

STROKOVNO PRAVILNO NAMAKANJE

SISTEM ZA PODPORO ODLOČANJU O NAMAKANJU (SPON)

AVTORJI:

Matjaž GLAVAN, Luka HONZAK,
Luka ŽVOKELJ, Rozalija CVEJIČ, Špela ŽELEZNIKAR,
Urša PEČAN, Vesna ZUPANC, Marina PINTAR

Junij, 2021



**Naslov:**

Strokovno pravilno namakanje: Sistem za podporo odločanju o namakanju (SPON)

Avtorstvo:

dr. Matjaž Glavan,
Luka Honzak,
Luka Žvokelj,
dr. Rozalija Cvejić,
Špela Železnikar,
Urša Pečan,
dr. Vesna Zupanc,
prof. dr. Marina Pintar.

Urednik: Luka Žvokelj

Izdajatelj: Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani v okviru projekta 33133-1005/2018 – EIP - Povečanje produktivnosti kmetijske pridelave z učinkovito in trajnostno rabo vode (PRO-PRIDELAVA)

Povezava:

<https://www.spon.si/>
<https://www.bf.uni-lj.si/sl/raziskave/raziskovalni-projekti/140/povecanje-produktivnosti-kmetijske-pridelave-z-ucinkovito-in-trajnostno-rabo-vode-propridelava>

Idejna zasnova: Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani

Avtor naslovne fotografije: Matjaž Glavan

Avtorja fotografij v brošuri: Matjaž Glavan, Luka Žvokelj

Lektor: Jezični Dohtarček

Oblikovanje: EVING, Eva Veber s.p.

Tisk: TISKARNA GTO KOŠIR d.o.o.

Naklada: 500 izv.

Leto izida: 2021

Za vsebino publikacije so odgovorni navedeni avtorji.

Sofinancer:

Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje

**Partnerji:**

Univerza
v Ljubljani
Biotehniška
fakulteta



Kmetija Aleš Turk Kmetija Jožef Ribič Kmetija Ivan Purgaj Kmetija Karlovček – Andraž Rumpret



KAZALO

Zakaj se odločiti za Sistem podpore pri odločanju o namakanju (SPON)	5
Strokovno pravilno namakanje	9
Vodna bilanca tal	9
Fenološke faze rastline	10
Vodozadrževalne lastnosti tal	11
Laboratorijske analize vodozadrževalnih lastnosti tal	12
Delovanje SPON	15
Namestitev opreme za merjenje vsebnosti vode v tleh	19
Uporaba SPON v rastlinski pridelavi	21

KAZALO SLIK

Slika 1: Vprašanja, na katera moramo poznati odgovor za strokovno pravilno namakanje.	5
Slika 2: Nadzemni del sistema za merjenje vsebnosti vode v tleh.	6
Slika 3: Strokovno izobraževanje na terenu.	6
Slika 4: Strokovna podpora za pomoč na terenu pri uporabi sistema podpore odločanju o namakanju (SPON).	7
Slika 5: Zajetje vode za namakanje.	7
Slika 6: Namakalna oprema: razpršilci.	7
Slika 7: Vodna črpalka za namakanje.	7
Slika 8: Gibanje vode v okolici rastline (prirejeno po: Spruceirrigation, 2021).	9
Slika 9: Kapljično namakanje.	9
Slika 10: Fenološke faze rastlin, upoštevane v sistemu SPON, za primer trajne (jablana) in netrajne (zelje) rastline. (vir: Uwe M. 2001).	10
Slika 11: Spreminjanje vrednosti Kc s spreminjanjem fenoloških faz rastlin (vir: FAO, 1979).	10
Slika 12: Razpoložljivost vode v tleh in njena dostopnost rastlinam (vir: Gary B. 2016).	11
Slika 13: Delovanje sil vezave vode na talne delce.	11
Slika 14: Prikaz spreminjanja vol. % vode v tleh različnih tipov tal v odvisnosti od tenzije (vir: Pintar M. 2006).	12
Slika 15: Laboratorijske analize vodozadrževalnih lastnosti tal. Richardova tlačna komora (str. 12) in HYPROP (desno).	13
Slika 16: Graf meritev gibanja vode v tleh z značilnimi točkami.	13
Slika 17: Shema sistema za podporo pri odločanju o namakanju (SPON).	15
Slika 18: Prikaz priporočila za namakanje na spletni strani SPON.	16
Slika 19: Prikaz grafa meritev vsebnosti vode v tleh na spletni strani SPON.	16
Slika 20: Spremljanje fenološke faze na spletni strani SPON.	16
Slika 21: Prikaz uporabniških nastavitev na spletni strani SPON.	17
Slika 22: Spletni vmesnik SPON.	17
Slika 23: Odvzem vzorcev zemlje.	19
Slika 24: Delo na terenu za vzpostavitev sistema SPON: odvzem vzorcev.	19
Slika 25: Vgradnja merilnikov vsebnosti vode v tleh.	19
Slika 26: Različni merilniki vsebnosti vode v tleh.	20
Slika 27: Sestavni deli merilnih postaj.	20
Slika 28: Stroški za vzpostavitev sistema SPON na terenu.	21



ZAKAJ SE ODLOČITI ZA SISTEM PODPORE PRI ODLOČANJU O NAMAKANJU (SPON)

Nizka raven kmetijske pridelave v Sloveniji je med drugim tudi posledica majhne produktivnosti rabe vode. Namakanje na kmetijskih gospodarstvih večinoma poteka brez uporabe medsebojno povezanih osnovnih informacij o strokovno pravilnem namakanju. Za strokovno pravilno namakanje moramo poznati vodozadrževalne lastnosti in trenutno vsebnost vode v tleh, fenofaze rastline in vremenske razmere v prihodnjih dneh.

Raziskave kažejo, da pridelovalci v Sloveniji pogosto namakajo zgolj po občutku in na podlagi preteklih izkušenj. Tako se namakanje izvede prezgodaj ali prepozno, prereditko ali prepogosto in v premajhnih ali prevelikih namakalnih obrokih (Cvejić in sod., 2020). Zato voda v tleh ni optimalno razporejena skozi rastno dobo rastline in sledijo si obdobja s premajhno ali preveliko vsebnostjo vode v tleh. Kmetijski svetovalci na terenu opažajo (Brence, 2021), da neoptimalna oskrba rastlin z vodo, ki je posledica nestrokovnega namakanja, negativno vpliva na:

- zdravstveno stanje rastlin, kar poveča obseg rastlinskih bolezni in zahteva večjo porabo sredstev za varstvo rastlin,
- količino pridelka,
- kakovost in obstojnost pridelka,
- tržno vrednost pridelka in s tem na konkurenčnost pridelave,
- zmanjšan sprejem hranil v rastlino in povečano možnost izpiranja hranil iz območja korenin,
- učinkovitost in razgradnjo sredstev za varstvo rastlin ter poveča možnosti njihovega izpiranja iz tal,

- učinkovitost rabe vode ter ekonomsko in okoljsko trajnost kmetijske pridelave, saj povzroča prekomerno porabo vode za namakanje.

Le strokovno pravilno izvedeno namakanje prinese želene učinke namakanja. Hkrati ne povzroča prekomernih negativnih vplivov na okolje in omogoča visoko produktivno ter ekonomsko učinkovito kmetijsko pridelavo. Dejavniki strokovno pravilnega namakanja so prikazani kot odgovori na sliki 1.

Ustrezen izračun začetka in količine namakalnega obroka predstavlja izziv v uskladitvi podatkov, saj je pri tem potrebno upoštevati vse dejavnike strokovno pravilnega namakanja. Uporabnik namakalnega sistema lahko potrebe po namakanju preračunava sam, vendar je dejavnikov za določitev strokovno pravilnega namakanja veliko, zato si lahko pri izračunu pomaga z uporabo digitalnega sistema podpore odločanju o namakanju (SPON).



Slika 1: Vprašanja, na katera moramo poznati odgovor za strokovno pravilno namakanje.



Slika 2: Nadzemni del sistema za merjenje vsebnosti vode v tleh.



Slika 3: Strokovno izobraževanje na terenu.

V Sloveniji imamo na področju razvoja nasvetov za namakanje nekaj desetletne izkušnje. Preprostejše nasvete za namakanje, ki temeljijo na izračunu potreb po namakanju na podlagi gravimetrične določitve vsebnosti vode v tleh, pripravlja Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije in so že nekaj časa v uporabi v Savinjski dolini. Že dalj časa na Agenciji za okolje Republike Slovenije pripravljajo nasvete za namakanje, ki temeljijo na modelskem izračunu vodne bilance z modelom IRRFIB. Pomanjkljivost tega načina podajanja namakalnih nasvetov je, da pri določitvi potreb po namakanju ni upoštevana trenutna vsebnost vode v tleh.

SPON (Sistem za Podporo O Namakanju) je bil razvit v okviru projekta LIFE ViVaCCAdapt (2016-2021) in pozneje nadgrajen v EIP projektu PRO-PRIDELAVA (2018-2021).

SPON za izračun potreb rastlin po vodi upošteva:

1. kulturo ter razvojne faze rastlin – fenofaze,
2. vodozadrževalne lastnosti tal (poljska kapaciteta, točka venenja),
3. trenutno vsebnost vode v tleh (dnevno spremljanje vsebnosti vode v tleh z merilnikom vode) in
4. večdnevno napoved evapotranspiracije in količine padavin za vsako lokacijo.

Za optimalno preskrbo rastlin z vodo SPON izračuna in poda uporabnikom informacijo s priporočilom o potrebni količini vode, začetku in trajanju namakanja.

Vodenje strokovno pravilnega namakanja na ravni kmetije ne pomeni stalnega dodajanja enakih obrokov namakanja v času vegetacijske dobe, ampak upošteva časovno dinamiko količine rastlinam razpoložljive vode v tleh, ki je odvisna od vodozadrževalnih lastnosti tal, in evapotranspiracijo ter padavine. Tem parametrom sledimo s pomočjo merilnih postaj za merjenje vsebnosti vode v tleh (Slika 2).

Ob upoštevanju vseh omenjenih podatkov lahko natančno opredelimo (izračunamo) obrok namakanja, ki ne sme presegati poljske kapacitete, ki je talno specifična in ne sme pasti pod kritično točko, ki je določena na podlagi lastnosti tal in rastline. S tovrstnim uravnavanjem namakalnih obrokov se sočasno izognemo sušnemu stresu in preveliki vsebnosti vode v tleh, ki predstavlja tveganje za izpiranje rastlinskih hranil do podzemne vode. Sistem SPON, ki omogoča napovedovanje velikosti namakalnih obrokov, je osnovno orodje za doseganje racionalnejše in s tem bolj trajnostne rabe vode za namakanje.



Slika 4: Strokovna podpora za pomoč na terenu pri uporabi sistema podpore odločanju o namakanju (SPON).

Tehnična vzpostavitev SPON obsega vzpostavitev infrastrukture za spremljanje vsebnosti vode v tleh in modeliranje vodne bilance v tleh ter predstavlja prvi korak. Praktična uporaba SPON na kmetiji v smislu uporabe napovedi namakanja za vodenje namakalnega sistema je učni proces (Slika 4). Pridelovalcu se najprej predstavi sistem SPON, ki se z njim, med uporabo postopoma seznanja. K učinkoviti rabi SPON pripomore dobro poznavanje delovanja razpoložljive namakalne infrastrukture na pridelovalnih površinah (Slika 5, Slika 6 in Slika 7). Tako se lahko zagotovi čim bolj optimalno oskrbo rastlin z vodo.



Slika 5: Zajetje vode za namakanje.



Slika 6: Namakalna oprema: razpršilci.



Slika 7: Vodna črpalka za namakanje.



STROKOVNO PRAVILNO NAMAKANJE

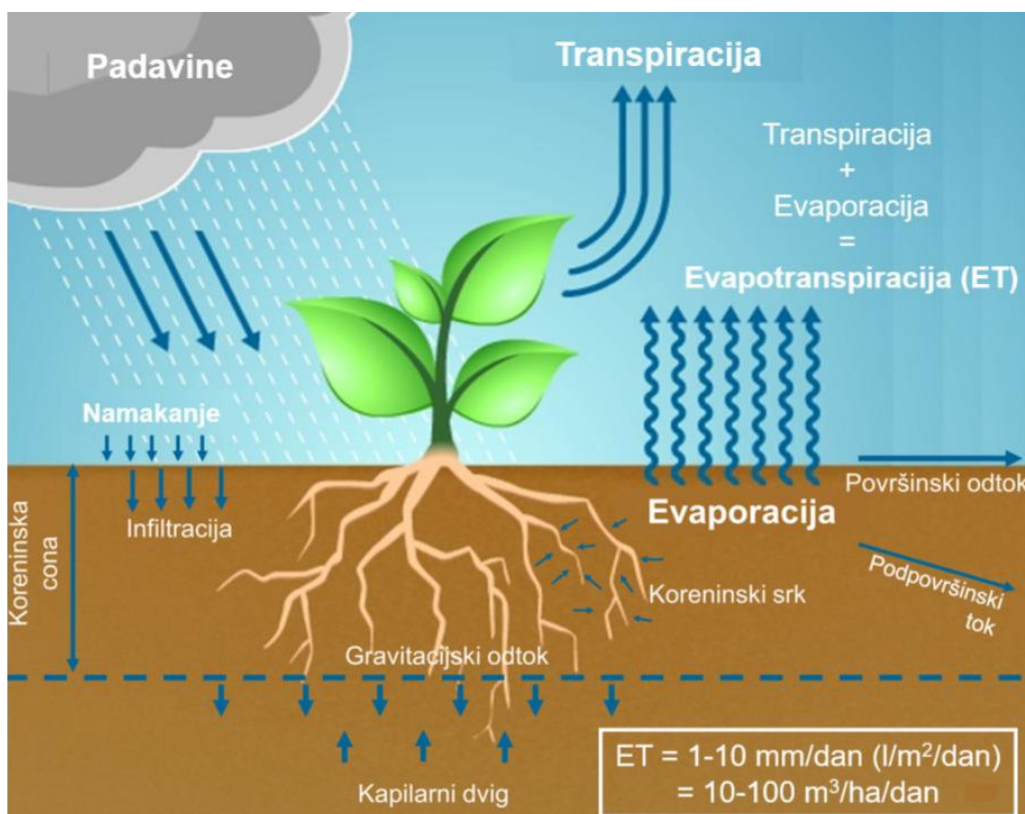
V nadaljevanju so podrobneje obrazloženi osnovni dejavniki, ki jih je potrebno upoštevati pri oblikovanju strokovno pravilnega obroka namakanja.

Vodna bilanca tal

Na vodno bilanco zgornjega sloja tal v globini korenin vpliva več dejavnikov (Slika 8). Oblika in pokrovnost površine vplivata na količino infiltriranih padavin; tekstura in vodozadrževalne lastnosti vplivajo na globoko pronicanje ter kapilarni dvig. Vodno bilanco lahko uravnavamo z namakanjem, s katerim neposredno nadomestimo izgubo vode zaradi evapotranspiracije. Meritve evapotranspiracije so zaradi številnih dejavnikov, ki vplivajo na ta proces, težavne in redko dostopne, zato se za oceno tega člena vodne bilance pogosto uporabljajo izračuni na osnovi energijske bilance.

Za oceno, koliko vode rastlina potrebuje v določeni fazi rasti, potrebujemo vrednost potencialne evapotranspiracije (ET_c), izračunano kot produkt koeficienta rastline (k_c) in referenčne evapotranspiracije (ET_0).

$$ET_c = ET_0 \times k_c$$



Slika 8: Gibanje vode v okolici rastline (prirejeno po: Spruceirrigation, 2021).



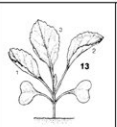
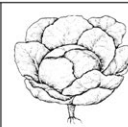
Slika 9: Kapljično namakanje.

Fenološke faze rastline

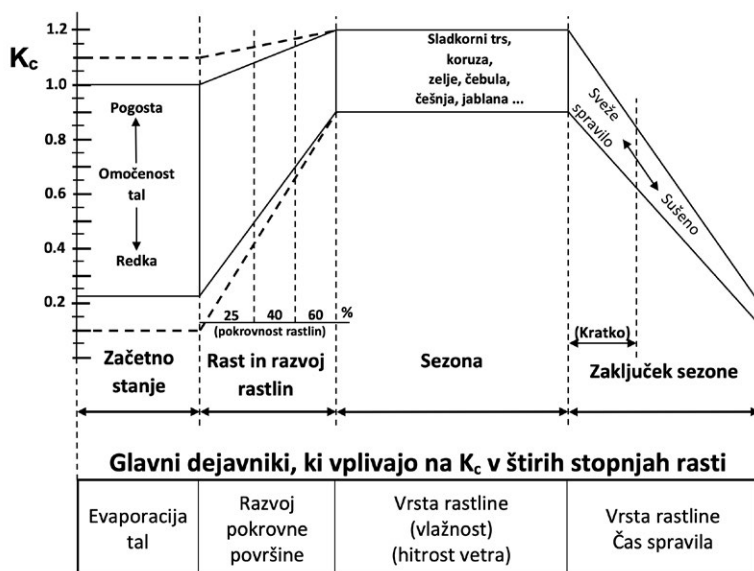
Koeficient rastline (K_c) (Slika 10, Slika 11) je odvisen od vrste rastline in fenofaze, v kateri ta je. Referenčna evapotranspiracija je definirana kot evapotranspiracija z referenčne površine, ki jo pokriva travna ruša, visoka 12 centimetrov, in je dobro oskrbovana z vodo (Allen in sod., 1998).

Vsaka rastlina ima drugačne potrebe po vodi. Te potrebe se v rastni dobi spreminjajo. V nekaterih fenofazah je izjemno pomembno za kakovost in količino pridelka, da rastlina dobi

dovolj vode; v drugih je koristno, če jo dobi dovolj, a ne preveč, saj so tako kakovost, skladiščna sposobnost in okus pridelka boljši. Za potrebe sistema SPON smo za vsako kulturo določili do sedem fenofaz, ki najbolj vplivajo na različne zahteve po vodi. Za izračun vodne bilance potrebujemo čas začetka in trajanje posameznih fenoloških faz ter globino korenin v posameznih fazah razvoja.

	Rast in razvoj rastlin					Sezona	
JABLANA							
							
Fenološka faza	Razvoj listov (mišje uho)	Razvoj socvetij	Cvetenje	Razvoj plodov, plodiči 10 - 40 mm	Plodovi 1/2 - 90% končne velikosti	Zorenje plodov	Staranje, začetek mirovanja
BBCH	54 – 56	55 – 59	60 - 69	71 – 74	75 – 79	81 – 89	91 - 99
K _c	0,45	0,58	0,80	1,20	1,10	0,85	0,50
ZELJE							
							
Fenološka faza	Faza sadike 4 do 6 listov	Faza rasti 8 do 12 listov		Faza rasti od 12 listov do zavijanja glave	Formiranje glave	Spravilo	
BBCH	14 – 16	18 – 22		22 – 39	41 – 49		
K _c	0,5	0,8		1,2	1,3		

Slika 10: Fenološke faze rastlin, upoštevane v sistemu SPON, za primer trajne (jablana) in netrajne (zelje) rastline (prirejeno po Uwe M., 2001).

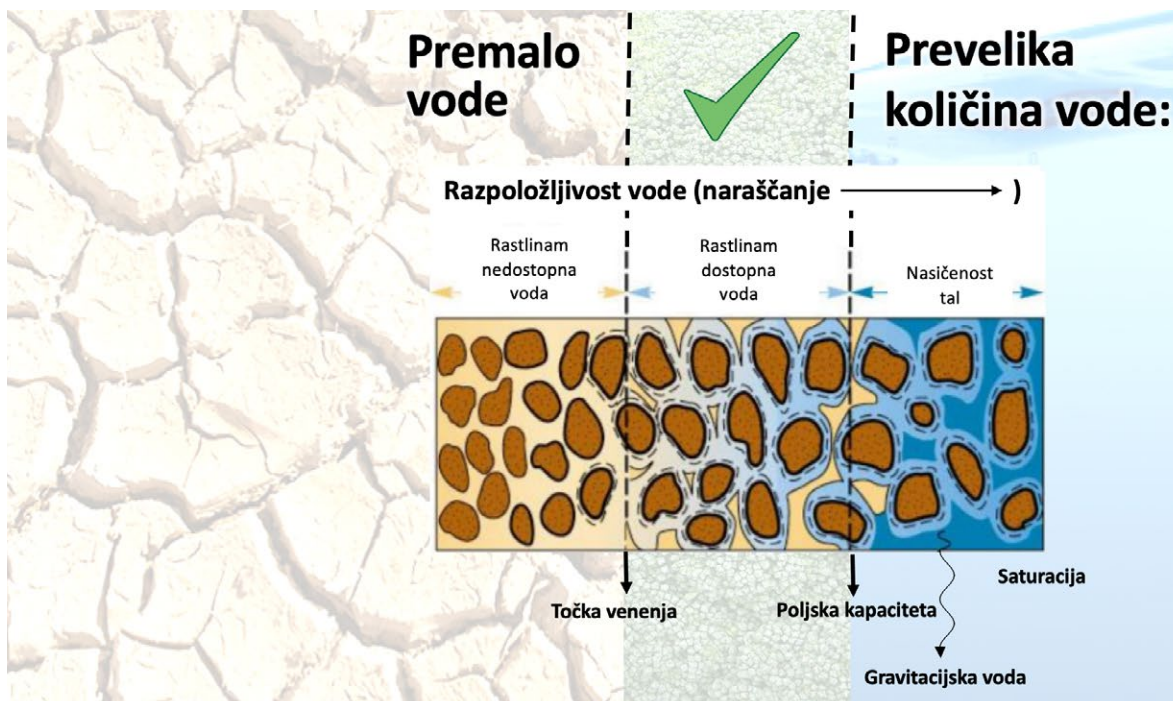


Slika 11: Spreminjanje vrednosti K_c s spreminjanjem fenoloških faz rastlin (vir: FAO, 1979).

Vodozadrževalne lastnosti tal

Po obilnem dežju so tla nasičena z vodo. Ko iz tal odteče gravitacijsko odcedna voda (Slika 12), so makropore napolnjene z zrakom in mikropore z vodo. Takšno stanje vode v tleh se imenuje poljska kapaciteta (PK) in predstavlja največjo vsebnost vode, ki jo tla glede na njihove lastnosti (npr. ali prevladujejo peščeni ali glineni delci in v kakšne talne skupke so združeni) lahko zadržijo. Za večino rastlin je to

najprimernejše stanje, saj imajo korenine na voljo dovolj zraka in vode. S sušenjem se večja sila vezave za talne delce, kar otežuje odvzem vode rastlin iz tal. Namesto sile vezave uporabljamo za opis stanja vode v sistemu tla-rastlina-zrak bolj uveljavljen izraz potencial, izražen v kPa. Dogovorjena vrednost za potencial vode v tleh pri stanju PK je -33 kPa, četudi je v realnosti PK lahko od -10 do -33 kPa.

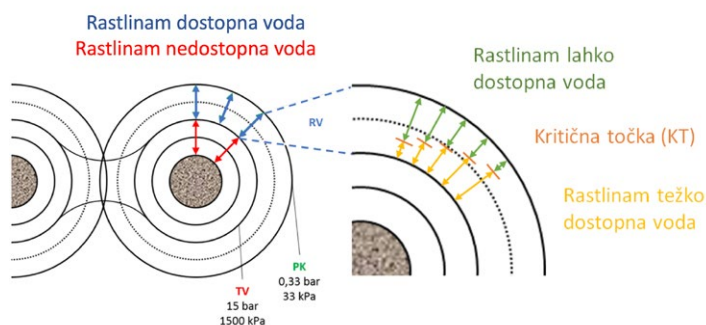


Slika 12: Razpoložljivost vode v tleh in njena dostopnost rastlinam (prirejeno po Gary B., 2016).

Ko sile vezave vode na talne delce narastejo do t. i. kritične točke (KT), preidejo rastline v sušni stres. To povzroči zaprtje listnih rež in posledično zmanjša stopnjo fotosinteze, kar se odrazi v manjši rasti rastlin ter manjšem pridelku. Kritična točka (KT) predstavlja količino vode pri tenziji/matričnem potencialu vode v tleh, ko začne rastlina del energije, ki bi jo sicer porabila za oblikovanje pridelka, trošiti za premagovanje tenzije vode (Slika 13). Rastline imajo različno sposobnost odvzema vode iz tal in so različno odporne proti suši, zato je KT vrstno in tudi sortno specifična. KT izračunamo na podlagi faktorja p , ki označuje delež lahko dostopne vode za posamezno rastlino v določenih tleh (npr. za korenček je faktor p 0,35, za kumare 0,50, za solato 0,30, za jagode 0,15 itd.).

Ko je vode v tleh relativno malo in je potencial talne vode -1500 kPa, večina rastlin ni več sposobnih črpati vode in

lahko trajno uvenijo. To točko imenujemo točka venenja (TV). Med poljsko kapaciteto in točko venenja je voda v tleh rastlinam dostopna; imenujemo jo tudi rastlinam dostopna voda (RDV).



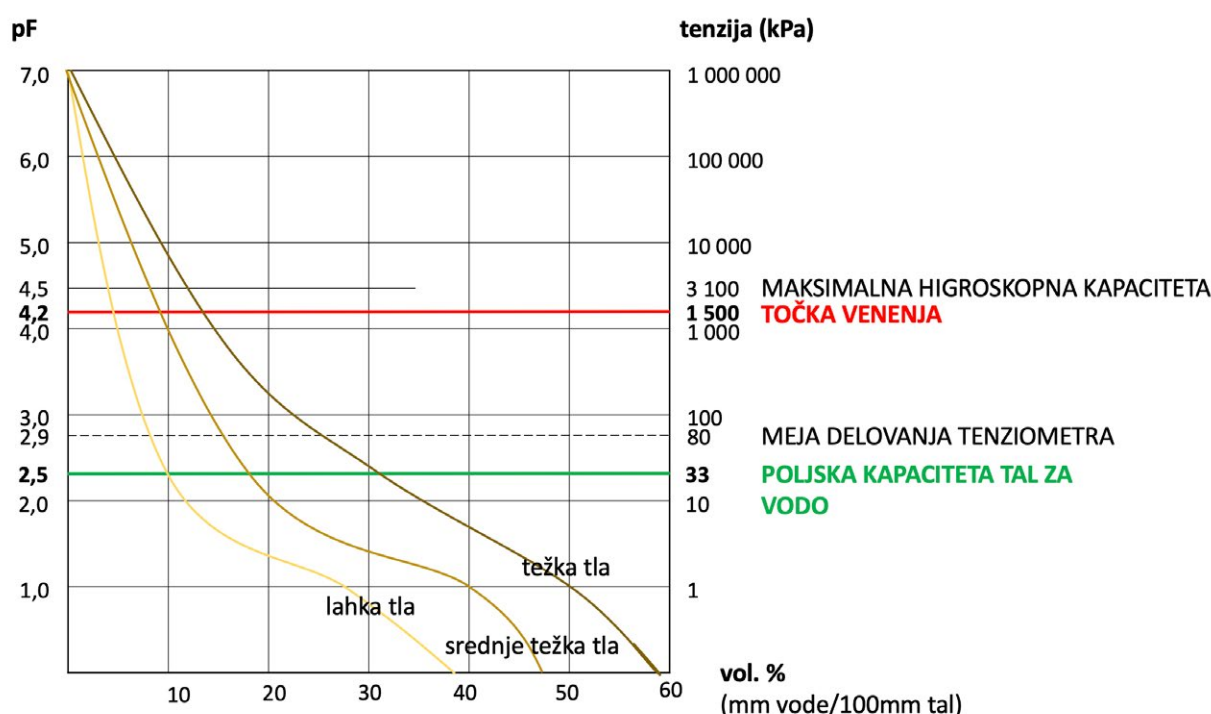
Slika 13: Delovanje sil vezave vode na talne delce.

Običajno so točke, ki opisujejo vodozadrževalne lastnosti tal, podane v volumnem odstotku vode (vol. %). Ta nam pove, koliko kubičnih centimetrov vode vsebujejo tla v 100 cm³ tal oz. milimetrov vodne plasti v 100 mm tal. Pomnoženo z globino tal, ki jo obravnavamo, dobimo vsebnost vode v obravnavani globini tal. Če imamo v tleh 20 vol. % vode, pomeni, da je v 100 mm tal 20 mm debela plast

vode, kar je enako 20 l vode na kvadratni meter v 100 mm debeli plasti tal.

Koliko vode tla lahko zadržijo, je najbolj odvisno od teksture tal (slika 14). Poleg tega na to lastnost vplivajo še velikost in delež zračnih por, skelet, nabrekljivost tal in delež organske snovi v tleh.

$$20 \text{ vol. \% vode} = 20 \text{ mm vode} / 100 \text{ mm tal} = 20 \text{ l vode na m}^2 / 100 \text{ mm tal}$$



Slika 14: Prikaz spreminjanja vol. % vode v tleh različnih tipov tal v odvisnosti od tenzije (vir: Pintar M., 2006).

Laboratorijske analize vodozadrževalnih lastnosti tal

Za potrebe upravljanja namakanja točko venenja (TV) tal določimo v laboratoriju z uporabo tlačne posode. Z vodo nasičene vzorce tal izpostavimo nadtlaku 1500 kPa in s tem dosežemo, da voda, ki je na talne delce vezana z manjšo silo, odteče. Po končanem postopku v tlačni komori gravimetrično določimo vsebnost vode v vzorcu, ki predstavlja TV.

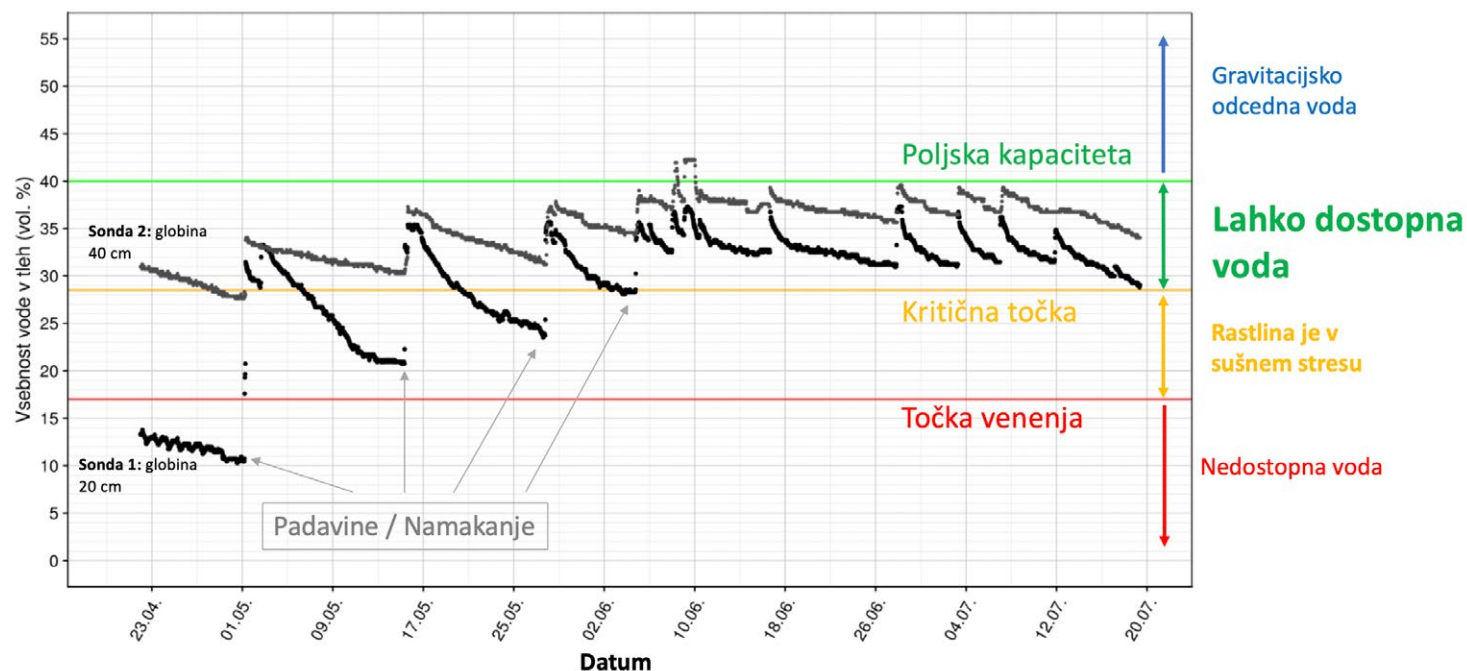


PK lahko določimo v laboratoriju z merilnim sistemom HYPROP®, ki temelji na metodi izhlapevanja. Na terenu odvajamo neporušene vzorce tal s cilindri volumna 250 cm³. V laboratoriju vzorce popolnoma nasičimo z vodo in v njih namestimo dva tenziometra, ki sta povezana z merilno glavo. Vzorec tal z glavo postavimo na tehtnico in sočasno neprekinjeno merimo maso in potencial vode v tleh v času sušenja vzorca. Po koncu meritev tako dobimo informacijo o vsebnosti vode v tleh ob določenem potencialu. Merilno območje je omejeno z območjem delovanja tenziometrov.



Slika 15: Laboratorijske analize vodozadrževalnih lastnosti tal. HYPROP (str. 12) in Richardova tlačna komora (desno).

Prav tako lahko PK tal odčitamo po večji količini dodane vode iz krivulje kontinuiranih meritev vsebnosti vode v tleh.



Slika 16: Graf meritev gibanja vode v tleh z značilnimi točkami.

Z namakanjem poskušamo vzdrževati vodo v tleh med kritično točko in poljsko kapaciteto (Slika 16). Sistem SPON podaja priporočila za namakanje, ki so nekoliko nižja od potreb za dosežek poljske kapacitete. S tem bolje izkoristimo morebitne padavine, kot če bi namakali do stanja poljske kapacitete. Nekajletne izkušnje pri vpeljavi

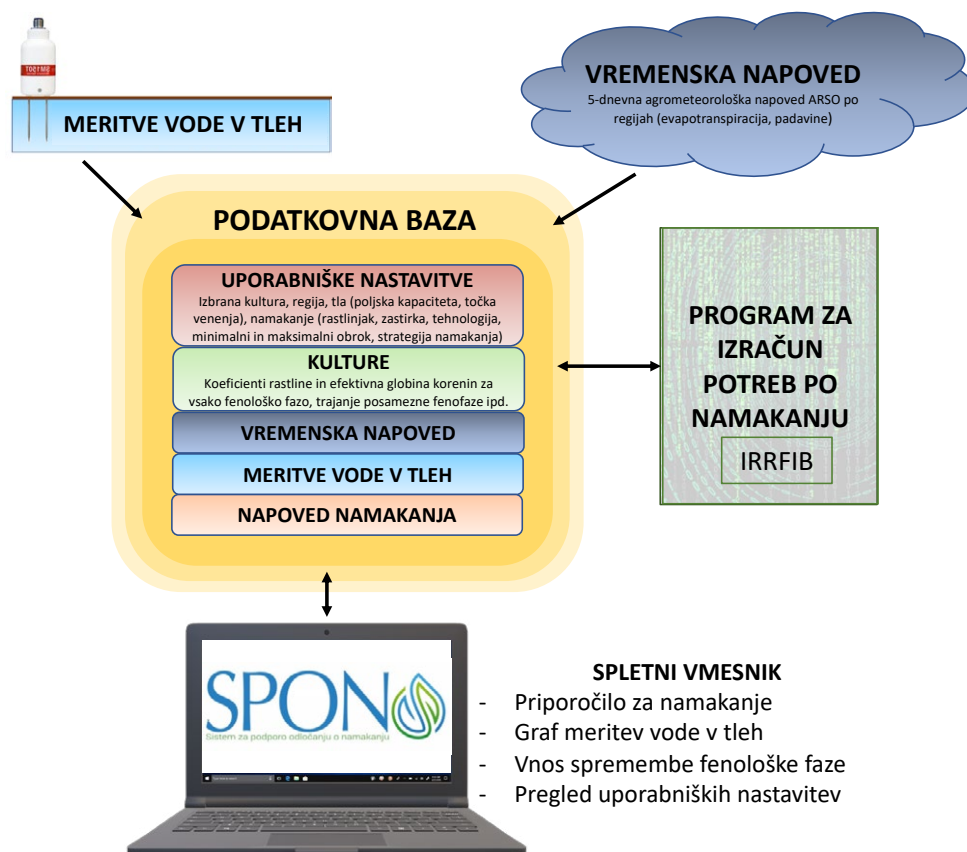
SPON, pridobljene na izbranih kmetijah v Vipavski dolini v okviru projekta LIFE ViVaCCAdapt, kažejo, da je tako mogoče doseči do 25 % zmanjšanje porabe vode, 24 % zmanjšanje porabe energije in 24 % zmanjšanje izpustov CO₂, ki nastajajo zaradi namakanja (Cvejić in sod., 2020).



DELOVANJE SPON

Osnova računskega dela SPON temelji na izračunu vodne bilance z modelom Agencije Republike Slovenije za okolje IRRFIB. SPON poda priporočeni obrok in čas namakanja za 5 dni vnaprej, pri čemer upošteva informacije o trenutni vsebnosti vode v tleh, vodozadrževalnih lastnostih tal, potrebi rastline po vodi glede na razvojno fazo, vremensko napoved ter tehnologijo namakanja.

SPON združuje baze podatkov, relevantne za optimizacijo prakse namakanja, ki so združene v štiri module (Slika 17).



Slika 17: Shema sistema za podporo pri odločanju o namakanju (SPON).

V podatkovni bazi so shranjeni podatki o:

- uporabniških nastavitvah, in sicer izbrana kultura, regija ter podatki o tleh (poljska kapaciteta in točka venenja) in namakanju (rastlinjak, zastirka, tehnologija namakanja, minimalni in maksimalni obrok namakanja, strategija namakanja ipd.),
- kulturah, koeficientih rastline in efektivni globini korenin za vsako fenološko fazo ter trajanje posamezne fenofaze,
- vremenski napovedi,
- meritvah vsebnosti vode v tleh in napovedi namakanja.

Modul »Meritve vode v tleh« obsega podatke o vsebnosti vode v tleh, ki jih posredujejo ponudniki opreme, in jih shrani v podatkovno bazo.

Modul »Vremenska napoved« prenese napoved dnevne referenčne evapotranspiracije in padavin, ki jih Agencija za okolje Republike Slovenije pripravi za 15 regij (<http://www.meteo.si/met/sl/agromet/forecast/>), ter napovedi shrani v podatkovno bazo.

Modul »Program za izračun potreb po namakanju« temelji na vodobilančnem modelu IRRFIB. Modul pripravi vhodne datoteke za IRRFIB, ga požene in na podlagi rezultatov modela izračuna priporočilo za namakanje ter ga vpiše v podatkovno bazo. Izračuni se začenejo vsak dan med rastno sezono po 9:30 uri zjutraj.

Modul »Spletni vmesnik« je oblikovan na t. i. odzivni način, tako da je mogoča uporaba na vseh vrstah naprav (računalnik, tablica, telefon). Razdeljen je na štiri področja:

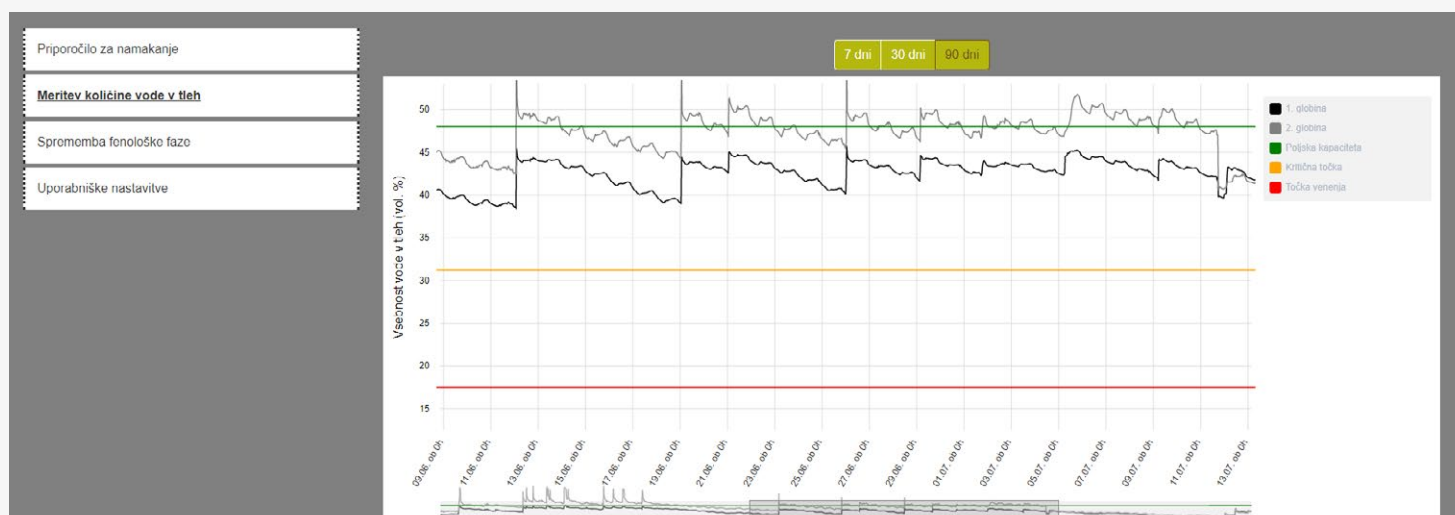
■ **Priporočilo za namakanje**, kjer so v tabelarični obliki podane 5-dnevne napovedi potencialne evapotranspiracije, količine padavin ter priporočene količine vode za namakanje v mm in m³ na površino ter trajanje namakanja v urah (Slika 18).

Priporočilo za namakanje	Datum	Padavine (mm)	Evapotranspiracija (mm)	Količina vode za namakanje (mm oz. L/m ²)
Meritev količine vode v tleh	05.05.	7.3	4.6	5.3
Sprememba fenološke faze	06.05.	4.2	0.4	8.3
Uporabniške nastavitve	07.05.	1.9	4	10.1
	08.05.	2.8	2.7	14.4
	09.05.	6.9	3.4	1

Datum izdanega priporočila: 05.05.2021

Slika 18: Prikaz priporočila za namakanje na spletnem vmesniku SPON.

■ **Graf meritev vsebnosti vode v tleh** pred 7, 30 ali 90 dnevi; na grafu so označene tudi značilne točke tal (Slika 19).



Slika 19: Prikaz grafa meritev vsebnosti vode v tleh na spletnem vmesniku SPON.

■ **Sprememba fenološke faze**, kjer lahko uporabnik vidi trenutno fenofazo z datumom njenega nastopa, naslednjo fenofazo s predvidenim datumom začetka, prejšnjo fenofazo z datumom njenega začetka ter popravi trenutno fenofazo (Slika 20).

Priporočilo za namakanje	Trenutna fenološka faza Opis: 4. Datum začetka: 27.03.2021	Vnos spremembe fenološke faze Nazaj - ta fenološka faza se še ni začela, začela se bo čez: 3 dni 5 dni 10 dni
Meritev količine vode v tleh	Prejšnja fenološka faza Opis: 3. Datum začetka: 07.03.2021	Naprej - nastopila je že naslednja fenološka faza: Predvčerajšnjim Včeraj Danes
Sprememba fenološke faze	Naslednja fenološka faza Opis: 5. Predviden datum začetka: 06.05.2021	Potrdi spremembo
Uporabniške nastavitve		

Slika 20: Spremljanje fenološke faze na spletnem vmesniku SPON.

■ **Uporabniške nastavitve**, kjer lahko uporabnik pregleda nastavitve o kulturi, regiji, podatkih o tleh (poljska kapaciteta, točka venenja), zastirki, tehnologiji namakanja, minimalnem in maksimalnem obroku namakanja, strategiji namakanja itd. (Slika 21).

Priporočilo za namakanje Meritev količine vode v tleh Sprememba fenološke faze Uporabniške nastavitve	Kultura: Trenutno izbrana: Kultura1 Zamenjaj kulturo z: Potrdi spremembo	Namakanje: Rastlinjak: Da Zastirka: Ne Tehnologija namakanja: Kapljično Učinkovitost namakanja: 90 % Minimalna količina: 1 mm oz. L/m ² Maksimalna količina: 20 mm oz. L/m ² Strategija namakanja: 1
	Lokacija: Regija: Belokranjska	Meritve: Ponudnik: Ponudnik1
	Podatki o tleh: Poljska kapaciteta: 40 vol. % Točka venenja: 25 vol. % Število dni nad poljsko kapaciteto: 1	

Slika 21: Prikaz uporabniških nastavitev na spletnem vmesniku SPON.

[Domov](#)
[Zakaj SPON](#)
[Pravilno namakanje](#)
[Kako deluje SPON](#)
[Namestitev opreme za merjenje](#)
[Uporaba SPON](#)

SPON

Sistem za podporo odločanju o namakanju

Priporočeni čas in obrok namakanja za 5 dni vnaprej

SPON vas podpira pri odločitvah o namakanju. Za **5 dni vnaprej** poda priporočeni čas in obrok namakanja. Informacije, ki jih upošteva:

Trenutna količina vode v tleh

Potreba rastline po vodi glede na razvojno fazo

Vodozadrževalne lastnosti tal

Vremenska napoved

Tehnologija namakanja

Zakaj SPON

[Preberi več](#)

Kako deluje sistem SPON

[Preberi več](#)

Kaj je to strokovno pravilno namakanje

[Preberi več](#)

Kako se namesti opremo za merjenje

[Preberi več](#)

Kako uporabljati SPON

[Preberi več](#)

Slika 22: Spletni vmesnik SPON.



NAMESTITEV OPREME ZA MERJENJE VSEBNOSTI VODE V TLEH

Merilnik vsebnosti vode v tleh na območju namakalnega sistema namestimo na primerno mesto (Slika 24 in Slika 25). V trajnih nasadih (npr. sadovnjakih, hmeljiščih) je to v vrsti med rastlinami, pri vrtninah na sredino gredic (če se uporablja mešane posevke, izberemo mesto, kjer raste na sušo najobčutljivejša rastlina) in na poljedelskih površinah, kjer so tla najbolj reprezentativna za celotno površino. Merilniki vsebnosti vode v tleh ne merijo neposredno, temveč merijo relativno dielektričnost tal, ki je v največji meri odvisna od vsebnosti vode v tleh. Dielektričnost tal s pomočjo kalibracijskih enačb pretvorimo v vsebnost vode v tleh v volumskih odstotkih.



Slika 23: Odvzem vzorcev zemlje.



Slika 25: Vgradnja merilnikov
vsebnosti vode v tleh.

Merilniki vsebnosti vode v tleh so lahko različnih oblik (slika 26). Te v tla namestimo na ustrezno globino, kjer je glavna masa korenin kulture, ki jo namakamo, saj moramo tam zagotavljati primerno vsebnost vode, ki je na voljo rastlini. Merilne elektrode merilnika vsebnosti vode v tleh moramo skrbno namestiti v neporušen del tal. Ob vgradnji moramo paziti, da je stik med merilnimi elektrodami in tlemi tesen, saj so v nasprotnem primeru meritve napačne. Izkušnje kažejo, da je bolje, če je na lokaciji vgrajenih več merilnikov. V projektu smo imeli vgrajene štiri, ki so po izkušnjah dajali zanesljive rezultate. Prvi trije merilniki so nameščeni horizontalno na globini glavne mase korenin in so namenjeni izračunu vsebnosti vode v tleh.



Slika 24: Delo na terenu za vzpostavitev sistema SPON:
povezava merilnikov s komunikacijsko napravo.

Z uporabo treh merilnikov na enaki globini preprečimo, da bi morebitno nepravilno delovanje enega od treh merilnikov, nameščenih v območju korenin vplivalo na izračun nasveta za namakanje v SPON. Četrty merilnik je nameščen globlje, pod glavno maso korenin, in pomaga nadzorovati morebitno pronicanja vode v globlji del tal.

Merilnike vsebnosti vode v tleh skrbno zasujemo in priključimo na komunikacijsko napravo (Slika 24), ki je vgrajena v robustno vodotesno ohišje, ki kljubuje vremenskim razmeram. Tla v okolici merilnika so po vgradnji zrahljana, zato je potrebno počakati na nekaj večjih padavinskih dogodkov, da se tla posedejo. Šele takrat prikazane vrednosti na grafu na spletnem vmesniku SPON prikazujejo realne vrednosti vsebnosti vode v tleh. Ta proces pospešimo, če mesto merilnika nekajkrat intenzivno zalijemo. Priporočljivo je, da imamo v sklopu merilnega mesta tudi dežemer (Slika 27).



Slika 26: Različni merilniki vsebnosti vode v tleh.

SESTAVNI DELI MERILNIH POSTAJ



Slika 27: Sestavni deli merilnih postaj.



UPORABA SPON V RASTLINSKI PRIDELAVI

Za priključitev v sistem SPON je najprej potrebno pridobiti informacije o lastnostih pridelovalne površine. Sem spadajo lokacija površine, laboratorijske analize tal (vodozadrževalne lastnosti in tekstura), informacije o kulturi (fenološke faze, globina korenin, čas rasti) in popis namakalne opreme. Trenutno SPON ni oblikovan tako, da bi vsak posamezni uporabnik sam vnašal te podatke v sistem, temveč je pri tem predvidena pomoč kmetijske svetovalne službe. Okvirna cena za analize vodozadrževalnih lastnosti tal, ki so potrebne za zagon SPON na določeni lokaciji, je okoli 450 EUR (leta 2021).

Po tem sledi vgradnja opreme za izvajanje meritev vsebnosti vode v tleh. Cena kompleta štirih merilnikov vsebnosti vode v tleh, vključno s komunikacijsko napravo (modem + SIM kartico), dežemerom, solarnim panelom in polnilno baterijo se giblje okoli 1.700,00 EUR (leto 2021) (Slika 28). Poleg tega je za posredovanje informacij s komunikacijske naprave v sistem SPON potrebno plačilo mesečne storitve za najem SIM v vrednosti 2,50 EUR (leto 2021). Cene med ponudniki se razlikujejo.

Uporaba SPON, kot je trenutno zasnovan, je relativno enostavna za trajne nasade, kjer se merilnike v tleh po vgradnji ne prestavlja in je kultura stalna. Pri netrajnih kulturah, na primer vrtninah in poljščinah, je uporaba SPON nekoliko prilagojena. Rastna doba je v primerjavi s trajnimi kulturami krajša, zaradi česar je potrebno bolj redno slediti njihovim fenološkim fazam. Pri vrtninah je lahko na enem polju več vrst in tudi vrste se lahko med seboj razlikujejo. Zato je za izračun potreb po namakanju potrebnih več informacij, ki se jih redno posodablja. Poleg tega so merilniki vsebnosti vode v tleh občutljivi na mehanske poškodbe. Pri netrajnih kulturah so merilniki zaradi plitke glavne mase korenin vstavljeni bližje površja, pogosto ne dovolj globoko za nemoteno obdelavo tal (oranje, brananje). Da bi preprečili možnost poškodbe, je potrebno pred vsako obdelavo tal merilnike izkopati in po setvi ali sajenju ponovno pravilno vgraditi v tla. Pri ponovni vgraditvi merilnikov v tla je potrebno paziti, da sonde vgradimo v okolico mesta, kjer so bila odvzeta tla za analizo vodozadrževalnih lastnosti tal.

Laboratorijske analize	Cena (brez DDV)
Pedološka analiza tal (priprava vzorca, pH, organska snov, P ₂ O ₅ , K ₂ O in prstni preizkus teksture)	25,00 €
Pedološka analiza (natančna določitev teksture tal)	25,00 €
Paket analize vodozadrževalnih lastnosti tal (odvzem in priprava vzorcev, HYPROP, poljska kapaciteta, točka venenja, poročilo)	420,00 €
Oprema za meritve vsebnosti vode v tleh	Cena (brez DDV)
Komplet štirih sond, vključno z komunikacijsko napravo (modem + SIM kartico), dežemerom, solarnim panelom in polnilno baterijo	1.700,00 €
STROŠKI SKUPAJ (laboratorijske analize + oprema)	2.170,00 €
Mesečne storitve za najem SIM (mesečni strošek prenosa podatkov v SPON)	2,50 €

Slika 28: Stroški za vzpostavitev sistema SPON na terenu v letu 2021. Cene sond se glede na proizvajalca lahko zelo razlikujejo.

VIRI

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. in Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome, Food and Agriculture Organization.
- Brence, A. 2021. "Negativni vplivi strokovnega namakanja". Novo Mesto, Kmetijsko gozdarski zavod Novo mesto. andrea.brence@kgzs-zavodnm.si (osebni vir, junij 2021)
- Cvejić, R., Čerňič Istenič, M., Honzak, L., Pečan, U., Železnikar, Š. in Pintar, M. 2020. Farmers Try to Improve Their Irrigation Practices by Using Daily Irrigation Recommendations—The Vipava Valley Case, Slovenia. 27 str. <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/9/1238/htm>
- Glavan, M., Cvejić, R., Honzak, L., Pečan, U., Železnikar, Š. in Pintar, M. 2020. Izboljšanje odziva kmetijstva na podnebne spremembe s sistemom za podporo o odločanju o namakanju. Vodni dnevi 2020. Slovensko društvo za zaščito voda. Str. 62 – 67. <https://sdzv-drustvo.si/wp-content/uploads/2020/10/ZBORNIK-VD-2020-v2.pdf> (24.5.2021)
- 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.

VIRI SLIK

- Gary B. 2016. Types of Soil Moisture Figure 9.8 A block of soil is made up of three components, air, water, soil. The sum of the volume of air and water make up the total pore space in the soil. Volume Metric Soil Water = $V_{water} / (V_{water} + V_{air} + V_{soil})$ Porosity = $(V_{water} + V_{air}) / (V_{water} + V_{air} + V_{soil})$. https://images.slideplayer.com/25/7595140/slides/slide_1.jpg (6.4.2021)
- Spruceirrigation. Soil & Watering 101. Evapotranspiration. <https://support.spruceirrigation.com/knowledge-base/evapotranspiration/> (6.4.2021)
- Uwe M. 2001. Growth stages of mono-and dicotyledonous plants. BBCH Monograph. 2. Edition, 2001. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry. 158 str.
- FAO. 1979. Yield response to water. Fao irrigation and drainage paper no. 33, FAO, FAO, Rome, Italy





Ukrep:

Sodelovanje iz Programa razvoja podeželja Republike Slovenije za obdobje 2014-2020

Podukrep:

16.5 Podpora za skupno ukrepanje za blažitev podnebnih sprememb ali prilagajanje nanje ter za skupne pristope k okoljskim projektom in stalnim okoljskim praksam

Tematika:

Učinkovita in trajnostna raba vode na kmetijskem gospodarstvu

Trajanje projekta 12/2018 — 12/2021

PRO-PRIDELAVA

Povečanje produktivnosti kmetijske pridelave z učinkovito in trajnostno rabo vode



Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje

Več informacij o strokovno pravilnem namakanju najdete na spletnih straneh:

<https://www.spon.si/>

<https://www.bf.uni-lj.si/sl/raziskave/raziskovalni-projekti/140/povecanje-produktivnosti-kmetijske-pridelave-z-ucinkovito-in-trajnostno-rabo-vode-propridelava>

www.life-vivaccadapt.si/sl/

