temperatura in kakšnega zmanjšana količina padavin.

Za izračun teh rezultatov niso potrebni podatki o lastnostih tal, ampak le mesečne vrednosti evapotranspiracije, količine padavin in seveda podatki o rastlini. Tudi količina namakanja je izračunana le na podlagi teh podatkov, čeprav vemo, da je količina zadržane vode v tleh in posledično količina potrebne vode za namakanje odvisna tudi od lastnosti tal. Zato si ta podatek lahko razlagamo na ta način, da je to minimalna količina namakanja, ki bi jo naša kultura potrebovala ob podani količini dežja in upoštevani porazdelitvi padavin.

Preglednica 6: Rezultati izračuna potreb po vodi in namakanju (mm) za čebulo v Zgornji Vipavski dolini, pri različnih klimatskih scenarijih.

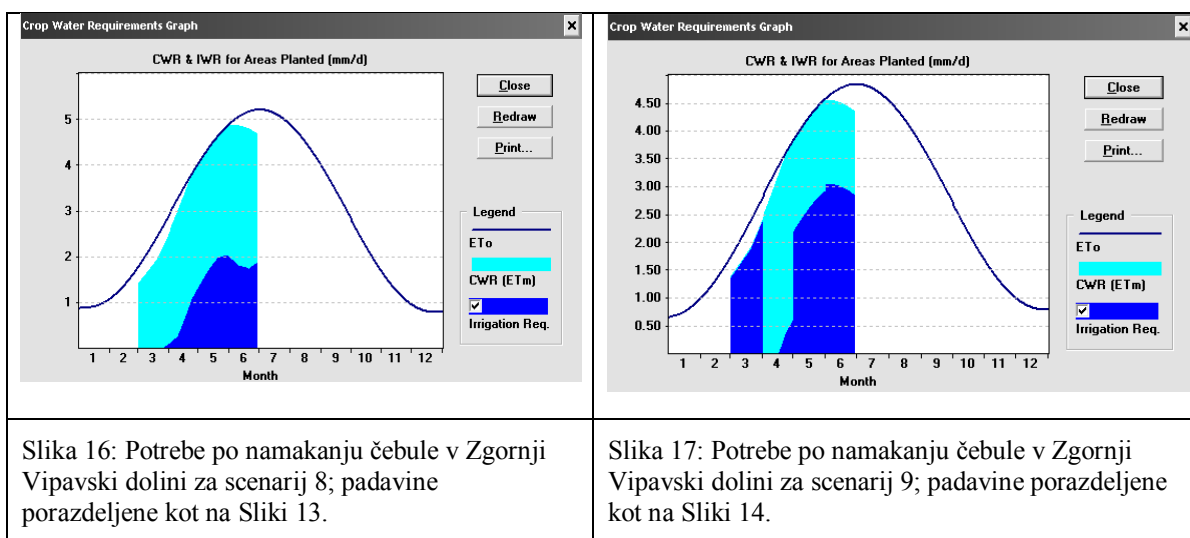
Čebula	CWR [mm]	Padavine [mm]	Efektivne padavine [mm]	Namakanje [mm]	FWS [l/s/ha]	ET _o [mm]
sc 1	382,9	412,3	341,6	67,1	0,09	406,0
sc 2	399,4	412,3	341,6	78,6	0,11	423,5
sc 3	415,8	412,3	341,6	91,3	0,13	441,0
sc 4	432,0	412,3	341,6	103,8	0,14	458,3
sc 5	382,9	371,1	313,8	85,4	0,12	406,0
sc 6	399,4	371,1	313,8	98,1	0,14	423,5
sc 7	415,8	371,1	313,8	111,2	0,15	441,0
sc 8	432,0	371,1	313,8	124,8	0,17	458,3
sc 9	408,8	222,7	191,2	221,7	0,31	434,0
sc 10	397,8	295,5	245,7	207,9	0,29	421,1

CWR (crop water requirements) potrebe rastlin po vodi

FWS (field water supply) – oskrba polja z vodo, predpostavljena je neprekinjena oskrba ob upoštevanju podani učinkovitosti namakalnega sistema (70%)

Podatki v preglednici se nanašajo na obdobje rasti čebule – 1.3. do 28.6.

Na Slikah 16 in 17 sta grafična prikaza potreb po vodi in potreb po namakanju, kot nam jih prikaže program CropWat. Pri primerjavi grafov moramo biti pozorni na enote, saj jih program izbere sam in niso vedno enake.



Na Sliki 18 je predstavljen izračun potreb rastlin po vodi, s časovnim razmikom en dan, enako pa lahko izračunamo potrebe po namakanju za vsak izbran časovni interval. V teh primerih nam je program CropWat mesečno količino padavin razdelil po izbrani metodi (Slike 12, 13, 14, 15), tako, da je vsakemu dnevu pripisal določeno količino padavin. Na podlagi teh padavin je izračunana količina efektivnih padavin za vsak dan (obdobje). Razlika med potrebo rastlin po vodi in efektivnimi padavinami za določen dan (obdobje) je količina potrebnega namakanja. Na Sliki 18 vidimo, da do 17.4. namakanje ni bilo potrebno, 18.4. je predvidena večja evapotranspiracija in s tem tudi večja potreba rastlin po vodi, količina dežja pa ostaja enaka, zato je za ta dan predvideno namakanje. Na Sliki 18 je

sicer na dan 18.4. predvideno namakanje 0,05 mm, kar pa je nesmiselno. Kot že povedano je to zgolj ilustrativen primer izračunavanja potreb po namakanju, bolj smiselne rezultate dobimo, če vzamemo večji časovni interval – pet, sedem ali deset dni.

Date	ETo (mm/period)	Crop Area (%)	Crop Kc	CWR (ETm) (mm/period)	Total Rain (mm/period)	Effect. Rain (mm/period)	Irrig. Req. (mm/period)	FWS (l/s/ha)
15/4	3.05	100.00	0.95	2.89	3.63	3.00	0.00	0.00
16/4	3.08	100.00	0.95	2.94	3.63	3.00	0.00	0.00
17/4	3.12	100.00	0.96	2.99	3.63	3.00	0.00	0.00
18/4	3.15	100.00	0.97	3.05	3.63	3.00	0.05	0.01
19/4	3.19	100.00	0.97	3.10	3.63	3.00	0.10	0.02
20/4	3.22	100.00	0.98	3.15	3.63	3.00	0.15	0.03
21/4	3.26	100.00	0.98	3.20	3.62	2.99	0.21	0.03
22/4	3.30	100.00	0.99	3.25	3.62	2.99	0.27	0.04

Slika 18: Prikaz izračuna potreb po vodi s programom CropWat za čebulo v Zgornji Vipavski dolini za vsak dan posebej.

Zaradi najugodnejše porazdelitve padavin, ki jo privzame model (vidno iz slike 18) lahko rečemo, da so naši rezultati minimalne potrebne količine namakanja. Da je to najugodnejša razporeditev padavin lahko sklepamo iz tega, ker model mesečno količino padavin razdeli enakomerno preko vseh dni v mesecu in na podlagi tega računa dnevne potrebe po namakanju.

V naši raziskavi smo pri klimatskih scenarijih upoštevali, da se količina padavin v vsakem mesecu v letu zmanjša za 10%. Iz Preglednice 7 lahko vidimo, da je zmanjšanje padavin za 10% relativno zelo majhno, saj je bilo v letu 2003 padavin v obdobju marec – junij kar 46% manj, kot je povprečje med leti 1991 – 2006. Zato zelo težko predvidimo vpliv zmanjšanja količine padavin za 10% na rast čebule, ki ima kratko rastno dobo, njen koreninski sistem pa je zelo plitev – mi smo predvideli globino korenin do 25 cm. Količina rastlini dostopne vode je prav zaradi plitvega koreninskega sistema zelo majhna. Ob dejstvu, da je v času rasti čebule lahko dnevna evapotranspiracija tudi nad 4 mm, se vsa zaloga LDV porabi v nekaj dneh in takrat je potrebno namakanje oziroma se za rastlino začne sušni stres. Iz tega lahko vidimo, da je rast čebule (in drugih rastlin s plitvim koreninskim sistemom) odvisna od posameznih padavinskih dogodkov, ki morajo biti razmeroma pogosti in enakomerni, če hočemo, da rastlina ne trpi sušnega stresa.

Preglednica 7: Količina padavin (mm) po mesecih za postajo Slap pri Vipavi, v času rasti čebule.

	Leto 2003	Leto 2006	Povprečje 1991 - 2006	Povprečje -10%
marec	1	136	79,1	71,2
april	120	56	108,8	97,9
maj	56	97	109,0	98,1
junij	49	7	124,4	112,0
Skupaj	226	296	421,3	379,2

Pri programu CropWat nimamo možnosti določanja velikosti padavinskih dogodkov v vsakem mesecu, zato je v tem kontekstu težko govoriti o tem, da le zmanjšanje povprečne količine padavin za 10%, bistveno vpliva na samo rast in razvoj rastline. Za proučitev vpliva zmanjšanja količine padavin na vrtnine, ki smo jih mi izbrali, bi zagotovo potrebovali drugo metodo, saj nam mesečne vrednosti količine dežja premalo povejo o konkretnem dogajanju tekom meseca.

Iz Preglednice 6 lahko vidimo, da količina namakalne vode narašča s tem, ko višamo povprečno minimalno in maksimalno temperaturo – ko se večja evapotranspiracija (scenariji 2, 3, 4). Jasno je, da se ob povečani evapotranspiraciji poveča tudi količina vode, ki jo rastlina potrebuje (CWR), ob enaki količini efektivnega dežja to pomeni, da moramo povečati namakanje. Na večanje potreb po vodi v teh scenarijih vpliva le povečanje temperature, povečanje potreb po namakanju v naših preizkusih pa je od 12 – 17% na vsako 1,5°C.

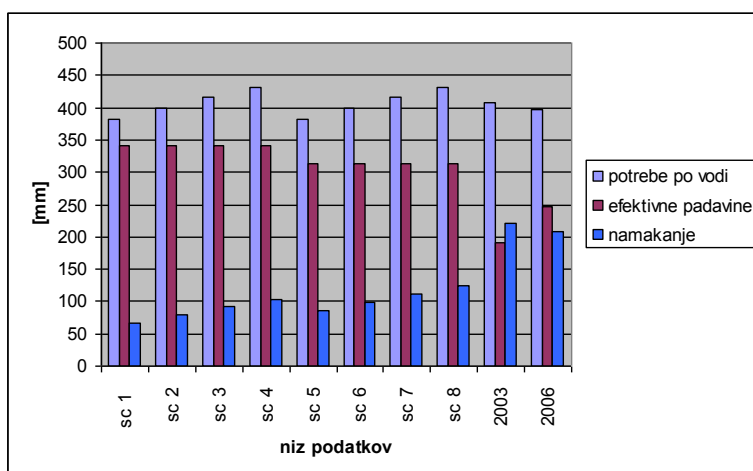
Ob zmanjšanju količine padavin za 10% se pri istih zvišanih temperatur količina namakalne vode le pomakne na višji nivo glede na prejšnje rezultate. Tako je v scenarijih 5, 6, 7 in 8, količina namakalne vode za 18 – 21 mm (20 – 27%) večja, glede na prve štiri scenarije. Poudariti je treba, da na to povečanje potreb po vodi vpliva izključno zmanjšana količina dežja, saj evapotranspiracija ostaja enaka kot v prejšnjih scenarijih.

Če vzamemo za primerjavo scenarije 5, 7, 8, 9 in jih primerjamo s povprečjem 1991 – 2006 (scenarij 1), lahko vidimo, da so razlike v količini potrebne vode velike (Preglednica 8).

Preglednica 8: Količina vode potrebne za namakanje (mm) čebule v Zgornji Vipavski dolini, pri različnih klimatskih scenarijih, glede na osnovni niz podatkov – povprečje 1991 – 2006 (scenarij 1).

	CWR [mm]	Efektivne padavine [mm]	Namakanje [mm]	Indeks povečanja namakanja sc 1 = 100%
sc 1 (povprečje 1991 – 2006)	382,9	341,6	67,1	100,0
sc 5 (+ 0°C; -10% padavin)	382,9	313,8	85,9	128,0
sc 7 (+ 3°C; -10% padavin)	415,8	313,8	111,2	165,7
sc 8 (+ 4,5°C; -10% padavin)	432,0	313,8	124,8	186,0
sc 9 (leto 2003)	408,8	191,2	221,7	330,4

Ekstremni vremenski dogodki, tudi suše, naj bi bili v naslednjih letih in desetletjih vse pogostejši. Za primer vzemimo leti 2003 in 2006, ki smo ju analizirali. Zanimivo je, da v nobenem od omenjenih let evapotranspiracija ni bila večja od vrednosti, ki so predvidene ob zvišanju temperature za 3°C. V letu 2003 je v rastni dobi čebule padlo kar 190 mm dežja manj kot v povprečju med leti 1991 – 2006, kar je le 54% povprečne količine padavin. Količina potrebne vode za namakanje je za več kot trikrat večja od povprečja – 67,1 mm oziroma 221,7 mm v letu 2003. Iz tega je razvidno, da so naši poskusi simulacij in spreminjanja povprečnih stanj zgolj poskusi iskanja nekih novih izhodišč oziroma predvidevanja bodočih minimalnih potreb po namakanju. Že sedaj lahko z analizo preteklih let ugotovimo, da so bile s pomočjo programa CropWat napovedane potrebe po minimalnem namakanju veliko večje v naših konkretnih letih, kot pri napovedih v naših najekstremnejših scenarijih (Slika 19).



Slika 19: Prikaz potreb po vodi in namakanju (mm) za čebulo v Zgornji Vipavski dolini, pri različnih podnebnih scenarijih.

4.2.2 Spomladanska špinača

Ostale tri rastline bomo pogledali bolj na kratko in poudarili le bistvene razlike v primerjavi z rezultati čebule, ki smo jih doslej predstavljali. Še enkrat je treba poudariti, da so rezultati potrebe rastlin po vodi le prvi del analize in tu niso upoštevane lastnosti tal.

Rezultati analize spomladanske špinače (Preglednica 9) so najbolj podobni rezultatom čebule, saj je tudi datum setve in del rastne dobe isti. Spomladansko špinačo posejemo 1. marca, rastna doba je 90 dni, tako da je spravilo načrtovano za 29. maj.

Rezultati se od tistih pri čebuli seveda razlikujejo, toda opazimo, da so razmerja med posameznimi scenariji podobna. Tudi tu lahko opazimo, da nam napovedani scenariji nakazujejo, kakšne naj bi bile potrebe rastlin po vodi v prihodnje, toda še vedno vidimo, da je bilo leta 2003 potrebno kar 3,7 krat več namakanja kot v povprečju let 1991 – 2006. V obdobju rasti spomladanske špinače (marec – maj) je padlo v povprečju 297 mm dežja, toda razpon je od 128 mm leta 1993, do kar 419 mm leta 2001. Toda tudi ti podatki so lahko varljivi in mislimo, da leta 2001 spomladanske špinače ne bi bilo potrebno namakati. Za takšno trditev je potrebno pogledati, kolikšna količina padavin je padla v posameznem mesecu rasti. Tako za leto 2001 ugotovimo, da je bilo marca 296 mm padavin, sledila pa sta dva sušna meseca – april 74 mm (povprečje 108,8 mm) in maj 49 mm (109 mm). V primerjavi s čebulo, lahko ugotovimo, da imata na potrebe po namakanju spomladanske špinače večji vpliv tako dvig temperature, kakor tudi znižanje količine padavin. Vsaka 1,5°C vpliva na zvišanje potreb po namakanju za 15 – 22%, zmanjšanje količine padavin za 10% pa poveča potrebe po namakanju za 24 – 34%.

Preglednica 9: Rezultati izračuna potreb po vodi in namakanju (mm) za spomladansko špinačo v Zgornji Vipavski dolini, ob različnih klimatskih scenarijih.

Spomladanska špinača	CWR [mm]	Padavine [mm]	Efektivne padavine [mm]	Namakanje [mm]	FWS [l/s/ha]	ET _o [mm]
sc 1	254,5	291,6	244,5	35,1	0,06	269,4
sc 2	265,9	291,6	244,5	42,8	0,08	281,5
sc 3	277,3	291,6	244,5	50,6	0,09	293,8
sc 4	288,6	291,6	244,5	58,4	0,11	305,9
sc 5	254,5	262,5	224,3	47,1	0,09	269,4
sc 6	265,9	262,5	224,3	55,0	0,1	281,5
sc 7	277,3	262,5	224,3	63,9	0,12	293,8
sc 8	288,6	262,5	224,3	72,9	0,13	305,9
sc 9	275,1	173,4	145,7	131,4	0,24	291,9
sc 10	261,8	282,7	234,0	84,9	0,16	276,3

CWR (crop water requirements) potrebe rastlin po vodi

FWS (field water supply) – oskrba polja z vodo, predpostavljena je neprekinjena oskrba ob upoštevanju podani učinkovitosti namakalnega sistema (70%)

Podatki v preglednici se nanašajo na obdobje rasti spomladanske špinače – 1.3. do 30.5.

4.2.3 Radič solatnik

Tretja kultura, ki smo jo obravnavali, je radič solatnik, z datumom setve 1. avgust, pobiranje pa program predvidi za 25. oktober. Sicer vemo, da lahko pobiranje oziroma spravilo zelenjadnic poteka postopno, toda za potrebe naših simulacij je potrebno določiti en datum, na katerega se simulacija konča. Pri izbiri rastlin za naše poskuse smo namerno izpustili mesec julij, v katerem je v povprečju najmanj padavin, obenem pa je takrat tudi najvišja evapotranspiracija in s tem tudi poraba vode. Z izbiro ustreznih kultur in seveda tudi pravih terminov setve se lahko izognemo neracionalni porabi prevelikih količin vode in s tem tudi dražji pridelavi. Nasploh je v drugi polovici leta – od avgusta naprej – v Zgornji Vipavski dolini manj primerov ekstremno suhih mesecev in tudi evapotranspiracija se manjša z nižanjem temperatur. Razmere za gojenje zelenjadnic so še vedno primerne, ker temperature tudi novembra še ne padejo tako nizko, da pridelava na prostem ne bi bila mogoča.

Primernost gojenja vrtnin v jesenskem času dokazuje tudi Preglednica 10, čeprav velja poudariti, da so to najmanjše potrebne količine namakanja za določen niz podatkov, saj so tu efektivne padavine izkoriščene v največji meri. Kljub temu lahko ob primerjavi s čebulo in spomladansko špinačo vidimo, da je tu potrebnega bistveno manj namakanja. V povprečnem letu in ob primerni razporeditvi padavin namakanje sploh ni potrebno. Naši scenariji podnebnih sprememb napovedujejo, da bo v povprečju namakanje zagotovo potrebno, čeprav je tudi pri našem najsrajnejšem scenariju potrebno le 15,4 mm namakanja. Toda tudi v tem primeru dobimo realno sliko trenutnih razmer pri analizi preteklih let, kjer vidimo, da je bilo v letu 2006 potrebno namakati z najmanj 96 mm vode. V letu 2006 sta bila izjemno sušna meseca september in oktober, ko je padlo le 41 oziroma 27 mm dežja, v avgustu istega leta pa je padlo 192 mm dežja, kar je 65 mm več od povprečja v obdobju 1991 – 2006.

Preglednica 10: Rezultati izračuna potreb po vodi in namakanju (mm) za radič v Zgornji Vipavski dolini, pri različnih klimatskih scenarijih.

Radič solatnik	CWR [mm]	Padavine [mm]	Efektivne padavine [mm]	Namakanje [mm]	FWS [l/s/ha]	ET _o [mm]
sc 1	248,5	433,6	322,4	0,0	0,00	265,7
sc 2	258,5	433,6	322,4	0,1	0,00	276,3
sc 3	268,6	433,6	322,4	2,4	0,00	287,1
sc 4	279,0	433,6	322,4	5,9	0,01	298,1
sc 5	248,5	390,2	300,1	2,4	0,00	265,7
sc 6	258,5	390,2	300,1	6,0	0,01	276,3
sc 7	268,6	390,2	300,1	10,2	0,02	287,1
sc 8	279,0	390,2	300,1	15,4	0,03	298,1
sc 9	264,3	290,8	232,5	69,2	0,13	281,7
sc 10	252,8	253,9	191,3	96,2	0,19	271,5

CWR (crop water requirements) potrebe rastlin po vodi

FWS (field water supply) – oskrba polja z vodo, predpostavljena je neprekinjena oskrba ob upoštevanju podani učinkovitosti namakalnega sistema (70%)

Podatki v preglednici se nanašajo na obdobje rasti radiča solatnika – 1.8. do 25.10.

4.2.4 Jesenska špinača

Četrta in zadnja obravnavana vrtnina je jesenska špinača (Preglednica 11). Datum setve je 20. avgust, spravila pa 8. november. V našem primeru smo se odločili za špinačo, ki ima rastno dobo 80 dni, kar je za jesensko špinačo kar veliko. Ob izbiri sorte s krajšo rastno dobo, lahko pridelek pobiramo že po 65 dneh in tudi manj. Nasploh je setev rastlin s krajšo rastno dobo za tržno pridelavo, brez zagotovljenega namakanja, zelo tvegana, saj lahko v primeru enomesečne suše ostanemo brez večine pridelka.

Manjše potrebe po namakanju špinače lahko pripišemo tudi temu, da špinača razvije globoke in bolj razrasle korenine, tako da lahko vodo črpa iz večjega volumna tal, kot na primer čebula. Že iz samih absolutnih števil o količini potrebne vode v rastni dobi, vidimo, da je ta količina za približno 200 mm manjša od količine vode, ki jo potrebuje čebula. Kot je iz rezultatov razvidno, pade v obdobju rasti jesenske špinače v povprečju 441,9 mm dežja, za razvoj pa jo je potrebno v povprečju 185,3 mm. Ob ustreznem načrtovanju namakanja in upoštevanju padavinskih dogodkov, v tem delu leta ne bi imeli težav z zagotavljanjem zadostnih količin vode za nemoten razvoj rastlin. Spet je treba poudariti, da so to povprečne razmere in so lahko odstopanja v posameznih mesecih zelo velika.

Leto 2006 smo izbrali za analizo, ker je bilo zelo malo dežja tudi v septembru in oktobru, ko običajno pade kar veliko dežja. Tako nam program CropWat predvidi, da bi v letu 2006 za rast jesenske špinače potrebovali dodatnih 72,5 mm namakanja, ob predpostavki, da je kar največ efektivnih padavin koristno porabljenih.

Preglednica 11: Rezultati izračuna potreb po vodi in namakanju (mm) za jesensko špinačo v Zgornji Vipavski dolini, pri različnih klimatskih scenarijih.

Jesenska špinača	CWR [mm]	Padavine [mm]	Efektivne padavine [mm]	Namakanje [mm]	FWS [l/s/ha]	ET _o [mm]
sc 1	185,3	441,9	321,3	0,0	0,00	206,8
sc 2	193,1	441,9	321,3	0,0	0,00	215,4
sc 3	201,1	441,9	321,3	0,0	0,00	224,2
sc 4	209,3	441,9	321,3	0,0	0,00	233,3
sc 5	185,3	397,7	300,0	0,0	0,00	206,8
sc 6	193,1	397,7	300,0	0,0	0,00	215,4
sc 7	201,1	397,7	300,0	0,0	0,00	224,2
sc 8	209,3	397,7	300,0	0,1	0,00	233,3
sc 9	200,6	337,5	256,9	23,5	0,05	223,1
sc 10	185,0	161,0	131,9	72,5	0,15	207,1

CWR (crop water requirements) potrebe rastlin po vodi

FWS (field water supply) – oskrba polja z vodo, predpostavljena je neprekinjena oskrba ob upoštevanju podani učinkovitosti namakalnega sistema (70%)

Podatki v preglednici se nanašajo na obdobje rasti jesenske špinače – 20.8. do 8.11.

4.3 RAČUNANJE URNIKOV NAMAKANJA

V zadnjem delu predstavitve rezultatov bomo pregledali še urnike namakanja (Irrigation Scheduling Report), ki nam jih program predlaga. Za urnik namakanja poleg podatkov, ki so potrebni za izračun potreb po vodi, potrebujemo še podatke o tleh (Slika 20). Eden naših ciljev je bil tudi ugotovitev vpliva različnih podnebnih scenarijev na preskrbljenost rastlin z vodo na različnih tipih tal.

Slika 20: Pogovorno okno pri programu CropWat za vnos podatkov o tleh.

V Preglednicah 12 – 14 so podani rezultati urnikov namakanja. Primer celotnega urnika namakanja je priložen kot Priloga D. Tu so podane le vsote celotnih urnikov. Za lažjo predstavo kako do teh rezultatov pridemo, si je dobro ogledati vsaj princip izračunavanja urnikov – vidno iz Priloge D. Pomemben podatek, ki smo ga pri pripravi urnikov namakanja upoštevali, je razporeditev padavin tekom meseca. Privzeli smo podatek, da so padavine vsak peti dan, program pa nam nato na podlagi izbrane porazdelitve padavin določi dneve s padavinami in količino le – teh. Tu je še bolj pomembna izbira tipa

porazdelitve padavin. Iz razlogov, ki smo jih že predhodno omenili, smo za scenarije 1 do 8 izbrali porazdelitev, ki je prikazana na sliki 13. Za scenarija 9 in 10 pa smo izbrali porazdelitev, ki je prikazana na sliki 14, predvsem zato, ker le tako v istem mesecu upoštevamo količino padavin, ki so takrat padle.

Preglednica 12: Rezultati urnikov namakanja za čebulo, v Zgornji Vipavski dolini, na lahkih tleh (padavine vsakih 5 dni).

Lahka tla, čebula	ETc [mm]	Padavine [mm]	Efektivne padavine [mm]	Namakanje [mm]
sc 1	382,9	413,6	81,1	301,8
sc 2	399,3	413,6	86,9	312,4
sc 3	415,8	413,6	88,5	327,3
sc 4	432,0	413,6	90,1	341,9
sc 5	382,9	372,2	81,1	301,8
sc 6	399,3	372,2	86,9	312,4
sc 7	415,8	372,2	88,5	327,3
sc 8	432,0	372,2	90,1	341,9
sc 9	408,8	224,3	68,3	340,5
sc 10	397,8	291,4	63,8	329,5

V Preglednici 12 so prikazani rezultati le za lahka tla za vsak podnebni scenarij. V dani preglednici lahko hitro opazimo nekaj značilnosti, ki se pojavljajo pri vseh obravnavanih kulturah in ne samo pri čebuli, ki jo bomo spet podrobneje analizirali. Rezultati urnikov namakanja za ostale rastline in tipe tal so priloženi kot Priloge E, F, G in H.

Poglejmo najprej potencialno evapotranspiracijo rastlin (ETc). Opazimo lahko, da se z višanjem temperatur veča evapotranspiracija, kot je bilo že omenjeno, količina padavin na to ne vpliva. Zato vidimo, da je pri scenarijih z enakimi temperaturami, enaka ETc, tako da je ETc pri scenariju 1 enaka ETc pri scenariju 5 itn. Le scenarija 9 in 10 sta od ostalih različna, ker gre za podatke dveh konkretnih let (2003 in 2006).

Enako se ponovi tudi pri količini efektivnega dežja. Toda v tem primeru ne opazimo povezave med večanjem oziroma manjšanjem evapotranspiracije in količino efektivnih padavin. Iz celotnih urnikov namakanja smo ugotovili, da je količina efektivnih padavin v naših poskusih bolj stvar naključij in povezav z drugimi dejavniki nismo opazili. Razlog za to je v tem, da so padavine fiksno določene na vsake 5 dni. Nadalje je vse odvisno od količine rastlini lahko dostopne vode. Če na primer vode v tleh zmanjka in je namakanje predvideno za dan pred napovedanimi padavinami, bo seveda efektivnih padavin zelo malo oziroma nič. Lahko pa je namakanje predvideno 2, oziroma 3 dni pred napovedanim dežjem, tako dobimo večjo količino efektivnega dežja.

V naših poskusih je zelo majhna količina efektivnega dežja prav zaradi navedenih razlogov. Seveda je cilj vsakega pridelovalca izkoristiti kar največ padavin – mislimo, da je za ta namen takšna metoda računanja potrebnega namakanja preveč toga, saj ne omogoča fleksibilnosti pri vnosu podatkov o konkretnih padavinskih dogodkih. Naš namen pa je bil prav to – ovrednotiti vpliv podnebnih sprememb na zalogo vode v posameznih tipih tal.

Zanimivo je, da so tudi rezultati o potrebnem namakanju računanim s pomočjo modela CropWat pri scenarijih 5, 6, 7 in 8 enaki tistim iz scenarijev 1, 2, 3, 4. To pomeni, da zmanjšanje padavin za 10% ni vplivalo niti na količino efektivnih padavin, in posledično niti na količino potrebnega namakanja. Tudi analizi let 2003 in 2006 (scenarija 9 in 10) ne dajeta zelo relevantnih rezultatov, ponekod je v teh scenarijih predvidenega celo manj namakanja od povprečja 1991 – 2006.

Poskusili smo tudi z različnimi razmiki med padavinskimi dogodki, rezultate prikazujeta Preglednici 13 in 14. Scenariji 5 – 8 so identični scenarijem 1 – 4, (le količina padavin je za 10% manjša), zato jih nismo dvakrat navajali.

Preglednica 13: Rezultati urnikov namakanja za čebulo, v Zgornji Vipavski dolini, na lahkih tleh (padavine vsakih 6 dni).

Lahka tla, čebula	ETc [mm]	Padavine [mm]	Efektivne padavine [mm]	Namakanje [mm]
sc 1	382,9	413,6	3,4	375,4
sc 2	399,3	413,6	1,3	393,7
sc 3	415,8	413,6	3,4	415,8
sc 4	432,0	413,6	3,4	424,0
sc 9	408,8	224,3	0,8	403,7
sc 10	397,8	291,4	3,3	390,0

Preglednica 14: Rezultati urnikov namakanja za čebulo, v Zgornji Vipavski dolini, na lahkih tleh (padavine vsakih 7 dni).

Lahka tla, čebula	ETc [mm]	Padavine [mm]	Efektivne padavine [mm]	Namakanje [mm]
sc 1	382,9	413,4	51,9	331,0
sc 2	399,3	413,4	56,4	342,9
sc 3	415,8	413,4	56,7	359,1
sc 4	432,0	413,4	61,1	370,9
sc 9	408,8	227,5	51,1	357,7
sc 10	397,8	280,4	38,9	358,9

Iz preglednic 13 in 14 lahko vidimo, da nam analize te vrste ne povejo veliko. Res je, da gre za tla, ki zadržijo zelo malo vode, toda pri padavinah predvidenih vsakih 6 dni imamo v celotni rastni dobi čebule le do 3,4 mm efektivnega dežja, pri padavinah vsakih 7 dni pa količina naraste nad 50 mm. Vidimo, da takšen način določanja količine in terminov namakanja ni primeren za naše potrebe.

Kadar so predvidene padavine vsakih na primer pet dni, bi bili dobro, da bi bilo to potem upoštevano tudi pri terminih in količini namakanja. Večkrat se namreč zgodi, da predvidi namakanje ravno na dan pred napovedanim padavinskim dogodkom, tako da so na dan dežja tla že zasičena z vodo in imamo zelo majhno količino efektivnih padavin. Dandanes lahko napovemo padavine za kar nekaj dni naprej in pri gojenju vrtnin na prostem skrbimo za to, da čim več padavin izkoristimo in zmanjšamo količino namakanja.

Na Sliki 21 je prikazan primer, kjer vidimo, da prvih dvajset dni čebule sploh ni potrebno namakati, nato pa sledi zgoraj opisana situacija. Na dan 21.3. je vsa lahko dostopna voda (RAM – readily available moisture) porabljena, saj vidimo, da je RAM = SMD (soil moisture deficit – primanjkljaj vode v tleh), zato program napove namakanje s takšno količino vode, da je v tleh največja količina lahko dostopne vode. Že naslednji dan je napovedan dež – 12,8 mm, od katerega je samo 2 mm efektivnega dežja, saj so bila tla prejšnji dan napolnjena z LDV. Enako se zgodi tudi 26.3. in 27.3. Sklenemo lahko, da ta metoda ni najbolj primerna za računanje potreb po vodi na osnovi nekih povprečnih podatkov za določena obdobja.

Irrigation Scheduling Table													
cebula Block # 1		Options ☒ Irrigation Schedule ☐ Daily Soil Moisture Balance		Yield Reduction: 0.0%		Close Report...							
Date	Day No.	TAM (mm)	RAM (mm)	Rainfall (mm)	Efct. Rain (mm)	ETc (mm)	ETc/ETm (%)	SMD (mm)	Irr. Interval (Days)	Net Irr. (mm)	Lost Irr. (mm)	User Adjust. (mm)	
2/3	2	25.1	7.5	12.8	1.4	1.4	100.0%	1.4					
7/3	7	26.6	8.0	12.8	7.2	1.5	100.0%	1.5					
12/3	12	28.1	8.4	12.8	7.8	1.6	100.0%	1.6					
17/3	17	29.6	8.9	12.8	8.5	1.8	100.0%	1.8					
21/3	21	30.8	9.2	0.0	0.0	1.9	100.0%	9.2	20	9.2	0.0		
22/3	22	31.0	9.3	12.8	0.0	2.0	100.0%	2.0					
26/3	26	32.3	9.7	0.0	0.0	2.1	100.0%	10.3	5	10.3	0.0		
27/3	27	32.5	9.8	12.8	0.0	2.2	100.0%	2.2					
31/3	31	33.8	10.1	0.0	0.0	2.4	100.0%	11.4	5	11.4	0.0		
1/4	32	34.0	10.2	18.1	0.0	2.4	100.0%	2.4					
5/4	36	35.3	10.6	0.0	0.0	2.6	100.0%	12.6	5	12.6	0.0		
6/4	37	35.5	10.7	18.1	0.0	2.7	100.0%	2.7					

Double Click Any Cell in the 'User Adjust.' Column to Adjust the Soil Moisture Balance

Slika 21: Primer namakanja čebule v Zgornji Vipavski dolini, ko izkoristimo zelo malo efektivnih padavin.

Čeprav smo pričakovali, da bo ta način načrtovanja namakanja dovolj dober, da bomo dobili neke dovolj smiselne rezultate za analizo, pa temu ni tako. S tem lahko ugotovimo, da del naših ciljev, ki smo si jih zadali pred začetkom raziskave, ne bo izpolnjen. Ta ugotovitev se nanaša predvsem na poskus analiz potreb po vodi na različnih tipih tal.

4.4 RAČUNANJE URNIKOV NAMAKANJA – UPORABNIK NAČRTUJE NAMAKANJE

Glede na to, da z našo načrtovano metodo nismo prišli do nekih oprijemljivih rezultatov o vplivu podnebnih sprememb na določene kulture na izbranih tipih tal, smo poskusili tudi z drugimi metodami, ki jih program CropWat omogoča. Naslednji primeri so poskusi prikaza načinov načrtovanja namakanja, ki bi lahko pripeljali do pravih rezultatov.

Če smo prej omenili, da je metoda za računanje potreb po namakanju na osnovi povprečij za določena obdobja preveč toga, moramo omeniti, da program ponuja tudi drugi način izračunavanja potreb po namakanju. Za zagon tega načina moramo pri možnostih namakanja izbrati opcijo, pri kateri sami določamo termine in količino namakanja. Obenem pa imamo tu tudi možnost za reguliranje konkretnih dnevnih sprememb vode v

tleh, tudi za vnos dnevnih količin dežja. V stolpcu »User Adjustment« lahko upoštevamo spremembe količine vode v tleh. To storimo zaradi:

- upoštevanja pravih količin dežja,
- upoštevanja pozitivnega prispevka kapilarnega dviga h količini LDV,
- upoštevanja odtoka vode iz talnega profila in s tem zmanjšanja količine LDV,
- upoštevanja točnejših direktnih meritev primanjkljaja vode v tleh.

S tem nam da program popolnoma proste roke pri upravljanju namakanja, opozarja nas le na to, kdaj količina rastlini dostopne vode pade pod dovoljeno mejo in nam napove kdaj se bo za rastlino začel sušni stres. Model CropWat nam to sam izračuna in sicer s pomočjo razmerja med dejansko in potenciano evapotranspiracijo rastline. Vrednost mora biti vedno 100%, sicer je rastlina v stresu.

Prikazali bomo dva primera načrtovanja urnikov namakanja. Toda tudi ta primera imata svoje pomanjkljivosti, saj delati namakalne urnike za razmere preteklih let ni težko, drugače pa je načrtovati sprotno namakanje tekom leta. Rezultati nam pokažejo, da je izbira načina namakanja zelo pomembna, saj pri vsakem načinu dobimo nekoliko drugačne rezultate.

4.4.1 Določanje količine namakanja in terminov namakanja

Prvi primer temelji na osnovi povprečij podatkov med leti 1991 – 2006. Rezultate tokratnega poskusa smo primerjali z rezultati urnika namakanja pri drugih scenarijih, kjer gre za iste meteorološke podatke, spremenjen je le način namakanja. V tem primeru smo interval in količino namakanja določali mi sami, le padavine je porazdelil program. Vedeti moramo, četudi imamo v tem primeru enakomerno porazdeljene padavine na vsakih 5 dni, se v realnosti temu le redkokdaj, oziroma nikoli ne približamo.

V naših primerih smo s črko *a* označili scenarije, pri katerih smo sami uravnavali namakanje (Preglednica 15). Količino namakalne vode v scenarijih označenih s črko *a*, bi lahko še nekoliko zmanjšali, toda cilj teh poskusov je bil le prikazati razliko med možnostmi, ki jih ponuja program CropWat.

Pogled na količino namakanja nam pokaže, da so v naših primerih razlike ogromne zaradi vseh že naštetih razlik pri upoštevanju količine efektivnega dežja. Mislimo, da ta način ne prikaže realnih potreb po namakanju, saj prikaže zelo veliko količino efektivnega dežja in majhno, oziroma premajhno količino potrebne vode za namakanje. Menimo, da to nastane predvsem zaradi padavinskih dogodkov, ki so napovedani za vsakih 5 dni in temu z lahkoto lahko prilagajamo količino namakanja. Kar je slabo pri tem načinu namakanja je to, da v scenarij niso vključeni realni podatki o padavinah.

Preglednica 15: Primerjava namakanja spomladanske špinače v Zgornji Vipavski dolini, ki ga ponudi program CropWat, z namakanjem, ki ga določi uporabnik (*a* – scenariji).

	Tip tal	ETc (mm)	Količina padavin (mm)	Efektivne padavine (mm)	Namakanje (mm)
sc 1	sr. težka	254,5	293,0	57,5	192,7
sc 1 a	sr. težka	254,5	293,0	217,3	20,0
sc 2	sr. težka	265,9	293,0	41,3	220,1
sc 2 a	sr. težka	265,9	293,0	223,7	29,3
sc 3	sr. težka	277,3	293,0	53,6	219,0
sc 3 a	sr. težka	277,3	293,0	226,3	35,4
sc 4	sr. težka	288,6	293,0	62,8	220,9
sc 4 a	sr. težka	288,6	293,0	230,9	45,5

4.4.2 Urnik z vnosom dejanskih padavinskih dogodkov

Pri tem načinu bomo lahko analizirali le konkretna leta s konkretnimi padavinskimi dogodki, katere bomo vpisali v stolpec »user adjustment«. Seveda bomo količino padavin nastavili na 0, padavine pa bodo porazdeljene točno tako, kot so v resnici bile. Tudi tu vidimo olajševalno okoliščino, saj imamo padavine vnaprej podane, zato je tudi tu lažje prilagajati količino namakalne vode. Ta poskus smo izvedli na spomladanski špinači s podatki iz leta 2003 (Preglednica 16).

Preglednica 16: Primerjava namakanja spomladanske špinače v Zgornji Vipavski dolini, ki ga ponudi program CropWat (leto 2003 - sc9), z namakanjem, ki ga določi uporabnik (*b* – scenarij).

	Tip tal	ETc (mm)	Količina padavin (mm)	Efektivne padavine (mm)	Namakanje (mm)	User adjustment
sc 9	sr. težka	275,1	175,2	50,6	220	/
sc 9 a	sr. težka	275,1	175,2	142	116,2	/
sc 9 b	sr. težka	275,0	/	/	178,9	176,4

Scenarij *a* – namakanje določi uporabnik, padavine porazdeli program.

Scenarij *b* – namakanje določi uporabnik, upoštevani so konkretni padavinski dogodki v času rasti spomladanske špinače v letu 2003.

Kot torej vidimo, je količina dežja upoštevana pri »user adjustment«. Količina namakanja pri *b* scenarijih je med količino namakanja pri *a* scenarijih, kjer namakanje določi uporabnik in običajnim scenarijem, kjer namakanje določi sam model.

Pri primeru iz leta 2006 imamo zanimivo situacijo, saj se količina dežja v prvih dveh primerih (sc10 in sc10 *a*) ne sklada s količino »user adjustment« v tretjem primeru (sc 10 *b*) (Preglednica 17). Ti dve količini naj bi bili vsaj približno enaki, saj je pod »user adjusment« vnešena količina dežja v rastni dobi. Do tega pride zato, ker po koncu rasti spomladanske špinače še v zadnjih dveh dneh maja pade 44 mm dežja, ki je v prvih dveh primerih upoštevan pri izračunih, v tretjem pa seveda ne, saj so v tretjem primeru upoštevani le padavinski dogodki do 29.5., ko je predvideno spravilo špinače.

Preglednica 17: Primerjava namakanja spomladanske špinače v Zgornji Vipavski dolini, ki ga ponudi program CropWat (leto 2006 - sc10), z namakanjem, ki ga določi uporabnik (b – scenarij).

	Tip tal	ETc (mm)	Količina dežja (mm)	Efektivne padavine (mm)	Namakanje (mm)	User adjustment
sc 10	sr. težka	261,8	281,5	68,6	188,7	/
sc 10 a	sr. težka	261,8	281,5	187	61	/
sc 10 b	sr. težka	261,8	/	/	124,4	245,4

Scenarij *a* – namakanje določi uporabnik, padavine porazdeli program.

Scenarij *b* – namakanje določi uporabnik, upoštevani so konkretni padavinski dogodki v času rasti spomladanske špinače v letu 2006.

Rezultate si lahko razlagamo na ta način, da je ta metoda določanja potreb po namakanju veliko boljša, saj z njo izkoristimo veliko več padavin, toda upoštevati moramo, da imamo tu že vnaprej podane količine dežja in temu prilagajamo namakanje. V realnosti pa vemo le približne količine dežja za nekaj dni vnaprej in zagotovo ne moremo izkoristiti toliko padavin, kot jih v teh naših simulacijah. Upoštevati moramo tudi dejstvo – pri vseh urnikih namakanja pri programu CropWat – da gre povsod za neto količino namakalne vode in moramo tu upoštevati morebitne izgube pri namakanju, ki zagotovo nastanejo. Toda na ta način lahko delamo le scenarije za konkretna leta, kjer uporabimo podatke o dejanskih količinah padavin, oziroma imamo direktne meritve vode v tleh.

Za prihodnost predlagamo poljski preizkus, kjer bi namakanje načrtovali s pomočjo programa CropWat, rezultate bi primerjali z že obstoječimi rezultati o potrebah po namakanju. Predlagan preizkus bi moral zajemati različne načine načrtovanja namakanja, ki jih program CropWat omogoča in smo jih v naši raziskavi teoretično preizkusili.

V današnjem času se potrošniki vedno bolj zavedajo, od kje prihaja njihova zelenjava in na kakšen način je bila pridelana. Zato bi bilo dobro razmisliti o tem, da bi ugodne klimatske razmere čim bolje izkoristili in uvedli primerno kmetijsko pridelavo in s tem povečali samooskrbo z vrtninami. Predvsem v Zgornji Vipavski dolini je veliko površin, predvsem trajnih travnikov, ki bi jih lahko bolje izkoristili. Seveda je za to potreben sklop celovitih rešitev in ukrepov, da bi pokrajino usposobili za neko intenzivnejšo proizvodnjo. Prvi koraki – čeprav ne povsem ustrezni – so bili narejeni že z melioracijami in komasacijo.

5 SKLEPI

Pri analizi potreb po vodi z modelom CropWat smo ugotovili, da se bo ob napovedanih klimatskih spremembah povečala količina potrebne vode za namakanje zelenjadnic v Zgornji Vipavski dolini. Izračunane minimalne količine potrebne vode za namakanje se z zaostrovanjem klimatskih sprememb povečujejo.

Na povečanje potreb po vodi vpliva tako zvišanje povprečnih temperatur, kot tudi zmanjšanje količine padavin.

Ugotovili smo, da je drugi del rastne sezone za gojenje rastlin na prostem boljši. Klimatske razmere v zgodnji jeseni so za rastline še vedno dovolj ugodne, da le-te brez težav uspevajo, poleg tega pa je takrat običajno več padavin in manjša evapotranspiracija, kar zmanjšuje potrebne količine namakanja. Tako ob idealni razporeditvi padavin (ki pa na prostem realno ni mogoča) za obravnavani kulturi (radič solatnik in jesensko špinačo) v drugem delu rastne sezone namakanje sploh ni potrebno. Toda ta rezultat moramo gledati relativno, v povezavi z ostalimi rezultati, ki jih s programom CropWat dobimo.

Ugotovili smo, da analize s CropWatom s pomočjo povprečij meteoroloških podatkov na izbranih tipih tal ne moremo izvesti na zastavljen način, ker naletimo na težavo razporeditve padavinskih dogodkov in količine efektivnih padavin. Za izračune primanjkljajev na različnih tleh, ob danih podnebnih scenarijih predlagamo uporabo druge metode, ki omogoča delo s povprečnimi vrednostmi padavin, in je bolj fleksibilna, kar se tiče vnosa količine in terminov padavin v posameznih mesecih.

Ocenjujemo, da je program CropWat primerno orodje za izračun primanjkljajev vode na različnih tipih tal, ob predpostavki, da sami vnašamo padavinske dogodke in sami načrtujemo termine in količino namakanja. Program CropWat je sicer dokaj enostaven za upravljanje, toda dokler ne bo tudi pri nas v praksi preizkušen, ne moremo vedeti, kako natančne in zanesljive rezultate nam daje.

6 POVZETEK

Ko se govori o kmetijstvu in kmetijski pridelavi, je že kar nekaj časa so pomembna tema pogovora klima in napovedane klimatske spremembe. Kmetijstvo je gospodarska panoga, ki potrebuje kar nekaj časa za kakršno koli prilagoditev. Zelo pomembne so zato raziskave, ki nam skušajo dovolj zgodaj predstaviti bodoče klimatske razmere, v upanju, da se bo lahko kmetijstvo dovolj hitro prilagodilo na nove razmere. Pri raziskavah tako uporabljamo različne modele in simulacije, ki nam pomagajo čim bolje napovedati prihodnja stanja klime.

V Zgornji Vipavski dolini nimamo urejenega namakanja, toda kmetje za samooskrbo vseeno gojijo zelenjavo – v primeru, ko dalj časa ni padavin, so te rastline v stresu, zato pridelki niso tako veliki, kot bi lahko bili. Predvidevamo, da je za nemoteno rast naših izbranih rastlin v Zgornji Vipavski dolini že sedaj potrebno namakanje, v prihodnosti, ob upoštevanju klimatskih sprememb, pa naj bi se količina potrebne vode za namakanje še povečala.

Namen dela je tudi določiti potrebne količine vode, ki jo bomo morali zagotoviti ob predvidenih klimatskih spremembah na različnih tipih tal za izbrane kulture (spomladanska špinača, čebula, jesenska špinača, radič solatnik). V končni fazi bomo lahko primerjali in tudi ovrednotili potrebe po vodi v prvi in drugi polovici rastne sezone.

Že v osnovi imajo nekatera območja boljše razmere za gojenje določenih rastlin, kot druga. Zgornja Vipavska dolina je bila meliorirana in komasirana prav z namenom ustvarjanja boljših razmer za kmetijstvo. To je bila šele prva stopnja, ki je pripomogla k intenziviranju kmetijske proizvodnje. Toda brez nadaljnjih vlaganj in ustreznega namakanja ta regija ne bo napredovala, mogoče bo le nazadovala in zaostajala za območji, kjer so ustvarili boljše razmere za rastlinsko pridelavo.

Naša raziskava je potekala na osnovi meteoroloških podatkov za postajo Slap pri Vipavi v Zgornji Vipavski dolini. V naši raziskavi smo uporabili model CropWat, s katerim smo želeli na osnovi povprečij meteoroloških podatkov med leti 1991 in 2006 analizirati potrebe po vodi za štiri kulture (spomladanska špinača, čebula, jesenska špinača, radič solatnik). Izbrali smo tudi tri različne tipe tal, ki zadržijo različne količine rastlini dostopne vode (69 mm, 125 mm in 165 mm), je na njih mogoča pridelava zelenjave in se pojavljajo v Zgornji Vipavski dolini. Poleg analize povprečja smo si izbrali še kombinacije sedmih podnebnih scenarijev, kjer smo povišali temperaturo (+1,5°C; +3°C; +4,5°C) oziroma zmanjšali povprečno količino padavin za 10%. Dve analizi pa sta temeljili na osnovi podatkov dveh sušnih let (2003 in 2006), ki smo ju analizirali posamično.

CropWat je model, s katerim najprej izračunamo referenčno evapotranspiracijo, na podlagi teh izračunov nato določimo potrebe po vodi v določenem trenutku za izbrano rastlino. Tako lahko s pomočjo programa načrtujemo namakanje in upravljamo z namakalnimi sistemi.

Najprej smo izračunali potrebe rastlin po vodi za vsak niz meteoroloških podatkov, za kar ne potrebujemo podatkov o lastnostih tal. Potrebe po vodi so tu izračunane tako, da je vsakemu dnevu v rastni sezoni pripisana določena količina padavin – glede na mesečna povprečja, nato pa je razlika do dnevne potrebe po vodi definirana kot količina potrebnega namakanja. Ker lahko rečemo, da so padavine razporejene najbolj optimalno (v realnosti ni nikoli tako), je tudi dobljena količina namakanja nek minimum potrebnega namakanja za določeno rastlino v obravnavanem obdobju. Tako smo primerjali rezultate osnovnega niza meteoroloških podatkov z izbranimi podnebnimi scenariji.

Ugotovili smo, da je gojenje vrtnin veliko boljše v drugem delu rastne sezone, saj je takrat potrebnega bistveno manj namakanja kot v prvem delu rastne sezone. Tako so za radič tudi ob upoštevanju bodočih klimatskih sprememb potrebne le majhne količine namakanja. Toda še enkrat moramo poudariti, da so to minimalne količine potrebnega namakanja, saj so padavine porazdeljene kar najbolj optimalno. Pri jesenski špinaci, ki ima globlje korenine pa v tem primeru namakanje sploh ni potrebno. Pri analizi leta 2006, ki je bilo sušno predvsem v drugi polovici rastne sezone, potrebujemo 96 mm namakanja za radič in 72 mm za jesensko špinaco, tudi če so padavine optimalno razporejene.

V spomladanskem delu rastne sezone je manj padavin, kot v drugem delu rastne sezone, zato je pri čebuli in spomladanski špinaci namakanje potrebno. Pri spomladanski špinaci vsaka 1,5°C povišane temperature zveča potrebe po namakanju za 15 – 22%, zmanjšanje količine padavin za 10% pa poveča potrebe po namakanju za 24 – 34%. Pri čebuli se potrebe po namakanju povečajo za 12 – 17% na vsako 1,5°C, ob zmanjšanju količine padavin pa je količina namakalne vode za 18 – 21 mm (20 – 27%) večja kot ob povprečnih padavinah obdobja 1991 – 2006. Razponi potrebnih količin namakanja so pri čebuli (za povprečje in najskerajnji podnebni scenarij) od 67 mm – 125 mm, v letu 2003 pa je bilo potrebnih 222 mm. Spomladanska špinaca ima razpon od 35 – 72 mm, leta 2003 je bilo potrebnega najmanj 131 mm namakanja.

V drugem delu naše naloge smo skušali pripraviti še urnike namakanja za vse kulture, ker lastnosti tal lahko upoštevamo le pri urnikih namakanja. Definirali smo parametre namakanja, mesečno količino padavin pa nam je program CropWat razporedil na pet padavinskih dogodkov. Opazili smo, da tak način računanja potreb po namakanju ni najboljši, saj dobimo zelo majhno količino učinkovitih padavin. Razlog za to je v tem, da na primer lahko dostopne vode (LDV) v tleh zmanjka dan pred napovedanim padavinskim dogodkom, za ta dan je zato načrtovano namakanje, naslednji dan pa dobimo zelo malo, oziroma nič učinkovitih padavin. Preizkušali smo tudi večje razmike med padavinskimi dogodki, toda rezultati niso bili nič boljši.

Na koncu smo skušali najti rešitev, kako bi lahko načrtovali namakanje in ob tem izkoristili kar največ padavin. Program nudi opcijo, kjer uporabnik sam določa količine in termine namakanja. Tako lahko izkoristimo zelo velik del padavin, toda menimo, da tudi ti rezultati niso najbolj realni, saj so padavine še vedno razporejene v pet padavinskih dogodkov na mesec. S funkcijo »user adjustment« lahko vnašamo popravke vodne bilance tal, ko menimo, da se je le ta spremenila, lahko pa vnašamo tudi konkretne dnevne količine padavin. Tako lahko najboljše dnevno spremljamo vodno bilanco tal in morebitne primanjkljaje nadoknadimo z ustreznimi količinami namakanja. Toda konkretne

padavinske dogodke lahko vnašamo le za konkretna leta. Torej ne moremo analizirati povprečnih podatkov med leti 1991 in 2006, kot smo prvotno načrtovali. Tako nam dela naših ciljev ni uspelo uresničiti, saj nismo naredili analiz primanjkljajev vode na različnih tipih tal. Nakazali pa smo smer, v katero bi bilo smiselno nadalje raziskovati. To so analize potreb rastlin po vodi v konkretnih letih in njihova primerjava. Še bolj realne rezultate pa bi dobili, če bi v konkretnem poljskem poskusu namakali s pomočjo programa CropWat in nato ob primerjavi z drugimi podobnimi modeli ocenili primernost uporabe tega modela za naše razmere.

7 VIRI

- Allen R. G., Pereira L. S., Raes D., Smith M. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements – FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome: 300 str.
- Bellisario M., Reggidori G., Succi I. 1992. L' Irrigazione delle colture agrarie. Ravenna, Amministrazione Provinciale di Ravenna: 24 str.
- Bouwer H. 2002. Integrated water management for 21st century: problems and solutions. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 128: 193-202
- Bricelj, M. 2003. Voda v pokrajini. Geografski obzornik, 50, 3-4: 14-19
- Brilly M., Šraj M. 2005. Osnove hidrologije: univerzitetni učbenik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 309 str.
- Cegnar T. 2003. Podnebne spremembe in padavinski režim. V: 14. Mišičev vodarski dan 2003. Zbornik referatov. Maribor, 5. december 2003. Maribor, Vodnogospodarski biro Maribor, Vodnogospodarsko podjetje Drava: 62-69
- Chapter 6 – ETc – single crop coefficient (Kc).
<http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e0b.htm> (15.12.2008)
- Clarke D., Smith M., EL-Askari K. 1998. CropWat for Windows: User Guide. University Southampton.
<http://www.sdnbd.org/sdi/issues/agriculture/database/CROPWAT.htm> (10.10.2007)
- Čuden Osredkar D., Pintar M. 2003. Postopek pridobitve dovoljenj in soglasij za namakalni sistem. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Mond Grafika: 31 str.
- Droogers P. 2000. Estimation actual evapotranspiration using a detailed agro – hydrological model. Journal of Hydrology, 229: 50-58
- Hočevar A., Petkovšek Z. 1984. Meteorologija, osnove in nekatere aplikacije. Ljubljana, Partizanska knjiga: 219 str.
- Kajfež-Bogataj L., Bergant K. 1998. Klimatske spremembe in njihov vpliv na kmetijstvo. V: Novi izzivi v poljedelstvu 1998: zbornik simpozija, Dobrna, 3. in 4. december 1998. Tanjšek A., Šantavec I. (ur.). Ljubljana, SAD: 130-135
- Kajfež-Bogataj L., Sušnik A. 2002. Operativni agrometeorološki modeli za izračun vodne bilance kmetijskih tal. V: Novi izzivi v poljedelstvu 2002: zbornik simpozija, Zreče, 5. in 6. december 2002. Tanjšek A., Šantavec I. (ur.). Ljubljana, SAD: 164-169
- Kajfež-Bogataj L. 2003. Kaj pomeni sprememba podnebja za slovensko kmetijstvo? V: Kaj storiti za zmanjšanje posledic suše v kmetijstvu? Posvet. Gornja Radgona, 28.

- avgust 2003. Naglič M., Jagodic A. (ur.). Ljubljana, Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije: 9-16.
- Kajfež-Bogataj L., Črepinšek Z., Pintar M., Zupanc V., Ruprecht J., Bergant K., Sušnik A., Trček B. 2005. Vpliv klimatskih sprememb na rastlinsko pridelavo v Sloveniji – primer Vipavske doline: zaključno poročilo o rezultatih opravljenega raziskovalnega dela na projektu v okviru ciljnega raziskovalnega programa (CRP) »Konkurenčnost Slovenije 2001-2006«. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 70 str.
- Kladnik D., Natek M. 1996. Vipavska dolina. V: Regionalnogeografska monografija Slovenije. Knj. 4. Submediteranski svet. Ljubljana, Geografski inštitut, Znanstveno raziskovalni center SAZU: 84-101
- Klobučar B. Gračan R. Todorich I. 1982. Splošno poljedelstvo. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 172 str.
- Kobold M., Sušnik M. 2003. Hidrološke razmere površinskih voda opazovanih slovenskih rek v letu 2003. V: 14. Mišičev vodarski dan 2003, Maribor, 5.dec.2003. Maribor, Vodnogospodarski biro Maribor, Vodnogospodarsko podjetje Drava: 70-78
- Kovač M. 2000. Podnebje med Nanosom in Čavnom. Ljubljana, Hidrometeorološki zavod Slovenije: 36 str.
- Melik A. 1960. Slovensko primorje. Ljubljana, Slovenska matica: 546 str.
- Meteorološki letopis Slovenije. 1991. Ljubljana, Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije
- Meteorološki podatki. 2008. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje (arhiv, izpis iz baze podatkov)
- Meteorološki terminološki slovar. 1990. Petkovšek Z., Leder Z. (ur.). Ljubljana, Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Društvo meteorologov Slovenije: 84 str.
- Namakanje v Vipavski dolini. 1999. Šempeter, Kmetijstvo Vipava: 8 str.
- Ogrin D. 1998. Podnebje. V: Geografski atlas Slovenije. Fridl J. (ur.). Ljubljana, Državna založba Slovenije: 110-111
- Osvald J. 1993. Namakanje vrtnin. V: Namakanje v Sloveniji. Zbornik referatov. Gornja Radgona, 25. avgust 1993. Matičič B. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Katedra za melioracije in urejanje kmetijskega prostora: 55-67
- 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: 55 str.
http://www.mkgp.gov.si/fileadmin/mkgp.gov.si/pageuploads/saSSo/Publikacije/11-osnove_namakanja-2.pdf (15. nov. 2008)
- Pintar M. 2008. Kmetijstvo in voda. Prispevek za skupno sejo GLOBE in Sveta za varstvo okolja Republike Slovenije.
<http://209.85.129.132/search?q=cache:UNT6DV5UTwJ:www.svo-rs.si/web/portal.nsf/ae76a4ee10890d4bc1256fb9005f74fe/c9831c2ffc08d831c12572a500446876/%24FILE/070320%2520Kmetijstvo%2520in%2520voda%2520Marina%2520Pintar.doc+namakanje+bf&hl=sl&ct=clnk&cd=2&gl=si&client=firefox-a> (1. dec. 2008)
- 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.
- Radinja D. 1965. Morfogeneza Vipavske doline in obrobja. Doktorska disertacija. Ljubljana, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo: 177 str.
- Rakovec J., Vrhovec T. 2000. Osnove meteorologije, za naravoslovce in tehnike. Ljubljana, DMFA: 329 str.
- Ritzema H. P. 1994. Drainage principles and aplcations. ILRI. 16. Second Edition. Wageningen, ILRI Publication: 1125 str.
- Suhadolc M., Ruprecht J., Zupan M. 2005. Priročnik za vaje iz pedologije za univerzitetni študij zootehnike (za interno uporabo)
www.drustvo-zoo.si/strani/file.asp?ID=1048 (2. dec. 2008)
- Sušnik A., Matjac I., Kurnik B. Modeliranje v agrometeorologiji. 2005. Agencija RS za okolje – Urad za meteorologijo http://www.arso.gov.si/vreme/poro%C4%8Dila%20in%20projekti/dr%C5%BEavna%20slu%C5%BEba/Namakalni_modeli_in_modeli_za_napoved_rastlinskih_bolezni.pdf (15. nov. 2008)
- Sušnik A. 2006. Vodni primanjkljaj v Sloveniji in možni vplivi podnebnih sprememb. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 147 str.
- Ureditev Vipavske doline za intenzivno kmetijsko proizvodnjo. 1985. Nova Gorica, VIPA – Inženiring za izvedbo programa »Vipavska dolina«, 1985: 16 str.
- Zupan M., Grčman H., Kočevár H. 2002. Navodila za vaje iz pedologije. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- Zupanc V. 2003. Določitev potreb po namakanju breskev in nektarin v Vipavski dolini ob spremenjeni vodni bilanci tal. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 123 str.
- Žust A. 2003. Spomladanska pozeba v Primorju 8. aprila 2003. Ujma, 17/18: 135-138

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici prof. dr. Marini Pintar za pomoč in nasvete pri nastajanju diplomskega dela.

Hvala tudi mag. Andreji Sušnk za posredovanje meteoroloških podatkov in vsem ostalim, ki ste mi kakorkoli pomagali pri nastajanju naloge.

Hvala sošolcem, s katerimi smo preživljali čas predavanj v zadnjih vrstah predavalnic.

Posebna zahvala družini, ki mi je vedno stala ob strani, me spodbujala ter mi omogočila študij.

Hvala tudi tebi Marija, za potrpljenje in vzpodbudo.

Priloga B

Osnovni niz meteoroloških podatkov (povprečje 1991 – 2006) za meteorološko postajo Slap pri Vipavi za analizo z modelom CropWat (sc 1).

```
2/9/09                                     CropWat 4 Windows Ver 4.3
*****
                        Climate and ETo (grass) Data
*****
Data Source: C:\CROPWATW\CLIMATE\SLAP.PEM
-----
Country : Slovenija                      Station : slap.vipava
Altitude: 137 meter(s) above M.S.L.
Latitude: 45.83 Deg. (North)             Longitude: 13.83 Deg. (East)
-----
Month      MaxTemp MinTemp Humidity Wind Spd. SunShine  Solar Rad.  ETo
          (deg.C) (deg.C)   (%)      (Km/d)   (Hours)    (MJ/m2/d)  (mm/d)
-----
January    7.4      0.1      67.7     190.1     3.5        5.2        0.93
February   9.4      0.0      63.4     172.8     4.9        8.2        1.33
March      13.6     3.3      62.2     138.2     5.6       12.0       1.94
April      17.1     6.3      65.0     138.2     5.8       15.4       2.71
May        22.8    10.8     64.7     121.0     7.7       20.0       3.83
June       26.5    14.1     64.4     129.6     8.3       21.7       4.56
July       29.1    16.2     61.2     121.0     9.6       23.0       4.98
August     29.2    16.3     62.4     129.6     8.9       20.1       4.44
September  23.6    12.6     68.2     121.0     6.6       14.3       2.78
October    18.1     9.5      72.2     146.9     4.6        9.0       1.68
November   12.5     4.9      72.2     155.5     3.2        5.4       1.01
December   8.0      1.2      68.5     181.4     3.1        4.3       0.85
-----
Average    18.1     7.9      66.0     145.4     6.0       13.2       2.59
-----
Pen-Mon equation was used in ETo calculations with the following values
for Angstrom's Coefficients:
      a = 0.25      b = 0.5
*****
C:\CROPWATW\REPORTS\CLIM-ETO.TXT
```

Priloga C

Primer računanja potreb rastlin po vodi (CWR) z modelom CropWat za spomladansko špinačo v Zgornji Vipavski dolini.

Crop Water Requirements Report

- Crop # 1 : spinaca.pomlad
- Planting date : 1/3
- Irrigation Efficiency = 70%

Date	ETo	Planted Area	Crop Kc	CWR (ETm)	Total Rain	Effect. Rain	Irr. Req.	FWS
	(mm/period)	(%)			(mm/period)			(l/s/ha)
1/3	1.51	100.00	0.75	1.13	2.48	2.19	0.00	0.00
2/3	1.54	100.00	0.75	1.16	2.48	2.19	0.00	0.00
3/3	1.57	100.00	0.75	1.18	2.49	2.20	0.00	0.00
4/3	1.60	100.00	0.75	1.20	2.50	2.20	0.00	0.00
5/3	1.63	100.00	0.75	1.22	2.50	2.20	0.00	0.00
6/3	1.66	100.00	0.75	1.25	2.51	2.21	0.00	0.00
7/3	1.69	100.00	0.75	1.27	2.51	2.21	0.00	0.00
8/3	1.72	100.00	0.75	1.29	2.52	2.21	0.00	0.00
9/3	1.76	100.00	0.75	1.32	2.52	2.21	0.00	0.00
10/3	1.79	100.00	0.75	1.34	2.53	2.22	0.00	0.00
11/3	1.82	100.00	0.75	1.36	2.55	2.23	0.00	0.00
12/3	1.85	100.00	0.75	1.39	2.55	2.23	0.00	0.00
13/3	1.88	100.00	0.75	1.41	2.55	2.23	0.00	0.00
14/3	1.92	100.00	0.75	1.44	2.55	2.23	0.00	0.00
15/3	1.95	100.00	0.75	1.46	2.55	2.23	0.00	0.00
16/3	1.98	100.00	0.76	1.51	2.55	2.23	0.00	0.00
17/3	2.02	100.00	0.77	1.55	2.55	2.23	0.00	0.00
18/3	2.05	100.00	0.77	1.59	2.55	2.23	0.00	0.00
19/3	2.09	100.00	0.78	1.63	2.55	2.23	0.00	0.00
20/3	2.12	100.00	0.79	1.68	2.55	2.23	0.00	0.00
21/3	2.16	100.00	0.80	1.72	2.60	2.26	0.00	0.00
22/3	2.19	100.00	0.81	1.77	2.65	2.30	0.00	0.00
23/3	2.23	100.00	0.82	1.82	2.70	2.33	0.00	0.00
24/3	2.26	100.00	0.82	1.87	2.75	2.37	0.00	0.00
25/3	2.30	100.00	0.83	1.91	2.80	2.40	0.00	0.00
26/3	2.33	100.00	0.84	1.96	2.84	2.44	0.00	0.00
27/3	2.37	100.00	0.85	2.01	2.89	2.47	0.00	0.00
28/3	2.40	100.00	0.86	2.06	2.94	2.51	0.00	0.00
29/3	2.44	100.00	0.87	2.11	2.99	2.54	0.00	0.00
30/3	2.47	100.00	0.88	2.17	3.04	2.58	0.00	0.00
31/3	2.51	100.00	0.88	2.22	3.09	2.61	0.00	0.00
1/4	2.55	100.00	0.89	2.27	3.17	2.67	0.00	0.00
2/4	2.58	100.00	0.90	2.32	3.22	2.70	0.00	0.00
3/4	2.62	100.00	0.91	2.38	3.27	2.74	0.00	0.00
4/4	2.65	100.00	0.92	2.43	3.32	2.78	0.00	0.00
5/4	2.69	100.00	0.93	2.49	3.37	2.81	0.00	0.00
6/4	2.73	100.00	0.93	2.54	3.42	2.85	0.00	0.00
7/4	2.76	100.00	0.94	2.60	3.47	2.89	0.00	0.00
8/4	2.80	100.00	0.95	2.66	3.52	2.92	0.00	0.00
9/4	2.83	100.00	0.96	2.72	3.58	2.96	0.00	0.00
10/4	2.87	100.00	0.97	2.77	3.63	3.00	0.00	0.00
11/4	2.91	100.00	0.98	2.83	3.63	3.00	0.00	0.00
12/4	2.94	100.00	0.98	2.89	3.63	3.00	0.00	0.00

se nadaljuje

nadaljevanje

Date	ETo	Planted Area	Crop Kc	CWR (ETm)	Total Rain	Effect. Rain	Irr. Req.	FWS
	(mm/period)	(%)		-----	(mm/period)	-----		(l/s/ha)
13/4	2.98	100.00	0.99	2.95	3.63	3.00	0.00	0.00
14/4	3.01	100.00	1.00	3.01	3.63	3.00	0.02	0.00
15/4	3.05	100.00	1.00	3.05	3.63	3.00	0.05	0.01
16/4	3.08	100.00	1.00	3.08	3.63	3.00	0.09	0.01
17/4	3.12	100.00	1.00	3.12	3.63	3.00	0.12	0.02
18/4	3.15	100.00	1.00	3.15	3.63	3.00	0.16	0.03
19/4	3.19	100.00	1.00	3.19	3.63	3.00	0.19	0.03
20/4	3.22	100.00	1.00	3.22	3.63	3.00	0.23	0.04
21/4	3.26	100.00	1.00	3.26	3.62	2.99	0.27	0.04
22/4	3.29	100.00	1.00	3.29	3.62	2.99	0.30	0.05
23/4	3.33	100.00	1.00	3.33	3.61	2.98	0.34	0.06
24/4	3.36	100.00	1.00	3.36	3.61	2.98	0.38	0.06
25/4	3.39	100.00	1.00	3.39	3.60	2.97	0.42	0.07
26/4	3.43	100.00	1.00	3.43	3.60	2.97	0.46	0.08
27/4	3.46	100.00	1.00	3.46	3.59	2.97	0.50	0.08
28/4	3.49	100.00	1.00	3.49	3.58	2.96	0.53	0.09
29/4	3.53	100.00	1.00	3.53	3.58	2.96	0.57	0.09
30/4	3.56	100.00	1.00	3.56	3.57	2.95	0.61	0.10
1/5	3.59	100.00	1.00	3.59	3.57	2.95	0.64	0.11
2/5	3.62	100.00	1.00	3.62	3.57	2.95	0.68	0.11
3/5	3.65	100.00	1.00	3.65	3.56	2.94	0.71	0.12
4/5	3.69	100.00	1.00	3.69	3.56	2.94	0.75	0.12
5/5	3.72	100.00	1.00	3.72	3.55	2.93	0.78	0.13
6/5	3.75	100.00	1.00	3.75	3.55	2.93	0.82	0.14
7/5	3.78	100.00	1.00	3.78	3.54	2.92	0.85	0.14
8/5	3.81	100.00	1.00	3.81	3.54	2.92	0.89	0.15
9/5	3.84	100.00	1.00	3.84	3.53	2.92	0.92	0.15
10/5	3.87	100.00	1.00	3.87	3.53	2.91	0.95	0.16
11/5	3.89	100.00	1.00	3.89	3.52	2.90	0.99	0.16
12/5	3.92	100.00	1.00	3.92	3.52	2.90	1.02	0.17
13/5	3.95	100.00	1.00	3.95	3.52	2.90	1.05	0.17
14/5	3.98	100.00	1.00	3.98	3.52	2.90	1.07	0.18
15/5	4.00	100.00	1.00	4.00	3.52	2.90	1.10	0.18
16/5	4.03	100.00	1.00	4.03	3.52	2.90	1.13	0.19
17/5	4.06	100.00	1.00	4.06	3.52	2.90	1.15	0.19
18/5	4.08	100.00	1.00	4.08	3.52	2.90	1.18	0.20
19/5	4.11	100.00	1.00	4.11	3.52	2.90	1.21	0.20
20/5	4.13	100.00	1.00	4.13	3.52	2.90	1.23	0.20
21/5	4.16	100.00	1.00	4.16	3.54	2.92	1.24	0.20
22/5	4.18	100.00	1.00	4.18	3.57	2.94	1.24	0.21
23/5	4.20	100.00	1.00	4.20	3.60	2.96	1.24	0.21
24/5	4.23	100.00	1.00	4.23	3.63	2.98	1.25	0.21
25/5	4.25	100.00	1.00	4.25	3.66	3.00	1.25	0.21
26/5	4.27	100.00	1.00	4.27	3.69	3.02	1.25	0.21
27/5	4.29	100.00	1.00	4.29	3.72	3.04	1.26	0.21
28/5	4.31	100.00	1.00	4.31	3.75	3.05	1.26	0.21
29/5	4.33	100.00	1.00	4.33	3.77	3.07	1.26	0.21
Total	269.35			254.50	291.64	244.49	35.60	[0.07]

* ETo data is distributed using polynomial curve fitting.

* Rainfall data is distributed linearly at the ends of the months.

Priloga D

Primer računanja urnika namakanja z modelom CropWat za čebulo v Zgornji Vipavski dolini – predstavljeni so le dnevi, ko je predvideno namakanje ali padavine.

Irrigation Scheduling Report

* Crop Data:

- Crop # 1 : cebula
- Block # : 1
- Planting date: 1/3

* Soil Data:

- Soil description : Medium
- Initial soil moisture depletion: 0%

* Irrigation Scheduling Criteria:

- Application Timing:
Irrigate when 100% of readily soil moisture depletion occurs.
- Applications Depths:
Refill to 100% of readily available soil moisture.
- Start of Scheduling: 1/3

Date	TAM	RAM	Total Rain	Efct. Rain	ETc	ETc/ETm	SMD	Interv.	Net Irr.	Lost Irr.	User Adj.
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(Days)	(mm)	(mm)	(mm)
2/3	19.0	5.7	12.5	1.2	1.2	100.0%	1.2				
6/3	19.9	6.0	0.0	0.0	1.3	100.0%	6.4	5	6.4	0.0	
7/3	20.1	6.0	12.6	0.0	1.4	100.0%	1.4				
11/3	21.0	6.3	0.0	0.0	1.5	100.0%	7.0	5	7.0	0.0	
12/3	21.3	6.4	12.8	0.0	1.5	100.0%	1.5				
16/3	22.2	6.6	0.0	0.0	1.6	100.0%	7.7	5	7.7	0.0	
17/3	22.4	6.7	12.8	0.0	1.6	100.0%	1.6				
21/3	23.3	7.0	0.0	0.0	1.7	100.0%	8.4	5	8.4	0.0	
22/3	23.5	7.1	13.7	0.0	1.8	100.0%	1.8				
25/3	24.2	7.3	0.0	0.0	1.9	100.0%	7.4	4	7.4	0.0	
27/3	24.7	7.4	15.0	1.9	2.0	100.0%	2.0				
30/3	25.3	7.6	0.0	0.0	2.1	100.0%	8.2	5	8.2	0.0	
1/4	25.8	7.7	16.3	2.2	2.2	100.0%	2.2				
4/4	26.5	7.9	0.0	0.0	2.4	100.0%	9.1	5	9.1	0.0	
6/4	26.9	8.1	17.6	2.4	2.4	100.0%	2.4				
9/4	27.6	8.3	0.0	0.0	2.6	100.0%	10.1	5	10.1	0.0	
11/4	28.1	8.4	18.1	2.6	2.7	100.0%	2.7				
14/4	28.8	8.6	0.0	0.0	2.8	100.0%	11.1	5	11.1	0.0	
16/4	29.2	8.8	18.1	2.9	2.9	100.0%	2.9				
18/4	29.7	8.9	0.0	0.0	3.0	100.0%	9.0	4	9.0	0.0	
21/4	30.3	9.1	18.1	6.2	3.2	100.0%	3.2				
23/4	30.8	9.2	0.0	0.0	3.3	100.0%	9.8	5	9.8	0.0	
26/4	31.3	9.4	17.9	6.8	3.4	100.0%	3.4				
28/4	31.3	9.4	0.0	0.0	3.5	100.0%	10.4	5	10.4	0.0	
1/5	31.3	9.4	17.8	7.1	3.6	100.0%	3.6				
3/5	31.3	9.4	0.0	0.0	3.7	100.0%	10.9	5	10.9	0.0	

se nadaljuje

nadaljevanje

Date	TAM	RAM	Total Rain	Efct. Rain	ETc	ETc/ETm	SMD	Interv.	Net Irr.	Lost Irr.	User Adj.
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(Days)	(mm)	(mm)	(mm)
6/5	31.3	9.4	17.7	7.4	3.7	100.0%	3.7				
8/5	31.3	9.4	0.0	0.0	3.8	100.0%	11.3	5	11.3	0.0	
11/5	31.3	9.4	17.6	7.7	3.9	100.0%	3.9				
13/5	31.3	9.4	0.0	0.0	4.0	100.0%	11.8	5	11.8	0.0	
16/5	31.3	9.4	17.6	8.0	4.0	100.0%	4.0				
18/5	31.3	9.4	0.0	0.0	4.1	100.0%	12.2	5	12.2	0.0	
21/5	31.3	9.4	18.0	8.2	4.2	100.0%	4.2				
23/5	31.3	9.4	0.0	0.0	4.2	100.0%	12.5	5	12.5	0.0	
26/5	31.3	9.4	18.7	8.5	4.3	100.0%	4.3				
28/5	31.3	9.4	0.0	0.0	4.3	100.0%	12.9	5	12.9	0.0	
31/5	31.3	9.4	19.5	8.7	4.3	100.0%	4.3				
2/6	31.3	9.4	0.0	0.0	4.4	100.0%	13.0	5	13.0	0.0	
5/6	31.3	9.4	20.3	8.7	4.4	100.0%	4.4				
7/6	31.3	9.4	0.0	0.0	4.4	100.0%	13.1	5	13.1	0.0	
10/6	31.3	9.4	20.7	8.7	4.4	100.0%	4.4				
12/6	31.3	9.4	0.0	0.0	4.3	100.0%	13.0	5	13.0	0.0	
15/6	31.3	9.4	20.7	8.7	4.3	100.0%	4.3				
17/6	31.3	9.4	0.0	0.0	4.3	100.0%	13.0	5	13.0	0.0	
20/6	31.3	9.4	20.3	8.6	4.3	100.0%	4.3				
22/6	31.3	9.4	0.0	0.0	4.3	100.0%	12.9	5	12.9	0.0	
25/6	31.3	9.4	19.1	8.5	4.2	100.0%	4.2				
27/6	31.3	9.4	0.0	0.0	4.2	100.0%	12.7	5	12.7	0.0	
Total			413.6	125.1	382.9	100.0%			253.7	0.0	0.0

* Yield Reduction:

- Estimated yield reduction in growth stage # 1 = 0.0%
- Estimated yield reduction in growth stage # 2 = 0.0%
- Estimated yield reduction in growth stage # 3 = 0.0%
- Estimated yield reduction in growth stage # 4 = 0.0%
- Estimated total yield reduction = 0.0%

* These estimates may be used as guidelines and not as actual figures.

* Legend:

TAM = Total Available Moisture = (FC% - WP%) * Root Depth [mm].
 RAM = Readily Available Moisture = TAM * P [mm].
 SMD = Soil Moisture Deficit [mm].

* Notes:

Monthly ETo is distributed using polynomial curve fitting.
 Monthly Rainfall is distributed linearly at the ends of the months.
 To generate rainfall events, each 5 days of distributed rainfall are accumulated as one storm.
 Only NET irrigation requirements are given here. No any kind of losses was taken into account in the calculations.

 C:\CROPWATW\REPORTS\125CESCH.TXT

Priloga E

Rezultati urnikov namakanja, izračunanih s pomočjo modela CropWat, za čebulo v Zgornji Vipavski dolini, za različne podnebne scenarije in različne tipe tal.

Težka tla, čebula	ETc [mm]	Padavine [mm]	Efektivne padavine [mm]	Namakanje [mm]
sc 1	382,9	413,6	126,2	252,5
sc 2	399,3	413,6	129,3	265,7
sc 3	415,8	413,6	132,7	278,5
sc 4	432,0	413,6	133,4	293,9
sc 5	382,9	372,2	126,2	252,5
sc 6	399,3	372,2	129,3	265,7
sc 7	415,8	372,2	132,7	278,5
sc 8	432,0	372,2	133,4	293,9
sc 9	408,8	224,3	108,0	296,4
sc 10	397,8	291,4	86,7	311,1
Srednje težka tla, čebula	ETc [mm]	Padavine e [mm]	Efektivne padavine [mm]	Namakanje [mm]
sc 1	382,9	413,6	125,1	253,7
sc 2	399,3	413,6	135,0	259,9
sc 3	415,8	413,6	123,4	287,8
sc 4	432,0	413,6	115,3	316,7
sc 5	382,9	372,2	125,1	253,7
sc 6	399,3	372,2	135,0	259,9
sc 7	415,8	372,2	123,4	287,8
sc 8	432,0	372,2	115,3	316,7
sc 9	408,8	224,3	103,4	301,1
sc 10	397,8	291,4	835,0	309,8
Lahka tla, čebula	ETc [mm]	Padavine [mm]	Efektivne padavine [mm]	Namakanje [mm]
sc 1	382,9	413,6	81,1	301,8
sc 2	399,3	413,6	86,9	312,4
sc 3	415,8	413,6	88,5	327,3
sc 4	432,0	413,6	90,1	341,9
sc 5	382,9	372,2	81,1	301,8
sc 6	399,3	372,2	86,9	312,4
sc 7	415,8	372,2	88,5	327,3
sc 8	432,0	372,2	90,1	341,9
sc 9	408,8	224,3	68,3	340,5
sc 10	397,8	291,4	63,8	329,5

Priloga F

Rezultati urnikov namakanja, izračunanih s pomočjo modela CropWat, za spomladansko špinačo v Zgornji Vipavski dolini, za različne podnebne scenarije in različne tipe tal.

Težka tla, spomladanska špinača	ETc [mm]	Padavine [mm]	Efektivne padavine [mm]	Namakanje [mm]
sc 1	254,5	293,0	109,0	145,5
sc 2	265,9	293,0	118,6	147,3
sc 3	277,3	293,0	111,3	166,1
sc 4	288,6	293,0	103,8	184,8
sc 5	245,5	263,7	109,0	145,5
sc 6	265,9	263,7	118,4	147,5
sc 7	277,3	263,7	111,3	166,1
sc 8	288,6	263,7	103,8	184,8
sc 9	275,1	175,2	69,2	205,9
sc 10	261,8	281,5	81,8	180,0
Srednje težka tla, spomladanska špinača	ETc [mm]	Padavine [mm]	Efektivne padavine [mm]	Namakanje [mm]
sc 1	254,5	293,0	57,5	192,7
sc 2	265,9	293,0	41,3	220,1
sc 3	277,3	293,0	53,6	219,0
sc 4	288,6	293,0	62,8	220,9
sc 5	254,5	263,7	57,5	192,7
sc 6	265,9	263,7	41,3	220,1
sc 7	277,3	263,7	53,6	219,0
sc 8	288,6	263,7	62,8	220,9
sc 9	275,1	175,2	50,6	220,0
sc 10	261,8	281,5	68,4	188,7
Lahka tla, spomladanska špinača	ETc [mm]	Padavine [mm]	Efektivne padavine [mm]	Namakanje [mm]
sc 1	254,5	293,0	70,5	184,0
sc 2	265,9	293,0	70,5	195,0
sc 3	277,3	293,0	70,3	207,0
sc 4	288,6	293,0	76,9	211,7
sc 5	254,5	263,7	70,5	184,0
sc 6	265,9	263,7	70,5	195,4
sc 7	277,3	263,7	70,3	207,0
sc 8	288,6	263,7	76,9	211,7
sc 9	275,1	175,2	49,7	225,4
sc 10	261,8	281,5	68,6	193,1

Priloga G

Rezultati urnikov namakanja, izračunanih s pomočjo modela CropWat, za radič v Zgornji Vipavski dolini, za različne podnebne scenarije in različne tipe tal.

Težka tla, radič	ETc [mm]	Padavine [mm]	Efektivne padavine [mm]	Namakanje [mm]
sc 1	248,5	440,3	66,5	178,2
sc 2	258,4	440,3	74,8	179,7
sc 3	268,6	440,3	80,8	183,7
sc 4	279,0	440,3	89,6	185,1
sc 5	248,5	396,3	66,5	178,2
sc 6	258,4	396,3	74,8	179,7
sc 7	268,6	396,3	80,8	183,7
sc 8	279,0	396,3	89,6	185,1
sc 9	264,3	301,6	76,0	184,1
sc 10	252,8	237,9	70,9	173,2
Srednje težka tla, radič	ETc [mm]	Padavine [mm]	Efektivne padavine [mm]	Namakanje [mm]
sc 1	248,5	440,3	79,8	165,0
sc 2	258,4	440,3	78,2	176,4
sc 3	268,6	440,3	74,7	189,8
sc 4	279,0	440,3	80,1	194,6
sc 5	248,5	396,3	79,8	165,0
sc 6	258,4	396,3	78,2	176,4
sc 7	268,6	396,3	74,7	189,8
sc 8	279,0	396,3	80,1	194,6
sc 9	264,3	301,6	83,7	176,4
sc 10	252,8	237,9	71,6	177,7
Lahka tla, radič	ETc [mm]	Padavine [mm]	Efektivne padavine [mm]	Namakanje [mm]
sc 1	248,5	440,3	51,7	193,1
sc 2	258,4	440,3	49,7	204,9
sc 3	268,6	440,3	50,5	214,1
sc 4	279,0	440,3	48,3	230,7
sc 5	248,5	396,3	51,7	193,1
sc 6	258,4	396,3	49,7	204,9
sc 7	268,6	396,3	50,5	214,1
sc 8	279,0	396,3	48,3	230,7
sc 9	264,3	301,6	52,9	211,5
sc 10	252,8	237,9	49,2	200,0

Priloga H

Rezultati urnikov namakanja, izračunanih s pomočjo modela CropWat, za jesensko špinačo v Zgornji Vipavski dolini, za različne podnebne scenarije in različne tipe tal.

Težka tla, jesenska špinača	ETc [mm]	Padavine [mm]	Efektivne padavine [mm]	Namakanje [mm]
sc 1	185,3	449,1	117,3	66,8
sc 2	193,1	449,1	122,4	69,4
sc 3	201,1	449,1	127,7	72,0
sc 9	209,3	449,1	121,1	86,8
sc 4	185,3	404,2	117,3	66,8
sc 5	193,1	404,2	122,4	69,4
sc 6	201,1	404,2	127,7	72,0
sc 10	209,3	404,2	121,1	86,8
sc 7	200,6	355,7	128,8	70,2
sc 8	185,0	146,9	63,4	120,5
Srednje težka tla, jesenska špinača	ETc [mm]	Padavine [mm]	Efektivne padavine [mm]	Namakanje [mm]
sc 1	185,3	449,1	86,1	98,0
sc 2	193,1	449,1	92,7	99,1
sc 3	201,1	449,1	81,0	118,7
sc 9	209,3	449,1	84,6	123,2
sc 4	185,3	404,2	86,1	98,0
sc 5	193,1	404,2	92,7	99,1
sc 6	201,1	404,2	81,0	118,7
sc 10	209,3	404,2	84,6	123,2
sc 7	200,6	355,7	85,3	113,8
sc 8	185,0	146,9	56,4	127,5
Lahka tla, jesenska špinača	ETc [mm]	Padavine [mm]	Efektivne padavine [mm]	Namakanje [mm]
sc 1	185,3	449,1	43,7	140,4
sc 2	193,1	449,1	45,9	145,8
sc 3	201,1	449,1	41,2	158,5
sc 9	209,3	449,1	43,7	164,1
sc 4	185,3	404,2	43,7	140,4
sc 5	193,1	404,2	45,9	145,8
sc 6	201,1	404,2	41,2	158,5
sc 10	209,3	404,2	43,7	164,1
sc 7	200,6	355,7	51,5	147,5
sc 8	185,0	146,9	48,2	135,7