



ADAPTING TO THE IMPACTS OF CLIMATE CHANGE IN THE VIPAVA VALLEY
LIFE ViVaCCAdapt
LIFE15 CCA/SI/000070

Opis prototipa DSSI

[Description Of DSSI Prototype]

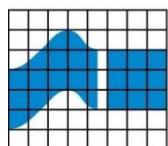
DELIVERABLE C.2A

JULIJ, 2017



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR

Univerza
v Ljubljani
Biotehniška
fakulteta



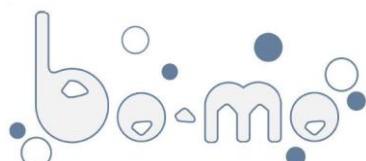
INŠITUT
ZA VODE
REPUBLIKE
SLOVENIJE

Institute
for Water of
the Republic
of Slovenia

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA (UL BF)
JAMNIKARJEVA 101
1000 LJUBLJANA
SLOVENIA

INŠITUT ZA VODE REPUBLIKE
SLOVENIJE (IZVRS)
DUNAJSKA CESTA 156
1000 LJUBLJANA
SLOVENIA

 Hidrotehnik
Vodnogospodarsko podjetje d.d.




Razvojna agencija ROD Ajdovščina

HIDROTEHNIK D.D.
SLOVENČEVA ULICA 97
1000 LJUBLJANA
SLOVENIA

BO – MO, D.O.O.
BRATOVŠEVA PLOŠČAD 4
1000 LJUBLJANA
SLOVENIA

OBČINA AJDOVŠČINA
CESTA 5. MAJA 6A
5270 AJDOVŠČINA
SLOVENIJA

RAZVOJNA AGENCIJA ROD
AJDOVŠČINA VIPAVSKA CESTA 4
5270 AJDOVŠČINA
SLOVENIJA

PREDLOG CITIRANJA

Honzak L., Cvejić R., Pintar M. 2017. *Opis prototipa DSSI [Description Of DSSI Prototype]*. Deliverable C.2a, 9 str. LIFE projekt: Adapting to the impacts of Climate Change in the Vipava Valley - LIFE ViVaCCAdapt (LIFE15 CCA/SI/000070).

KAZALO VSEBINE

1. UVOD	1
2. VODNA BILANCA V TLEH	1
3. IRRFIB	2
3.1 OPIS	2
3.2 TEHNIČNI OPIS	3
4. PRILAGODITEV IRRFIB ZA PROTOTIP DSSI.....	4
5. SKLEPI	5
6. ZAHVALA	5
7. VIRI.....	5
8. PRILOGA	6
8.1 PRIMER REZULTATOV MODELA	6
8.2 SPORAZUM ARSO	7

KAZALO SLIK

<i>Slika 1: Shema vodne bilance v tleh (Valher 2016 po Allen in sod. 1998).....</i>	<i>1</i>
<i>Slika 2: Podatkovni model v IRRFIBu (prirejeno po Bogo Habič, ARSO).</i>	<i>3</i>

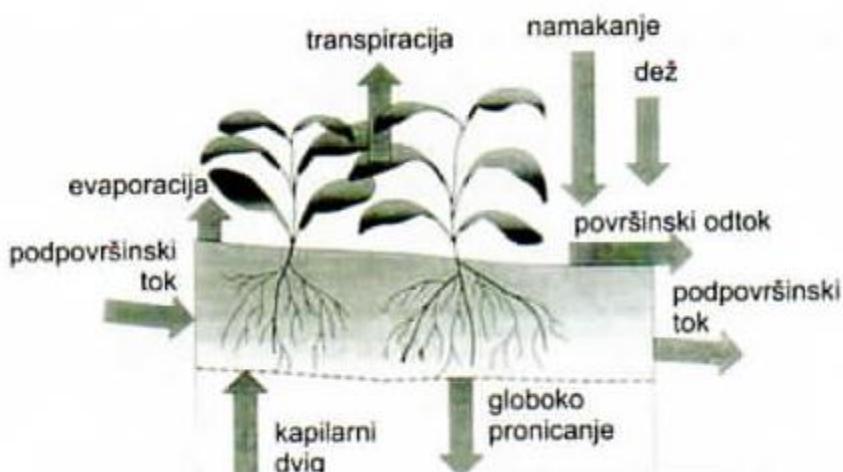
1. Uvod

Kmetijstvo je strateškega pomena za Vipavsko dolino. Spremembe podnebja vplivajo na kmetijstvo s povečanjem ekstremnih vremenskih dogodkov, kot so suše, poplave in močan veter, pri čemer je suša največji problem, saj od leta 2000 beležimo 5 hudih suš. Analiza projekcij klimatskih sprememb za Vipavsko dolino kaže, da se bo poleg dviga temperatur, v poletnih mesecih zmanjšala tudi količina padavin (Klančnik in sod., 2017). Zato se pričakuje, da bodo suše postale bolj pogoste in njihova intenzivnost ostrejša.

Poleg tega je več študij jasno pokazalo, da je na območjih, kjer je možno namakanje, največja težava v tem, da kmetje ne namakajo strokovno pravilno in da v večini namakajo preveč (Tratnik, 2015).

2. Vodna bilanca v tleh

Shema vodne bilance v tleh je prikazana na sliki 1. Glavna elementa vodne bilance sta padavine in namakanje na eni strani in evapotranspiracija na drugi. Evapotranspiracija je seštevek evaporacije, t.j. prehajanja vode v obliki vodne pare z vodne površine ali zemeljskega površja, ter transpiracije, t.j. prehajanja vode v obliki vodne pare skozi listne reže v ozračje. Meritve evapotranspiracije so zaradi številnih dejavnikov, ki vplivajo na ta proces, težavne in nenatančne, zato se pogosto uporablajo empirične zvezne za njen izračun.



Slika 1: Shema vodne bilance v tleh (Valher 2016 po Allen in sod. 1998).

Potencialno evapotranspiracijo (ET_C) izračunamo kot produkt koeficienta rastline (k_c) in referenčne evapotranspiracije (ET_0), pri čemer je koeficient rastline odvisen od rastline in fenološke faze, v kateri se nahaja, referenčna evapotranspiracija pa je definirana kot evapotranspiracija z referenčne površine, ki jo pokriva travna ruša, visoka 12 cm (Allen in sod., 1998). V idealnih razmerah je dejanska evapotranspiracija enaka potencialni, a se v realnih zaradi npr. sušnega stresa in drugih vplivov zmanjša. Standardna metoda za izračun referenčne evapotranspiracije je Penman-Monteithova metoda, ki temelji na energijski bilanci. Podrobnejši opis in postopek izračuna je dostopen v Allen in sod. (1998).

Vodozadrževalne lastnosti tal opišemo z dvema točkama. Poljska kapaciteta (PK) je največja količina vode, ki jo tla lahko zadržijo, točka venenja (TV) pa je količina vode v tleh, pri kateri rastline trajno uvenejo in si ne opomorejo, četudi jih zalijemo (Pintar, 2006). Ti dve točki se določi z analizo vzorca tal v laboratoriju. Razliki med PK in TV pravimo razpoložljiva voda (RV). Rastline imajo različno sposobnost črpanja vode in so različno odporne na sušo. Do določene količine vode v tleh, ki ji pravimo kritična točka (KT), rastlina relativno lahko črpa vodo iz tal, pod to količino pa je rastlina v sušnem stresu. Kritična točka je odvisna od vrste rastline in sorte. Delež RV, ki je rastlinam lahko dostopen, označujemo s faktorjem p, razliki PK in KT pa pravimo lahko dostopna voda (LDV).

Časovni potek vodne bilance v tleh simuliramo z vodnobilančnimi modeli. Večina vodnobilančnih modelov za izračun uporablja glavna elementa (padavine in evapotranspiracijo), ostale elemente zanemari. Vodnobilančni modeli se uporabljajo na različnih časovnih skalah (urnih, dnevnih, mesečnih in letnih), za potrebe namakanja večinoma na dnevni časovni skali. Večina modelov predpostavi, da sto tla do globine korenin homogena in jih modelira kot eno plast.

Prvi mesečni vodnobilančni modeli so bili razviti v ZDA v 40. letih 20. stoletja za potrebe hidrologije. V kmetijstvu so se prvi vodnobilančni modeli začeli uporabljati v 80. letih 20. stoletja (Avstralija, Nizozemska, ZDA). Danes obstaja mnogo vodnobilančnih modelov, od bolj preprostih kot npr. AQUACROP (http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_aquacrop.html, <http://aquacropos.com/>), CROPWAT (http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html), SIMPEL (<https://www.hydrology.uni-kiel.de/en/research/projects/simpel-en>), do bolj komplikiranih, kot so npr. SWAP (<http://www.swap.alterra.nl/>), WINISAREG (<https://www.isa.ulisboa.pt/en/leaf/downloads>) itd. Večina modelov izračunava vodno bilanco po metodologiji FAO (Food and Agriculture Organization of the United States) (Allen in sod. 1998).

V Sloveniji se je z uporabo vodnobilančnih modelov v kmetijstvu začelo z letom 1994, ko so na Agenciji RS za okolje (ARSO) razvili operativno orodje za sledenje vodne bilance kmetijskih rastlin – vodnobilančni model IRRFIB, ki je bil uporabljen tudi v večjem številu študij (več o modelu IRRFIB v naslednjem poglavju). Na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani pri pedagoškem delu uporabljajo CROPWAT. Študije z vodnobilančnimi modeli v Sloveniji med drugim zajemajo sušnost v Sloveniji z modelom SIMPEL (Ipavec, 2007), analizo vodnega primanjkljaja ter dejanske evapotranspiracije v Evropi z modelom swbEWA (Kurnik, 2014) ter primerjavo modelov IRRFIB in WINISAREG (Valher, 2016).

3. IRRFIB

3.1 Opis

(V večini povzeto po Sušnik in sod., 2017)

Agrometeorološki model IRRFIB je bil razvit na Oddelku za agrometeorologijo na ARSO. Združuje dva različna modula: modul za namakane kmetijske rastline ter modul za nemakane rastline. Modul za namakane rastline omogoča izračun različnih namakanj (kapljično, namakanje s fiksnim obrokom, ipd). Po letu 2009 se je razvoj modela usmeril v sledenje vodne bilance nemakanih rastlin ter ugotavljanje količinskega primanjkljaja vode za kmetijske rastline oziroma sušnega stresa (Sušnik in Valher, 2012; 2013; 2014). IRRFIB je bil tudi uporabljen kot orodje za analize porabe vode pri kmetijskih rastlinah, medletne variabilnosti pridelka in potreb rastlin po namakanju na različnih tleh ter za številne agrohidrološke razmere (Pintar, 2009; Sušnik in sod., 2006), v študijah vpliva podnebnih sprememb in variabilnosti suš ter vodnega primanjkljaja (Valher, 2016). Leta 2010 je bil model korigiran (Sušnik in Habič, 2012) za potrebe ugotavljanja sušnih razmer in vodnega primanjkljaja različnih nemakanih rastlin.

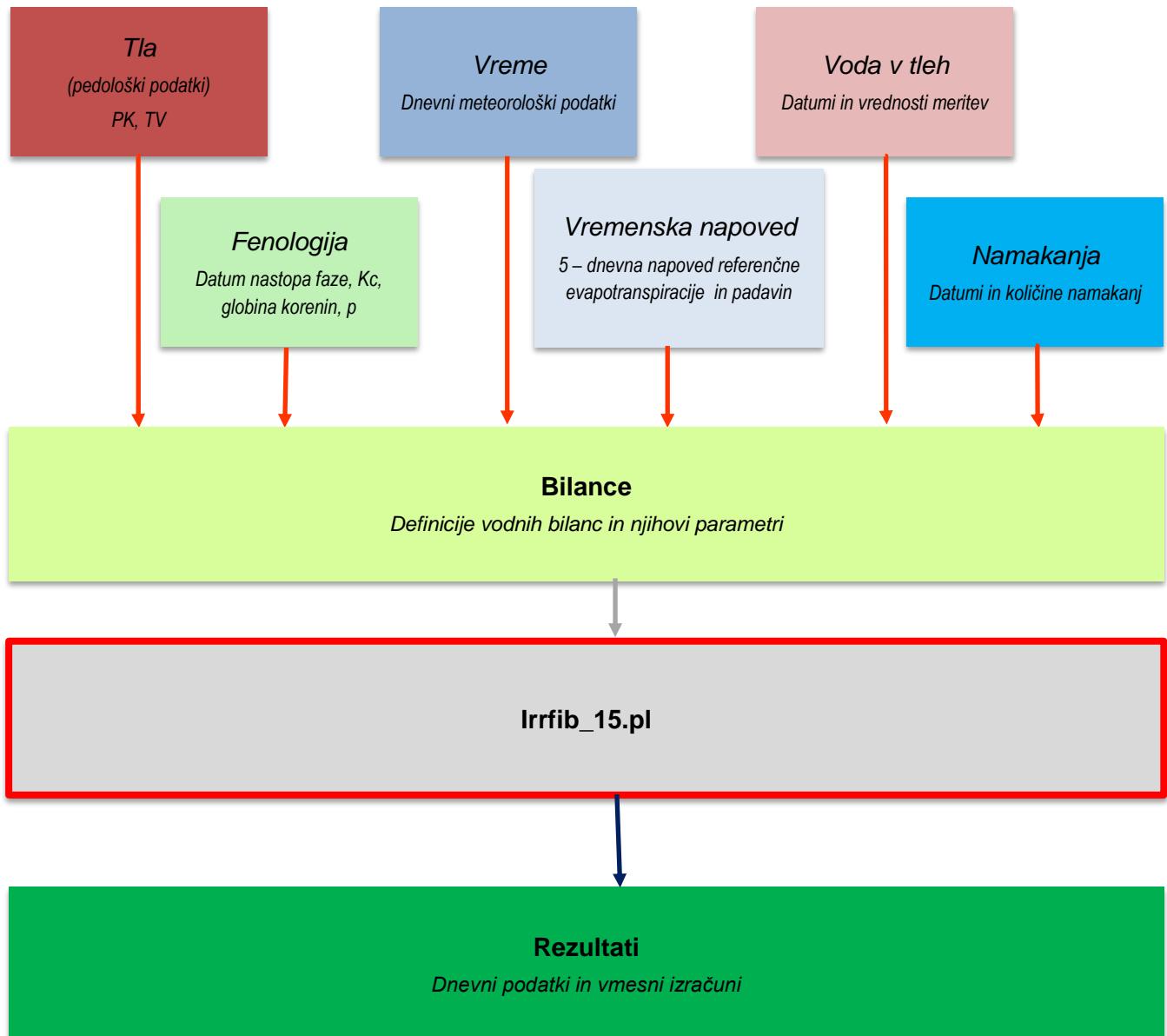
Prvi poskusi spremjanja vodne bilance z napovedjo namakanja izbranih zelenjadnic in poljščin na Ptujsko-Dravskem polju so potekali v sodelovanju s kmetijsko svetovalno službo Kmetijskogozdarskega zavoda Maribor (KGZS – Zavod Maribor) v letih 2009 in 2010 v okviru projekta Pomanjanje vode v alpskem prostoru.

Model omogoča izračun obroka namakanja pri določeni kmetijski rastlini ob uporabi vhodnih podatkov uporabnikov (tla, fenologija, način namakanja). Model vključuje tudi 5 dnevno vremensko napoved potencialne evapotranspiracije in količine padavin v napoved namakanja.

Natančnejši opis modela je dostopen tudi v Sušnik (2006) in Sušnik (2014), Sušnik in Valher (2014), Valher (2016).

3.2 Tehnični opis

IRRFIB je napisan v programskem jeziku Perl (<https://www.perl.org/>) in se uporablja v operacijskem sistemu Linux (. Program sestavlja ena skripta irrfib_15.pl. Podatkovni model je prikazan na sliki 2.



Slika 2: Podatkovni model v IRRFIBu (prirejeno po Bogo Habič, ARSO).

IRRFIB je v osnovi mišljen za kontinuiran zagon za celotno rastno sezono, pri čemer na začetku predpostavimo, da je količina vode v tleh enaka PK. Vnaprej je potrebno podati tudi datume nastopa posameznih faz, ki se jih popravlja ob dejanskem nastopu. Dodatno se lahko simulacija popravlja tudi z meritvami vode v tleh.

Vodna bilanca (VB) na i-ti dan se izračuna kot

$$VB(i) [mm] = VB(i-1) [mm] + Padavine(i) [mm] - ET_C(i) [mm] + Vv(N) [mm],$$

pri čemer je Vv(N) zaloga vode iz preteklih dni, če je zaradi večje količine padavin nastal presežek vode nad vrednostjo pri PK, ET_C pa se izračuna kot

$$ET_C(i) [mm] = k_c(i) * ET_0(i) [mm] * globina korenin [mm].$$

K_c in globino korenin za posamezen dan IRRFIB izračuna iz datuma nastopa trenutne fenofaze in predvidenega nastopa naslednje z linearno shemo.

Pri izračunu se upoštevajo še naslednji pogoji:

- V kolikor je VB večja kot PK, se jo nastavi na PK in presežek shrani v Vv.
- V kolikor je VB nižja od TV, se jo nastavi na TV.
- V kolikor je VB manjša od KT (rastlina je v sušnem stresu), se ET_C zmanjša za polovico.

IRRFIB lahko izračuna količino vode, potrebne za namakanje, na podlagi različnih kriterijev (t.i. namakalnih strategij):

- brez namakanja,
- namakanje do PK (ko VB pade pod KT, namaka vsak dan z maksimalno količino, dokler ne doseže PK),
- namakanje z obrokom (ko VB pade pod KT, namoči z maksimalno količino),
- kapljično namakanje (namoči s količino, ki pokrije dnevno izgubo – ET_C -RR).

Rezultati modela so v izhodni datoteki prikazani v stolpcih:

idscp	Indeks bilance
datum	Datum podatkov
kcd	Koefficient rastline ta dan
dd	Globina korenin ta dan [cm]
pkd	Poljska kapaciteta [mm]
tvd	Točka venenja [mm]
rr	Padavine [mm]
etp	Referenčna evapotranspiracija [mm]
etr	Evapotranspiracija rastline [mm]
bilanca	Voda v tleh [mm]
vodaplus	Dodana voda [mm]
stres	Voda v tleh pod nivojem rezervoarja
opombe	Komentar k bilanci za ta dan
idcropd	Faza rastline
stresdni	Zaporedni dan, ko je rastlina v stresu
nivode	Primankljaj vode v času, ko je rastlina v stresu
meritev	Meritev vode v tleh [vol. %]

4. Prilagoditev IRRFIB za prototip DSSI

IRRFIB v osnovi namenjen za kontinuiran zagon za celotno rastno sezono in ima večje število vhodnih datotek, zato smo za potrebe prototipa pripravili lupinsko skripto (ang. shell script), ki pripravi vhodne datoteke, pri čemer nismo spremenjali modela IRRFIB.

Meritev vode v tleh smo uporabili kot začetno vrednost VB, nastavili smo, da sta tako k_c kot globina korenin konstanti za celotno simulacijo. Za prototip smo se odločili, da uporabimo strategijo »namakanje z obrokom«.

Vhodni podatki prototipa so:

- meritev vode v tleh [%]
- 5 –dnevna napoved referenčne evapotranspiracije in padavin [mm]
- Podatki o rastlini (k_c , globina korenin [cm], p)
- podatki o tleh (PK, TV, število dni, ko se lahko porablja zaloga vode)
- maksimalna dnevna količina namakanja [mm]

Čeprav smo podrobno pregledali programsko kodo modela, smo s spremjanjem omenjenih parametrov naredili tudi občutljivostno analizo. Primer rezultatov modela se nahaja v prilogi.

5. Sklepi

DSSI bo temeljil na vodnobilančnem modelu IRRFIB, ki je v uporabi na ARSO že od leta 1994. Pripravili smo prototip, ki na podlagi meritev vode v tleh, napovedi evapotranspiracije in padavin ter podatkov o rastlini in tleh, izračuna potrebe po namakanju za nekaj dni vnaprej. Vzporedno pripravljamo tudi podatkovno bazo rastlin, do konca leta nameravamo v IRRFIB implementirati tudi deficitno strategijo namakanja. Pričakujemo, da bo testna verzija DSSI na voljo kmetom za uporabo v naslednjem letu.

6. Zahvala

Agenciji Republike Slovenije za okolje (ARSO) se zahvaljujemo pravico do uporabe modela IRRFIB. Sporazum o pravici do uporabe se nahaja v prilogi. Bogu Habiču iz ARSO se zahvaljujemo za pomoč pri razumevanju strukture modela IRRFIB.

7. Viri

Allen, R.G., Perreira, L.S., Raes, D., Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements – FAO Irrigation and drainage paper. Technical report. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome: 300 str.

Ipavec (Pogačar) T. 2007. Možni vplivi podnebnih sprememb na vodno bilanco tal v Sloveniji. Diplomsko delo. Ljubljana. Univerza v Ljubljani. Fakulteta za matematiko in fiziko: 63 str

Klančnik K, Kompare K, Trdan Š, Cvejić R, Honzak L, Glavan M, Pintar M, Tratnik M, Papež J., Marc I., Vodopivec P., Habjan Štolfa B. Regionalna analiza za podporo prilagajanja kmetijstva na podnebne spremembe v Vipavski dolini [Regional analysis to support adaptation of agriculture to climate change in Vipava Valley]. Deliverable A.1, 187 str. LIFE projekt: Adapting to the impacts of Climate Change in the Vipava Valley - LIFE ViVaCCAdapt (LIFE15 CCA/SI/000070).

Kurnik B. 2014. Analiza vpliva podnebja na vodni primanjkljaj v kmetijskih tleh v Evropi. Doktorska disertacija. Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani, str. 129.

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

Pintar, M. 2009. Končno poročilo za pilotno študijo o oceni porabljene količine vode za namakanje površin. Pilotna študija. Ljubljana, Statistični urad Republike Slovenije

Sušnik, A., Matajc, I., Kodrič, I. 2006. Agrometeorological support of fruit production: application in SW Slovenia. WMO CAgM/ET. Meteorological Applications (Supplement): 81-86

Sušnik, A., Valher, A. 2012. Spomladanska suša in drugi vremenski vplivi na kmetijske rastline leta 2011. Ljubljana, Ministrstvo za obrambo, Uprava RS za zaščito in reševanje, Ujma, 26: 55-69

Sušnik, A. Valher, A. 2013. Vremensko pogojene težave v kmetijstvu v letu 2012. Ljubljana, Ministrstvo za obrambo, Uprava RS za zaščito in reševanje, Ujma, 27: 62-70

Sušnik, A., Valher, A. 2014. Od mokre pomladi do sušnega poletja 2013. Ujma 28: 75-84

Sušnik, A. 2014. Zasnove kazalcev spremmljanja suše na kmetijskih površinah. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 256 str.

Sušnik A., Gregorič G., Kozjek K. 2017. Prototip operativne napovedi namakanja. Novi izzivi v Agronomiji.

Tratnik M. 2015. Optimizacija rabe in delovanja vodnega zadrževalnika in namakalnih sistemov na primeru Vogrščka. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 256 str.

Valher, A. 2016. Primerjava modelov za računanje vodne bilance tal. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko. Katedra za meteorologijo.

8. Priloga

8.1 Primer rezultatov modela

Vhodni podatki:

- meritev vode v tleh [%]: 25
- 5 –dnevna napoved referenčne evapotranspiracije in padavin [mm]:
 - datum,padavine,etp
 - 2017-05-28,0,3
 - 2017-05-29,0,4
 - 2017-05-30,4,4
 - 2017-05-31,10,3
 - 2017-06-01,0,4
- podatki o rastlini (k_c : 0.5, globina korenin [cm]: 30, p: 0.5)
- podatki o tleh (PK: 30, TV: 20, število dni, ko se lahko porablja zaloga vode: 1)
- maksimalna dnevna količina namakanja [mm]: 10

Rezultati:

idscp,datum,kcd,dd,pkd,tvd,rr,etr,bilanca,vodaplus,stres,opombe,idcrops,stresdni,nivode,
meritev
1,2017-05-27, 0.5, 30, 90, 60, 0, 0, 0, 75, 0, 1, /MERITVE: (dan:2017-05-27 D:25 vt:25 %),
1, 1, 0, 75
1,2017-05-28, 0.5, 30, 90, 60, 0, 3, 1.5, 83.5, 10, 0, , 1, 0, 0,
1,2017-05-29, 0.5, 30, 90, 60, 0, 4, 2, 81.5, 0, 0, , 1, 0, 0,
1,2017-05-30, 0.5, 30, 90, 60, 4, 4, 2, 83.5, 0, 0, , 1, 0, 0,
1,2017-05-31, 0.5, 30, 90, 60, 10, 3, 1.5, 90, 0, 0, , 1, 0, 0,
1,2017-06-01, 0.5, 30, 90, 60, 0, 4, 2, 90, 0, 0, , 2, 0, 0,