




OLJKA, SUŠNE RAZMERE, TLA IN DEFICITNO NAMAKANJE

Maja Podgornik, Jakob Fantinič, Milena Bučar-Miklavčič, Vasilij Valenčič, Bojan Butinar,
Dominik Vodnik, Helena Gramc, Damijana Kastelec, Mitja Ferlan, Marina Pintar





OLJKA, SUŠNE RAZMERE, TLA IN DEFICITNO NAMAKANJE

Maja Podgornik, Jakob Fantinič, Milena Bučar-Miklavčič,
Vasilij Valenčič, Bojan Butinar, Dominik Vodnik, Helena Gramc,
Damijana Kastelec, Mitja Ferlan, Marina Pintar



KOPER 2022



Oljka, sušne razmere, tla in deficitno namakanje

Avtorice in avtorji: Maja Podgornik, Jakob Fantinič, Milena Bučar-Miklavčič, Vasilij Valenčič, Bojan Butinar, Dominik Vodnik, Helena Gramc, Damijana Kastelec, Mitja Ferlan, Marina Pintar

Urednica: Maja Podgornik

Glavni in odgovorni urednik založbe: Tilen Glavina

Urednik za področje oljkarstva: Bojan Butinar

Tehnična urednica: Alenka Obid

Recenzentka in recenzent: doc. dr. Vesna Zupanc, prof. dr. Robert Veberič

Lektoriranje: Nina Novak

Oblikovanje tipičnih strani in naslovnice: Nataša Simsič, Idejaplus d.o.o.

Stavek: Alenka Obid

Fotografije: Maja Podgornik, Milena Bučar-Miklavčič, Jakob Fantinič, Bojan Butinar, Jaka, Jeraša, Shutterstock, SciencePhotoLibrary

Založnik: Znanstveno-raziskovalno središče Koper, Inštitut za oljkarstvo, Annales ZRS

Za založnika: Rado Pišot

Spletna izdaja, dostopno na: <https://www.zrs-kp.si/index.php/research-2/zalozba/monografije/>

Doi: <https://doi.org/10.35469/978-961-7058-87-1>

Publikacija je nastala v okviru projekta Avtomatizacija in ekonomska upravičenost namakanja v oljkarstvu. Program sofinanciranja: Projekt EIP za okolje in podnebne spremembe, sodelovanje iz Programa razvoja podeželja RS za obdobje 2014-2020 »Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje« – podukrep 16.5 AGENCIJE RS ZA KMETIJSKE TRGE IN RAZVOJ PODEŽELJA.

Nacionalni organ upravljanja je Ministrstvo za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano, pristojen za izvajanje pomoči iz EKSRP.

Za vsebino dokumenta je odgovorno Znanstveno-raziskovalno središče Koper in v nobenem pogledu ne izraža stališče Evropske unije.



Vsebina

Okrajšave in simboli	5
Bodo oljčni panji gnali nove liste bolj veselo?	8
Predgovor	11
Uvod	13
Oljka, sušne razmere in namakanje	15
Morfološke prilagoditve oljke na sušne razmere	16
Koreninski sistem	16
Deblo	18
Listi	19
Fiziološke prilagoditve oljke na sušni stres	21
Vodni potencial rastline	21
Prevodnost listnih rež	23
Transpiracija	25
Fotosinteza	26
Akumulacija metabolitov v plodovih	27



Sušni stres med vegetativnim in reproduktivnim razvojem oljk	32
Sušni stres in vegetativni razvoj oljk	34
Sušni stres, indukcija in diferenciacija cvetnih brstov, cvetenje in oplodnja	35
Sušni stres, razvoj plodov in akumulacija olja	36
Vpliv deficitnega načina namakanja na vegetativno rast ter količino in kakovost pridelka	38
Vpliv deficitnega načina namakanja na vegetativno rast	38
Vpliv deficitnega načina namakanja na količino pridelka	39
Vpliv namakanja na kakovost pridelka	42
Tla in voda v tleh	45
Sestava tal	46
Voda v tleh	48
Kroženje vode v tleh	49
Rastlinam dostopna voda v tleh	50
Vodno zadrževalne lastnosti tal	54
Vreme in načrtovanje namakanja	57
Vodna bilanca	58
Padavine	59
Evapotranspiracija in velikost namakalnega obroka	60
Načini spremljanja pomanjkanja vode	64
Postavitev namakalnega sistema	67
Gospodarnost uvedbe namakanja na kmetiji	69
Opredelitev vodnega vira in način odvzema vode	74
Pridobitev dovoljenj	74
Tehnologija namakanja oljk	78
Deficitni način namakanja oljk	78
Zasnova in postavitev kapljičnega namakalnega sistema	79
Vzdrževanje namakalnega sistema	87
Neželeni učinki namakanja	87
Zahvala	89
Literatura	91
Recenziji	99



Okrajšave in simboli

ABA – abscizinska kislina

ARSO – Agencija Republike Slovenije za okolje

D 1,2, ... n – prihodnji donos

Dk – vsi prihodnji donosi v k-tem obdobju, $k = 1.2...n$

DMO-Agl-dA – dialdehidna oblika dekarboksimetil olevropein aglikona ali oleacein

DML-Agl-dA – dialdehidna oblika dekarboksimetil ligstrozid aglikona ali oleokantal

DZV – dovoljeno znižanje vsebnosti vode v tleh

CDI – Continuous deficit irrigation = namakalni obrok dodajamo tako, da je vodni primanjkljaj enakomerno razporejen med celotno rastno dobo

E – evaporacija

EP – efektivne padavine

ET – evapotranspiracija

ETc – potencialna evapotranspiracija

ETo – referenčna evapotranspiracija

EU – Evropska unija

GK – globina glavne mase koreninskega sistema

i^* – interna stopnja donosnosti

I – diskontna stopnja (zahtevan donos)

I_0 – vrednost naložbe

k – ekonomska doba investicije

- Kc – koeficient rastline
Kr – koeficient pokritosti tal s krošnjo
KT – kritična točka
L-Agl-dA – dialdehidna oblika ligstrozid aglikona
LDV – interval lahko dostopne vode
NADP – nikotinamid adenin dinukleotid fosfat
NSV – neto sedanja vrednost
O-Agl-dA – dialdehidna oblika olevropein aglikona
ON – obrok namakanja
OOB – optimalni obrok namakanja
OPN – občinski prostorski načrt
pF – logaritem vodnega stolpca
p – delež razpoložljive vode, ki je rastlinam lahko dostopna
P – padavine
Pd – prag dobička
PK – poljska kapaciteta
Pp – prag pokritja
PRD – Partial rootzone drying = namakalni obrok dodajamo tako, da polovico korenskega sistema izbrane rastline izpostavimo sušnemu stresu, drugo polovico pa optimalno oskrbimo z vodo
RDI – Regulated deficit irrigation = namakalni obrok dodajamo tako, pri katerem vode ne dodajamo med vso rastno dobo, temveč samo v kritičnih razvojnih fazah
ROS – reaktivne kisikove spojine = reactive oxygen species
Rubisko – ribuloza-1,5-bifosfat karboksilaza/oksigenaza
RV – interval razpoložljive vode
Sk – horizontalna projekcija krošnje (senca krošnje) ob 12. uri
SDI – Sustained deficit irrigation = namakalni obrok dodajamo tako, da je vodni primanjkljaj enakomerno razporejen med celotno rastno dobo
T – transpiracija
TV – točka venenja
TDR – Time Domain Reflectometry = metoda merjenja odboja v časovnem oknu
UNEP – United Nations Environment Programme Atlas of Desertification
VZLT – vodno zadrževalne lastnosti tal
WUE – Water use efficiency = učinkovitost izrabe vode
 ψ – vodni potencial



Bodo oljčni panji gnali nove liste bolj veselo?



V hvaležen spomin ob obletnici smrti Angela Hlaja (1940-2019) in kot popotnico monografiji **Oljka, sušne razmere, tla in deficitno namakanje** zapisal Bojan Butinar v upanju, da se bo pobožna želja iz naslova uresničila in da Angelov trajni prispevek k procesu namakalnega eksperimentiranja ne bo pozabljen.

Seveda je prvinska in čar(ob)na in čudodelna OLJKA tista, ki je v vsej svoji mogočnosti in hkratni skromnosti, kot beremo v Sodnikih, 9, 8-9:

*»Šla so, šla so drevesa
da si mazilijo kralja.*

Rekla so oljki:

'Kraljuj nad nami!'

Oljka jim je rekla:

*'Mar naj pustim svojo maščobo,
zaradi katere me poveličujejo Bog in ljudje,
in se grem povzdigovat nad drevesa?','«*

izbrala Angela Hlaja. OLJKA je izbrala njegovo angelsko pripovedovalsko držo, njegov nastop, njegova predavanja, venomer z rokami v gesti pridigarja, ki oznanja védenje ter znanje in deli nasvete vsem, ki ga hočejo poslušati.

In prihajali so k njemu vsi, od akademije pa do ljubiteljskih oljkarjev, od ministrov do uradnikov, od tistih, ki so kaj vedeli, pa do tistih, ki so se šele hoteli začeti učiti, in tudi do tistih, ki se niso hoteli (na) učiti in vedeti. Angelo ni delil svojih nasvetov ex cathedra – oznanjal je svoje delo, govoril je o svojih opazovanjih, o svojih zamislih, o izkušnjah, ki jih je z eksperimenti in z znanstvenim beleženjem vtikal v knjigo o OLJKI svojega življenja. Bil je prvi, ki je sprejemal profesorje, bil je prvi, ki se je učil od njih, in kmalu zatem sta se vlogi zamenjali. A imel je tisti ključni dar, ki ločuje akademskega

slehernika od angelskih izbrancev – ljubezen. Ljubezen, ki se je izrazila kot radost, strast, užitek, predanost, druženje, trdo delo in je nujna spremljevalka prvinskosti OLJKE.

Prepletla sta se OLJKA in Ljubezen in obogatila Angela in zakoličila njegovo pot. Vsakdo iz bogatega nabora njegovih obiskovalcev si lasti majhen košček Angela. Vsakdo je odškrnil delček njegovega srca in ga povelečevalno postavil na svoj oltar in ob njem gojil svoj edini prav. Angelo je to dobro vedel; in kot se zdaj spominjam, si je verjetno mrmral svojo staro istrsko modrost: »Sadi, sadi uljko, ma z nje ne boš padel!«. Angelo seveda ni govoril o starodobni in sodobni vzreji oljkovega drevesa – ne – govoril je o modrosti, ki te kot strela z jasnega prešine, ko padeš z visoke oljke (s piedestala svoje pomembnosti) na trda tla in se tvoj lastni ego razsuje in ... in takrat si končno voljan poslušati.

Oljni panji bodo pognali nove liste!







Predgovor

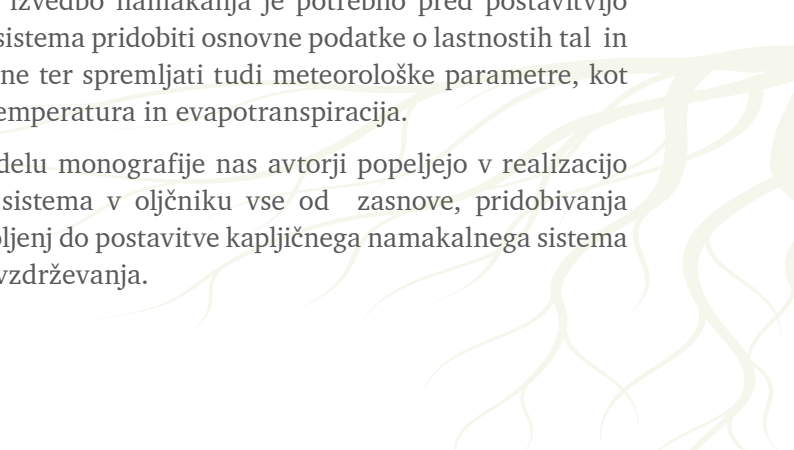
Pred nami je monografija z naslovom »Oljka, sušne razmere, tla in deficitno namakanje«, ki je plod dolgoletnega dela priznanih slovenskih strokovnjakov na področju oljkarstva in namakanja. Monografija obsega pregled znanja na področju prilagoditve oljk na sušne razmere ter pregled tehnologij namakanja oljk. Je odlična dopolnitev strokovne literature na področju oljkarstva, ki bo v pomoč vsem pridelovalcem oljk, študentom agronomije ter širšemu krogu bralcev.

Oljka je manj zahtevna rastlinska vrsta, saj lahko uspeva v izjemno skeletnih tleh in je zelo dobro prilagojena na pomanjkanje vode v njih. V knjigi se bralec tako najprej sreča z morfološkimi prilagoditvami oljke na sušne razmere od koreninskega sistema, debla in listov. V nadaljevanju monografije spoznamo fiziološke prilagoditve oljke na sušne razmere z omejitvami presnovnih procesov, kar negativno vpliva na rast.

Deficitno namakanje temelji na načelu, da obrok vode dodamo takrat, ko rastlina dodano vodo najbolj gospodarno uporabi. Avtorji poročajo o pozitivnem vplivu deficitnega načina namakanja na kakovost oljčnega olja sorte 'Istrska belica', ki slovi po visoki vsebnosti biofenolov. Z namakanjem se lahko doseže usklajeno razmerje grenkobe in pikantnosti ter arome, ki so značilne za oljčna olja vrhunske kakovosti.

Za pravilno izvedbo namakanja je potrebno pred postavitvijo namakalnega sistema pridobiti osnovne podatke o lastnostih tal in lastnosti rastline ter spremljati tudi meteorološke parametre, kot so padavine, temperatura in evapotranspiracija.

V zadnjem delu monografije nas avtorji popeljejo v realizacijo namakalnega sistema v oljčniku vse od zasnove, pridobivanja ustreznih dovoljenj do postavitve kapljičnega namakalnega sistema ter njegovega vzdrževanja.



Naj zaključim z besedami avtorjev: »Razvoj namakanja bi moral za Slovenijo in slovensko oljkarstvo biti strateškega pomena, saj lahko z dodajanjem vode izboljšamo sprejem mineralnih hranil iz tal in vegetativno rast, povečamo pridelek na enoto površine, zmanjšamo izmenično rodnost, zagotovimo zgodnejši vstop mladih oljčnikov v rodnost, vplivamo na kakovost pridelka ter tako zagotovimo učinkovitost in konkurenčnost pridelave oljk in oljčnega olja.«

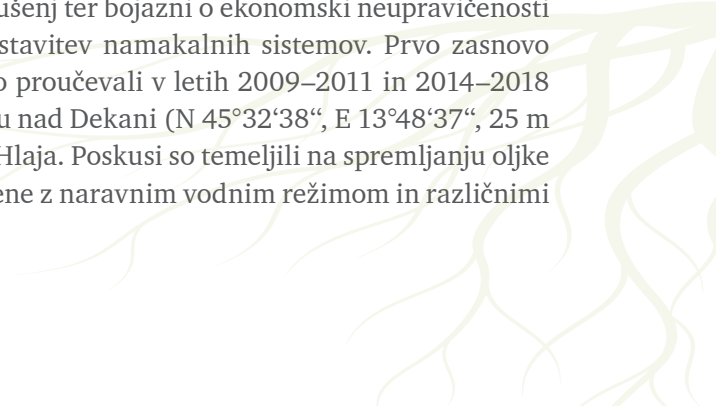
prof. dr. Nataša Poklar Ulrih,
dekanja Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani



Uvod

V Sloveniji se trenutno po podatkih Registra kmetijskih gospodarstev (RKG, 2020) namaka 74 oljčnikov (skupaj 28,3 ha), kar predstavlja dober 1 % kmetijskih zemljišč, zasajenih z oljkami (2.389 ha). Razvoj namakanja bi za Slovenijo in slovensko oljkarstvo utegnil postati strateškega pomena, saj lahko z dodajanjem vode izboljšamo sprejem mineralnih hranil iz tal in vegetativno rast, povečamo pridelek na enoto površine, zmanjšamo izmenično rodnost, zagotovimo zgodnejši vstop mladih oljčnikov v rodnost, vplivamo na kakovost pridelka ter tako zagotovimo učinkovitost in konkurenčnost pridelave oljk in oljčnega olja. V aridnih podnebnih območjih (npr. Izrael) se lahko s pravilno zasnovanim namakanjem pridelava oljk poveča do petkrat (Gucci, 2012), medtem ko se lahko v semiaridnih do zmerno humidnih podnebnih območjih, med katera se po Svetovnem atlasu dezertifikacije (United Nations Environment Programme Atlas of Desertification – UNEP, 1992) uvrščajo tudi območja za gojenje oljk v Sloveniji, z namakanjem pridelek poveča do največ 50 % (Podgornik in sod., 2017). Kolikšen je ta učinek, je najbolj odvisno od podnebja oz. vremena, lastnosti tal, topografije terena, sorte, sadilne razdalje in drugih ukrepov, ki jih izvajamo v oljčniku.

Kljub številnim tujim in domačim raziskavam, ki so pokazale pozitivne učinke deficitnega (oljko namerno oskrbimo z manj vode, kot je to optimalno potrebno) namakanja oljk na kakovost in količino pridelka, se slovenski pridelovalci oljk zaradi omejenih vodnih virov, zapletenih postopkov pridobivanja vseh potrebnih dovoljenj za namakanje, pomanjkanja znanja in izkušenj ter bojazni o ekonomski neupravičenosti le redko odločijo za postavitev namakalnih sistemov. Prvo zasnovano poskusa namakanja smo proučevali v letih 2009–2011 in 2014–2018 na terasiranem zemljišču nad Dekani (N 45°32'38", E 13°48'37", 25 m nmv) v oljčniku Angela Hlaja. Poskusi so temeljili na spremljanju oljke sorte 'Istrska belica', gojene z naravnim vodnim režimom in različnimi režimi namakanja.







Oljka, sušne razmere in namakanje

Vegetativni in reproduktivni razvoj oljke je sortno specifičen in močno odvisen od okoljskih pogojev, lastnosti tal in razpoložljivosti vode. Oljka je manj zahtevna rastlinska vrsta, saj lahko uspeva v izjemno skeletnih tleh in je zelo dobro prilagojena na pomanjkanje vode v njih. Prenese tudi velik temperaturni razpon (od $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $35\text{ }^{\circ}\text{C}$) in močne sončne pripeke. V ekstremno sušnih razmerah preživi predvsem zaradi morfoloških in fizioloških prilagoditev na pomanjkanje vode v tleh in na suho ozračje.



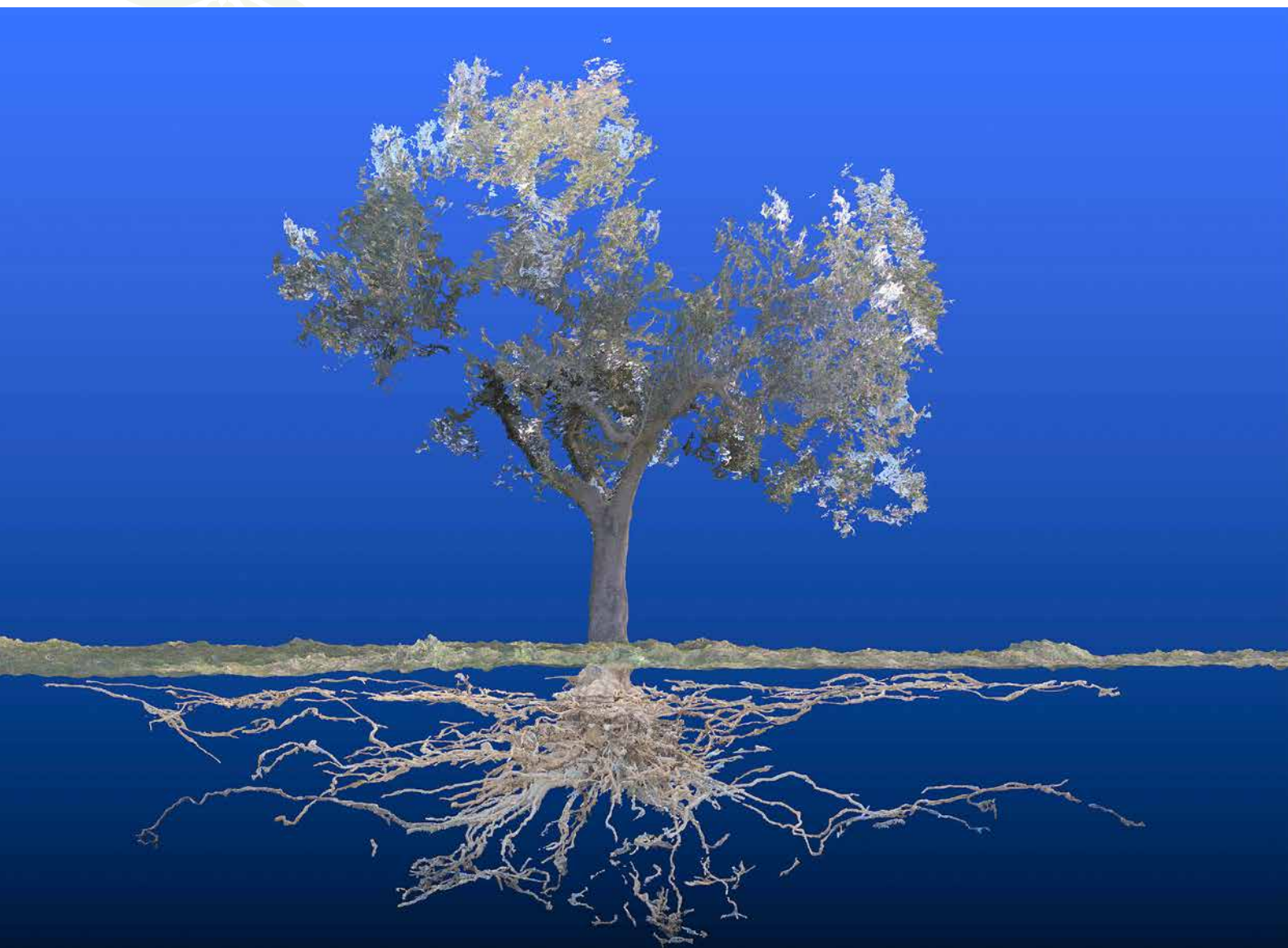
Morfološke prilagoditve oljke na sušne razmere

KORENINSKI SISTEM

Učinkovitost sprejema vode v rastlino je tesno povezana z lastnostmi koreninskega sistema in razrasti tega v tleh (García Zamorano in sod., 2010). V povprečju se rastline z vodo najpogosteje oskrbujejo iz prve četrtnine globine korenin, in sicer tam dobijo do 40 % vse potrebne vode. 30 % te dobijo iz druge četrtnine korenin, 20 in 10 % te pa iz tretje in četrte četrtnine korenin (Pintar, 2003).

Koreninski sistem oljke je prilagojen na občasne manjše padavinske dogodke, ki so značilni za sredozemsko območje. Večji del koreninskega sistema se razvije v zgornjih horizontih tal, vzporedno s površino tal (Fernández in sod., 1992) (slika 1). To prispeva k

Slika 1: Razrast koreninskega sistema čez premer krošnje - sorta 'Leccino' na območju Slovenske Istre (Pintar, 2020).



dobri absorpciji vode, oljki pa omogoča tudi uspevanje na težkih, slabo zračnih tleh, saj je sicer njen koreninski sistem zelo občutljiv na pomanjkanje kisika in zastajanje vode v tleh.

Za rastlinske vrste, ki rastejo na sušnih območjih, tudi za oljko, je značilno, da razvijejo tudi globoke korenine, da lahko v času velikega deficita vode privzamejo vodo iz globljih plasti tal. Ko je razlika vsebnosti vode med zgornjimi in globljimi plastmi tal velika, lahko drevesa s povratnim tokom prek vertikalnih korenin pošljejo vodo skozi korenine v tla (Fernández, 2014). Ta tok poteka ponoči, ko globoke korenine sprejmejo vodo iz vlažnih globljih plasti tal in jo prek plitvih korenin sprostijo v sušne zgornje horizonte, ki so bogatejši s hranili, mikroorganizmi in organsko snovjo (Domec in sod., 2010). Pojav imenujemo hidravlični dvig, z njim pa se izboljša oskrba z vodo, ohranja se tudi vitalnost korenin. Ferreira in sodelavci (2013) so dokazali, da je v sušnih razmerah hidravlični dvig oziroma povratni tok prisoten tudi pri oljkah.

Na razvoj korenin vpliva tudi namakanje oz. razlike v namočenosti tal. Absorpcijske korenine oljke (s premerom manj kot 0,5 mm) se ob neenakomerni namočenosti tal, ki je pogosta pri kapljičnem namakanju, najbolj razvijajo v vlažnih volumnih tal, okoli kapljačev, kjer je razmerje med zrakom in vodo najugodnejše (Fernández in sod., 1991). Če namakamo s tehnologijo poplavljanja, je razvoj teh korenin okoli debla drevesa enakomernejši. Ob večji količini vode segajo bolj daleč od debla, tudi čez premer krošnje (Fernández in sod., 1992).

Razrast koreninskega sistema čez premer krošnje na globini od 30 cm do 140 cm smo opazili tudi pri izkopu 25 let stare nenamakane oljke sorte 'Leccino' na območju Slovenske Istre (sliki 1 in 2), kjer letno pade od 900 do 1200 mm padavin. Pri tem je potrebno poudariti, da je bila oljka sorte 'Leccino' (izkopana v okviru projekta KOREOLJKA – določitev lokacije korenin oljke), zasajena na evtrično rjavih tleh na flišnih kamninah, saj je razrast koreninskega sistema močno odvisna od lastnosti tal. Gucci (2012) poroča, da se v plitvih tleh korenine razvijejo v prvih 50 cm, medtem ko lahko te v globokih tleh najdemo tudi na globini 2–3 m. V dobro zračnih lahkih tleh je korenine mogoče najti celo na globini 7 m (Lavee, 1996).

Fernández in sodelavci (1992) navajajo, da lahko namakanje skrajša obdobje vzgoje mladega nasada do polne rodnosti, saj vpliva na hitrejše razrast koreninskega sistema in povečanje listne površine, kar nedvomno pospeši vstop mladega nasada v rodnost. Hkrati so dokazali, da namakanje vpliva na razmerje med razvojem nadzemnih in podzemnih delov oljke. To je potrdil tudi Celano s sodelavci (1999), ki je dokazal, da je razmerje med maso korenin in maso krošnje pri oljkah, ki so gojene pod naravnim vodnim režimom, večje kot pri namakanih oljkah. Oljke, ki so gojene pod naravnim vodnim režimom, morajo za sprejem enakih količin vode in hranil razviti koreninski sistem v večjem volumnu tal kot oljke, gojene z namakanjem (največ do globine 1 m) (El Kholý, 2010).



Slika 2 (a in b): Izkop 25 let stare nenamakane oljke sorte 'Leccino' na območju Slovenske Istre.

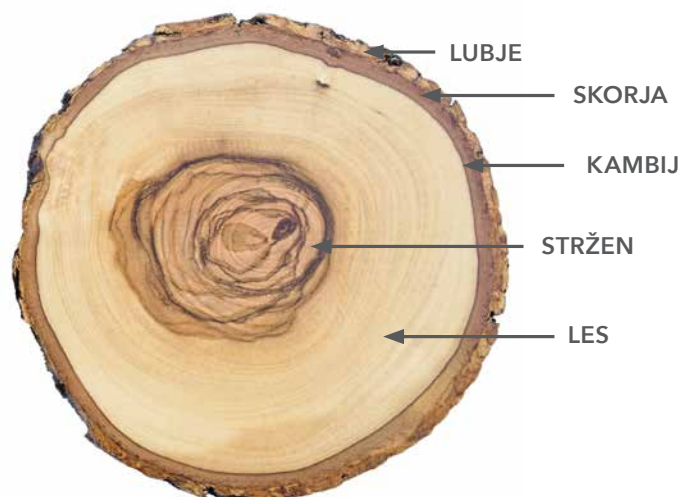
Zato je razvoj nadzemnih in podzemnih delov oljke v namakanih nasadih bolj izenačen kot v nenamakanih oljčnikih. Na razmerje med nadzemnim in podzemnim delom oljke vsekakor vplivajo tudi količina dodane vode, starost drevesa, sadilna razdalja in značilnosti tal.

DEBLO

Struktura skorje in lesa debla oljke (slika 4) sta močno odvisni od dejavnikov okolja. V sušnih razmerah felogen razvije debelejšo plast plute, ki prekriva živi del skorje, in se tako zaščiti pred sončnimi ožigi (Fernández, 2014).



Slika 3: Prečni prerez debla oljke (Olea europaea L.) (Crivellaro in Schweingruber, 2013).



Slika 4: Shematski prikaz prereza debla oljke (vir: Shutterstock).

Sekundarni ksilem ali les ima prevodno in oporno funkcijo. Sestavljen je iz lesnih vlaken in trahej, podolgovatih, mrtvih prevodnih celic z olesenelimi celičnimi stenami, po katerih potuje voda z raztopljenimi snovmi med koreninskim sistemom in listi. Pri oljki ima les značilno difuzno-porozno, mikroporno zgradbo (slika 3). Gradijo ga zelo ozke traheje (običajen premer od 5 do nekaj 10 μm). Dimenzije trahej povečujejo odpornost oljke na embolije. V sušnih razmerah se namreč v njih ustvari zelo velika tenzija, zaradi katere se lahko vodni stolpec pretrga, v prevodne celice ob tem vdre zrak, ki preprečuje nadaljnji transport vode. Embolija lahko, če se pojavi v večjem delu prevodnega dela lesa, ogrozi hidravlično funkcijo drevesa. Poročajo, da se pri oljki začnejo embolije pojavljati pri vodnem potencialu $-1,5$ MPa (Fernández, 2014), do resnejših motenj hidravlične prevodnosti debla pa naj bi prišlo pri $-3,5$ MPa (Trifilo in sod., 2007).

LISTI

Za omejitev transpiracijskih izgub vode je oljka razvila debele usnjate liste z majhno površino. Prekriti so s kutikulo, na spodnji strani pa so gosto porasli z zvezdastimi laski (trihomi) (slika 5). Te prilagoditve zmanjšujejo nenadzorovane izgube vode skozi povrhnjico, kar rastlini omogoča boljše gospodarjenje z vodo v ekstremnih razmerah (Connor in Fereres, 2005).

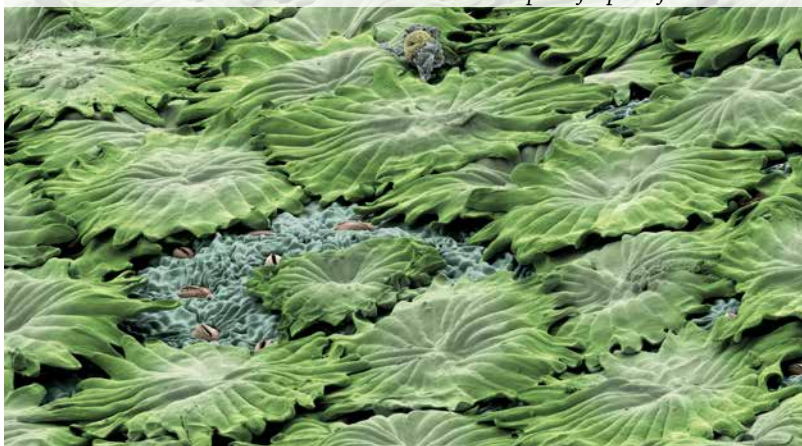
Pod in med laski so listne reže (slika 5) (Hetherington in Woodward, 2003). Listi, ki so se razvili v času suše, so manjši in tanjši ter imajo gostejše listne reže, ki pa so občutno manjše kot listne reže pri listih, razvitih pri optimalni oskrbi z vodo (Larcher, 2003).

Spodnja stran oljčnega lista



Slika 5: Spodnja stran listne ploskve oljčnega lista - listna reža, obdana s laski, ki zmanjšujejo izgubo vode skozi površino lista (vir: SciencePhotoLibrary).

Kratki zvezdasti laski na spodnji strani lista



Listna reža na spodnji strani lista





Slika 6: Ukrivljeni listi sorte 'Maurino' med sušo.

Primanjkljaj vode se kaže tudi v bledih in ukrivljenih listih (slika 6), ki lahko v času ekstremnega sušnega stresa odpadejo (defoliacija). Tako rastlina zmanjša skupno transpiracijsko površino in s tem skupno transpiracijo, s popraviljem razmerja med sprejeto in oddano vodo pa poskuša ohraniti pozitivno vodno bilanco.

Če je v tleh na voljo dovolj vode, ima oljka listne reže odprte, kar omogoča normalno izmenjavo plinov in fotosintezo. Ob pomanjkanju vode v tleh se številne sadne rastline precej hitro odzovejo z zapiranjem listnih rež, saj jim anatomsko-fiziološke prilagoditve ne omogočajo delovanja pri majhni razpoložljivosti vode. V nasprotju z njimi oljka ob pomanjkanju vode listne reže postopoma delno zapre oziroma pripre, kar ji omogoča ohranjanje fotosintezne aktivnosti in termoregulacije (uravnavanje temperature lista) tudi v zelo sušnih razmerah.



Fiziološke prilagoditve oljke na sušni stres

VODNI POTENCIAL RASTLINE

Transport vode med tlemi, ratlino in ozračjem poteka na osnovi razlik v vodnem potencialu (Kolenc in sod., 2014; Vodnik in sod., 2012). Vodni potencial (Ψ , enota MPa) je mera, ki izraža razpoložljivost vode v nekem sistemu (tla, rastlina, posamezna rastlinska tkiva oz. celice, zrak). Med dvema povezanima sistemoma voda prehaja iz sistema z večjim vodnim potencialom v območje z manjšim vodnim potencialom. Čeprav lahko rastline sprejemajo vodo prek celotne listne površine, daleč največ vode prejmejo korenine. Voda iz tal lahko prehaja v koreninski sistem, dokler je vodni potencial korenin bolj negativen kot vodni potencial tal. V koreninah se mora voda transportirati do centralnega cilindra, kjer so umeščena prevajalna tkiva (ksilem in floem). Voda tu vstopa v ksilem, po katerem poteka transport v nadzemne dele rastlin. Gre za snovni tok, ki ga žene tlačna razlika med koreninami in nadzemnimi deli. Ta razlika se večinoma ustvarja v listih ob oddajanju vode v ozračje s transpiracijo (Kolenc in sod., 2014; Vodnik in sod., 2012).

V tleh, zasičenih z vodo, je vodni potencial tal enak vrednosti nič. Ob napredujočem sušenju tal se lahko vrednosti vodnega potenciala tal znižajo pod vrednost $-1,5$ MPa (15 barov), ki je za večino gojenih rastlin opredeljena kot točka venenja (Veihmeyer in Hendrickson, 1928). Oljka je ob zmanjšanju vsebnosti vode in vodnega potenciala v tkivih sposobna vzpostaviti velik gradient vodnega potenciala med listi in koreninami, zaradi česar lahko v sušnih razmerah črpa tudi vodo iz tal s potencialom pod $-2,5$ MPa (25 barov) (Xiloyannis in sod., 1996; Dichio in sod., 2003) oz. do $-3,5$ MPa (35 barov) (Lo Gullo in Salleo, 1988; Dichio in sod., 2005). Nekateri avtorji celo navajajo, da lahko pri oljki procesa fotosinteze in transpiracije potekata tudi pri $-5,3$ MPa (53 bar) (Perez-Martin in sod., 2009) oziroma -8 MPa (80 bar) (Moriani in sod., 2003).

Vodni status rastline lahko ugotovljamo z merjenjem vodnega potenciala v listih pred zoro, ko vodni potencial v 24-urnem ciklu doseže svojo maksimalno vrednost, vodnega potenciala v listih v opoldanskem času, ko vodni potencial v 24-urnem ciklu doseže svojo minimalno vrednost, ali z merjenjem vodnega potenciala debla (Fernández, 2017).

Oljka si zaradi svojih anatomskih, morfoloških in fizioloških prilagoditev lahko privošči večja nihanja oz. zmanjšanja vodnega potenciala, kar je značilno za hidrolabilne (anizohidre) rastlinske vrste.

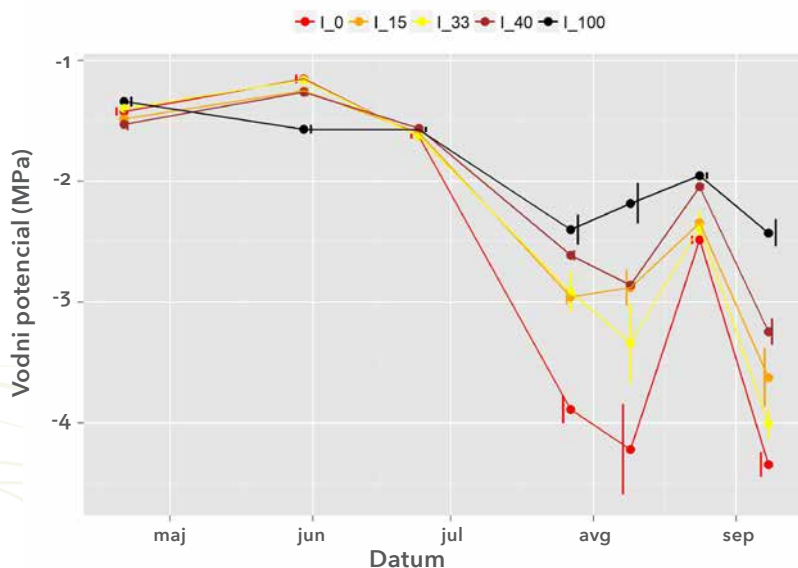
Ob napredujočem sušenju tal, ko opoldanski vodni potencial lista pade pod $-2,5$ MPa, pride do intenzivnejšega zapiranja listnih rež, postopnega upada turgorja ter omejitve procesa transpiracije in

fotosinteze (Sofo in sod., 2008). Na primeru raziskave Larcher in sodelavci (1981) je bilo dokazano, da se fotosintezna aktivnost pri opoldanskemu vodnem potencialu lista, enakem $-2,2$ MPa, lahko zmanjša za 50 %.

Ob večji suši se še dodatno zmanjša opoldanski vodni potencial lista (pod $-3,2$ MPa), kar povzroči kopičenje organskih osmotikov oziroma stresnih metabolitov (sladkorji, sladkorni alkoholi (manitol), prolin, organske kisline, kalcij, kalij, kloridni ioni itd.). Prisotnost organskih osmotikov omogoča ohranitev turgorja (pritiska na celično steno v celicah), varuje encime in makromolekule v celicah pred potencialnimi poškodbami in vzdržuje prevodnost listnih rež (Sofo in sod., 2008).

K ohranjanju turgorja prispeva tudi elastičnost celičnih sten (Fernández, 2014), ki se pri oljki zmanjšuje s staranjem listov (Bongi in Palliotti, 1994) in izpostavljenostjo rastlin sušnemu stresu (Dichio in sod., 2003). Elastičnost celičnih sten v listih ovrednotimo z mero elastičnega modula celične stene, ki je izražena kot sprememba turgorskega tlaka v odvisnosti od spremembe celičnega volumna zaradi sprejemanja ali oddajanja vode. Za ohranjanje turgorja je ugoden manjši elastični modul, ki izraža večjo elastičnost. Dichio je s sodelavci (2003) dokazal, da imajo oljke, izpostavljene sušnemu stresu, bistveno višje vrednosti elastičnega modula celične stene, kot ga imajo optimalno namakane oljke, kar potrjuje večjo elastičnost celičnih sten namakanih oljk.

V poskusu, izvedenem v Dekanih (Slovenska Istra) v letih 2015 in 2016 med rastno sezono pri sorti 'Istrska belica', je bilo ugotovljeno, da se opoldanski vodni potenciali med nenamakanimi in različno namakanimi drevesi (namakalni obroki enaki 15-, 33-, 40- in 100-odstotni potencialni evapotranspiraciji (ETc)) spomladi in v začetku poletja (april, maj in junij) niso bistveno razlikovali med



Slika 7: Vodni potencial (MPa) različno namakanih dreves v poskusnem nasadu oljk na lokaciji Dekani v letu 2016 (Vodnik in sod., 2017).

seboj, saj so se vrednosti gibale od -1,6 MPa do -1,8 MPa (slika 7). Pri tem je treba poudariti, da je k izenačenemu vodnemu potencialu dreves pripomogla odsotnost spomladanske suše in prisotnost padavin. Večje razlike so se pojavile konec julija in dosegle višek v avgustu, v času poletne suše. Pri nenamakanih drevesih je bil povprečni vodni potencial lista -3,2 MPa (leta 2016 je v avgustu in začetku septembra vodni potencial nenamakanih oljk padel celo na -4,2 oz -4,3 MPa), pri drevesih z namakalnim obrokom, enakim 100-odstotni potencialni evapotranspiraciji, pa so bile vrednosti v območju izmerjenih vrednosti ob blagi suši (-2,2 MPa) (Gačnik, 2016; Vodnik in sod., 2017).

PREVODNOST LISTNIH REŽ

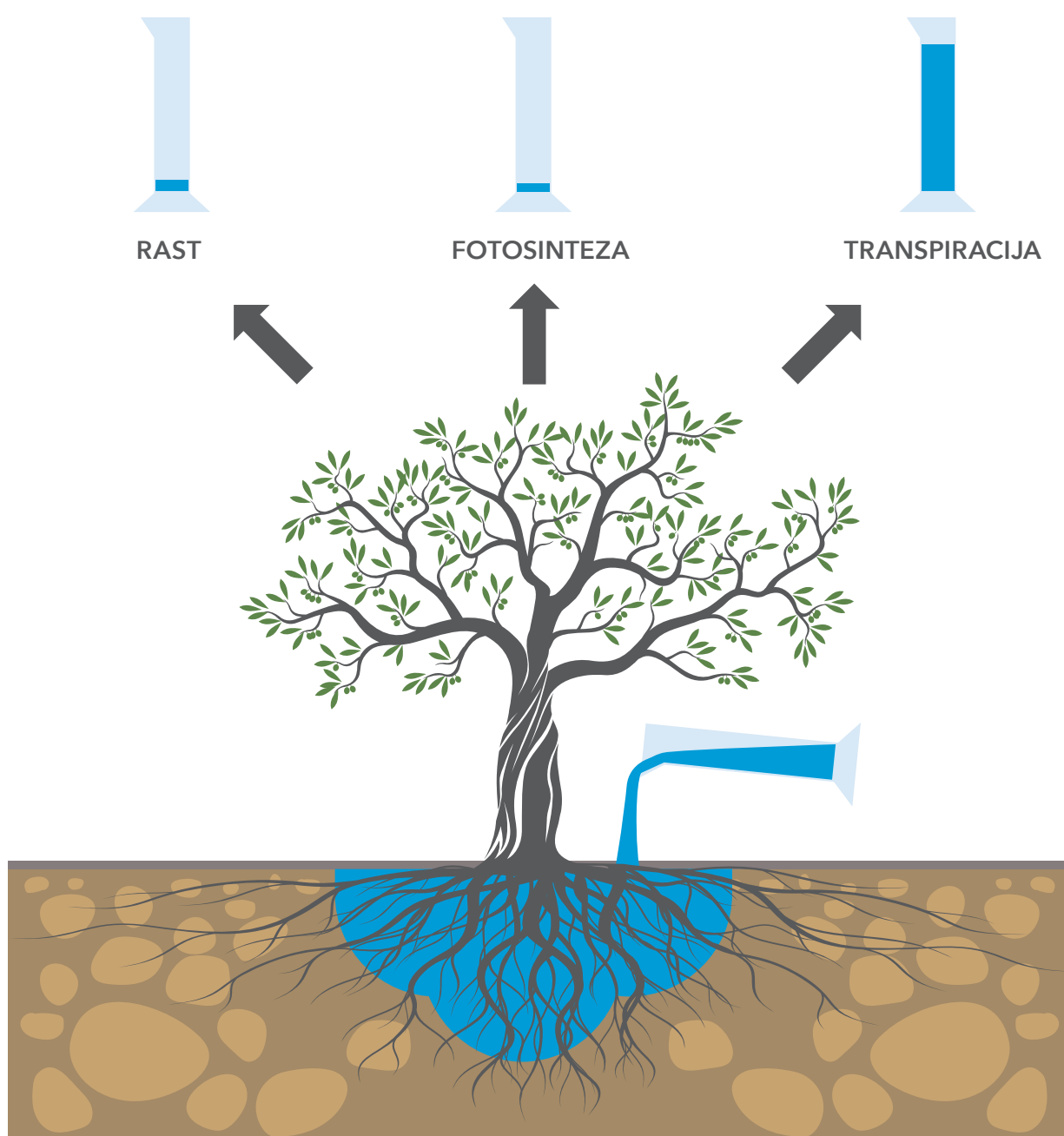
Na **prevodnost listnih rež** vpliva več dejavnikov (svetloba, koncentracija CO₂, vlažnost zraka, temperatura), najmočnejše pa prav gotovo vodni potencial rastline (Kolenc in sod., 2014; Vodnik in sod., 2012), ki je pogojen z razpoložljivostjo vode v tleh in zraku. Zmanjšanje vodnega potenciala v listni povrhnjici privede do **hidropasivnega zapiranja** listnih rež oziroma zmanjšanja prevodnosti listnih rež, ki je neposredni rezultat upada turgorja v celicah povrhnjice. Hidroaktivno zapiranje listnih rež temelji na osmotskem premiku vode. Ob iztoku ionov kalija (K⁺) iz celic zapiralk izhaja voda, zaradi česar se turgor zapiralk zmanjša, odprtina reže pa manjša. Iztok kalija spodbuja abscizinska kislina (ABA), hormon, koncentracija katerega se v listih ob suši močno poveča.

S hidroaktivnim in hidropasivnim zapiranjem listnih rež se zmanjša prevodnost listnih rež, ki lahko ob manjšem sušnem stresu izboljša absorpcijo vode v rastlino in poveča učinkovitost izrabe vode (Bongi in Palliotti, 1994; Taiz in Zeiger, 2010).

Skupna prevodnost lista za vodo je odvisna od lastnosti rastline, kot so gostota listnih rež, starost in velikost lista, delovanje celic zapiralk, od turgorja v epidermalnih celicah in vplivov iz okolja (Chaves in sod., 2003).

Kadar je rastlina v milejšem sušnem stresu, se z rahlim zmanjšanjem prevodnosti listnih rež (zapiranje listnih rež) zaščiti pred stresom, saj ji to omogoča, da zadosti presnovnim potrebam fotosinteze (vezava atmosferskega ogljika) in hkrati s primernimi omejitvami transpiracije ohrani svojo pozitivno vodno bilanco. Ta odnos med fotosintezo in transpiracijo opredelimo s parametrom, ki ga imenujemo fotosintezna **učinkovitost izrabe vode** (WUE – water use efficiency) (Larcher, 2003). Majhno zmanjšanje prevodnosti rež močnejše omeji transpiracijo kot fotosintezo. Učinkovita izraba vode (WUE) je močno odvisna od vrste rastline, njene anatomije in fiziologije lista. Povečanje učinkovitosti izrabe vode (WUE) pomeni večjo fiksacijo CO₂ ob manjši porabi vode. V daljšem časovnem obdobju to kaže, kako se je rastlina prilagodila na sušo. Tako ima oljka večjo

učinkovitost rabe vode ($WUE = 5,5-9,6 \text{ g CO}_2/\text{kg H}_2\text{O}$) v primerjavi z breskvijo ($WUE = 2,3-3,5 \text{ g CO}_2/\text{kg H}_2\text{O}$) in vinsko trto ($WUE = 3,2-4,4 \text{ g CO}_2/\text{kg H}_2\text{O}$) (Bongi in Pallioti, 1994). Za oljko v dobri kondiciji (dobro prehranjena in v dobrem zdravstvenem stanju) je povprečna dnevna poraba vode približno ocenjena na 1–1,5 L vode na kvadratni meter listne površine (García Zamorano in sod., 2010). Za lažjo ponazoritev naj omenimo, da je bila izmerjena listna površina 25 let stare nenamakane oljke sorte 'Leccino' 57,9 m² (slika 1, str. 16).



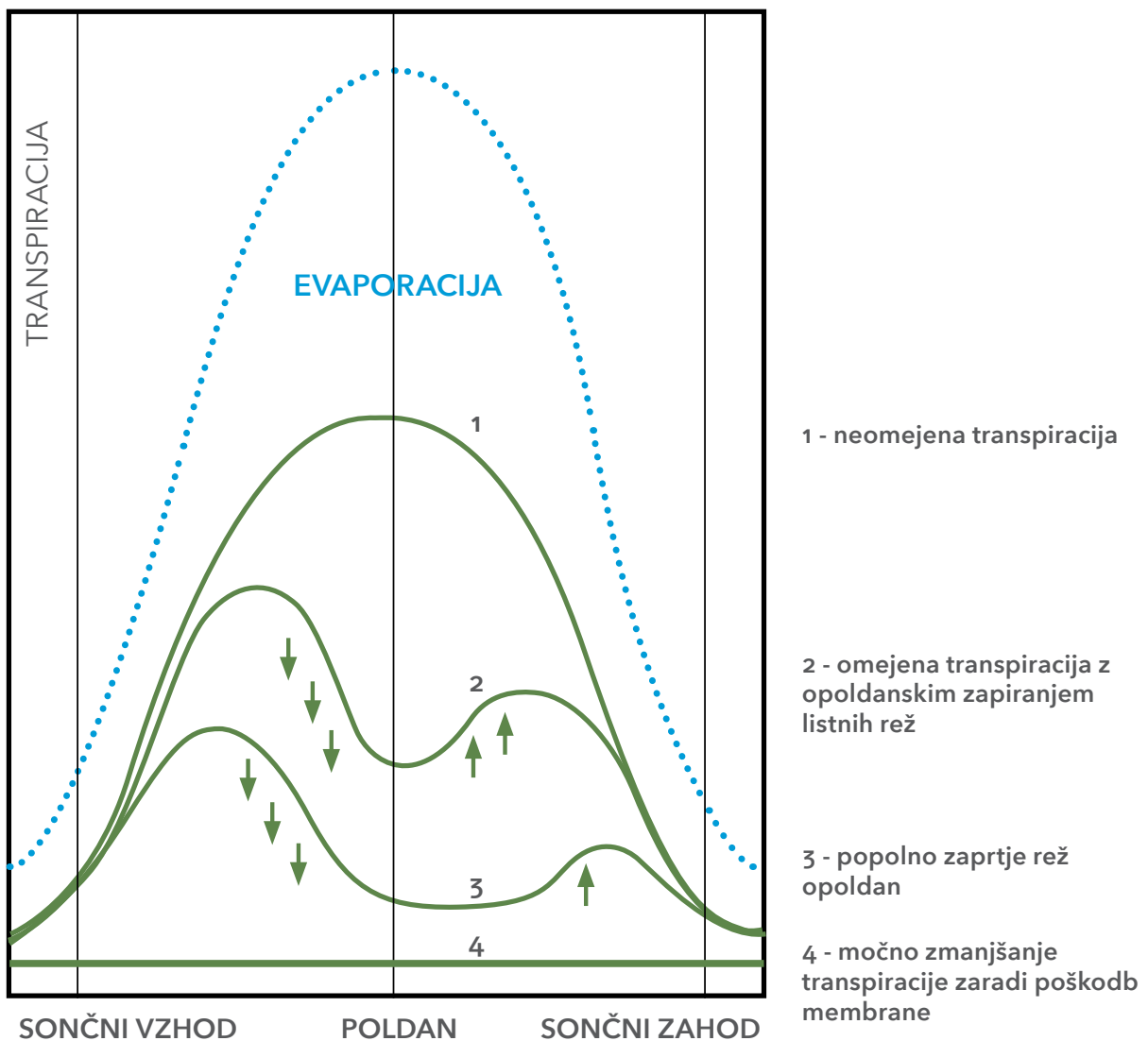
Slika 8: Poraba vode v rastlini (García Zamorano in sod., 2010).

TRANSPIRACIJA

Rastlina približno 1 % privzete vode porabi za presnovne procese (pretežno fotosintezo), 2 % pa za celično rast. Preostalih 97 % privzete vode se izgubi v atmosfero, in to predvsem zaradi transpiracije (slika 8) (Taiz in Zeiger, 2010).

Transpiracija je oddajanje vode iz nadzemnega dela rastline v ozračje. Transpiracija, ki poteka prek listnih rež (stomata), se imenuje stomatalna transpiracija (Tyree, 2000). Če pa voda neposredno prehaja iz celic v atmosfero prek kutikule, govorimo o kutikularni transpiraciji. Ta predstavlja manjši delež, običajno 10 % celotne transpiracije.

Na proces transpiracije in stanja vode v rastlini vpliva tudi količina oziroma prisotnost plodov na drevesu. Drevesa z večjim številom plodov rabijo več vode, saj ti zahtevajo večjo fotosintezo, listne reže so bolj odprte in zaradi tega je transpiracija intenzivnejša. Povprečne vrednosti stomatalne transpiracije se pri oljki okvirno gibljejo med $2,6$ in $8,0 \times 10^{-5}$ L/m²/s (Gucci, 2012).



Slika 9: Dnevni hod transpiracije ob različni vsebnosti vode v tleh (Larcher, 2003).

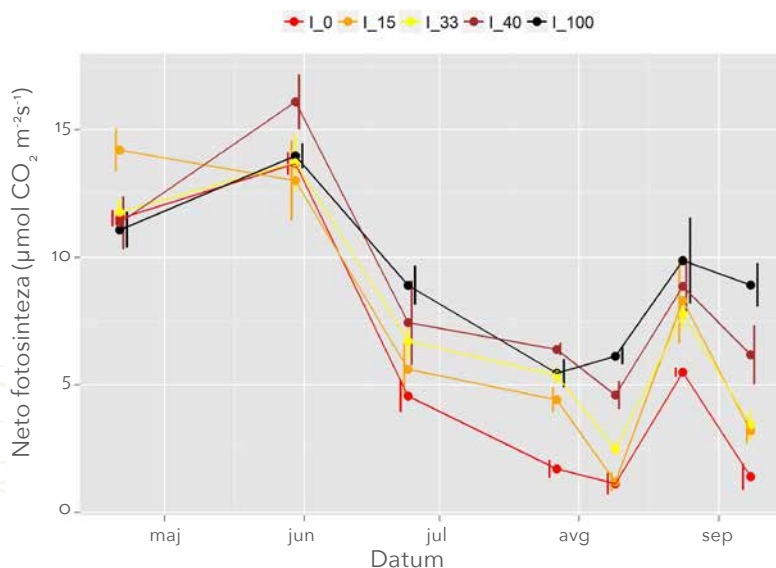
Ob jasnem vremenu se transpiracija povečuje od sončnega vzhoda proti poldnevu, popoldne pa se z manjšanjem svetlobne jakosti ter naraščajočo vlažnostjo zmanjšuje. Posebej poleti lahko na dnevni ravni preseže sprejem vode prek korenin, kar vodi v zmanjševanje razpoložljivosti vode (upada vodnega potenciala) v rastlini. Da vodna bilanca ne postane ogrožena, rastline omejujejo transpiracijo s pripiranjem listnih rež. Značilno je zmanjšanje prevodnosti rež v opoldanskem času, ko so transpiracijske izgube vode v 24-urnem ciklu največje (slika 9, krivulji 2 in 3).

FOTOSINTEZA

Fotosinteza je vrsta presnovnih reakcij, pri katerih rastline pretvorijo svetlobno energijo v kemijsko (v energetsko bogate molekule ter reducente; svetlobne reakcije fotosinteze), to pa nato porabijo za pretvorbo CO_2 v sladkor (ogljikove reakcije fotosinteze). Ob tem se ob oksidaciji vode sprošča kisik (O_2).

Zmanjšanje vode v tleh povzroči omejitve fotosinteze, ki so rezultat zmanjšane prevodnosti rež in nezadostne količine CO_2 – fotosinteznega substrata v listu (stomatalna inhibicija fotosinteze). Kadar je fotosinteza zmanjšana zaradi drugih vzrokov, npr. zmanjšane učinkovitosti svetlobnih reakcij, govorimo o nestomatalni inhibiciji fotosinteze. Nestomatalna inhibicija je v primerjavi s stomatalno veliko bolj zapletena in se pojavlja v večjem obsegu (Farooq in sod., 2009; Kolenc, 2017). Lahko nastane zaradi fotoinhibicije, zmanjšane aktivnosti in/ali vsebnosti encimov in sprememb metabolizma. Ob pomanjkanju vode v rastlini se lahko zmanjša aktivnost encima Rubisco (ribuloza-1,5-bifosfat-karboksilaza/oksigenaza) (Taiz in Zeiger, 2010).

V poskusu, izvedenem v Dekanih (Slovenska Istra) med rasto sezono v letu 2016 pri sorti 'Istrska belica', je bilo dokazano, da so bila namakana in nenamakana (namakalni obroki enaki 15, 33, 40 in 100-odstotni potencialni evapotranspiraciji) drevesa fotosintezno



Slika 10: Neto fotosinteza ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) različno namakanih dreves v poskusnem nasadu oljk na lokaciji Dekani v letu 2016 (Vodnik in sod., 2017).

najaktivnejša v spomladanskem času oz. v zgodnjem poletju (slika 10). Največjo povprečno vrednost neto fotosinteze (razlika med fotosintezo in dihanjem), $16,3 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, so imela drevesa z namakalnim obrokom enakim 40 % potencialne evapotranspiracije ob koncu maja, ko so tudi druga drevesa dosegala najvišje vrednosti, ki niso bile nižje od $12,7 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (nenamakana drevesa). Primerljive najvišje vrednosti neto fotosinteze $12\text{--}20 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ so izmerili tudi Angelopoulos in sodelavci (1996) ter Gucci in sodelavci (2012). Najmanjša fotosintezna aktivnost je bila izmerjena pri nenamakanih drevesih avgusta. Znašala je le $1,2 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, medtem ko je bila pri drevesih z namakalnim obrokom, enakim 100-odstotni potencialni evapotranspiraciji, 4-krat tolikšna, kar pa vseeno predstavlja le $1/3\text{--}1/2$ fotosintezne aktivnosti, izmerjene v delu poletja, ko ni bilo suše. Nenamakana drevesa lahko ob visokih poletnih temperaturah in nizki zračni vlagi dosegajo tudi negativne vrednosti neto fotosinteze, kar pomeni, da drevesa več dihajo kot fotosintetizirajo. V rastni sezoni leta 2016 je bila v Dekanih ugotovljena dobra povezanost fotosinteze z vsebnostjo vode v tleh, z vodnim potencialom rastline in prevodnostjo listnih rež. Negativna korelacija fotosinteze in prevodnosti listnih rež potrjuje stomatalno inhibicijo fotosinteze. Poleg tega je bilo z meritvami fluorescence ugotovljeno, da se fotosinteza pri manj namakanih drevesih med močno sušo zmanjša tudi zaradi nestomatalne inhibicije (Gačnik, 2016; Vodnik in sod., 2017).

Sušni stres lahko v kombinaciji z veliko jakostjo sončnega obsevanja (rastlina absorbira več sončne energije, kot je lahko izkoristi) poškoduje fotosintezni aparat (Abdallah in sod., 2017; Taiz in Zeiger, 2010). Zato je oljka, ki uspeva na izjemno sončnih rastiščih, razvila fizikalne mehanizme (npr. spremembe orientacije listov glede na vir svetlobe) in morfološke prilagoditve (npr. liste z majhno površino, voščeno povrhnjico listov, poraščenost spodnje ploskve lista z laski itd.), s katerimi se lahko zaščitijo pred škodljivimi učinki svetlobe. Oljka je za zaščito pred svetlobo in oksidativnim stresom, ki ga povzročijo reaktivne kisikove spojine (ROS – reactive oxygen species) razvila tudi antioksidativni obrambni mehanizem, pri katerem prihaja do povečane sinteze karotenoidov, ki imajo pomembno vlogo pri zaščiti fotosinteznega aparata pred fotooksidativnim stresom (Abdallah in sod., 2017). V času sušnega stresa sta bila za oljko dokazana tudi večja aktivnost antioksidativnih encimov in kopičenje drugih spojin, kot so fenolne spojine (Dias in sod., 2019; Tomažič, 2019) in tokoferoli (Bacelar in sod., 2006; Bacelar in sod., 2007; Abdallah in sod., 2017).

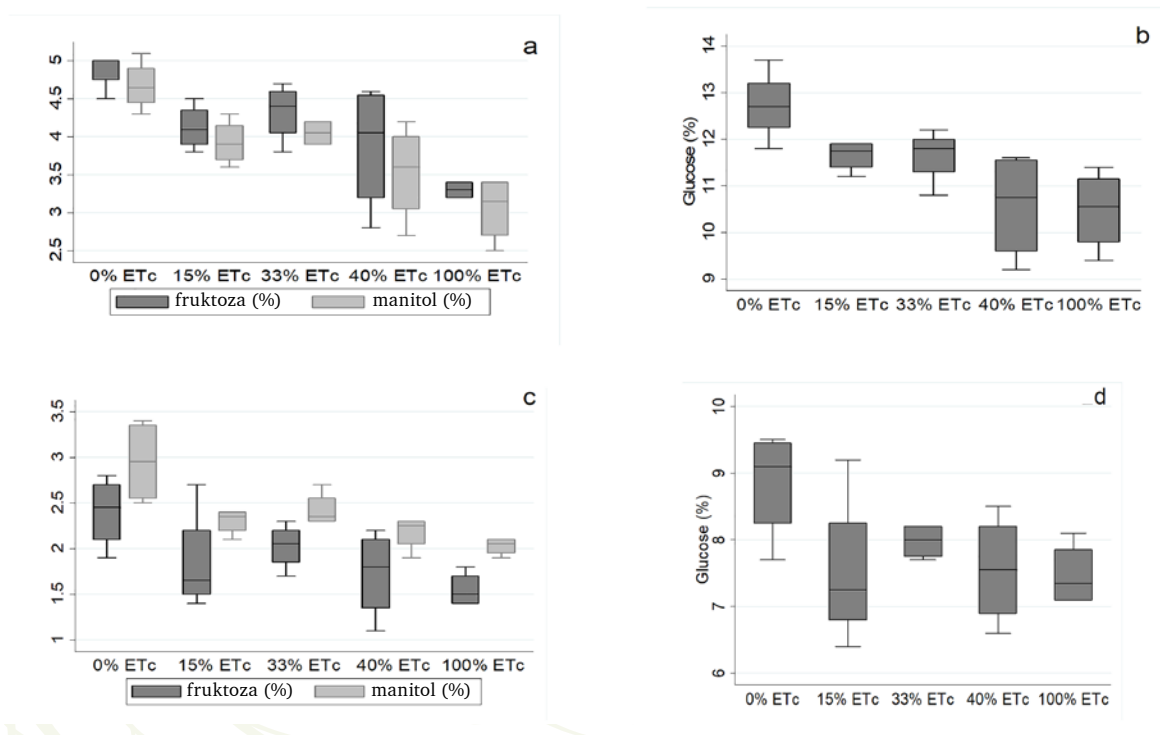
AKUMULACIJA METABOLITOV V PLODOVIH

Sladkorje, ki nastanejo pri fotosintezi, rastlina uporablja za izgradnjo različnih biomolekul, presnovo in kot vir energije (celično dihanje), pretvarja jih lahko v založne snovi (npr. škrob, maščobe) in z njimi gradi celične strukture. Sladkorji se po floemu premeščajo

na mesta porabe (alokacija) v obliki stahioze in sladkornega alkohola manitola (Flora in Madore, 1993).

Primarni metaboliti – sladkorji, sladkorni alkoholi

Ogljikovi hidrati v plodu oljke odražajo pritek primarnih metabolitov fotosinteze (sladkorji, sladkorni alkoholi) iz listja do plodov in služijo kot vir za biosintezo maščobnih kislin, ki se vežejo v triacilglicerole, ki so glavni gradniki maščobe oljčnega olja. Glavni predstavniki sladkorjev in sladkornih alkoholov v listih so manitol, glukoza in fruktoza (Seyyednejad in sod., 2001). Čeprav se lahko koncentracije posameznih sladkorjev med dozorevanjem oljke povečujejo ali zmanjšujejo, se v splošnem koncentracija skupnih sladkorjev med dozorevanjem zmanjšuje (Marsilio in sod., 2001, Jemai in sod., 2009). Padec vsebnosti sladkorjev (glukoze, fruktoze, saharoze) in sladkornih alkoholov (manitola) med procesom zorenja od septembra do novembra je bil zabeležen tudi med rastno sezono 2015 v Dekanah v listih in plodovih sorte 'Istrska belica' pri nenamakanih in različno namakanih drevesih (namakalni obroki enaki 15, 33, 40 in 100-odstotni potencialni evapotranspiraciji) (Miklavčič Višnjevec in sod., 2016) (slika 11). Navedene študije potrjujejo kompleksnost dinamike sladkorjev in sladkornih alkoholov v procesu dozorevanja oljk v odvisnosti od sorte ter podnebnih in okoljskih vplivov (Martinelli in sod., 2013).



Slika 11: Dinamika vsote vsebnosti sladkorjev (glukoze, fruktoze, saharoze) in alkohola manitola v plodovih sorte 'Istrska belica' v sezoni 2015 med zorenjem v poskusnem nasadu v Dekanah pri različnih namakalnih režimih (Miklavčič Višnjevec in sod., 2016).

Sekundarni metaboliti – biofenoli

Fenolne spojine (biofenoli) so sekundarni metaboliti ter so v obdobju rasti oljke in dozorevanja oljčnih plodov tesno povezani s procesi tvorbe sterolov, maščobnih kislin, sladkorjev in sladkornih alkoholov. Na vsebnost biofenolov v oljčnem olju vplivajo genetska osnova, pedopodnebnne razmere pridelave, agronomske tehnologije, dozorevanje plodov in seveda tehnologija predelave. Najprezentativnejše biofenolne spojine v oljках lahko razdelimo v več skupin: v enostavne fenole, lignane in sekoiridoide (sekoiridoide glukoze) (Bučar-Miklavčič in sod., 2016).

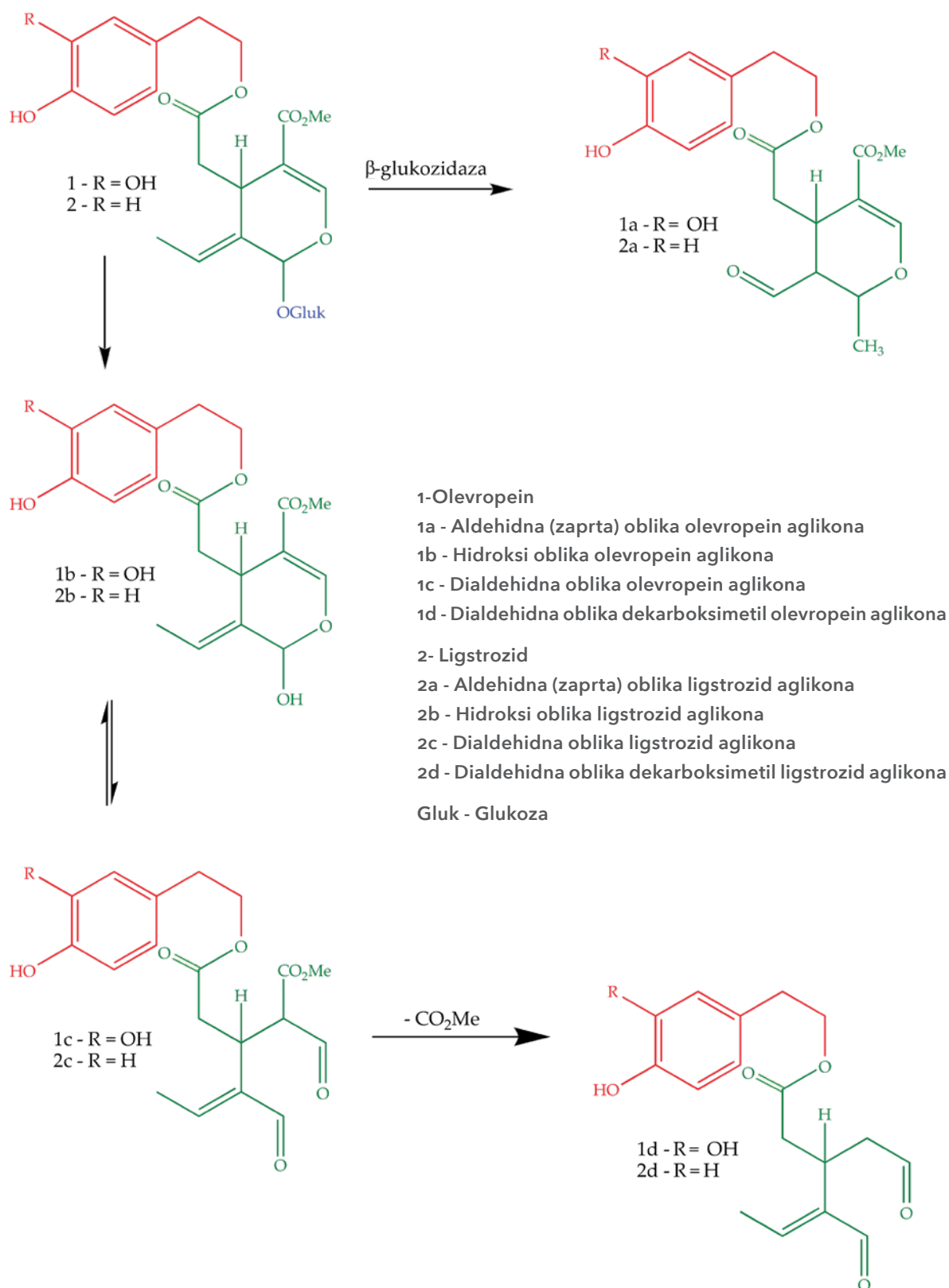
Pretvorbene oblike dveh glavnih sekoiridoidnih glukozeidov oljčnih plodov (**ligstrozida** in **oleuropeina**) dajejo deviškim oljčnim oljem značilno aromo in okus. Ligstrozid in oleuropein, ki ju vsebujejo sveži plodovi, lahko zaradi poškodb plodov pri obiranju ali predelavi vstopita v tri mogoče pretvorbene-reakcijske mehanizme. Prva dva sta encimska, poteče kemijska pretvorba do **aldehidne** (zaprte) oblike oleuropein in ligstrozid aglikona oziroma do **hidroksi** oblike oleuropein in ligstrozid aglikona. Tretji mehanizem je antioksidativen razpad, ko oleuropein in ligstrozid praktično ščitita oljke, oljčno drozgo ali predelano olje pred škodljivimi avtooksidativnimi spremembami. Pretvorba nastalega **oleuropein aglikona** do nadaljnjih kemijskih oblik - dialdehidne oblike oleuropein aglikona (O-Agl-dA) in prevladujoče **dialdehidne oblike dekarboksimetil oleuropein aglikona (DMO-Agl-dA)** (slika 12) je postopna in spremlja pravilno predelano in primerno skladiščeno olje vso njegovo življenjsko dobo. Podobne pretvorbe veljajo za ligstrozid aglikon (L-Agl-dA in DML-Agl-dA). **Vse dokler sekoiridoide ne zreagirajo do svojih končnih oblik – aromatskih alkoholov tirozola (nastane iz ligstrozida) in hidroksitirozola (nastane iz oleuropeina), so olja lahko senzorično bogata in skladna.** Ko se pretvorbena pot približa koncu, v olju prevladuje tirozol, ki znatno manj ščiti olje od hidroksitirozola. Skupna vsebnost predvsem sekoiridoidnih fenolnih spojin se od letine do letine zelo spreminja. Značilnost dobrih deviških oljčnih olj je, da se kljub morebitni nižji vsebnosti skupnih fenolnih snovi deleži glavnih sekoiridoidov – DMO-Agl-dA, DML-Agl-dA, O-Agl-dA in L-Agl-dA – ostajajo v glavnem nespremenjeni, zato je spremljanje deležev kompleksnih biofenolov pomembno za ugotavljanje kakovosti oljčnega olja (Bandelj in sod., 2005).

Dialdehidno obliko dekarboksimetiloleuropein aglikona (DMO-Agl-dA) poenostavljeno poimenujejo oleacein. Zanj je značilno, da je povezan z grenkim okusom olja, medtem ko je pikantnost olja odvisna od vsebnosti oleokantala oziroma dialdehidne oblike dekarboksimetilligstrozid aglikona DML-Agl-dA (Demopoulos in sod., 2015). Za olja vrhunske kakovosti se zahtevajo usklajeni zažvižgi grenkobe in pikantnosti ter čim širši spekter intenzivnih arom.

Petridis in sod. (2012) so raziskovali biofenole v listih oljk grških sort 'Gaidourelia', 'Kalamon', 'Koroneiki' in 'Magaritiki', izpostavljenih različnim deficitarnim vodnim režimom. Pomanjkanje vode je induciralo akumulacijo biofenolov, predvsem za oljko pomembnega







Slika 12: Shema pretvorb olevopeina in ligstrozida (povzeto po Rovellini in Cortesi, 2002).

oleuropeina. Prav tako so v različnih raziskavah ugotovili, da se vsebnost biofenolov v vzorcih plodov z večanjem namakalnega obroka zmanjšuje (Caruso in sod., 2014; D'Andria in sod., 2009; Naczk in Shahidi, 2004; Tovar in sod., 2001a; Tovar in sod., 2001b; Lodolini in sod., 2014).

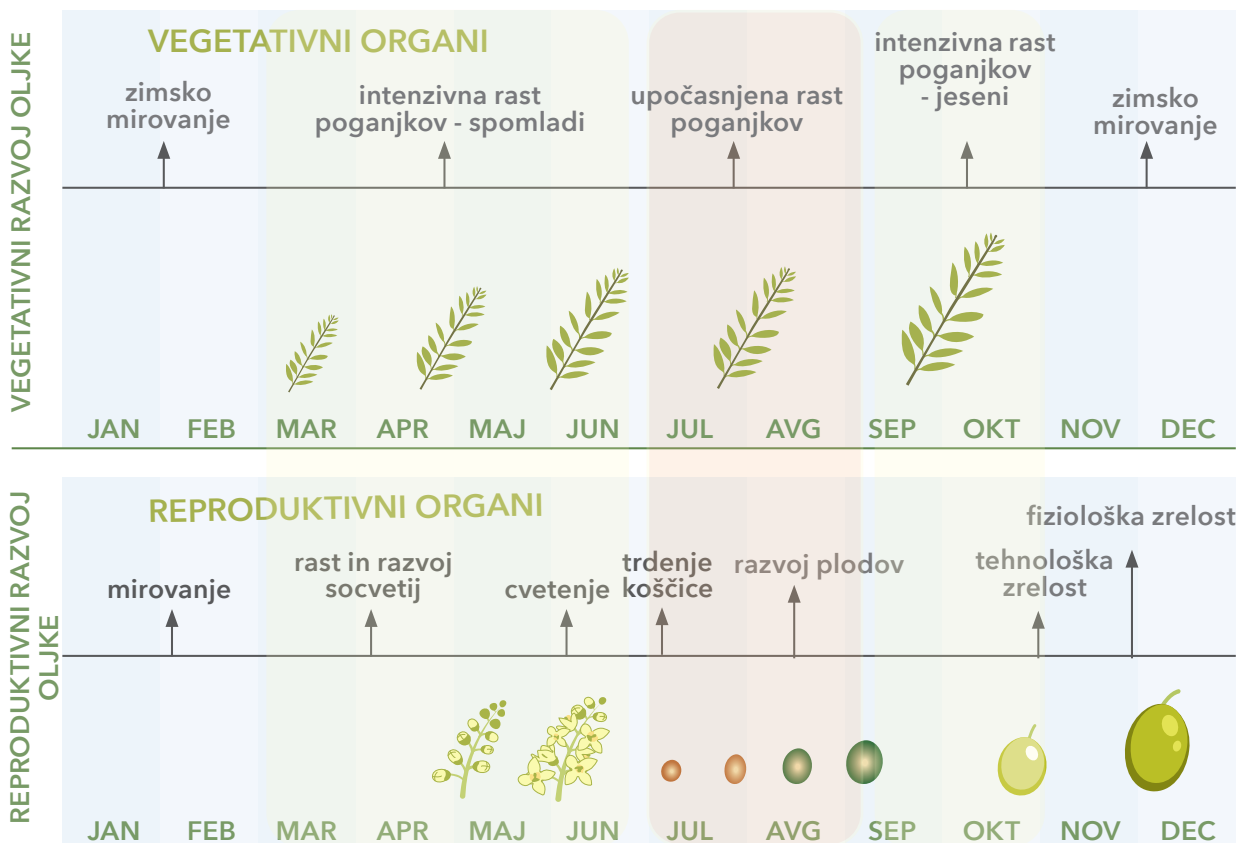
Sušni stres med vegetativnim in reproduktivnim razvojem oljk

Letni vegetativni in reproduktivni razvoj oljk (razvojne faze ali fenološke faze oljk) je močno odvisen od lokalnih okoljskih pogojev, lastnosti tal, razpoložljivosti vode v tleh in lastnosti izbrane sorte. Čeprav v splošnem velja, da so sorte, ki izvirajo z bolj sušnih območij, nekoliko bolj odporne na sušni stres kot tiste, ki izvirajo z vlažnejših območij, je sortna toleranca na sušo najbolj odvisna od mehanizma/strategije, ki ga je izbrana sorta razvila za ohranjanje dobrega stanja vode v času sušnega stresa (Bacelar in sod., 2007). Petridis in sodelavci (2012) so na podlagi proučevanja grških sort ugotovili, da sorta 'Gaidourelia' izkazuje večjo vsebnost fenolnih spojin, večjo antioksidativno aktivnost in manj poškodb fotosinteznega aparata zaradi fotooksidativnega stresa kot sorte 'Kalamon', 'Koroneiki' in 'Magaritiki'. Medtem ko je bilo za portugalsko sorto 'Madural' ugotovljeno, da ima bolj razvite morfološke prilagoditve (izjemno debela povrhnjica na zgornji strani lista in izjemna gostota listnih rež na spodnji strani lista) kot antioksidativne obrambne mehanizme (Bacelar in sod., 2006).

Oljke so kljub boljši ali slabši prilagojenosti na sušne razmere med sušnim stresom prisiljene omejiti presnovne procese, kar negativno vpliva na rast poganjkov, razvoj plodov in akumulacijo olja (Gucci in sod., 2012; El-Kholy, 2010; Sala in sod., 2019; Gómez in Gracia, 2020; Orgaz in sod., 2017; Lavee, 1996 (preglednica 1). Odziv rastline na sušni stres je odvisen tudi od njene razvojne faze in občutljivosti na vodni primanjkljaj (preglednica 1).

Preglednica 1: Vpliv vodnega primanjkljaja na vegetativni in reproduktivni razvoj, biosintezo in akumulacijo olja ter tvorbo fenolnih spojin.

Mesec	Razvojna faza BBCH–ključ	Vpliv vodnega primanjkljaja na vegetativni in reproduktivni razvoj, biosintezo in akumulacijo olja ter tvorbo fenolnih spojin	Občutljivost na vodni primanjkljaj
januar	mirovanje/dormanca		neobčutljiva
februar			
marec			
april	BBCH 0–09 razvoj brstov	· slabši razvoj brstov	občutljiva, če je vsota padavin jesensko-zimskega obdobja manjša od 500 mm
	BBCH 11–19 razvoj listov		
maj	BBCH 31–37 razvoj poganjkov	· zmanjšana rast poganjkov · manjši listi – manjša skupna listna površina · manj zelene listne mase, kar vpliva na manjšo fotosintezo in transpiracijo	
	BBCH 50–59 razvoj socvetji	· nepopoln razvoj cvetov · zmanjšano število cvetov	
	BBCH 60–69 cvetenje in nastavek plodov	· slabše odpiranje cvetnih brstov, kar zmanjšuje možnost oprave in oplodnje · večja možnost razvoja partenokarpnih plodov (nastanek plodov brez oploditve) · sušenje oplojenih in neoplojenih plodnic · slabši nastavek plodov	
junij	BBCH 70–71 razvoj plodov – delitev celic (takoj po oploditvi)	· zmanjšana velikost ploda (manjše število celic na plod) · intenzivno trebljenje plodičev (12–25 dni po polnem cvetenju)	
	BBCH 71–74 razvoj plodov – rast celic – predvsem razvoj koščice (endokarp) začetek trdenja koščice začetek indukcije cvetnih brstov za naslednje leto	· zmanjšana velikost ploda (manjša velikost celic v plodu) · slabša rast poganjkov in manj cvetnih brstov za naslednje leto	zelo občutljiva
julij	BBCH 75 razvoj plodov – konec trdenja koščice – koščica in seme dosežeta svojo končno velikost	· povečana vsebnost fenolnih spojin	ni preveč občutljiva
	BBCH 75–79 razvoj plodov – rast celic mesa (mezokarpa) zaradi sinteze in akumulacije olja (lipogeneza) 10 dni po trdenju koščice	· zmanjšana velikost ploda (manjša velikost celic v plodu) · manjša vsebnost olja · odpadanje plodov · manj cvetnih brstov v naslednjem letu · manjše razmerje med mesom in koščico · zmanjšana vsebnost fenolnih spojin	zelo občutljiva
avgust			
september	zrelost plodov	· krajši čas zorenja · hitrejšo obarvanje plodov · lažja ekstrakcija olja zaradi manjše količine vode	ni preveč občutljiva
oktober		· slabša rast poganjkov in manj cvetnih brstov za naslednje leto	neobčutljiva
november			
december	mirovanje/dormanca		



Slika 13: Letni cikel oljke.

SUŠNI STRES IN VEGETATIVNI RAZVOJ OLJK

Vegetativna rast se začne v pomladnih mesecih, ko se končajo nizke temperature in pojavijo temperature nad 12 °C. Če se takrat pojavi primanjkljaj vode v tleh, lahko negativno vpliva na vegetativno rast, kar se kaže v krajših poganjkih, manjših listih, manjši skupni listni površini, posledično pa tudi v zmanjšani stopnji fotosinteze in manjši tvorbi ogljikovih hidratov. Rast poganjkov se upočasni v času oplodnje, trdenja koščice oziroma ko temperatura zraka preseže prag 30 °C (Mezghani in sod., 2012). Po oplodnji in tvorbi plodičev postanejo hitro rastoči plodovi konkurenčni poganjkom pri preskrbi s hranili. Ponovna intenzivna rast poganjkov se vzpostavi v jesenskih mesecih, ko se temperature zraka znižajo in je voda v tleh dostopnejša (Fernández, 2014).

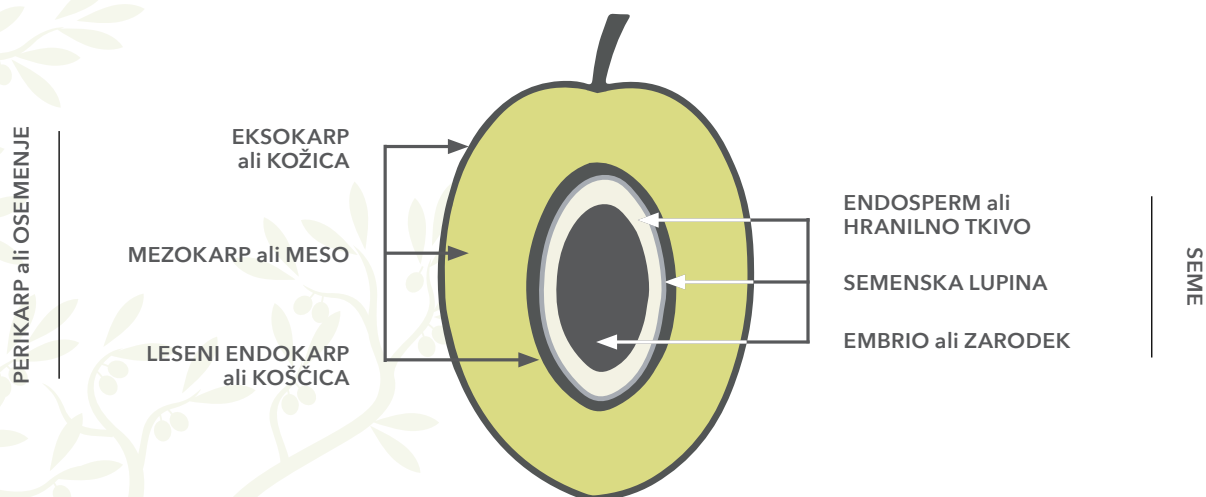
SUŠNI STRES, INDUKCIJA IN DIFERENCIACIJA CVETNIH BRSTOV, CVETENJE IN OPLODNJA

Nekateri avtorji ugotavljajo, da je ne glede na velikost pridelka in dolžino poganjka razvoj socvetij in cvetov močno odvisen od prisotnosti sušnega stresa pred in med cvetenjem (Orgaz in sod., 2017). Cvetovi oljk so združeni v socvetja, ki se razvijejo na poganjkih iz prejšnjega leta (Lavee, 1996). Število cvetov je odvisno od števila socvetij in brstov, ki se bodo razvili v cvetne brste. Indukcija in diferenciacija cvetnih brstov se začne že v poletnih mesecih predhodnega leta (v času trdenja koščice), nanju pa vplivajo kondicija drevesa in tudi trenutno število plodičev na drevo, vremenske razmere in primanjkljaj vode v tleh (Fernández-Escobar in sod. 1992; Fernández, 2014).

Morfološke razlike med vegetativnimi in rodnimi brsti so v notranjosti brsta vidne že v jesenskem času, vendar so navzven opazne šele spomladi (dva meseca pred cvetenjem) z razvojem cvetnih brstov. Spomladi se razvijejo socvetja, v katerih so prisotni popolni (hermafroditski) in nepopolni (sterilni) cvetovi z degeneriranim pestičem. Število nepopolnih cvetov, iz katerih se ne razvijejo plodovi, je lahko sortno pogojeno (Rosati in sod. 2011) ali odvisno od pomanjkanja vode in razpoložljivosti hranil v tleh (Uriu, 1960).

Sušni stres, ki se pojavi v času razvoja socvetij, vpliva na nepopoln razvoj cvetov (Rapoport in sod., 2012), medtem ko v fazi cvetenja ovira odpiranje cvetnih brstov, kar zmanjšuje možnost opráševanja in oplodnje. Gucci in sod. (2012) navajajo, da sta procesa cvetenja in oplodnje pri nenamakanih oljkah zelo občutljiva na vodni primanjkljaj v letih, ko so padavine v zimskih mesecih omejene. Z dodajanjem vode med oblikovanjem socvetij in cvetov, oploditvijo in začetno fazo razvoja plodov lahko povečamo število plodov na socvetje in gostoto plodov na poganjek (Grattan in sod., 2006).

Opráševanje in oplodnja sta lahko močno omejena tudi zaradi močnega vetra, dežja, visokih temperatur in toplih vetrov, ki lahko izsušijo pelod (cvetni prah) in brazdo pestiča (Connor in Fereres, 2005). Griggs in sod. (1975) ter Fernandez-Escobar in sod. (1983) navajajo, da temperatura zraka, ki je višja od 30 °C, zavira kalitev peloda. Pri tem pa Bonofiglio in sod. (2008) poudarjajo, da nevihte in intenzivne kratkotrajne padavine ne vplivajo na oplodnjo, saj se količina cvetnega prahu nekaj ur po vremenskem dogodku vrne na predhodno koncentracijsko raven. Proces oplodnje je oviran, če je dnevnih padavin več kot 8 mm in deževje v času cvetenja traja več dni. Mezghani in sod. (2012) navajajo, da ob abiotičnih dejavnikih na odstotek oplodnje vplivajo tudi sorte značilnosti. Dokazali so, da se delež oplodnje povečuje z zmanjševanjem števila cvetov na dolžino poganjka.



Slika 14: Plod oljke (Calabriso in sod., 2015).

SUŠNI STRES, RAZVOJ PLODOV IN AKUMULACIJA OLJA

Oljni plod (slika 14) je sestavljen iz perikarpa (osemenje) in semena. Perikarp je sestavljen iz eksokarpa ali kožice, ki je stavljenja iz več plasti, in mezokarpa ali mesa, ki je sestavljen iz parenhimatskih celic, bogatih z oljem, ter endokarpa ali koščice. Olje je v mezokarpu (15–30 % olja) in endospermu ali hranilnem tkivu (2–4 % olja) (Zeb in Murkovic, 2011).

Razvoj ploda oljke traja 4–5 mesecev in poteka v petih glavnih razvojnih fazah. Prva faza vključuje oploditev in zasnovo plodu. Zanj je značilna hitra delitev celic in pospešena rast embria (semena). Če se med delitvijo celic pojavi primanjkljaj vode, le ta vpliva na manjše število celic in na manjšo končno velikost ploda (Gucci in sod., 2012). Sušni stres lahko v tej fazi razvoja vpliva tudi na intenzivnejše trebljenje (odpadanje) plodičev, ki je najštevilčnejše 12–15 dni po polnem cvetenju (Fernández, 2014; Vesel in sod., 2020).

Sledi druga faza, za katero je značilna hitra rast plodu (predvsem endokarpa – koščice), ki je posledica hitre delitve in tudi rasti celic. Delitev in rast celic se lahko ob primanjkljaju vode občutno zmanjšata, kar vpliva na končni volumen in maso ploda. V tej razvojni fazi je mogoče opaziti tudi začetek trdenja koščice in diferenciacije cvetnih brstov za naslednje leto, zato je primerna oskrba z vodo v tem času izjemno pomembna (Gucci in sod., 2012). Hkrati je treba opozoriti, da lahko zmerni sušni stres zmanjša rast koščice ter v času dozorevanja izboljša razmerje med mesom in koščico (Gucci in sod., 2007).

V tretji fazi, ki se pojavi 45–60 dni po oploditvi, pride do otrditve koščice in rast ploda se upočasni, saj se celice endokarpa nehajo deliti in otrdijo. Koščica in seme dosežeta svojo končno velikost (Lavee in Wodner, 1991). Če v tretji razvojni fazi rastlini močno primanjkuje

vode, to ne vpliva negativno na končno količino pridelka, lahko pa pozitivno vpliva na kopičenje fenolnih spojin. Večje kopičenje fenolnih spojin je mogoče opaziti, ko je vodni potencial rastline pod $-2,9$ MPa in je rastlina v močnem sušnem stresu, medtem ko lahko manjše kopičenje fenolnih spojin opazimo pri vodnem potencialu rastline nad $-2,0$ MPa (Gómez in Gracia, 2020).

V četrti razvojni fazi, ki se običajno začne deset dni po doseženi končni velikosti koščice in semena, se začnejo rast plodov s povečanjem celic mezokarpa (mesa) ter biosinteza in akumulacija olja v koščici (endokarpu) in mesu (mezokarpu) ploda – imenovana tudi lipogeneza (tj. nastajanje maščob iz ogljikovih hidratov). Akumulacija olja v endokarpu (koščici) se zelo hitro konča in traja le 10 tednov. V mezokarpu (mesnatem delu ploda) pa akumulacija olja poteka počasneje in lahko traja tudi več kot 20 tednov (Lavee in Wodner, 1991). Če se sušni stres pojavi v začetku četrte razvojne faze, ne vpliva na vsebnost fenolnih spojin, medtem ko v obdobju intenzivnega povečanja celic mezokarpa in akumulacije olja sušni stres negativno vpliva na vsebnosti fenolnih spojin in akumulacijo olja oziroma delež olja na suho snov v času obiranja pridelka. Hkrati sušni stres negativno vpliva tudi na končno velikost plodov (slika 15) ter manjše in slabše razmerje med mesom in koščico (Gucci in sod., 2007; El Kholly, 2010; Gómez in Gracia, 2020). Pri tem je treba poudariti, da ima lahko zmerni sušni stres na akumulacijo olja tudi obraten učinek (Gucci in sod., 2012). Nekateri avtorji celo navajajo, da je koncentracija olja pri oljkah, ki so izpostavljene zmernemu sušnemu stresu, večja kot pri oljkah, ki so optimalno oskrbovane z vodo in niso izpostavljene sušnemu stresu.

Vpliv deficitnega načina namakanja na vegetativno rast ter količino in kakovost pridelka

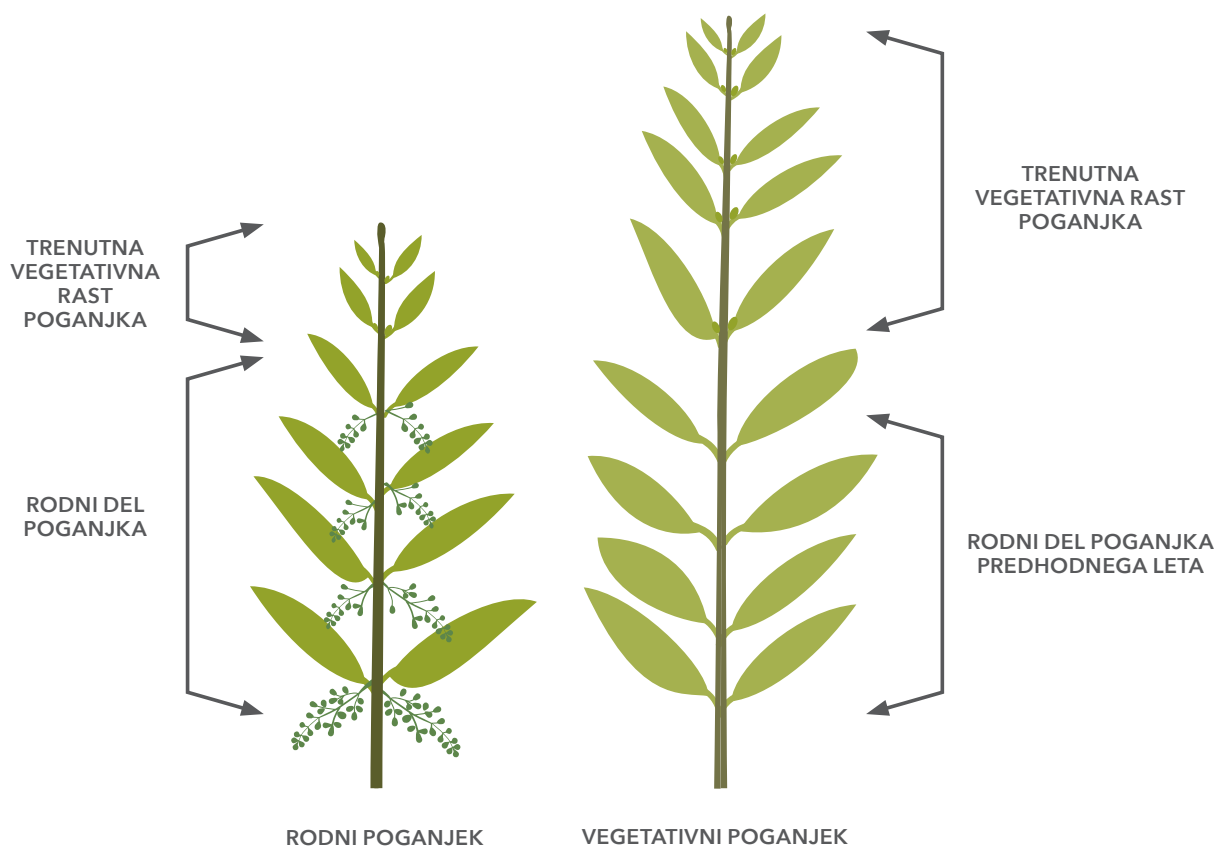
VPLIV DEFICITNEGA NAČINA NAMAKANJA NA VEGETATIVNO RAST

Ustrezno dodajanje vode med rastno dobo lahko zagotovi večji prirast debla. Rezultati poskusa namakanja sorte 'Cobrancosa' na Portugalskem (Fernandes-Silva in sod., 2010) in izsledki proučevanja vpliva namakanja na sorto 'Istrska belica' v Slovenski Istri (Podgornik in sod., 2017) so pokazali, da je povprečen prirast obsega debla znatno manjši pri nenamakanih drevesih (letni povprečni prirast debla sorte 'Cobrancosa' in 'Istrska belica': 13 %) kot pri drevesih, izpostavljenih različnim namakalnim režimom (povprečen prirast debla sorte 'Cobrancosa': 25 % pri 100 % ETc, 20 % pri 30 % ETc; povprečen prirast debla sorte 'Istrska belica': 32 % pri 100 % ETc; 32 % pri 66 % ETc; 29 % pri 33 % ETc). Podobni rezultati so bili ugotovljeni tudi v raziskavi proučevanja vpliva namakanja na rast poganjkov. Grattan in sod. (2006) so ugotovili, da je bil povprečen prirast poganjka pri sorti 'Arbequina' pri manjših obrokih namakanja za polovico manjši kot pri večjih.

Rast poganjkov in velikost listov sta sicer sortno pogojeni in močno odvisni od starosti in bujnosti rastline ter okoljskih parametrov, vendar so izsledki proučevanja vpliva namakanja na sorte 'Chetoui', 'Chemlali', 'Coratina', 'Picholine' in 'Manzanilla' v Tuniziji (Aïachi-Mezghani in sod., 2012) pokazali, da na vegetativno rast oljk vplivajo tudi velikost namakalnega obroka, obremenitev drevesa in količina pridelka. Številni avtorji navajajo, da je v letih z veliko količino pridelka in veliko obremenitvijo dreves zmanjšana rast poganjkov (Lavee in sod., 1999; Melgar in sod., 2008; Martín-Vertedor in sod. 2011) (slika 16). Posledično se zmanjšata število socvetij in pridelek v naslednjem letu. Manjša vegetativna rast oz. stopnja rasti poganjkov pri večji obremenitvi drevesa in večja vegetativna rast pri manjši obremenitvi drevesa vplivata na nihanje količine pridelka med leti (izmenična rodnost), ki jo kljub optimalni velikosti namakalnega obroka (100 % ETc) ne moremo popolnoma odpraviti (Pierantozzi in sod., 2013).



Slika 15: Plodovi iz deficitno namakalnih (zgoraj) in nenamakalnih (spodaj) dreves sorte 'Istrska belica' v letu 2020.



Slika 16: Primerjava rasti poganjka v letih, ko je vegetativna rast manjša in obremenitev drevesa večja (leva) ter ko je vegetativna rast večja obremenitev drevesa pa manjša (desna) (Lavee, 2015).

VPLIV DEFICITNEGA NAČINA NAMAKANJA NA KOLIČINO PRIDELKA

Številne raziskave namakanja oljk so pokazale, da se pridelok oljk linearno povečuje s količino dodane vode (Patumi in sod., 1999; Melgar in sod., 2008; Moriana in sod., 2003; Gómez-Rico in sod., 2007; Ahmed in sod., 2007). Rezultati poskusa namakanja sorte 'Cornicabra' na jugu Španije (Gómez-Rico in sod., 2007) in izsledki proučevanja vpliva namakanja na sorto 'Chemlali' v Tuniziji (Ahmed in sod., 2007) so pokazali, da lahko z deficitnim namakanjem oljk dosežemo do 35 % več pridelka, saj so pri nenamakanih drevesih zabeležili manj pridelka ('Cornicabra' –39 kg/drevo; 'Chemlali' –26 kg/drevo) kot pri drevesih, ki so bila različno namakana ('Cornicabra' –52–53 kg/drevo; 'Chemlali' –35–37 kg/drevo). Med različnimi namakalnimi režimi ni bilo statistično značilnih razlik. Podobni rezultati so bili ugotovljeni tudi v raziskavi vpliva namakanja na pridelok oljk sorte 'Istrska belica' v Slovenski Istri, v kateri je bilo dokazano, da je pridelka pri deficitnem načinu namakanja z namakalnim obrokom 33 % ETc (23 kg/drevo) za 25 % več kot pri kontrolni skupini, kjer se voda ni dodajala (17 kg/drevo). Povprečno več pridelka (32 kg/drevo) kot pri kontrolni skupini je bilo



ugotovljeno tudi pri namakalnemu obroku 100 % ETc (Podgornik in sod., 2012b; Podgornik in sod., 2017).

Z večanjem količine dodane vode se poleg pridelka povečuje tudi število plodov na drevo (Tognetti in sod., 2006; Grattan in sod., 2006) ter zmanjšuje zrelostni indeks plodov in akumulacija olja v njih (Gómez-Rico in sod., 2007; Grattan in sod., 2006). Rezultati raziskav Patumi in sod. (2002), Fernandes-Silva in sod. (2010) ter Podgornik in sod. (2012a) so pokazali, da lahko največjo vsebnost olja v plodovih pri sortah 'Kalamata', 'Cobrançosa' in 'Istrska belica' dosežemo z namakalnim obrokom 33 oz. 66 % ETc. Nekateri avtorji zaključujejo, da je ekstrakcija olja iz plodov optimalno namakanih dreves (100 % ETc), ki zaradi pomanjkanja sušnega stresa dozoriijo pozneje in imajo večjo vsebnost vode kot olja, težja kot iz plodov, ki so izpostavljeni zmernemu sušnemu stresu in dozoriijo prej (Fernandes-Silva in sod., 2010) (slika 17). Zaradi poznejšega dozorevanja in težje ekstrakcije olja iz plodov optimalno namakanih dreves (100 % ETc) Grattan in sod. (2006) priporočajo, naj se pridelki, izpostavljeni sušnemu stresu, poberejo pred pridelki dreves, ki so optimalno oskrbljeni z vodo.



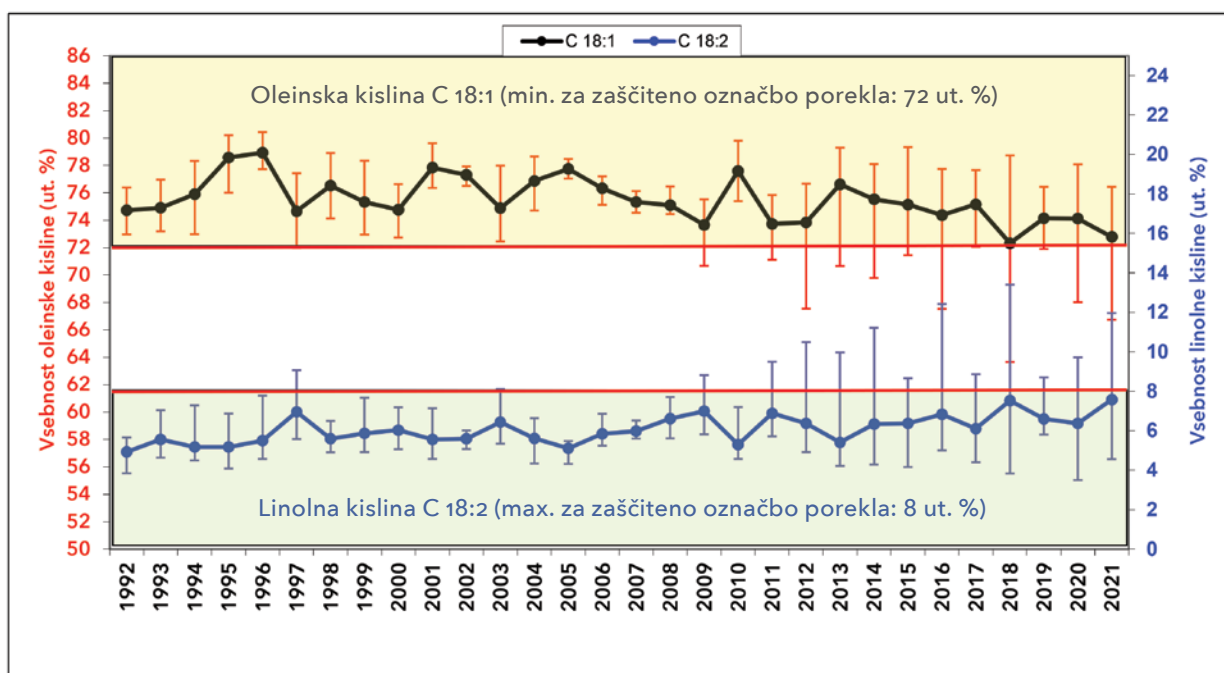
Slika 17: Plodovi namakanih (levo) in nenamakanih (desno) dreves sorte 'Leccino' ob obiranju.

VPLIV NAMAKANJA NA KAKOVOST PRIDELKA

Slovenija nima nacionalnega pravilnika o kakovosti oljčnega olja. Z vstopom v Evropsko unijo (EU) veljajo tudi za Slovenijo v EU predpisane metode in merila za kakovost in ugotavljanje potvorb oljčnega olja. Uredba 2568/91 predpisuje mejne vrednosti za te parametre kakovosti in pristnosti: kislost (vsebnost prostih maščobnih kislin, izražena kot vsebnost oleinske kisline, masni odstotek), peroksidno število (mekv O_2 /kg), spektrofotometrijska preiskava v UV-območju (K_{232} , K_{270} in ΔK), senzorična ocena in etilni estri maščobnih kislin (mg/kg). Številne raziskave se pokazale, da namakanje nima posebnega vpliva na peroksidno število in specifične koeficiente absorpcije v UV-območju (K_{232} , K_{270} in ΔK) (Servili in sod., 2009; Patumi in sod., 2002; Caruso in sod., 2014). Mnenja glede vpliva namakanja in vodnega deficita na maščobnokislinsko sestavo pa so deljena in neenotna (Patumi in sod., 2002; Servili in sod., 2009). Bučar-Miklavčič (2019) za Slovensko Istro navaja, da so se vsebnosti oleinske kisline v oljčnih oljih v zelo sušnem letu 2003 v povprečju zmanjšale za 4–5 masnega odstotnega deleža. Iz podatkov 2187 analiziranih vzorcev po letih je razvidno, da so manjše vsebnosti oleinske kisline značilne tudi za letnike 1997, 2009, 2011, 2012, 2018 in 2021, kar je mogoče pripisati neugodnim podnebnim razmeram (predvsem suši), kot je razvidno s slike 18. Pozneje so Valenčič in sodelavci (2016) leta 2015 na območju Slovenske Istre v Dekanih proučevali vpliv namakanja na maščobnokislinsko sestavo oljčnega olja sorte 'Istrska belica' in ugotovili, da ni bistvenih razlik v deležu oleinske kisline med optimalno namakanimi oljkami (75,61 masnega odstotka) in oljkami, ki so bila izpostavljene sušnemu stresu (75,45 masnega odstotka). Ugotovili pa so tudi, da so oljčna olja optimalno namakanih dreves imela manjšo vsebnost linolne kisline (5,98 masnega odstotka) kot olja, ki so bila pridelana iz oljk nenamakanih dreves (6,23 masnega odstotka).

Čeprav z namakanjem le redko vplivamo na spremenjeno maščobnokislinsko sestavo, lahko z dodajanjem vode zmanjšamo koncentracijo biofenolov, še posebej vsebnosti sekoiridoidnih glukozidov (ligstrozida in olevropeina), ki dajejo deviškim oljčnim oljem značilno aromo in okus (Gómez-Rico in sod., 2007; Grattan in sod., 2006; Tovar in sod., 2001). Rotondi in sodelavci (2004) so potrdili tudi povezavo med nižanjem stopnje grenkobe in pikantnosti z manjšimi vsebnostmi skupnih bifenolov. Vsebnost biofenolov v oljčnem olju je sortno pogojena in odvisna od podnebnih oziroma okoljskih razmer med procesom dozorevanja oljk. Čeprav biofenoli prispevajo k zaščiti lipidov v krvi pred oksidativnim stresom in tako preprečujejo bolezni srca in ožilja (Gómez-Rico in sod., 2007; Servili in sod., 2009), Podgornik in Bandelj (2015) navajata, da se lahko v izjemno sušnih letih pri sorti 'Istrska belica', za katero je že tako značilna visoka vsebnost biofenolov (> 450 mg/kg), grenkoba pojavi v tako močni intenzivnosti, da je oljčno olje, pridelano iz nje, izrazito neharmonično in potrošniku po okusu neprijetno kljub vedenju o njegovih pozitivnih učinkih na zdravje. Podgornik in sodelavci

(2017) so za sorto 'Istrska belica' izvedli študijo vpliva namakanja na velikost in kakovost pridelka in ugotovili, da je pridelava kakovostnega oljčnega olja sorte 'Istrska belica' na območjih s 416 mm padavin med rastno sezono sicer mogoča tudi brez dodajanja vode, vendar lahko z deficitnim načinom namakanja izboljšamo količino in kakovost pridelka. Hkrati Bučar-Miklavčič (2019) z nadgradnjo raziskave vpliva namakanja na kakovost oljčnega olja sorte 'Istrska belica' ugotavlja, da je z deficitnim načinom namakanja mogoče zagotoviti dovolj visoke vsebnosti biofenolov ter hkrati pozitivno vplivati na razmerje med biofenoli oleuropeinskega in ligstrozidnega izvora. O pozitivnem vplivu deficitnega načina namakanja na kakovost oljčnega olja sorte 'Istrska belica' poroča tudi Valenčič s sodelavci (2016), ki na podlagi senzorične ocene ekstra deviškega oljčnega olja, pridelanega iz plodov oljk, izpostavljenim različnim namakalnim režimom, ugotavlja, da so intenzivnosti sadežnosti, grenkobe in pikantnosti najbolj izražene v vzorcu olja, pridelanega iz oljk pri namakalnem obroku, enakem 30 % ETC. Podobno ugotavljajo tudi Berenguer in sodelavci (2006), ki navajajo, da so z zmernim namakalnim obrokom 30–40 % ETC dosegli najboljše senzorične značilnosti oljčnega olja, saj se je z večanjem dodane količine vode olje senzorično siromašilo.



Slika 18: Vsebnost oleinske in linolne kisline (ut. %) v oljčnih oljih iz Slovenske Istre po posameznih letnikih. Prikazane so povprečne (zelena in modra krivulja) ter minimalne in maksimalne določene vsebnosti (rdeče črte).

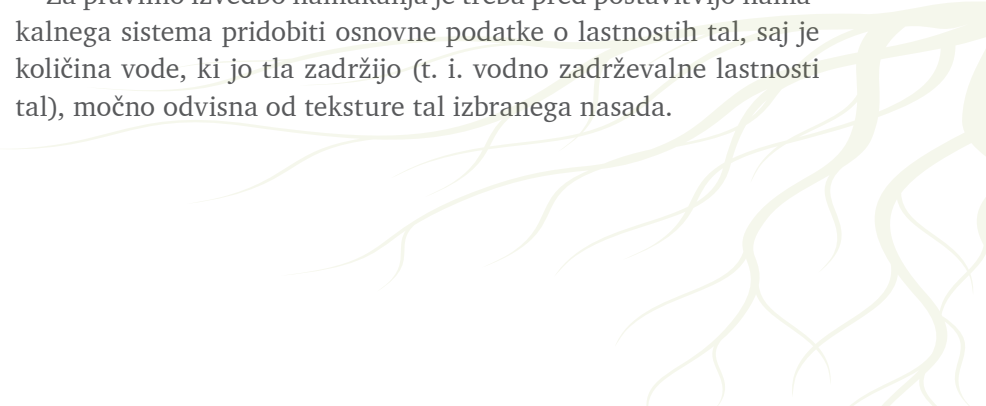




Tla in voda v tleh

Oljka lahko uspeva na različnih tipih tal (glinenih, ilovnatih, peščenih), vendar morajo biti ta dobro odcedna. Na območju jugozahodnega dela Slovenije so oljke zasajene na tleh (slika 19) z matično podlago mehkih karbonatnih kamenin. Če so se tla razvila na matični podlagi karbonatnih peščenjakov z apnenčastim vezivom, so tla lažja in imajo večji delež peščenih in meljastih delcev. Če so se razvila iz laporjev, pri katerih je delež gline večji, so tla težja. Globina tal je na takih podlagah zelo različna: manj kot 35 cm (zelo plitva tla), 35–50 cm (plitva tla), 50–70 cm (srednje globoka), 70–100 cm (globoka), več kot 100 cm (zelo globoka). Na sliki 19 so prikazani primeri srednje težkih do težkih tal na posameznih lokacijah v Slovenski Istri (Podgornik in sod., 2018).

Za pravilno izvedbo namakanja je treba pred postavitvijo namakalnega sistema pridobiti osnovne podatke o lastnostih tal, saj je količina vode, ki jo tla zadržijo (t. i. vodno zadrževalne lastnosti tal), močno odvisna od teksture tal izbranega nasada.





a) glineno ilovnata težka tla na lokaciji Dekani



b) meljasto glinena ilovnata težka tla na lokaciji Korte



c) meljasto ilovnata srednje težka tla na lokaciji Liminjan

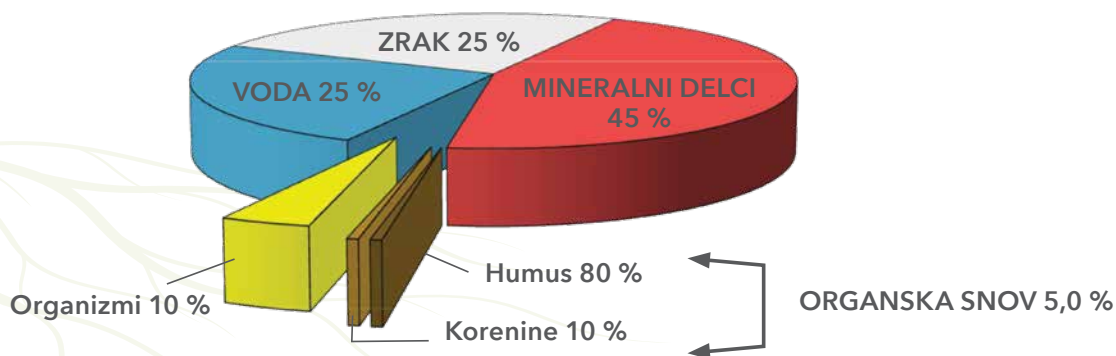


č) meljasto glinena težka tla na lokaciji Rikorvo

Slika 19: Primeri različnih tipov tal na območju Slovenske Istre.

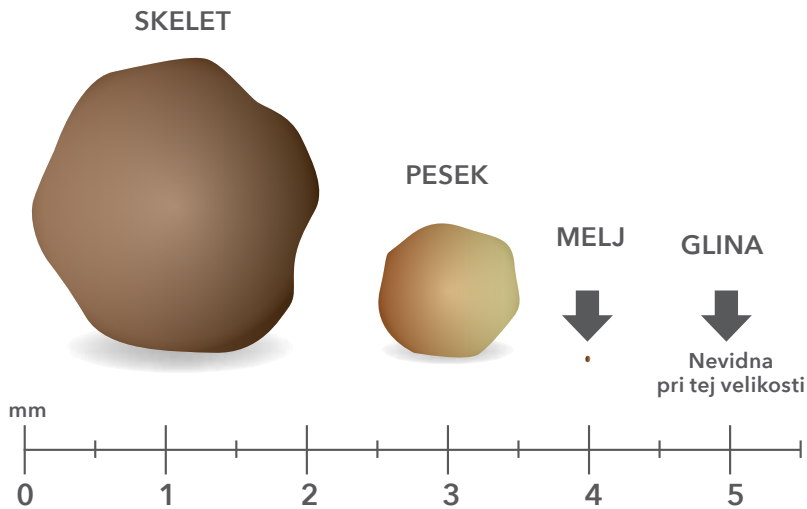
Sestava tal

Tla so kompleksen sistem, sestavljen iz heterogene mešanice trdnih (mineralni del in organska snov), tekočih (talna raztopina – največkrat voda s primesmi hranil in drugih snovi) in plinastih (zrak) snovi (slika 20) (Zupanc in Pintar, 2007).



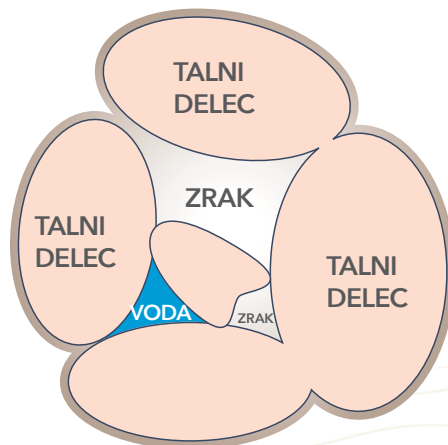
Slika 20: Sestava tal.

Mineralni del je sestavljen iz delcev različnih velikosti, ki se delijo v te teksturne (velikostne) razrede: pesek, melj in glina (slika 21). Delci v tleh so razporejeni v različnih deležih in govorimo o peščenih tleh, peščeno-glinastih, peščeno-meljastih, ilovnatih, meljasto-glinenih itd. Talni delci se med seboj vežejo z organsko snovjo in mineralnimi vezivi v večje strukturne agregate (skupke), med katerimi nastane prazen prostor (pore), ki ga zasedata tekoča in plinasta faza tal (Pintar, 2003).



Slika 21: Osnovni talni delci.

Prazen prostor oz. pore v tleh razdelimo na mikropore – pore, manjše od 0,05 mm (kapilare) – in makropore – pore, večje od 0,05 mm (nekapilare) (slika 22).

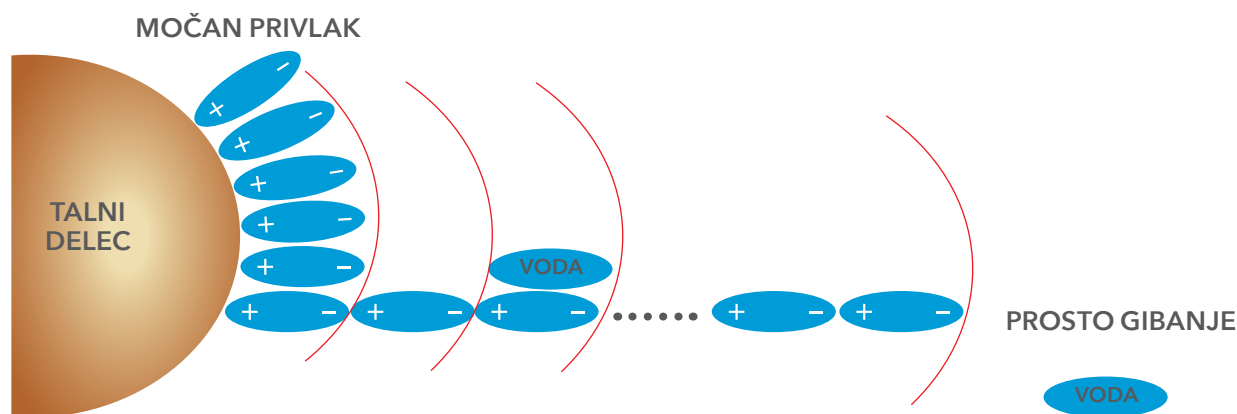


Slika 22: Strukturni agregat.

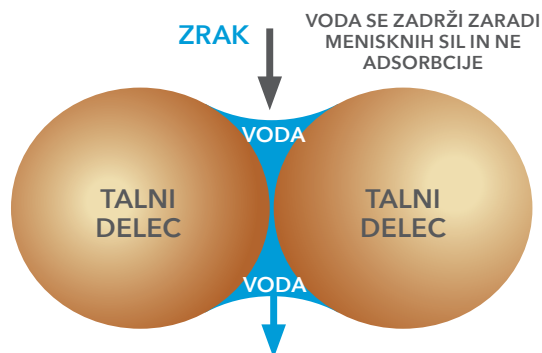
Voda v tleh

Glavni vir vode v tleh so padavine, ki prispejo do površine tal, in voda, ki jo s pomočjo namakanja dodamo v tla. Voda je v tleh v obliki vodne pare ali kapljevine (tekočine). Ko količina vodnih molekul v talnem zraku doseže nasičenje (maksimalna higroskopičnost), se začne vezava vode na talne delce v obliki kapljevine oz. tekočine. Prva plast molekul vode na talne delce se veže s tenzijo $-3,1$ MPa (slika 23). Tenzija je izraz za negativni tlak, saj med talnimi delci in molekulami vode (tudi samo med zadnjimi) delujejo privlačne sile (na enoto površine talnih delcev). Če opazujemo zanemarljivo majhen del vode (zanemarimo maso in volumen vode), potem govorimo o matričnem potencialu vode v tleh (Ψ , enota MPa). Navajamo ga tudi kot vrednost pF, ki pomeni negativni logaritem vodnega stolpca, izraženega v centimetrih, ki ustvari tako tenzijo (npr. pri tenziji -1000 cm je pF-vrednost 3; tenzija -1000 cm je enakovredna 10 m vodnega stolpca oz. 1 baru hidrostatičnega tlaka). Vsaka naslednja plast vode je vezana na talne delce z nekoliko manjšo tenzijo. Več ko je vode v tleh, šibkeje je vezana in vedno bolj je dostopna rastlinam (Pintar, 2003).

Voda se v tleh lahko zadržuje tudi z menisknimi silami, ki se pojavijo na mestu stika dveh delcev (Hillel, 1998) (slika 24).



Slika 23: Adsorpcija molekul vode na površino talnih delcev (Pintar, 2017).

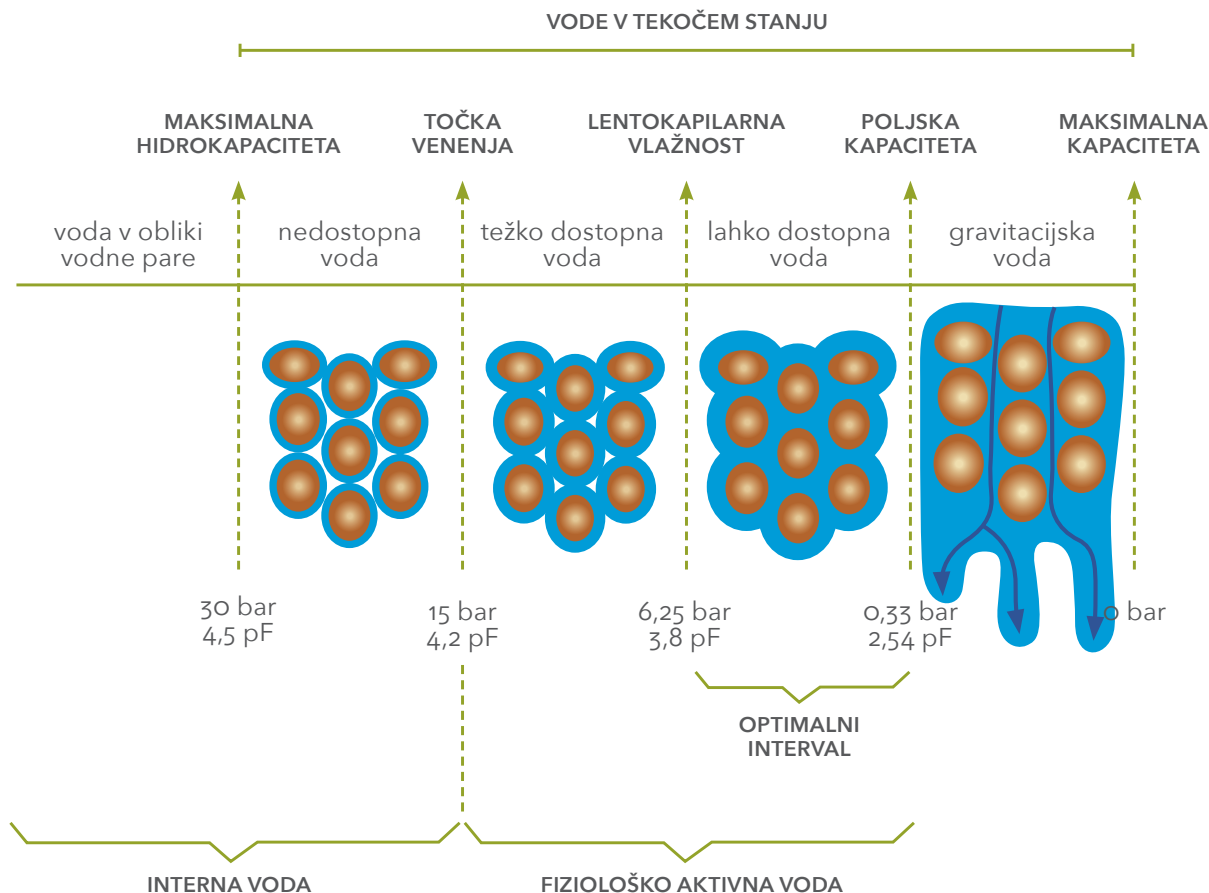


Slika 24: Zadrževanje vode z menisknimi silami.

Kroženje vode v tleh

Kroženje vode v tleh se začne, ko je vode v tleh relativno veliko in je vodna plast okoli talnega delca že relativno debela, vse talne pore so takrat napolnjene z vodo. Dosežena je maksimalna vodna kapaciteta tal (0 barov oz. 0 kPa). Matrični potencial zadnjih plasti vode je že tako velik, da ga premaga gravitacijski potencial in voda se začne zaradi gravitacije premikati skozi talni profil. Ko gravitacijsko odcedna voda odteče prek večjih makropor (iz lahkih tal v 24 urah, iz težkih pa 72 urah ali več) v podtalnico ter v njih ostane le kapilarna in higroskopsko vezana voda (vodni hlapi so absorbirani na površini talnih delcev), je dosežena vrednost poljske vodne kapacitete (PK) tal (slika 25). Pri PK je največja količina vode, ki jo lahko zadržijo tla. V tem stanju so mikropore zapolnjene z vodo, makropore pa z zrakom. Za večino rastlin je to najprimernejše stanje, saj imajo korenine na voljo dovolj vode in zraka. Privzamemo, da je tako stanje doseženo ob matričnem potencialu $-0,033$ MPa (0,33 bara) ($pF = 2,5$).

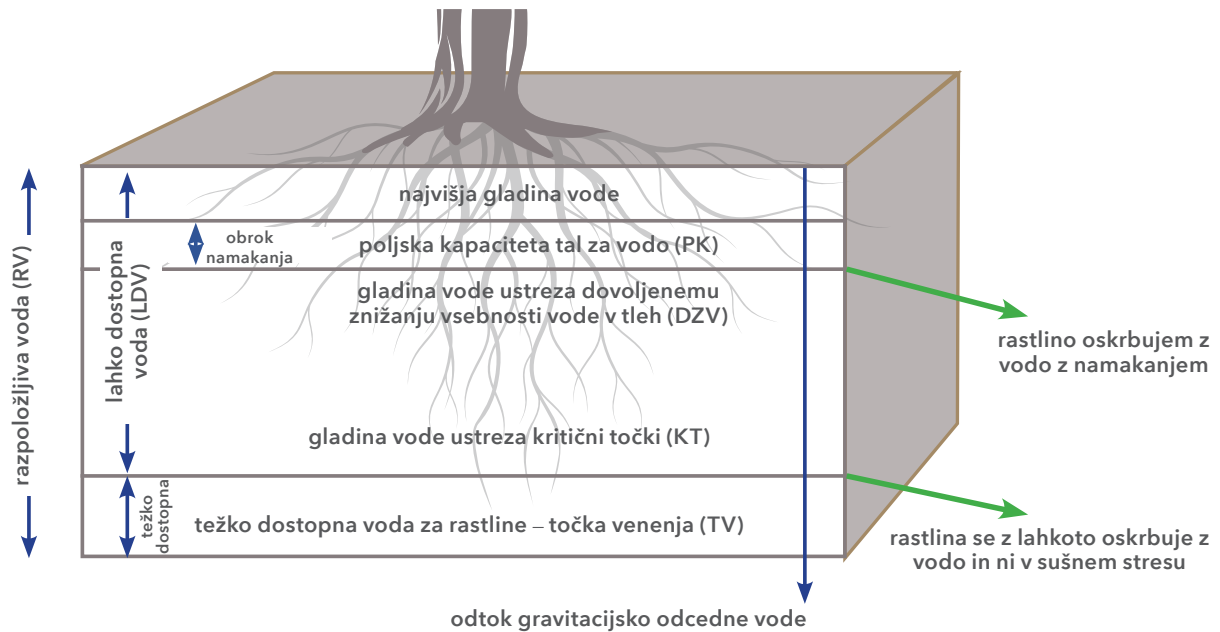
Pri vrednosti matričnega potenciala $-0,625$ MPa (6,25 bara), ko je dosežena t. i. točka lentokapilarne vlažnosti, se pretrga večina vodnih meniskusov v tleh in gibanje vode postane omejeno. Točka lentokapilarne vlažnosti je zato meja, pri kateri se voda lažje ali težje giblje v tleh, oziroma meja med vezano vodo in vodo, ki se prosto giblje. Ko matrični potencial vode v tleh doseže vrednost $-1,5$ MPa (15 barov), nastopi točka venenja (TV) (slika 25). TV je količina vode, pri kateri korenine v tleh nimajo na voljo dovolj vode za fiziološke procese, zato začnejo rastline veneti. Za večino gojenih rastlin je točka venenja dosežena pri matričnem potencialu $-1,5$ MPa (15 barov), oljka pa je sposobna sprejeti tudi vodo, ki je v tleh vezana od 2,5 MPa (25 barov) do 3,5 MPa (35 barov) oz. 5,3 MPa (53 barov) (Perez-Martin in sod., 2009).



Slika 25: Oblike vode v tleh (Tomić, 1988; Pintar, 2017).

Rastlinam dostopna voda v tleh

Interval rastlinam dostopne vode v tleh oziroma razpoložljive vode (RV) v tleh je tista voda, ki se zadrži med poljsko kapaciteto tal (PK) in točko venenja (TV) (slika 26). PK je največja vsebnost vode, ki jo tla lahko zadržijo, medtem ko TV izraža stanje vsebnosti vode v tleh, pri katerem rastline trajno uvenijo. Rastline imajo različno sposobnost črpanja vode, zato so različno odporne na sušo. Do določene količine vode v tleh, imenovane tudi kritična točka (KT), ki je za posamezno vrsto rastlin in tudi sorto različna, rastlina relativno lahko črpa vodo iz tal (to je interval lahko dostopne vode – LDV). V območju pod KT nerazpoložljivost vode ne dovoljuje optimalne rasti in razvoja rastline. Rastlina je tedaj v sušnem stresu. KT lahko izračunamo na podlagi faktorja p (za oljko 0,75), ki označuje, kolikšen delež RV je rastlinam lahko dostopen. Faktor p je odvisen od rastline in delno tudi od velikosti evapotranspiracije. LDV je tako za posamezno rastlino med PK in KT. Z namakanjem moramo zato vzdrževati vsebnost vode v tleh nad KT, tako naj rastlina ne bi trpela sušnega stresa. Točko vzdrževanja vsebnosti vode v tleh med KT in PK, za katero se odloči upravljalec



Slika 26: Razpoložljivost vode v tleh (Pintar, 2017).

namakalnega sistema, imenujemo dovoljeno znižanje vsebnosti vode v tleh (DZV). DZV praviloma ni nikoli manjša kot KT (Pintar, 2003). V primeru optimalnega kapljičnega namakanja (obrok enak 100 % ETC) vsebnost vode v tleh vzdržujemo tik pod PK oz. je DVZ razlika med PK in tisto količino vode, ki izhlapi v enem dnevu pri 100 % ETC. V primeru deficitnega kapljičnega namakanja (obrok nižji od 100 % ETC) vsebnost vode v tleh ohranjamo pod ravnjo PK in pustimo, da se tla bolj osušijo, s čimer se DZV bolj približa KT.

Količina vode v tleh se lahko navaja v masnih odstotkih (koliko g vode zadrži 100 g tal) ali volumskih odstotkih (koliko cm^3 vode zadrži 100 cm^3 tal oz. koliko mm vodne plasti je v 100 mm tal). Za namakanje je najprimernejše navajanje količine vode v debelini vodne plasti (npr. 20 mm vode/100 mm tal, kar je tudi enako 20 volumskim % (vol. %) oz. 20 L vode na m^2 v 100 mm debeli plasti tal) (Pintar, 2003).

Izračun (Orgaz in sod., 2017):

$$RV = (PK - TV) \times GK$$

$$LDV = p \times RV$$

$$KT = PK - LDV$$

RV = interval razpoložljive vode (masni odstotek ali volumski odstotek ali mm vodne plasti/100 mm tal)

PK = poljska kapaciteta (masni odstotek ali volumski odstotek ali mm vodne plasti/100 mm tal)

TV = točka venenja (masni odstotek ali volumski odstotek ali mm vodne plasti/100 mm tal)

KT = kritična točka (masni odstotek ali volumski odstotek ali mm vodne plasti/100 mm tal)

LDV = interval lahko dostopne vode (masni odstotek ali volumski odstotek ali mm vodne plasti/100 mm tal)

p = delež razpoložljive vode, ki je rastlinam lahko dostopna – za oljko 0,75

GK = globina glavne mase koreninskega sistema oz. globina tal, ki jo namakamo (priporočeno jo je omejiti na 1 meter oz. določiti glede na tip tal)



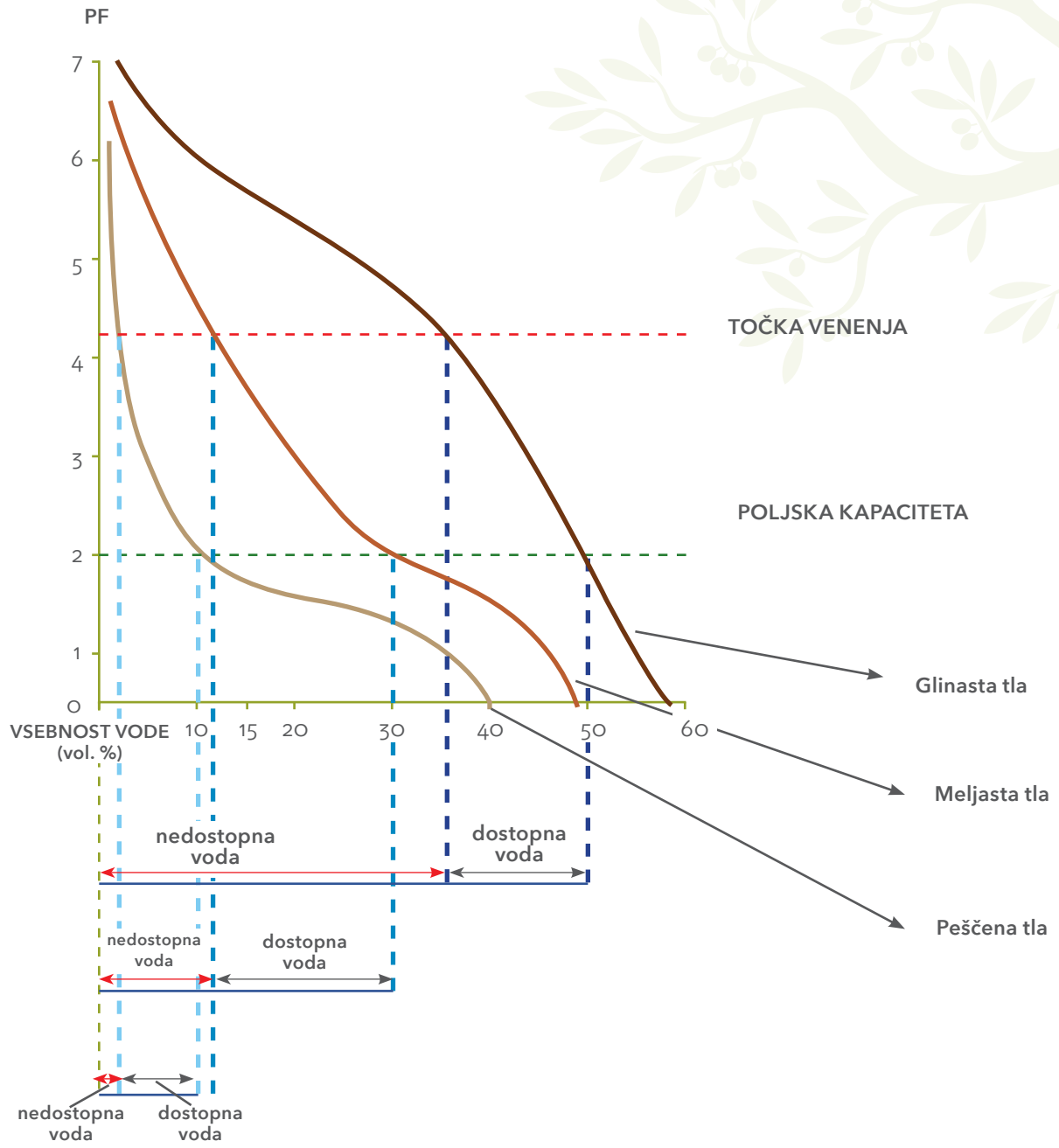
Vodno zadrževalne lastnosti tal

Vodno zadrževalne lastnosti tal določata povezava med količino vode v tleh in matričnim potencialom oziroma tenzijo, s katero tla zadržijo vodo v sebi. Kolikšno količino vode zadržijo tla pri določenem matričnem potencialu (tenziji), določimo v laboratoriju. Na podlagi pridobljenih podatkov o količini vode v tleh in njenega matričnega potenciala je mogoče izrisati krivuljo vodno zadrževalnih lastnosti tal (slika 27), ki nam omogoča, da vsebinsko ocenimo pozneje merjene vrednosti količine vode v tleh. Krivulja vodno zadrževalnih lastnosti tal je obvezna informacija pri načrtovanju namakalnega sistema in eno nujnih orodij pri izvajanju deficitnega namakanja (Podgornik in sod., 2018). Zaradi posebne teksture, strukture in prisotnosti organske snovi v tleh imajo vsaka tla nekoliko drugačno krivuljo vodno zadrževalnih lastnosti tal, zato mora biti ta izdelana za vsako izbrano namakano površino posebej.

Iz preglednice 2 in s slike 27 je razvidno, da lahko glinasta tla pri enakem matričnem potencialu zadržijo več vode kot peščena tla. Pesek ima majhno specifično površino, med delci so veliki prostori (makropore), kjer voda zaradi gravitacije hitro odteče, zaradi česar so tla z velikim deležem peska lahka in topla, vendar revna s hranili in podvržena suši. Transport vode in snovi je v peščenih tleh bistveno hitrejši kot v glinenih. Glina ima veliko specifično površino, med delci je veliko mikropor (kapilar), zaradi česar imajo tla, v katerih prevladuje glina, veliko sposobnost za vezavo hranil in drugih snovi in zadrževanje vode. V glinastih tleh je transport vode in snovi skozi talni profil počasnejši (Zupan in sod., 2008).

Preglednica 2: Lastnosti različnih talnih tipov (Orgaz in sod; 2017).

Tekstura	Poljska kapaciteta tal (PK) (vol. %)	Točka venenja (TV) (vol. %)	Interval razpoložljive vode (RK) (vol. %)	Interval lahko dostopne vode (LDV) (vol. %)	Kritična točka (KT) (vol. %)
pesek	15 OZ. 10–20	7	8	5,20	9,80
ilovnat pesek	21 OZ. 15–27	9	12	7,80	13,20
ilovica	31 OZ. 25–36	14	17	11,05	19,95
glineno-ilovica	36 OZ. 31–42	17	19	12,35	23,65
meljasta glina	40 OZ. 35–45	20	20	13,00	27,00
glina	44 OZ. 39–49	21	23	14,95	29,05



Slika 27: Povezava med količino vode in matričnim potencialom – krivulja vodno zadrževalnih lastnosti tal (Pintar, 2017).





Vreme in načrtovanje namakanja

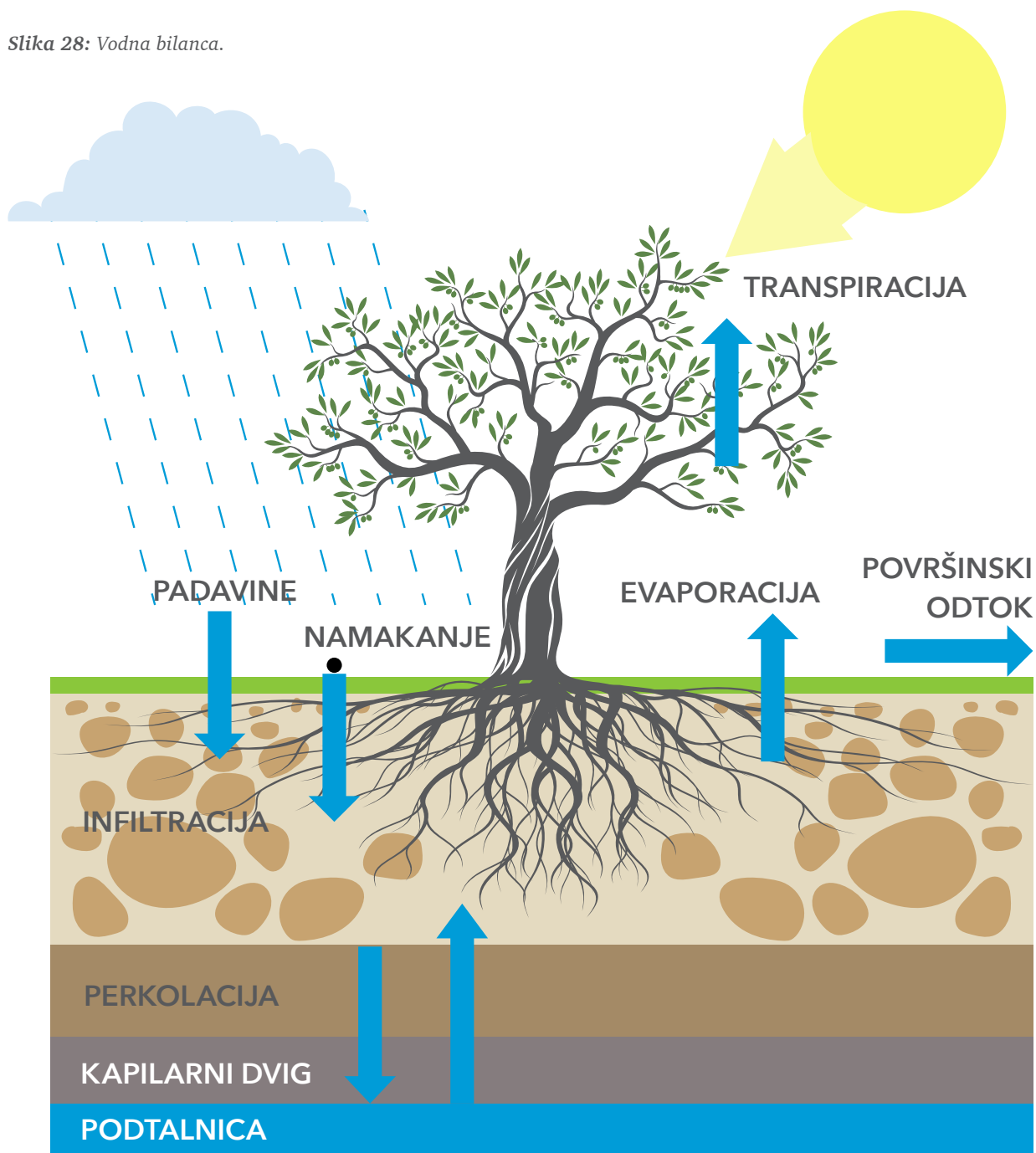
Za pravilno namakanje in načrtovanje tega je poleg poznavanja lastnosti tal in lastnosti rastline treba spremljati tudi meteorološke parametre. Najpomembnejši meteorološki parametri za načrtovanje namakalnega obroka so padavine, temperatura in evapotranspiracija. Na spletni strani ARSO lahko pridobimo natančne meteorološke podatke, na osnovi katerih lahko izračunamo dnevno potrebo rastlin po vodi. Veliko bolje je, če lahko parametre spremljamo neposredno v oljčniku.



Vodna bilanca

Na vodno bilanco kmetijskih zemljišč vplivajo padavine, namakanje in kapilarni dvig vode (vnos vode v tla) na eni strani ter evapotranspiracija, površinski odtok in globoko pronicanje vode (izguba vode iz tal) na drugi (slika 28). Pri načrtovanju namakalnega obroka je treba upoštevati vodno bilanco tal, katere glavni elementi so padavine in evapotranspiracija.

Slika 28: Vodna bilanca.



Padavine

Oljke se tradicionalno gojijo na območjih, kjer letno pade od 400 mm do 600 mm padavin. Najdemo jih tudi na območjih z 200 mm padavin. Za doseganje visokih pridelkov je zaželeno, da se letna količina padavin giblje med 600 mm in 800 mm. Podatki kažejo, da ima Slovenija na območjih, kjer se gojijo oljke, dovolj padavin (Slovenska Istra – 966 mm, Vipavska dolina in Goriška brda – 1309 mm), vendar postaja slovenski prostor zaradi neenakomerne časovne in prostorske razporeditve teh čedalje ranljivejši zaradi suše. V zadnjih 25 letih se v povprečju vsako tretje leto srečujemo s sušnimi razmerami (Podgornik in sod., 2012 b).

Časovna dinamika padavin se lahko iz leta v leto močno spreminja. Večji primanjkljaj padavin se lahko pojavi v zimsko-spomladanskem času in tudi v poletnem. Posledično lahko primanjkljaj padavin v zimskem obdobju vpliva na slabše količinsko stanje vode v tleh ob začetku rastle dobe, ko rastlina vodo najbolj potrebuje za rast in razvoj. Zato je, če je količina zimskih padavin manjša od 500 mm, priporočljivo začeti z namakanje že zgodaj spomladi v času razvoja cvetnih brstov oziroma 3–2 tedne pred cvetenjem in nadaljevati v času razvoja plodov (še posebej v fazi trdenja koščice). Če je zimska količina padavin večja od 500 mm, pa zadostuje, da začnemo z namakanje v fazi razvoja plodov oziroma pred in med trdenjem koščice (Gucci in sod., 2012).

Pri tem je treba poudariti, da se celotna količina padavin (P), ki pade na površino tal, ne infiltrira popolnoma in ne zadrži v rezervoarju talne vode, saj se del te izgubi z izhlapevanjem ter površinskim in globinskim odtokom. Delež padavinske vode, ki se skladišči v tleh ter jo lahko rastline uporabijo za rast in razvoj, imenujemo učinkovite padavine (EP). Količina teh je odvisna od intenzivnosti padavin, lastnosti tal, ki vplivajo na stopnjo infiltracije vode v tla, in predhodnega stanja zaloga vode v tleh. Količino mesečnih učinkovitih padavin lahko izračunamo po spodnji enačbi, pri čemer vanjo vključimo mesečne vrednosti padavin, ki jih lahko izražamo v milimetrih (mm), lahko pa tudi v litrih na kvadratni meter (liter/m²) (slika 29) (Orgaz in sod; 2017).

Izračun (Orgaz in sod., 2017):

$$EP = P \times [(125 - 0,2 \times P)/125],$$

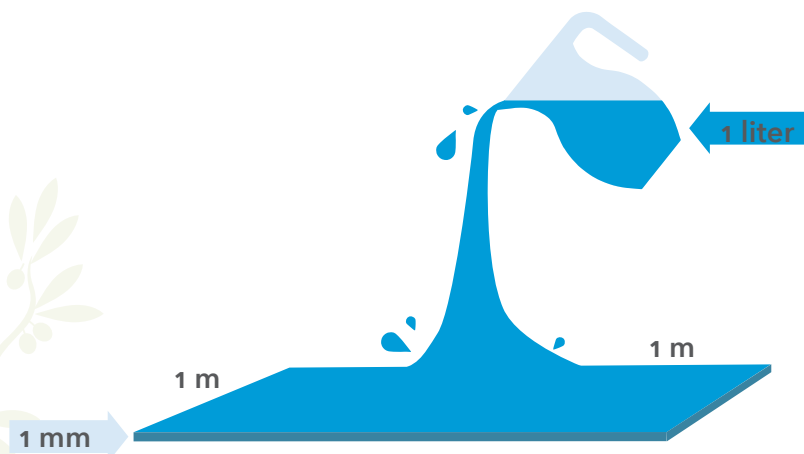
če je $P < 250 \text{ mm/mesec}$

$$EP = 125 + 0,1 \times P,$$

če je $P > 250 \text{ mm/mesec}$

EP = učinkovite padavine (mm)

P = padavine (mm)



Slika 29: Prikaz 1 milimetra (mm) padavin, ki jo lahko izrazimo tudi v 1 litru/m² (García Zamorano in sod., 2010).

Evapotranspiracija in velikost namakalnega obroka

Količina vode, ki jo rastlina potrebuje za nemoten razvoj (mm), je enaka ETc. Evapotranspiracija (ET), ki jo izražamo v debelini vodne plasti, ki izhlapi v določenem časovnem intervalu (npr. mm/mesec, mm/dan), je sestavljena iz procesa izhlapevanje vode s površine tal oz. evaporacije (E) in izhlapevanja vode z listne površine v atmosfero oz. transpiracije (T). Da bi se izognili težavam pri določanju ET za vsako posamezno rastlino in njeno razvojno fazo, je bil določen koncept referenčne evapotranspiracije ETo, ki nam omogoča primerjavo evapotranspiracije med različnimi okolji in letnimi časi. ETo se nanaša na referenčno kulturo, ki je 8–10 cm visoka travna ruša, optimalno oskrbljena z vodo in hranili ter nima vidnih znakov poškodb škodljivcev in bolezni. Podatek o ETo za pretekli dan in pretekli teden lahko spremljamo na spletnih straneh ARSO (Agencija republike Slovenije za okolje).

ETo se lahko skupaj s koeficientom rastline (Kc) in koeficientom pokritosti tal s krošnjo (Kr) uporabi za izračun potreb po vodi za izbrano rastlino.

Koeficient pokritosti tal s krošnjo je enak 1, ko je horizontalna projekcija krošnje (senca krošnje) ob 12. uri večja kot 50 % skupne površine oljčnika. Za izračun koeficienta pokritosti tal s krošnjo v mladih ali ekstenzivnih oljčnikih, kjer je horizontalna projekcija krošnje manjša kot 50 % skupne površine oljčnika, se odstotek pokritosti podvoji, in sicer v primeru 10-odstotnega senčenja je koeficient pokritosti tal s krošnjo 0,2, v primeru 20-odstotnega je 0,4, v primeru 30-odstotnega 0,6 itd. (Gucci in sod., 2012).

Izračun (García Zamorano in sod., 2010):

$$K_r = 2 \times S_k / 100$$

K_r = koeficient pokritosti tal s krošnje

S_k = horizontalna projekcija krošnje (senca krošnje) ob 12. uri

Koeficient rastline nam pove, kolikšen je popravek E_{To} za izbrano rastlino v posamezni razvojni fazi v določeni geografski regiji. V podnebnih razmerah jugozahodne Slovenije se v izračunih za oljko upošteva koeficient rastline (zimski in pomladni meseci 0,65–0,75, poletni meseci 0,50–0,55, jesenski meseci 0,60–0,70), ki ga je Organizacija za prehrano in kmetijstvo – FAO (Food and Agriculture Organization) določila za subhumidno podnebje Sredozemlja (Gucci in sod., 2012). Kot je razvidno iz zgornjih podatkov, koeficient rastline ni konstanten skozi vse leto, saj se transpiracija rastline odziva na okoljske in endogene (notranje) dejavnike. V poletnih mesecih imamo zaradi delnega zapiranja listnih rež, s katerim se rastlina odziva na primanjkljaj vode, razmeroma nizke vrednosti (Gucci in sod., 2012).

Produkt E_{To} in K_c opredeljuje E_{Tc}, ki predstavlja največjo količino vode, ki lahko glede na lastnosti atmosfere in količine razpoložljive energije pride v atmosfero iz neprekinjenega območja, v celoti prekrita z izbrano rastlino in dobro oskrbljenega z vodo, izraža pa tudi količino vode, ki jo rastlina potrebuje za svoj nemoteni razvoj.

Izračun (Orgaz in sod., 2017):

$$E_{Tc} = E_{To} \times K_r \times K_c$$

E_{Tc} = potencialna evapotranspiracija (mm/dan)

E_{To} = referenčna evapotranspiracija (mm/dan)

K_c = koeficient rastline

K_r = koeficient pokritosti tal s krošnjo

Poleg ET je za načrtovanje namakalnega obroka treba spremljati tudi količino padavin. S pomočjo podatkov o E_{Tc}, količini padavin in predhodnem stanju zaloga vode v tleh lahko izračunamo velikost optimalnega namakalnega obroka. Izhajajoč iz časovnih in količinskih omejitev razpoložljivih vodnih količin v sredozemskem prostoru in ob poznavanju problematike vpliva sušnega stresa na gojenje oljk se v oljkarstvu ne priporoča uporaba načina »optimalnega namakanja« (Podgornik in sod., 2012 b). Rezultati številnih raziskav so pokazali, da lahko v oljkarstvu tudi z uporabo »deficitnega

namakanja«, pri katerem oljko namerno oskrbimo z manj vode, kot je optimalno potrebno, oz. pri katerem namakalni obrok ne pokriva količine celotne ETc, pozitivno vpliva na količino pridelka (Patumi in sod., 1999; Melgar in sod., 2008; Gómez-Rico in sod., 2007; Fernandes-Silva in sod., 2010). Hkrati s tem zmanjšamo količino dodane vode na 41–85 % optimalnega namakalnega obroka (Podgornik in sod., 2012 b).

Izračun (Orgaz in sod., 2017):

$$\text{OOB} = \text{ETc} - \text{EP}$$

OOB = optimalni obrok namakanja

ETc = potencialna evapotranspiracija (mm/dan)

EP = efektivne padavine (mm/dan)

Zaradi različne intenzivnosti rezi, obdelave tal (zatravljenosti), starosti rastline in kondicije dreves lahko uporabljeni Kc ne ustreza dejanskim razmeram. Zaradi tega se lahko pojavijo razlike med izračunano količino vode namakalnega obroka in dejansko potrebo po vodi na terenu. Zato je priporočljivo, da hkrati preverjamo tudi vsebnost razpoložljive vode v tleh oz. rastlini, saj se lahko zgodi, da sicer z namakanjem dodajamo primerno količino vode, vendar je vsebnost vode v tleh pod KT, zaradi česar rastlina kljub namakanju ostaja v sušnem stresu.



Načini spremljanja pomanjkanja vode

Za spremljanje vode v tleh, uravnavanje namakanja, ugotavljanje primerne časa namakanja in avtomatsko proženje namakalnega sistema lahko uporabljamo različne metode in načine spremljanja vode v tleh in rastlini (slika 30).

Vsebnost vode v tleh lahko določimo z različnimi metodami. Osnovna med njimi je gravimetrična metoda, ki se uporablja kot standard za druge neposredne in posredne metode. Čeprav gravimetrična metoda daje o vsebnosti vode v tleh neposredne podatke, jo zaradi zamudnih postopkov pridobivanja podatkov vse bolj nadomeščajo posredne metode. Res je, da je tenziometer cenovno najdostopnejša naprava za spremljanje energetskega stanja vode v tleh, vendar ta za oljke in izvedbo deficitnega načina namakanja ni primeren, saj je območje delovanja omejeno na od 0 do okoli $-0,080$ MPa oz. od 0 do $-0,8$ bar in ne zajema območja vezave vode, ki jo korenine oljk še lahko premagajo. Za merjenje vode v tleh v oljčnih nasadih lahko uporabimo sonde TDR (metoda merjenja odboja v časovnem oknu, ang.: Time Domain Reflectometry), s katerimi merimo dielektrično konstanto medija z merjenjem časa, ki ga potrebuje elektromagnetni val za širjenje vzdolž elektromagnetne linije (elektrode), ki je obkrožena s tlemi (slika 30) (Podgornik in sod., 2018).

Pri tem je treba poudariti, da metode TDR ni mogoče uporabljati v izjemno skeletnih tleh in da je za reprezentativen podatek o količini vode v tleh treba na obdelovalno površino vgraditi večje število senzorjev (minimalno štiri), saj eden ne izraža dejanskega stanja količine vode v tleh. Priporočljivo je, da tri senzorje namestimo v bližino namakalne cevi pri čemer morajo biti ti med seboj primerno oddaljeni, med kapljačem in namakalno cevjo. Dodaten senzor namestimo globlje v tla za nadzor odtekanja odvečne vode, ki bi lahko bila posledica neprimerne namakanja.

Metode merjenja vode v tleh ne dajejo podatka o fiziološkem stanju rastline in meteoroloških parametrih. Zato se v superintenzivnih nasadih oljk, kjer je sadilna razdalja npr. $4\text{ m} \times 1,5\text{ m}$, priporoča, da načrtovanje namakalnega obroka pri deficitnem načinu namakanja oljk temelji na avtomatskih in neprekinjenih meritvah sušnega stresa v rastlini. Za spremljanje stanja vode v rastlini se lahko uporablja metoda SAP FLOW za neposredne meritve ksilemskega toka, s pomočjo katere lahko ocenimo dinamiko transpiracije, sprejem vode v rastlino in porabo te, s čimer lahko določimo primanjkljaj vode in velikost namakalnega obroka (slika 31). Ob metodi SAP FLOW lahko uporabimo metodo TRUNK DIAMETER (premer debla), ki



a



b



c

Slika 31: Metode in načini spremljanja vode v tleh z merilnikom TDR (a, b) in s tenziometrom (c).

omogoča dnevno uravnavanje količine namakalnega obroka na podlagi premera debla (slika 31). Ta metoda ni primerna za mlade nasade, v katerih se premer debla zaradi intenzivne rasti hitro spreminja. Najnovejša metoda spremljanja stanja vode v rastlini je LEAF TURGOR PRESSURE – turgorski tlak lista, pri kateri s pomočjo sonde ZIM avtomatsko spremljamo zunanji tlak lista, ki je odvisen od turgorja in obratno sorazmeren z vodnim potencialom lista (Padilla-Diaz in sod., 2016).

Slika 32: Načini spremljanja vode v rastlini z metodama SAP FLOW (levo) in TRUNK DIAMETER (premer debla) (desno).







Postavitev namakalnega sistema

Namakalni sistem je po definiciji Zakona o kmetijskih zemljiščih (Uradni list RS, št. 71/11 – uradno prečiščeno besedilo, 58/12, 27/16, 27/17 – ZKme-1D in 79/17) »skupek naprav za zagotovitev vode, njeno distribucijo in rabo z namenom zagotoviti rastlinam zadostno količino vode v tleh«.



Namakalni sistem je sestavljen iz **odvzemnega objekta, dovodnega omrežja in namakalne opreme**. **Odvzemni objekt** je črpališče, vodnjak ali objekt za odvzem vode iz akumulacije.

Dovodno omrežje sestavlja oprema za dovod vode od vodnega vira do posamezne parcele, vključno s hidrantom. Odvzemni objekt in dovodno omrežje se lahko zgradita tudi na zemljišču nekmetijske namenske rabe, če to ni v nasprotju s prostorskim aktom lokalne skupnosti.

Namakalna oprema je omrežje s pripadajočo opremo za razvod vode po parcelah in je last uporabnikov namakalnega sistema.

Namakalni sistemi se delijo na:

- javne namakalne sisteme, ki so v lasti lokalnih skupnosti (lokalni namakalni sistemi);
- javne namakalne sisteme, ki so v lasti Republike Slovenije in so predmet državne javne službe (državni namakalni sistemi);
- zasebne namakalne sisteme, ki so v lasti fizičnih ali pravnih oseb.

V nadaljevanju bomo obravnavali vzpostavitev zasebnih namakalnih sistemov v oljčnih nasadih. Postavitev namakalnega sistema v oljčniku ni nujno potrebna za pridelavo olja. Zato moramo pred postavitvijo namakalnega sistema opraviti natančno analizo gospodarnosti uvedbe namakanja na kmetiji, iz katere bo jasno razvidno, da so prihodki zaradi vpeljave namakanja večji v primerjavi s stroški amortizacije, upravljanja in vzdrževanja namakalnega sistema.

Po opravljeni analizi gospodarnosti uporabnik namakalnega sistema v sodelovanju z usposobljenim strokovnjakom izdelava načrt namakalnega sistema, ki vsebuje te elemente:

- opredelitev vodnega vira za namakanje in način odvzema vode,
- lokacijo in velikost območja namakanja,
- agropodnebnosti in talne lastnosti območja namakanja,
- določitev potreb izbrane rastline po vodi za namakanje,
- tehnologijo in način namakanja,
- popis del in opis namakalnega sistema od odvzema vode do rastline,
- oceno stroška opreme, materiala in del za postavitev namakalnega sistema od odvzema vode do rastline (predračun projektantskih in izvedbenih del) (Cvejić in sod., 2016).

Gospodarnost uvedbe namakanja na kmetiji

Analiza gospodarnosti uvedbe namakanja oljk se pripravi za vsako posamezno kmetijsko gospodarstvo, ki se odloča za uvedbo namakanja. Pri analizi stroškov in koristi namakanja oljk se osredinjamo predvsem na proizvodne in ekonomske učinke namakanja. Analiza je lahko pripravljena le ob določenih predpostavkah (za kateri tip namakanje gre, kateri vodni vir se bo uporabljal ...). Predpostavke za posamezna kmetijska gospodarstva so lahko različne.

Osnovni parameter za ugotavljanje ekonomskih učinkov namakanja so investicijski stroški za ureditev namakalnega sistema. Od njihove višine so odvisni letni stroški namakalnega sistema, ki so pomemben del pridelovalnih stroškov, od katerih je najbolj odvisna gospodarnost pridelave v določenih pogojih namakanja. Investicijski stroški obsegajo investicije v vodni vir, odzemni objekt, dovodno omrežje in namakalno opremo.

Glavni pridelovalni učinki namakanja oljk so večji hektarski pridelek, boljša kakovost pridelka in zanesljivost tega.

Vrednost povečanega pridelka mora pokriti vse dodatne stroške, ki nastanejo pri pridelavi v pogojih namakanja. To so:

- **letni stroški namakalnega sistema (ki izvirajo iz naložbe v namakalni sistem):** amortizacija namakalnega sistema, stroški investicijskega vzdrževanja;
- **obratovalni stroški namakalnega sistema:** stroški porabljene vode, energije, delovne sile;
- **višji stroški pridelave zaradi povečanega pridelka** (morebitno dodatno gnojenje in varstvo rastlin, zavarovanje, obiranje in prevoz, usluga predelave dodatnega pridelka).

Prag pokritja je količina pridelka, ki je potrebna za pokritje dodatnih stroškov.

Izračun:

$$P_p = \frac{\text{dodatni stroški}}{\text{prodajna cena pridelka}}$$

P_p = prag pokritja

Primerjava praga pokritja (P_p) s povečanim pridelkom, doseženim z namakanjem, pove, ali je namakanje tudi ekonomsko upravičeno.

Vrednost predvidene pridelave mora pokriti celotne stroške, ki obsegajo stroške pridelave pred uvedbo namakanja, potrebne za doseganje dosedanjih pridelkov, in dodatne stroške v pogojih namakanja. Obseg pridelave, pri katerem so pokriti celotni stroški pridelave v pogojih namakanja, je prag dobička.

Izračun:

**celotni stroški pridelave v pogojih
namakanja**

$$P_d = \frac{\text{celotni stroški pridelave v pogojih namakanja}}{\text{prodajna cena pridelka}}$$

$P_d = \text{prag dobička}$

Pri količini pridelka, ki je enaka pragu dobička, je dosežena gospodarnost pridelave ($E = 1$). Pridelki, ki presegajo prag dobička, zagotavljajo dobiček, ker je $E > 1$ (Mikluš, 1992).

Namen finančne analize pa je tudi izračunati dinamične ocene uspešnosti investicije v namakanje oljk, s katero ugotavljamo vse naložbene stroške in donose v celotni ekonomski dobi naložbe. Izhajamo iz tega, da so celotni stroški in donosi določene naložbe znani. Naložba v namakalni sistem zahteva večje stroške v začetku, v času življenjske dobe pa manjše. Za oceno primernosti naložbe lahko uporabimo ali absolutne denarne kategorije (npr. neto sedanja vrednost) ali koeficiente oziroma stopnje (npr. interna stopnja donosa) (Mikluš, 1992).

Neto sedanja vrednost se izračuna tako, da od razlike med diskontiranim denarnim tokom vseh prilivov in diskontiranim denarnim tokom vseh odlivov investicije odštejemo diskontirane investicijske izdatke. Diskontna stopnja, s katero diskontiramo vse denarne tokove, izraža časovne preference med donosi in vlaganji v različnih časovnih obdobjih (Pučko in Rozman, 2000). S tem ko donose diskontiramo, vključimo časovno komponento, zato so zneski donosov in investicijskih izdatkov v različnih časovnih enotah primerljivi. Diskontiranje je postopek, obraten obrestovanju, in z njim upoštevamo časovno vrednost denarja. Diskontno stopnjo pri izračunih določimo sami. Za ocenjevanje investicij na kmetijskih gospodarstvih uporabljamo 5-odstotno diskontno stopnjo.

Pozitivna neto sedanja vrednost pomeni, da so donosi pri izbrani diskontni stopnji večji od investicijskih stroškov, negativna sedanja vrednost pa, da vsota donosov ni dovolj velika, da bi se z njo

nadomestili investicijski stroški. Pomeni tudi, da je notranja stopnja donosnosti investicije višja od diskontne stopnje.

Izračun neto sedanje vrednosti (Uredba o izvajanju ukrepa naložbe v osnovna sredstva in podukrepa podpora za naložbe v gozdarske tehnologije ter predelavo, mobilizacijo in trženje gozdarskih proizvodov iz Programa razvoja podeželja Republike Slovenije za obdobje 2014–2020, Uradni list RS, št. 104/15, 32/16, 66/16, 14/17, 38/17, 40/17 – popr., 19/18, 82/18, 89/20 in 152/20):

Izračun:

$$NSV = \frac{D_1}{1+i} + \frac{D_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{D_n}{(1+i)^n} - I_0 = \left(\sum_{k=1}^n \frac{D_k}{(1+i)^k} \right) - I_0$$

NSV = neto sedanja vrednost

D_{1,2, ... n} = prihodnji donos

1/(1+i) = diskontni faktor

I = diskontna stopnja (zahtevan donos)

D_k = vsi prihodnji donosi v k-tem obdobju, k = 1.2...n

k = ekonomska doba investicije

I₀ = vrednost naložbe

Poglejmo preprost primer:

Kmetija investira v namakalni sistem. Investicija je vredna 10.000 EUR. Ocenjujemo, da bodo čisti donosi investicije (dejanski donosi – dodatna vlaganja) vsako leto ekonomske dobe investicije 2.000 EUR. Ekonomska doba investicije je 10 let in v zadnjem letu ekonomske dobe je ostanek vrednosti investicije 0 EUR. Diskontna stopnja je 5-odstotna.

Izračunana NSV za ta primer je 5.184 EUR.

Interna (notranja) stopnja donosnosti je določena kot tista obrestna mera, pri kateri je sedanja vrednost pričakovanih donosov enaka sedanji vrednosti investicijskih vlaganj oziroma je neto sedanja vrednost investicije enaka nič.

Izračun interne stopnje donosnosti (Uredba o izvajanju ukrepa naložbe v osnovna sredstva in podukrepa podpora za naložbe v gozdarske tehnologije ter predelavo, mobilizacijo in trženje gozdarskih proizvodov iz Programa razvoja podeželja Republike Slovenije za obdobje 2014–2020, Uradni list RS, št. 104/15, 32/16, 66/16, 14/17, 38/17, 40/17 – popr., 19/18, 82/18, 89/20 in 152/20):

Izračun:

$$\frac{D_1}{1 + i^*} + \frac{D_2}{(1 + i^*)^2} + \dots + \frac{D_n}{(1 + i^*)^n} - I_0 = 0$$

Pri čemer pomeni:

D 1,2 ... n = prihodnji donos

i* = interna stopnja donosnosti

I₀ = vrednost naložbe

Investicijo na podlagi interne stopnje donosnosti bomo sprejeli, če bo izračunana interna stopnja donosa večja od zahtevane donosnosti oziroma stroška kapitala, in zavrnili, če bo manjša. Interna stopnja donosnosti nam pove, kolikšno akumulacijo ustvari enota vložnega kapitala. Za zgornji primer je izračunana stopnja donosnosti 15,10-odstotna. Interna stopnja donosa nam pove tudi višino obrestne mere, ki jo lahko plača investitor za posojilo, ne da bi utrpel izgubo, če celotno investicijo financira s posojilom.

Na osnovi analize gospodarnosti za uvedbo namakanja lahko vsako kmetijsko gospodarstvo za svoj način namakanja presodi, ali se mu investicija v predviden namakalni sistem izplača.



Opredelitev vodnega vira in način odvzema vode

Vodni vir je osnovni pogoj, ki mora biti izpolnjen pred postavitvijo namakalnega sistema. Izbira tega mora temeljiti na strokovni oceni količine vode, ki jo bomo potrebovali za namakanje kmetijskih zemljišč, zasajenih z izbrano rastlino. Za namakanje lahko uporabimo površinsko vodo (reke, vodni zbiralniki, akumulacije, umetna jezera), podzemno vodo (vrtine, vodnjaki), deževnico in vodo iz javnega vodovodnega omrežja ter v prihodnosti morda tudi prečiščeno odpadno vodo iz čistilnih naprav (Černe, 2019).

Namakalni sistemi, ki se v Sloveniji uporabljajo za namakanje oljk, so bili vzpostavljeni med letoma 1985 in 1997 ter od leta 2008 naprej (Podgornik in sod., 2018). V prvem obdobju so bili namakalni sistemi vzpostavljeni za namakanje vrtnarskih ali sadjarskih kultur, po letu 1997 pa so jim prilagodili namembnost, ko so na kmetijske namakalne površine zasadili oljke. V tako namakanih oljčnikih se za namakanje uporablja voda iz akumulaciji oz. površinskih voda zunaj kmetijskega gospodarstva. V drugem obdobju, od leta 2008 naprej, ko so pridelovalci oljk v oljčne nasade namensko začeli postavljati kapljične namakalne sisteme, pa se je kot glavni vodni vir začela uporabljati voda iz javnega vodovodnega omrežja z namensko rabo za kmetijsko dejavnost, saj so drugi vodni viri zelo slabo dostopni (slika 33). Vodni zbiralniki, ki bi lahko bili potencialno zanimivi vodni viri in objekti za zbiranje čezmernih padavin, zaradi težav pri umestitvi v prostor, sorazmerno visokih stroškov investicije in zapletenih zakonodajnih postopkov niso dosegljivi.

Slika 33: Vodni viri za namakanje v Slovenski Istri – površinske vode.



Pridobitev dovoljenj

Sočasno z načrtovanjem namakalnega sistema je treba preveriti, ali je umeščanje namakalnega sistema v izbrani prostor predvideno tudi v občinskem prostorskem načrtu (OPN). V ta namen pri pristojnem občinskem uradu (npr. Urad za prostorski razvoj in nepremičnine) prosimo za pridobitev **lokacijske informacije za gradnjo objektov oziroma izvajanje drugih zemljiških objektov**. Pri pregledu lokacijske informacije je treba posebno pozornost nameniti:

- **Podatkom o namenski rabi prostora**, saj mora biti ta v primeru vzpostavitve namakalnega sistema namenjena kmetijski rabi.
- **Podatkom o območjih varovanj in omejitev**, v katerih je navedeno, ali na območju vzpostavitve zasebnega namakalnega sistema veljajo posebne prepovedi oziroma omejitve, kot so območje varovalnih pasov, vodovarstvena območja, območja ohranjanja narave, varstva kulturne dediščine itd. Če območje

spada v naravovarstveno območje ali kulturno varstveno območje, je treba pridobiti ustrezna soglasja.

Za vzpostavitev zasebnega namakalnega sistema na območju **kulturne dediščine** oziroma zemljišču znotraj registriranega arheološkega najdišča je treba pri pristojni območni enoti Zavoda za varstvo kulturne dediščine Slovenije pridobiti kulturnovarstveno soglasje, pred tem pa še kulturnovarstvene pogoje, ki jim je treba priložiti lokacijsko informacijo, načrt parcel z vrisanim predvidenim namakalnim sistemom in tehničnimi podatki tega.

Za vzpostavitev zasebnega namakalnega sistema na območju, ki ima na podlagi predpisov s področja **ohranjanja narave poseben status** (Natura 2020, zavarovana območja, območja naravnih vrednost državnega ali lokalnega pomena), je treba pri Agenciji Republike Slovenije za okolje pridobiti naravovarstveno soglasje, ki mu je treba priložiti lokacijsko informacijo in načrt parcel z vrisanim predvidenim namakalnim sistemom.

- **Podatkom o območjih varovanj in omejitev**, v katerih je navedeno, ali je zemljišče, na katerem bo vzpostavljen zasebni namakalni sistem, na območju varovalnih pasov objektov gospodarske javne infrastrukture. Če je torej na zemljišču vzpostavitve zasebnega namakalnega sistema daljnovod, vod telekomunikacijskega omrežja ali vodovodna oziroma druga komunalna infrastruktura, je treba od pristojnih služb pridobiti mnenje oz. soglasje za vzpostavitev namakalnega sistema.

V primeru izgradnje zahtevnejših objektov (npr. zadrževalnik vode) v okviru postavitve zasebnega namakalnega sistema je na podlagi Uredbe o razvrščanju objektov glede na zahtevnost gradnje treba pridobiti tudi ustrezno gradbeno dovoljenje in v skladu z Gradbenim zakonom (Uradni list RS, št. 61/17, 72/17 – popr., 65/20 in 15/21 – ZDUOP) tudi druga ustrezna soglasja.

V skladu z Zakonom o vodah (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15 in 65/20) sledi pridobivanju lokacijske informacije pridobivanje **vodnega dovoljenja za namakanje kmetijskih zemljišč ali drugih površin**, ki je potrebno za odvzem vode iz vodotoka, jezera, vodnjaka/vrtine, drenaže. Vodno dovoljenje, ki ga pridobimo pri Direkciji Republike Slovenije za vode Ministrstva za okolje in prostor, je treba imeti, tudi če se voda za namakanje odvzema iz javnega vodovodnega omrežja. Izjema je samo zbiranje deževnice s streh (kapnica). Za pridobitev vodnega dovoljenja je poleg tehnične dokumentacije, lokacijske informacije in načrta parcel z vrisanim predvidenim namakalnim sistemom treba priložiti tudi izjavo lastnika nepremičnine, na kateri bo nameščen predviden odzemni objekt (npr. vodovodni jašek), da soglaša s postavitvijo zajetja oz. odzemnega mesta. Hkrati je treba priložiti tudi strokovne podlage oziroma hidrološko osnovo za določitev ekološko sprejemljivega pretoka izbranega vodnega vira. V primeru namakanja iz javnega

vodovodnega omrežja prosimo izvajalca gospodarske javne službe za oskrbo s pitno vodo (npr. Rižanski vodovod Koper) **za strokovno mnenje o razpoložljivosti vodnega vira in neogroženosti oskrbe s pitno vodo.**

V odločbi za **vodno dovoljenje** je določeno, da je treba v dveh letih pridobiti tudi vodno soglasje in o začetku rabe vode obvestiti Direkcijo RS za vode. Vlogo za izdajo vodnega soglasja, ki je predpisana s 153. členom Zakona o vodah (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15 in 65/20), je treba oddati v Sektorju območja jadranskih rek z morjem.

Po pridobitvi vseh potrebnih soglasij, mnenj in vodnega dovoljenja moramo v skladu z Zakonom o kmetijskih zemljiščih (Uradni list RS, št. 71/11 – uradno prečiščeno besedilo, 58/12, 27/16, 27/17 – ZKme-1D in 79/17) pri Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano vložiti vlogo za pridobitev odločbe o uvedbi zasebnega namakalnega sistema, s katero pridobimo pravico, da lahko namakamo izbrane kmetijske površine. Postopek pridobivanja ustreznih dovoljenj za namakanje je natančneje opisan v Priročniku za načrtovanje namakanja (Cvejić in sod. 2016).



Tehnologija namakanja oljk

Za izvedbo namakanja oljk je poleg vodnega vira treba izbrati tudi primerno tehnologijo namakanja, saj se te med seboj razlikujejo po delovanju namakalne opreme, načinu dodajanja in količini porabljene vode. Namakalna tehnika, ki omogoča najintenzivnejšo pridelavo oljk ob najvišji stopnji varovanja okolja, je kapljično namakanje, ki poleg majhne porabe energije (delovanje pri nizkem tlaku) zagotavlja racionalno in gospodarno porabo vode. S kapljičnim namakanjem ne namakamo celotne površine nasadov, ampak vodo dodamo večkrat v manjših obrokih glede na dejanske potrebe rastline, in to samo v območje korenin. Zaradi tega rastlina razvije koreninski sistem v manjšem volumnu tal in je ob morebitni okvari namakalnega sistema bolj izpostavljena suši. To je zelo izrazito na območjih, kjer so rastline večinoma odvisne od namakanja. V naših podnebnih razmerah, kjer je padavin sorazmerno veliko, je ta vpliv manj opazen. Celoten namakalni sistem je položen na površino ali vkopan v tla, zato se listne površine ne omočijo in ni nevarnosti pojava bolezni kot pri namakanju z oroševanjem (Pintar, 2003). Kapljični namakalni sistem nam omogoča, da prek namakalnega sistema rastlinam dovajamo tudi raztopljena hranila, kar imenujemo fertigacija.

Deficitni način namakanja oljk

Deficitno namakanje temelji na načelu, da obrok vode dodamo takrat, ko rastlina dodano vodo najbolj gospodarno uporabi. Kljub temu osnovnemu načelu se načini aplikacije vode pri »deficitnem namakanju« močno razlikujejo.

Dodajanje namakalnega obroka lahko izvedemo tako, da je vodni primanjkljaj enakomerno razporejen med celotno rastno dobo, voda pa se dodaja v rednih intervalih (CDI – Continus oziroma (SDI) Sustained deficit irrigation) (Giorio in sod., 1999). Zaželeno je, da vodni primanjkljaj dnevno vračamo v tla oz. se izogibamo daljšim intervalom namakanja, saj lahko v izjemno sušnih tleh pride do manjšega lateralnega pomika in večjega gravitacijskega odtoka. Kljub temu se za slabo odcedna tla priporoča zmanjšanje pogostnosti namakanja na 1–2-krat na teden, da se izognemo neželenim izgubam vode.

Enakomeren vodni primanjkljaj med celotno rastno dobo lahko ustvarimo tudi tako, da polovico koreninskega sistema izbrane rastline izpostavimo sušnemu stresu, drugo polovico pa optimalno oskrbimo z vodo (PRD – Partial rootzone drying) (Fernández, 2006). Z omenjenim načinom na območju koreninskega sistema ustvarjamo mokro-vlažen cikel tako, da na vsakih 14 dni zamenjamo polovico koreninskega sistema, ki mu dodamo vodo.



Slika 34: Namakanje mladega oljčnika v Slovenski Istri.

Zelo znan način namakanja je tudi RDI (Regulated deficit irrigation), pri katerem vode ne dodajamo med vso rastno dobo, temveč samo v kritičnih razvojnih fazah (Iniesta in sod., 2009).

Zasnova in postavitvev kapljičnega namakalnega sistema

Zasnova in postavitvev kapljičnega namakalnega sistema sta najbolj odvisni od starosti in nagiba nasada, konfiguracije terena in tipa tal. Pri postavitvi namakalnega sistema v oljčnih nasadih velikokrat uporabljamo tuje namakalne prakse, vendar te za naše podnebne in talne razmere niso vedno primerne. Kapljični namakalni sistem je treba prilagoditi izbranemu oljčnemu nasadu, saj so od tega odvisni razdalja med namakalnimi linijami in kapljači, tip in zmogljivost kapljačev ter globina polaganja namakalnega sistema v primeru podzemnega namakanja. Posebno pozornost je treba nameniti postavitvi namakalnega sistema v mladih oljčnikih. V mladih nasadih (slika 34), kjer oljke še nimajo močno razvitega koreninskega sistema, je treba namakalne linije namestiti oz. prilagoditi tako, da bodo zagotavljele optimalno omočenost tal v fazi



Slika 35: Vodomer.

razvoja mladih rastlin in tudi pozneje, ko bodo drevesa večja in starejša ter bo koreninski sistem dobro razvit.

Sestava in velikost namakalnega sistema sta pretežno odvisna od velikosti namakalne površine ter razpoložljivega tlaka in pretoka vodnega vira. Za zajem in črpanje vode iz vodnega vira moramo namestiti **črpalni agregat**. Ob zadostni višinski razliki med vodnim virom – črpališčem vode (zgoraj) in nižje ležečimi namakalnimi površinami – črpalnega agregata ne potrebujemo (Cvejič in sod., 2016). Tega ni treba namestiti niti v primeru odvzema vode iz javnega vodovodnega omrežja, saj je to zasnovano tako, da so zalogovniki vode nameščeni na najvišjih točkah reliefa, ki po načelu prostega pada oskrbujejo nižje ležeče uporabnike. Pri tem pa je treba opozoriti, da lahko oddaljenost in nihanje vodostaja v zalogovniku vode ter velike višinske razlike med namakalnimi terasami v oljčnih nasadih vplivajo na nihanje tlaka in pretoka vode na različnih točkah namakalnega sistema, kar se izraža v neenakomernem namakanju. Zagotavljanje enakih pogojev na vseh točkah namakalnega sistema je predpogoj za učinkovito namakanje, zato je namakalni sistem priporočljivo opremiti z **merilnikom tlaka (manometer) in pretoka (vodomer – števec za vodo)** (slika 35), ki meri pretok vode in daje podatke o količini porabljene vode za namakanje.

Glavni sestavni del namakalnega sistema so tudi filtri. Poleg filtrske postaje, ki stoji ob črpališču in služi za odstranjevanje organskih snovi (vodne trave, sluzi alge, ipd.) in mineralnih delcev (pesek, melj, glina ipd.), je za res varno namakanje filter priporočljivo namestiti na začetku razdelilnega cevododa na parceli. Filter namestimo tudi v primeru odvzema vode iz javnega vodovodnega omrežja, saj prepreči mašenje kapljačev z delci, ki lahko pridejo v cevovod zaradi vzdrževanja ali servisiranja namakalnega sistema (Pintar, 2003).

Dovod vode od vodnega vira oziroma črpališča do namakalnih površin imenujemo **primarni (glavni) cevovod**, pri katerem uporabljamo cevi iz polietilena s premerom od nekaj centimetrov do nekaj deset centimetrov, odvisno od velikosti namakalnega sistema (Cvejič in sod., 2016). Razvod vode po namakalni površini imenujemo **sekundarni cevovod**, pri katerem uporabljamo tudi polietilenske cevi, ki imajo običajno manjši premer kot glavni cevovod. Zaradi omejenih količin vode in šibkega pretoka vode velikokrat ni mogoče hkrati namakati celotne površine. Zaradi tega razvodni sistem razdelimo na večje število sektorjev (slika 36), kar nam omogoča enakomerno razporeditev vode po namakalni površini.

Tako se namakanje z manjšo količino vode razporedi čez daljši čas, saj posamezne sektorje namakamo v različnih intervalih, ki lahko trajajo od nekaj deset minut do nekaj ur, odvisno od namakalne opreme, tipa tal in količine dodane vode. Delovanje posameznih sektorjev reguliramo z elektromagnetnimi ventili, ki so lahko povezani z avtomatskim krmilnikom, merilniki vsebnosti vode v tleh in dežemerom (slika 37).



Slika 36: Prikaz postavitve sektorjev.



Slika 37: Elektromagnetni ventil, avtomatski krmilnik in dežemer.

Razvod vode od sekundarnega cevovoda do izbrane rastline nam omogočajo namakalne linije oziroma namakalne cevi, ki so opremljene s kapljači. Namakalna linija je lahko nameščena na površini tal, dvignjena od tal (običajno pripeta na oporo meter od tal) ali vkopana v tla.

Zaradi manjših investicijskih stroškov in lažjega nameščanja se pogosteje uporabljajo namakalne linije, ki so nameščene na površini tal (slika 38) in jih je priporočljivo namestiti pod krošnjo, saj senčenje krošnje zmanjša izgube dodane vode, ki lahko nastanejo zaradi izhlapevanja (evaporacije). Da bi še dodatno omejili izhlapevanje vode, ki nastane pri uporabi nadzemnih namakalnih linij, je priporočljivo, da primanjkljaj vode dnevno ne vračamo v tla, ampak to naredimo vsakih nekaj dni. Določitev optimalnega intervala dodajanja vode mora vsekakor temeljiti na podlagi tipa tal, ki jih namakamo (Fererer in sod., 2012).

Res je, da je vzpostavitev podzemnega načina namakanja (namakalno linijo vkopljemo v tla) nekoliko dražja in kompleksnejša ter zahteva dosledno vzdrževanje, vendar nam uporaba tega zagotavlja boljši izkoristke dodane vode (do 95 %), manjše izgube zaradi izhlapevanja, lažjo obdelavo tal in negovanje ledine ter manj

Slika 38: Namakalne linije, nameščene na površini tal. Dodatna namakalna cev s kapljači, nameščena na namakalni liniji.



ugodne razmere za pojav bolezni, škodljivcev in plevelov, ki bi lahko tekmovali z oljko pri sprejemu vode in hranil (Sala in sod., 2019). Je pa pri vkopanih namakalnih linijah težje odkriti nepravilnosti oziroma poškodbe namakalnega sistema, ki nastanejo zaradi prisotnosti večjega skeleta in obdelave tal. Poškodbe namakalnega sistema lahko nastanejo tudi zaradi glodavcev, ki pri iskanju vode preluknjajo namakalno cev in s tem povzročijo nenadzorovano izgubo vode. Če namakalni sistem vzpostavljamo v že vzpostavljenem rodnem nasadu, je priporočljivo, da nasad pred polaganjem namakalnih cevi v tla tudi ustrezno pripravimo (odstranimo večji skelet, tla razrahljamo, drevesa primerno zaščitimo in porežemo), da ne bo težav in poškodb rastlin pri vgradnji cevi v tla in tudi pri prehodu mehanizacije za postavitev teh (slika 39).

Slika 39: Poškodbe rastlin pri vgradnji cevi v tla (a), mehanizacija postavitev cevi v tla (b) in nepravilno odstranjen večji skelet (c).



Razdaljo med namakalnimi linijami v oljčnih nasadih določimo glede na starost nasada, na vrstno in medvrstno razdaljo, razvitost koreninskega sistema, širino terase in način postavitve kapljačev. Pri uporabi namakalne linije, nameščene na površino tal, lahko to postavimo tik ob deblu drevesa z različno oddaljenostjo kapljačev od debla. Priporočljivo je, da dva kapljača namestimo 0,5 m od debla, druga dva pa 1,5 m od debla. Namakalne linije lahko pri nadzemnem in podzemnem načinu namakanja postavimo tudi v medvrstnem prostoru z različno oddaljenostjo od debla, ki je odvisna od medvrstne razdalje in števila namakalnih linij, ki jih bomo postavili v medvrstni prostor. Če so medvrstni prostori večji kot 3 m, je priporočljivo, da vanje namestimo dve namakalni liniji, pri čemer je linija od debla oddaljena od 0,7 m do 1,2 m. Globina vkopa



namakalne linije pa se priporoča na globini od 20 cm do 40 cm tal (Gucci, 2012; Sala in sod., 2019) (slika 41).

Pri uporabi namakalne linije, nameščene na površino tal, lahko kapljače (slika 40) namestimo neposredno na namakalno linijo ali tako, da na cev, ki poteka v vrsti dreves, namestimo namakalno cev, na kateri so nameščeni kapljači, in z njo obkrožimo posamezno drevo v oddaljenosti od 1,5 m do 2 m. Pri namestitvi cevi s kapljači pazimo, da kapljične odprtine niso obrnjene proti tlam, saj se lahko zamašijo, kar zmanjša oskrbo rastline z vodo. Ta je odvisna od števila kapljačev na drevo in tudi od pretoka vode na kapljaču.



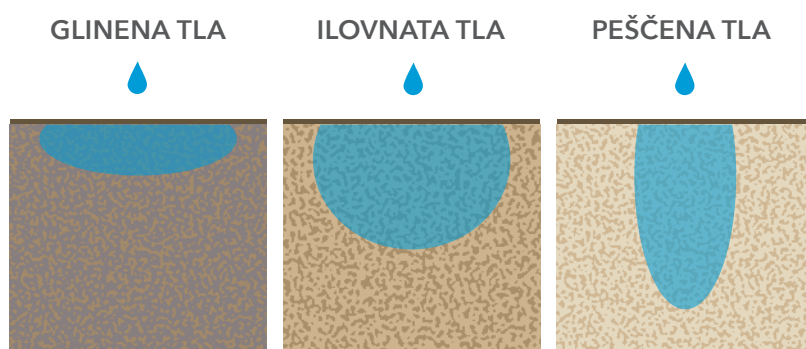
Slika 40: Kapljač, nameščen na namakalni liniji, ki je nameščena na površini tal.



Slika 41: Namakalna linija vkopana v tla.

Število kapljačev na drevo in razdalja med njimi sta odvisna od tipa tal, ki vpliva na vzorec vlaženja tal (slika 42) in razvoj koreninskega sistema. V težkih tleh (glinena, glinasto ilovnata, ilovnata), kjer se voda iz kapljača razporeja bolj v horizontalni smeri, je pri uporabi podzemnih namakalnih linij priporočljiva večja razdalja med kapljači (60 cm) oziroma manjše število teh. V lahkih peščenih

tleh, kjer se voda in koreninski sistem razporejata in razvijata v bolj vertikalni smeri, pa je priporočljiva manjša razdalja med kapljači (40–50 cm) oziroma večje število teh (Gucci., 2012; Sala in sod., 2019). V naravnih razmerah je vzorec omočenosti tal lahko tudi drugačen, saj lahko z obdelavo tal in uporabo strojne mehanizacije vplivamo na razporeditev vode v tleh. Podatek o razporeditvi vode v tleh nam olajša načrtovanje razdalje med kapljači. Večje število kapljačev na drevo je priporočljivo tudi pri uporabi nadzemnih namakalnih linij. García Zamorano in sodelavci (2010) priporočajo, uporabo štirih kapljačev na oljko s pretokom 4 L/h oz. 8 kapljačev na oljko s pretokom 2 L/h.



Slika 42: Vzorec omočenosti tal (García Zamorano in sod., 2010).

Primerno oskrbo rastline z vodo določa tudi pretok vode na kapljaču. Med drugim se kapljične linije medsebojno razlikujejo tudi po izgubi hidravličnega tlaka, ki se pojavi vzdolž namakalne linije. Razlika med dejanskim pretokom prvega in zadnjega kapljača mora biti dovolj majhna, da je izenačenost namakanja zadovoljiva (najmanj 85-odstotna izenačenost) (Pintar, 2006). Problem neizenačenosti lahko ublažimo ali se mu v celoti izognemo z uporabo kompenzacijskih kapljačev, ki imajo nespremenjen pretok v območju delovanja od 100 kPa do 450 kPa. Če kompenzacijskih kapljačev ne uporabljamo, je pretok kapljača določen z delovnim tlakom namakalnega sistema.



Vzdrževanje namakalnega sistema

Vzdrževanje namakalnega sistema je še posebej pomembno pri uporabi namakalnih linij, vkopanih v tla, saj težje ugotovimo nepravilnosti delovanja namakalnega sistema. Zato so priporočljivi redni pregledi filtra in odstranjevanje nečistoč, ki bi lahko povzročile mašenje kapljačev, ter redno spremljanje porabe vode, ki je lahko dober kazalnik nepravilnega delovanja namakalnega sistema. Nepogrešljivo je tudi letno vzdrževanje in servisiranje namakalne opreme, ki ga največkrat opravimo ob začetku in koncu namakalne sezone. Ob koncu namakalne sezone je iz cevodov treba odstraniti tudi vso vodo, da ne bi ta ob pojavu nižjih temperatur zmrznila in poškodovala vitalnih delov namakalnega sistema.

Neželeni učinki namakanja

Res je, da ima tehnologija podzemnega kapljičnega namakanja številne prednosti pred drugimi namakalnimi tehnologijami, vendar lahko z neprimerno načrtovanim namakalnim ukrepom izzovemo neželene učinke na okolje, gojeno rastlino in pridelek. Zaradi tega mora biti velikost namakalnega obroka skrbno načrtovana, saj lahko s čezmernim namakanjem povzročimo spiranje hranil, slabšo kakovost pridelka in manjšo odpornost na nizke temperature (Sala in sod., 2019). Hkrati lahko čezmerno namakanje izzove neželjeno bujno rast, razvoj vodenih poganjkov (bohotivk) in večji habitus dreves. Izrazito bujna rast vpliva na slabšo osončenost plodov, kar po navedbah nekaterih avtorjev (Caruso in sod., 2017) negativno vpliva na kopičenje fenolnih spojin v oljki. Bujna rast zmanjša zračnost nasada, kar vpliva na večjo vlažnost zraka v nasadu ter tveganje za pojav bolezni (npr. pavje oko ali oljkova kozavost – *Spilocaea oleagina*; antraknoze – *Colletotrichum spp.*) in škodljivcev (npr. oljna muha – *Bactrocera oleae*; oljčni molj – *Prays oleae*).

Na slabo stanje oljk v čezmerno namočenih tleh lahko vpliva tudi gniloba koreninskega vratu, ki jo povzročajo glive iz rodu *Phytophthora* (fitoftora). Po svetu najbolj prepoznane povzročiteljice gnilobe koreninskega vratu na oljki so *P. acerina*, *P. cactorum*, *P. cinnamomi*, *P. citricola sensu lato*, *P. cryptogea*, *P. drechsleri*, *P. inundata*, *P. megasperma*, *P. nicotianae*, *P. oleae*, *P. palmivora*, *P. pini* in *P. plurivora* (Santilli in sod., 2020). Hkrati lahko z namakalnim ukrepom spodbudimo širjenje in rast parazitskih nematod oz. ogorčic (*Meloidogyne sp.*, *Pratylenchus sp.*, *Tylenchulus semipenetrans* in *Heterodera mediterranea*), ki lahko s sesanjem koreninskih sokov povzročijo hiranje oljk (Castillo, 2010). Te lahko večjo škodo povzročijo v sodelovanju z drugimi patogenimi organizmi, ki so v tleh. Zelo znan je sinergističen učinek med ogorčicami *Meloidogyne spp.* in glivo *Verticillium spp.* (Back in sod., 2002). Vir okužbe z glivo *Verticillium dahliae*, ki v oljčnikih povzroča uvelost dreves, je lahko


voda, ki jo uporabljamo za namakanje kmetijskih površin. Zato je nujno potrebno, da pred namakanjem preverimo kakovost vode. To je še posebej treba preveriti, kadar za namakanje uporabljamo odpadno ali prečiščeno odpadno vodo, ki postaja vse bolj privlačen alternativni vir vode za namakanje kmetijskih površin. Vsebnosti patogenih organizmov, slanost, vsebnost suspendiranih snovi, toksičnost nekaterih ionov, elementi v sledovih in vsebnost hranil imajo lahko negativne posledice za ljudi, rast rastlin in okolje (Zupanc in Pintar, 2018).





Zahvala

Avtorji se zahvaljujejo Angelu Hlaju, financerjem projekta (Javni agenciji za raziskovalno dejavnost, Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, AKTRP), Igorju Novaku, Ernestu Kantetu, Franju Bošnjaku, Borisu Jenku, Gorazdu Jerebu, Franku Miklavčiču, Vanji Dujc, Petru Korparju, sodelavcem Laboratorija Inštituta za oljkarstvo ZRS Koper in vsem, ki so med letoma 2009 in 2021 kakor koli sodelovali pri izvedbi namakalnih poskusov.





Literatura

- Abdallah, B. M., Methenni, K., Nouairi, I., Zarrouk, M., Youssef, N. B. 2017. Drought priming improves subsequent more severe drought in a drought-sensitive cultivar of olive cv. Chétoui. *Science Horticulture*, 221: 43–52.
- Ahmed, B. C., Rouina, B. B., Boukhris, M. 2007. Effects of water deficit on olive trees cv. Chemlali under field conditions in arid region in Tunisia. *Scientia Horticulturae*, 113, 3: 267–277.
- Aïachi-Mezghani, M., Masmoudi-Charfi, C., Gouiaa, M., Labidi, F. 2012. Vegetative and reproductive behaviour of some olive tree cultivars (*Olea europaea* L.) under deficit irrigation regimes in semi-arid conditions of central Tunisia. *Scientia Horticulturae*, 146: 143–152.
- Angelopoulos, K., Dichio, B., Xiloyannis, C. 1996. Inhibition of photosynthesis in olive trees during water stress and rewatering. *Journal of Experimental Botany*, 47, 8: 1093–1100.
- Bacelar, E. A., Santos, D. L., Moutinho-Pereira, J. M., Gonçalves, B. C., Ferreira, H. F., Correia, C. M. 2006. Immediate responses and adaptative strategies of three olive cultivars under contrasting water availability regimes: Changes on structure and chemical composition of foliage and oxidative damage. *Plant Science*, 170, 3: 596–605.
- Bacelar, E. A., Santos, D. L., Moutinho-Pereira, J. M., Lopes, J. I., Gonçalves, B. C., Ferreira, T. C., Correia, C. M. 2007. Physiological behaviour, oxidative damage and antioxidative protection of olive trees grown under different irrigation regimes. *Plant Soil*, 292: 1–12.
- Back, M. A., Haydock, P. P. J., Jenkinson, P. 2002. Disease complexes involving plant

parasitic nematodes and soilborne pathogens. *Plant Pathology*, 51, 6: 683–697.

Bandelj, D., Bešter, E., Bučar-Miklavčič, M., Butinar, B., Čalija, D., Kanjir, Ž., Levanič, T., Valenčič, V., Mazi, Ž. 2005. *ABC o 'Istrski belici' = Factsheet on the olive variety 'Istrska belica' = L'ABC della varietà 'Bianca istriana'*. Koper: Univerza na Primorskem, Znanstvenoraziskovalno središče: Labs, 2005. 1 zloženka: 16 str.

Berenguer, M. J., Vossen, P. M., Grattan, S. R., Connell, J. H., Polito, V. S. 2006. Tree irrigation levels for optimum chemical and sensory properties of olive oil. *HortScience*, 41, 2: 427–432.

Bongi, G., Palliotti, A. 1994. Olive. V: *Handbook of environmental physiology of fruit crops. Temperate Crops*. Schaffer, B., Andersen, P. C. (ur.). CRC Press Inc., ZDA: 165–178.

Bonofiglio, T., Orlandi, F., Sgromo, C., Romano, B., Fornaciari, M. 2008. Influence of temperature and rainfall on timing of olive (*Olea europaea*) flowering in southern Italy. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 36, 1: 59–69.

Bučar-Miklavčič, M. 2019. Vpliv izbranih tehnoloških postopkov na kemijske in senzorične značilnosti slovenskih deviških oljčnih olj. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 98 str.

Bučar-Miklavčič, M., Bešter, E., Butinar, B., Čalija, D., Podgornik, M., Valenčič, V. 2016. Oljčno olje, oljke in senzorično ocenjevanje. Koper: Univerzitetna založba Annales. 123 str.

Calabriso N., Scoditti, E., Pellegrino, M., Carluccio, M. A. 2015: *Olive oil V: Preedy, R., Weston, R. R. (ur.) Mediterranean diet*. Academic Press 135–142.

Caruso, G., Gucci, R., Sifola, M. I., Selvaggini, R., Urbani, S., Esposto, S., Taticchi, A., Servili, M. 2017. Irrigation and fruit canopy position modify oil quality of olive trees (cv. Frantoio). *Journal of the Science of food and Agriculture*, 97 (11): 3530–3539.

Caruso, G., Gucci, R., Urbani, S., Esposto, S., Taticchi, A., Di Maio, I., Selvaggini, R., Servili,

M. 2014. Effect of different irrigation volumes during fruit development on quality of virgin olive oil of cv. Frantoio. *Agricultural Water Management*, 134(0): 94–103.

Castillo, P. 2010. Plant-Parasitic Nematodes Attacking Olive Trees and their Management. *Plant Disease* 94: 148–162.

Celano, G., Dichio, B., Montanaro, G., Nuzzo, V., Palese, A. M., Xiloyannis, C. 1999. Distribution of dry matter and amount of mineral elements in irrigated and non-irrigated olive trees. *Acta Horticulturae*, 474: 381–384.

Chaves, M. M., Flexas, J., Pinheiro, C. 2003. Understanding plant responses to drought from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology*, 30, 3: 239–264.

Conde, C., Delrot, S., Geros, H. 2008. Physiological, biochemical and molecular changes occurring during olive development and ripening. *Journal of Plant Physiology*, 165, 15: 1545–1562.

Connor, D. J., Fereres, E. 2005. The physiology of adaptation and yield expression in olive. *Horticultural Reviews*, 31: 155–229.

Crivellaro, A., Schweingruber, F. H. 2013. *Atlas of Wood, Bark and Pith Anatomy of Eastern Mediterranean Trees and Shrubs*: 435 str.

Cvejić, R., Podboj, M., Pintar, M. 2016. *Priročnik za načrtovanje namakanja*. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 25 str.

Černe, M. 2019. Zagotavljanje vodnih virov za namakanje kmetijskih zemljišč. [Http://mvd20.com/LETO2019/R16.pdf](http://mvd20.com/LETO2019/R16.pdf).

D'Andria, R., Lavini, A., Morelli, G., Sebastiani, L., Tognetti, R. 2009. Physiological and productive responses of *Olea europaea* L. cultivars 'Frantoio' and 'Leccino' to a regulated deficit irrigation regime. *Plant Biosystems*, 143(1): 222–231.

Demopoulos, V., Karkoula, E., Magiatis, P., Melliou, E., Kotsiras, A., Mouroutoglou, C. 2015. Correlation of Oleocanthal and Oleacein Concentration with Pungency and Bitterness

- in 'Koroneiki' Virgin Olive Oil. In International Symposium on Horticulture in Europe, 1099: 219–224.
- Dias, M. C., Figueiredo, C., Pinto, D., Freitas, H., Santos, C., Silva, A. M. S. 2019. Heat shock and UV-B episodes modulate olive leaves lipophilic and phenolic metabolite profiles. *Industrial Crops and Products*, 133: 269–275.
- Dichio, B., Xiloyannis, C., Angelopoulos, K., Nuzzo, V., Bufo, S. A., Celano, G. 2003. Drought-induced variations of water relations parameters in *Olea europaea*. *Plant and Soil*. 257: 381–389.
- Dichio, B., Xiloyannis, C., Sofo, A., Montanaro, G. 2005. Osmotic regulation in leaves and roots of olive trees during water deficit and rewetting. *Tree Physiology*, 26: 179–185.
- Domec, J. C., Schäfer, K., Oren, R., Kim, H. S., McCarthy, H. R. 2010. Variable conductivity and embolism in roots and branches of four contrasting tree species and their impacts on whole-plant hydraulic performance under future atmospheric CO₂ concentration. *Tree Physiology*, 30(8): 1001–1015.
- El Kholi, M. 2010. Irrigation. V: Olive GAP Manual: Good Agricultural Practices for the Near East and North Africa Countries, FAO Office for the Near East (ur.). Kairo: 117–181.
- Farooq, M., Hussain, M., Wahid, A., Siddique, K. H. M. 2012. Drought stress in plants: an overview. V: Plant responses to drought stress, From morphological to molecular features. Aroca, R. (ur.). London: 1–33.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., Basra, S. M. A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29: 185–212.
- Fereres, E., Goldhamer, D. A., Sadras, V. O. 2012. Yield response to water of fruit trees and vines: guidelines. V: Crop yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper, 66: 246–295.
- Fernandes-Silva, A. A., Ferreira, T. C., Correia, C. M., Malheiro, A. C., Villalobos, F. J. 2010. Influence of different irrigation regimes on crop yield and water use efficiency of olive. *Plant soil*, 333: 35–47.
- Fernández, J. E. 2006. Irrigation management in olive. *Olivebioteq*, 295–305.
- Fernández, J. E. 2014. Understanding olive adaptation to abiotic stresses as a tool to increase crop performance. *Environmental and Experimental Botany*, 103: 158–179.
- Fernández, J. E. 2017. Plant-Based Methods for Irrigation Scheduling of Woody Crops. *Horticulturae* 3(2): 35.
- Fernández, J. E., Moreno, F., Cabrera, F., Arrúe, J. L., Martín-Aranda, J. 1991. Drip irrigation, soil characteristics and the root distribution and root activity of olive trees. *Plant and Soil* 133: 239–251.
- Fernández, J. E., Moreno, F., Martín-Aranda, J., Fereres, E. 1992. Olive-tree root dynamics under different soil water regimes. *Agr. Med.*, 122: 225–235.
- Fernández-Escobar, R., Gomez-Velledor, G., Rallo, L. 1983. Influence of pistil extract and temperature on in vitro pollen germination and pollen tube growth of olive cultivars. *Journal of Horticultural Science*, 58: 219–227.
- Fernández-Escobar, R., Benlloch, M., Navarro, C., Martín, G. C. 1992. The time of floral induction in the olive. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 117, 2: 304–307.
- Ferreira, M. I., Conceição, N., David, T. S., Nadezhkina, N. 2013. Role of lignotuber versus roots in the water supply of rainfed olives. *Acta Horticulturae* 991: 181–188.
- Flora, L. L., Madore, M. A. 1993. Stachyose and mannitol transport in olive (*Olea europaea* L.). *Planta*, 189: 484–490.
- Gačnik, Z. 2016. Sezonske spremembe fotosintezne aktivnosti oljke (*Olea europaea* L.). Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 29 str.
- García Zamorano, F., Ruiz Coleto, F., Cano Rodríguez, J., Pérez García, J., Molina de la Rosa, J. L., Cabra-Priego, C. I. F. A. 2010. Suelo,

riego, nutrición y medio ambiente en el olivar, Junta de Andalucía Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera Consejería de Agricultura y Pesca Publica, General Técnica Servicio de Publicaciones y Divulgación: 190 str.

Giorio, P., Sorrentino, G., d'Andria, R. 1999. Stomatal behaviour, leaf water status and photosynthetic response in field-grown olive trees under water deficit. *Environmental and Experimental Botany*, 42: 95–104.

Gómez, M., Gracia, J. M. 2020. Riego y fenoles en el aceite de oliva virgen. *Mecacei Magazine*. 105: 36–40.

Gómez-Rico, A., Desamparados Salvador, M., Moriana, A., Pérez, D., Olmedilla, N., Ribas, F., Fregapane, G. 2007. Influence of different irrigation strategies in a traditional Cornicabra cv. olive orchard on virgin olive oil composition and quality. *Food Chemistry*, 100: 568–578.

Grattan, S. R., Berenquer, M. J., Connell, J. H., Polito, V. S., Vossen, P. M. 2006. Olive oil production as influenced by different quantities of applied water. *Agricultural Water Management*, 85(1–2): 133–140.

Griggs, W. H., Hartmann, H. T., Bradley, M. V. 1975. Olive pollination in California. *California Agricultural Experimental Station*, 869: 50 str.

Gucci, R. 2012. Irrigazione – Collana divulgativa dell'Accademia Nazionale dell'Olio e dell'Olio – Volume IX. *Accademia nazionale dell'olio e dell'olio*: 21 str.

Gucci, R., Fereras, E., Goldhamer, D. A. 2012. Olive. V: Steduto, Hsiao, Fereres, Raes. *Crop yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper*, 66: 300–313.

Gucci, R., Lodolini, E. M., Rapoport, H. F. 2007. Productivity of olive trees with different water status and crop load. *Journal Horticultural Science Biotechnology*, 82(4): 648–656.

Hetherington, A. M., Woodward, F. I. 2003. The role of stomata in sensing and driving environmental change. *Nature*, 424: 901–908.

Hillel, D. 1998. *Environmental soil physics*. San Diego, Academic Press: 794 str.

Hopkins, W. G., Hüner N. P. A. 2008. *Introduction to plant physiology*. 4. izdaja. The University of Western Ontario: 503 str.

Iniesta, F., Testi, L., Orgaz, F., Villalobos, F. J. 2009. The effects of regulated and continuous deficit irrigation on the water use, growth and yield of olive trees. *European Journal of Agronomy*, 30: 258–265.

Jemai, H., Bouaziz, M., Sayadi, S. 2009. Phenolic Composition, Sugar Contents and Antioxidant Activity of Tunisian Sweet Olive Cultivar with Regard to Fruit Ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(7): 2961–2968.

Kolenc, Z. 2017. Fiziološke in proteomske analize sušnega stresa pri hmelju (*Humulus lupulus* L.): doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 92 str.

Kolenc, Z., Čerenak, A., Vodnik, D. 2014. Kako hmelj (*Humulus lupulus* L.) uravnava vodno bilanco in se odziva na sušo?. *Hmeljarski bilten/Hop Bulletin*, 21: 8–16.

Larcher, W. 2003. *Physiological Plant Ecology. Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups*. 4. izdaja. New York, Springer: 513 str.

Larcher, W., Moraes, J. A. P. V., Bauer, H. 1981. Adaptive responses of leaf water potential, CO₂-gas exchange and water used efficiency of *Olea europea* during drying and rewatering. V: *Components of productivity of Mediterranean-Climatic Regions Basic and Applied Aspects*. Margaris in Mooney (ur). Haag, Boston, London: 77–84.

Lavee, S. 2015. Alternate bearing in olive initiated by abiotic induction leading to biotic responses. *Advance in Horticultural Sciences* 29 (4): 213–220.

Lavee, S. 1996. *Biology and physiology of the olive tree*: V: *World Olive Encyclopedia*. International Olive Council. Lavee, S., Barranco, D., Bonghi, G., Jardak, T., Loussert, R., Martin, G. C., Trigui, A. (ur.). Madrid: 61–110.

Lavee, S., Rallo, L., Rapoport, H. F., Troncoso, A. 1999. *The floral biology of the olive II*.

- The effect of inflorescence load and distribution per shoot on fruit set and load. *Scientia Horticulturae*, 66: 267–277.
- Lavee, S., Wodner, M. 1991. Factors affecting the nature of oil accumulation in fruit of olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Journal of Horticultural Science* 66(5): 583–591.
- Lo Gullo, M. A., Salleo, S. 1988. Different strategies of drought resistance in three Mediterranean sclerophyllous trees growing in the same environmental conditions. *New Phytologist*, 108: 267–276.
- Lodolini, E. M., Ali, S., Mutawea, M., Qutub, M., Arabasi, T., Pierini, F., Neri, D. 2014. Complementary irrigation for sustainable production in olive groves in Palestine. *Agricultural Water Management*, 134(0): 104–109.
- Marsilio, V., Campestre, C., Lanza, B., De Angelis, M. 2001. Sugar and polyol compositions of some European olive fruit varieties (*Olea europaea* L.) suitable for table olive purposes. *Food Chemistry*, 72(4): 485–490.
- Martinelli, F., Remorini, D., Saia, S., Massai, R., Tonutti, P. 2013. Metabolic profiling of ripe olive fruit in response to moderate water stress. *Scientia Horticulturae*, 159: 52–58.
- Martín-Vertedor, A. I., Rodríguez, J. M. P., Losada, H. P. Castiel, E. F. 2011. Interactive responses to water deficits and crop load in olive (*Olea europaea* L., cv. Morisca). I. Growth and water relations. *Agricultural Water Management*, 98: 941–949.
- Melgar, J. C., Mohamed, Y., Navarro, C., Parra, M. A., Benlloch, M., Fernandez-Escobar, R. 2008. Long term growth and yield responses of olive trees to different irrigation regimes. *Agricultural Water Management*, 95: 968–972.
- Mezghani, M., Masmoudi-Charfi, C., Gouiaa, M., Labidi, F. 2012. Vegetative and reproductive behaviour of some olive tree cultivars (*Olea europaea* L.) under deficit irrigation regimes in semi-arid conditions of central Tunisia. *Scientia Horticulturae*, 146: 143–152.
- Middleton, N., Thomas, D., UNEP. 1992. World atlas of desertification. London, Edward Arnold: UNEP: 69 str.
- Miklavčič Višnjevč, A., Valenčič, V., Hladnik, T., Podgornik, M., Bandelj, D., Baruca Arbeiter, A., Bučar-Miklavčič, M., Bešter, E., Volk, S., Pintar, M., Butinar, B., Hladnik, M. 2016. Impact of weather conditions and drought stress on primary and secondary metabolites of olives from Slovenian Istria. V: Book of abstracts. Split: Institute for Adriatic Crops: 31 str.
- Mikluš, I. 1992. Proizvodni in ekonomski učinki uvedbe namakanja na 6315 ha zemljišč Dravsko-Ptujskega polja. <https://www.yumpu.com/xx/document/read/42301913/proizvodni-in-ekonomski-vidiki-namakanja>.
- Moriana, A., Orgaz, F., Pastor, M., Fereres, E. 2003. Yield responses of a mature olive orchard to water deficits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 128: 425–431.
- Naczek, M., Shahidi, F. 2004. Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A*, 1054(1–2): 95–111.
- Orgaz, F., Fereres, E., Testi, L. 2017. Riego. V: El Cultivo del Olivo. Barranco, D., Fernández-Escobar, R., Rallo, L. (ur.). Mundi-Prensa, Madrid: 463–489.
- Padilla-Díaz, C. M., Rodríguez-Dominguez, C. M., Hernandez-Santana, V., Perez-Martin, A., Fernández, J. E. 2016. Scheduling regulated deficit irrigation in a hedgerow olive orchard from leaf turgor pressure related measurements. *Agricultural water management*, 164, 28–37.
- Patumi, M., D'Andria, R., Marsilio, V., Fontanazza, G., Morelli, G., Lanza, B. 2002. Olive and olive oil quality after intensive monocone olive growing (*Olea europaea* L., cv. Kalamata) in different irrigation regimes. *Food Chem.*, 77: 27–34.
- Patumi, M., D'Andria, R., Fontanazza, G., Morelli, G., Giori, P., Sorrentino, G. 1999. Yield and oil quality of intensively trained trees of three cultivars of olive under different irrigation regimes. *J. Hort. Sci. and Biotechnol.*, 74: 729–737.

- Perez-Martin, A., Flexas, J., Ribas-Carbó, M., Bota, J., Tomás, M., Infante, J. M., Diay-Espejo, A. 2009. Interactive effects of soil water deficit and air vapour pressure deficit on mesophyll conductance to CO₂ in *Vitis vinifera* and *Olea europaea*. *Journal of Experimental Botany*, 60 (8): 2391–2405.
- Petridis, A., Therios, I., Samouris, G., Koundouras, S., Giannakoula, A. 2012. Effect of water deficit on leaf phenolic composition, gas exchange, oxidative damage and antioxidant activity of four Greek olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Plant Physiol. Biochem.* 60: 1–11.
- Pierantozzi, P., Torres, M., Lavee, S., Maestri, D. 2013. Vegetative and reproductive responses, oil yield and composition from olive trees (*Olea europaea*) under contrasting water availability during the dry winter-spring period in central Argentina. *Annals of Applied Biology*, 164: 116–127.
- Pintar, M. 2003. Osnove namakanja s poudarkom na vrtninah in sadnih vrstah v severovzhodni Sloveniji. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 49 str.
- 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.
- Pintar, M. 2017. Pravilno namakanje je tudi okoljski ukrep, ključno pa je tudi za kakovost vrtnin (projekt TriN) Lombergerjevi dnevi 4. ZELENJADARSKI POSVET, Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. http://www.kmetzav-mb.si/Lomberger_17/Lomb_3_2_17.pdf
- Pintar, M. 2020. Projekt KOREOLJKA. Določitev lokacije korenin oljk. <https://www.youtube.com/watch?v=raOvbtgdyKM>
- Podgornik, M., Bandelj, D. 2015 Deficitni princip namakanja oljčnih nasadov v slovenski Istri. *Acta agriculturae Slovenica*. 105 (2): 337–344. http://aas.bf.uni-lj.si/september2015/17_Podgornik.pdf
- Podgornik, M., Pintar, M., Korpar, P., Vuk, I., Arbeiter, A., Klančar, U., Bandelj, D. 2012a. Vpliv deficitnega namakanja na pridelek oljk (*Olea europaea* L.) sorte 'Istrska belica'. V: Bandelj, D., Podgornik, M., Arbeiter, A. (ur.). Novi raziskovalni pristopi v oljkarstvu: zbornik znanstvenih prispevkov z mednarodnega posveta, Koper, 16.–17. februar 2012. Univerza na Primorskem, Znanstveno-raziskovalno središče, Univerzitetna založba Annales: 87–93.
- Podgornik, M., Pintar, M., Arbeiter, A., Bandelj, D. 2012b. Vpliv sušnega stresa na rast in rodnost oljke (*Olea europaea* L.) sorte 'Istrska belica' v Slovenski Istri. V: Zbornik referatov 3. slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo. Hudin, M. (ur.). Krško, 21.–23. november 2012. Ljubljana: Strokovno sadjarsko društvo Slovenije: 271–275.
- Podgornik, M., Pintar, M., Bučar-Miklavčič, M., Bandelj, D. 2017. Different quantities of applied water on *Olea europaea* L. cultivated under humid conditions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 143(9).
- Podgornik, M., Pintar, M., Vodnik, D., Kastelec, D., Zupanc, V., Korpar, P., Fantinič, J., Volk, S., Fičur, K., Bučar-Miklavčič, M., Bešter, E., Valenčič, V., Butinar, B. 2018. Tehnološke smernice za namakanje oljk. Koper: Znanstveno-raziskovalno središče, Založba Annales ZRS, 2018. 18 str.
- Pučko, D. Rozman, R. 2000. Ekonomika podjetja. Ljubljana: Ekonomska fakulteta: 344 str.
- Rapoport, H. F., Hammami, S. B. M., Matins, P., Perez-Priego, O., Orgaz, F. 2012 Influences wter deficits at different times during olive tree inflorescence and flower development. *Environmental and Experimental Botany*, 77: 227–233.
- Register kmetijskih gospodarstev. 2015. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje RS.
- Rosati, A., Caporali, S., Paoletti, A., Famiani, F. 2011. Pistil abortion is related to ovary mass in olive (*Olea europaea* L.). *Scientia Horticulturae* 127, 515–519.
- Rotondi, A., Bendini, A., Cerretani, L., Mari, M., Lercker, G., Toschi, T. G. 2004. Effect of olive ripening degree on the oxidative stability and organoleptic properties of cv. Nostrana di Brisighella extra virgin olive oil. *Journal*

- of Agricultural and Food Chemistry, 52, 11: 3649–3654.
- Rovellini, P., Cortesi, N. 2002. Liquid chromatography-mass spectrometry in the study of oleuropein and ligstroside aglycons in virgin olive oil: aldehydic, dialdehydic forms and their oxidized products. *La rivista Italiana delle sostanze grasse*. 79 (01/02): 1–14.
- Sala, G., La Mantia, T, Marra, P. F, Caruso, T. 2019. Irrigazione. V: Proietti, P., Regni, L. Mitigazione dei cambiamenti climatici attraverso una filiera sostenibile per il settore olivicolo-oleariomanuale per la gestione sostenibile degli oliveti. Manuale per la gestione sostenibile degli oliveti. 96–106.
- Santilli, E., Riolo, M., La Spada, F., Pane, A., Cacciola, S. O. 2020. First Report of Root Rot Caused by *Phytophthora bilobang* on *Olea europaea* in Italy. *Plants*. Special Issue The Challenge of Coping with Globally and Locally Emerging Fungal and Oomycetes Plant Pathogens. 9 (7), 826.
- Servili, M., Esposto, S., Fabiani, R., Urbani, S., Taticchi, A., Mariucci, F., Selvaggini, R., Montedoro, G. F. 2009. Phenolic compounds in olive oil: Antioxidant, health and organoleptic activities according to their chemical structure. *Inflammopharmacology*. 17: 76–84.
- Seyyednejad, M., Ebrahimzadeh, H., Talaie, A. 2001. Carbohydrate content in Olive Zard c.v. and alternate bearing pattern. *International Sugar Journal*, 103(1226): 84–87.
- Sofo, A., Manfreda, S., Fiorentino, M., Dichio, B., Xiloyannis, C. 2008. The olive tree: a paradigm for drought tolerance in Mediterranean climates. *Hydrology and Earth System Sciences* 12, 293–301.
- Taiz, L., Zeiger, E. 2010. *Plant physiology*. Massachusetts, Publishers Sunderland: 777 str.
- Tognetti, R., d'Andria, A., Lavini, G., Morelli, B. 2006. The effect of deficit irrigation on crop yield and vegetative development of *Olea europaea* L. (cvs. Frantoio and Leccino). *European Journal of Agronomy*, 25: 356–364.
- Tomažič, K. 2019. Vpliv postopkov ekstrakcije na vsebnost aktivnih učinkovin v ekstraktu iz oljčnih listov: diplomsko delo univerzitetnega študijskega programa I. stopnje. Maribor. XI, 49 str., ilustr. <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=74157>.
- Tomić F. 1988. Navodnjavanje. Zagreb, Savez poljoprivrednih inženjera, tehničara Hrvatske, Fakultet poljoprivrednih znanosti sveučilišta u Zagrebu: 154 str.
- Tovar, M. J., Motilva, M. J., Luna, M., Girona, J., Romero, M. P. 2001. Analytical characteristics of virgin olive oil from young trees (*Arbequina* cultivar) growing under linear irrigation strategies. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 78(8): 843–849.
- Tovar, M. J., Motilva, M. J., Romero, M. P. 2001a. Changes in the phenolic composition of virgin olive oil from young trees (*Olea europaea* L. cv. *Arbequina*) grown under linear irrigation strategies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(11): 5502–5508.
- Trifilò, P., Gullo, M. A. L., Nardini, A., Pernice, F., Salleo, S. 2007. Rootstock effects on xylem conduit dimensions and vulnerability to cavitation of *Olea europaea* L. *Trees*, 21: 549–556.
- Tyree, M. T. 2000. Water relation of plants. V: *Eco-hydrology: Plants and Water in Terrestrial and Aquatic Environments*. Baird, A. J., Wilby, R. L. (ur.). London, Routledge: 11–39.
- Uriu, K. 1960. Periods of pistil abortion in the development of the olive flower. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*. 73: 194–202.
- Uredba o izvajanju ukrepa naložbe v osnovna sredstva in podukrepa podpora za naložbe v gozdarske tehnologije ter predelavo, mobilizacijo in trženje gozdarskih proizvodov iz Programa razvoja podeželja Republike Slovenije za obdobje 2014–2020. Ur. l. RS, št. 104/15, 32/16, 66/16, 14/17, 38/17, 40/17 – popr., 19/18, 82/18, 89/20 in 152/20.
- Valenčič, V., Podgornik, M., Bučar-Miklavčič, M., Bešter, E., Miklavčič Višnjevca, A., Bandelj, D., Baruca Arbeiter, A., Hladnik, M., Pintar, M., Butinar, B. 2016. Influence of the irrigation

treatments on the yield and quality of 'istrska belica' olive oil. V: Book of abstracts. Split: Institute for Adriatic Crops: 155 str.

Veihmeyer, F. J., Hendrickson, A. H. 1928. Soil moisture at permanent wilting of plants. *Plant Physiology*, 3 (3): 355–357.

Vesel, V., Vrhovnik, I., Jančar, M., Bandelj, D., Devetak, M., Baruca Arbeiter, A. 2020. *Oljka*. Ljubljana: Kmečki glas: 216 str.

Vodnik, D., Kastelec, D., Zupanc, V., Podgornik, M., Pintar, M., Butinar, B. 2017. Fiziološki odziv oljke na namakanje – Izkušnje iz poskusa Dekani. Zbornik referatov 4. slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo, Krško, 20.–21. januar 2017: 159–164.

Xiloyannis, C., Dichio, B., Nuzzo, V., Celano, G. 1996. L'olivo: pianta esempio per la sua capacità di resistenza in condizioni di estrema siccità. *Seminari di Olivicoltura*, Spoleto, 28. junij 1996: 79–111.

Zakon o vodah. 2002. Ur. l. RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15 in 65/20.

Zakona o kmetijskih zemljiščih. 2011. Ur. l. RS, št. 71/11 – uradno prečiščeno besedilo, 58/12, 27/16, 27/17 – ZKme-1D in 79/17.

Zeb, A., Murkovic, M. 2011. Olive (*Olea europaea* L.) seeds, from chemistry to health benefits. V: W. Pötz, J. Fabian, & U. Hohenester (ur.), *Nuts and Seeds in Health and Diseases Prevention* Elsevier B.V. 847–853.

Zupan, M., Grčman, H., Lobnik, F. 2008. *Raziskave onesnaženosti tal Slovenije*. Ljubljana. Agencija RS za okolje: 63 str.

Zupanc, V., Pintar, M. 2007. Metode za merjenje količine vode v tleh. 1. del: tenziometer. *Acta agriculturae Slovenica*, 89, 1: 279–287.

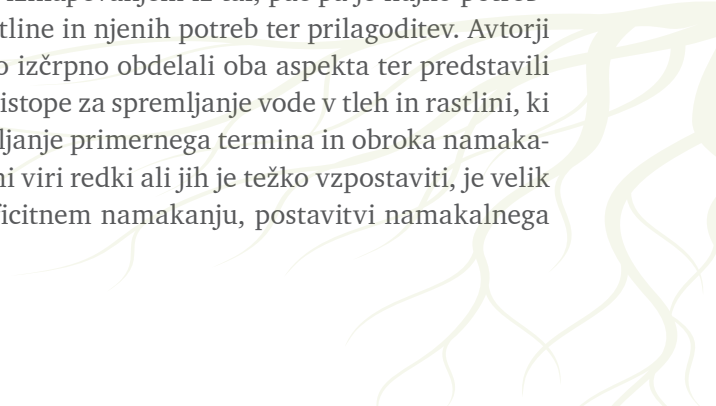
Zupanc, V., Pintar, M. 2018 *Alternativni vir vode za namakanje – prečiščena odpadna voda*. V: Zbornik referatov. 29. Mišičev vodarski dan 2018, Maribor, 6. december 2018. Maribor: Vodnogospodarski biro: 185–189.



Recenziji

PROF. DR. ROBERT VEBERIČ

V Sloveniji postaja oljka vse bolj razširjena sadna vrsta. Kot tipična mediteranska rastlina zaznamuje krajino Slovenske Istre, vse bolj pa se širi tudi v Goriških brdih in drugih lokacijah, kjer se čuti še močan vpliv Jadranskega morja. Ravno klima je tista, ki bistveno vpliva na uspešnost pridelave oljk. Tudi oljka ni imuna na klimatske spremembe, ki se pogosto odrazijo v ekstremnih vremenskih pojavih. Med njimi so prav gotovo daljša sušna obdobja. Tehnologi si prizadevajo, da izboljšajo pridelovalne lastnosti rastlin, in želijo doseči velike pridelke primerne kakovosti. Pri tem je ključnega pomena poznavanje rastlinske vrste, njenih anatomskih in morfoloških značilnosti, fizioloških prilagoditev na sušo, biokemijski odziv na stresne dejavnike in s tem vpliv na kakovost plodov in olja. Drugi sklop dejavnikov, ki vplivajo na pridelovalne sposobnosti oljk, so lastnosti tal s svojimi vodno zadrževalnimi sposobnostmi ter dostopna voda v tleh. Vodna bilanca v tleh je ključna pri izračunavanju namakalnih obrokov. Ni dovolj samo upoštevanje padavin in izgub vode z izhlapevanjem iz tal, pač pa je nujno potrebno vključevanje tudi rastline in njenih potreb ter prilagoditev. Avtorji pričujoče monografije so izčrpno obdelali oba aspekta ter predstavili sodobne raziskovalne pristope za spremljanje vode v tleh in rastlini, ki se uporabljajo za ugotavljanje primernega termina in obroka namakanja. Ker so ustrezni vodni viri redki ali jih je težko vzpostaviti, je velik poudarek namenjen deficitnem namakanju, postavitvi namakalnega



sistema in ustreznim načinom namakanja. Tak pristop zagotavlja celostno obravnavo tematike namakanja oljk in vključuje znanstven pristop in lastne rezultate, ki so jih raziskovalci pridobili v okviru raziskovalnih projektov. Avtorji monografije znanstveno delujejo na različnih področjih od botanike, biologije rastlin, rastlinske biokemije, hortikulture do urejanja kmetijskih zemljišč, namakanja in agrarne ekonomike. Vsak od njih je poskrbel, da je ustrezno predstavljeno znanstveno področje, s katerim se ukvarja, in najnovejše ugotovitve domačih in tujih strokovnjakov. To ima poseben pomen pri uveljavljanju in pojasnjevanju znanstvenih in strokovnih terminov v slovenščini ter tako razvoj znanstvene in strokovne terminologije, ki je pogosto nedorečena ali pa se največkrat uporabljajo izrazi iz angleškega jezika.

Monografija je namenjena širokemu krogu bralcev. Predstavljen celostni pristop k namakanju oljk je zelo uporaben kot izhodišče za način dela tudi pri drugih sadnih vrstah, kje nam podobnih informacij primanjkuje ali pa so nepopolne. Na tak način bomo naredili korak bližje k boljšemu poznavanju povezav rastlina – okolje ter generiranju novih tehnoloških procesov z namenom optimizacije pridelave ob upoštevanju načel sonaravnosti. Knjiga je prav tako zelo uporabna za svetovalce in druge strokovnjake, ki se ukvarjajo s pridelavo oljk in pridelavo v oljčno olje. In nenazadnje je zelo uporabna tudi za študente na prvo in drugostopenjskih študijskih programih s področja kmetijstva.

DOC. DR. VESNA ZUPANC

Oljkarstvo je v Sloveniji uspešna panoga, površina nasadov oljk in število oljkarjev se v zadnjih letih povečujeta. Oljka je tradicionalno sredozemska rastlina, ki pri nas dobro uspeva v toplih, priobalnih delih Slovenije. Čeprav je oljka rastlinska vrsta, ki je zelo dobro prilagojena na pomanjkanje vode v tleh, izrazito sušna obdobja v zimskih mesecih vplivajo na zalogo vode v tleh. S tem vplivajo na oskrbo z vodo v poletnih mesecih, ko nastopijo najbolj izrazite suše.

V Slovenski Istri oljčniki pokrivajo glavino kmetijskih površin in so pomemben tvorni element mediteranske kulturne krajine. Sodobni nasadi oljk se širijo tudi v Goriških brdih in na Vipavskem. Če je bilo v prejšnjem tisočletju namakanje v slovenskem prostoru v veliki meri nepoznano in neraziskano ter obravnavano zgolj kot dopolnilni tehnični ukrep v nekaterih panogah, se je stanje zaradi podnebnih sprememb, ki pomenijo med drugim naraščanje temperature zraka, spremenjene padavinske vzorce, pojav pozeh in več (hujših) vremenskih ekstremov, spremenilo. Namakanje je tudi v oljkarstvu postalo nujen tehnološki ukrep, ki zagotavlja varno pridelavo in kakovosten pridelek, ki je ekonomsko upravičen. Znanstvena monografija *Oljka, sušne razmere, tla in deficitno namakanje* je za razvoj oljkarstva v Sloveniji pomemben korak naprej.

Aktualnost teme znanstvene monografije *Oljka, sušne razmere, tla in deficitno namakanje* izhaja iz potrebe po natančnem razumevanju različnih vidikov pridelovanja oljk in specifične razvoja tehnologij v slovenskem prostoru. Razvoj oljke je sortno specifičen in močno odvisen od okoljskih pogojev, lastnosti tal in razpoložljivosti vode.

Vsebinsko monografija *Oljka, sušne razmere, tla in deficitno namakanje* z izčrpnim pregledom svetovne literature celostno zaobseže kompleksno delovanje sistema rastlina – tla – okolje in predstavi deficitni način namakanja z izsledki mednarodnih raziskav o odzivu oljke na sušne razmere. Monografija razumljivo predstavi izsledke nacionalnih raziskovalnih projektov, v katerih je bilo uravnavanje vodnega režima tal v oljčnikih posebej obravnavano, na primer V4-1609 *Natančnost napovedovanja namakanja - TriN*, V4-1411 *Izdelava tehnoloških smernic za namakanje oljk v Sloveniji* ter V4-0557 *Prilagajanje tehnologij pridelave vremenskim razmeram za doseganje visokih in kakovostnih pridelkov oljk in oljčnega olja*. Bistvena dodana vrednost knjige je, da bralcem ponuja kakovostne, na slovenskih tleh in v slovenskem podnebjju pridobljene podatke o vplivu namakanja in deficitnega namakanja na rast in pridelek oljk.

Pomen izida znanstvene monografije *Oljka, sušne razmere, tla in deficitno namakanje*, ki je nastala pod vodstvom Znanstveno-raziskovalnega središča Koper, je za razvoj znanstvene in strokovne terminologije s področja oljkarstva nedvomno velik. Knjiga na enem mestu podrobno, a razumljivo združuje znanje avtorjev iz različnih inštitucij, ki so pri nas in v tujini priznani strokovnjaki ter uveljavljeni poznavalci pridelovanja oljk in kakovostnega oljčnega olja kot tudi fiziologije rastlin ter namakanja.

Izkušnje avtorjev monografije *Oljka, sušne razmere, tla in deficitno namakanje*, pridobljene skozi številne domače in mednarodne raziskave, so še zlasti pomembno vidne v zadnjih dveh sestavih monografije. V teh so podrobno obrazloženi glavni vhodni podatki, potrebni pri načrtovanju namakanja, ter tehnične informacije o praktični postavitvi namakalnega sistema. Znanja, ki bodo prišla prav vsem, ki si željo s pomočjo namakanja količinsko in kakovostno izboljšati pridelek v oljčniku.

Deficitni način namakanja je oblika nadgradnje namakanja, saj z nadzorovanim primanjkljajem vode zagotovimo kakovost pridelka, obstoj rastline ter hkrati zmanjšamo porabo vode in energije. Za uspešno izpeljavo deficitnega načina namakanja v praksi je potrebno dobro poznavanje tako rastline, predvsem občutljivosti posameznih fenofaz na pomanjkanje vode, kot tudi lastnosti tal in razumevanje trenutnih okoljskih razmer. Vse to ob dobrem delovanju namakalnega sistema z ustreznim uravnavanjem, ki omogoča vzdrževanje za oljko sprejemljivega primanjkljaja vode v tleh. Slednje zahteva zavzetost pridelovalca in strokovno znanje za postavitve in vzdrževanje namakalnega sistema. Monografija *Oljka, sušne razmere, tla in deficitno namakanje* je pomemben doprinos k razvoju namakanja in oljkarstva v slovenskem prostoru in je zanimiva tako za znanstveno kot tudi strokovno javnost.



ISBN 978-961-7058-87-1



9 789617 058871

