

## IRRIGAVIT - Irrigazione razionale e gestione del suolo in viticoltura transfrontaliera

### IRRIGAVIT - Racionalno namakanje in upravljanje tal v čezmejnem vinogradništvu

#### O 4.1. Ottimizzazione di strategie di gestione della risorsa idrica in vigneto

##### O 4.1. Optimizacija strategij upravljanja z vodnimi viri v vinogradu



|                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Numero progetto/ <b>Projektna številka</b>                                                                   | ITA-SI0100043                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Acronimo/ <b>Akronim</b>                                                                                     | IRRIGAVIT                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Titolo Progetto/ <b>Projektni naslov</b>                                                                     | Irrigazione razionale e gestione del suolo in viticoltura transfrontaliera / <b>Racionalno namakanje in upravljanje tal v čezmejnem vinogradništvu</b>                                                                                                                     |
| Budget totale/ <b>celotni znesek</b>                                                                         | € 617.325,98                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Di cui Fondo europeo di sviluppo regionale (FESR)/ <b>od tega Evropski sklad za regionalni razvoj (ESRR)</b> | € 493.860,78                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Durata/ <b>Trajanje</b>                                                                                      | 01/10/2023 – 31/12/2025                                                                                                                                                                                                                                                    |
| WP e attività/ <b>DP in dejavnost</b>                                                                        | WP 4                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Titolo Deliverable/ <b>Naslov Dosežka</b>                                                                    | O 4.1. Ottimizzazione di strategie di gestione della risorsa idrica in vigneto<br><br><b>O 4.1. Optimizacija strategij upravljanja z vodnimi viri v vinogradu</b>                                                                                                          |
| WP leader / <b>DP vodja</b>                                                                                  | UNIUD                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Autori/ <b>Avtorji</b>                                                                                       | Paolo Sivilotti, Filippo Maria Sanna, Mirko Sodini, Klemen Lisjak, Andreja Vanzo, Marko Zore, Barbara Stenni, Vittoria Posocco, Mauro Masiol, Mirco Peschiutta, Giuliano Drossi, Mariano Paladin, Patricija Muzlovic, Mojca Mavrič Štrukelj, Tamara Rusjan, Nataša Jakopič |
| Giorno di consegna/ <b>Dan izdaje</b>                                                                        | 13/11/2025                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Status/ <b>Status</b>                                                                                        | Versione Finale/ <b>Končna verzija</b>                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Partner/Partnerji:</b>                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| LP/ <b>VP</b> - giver: Università degli studi di Udine -Di4A (UNIUD)                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Partner 2- giver: Università Ca' Foscari di Venezia (UNIVE)                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Partner 3- giver: <b>Kmetijski Inštitut Slovenije (KIS)</b>                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Partner 4- giver: <b>Geodetski Inštitut Slovenije (GIS)</b>                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Partner 5 - taker: <b>Consorzio Tutela Vini Friuli Colli Orientali e Ramandolo (CON)</b>                     |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Partner 6 - taker: <b>RRA SEVERNE PRIMORSKE d.o.o. Nova Gorica (RRA)</b>                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                            |

## Uvod

Vinogradništvo na čezmejnem območju med Italijo in Slovenijo se vse pogostejše sooča s posledicami podnebnih sprememb. Ponavljajoče se suše, dolgotrajen sušni stres in ekstremni vremenski pojavi ogrožajo količino in kakovost grozdja ter trajnost celotnega kmetijskega sektorja. Projekt **IRRIGAVIT – Racionalno namakanje in upravljanje tal v čezmejnem vinogradništvu**, ki se je začel 1. oktobra 2023 in je sofinanciran v okviru programa Interreg VI-A Italija–Slovenija 2021–2027, ima cilj izboljšati učinkovitost rabe vode v vinogradih ter povečati odpornost vinarskega sektorja z uvajanjem dobrih kmetijskih praks in naprednih tehnoloških orodij. IRRIGAVIT nadgrajuje rezultate predhodnega projekta **“ACQUAVITIS - Inovativne rešitve za učinkovito rabo vode v čezmejnem vinogradništvu”**, ki je uvedel ekosistemski pristop k nujnemu namakanju in upravljanju tal v treh pilotnih območjih (**Vipavska dolina, Kras in Spodnja Furlanija**), z uporabo zelenih tehnologij, daljinskega zaznavanja, sistemov za podporo odločanju o namakanju (DSS) ter praks upravljanja tal za optimizacijo vodne bilance v vinogradih. IRRIGAVIT razširja razvite protokole in prakse s pomočjo strokovne podpore na nova ključna območja – **Furlanski Vzhodni griči (Colli Orientali) in Brda** – z namenom prenosa inovacij do vinogradnikov in javnih ključnih odločevalcev. Projekt združuje šest partnerjev:

- Univerza v Vidmu – Oddelek za agroživilstvo, okolje in živali (Di4A), nosilec projekta
- Univerza Ca' Foscari v Benetkah
- Kmetijski inštitut Slovenije (KIS)
- Geodetski inštitut Slovenije (GIS)
- RRA SEVERNE PRIMORSKE d.o.o. Nova Gorica
- Konzorcij za zaščito vin Furlanije – Colli Orientali in Ramandolo

In enajst pridruženih partnerjev:

- ARPA FVG - Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente del Friuli Venezia Giulia
- Regione autonoma Friuli Venezia Giulia
- Veneto Agricoltura
- Consorzio Tutela Prosecco doc, Area tecnicoambientale
- ERSA-Agenzia regionale per lo Sviluppo Rurale del Friuli Venezia Giulia
- Univerza v Novi Gorici
- Konzorcij Brda
- Regionalna razvojna agencija za Podravje – Maribor
- Università degli Studi di Padova
- Kohezijska regija Vzhodna Slovenija
- Center za podporo podjetjem pri razvijanju zelenih tehnologij d.o.o.

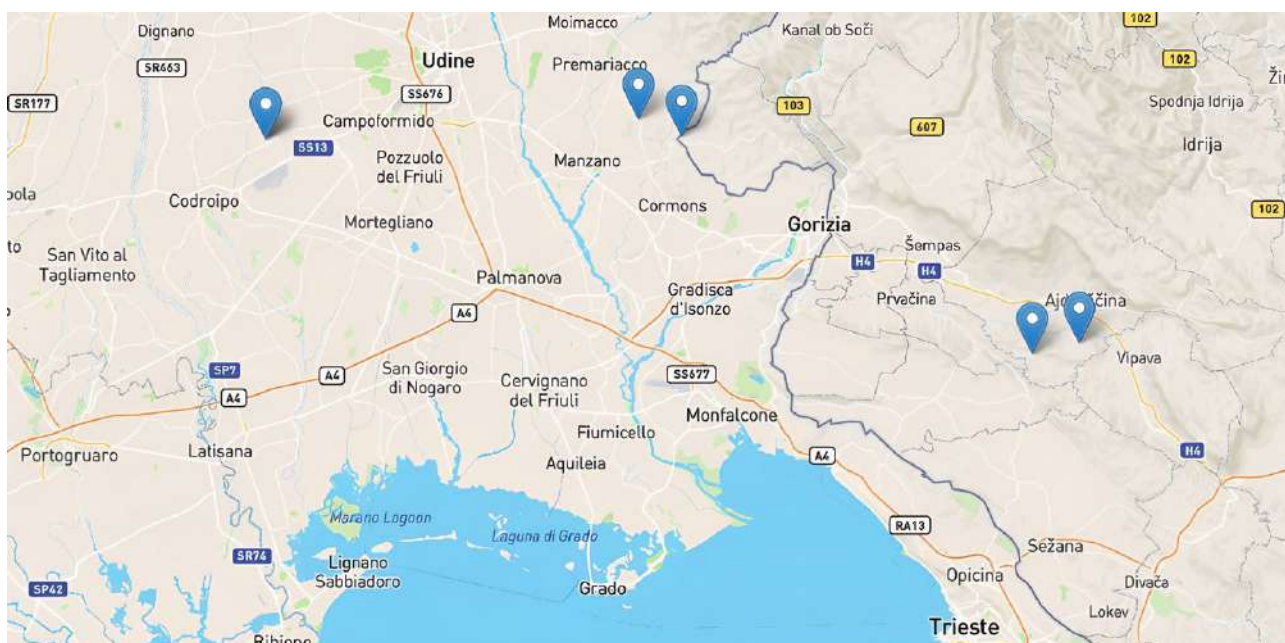
Projekt ima dva ključna cilja: **validacija in prilagoditev tehničnih strategij za optimizirano upravljanje z vodoter oblikovanje novih skupnih smernic** za njihovo vključitev v vinarske pravilnike in kmetijske politike obeh držav ter promovirati nove smernice tudi na širša območja. Projekt se bo zaključil 31. decembra 2025 s podpisom **skupnega dogovora** partnerjev in oblikovalcev politik za sprejetje **novih smernic IRRIGAVIT** med zaključnima konferencama v Italiji 26. novembra 2025 in v Sloveniji 27. novembra 2025.

## Kazalo

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 Podnebne spremembe in pomanjkanje vode .....                                | 5  |
| 2 Spremljanje vodnega statusa.....                                            | 6  |
| 3 Strategije upravljanja vodnega statusa glede na enološke cilje.....         | 9  |
| 4 Upravljanje z vodnimi viri v vinogradništvu z uporabo izotopske metode..... | 13 |
| 5 Upravljanje tal.....                                                        | 15 |
| 5.1 Ozelenitev tal .....                                                      | 16 |
| 5.2 Zeleno gnojenje .....                                                     | 16 |
| 5.3 Izbira vrst semenskih mešanic .....                                       | 17 |
| 6. Dogovor med partnerji in smernice .....                                    | 22 |

## 1 Podnebne spremembe in pomanjkanje vode

V zadnjih desetletjih so podnebne spremembe povzročile vse večjo intenzivnost vremenskih pojavov, pri čemer se izmenjujejo močna nevihtna obdobja z dolgimi sušnimi obdobji, v katerih so rastline izpostavljene zelo močnemu sušnemu stresu. V zadnjih letih so bile razmere sušnega stresa občutno hujše kot v preteklosti; po podatkih Evropskega opazovalnega centra za sušo je danes **47% evropskega ozemlja prizadetega zaradi pomanjkanja vode v tleh**. Takšna situacija ima neposredne posledice za naravne in kmetijske ekosisteme, zlasti za tiste z večjimi potrebami po vodi, kot je vinogradništvo. Dvig temperature pomembno vpliva na fiziologijo vinske trte, saj povzroča zgodnejše zorenje grozdja in spreminja kopičenje sekundarnih metabolitov, ki določajo končno kakovost vina. Neučinkovito upravljanje vodnih virov lahko zato ogrozi ne le pridelek in kakovost grozdja, temveč tudi **celotno trajnost vinogradniškega sistema**. Na čezmejnem območju med Italijo in Slovenijo so te težave še izrazitejše zaradi zapletenih podnebnih in geomorfoloških razmer ter izrazite razdrobljenosti kmetijskih gospodarstev. Zato je nujno razviti **skupne strategije za optimalno rabo vode**, usmerjene v večjo odpornost in trajnost. Te smernice smo izdelali z namenom ponuditi orodja in dobre prakse za izboljšanje učinkovitosti namakanja in upravljanja vodnih virov v vinogradih. Pri tem se kot izhodišče upoštevajo tri vinorodna območja z različnimi geomorfološkimi in podnebnimi značilnostmi: **furlanska območja Colli Orientali, Brda ter Vipavska dolina in Brda v Sloveniji** (slika 1).



*Slika 1: zemljevid vinogradov na čezmejnem območju Italija-Slovenija, in sicer območja Primorske in Furlanije - Julijske krajine, natančneje Vipavska dolina, Brda in Colli orientali v Furlaniji (Vir: Irrigavit.eu).*

## 2 Spremljanje vodnega statusa

Za spopadanje s težavami, povezanimi s sušo, ter za zagotovitev racionalne in trajnostne rabe vodnih virov je ključno temeljito razumevanje **vodnega kroga v vinogradniškem ekosistemu**. V vinogradih vodo večinoma prispevajo padavine in podtalnica. Kadar ti viri niso zadostni, je treba poseči po namakanju ali pa sprejeti posledice vodnega primanjkljaja. Ti učinki so lahko pozitivni ali negativni za kakovost grozdja in vina – odvisno od intenzivnosti sušnega stresa in fenološke faze, v kateri se ta pojavi. Zato je pomembno, da znamo **meriti vodni status vinograda**, bodisi na ravni posamezne parcele bodisi skupine parcel. Pogostejše meritve z večjo časovno ločljivostjo omogočajo globlje razumevanje ekohidroloških procesov ter zagotavljajo natančnejšo podporo pri odločanju o namakanju. Pri interpretaciji rezultatov pa je treba upoštevati posebnosti posameznega vinograda, ki so odvisne od **geološke in geomorfološke sestave tal** ter od lastnosti vinograda (starost trt, način vzgoje, gostota sajenja, podlaga cepljenca). Obstaja več neposrednih in posrednih tehnik za merjenje vodnega statusa, vendar osnovna referenčna metoda ostaja **merjenje vodnega potenciala listov s tlačno komoro** (*Scholander idr.*, 1965). Ta tehnika je omogočila opredelitev zanesljivih referenčnih pragov, potrjenih na mednarodni ravni in uporabnih v različnih pedoklimatskih razmerah. V preteklosti je bila uporaba te metode omejena predvsem na znanstveno področje, vendar so jo v zadnjih letih **postopno začela uporabljati tudi vinogradniška podjetja** kot praktično orodje za določitev optimalnega časa namakanja in kot del svojih protokolov za upravljanje vodnih virov. Glede na fenološko fazo vinske trte je mogoče oblikovati **modele optimalnega vodnega statusa**, ki temeljijo na znanstvenih rezultatih in empiričnem znanju agronomov, ki delujejo na terenu (slika 2).

| Vodni potencial (MPa)   |                         |                         | Vegetacijsko obdobje |                                  |                   |            | Stopnja sušnega stresa |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------------|-------------------|------------|------------------------|
| $\Psi_b$                | $\Psi_t$                | $\Psi_h$                | Brstenje - cvetenje  | Nastanek jagod - začetek zorenja | Zorenje - trgatve | Po trgatvi |                        |
| $0 > \Psi \geq -0,2$    | $0 > \Psi \geq -0,5$    | $0 > \Psi \geq -0,8$    |                      |                                  |                   |            | ničen                  |
| $-0,2 > \Psi \geq -0,4$ | $-0,5 > \Psi \geq -0,8$ | $-0,8 > \Psi \geq -1,1$ |                      |                                  |                   |            | blag                   |
| $-0,4 > \Psi \geq -0,6$ | $-0,8 > \Psi \geq -1,1$ | $-1,1 > \Psi \geq -1,4$ |                      |                                  |                   |            | zmeren                 |
| $-0,6 > \Psi \geq -0,8$ | $-1,1 > \Psi \geq -1,4$ | $-1,4 > \Psi \geq -1,6$ |                      |                                  |                   |            | močan                  |
| $-0,8 > \Psi \geq -1,0$ | $-1,4 > \Psi \geq -1,6$ | $-1,6 > \Psi \geq -1,8$ |                      |                                  |                   |            | zelo močan             |
| $\Psi < -1,2$           | $\Psi < -1,6$           | $\Psi < -1,8$           |                      |                                  |                   |            | hud                    |

Slika 2: optimalni vodni status za trto v posameznih fenoloških fazah (zeleno "optimalno", rumeno "neugodno", rdeče "škodljivo"). Vodni status je izražen s potencialom v MPa.  $\Psi_b$  =  $\Psi$  pred zoro = vodni potencial lista pred zoro (pred svitanjem);  $\Psi_t$  =  $\Psi$  stebela = vodni potencial stebela opoldne;  $\Psi_h$  =  $\Psi$  lista = vodni potencial lista opoldne.

Vodni potencial se izraža v MPa z negativnimi vrednostmi. **Bolj kot je rastlina v sušnem stresu, nižje so vrednosti vodnega potenciala.** Ob zori, ko trta še ni v sušnem stresu, se listne reže postopoma odpirajo, kar povzroči izhlapevanje vode in posledično znižanje vodnega potenciala čez dan. Najbolj negativni vodni potencial lista opoldne ( $\Psi_h$ ) trta doseže okoli poldneva, ko je sušni stres največji. Ponoči, ko so listne reže zaprte, se listni vodni potencial izenači z vodnim potencialom tal v bližini korenin. Zato je listni vodni potencial pred zoro ( $\Psi_{\text{pred zoro}}$ ) pomemben pokazatelj količine vode v tleh in referenčni parameter za upravljanje namakanja (*Savi idr., 2019*).

**V obdobju od brstenja do cvetenja mora biti trta v dobrem vodnem statusu** ( $\Psi_{\text{pred zoro}}$  med 0 MPa in -0,3 MPa), da se zagotovi normalen razvoj poganjkov – pogoj za dobro rast listne površine, ki omogoča ustrezno prehrano grozdov in tvorbo rezervnih snovi. Prekomeren vodni primanjkljaj med cvetenjem ( $\Psi_{\text{pred zoro}} \leq -0,6$  MPa) lahko povzroči zmanjšane nastavke jagod, kar se pozneje odrazi v nižjem pridelku.

**V fenoloških fazah razvoja jagode, med nastankom jagod in začetkom zorenja jagod (veraison) ima vodni status močan vpliv na pridelek, saj lahko nepovratno spremeni rast jagod.** Vodni stres v tem obdobju povečuje razmerje površina kože / volumen jagode, kar povzroči večjo koncentracijo snovi iz kože grozdne jagode v vinu. V kožici so namreč prisotne najpomembnejše enološko relevantne spojine – arome in polifenoli – medtem ko celuloza vsebuje predvsem organske kisline in sladkorje. Glede na tip vina, ki ga želimo pridelati, je mogoče uporabiti različne strategije upravljanja z vodo, ki omogočajo nadzorovano zmanjšanje velikosti jagod. Zmeren sušni stres ( $\Psi_{\text{pred zoro}}$  med -0,3 in -0,4 MPa) po oplodnji zmanjša velikost jagod in poveča končno koncentracijo polifenolov ter arom. V pogojih prekomernega sušnega stresa ( $\Psi_{\text{pred zoro}} \leq -0,6$  MPa) pa pride do izrazitega zmanjšanja mase jagod in povečane biosinteze trpkih taninov, kar vodi do opaznega poslabšanja kakovosti vina.

**V fazi zorenja jagod - od začetka zorenja (veraison) do zrelosti jagod - odsotnost vodnega stresa** ( $\Psi_{\text{pred zoro}}$  do -0,2 MPa) povzroča prekomerno bujnost trte in visok pridelek, medtem ko se kakovostne sestavine grozdja, kot so polifenoli in sladkorji, zmanjšajo zaradi učinka redčenja (povečanega volumna jagod) in manjše biosinteze. **Vodni status vinograda v tem obdobju v veliki meri določa tip vina, ki ga želimo pridelati.** V primeru popolne odsotnosti sušnega stresa ( $\Psi_{\text{pred zoro}}$  do -0,2 MPa) pridelamo manj koncentrirana vina z lahkim telesom in večjo kislino. Nasprotno pa v pogojih zelo hudega sušnega stresa ( $\Psi_{\text{pred zoro}} < -0,8$  MPa) rdeča vina postanejo pretirano taninska, groba, trpka in alkoholna, medtem ko bela vina izgubijo velik del svojih arom. Pri zmernem sušnem stresu ( $\Psi_{\text{pred zoro}}$  med -0,3 in -0,7 MPa) pa so vina uravnotežena, z izrazitejšimi aromatičnimi in/ali fenolnimi profili, odvisno od dosežene ravni stresa.

**V obdobju po trgatvi** je priporočljivo, da trta povrne svoj vodni status ( $\Psi_{\text{pred zoro}} > -0,4$  MPa). V tem času **mora trta obnoviti zaloge rezervnih snovi**, zato je koristno ohranjati fotosintetsko aktivnost, da se proizvedeni sladkorji lahko usmerjajo v organe, ki shranjujejo rezervne snovi (korenine, debla in mladike).

V okviru projektov **Interreg Italija-Slovenija Acquavitis** in **Irrigavit** smo preizkusili tudi uporabo **daljinskega zaznavanja** kot ključnega orodja za spremljanje vodnega statusa in določanje strategij **natančnega namakanja**. Daljinsko zaznavanje omogoča pridobivanje informacij o vinogradu brez neposrednega stika, z uporabo senzorjev, nameščenih na dronih, letalih ali

satelitih. Analiza temelji na odrazu sončne svetlobe in spektralnem podpisu rastlinskih površin, ki se spreminja glede na listno strukturo, vsebnost vode in prisotnost pigmentov. Najpogosteje uporabljeni senzorji so RGB, multispektralni, hiperspektralni, termični in fluorescenčni. Obdelava multispektralnih podatkov s pomočjo vegetacijskih indeksov (npr. NDVI, GNDVI, PSSR) omogoča oceno vigorja, vodnega statusa in zdravstvenega stanja rastlin. Podatki, ki so georeferencirani in vključeni v GIS-sisteme, omogočajo izdelavo kart vodnega stresa, ki podpirajo ciljno in trajnostno upravljanje vinograda. V našem primeru smo uporabili podatke **Sentinel-2** (Evropska vesoljska agencija – ESA) in Landsat 8 (Ameriška vesoljska agencija – NASA). Možno je tudi naročiti cenovno dostopne storitve za kompleksno obdelavo surovih podatkov; v našem primeru smo uporabili okolje Sentinel Hub Services. Pregled satelitskih meritev in njihova interpretacija sta na voljo na spletnem portalu projekta Acquavitis, ki je bil med projektom Irrigavit nadgrajen z dodatnimi funkcijami, kot je samodejno ustvarjanje PDF-poročil, ki omogočajo shranjevanje in tiskanje vizualiziranih rezultatov.

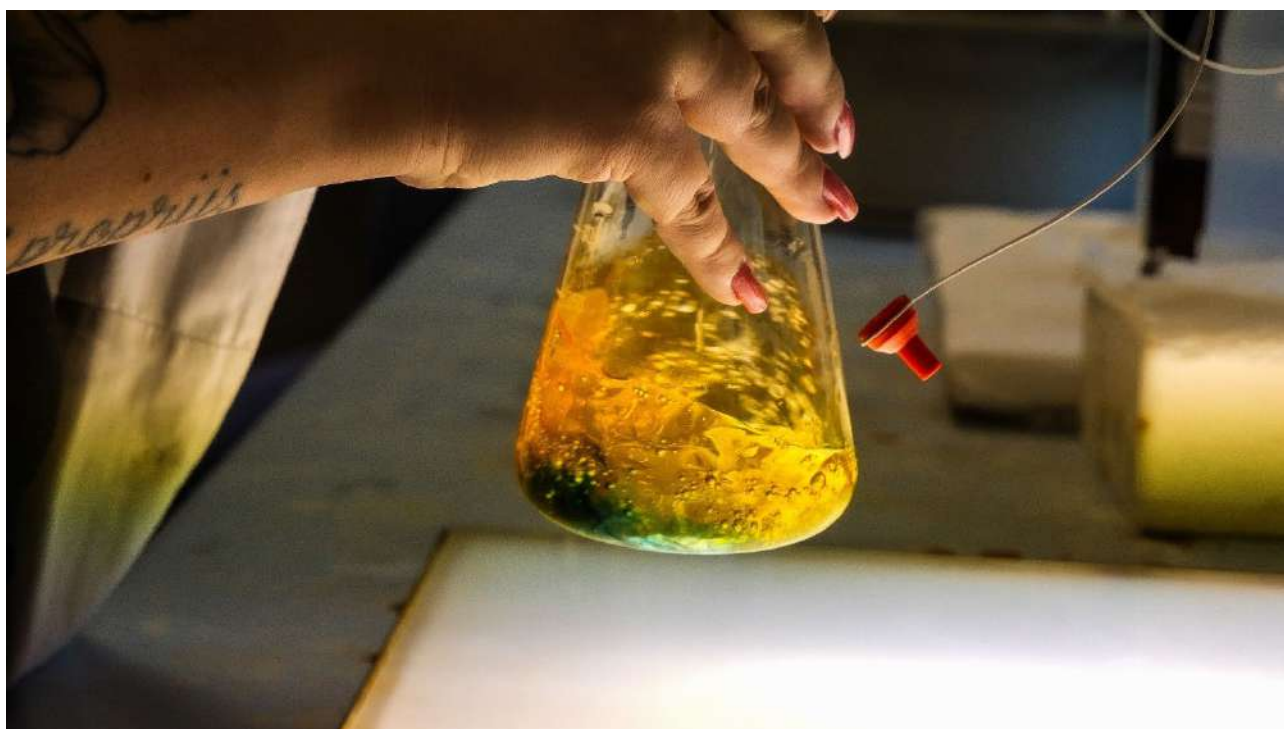
**Dvojezična platforma Acquavitis**, ki sedaj vključuje podatke tudi projekta **Irrigavit** ([www.acquavitis.eu](http://www.acquavitis.eu) / [www.irrigavit.eu](http://www.irrigavit.eu)), je bila razvita s podporo programa Interreg Italija-Slovenija in predstavlja konkreten primer uporabe digitalnih tehnologij za podporo trajnostnemu upravljanju vinogradov. Z integracijo podatkov Sentinel-2 in meteoroloških informacij sistem omogoča spremljanje sušnega stresa in vodnega statusa tal ter rastlin v realnem času. Platforma, strukturirana v štiri module – temperatura in podnebje, sušni stres, satelitski in okoljski podatki, analize in raziskave – ponuja celovit vpogled v agrometeorološke razmere na območju. Izdelane karte in analizirani podatki olajšajo agronomske odločitve, saj omogočajo hitrejše in ciljno usmerjene ukrepe. Zaradi zmožnosti zagotavljanja ažurnih in enostavno razumljivih informacij platforma pomaga vinogradnikom pri preprečevanju učinkov suše ter spodbuja podatkovno podprto (*data-driven*) vinogradništvo.

### 3 Strategije upravljanja vodnega statusa glede na enološke cilje

Kot izhaja iz analize, je **odziv trte na vodni status tesno povezan z njenim vegetacijskim obdobjem**. V območjih, kjer je namakanje omogočeno, je mogoče zasnovati strategijo namakanja glede na cilje vinograda, njegovo rastno obdobje in stopnjo vodnega primanjkljaja (slika 3, tabela 1). Za vinograd, katerega cilj je pridelava grozdja z visoko koncentracijo sladkorja (cilj: največji možni pridelek sladkorjev na hektar), je priporočljivo voditi strategijo namakanja brez vodnega primanjkljaja v celotnem vegetacijskem obdobju. Tak pristop spodbuja visoke hektarske donose. Enaka strategija je primerna tudi za mlade vinograde v fazi oblikovanja ter za pridelavo sortnih vin iz belih ali rdečih sort, pri katerih želimo poudariti določene »zelenkaste« ali »začimbne« note.

Če je cilj aromatično **belo vino ali lahkotno, sadno rdeče vino**, je priporočljivo uporabiti strategijo, ki spodbuja blag in postopen sušni stres proti koncu obdobja med začetkom zorenja (»veraison«) in zrelostjo. Takšen pristop ne vpliva na velikost jagod ali na fotosintezo, spodbuja kopičenje sladkorjev in antocianinov ter zmanjšuje vegetativno rast.

Za pridelavo bolj **polnih vin** pa je učinkovita strategija, ki spodbuja zmeren, postopno naraščajoč sušni stres od nastanka jagod do »veraison«, ki se nato v obdobju dozorevanja še okrepi. Ta pristop vpliva na manjšo velikost jagod in s tem manjši pridelek, hkrati pa spodbuja biosintezo in večja koncentracijo fenolnih spojin.



| Vodni potencial (MPa)                                                  |                         |                         | Vegetacijsko obdobje |                                  |                   |            | Stopnja sušnega stresa |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------------|-------------------|------------|------------------------|
| $\psi_b$                                                               | $\psi_t$                | $\psi_h$                | Brstenje - cvetenje  | Nastanek jagod - začetek zorenja | Zorenje - trgatve | Po trgatvi |                        |
| Koncentriran mošt - Grozdni sok - Mladi vinogradi - Namizno vino       |                         |                         |                      |                                  |                   |            |                        |
| $0 > \psi \geq -0,2$                                                   | $0 > \psi \geq -0,5$    | $0 > \psi \geq -0,8$    |                      |                                  |                   |            | ničen                  |
| $-0,2 > \psi \geq -0,4$                                                | $-0,5 > \psi \geq -0,8$ | $-0,8 > \psi \geq -1,1$ |                      |                                  |                   |            | blag                   |
| $-0,4 > \psi \geq -0,6$                                                | $-0,8 > \psi \geq -1,1$ | $-1,1 > \psi \geq -1,4$ |                      |                                  |                   |            | zmeren                 |
| $-0,6 > \psi \geq -0,8$                                                | $-1,1 > \psi \geq -1,4$ | $-1,4 > \psi \geq -1,6$ |                      |                                  |                   |            | močan                  |
| $-0,8 > \psi \geq -1,0$                                                | $-1,4 > \psi \geq -1,6$ | $-1,6 > \psi \geq -1,8$ |                      |                                  |                   |            | zelo močan             |
| $\psi < -1,2$                                                          | $\psi < -1,6$           | $\psi < -1,8$           |                      |                                  |                   |            | hud                    |
| Mladi vinogradi - Mlada, lahka in sadna vina                           |                         |                         |                      |                                  |                   |            |                        |
| $0 > \psi \geq -0,2$                                                   | $0 > \psi \geq -0,5$    | $0 > \psi \geq -0,8$    |                      |                                  |                   |            | ničen                  |
| $-0,2 > \psi \geq -0,4$                                                | $-0,5 > \psi \geq -0,8$ | $-0,8 > \psi \geq -1,1$ |                      |                                  |                   |            | blag                   |
| $-0,4 > \psi \geq -0,6$                                                | $-0,8 > \psi \geq -1,1$ | $-1,1 > \psi \geq -1,4$ |                      |                                  |                   |            | zmeren                 |
| $-0,6 > \psi \geq -0,8$                                                | $-1,1 > \psi \geq -1,4$ | $-1,4 > \psi \geq -1,6$ |                      |                                  |                   |            | močan                  |
| $-0,8 > \psi \geq -1,0$                                                | $-1,4 > \psi \geq -1,6$ | $-1,6 > \psi \geq -1,8$ |                      |                                  |                   |            | zelo močan             |
| $\psi < -1,2$                                                          | $\psi < -1,6$           | $\psi < -1,8$           |                      |                                  |                   |            | hud                    |
| Mlada vina - Kakovostna, sadna taninska in uravnotežena vina           |                         |                         |                      |                                  |                   |            |                        |
| $0 > \psi \geq -0,2$                                                   | $0 > \psi \geq -0,5$    | $0 > \psi \geq -0,8$    |                      |                                  |                   |            | ničen                  |
| $-0,2 > \psi \geq -0,4$                                                | $-0,5 > \psi \geq -0,8$ | $-0,8 > \psi \geq -1,1$ |                      |                                  |                   |            | blag                   |
| $-0,4 > \psi \geq -0,6$                                                | $-0,8 > \psi \geq -1,1$ | $-1,1 > \psi \geq -1,4$ |                      |                                  |                   |            | zmeren                 |
| $-0,6 > \psi \geq -0,8$                                                | $-1,1 > \psi \geq -1,4$ | $-1,4 > \psi \geq -1,6$ |                      |                                  |                   |            | močan                  |
| $-0,8 > \psi \geq -1,0$                                                | $-1,4 > \psi \geq -1,6$ | $-1,6 > \psi \geq -1,8$ |                      |                                  |                   |            | zelo močan             |
| $\psi < -1,2$                                                          | $\psi < -1,6$           | $\psi < -1,8$           |                      |                                  |                   |            | hud                    |
| Vina za staranje - koncentrirana, taninska, sadna in uravnotežena vina |                         |                         |                      |                                  |                   |            |                        |
| $0 > \psi \geq -0,2$                                                   | $0 > \psi \geq -0,5$    | $0 > \psi \geq -0,8$    |                      |                                  |                   |            | ničen                  |
| $-0,2 > \psi \geq -0,4$                                                | $-0,5 > \psi \geq -0,8$ | $-0,8 > \psi \geq -1,1$ |                      |                                  |                   |            | blag                   |
| $-0,4 > \psi \geq -0,6$                                                | $-0,8 > \psi \geq -1,1$ | $-1,1 > \psi \geq -1,4$ |                      |                                  |                   |            | zmeren                 |
| $-0,6 > \psi \geq -0,8$                                                | $-1,1 > \psi \geq -1,4$ | $-1,4 > \psi \geq -1,6$ |                      |                                  |                   |            | močan                  |
| $-0,8 > \psi \geq -1,0$                                                | $-1,4 > \psi \geq -1,6$ | $-1,6 > \psi \geq -1,8$ |                      |                                  |                   |            | zelo močan             |
| $\psi < -1,2$                                                          | $\psi < -1,6$           | $\psi < -1,8$           |                      |                                  |                   |            | hud                    |

Slika 3: spreminjanje vodnega statusa v odvisnosti od enološkega cilja (predstavljeno z modro črto). Optimalno vodni status trte v posameznih fenoloških fazah (zeleno "optimalno", rumeno "neugodno", rdeče "škodljivo"). Vodni status je izražen s potencialom v MPa.  $\psi_b$  =  $\psi_{pred\ zoro}$  = vodni potencial lista pred zoro (pred svitanjem);  $\psi_t$  =  $\psi_{stebela}$  = vodni potencial stebela opoldne;  $\psi_h$  =  $\psi_{lista}$  = vodni potencial lista opoldne.

| Vodni status vinske trte ( $\Psi_{pred\ zoro}$ / MPa) | Fenološka faza             | Stopnja vodnega stresa | Pričakovane posledice                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Komentar                                                                     | Priporočila za kmetijske prakse                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Od 0 do -0,2                                          | Brstenje - Zrelost         | brez stresa            | Prekomerna bujnost in redčenje spojin v jagodi.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Neugodno                                                                     | Možnost uvedbe drenažnih sistemov. Gojitvena oblika v obliki navpične opore. Enojni ali dvojni kordon s kratkimi rezniki. Uravnoteženje obremenitve med rezjo. Žice za oporo v najmanj dveh nivojih. Razdalja med vrstami $\leq 1,2$ m. Ozelenitev tal v konkurenci s trto. Minimalna uporaba dušikovih gnojil. Dajati prednost praksam, ki zmanjšujejo bujnost rastline (vendar izogibanje pretirano delovno zahtevnim ukrepom). Razmerje SFEp / Pridelek $\geq 1,25$ ( $m^2/kg$ ). Možnost redčenja poganjkov. Razlitanje območja okrog grozdov po oplodnji in/ali zapiranju grozda. |
| Od 0 do -0,2                                          | Brstenje - Cvetenje        | brez stresa            | Uravnotežena rast (vegetativna rast in zorenje upočasnjena).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Ugodno                                                                       | Uravnavati obremenitev glede na potencialno izpostavljenost listno površino. Ozelenitev tal je dovoljena (ne v konkurenci s trto, priporočene so metuljnice) – za zmanjšanje erozije ali olajšan dostop mehanizacije.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Od -0,2 do -0,4                                       | Cvetenje - Začetek zorenja | Zmeren                 | Nadzorovana bujnost (vegetativna rast in zorenje sta upočasnjena). Brez biokemičnih motenj.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Ugodno                                                                       | Uravnavati obremenitev glede na potencialno izpostavljenost listno površino.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Od -0,4 do -0,6                                       | Cvetenje - Začetek zorenja | Zmerno hud             | Zmanjšana ali zavrtta vegetativna rast in neenakomerna listna površina: rast jagode zavrtta; možna prekinitev biosinteze taninov.                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Neugodno                                                                     | Setev pokrovnih posevkov ni priporočljiva. Ustrezna obdelava tal (npr. brananje). SFEp / Pridelek $\geq 1,25$ ( $m^2/kg$ ). Zmanjšati število grozdov. Upoštevati možnost dodatnega namakanja za povečanje vodnega potenciala listov na približno -0,4 MPa.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Od -0,4 do -0,6                                       | Začetek zorenja - Zrelost  | Zmerno hud             | <b>Rastlina:</b> vegetativna rast se ustavi; spodnji listi porumenijo in odpadejo; znatno zmanjšana fotosinteza; možno rumenenje spodnjih listov. <b>Jagode:</b> zmanjšana rast; nižja vsebnost sladkorjev v jagodah, vendar ugoden končni alkoholni potencial; možna stimulacija biosinteze antocianinov; počasno zorenje brez večjih zastojev; večja koncentracija metabolitov; povečano razmerje kožica/meso jagode. | Ugodno                                                                       | Ozelenitev tal je treba upravljati previdno (v tem delu leta sejati na sušo odporne vrste). SFEp / Pridelek $\geq 1,25$ ( $m^2/kg$ ).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Manj kot -0,6                                         | Začetek zorenja - Zrelost  | Hud - Zelo hud         | <b>Rastlina:</b> vegetativna rast se ustavi; spodnji listi porumenijo in odpadejo; znatno zmanjšana fotosinteza. <b>Jagode:</b> močno zmanjšanje rasti; možna zaustavitev zorenja; izrazito zmanjšanje vsebnosti sladkorjev; prekinjena biosinteza antocianinov; prekomerna koncentracija metabolitov; povečano razmerje kožica/meso.                                                                                   | Ni ugodno na območjih, kjer so med zorenjem prisotni zelo močni sušni stres. | Pokritost tal z rastlinami ni priporočljiva. SFEp / Pridelek $\geq 1,25$ ( $m^2/kg$ ). Razmisliti o izvedbi zelene trgatve. Prilagoditi obdelavo tal. Zagotoviti ustrezno količino vode pred začetkom zorenja, da trte ohranijo vodni potencial okoli -0,6 MPa ob začetku zorenja.                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

Tabela 1: pregledni diagram o vodnem statusu vinske trte v vsaki fenološki fazi, sprejemljivih stopnjah sušnega stresa, pričakovanih posledicah in predlaganih gojitvenih praksah.

V sklopu projekta je bila ugotovljena korelacija med odstotkom razpoložljive vode v tleh in vodnim potencialom  $\Psi_{\text{pred zoro}}$ , ki je bila vključena v sistem za podporo odločanju o namakanju **DSS Vintel®**, uporabljen za spremljanje poskusov upravljanja vodnega primanjkljaja v vinogradu v okviru projektov Interreg Acquavitis in Irrigavit. Poskusi so pokazali, da je pri manj kot 50% razpoložljive vode v tleh ta korelacija zelo močna, zato je mogoče izračunati potrebo po namakanju vinograda za ohranjanje izbranega nivoja  $\Psi_{\text{pred zoro}}$ , prilagojenega enološkemu stilu vina, ki ga želimo pridelati.

Pri izračunu vodne bilance je treba poznati več parametrov, med katerimi ima globina korenin ključno vlogo, saj določa volumen tal, iz katerega trte črpajo vodo. Poskusi, izvedeni v zadnjih letih, so jasno pokazali, da obilne padavine spomladi spodbujajo razvoj plitvejših mladih korenin, medtem ko sušne pomladi korenine prisilijo, da prodirajo globlje v tla.

Poznavanje teh razlik med posameznimi leti je zahtevno, saj so korenine skrite v tleh in jih je težko neposredno opazovati. V okviru omenjenih projektov Interreg je bil zato preučen eko-hidrološki cikel izbranih vinogradov z analizo izotopske sestave vode, da bi se ocenila sezonska dinamika in delež vode, ki jo rastline dejansko absorbirajo.

Poskusi namakanja, izvedeni v okviru projektov Irrigavit in Acquavitis, so poudarili pomen uporabe sistemov za podporo odločanju o namakanju, ki omogočajo spremljanje vodnega statusa trt ter nudijo ciljna priporočila za namakanje, s katerimi se ohranja nadzorovan nivo sušnega stresa. Rastline se namreč fiziološko prilagajajo glede na stopnjo sušnega stresa. Pri trti je bilo ugotovljeno, da zmerni sušni stres izboljša učinkovitost rabe vode, omeji vegetativno rast in zmanjša celotni vodni odtis. Poleg tega takšne razmere spodbujajo metabolne odzive, ki povečujejo sintezo spojin, pomembnih za kakovost grozdja in vina, kot so polifenoli in aromatične spojine.

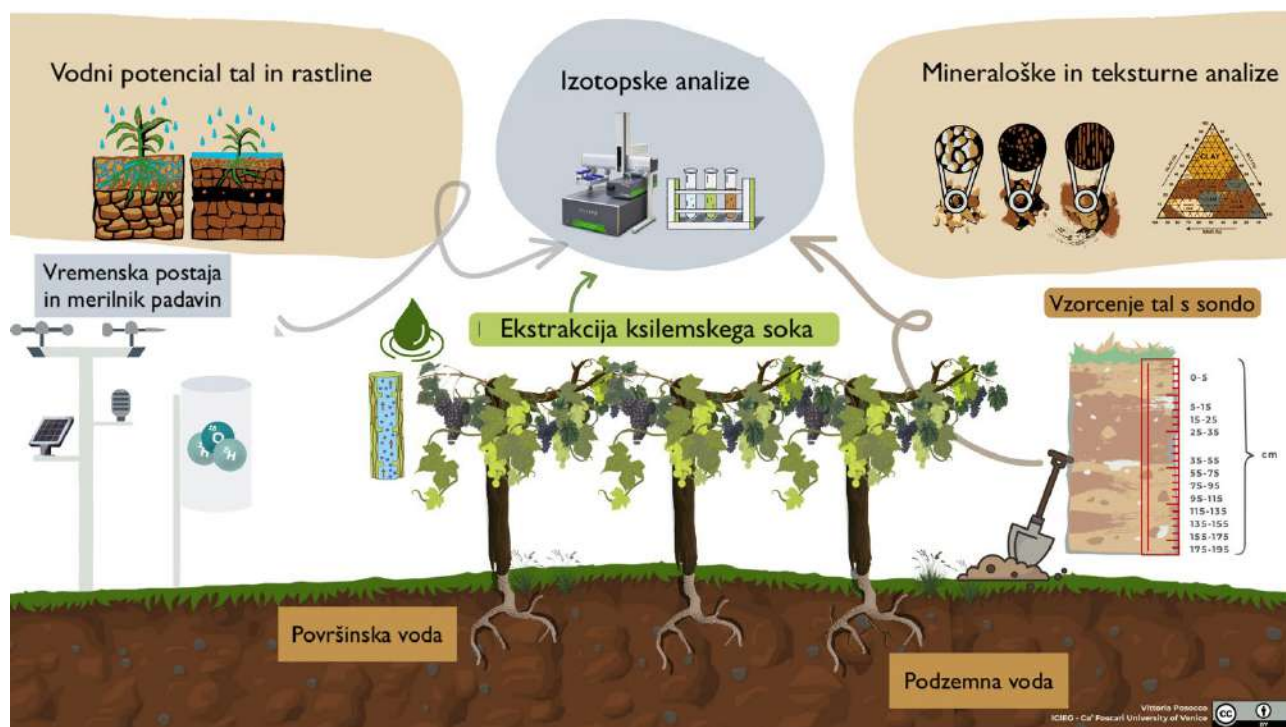
## 4 Upravljanje z vodnimi viri v vinogradništvu z uporabo izotopske metode

Voda je zmes molekul, ki vsebujejo različne stabilne izotope vodika in kisika (npr.  $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$ ,  $^1\text{H}$  oziroma vodik in  $^2\text{H}$  oziroma deuterij). Izotopi so atomi z enakim atomskim številom, a različnim masnim številom, saj imajo različno število nevtronov. **Razlika v masi** med težjimi in lažjimi izotopi povzroča različno kemijsko-fizikalno vedenje med procesi spremembe agregatnega stanja. Zlasti med **izhlapevanjem** molekule z lažjimi izotopi ( $^1\text{H}$ ,  $^{16}\text{O}$ ) lažje prehajajo v plinasto fazo, medtem ko se med **kondenzacijo** molekule z večjim deležem težjih izotopov ( $^2\text{H}$ ,  $^{18}\text{O}$ ) raje vračajo v tekočo fazo (Sharp, 2017).

Ti mehanizmi, imenovani **izotopska frakcionacija** povzročajo **sezonsko in prostorsko spremenljivost** izotopske sestave padavin. Na splošno velja:

- v **zimskem obdobju**, na višjih nadmorskih višinah ali z večanjem oddaljenosti od morja, so vrednosti  $\delta^{18}\text{O}$  in  $\delta^2\text{H}$  bolj negativne (padavine so osiromašene s težjimi izotopi);
- **poleti** ali v bližini obalnih območij so vrednosti manj negativne (padavine so relativno obogatene s težjimi izotopi).

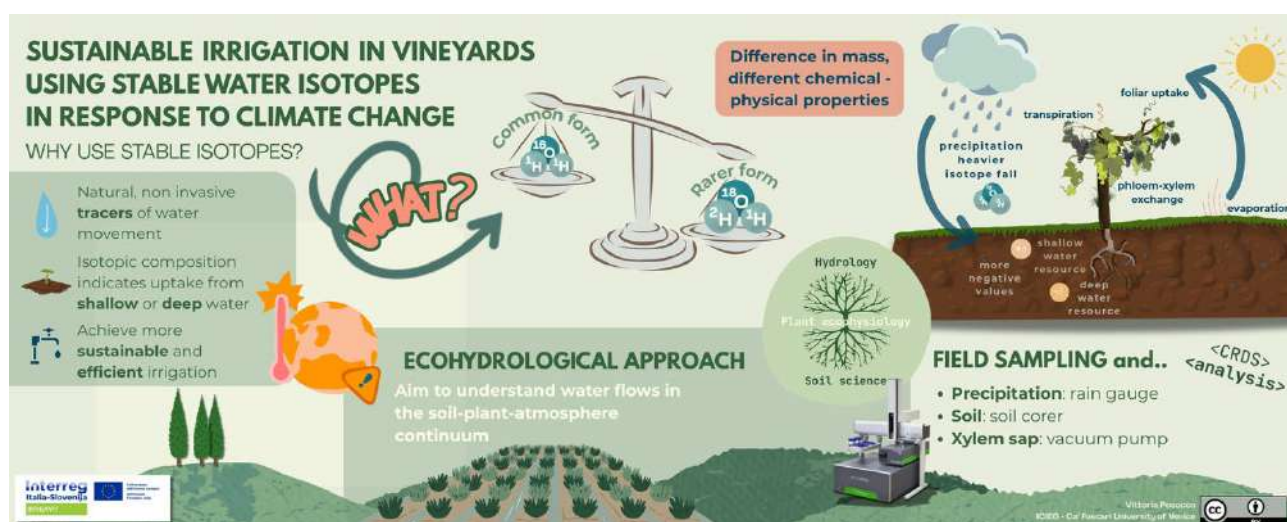
Posledično je **vsak padavinski dogodek edinstven in ima svojo značilno "podpisno" izotopsko sestavo**, ki se ohranja skozi čas v profilu tal.



Slika 4: smernice za eksperimentalno zasnovo upravljanja z vodnimi viri z uporabo izotopske metode.

Tla lahko obravnavamo kot plastovit sistem, ki je podvržen različnim časom zadrževanja vode. **Površinski sloji** so bolj izpostavljeni izhlapevanju, zato kažejo hitrejše spremembe izotopske sestave, povezane z izhlapevanjem in z nedavnimi padavinami. Nasprotno pa **globlji sloji** zadržujejo vodo dlje časa, kar omogoča postopno mešanje novejših in starejših padavin ter ohranjanje izotopske sestave, ki je blizu letnemu tehtnemu povprečju. V zmernih geografskih širinah so pri tem posebej pomembne spomladanske in jesenske padavine, ki prispevajo večino vodnih zalog.

Te dinamike omogočajo uporabo inovativnega ekohidrološkega pristopa z nizkim vplivom na okolje, ki uporablja stabilne izotope kisika in vodika kot **naravne sledilce** za rekonstrukcijo poti vode v **kontinuumu tla–rastlina–atmosfera** (Scandellari in Penna, 2018).



Slika 5: shema trajnostnega namakanja vinogradov z uporabo stabilnih izotopov vode kot odziv na podnebne spremembe.

S pomočjo teh **ekohidroloških študij** (pedologija, hidrologija in rastlinska ekofiziologija) je mogoče:

- ugotoviti, na katerih globinah tal trte črpajo vodo med rastno sezono;
- razlikovati med vodo iz nedavnih padavin in tisto, shranjeno v globljih plasteh tal;
- analizirati sezonsko dinamiko vodnih virov v tleh;
- povezati izotopske, podnebne in agronomske podatke za razvoj učinkovitejših strategij namakanja.

## 5 Upravljanje tal

Upravljanje tal je tema, ki v kmetijstvu vzbuja vse več zanimanja, saj se vsako leto zaradi erozije povprečno izgubi 32,5 milijard ton zemlje. Poleg tega so tudi drugi dejavniki, kot so zaslanjevanje, zbitost, zakisanje in onesnaženost tal, v zadnjih desetletjih povzročili degradacijo 30% obdelovalnih površin (*poročilo FAO/UNCCD*). **Vinogradništvo v Evropi predstavlja kmetijski sektor z največjimi izgubami tal zaradi erozije**, ki presegajo 10 t/ha na leto (*JRC/ESDAC – podatkovne zbirke in povzetki terenskih meritev ter območij z visokim tveganjem*). Glavna razloga za to sta pretirana antropizacija prostora in dolgotrajno ohranjanje vinogradniških površin z načini upravljanja, ki pogosto ustvarjajo pogoje, naklonjene eroziji in drugim negativnim pojavom. V vinogradniškem okolju lahko kmet ohranja in izboljšuje lastnosti svojih tal z različnimi ukrepi, kot so dodajanje talnih izboljševalcev (amendmentov), zmanjšanje obdelave tal s težko mehanizacijo ali upravljanje travne ruše v medvrstnem prostoru. **Ozelenitev** zmanjšuje izgube površinskega sloja tal, saj znižuje hitrost vetra in temperaturo talne površine, povečuje vsebnost organske snovi ter zmanjšuje intenzivnost površinskega odtoka. Zmanjšanje izgube tal in s tem organske snovi prispeva tudi k upočasnjevanju podnebnih sprememb, saj zmanjšuje količino ogljikovega dioksida, ki se sprošča v ozračje, ter ohranja prvotno rodovitnost tal, nastalo skozi tisočletja. V spodnji preglednici (tabela 2) so predstavljeni ekosistemski učinki in prednosti ozelenitve v primerjavi z obdelavo tal:

|                                       |                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Biološka kompleksnost</b>          | Povečanje populacij koristnih in drugih mikroorganizmov (bakterije, glive, deževniki, mikorize, členonožci).<br>Povečanje biotske raznovrstnosti.                                                                             |
| <b>Erozija</b>                        | Zmanjšanje erozijskih pojavov v vinogradih na nagibih.<br>Zmanjšanje udarnega učinka dežja.<br>Povečanje hitrosti infiltracije vode.                                                                                          |
| <b>Fizikalne lastnosti tal</b>        | Večja stabilnost agregatov in večja poroznost površinskih plasti tal.<br>Večja nosilnost, zmanjšanje zbijanja tal in nastajanja kolovozov.                                                                                    |
| <b>Kemijske lastnosti tal</b>         | Povečanje vsebnosti organske snovi.<br>Izboljšana vertikalna porazdelitev hranil (P, K, Mg).<br>Povečana razpoložljivost hranil v tleh.<br>Znižanje pH vrednosti.                                                             |
| <b>Razpoložljivost vode za trto</b>   | Povečana konkurenca za vodo s trto.<br>Povečanje/zmanjšanje vsebnosti vode v tleh, odvisno od teksture tal.                                                                                                                   |
| <b>Razpoložljivost hranil za trto</b> | Povečana razpoložljivost fosforja in kalija.<br>Možno zmanjšanje razpoložljivosti dušika.                                                                                                                                     |
| <b>Odzivnost trt</b>                  | Zmanjšana rast poganjkov, manj bujne zelene stene in manjša občutljivost na škodljive organizme.<br>Zmanjšan pridelek grozdja.<br>Povečana vsebnost sladkorjev, antocianinov in polifenolov<br>Možno zmanjšanje APA v moštih. |

*Tabela 2: ekosistemski učinki in prednosti ozelenitve v primerjavi z obdelavo tal.*

## 5.1 Ozelenitev tal

Med različnimi tipi trajne ozelenitve tal je potrebno omeniti samoniklo ali naravno trajno ozelenitev, zeleno gnojenje (green manure) in bolj druge primerne rastline za ozelenitev. Čeprav je zeleno gnojenje zelo podobno pokrovnim posevkom, se od njih razlikuje po tem, da se poseje z namenom prenehanja rasti v določenem časovnem obdobju (vedno krajšem od enega leta), da bi izboljšali fizikalne, kemijske in biološke lastnosti tal. Pokrovni posevki pa se večinoma gojijo trajno in imajo glavni namen preprečevanje in/ali zmanjšanje erozije tal. Na splošno ni vedno mogoče vzpostaviti zelene trajne ozelenitve; pogosto je izbira vrste ozelenitve rezultat kompromisa med vnaprej določenimi cilji in potrebami, povezanimi s specifičnimi razmerami. Zato mora biti pri izbiri med zelenim gnojenjem in trajno ozelenitvijo narejena analiza izvedljivosti, ki upošteva konkurenco trajne ozelenitve z glavno kulturo, tako v smislu hranil kot vodnih virov. V razmerah, kjer je namakanje omejeno in/ali je rodovitnost tal slaba, je priporočljivo uporabiti zeleno gnojenje namesto pokrovnih posevkov, saj se največja konkurenca pojavi v zimski sezoni in v zgodnjih fazah po brstenju. V teh fazah je namreč potreba trte po vodi manjša, medtem ko je dotok vode s padavinami velik in je evapotranspiracija zaradi zmernih temperatur nižja. Pomembno pa si je zapomniti, da je za učinkovito zeleno gnojenje potrebno, da letne padavine dosežejo vsaj 450 mm, pri čemer mora biti večina padavin razporejena med jesenjo in zimo.

## 5.2 Zeleno gnojenje

Jesenska setev zelenega podora je koristna praksa, ne le za izboljšanje rodovitnosti tal, temveč tudi za trajnostno upravljanje vodnih virov. Izvaja se lahko od oktobra do decembra, odvisno od talno-podnebnih razmer ter uporabljenih vrst ali mešanic rastlin. Izbira primerne časa setve je ključnega pomena za zagotavljanje ustreznega razvoja biomase, ki pozitivno vpliva na sposobnost tal, da zadržujejo vlago, zmanjšujejo izhlapevanje in izboljšajo infiltracijo vode. Čeprav čas setve neposredno ne vpliva na trto, imata način in čas košnje/mulčenja zelenega podora pomemben vpliv na vodno dinamiko in razpoložljivost vode v tleh. Neprimerna košnja lahko povzroči pretirano konkurenco za vodo ali nasprotno premajhno pokritost tal, kar vodi v povečane izgube zaradi izhlapevanja. Običajno se **košnja zelenega podora** izvaja med majem in junijem, torej pred cvetenjem večine vrst rastlin zelenega podora.

- **Zgodnja košnja** (na začetku cvetenja) pomeni, da ima rastlinska masa manj lignina, zato se hitreje razgradi in v kratkem času vrne hranila v tla, kar izboljša strukturo tal in poveča njihovo infiltracijsko sposobnost.
- **Pozna košnja** (po cvetenju) povzroči večjo količino suhe snovi, vendar z počasnejšo razgradnjo. Tak pristop je primeren tam, kjer želimo dalj časa ohraniti pokrovnost tal in s tem zmanjšati izgube vode z izhlapevanjem.

Po košnji se **zeleni podor običajno zadela v tla** do globine 15–20 cm, torej v najbolj biološko aktivno plast tal z dobro prezračенostjo. To spodbuja ustrezno razgradnjo biomase in boljše vodno ravnovesje v talnem profilu. Da bi se izognili prekomerni mineralizaciji zaradi visokih temperatur, je priporočljivo zadelavo zelena podora prestaviti na jesen, čeprav se pri tem del biomase izgubi.

Zeleni podor prispeva k boljšemu upravljanju vinograda, saj izboljšuje kemijske, fizikalne in biološke lastnosti tal ter povečuje biotsko raznovrstnost. Njegovo vlogo v vodni bilanci pa je treba vedno upoštevati, saj se spomladi močno razraste in lahko tekmuje s trto pri porabi vode in hranil, kar včasih povzroči zmanjšano bujnost vinograda. Ko pa je zmlet in zadelan v tla, prispeva k povečanju organske snovi in s tem sposobnosti tal za zadrževanje vode, kar je izjemno pomembno v sušnih obdobjih – pomaga namreč preprečevati pretiran sušni stres, škodljiv za fiziologijo trte in predvsem za kakovost grozdja.

### 5.3 Izbira vrst semenskih mešanic

Pri izbiri vrst za zeleni podor ali ozelenitev se običajno upošteva tri glavne botanične družine: **trave (*Poaceae*)**, **metuljnice (*Fabaceae*)** in **križnice (*Brassicaceae*)**. Uporaba vrst iz ene ali druge družine ima različne učinke na vinogradniški ekosistem.

**Trave (*Poaceae*).** V to družino spada veliko odpornih vrst z nitastim, vlaknatim koreninskim sistemom, ki lahko doseže do 100 cm globine in se dobro prilagajajo različnim podnebnim razmeram. Za te vrste je značilna hitra rast in sposobnost tvorbe velike količine biomase v kratkem času, kar jim omogoča učinkovito zatiranje plevelov ter povečano akumulacijo ogljika v rastlinskih tkivih. Pri njihovi uporabi je treba nadzorovati porabo dušika, da ne pride do konkurence s trto. Zaradi visoke vsebnosti lignina se minerali iz rastlinskih ostankov sproščajo počasneje. Vrste, ki se v vinogradništvu najpogosteje uporabljajo, ter njihove specifične značilnosti so predstavljene v Tabeli 3.

| Vrsta                 | Ljudsko Ime     | Trajanje   | Lastnosti                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------|-----------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Secale Cereale</i> | RŽ              | Enoletnica | Zelo dobro prenaša zimski mraz, sušo in je nezahtevna glede hranil.                                                                                                                        |
| <i>Triticosecale</i>  | Tritikale       | Enoletnica | Žito, cenjeno zaradi velike prilagodljivosti in trpežnosti. Malo zahtevno, omogoča visoke pridelke biomase z nizkimi stroški.                                                              |
| <i>Avena Sativa</i>   | Oves navadni    | Enoletnica | Med vsemi žiti zahteva največ vode; zato je zelo občutljiv na vročinski stres. Prilagojen hladnemu in vlažnemu podnebjju ter zelo slabo prenaša mraz. Zelo dobro uspeva na vseh tipih tal. |
| <i>Avena Strigosa</i> | Oves ščetinasti | Enoletnica | Hitro pokriva tla, močno tekmuje s pleveli in preprečuje izpiranje dušikovih ostankov.                                                                                                     |

|                            |                                              |                              |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Lolium Multiflorum</i>  | Mnogocvetna<br>ljudka (rajda)<br>italijanska | Enoletnica ali<br>dvoletnica | Visok proizvodni potencial, odlična hitrost<br>vzpostavitve; dvoletne sorte dobro prenašajo<br>nizke temperature.                                                                                                                                                     |
| <i>Lolium Perenne</i>      | Rajda trajna                                 | Več kot 3–4 leta             | Hitra obnovitev po košnji; ne mara toplega in<br>suhega podnebja; visoka konkurenčnost<br>spomladi.                                                                                                                                                                   |
| <i>Festuca Arundinacea</i> | Trstikasta<br>bilnica                        | Več kot 4–5 let              | Primerna za zmerno hladno-vlažna ali hladno-<br>suha klimatska območja ter prehodna območja.<br>Odlična odpornost na visoke in nizke<br>temperature ter zelo dobra odpornost na sušo.<br>Vrsta se dobro prilagaja, prenaša slanost tal,<br>zastoje vode in zbita tla. |
| <i>Festuca Pratense</i>    | Travniška<br>bilnica                         | Več kot 4,5 let              | Prenaša mraz, sneg in vlažna tla. Ne prenaša<br>sušnih razmer in visokih temperatur.                                                                                                                                                                                  |
| <i>Festuca Rubra</i>       | Rdeča bilnica                                | Več kot 3–4 let              | Nizka rastlina, ki dobro prenaša sušne razmere in<br>visoke temperature.                                                                                                                                                                                              |

Tabela 3: vrste trav, ki se uporabljajo v vinogradništvu, in njihove značilne lastnosti.

**Metuljnice (*Fabaceae*).** Pogosto jih odlikuje glavni koreninski sistem, ki lahko poveča infiltracijo vode v tla. Uporabljajo se predvsem zaradi sposobnosti vezave atmosferskega dušika s pomočjo simbioze med bakterijami rodu *Rhizobium* in koreninami rastlin. Na revnih, antropiziranih tleh z nizko biotsko raznovrstnostjo je priporočljivo ob setvi zelenega podora uporabiti inokulat rizobijev, da se spodbuja njihova prisotnost v tleh. Stopnja vezave dušika je odvisna ne le od vrste metuljnice, temveč tudi od vsebnosti dušika v tleh. Simbioza in aktivnost rizobijev sta namreč najbolj učinkoviti pri zmernih količinah dušika; če ga je v tleh preveč, rastline raje izkoriščajo že prisotni dušik. Na tleh z zmerno do visoko vsebnostjo dušika je priporočljivo mešano sejanje metuljnic in trav. Slednje med rastjo porabljajo večje količine dušika in tako tekmovalno vplivajo na metuljnice, kar spodbuja delovanje rizobijev. Vrste, ki se uporabljajo v vinogradništvu, in njihove značilne lastnosti so predstavljene v tabeli 4.

| Vrsta                            | Ljudsko Ime            | Trajanje             | Lastnosti                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------|------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Vicia Sativa</i>              | Navadna grašica        | Enoletnica           | Odlična sposobnost fiksacije dušika, pokrivanja tal in zatiranja plevela. Trpežna in prilagodljiva: uspeva na lahkih do glinenih tleh, ki niso nagnjena k zastoju vode, z vrednostjo pH med 5,5 in 8.                                                                               |
| <i>Pisum Sativum Ssp.</i>        | Krmni grah             | Enoletnica           | Na mraz odporna rastlina z majhnimi zahtevami po temperaturi za rast in razvoj, ne prenaša močne vročine in suše; kopiči dušik pozimi.                                                                                                                                              |
| <i>Trifolium Alexandrinum</i>    | Aleksandrijska detelja | Enoletnica           | Med enoletnimi metuljnicami je najbolj odporna na sušo, dobro se prilagaja sredozemskim razmeram; uspeva na različnih tipih tal, vendar ima raje glinena in alkalna tla; optimalna vrednost pH obdelovalnega zemljišča je med 6 in 8.                                               |
| <i>Trifolium Incarnatum</i>      | Rdeča detelja          | Enoletnica           | Zelo odporna na mraz (do -20 °C); primerna za rahla do glinena tla z vrednostjo pH med 5,5 in 7,5.                                                                                                                                                                                  |
| <i>Trifolium Subterraneum</i>    | Podzemna detelja       | Samosejna enoletnica | Značilna za kislila tla in sredozemsko podnebje z vročimi in suhimi poletji ter vlažnimi in blagimi zimami; potrebuje svetlobo, zato je občutljiva na zasenčenje s strani trav; pomembna fiksacija dušika.                                                                          |
| <i>Trifolium Squarrosum Savi</i> | Ščetinasta detelja     | Enoletnica           | Značilnosti so zelo podobne rdeči detelji.                                                                                                                                                                                                                                          |
| <i>Vicia Faba Var. Minor</i>     | Bob                    | Enoletnica           | Odlična izboljševalka tal zaradi visoke sposobnosti fiksacije dušika; nekoliko občutljiva na mraz in zmerno odporna na sušo, zato je bolj primerna za jesensko setev (na jugu); možna je tudi uporaba v hladnejših krajih, v kombinaciji z žitom ali v večvrstnem zelenem gnojenju. |
| <i>Medicago Sativa</i>           | Lucerna                | Večletnica           | Prilagodljiva v vseh pedoklimatskih razmerah, največja produktivnost na globokih, glinenih ali srednje težkih tleh (optimalen pH 6,5–8). Ne prenaša zastojev vode in kislih tal. Odličen učinek izboljšanja rodovitnosti tal v srednje do dolgih kolobarjih.                        |

Tabela 4: vrste metuljnic - stročnic, ki se uporabljajo v vinogradništvu, in njihove značilne lastnosti

**Križnice (*Brassicaceae*).** Te rastline so značilne po visoki konkurenčnosti, ki izhaja iz obilne tvorbe biomase ter proizvodnje glukozinolatov, shranjenih v njihovih tkivih. Encimska hidroliza glukozinolatov tvori biološko aktivne spojine z biofumigantnim delovanjem. Te spojine, katerih sestava se razlikuje glede na vrsto, zavirajo kalitev semen, omejujejo razvoj posameznih

rastlinskih vrst ter zmanjšujejo prisotnost patogenov v tleh, ne da bi bistveno vplivale na koristne mikroorganizme tal. Hidroliza poteka po razpadu rastlinskih tkiv, aktivne spojine, ki nastanejo iz glukozinolatov, pa v tleh ne obstanejo dolgo. Da bi izkoristili njihove biofumigantne lastnosti, je priporočljivo takoj po zatiranju zeleni podor vdelati v tla in se izogniti čakanju, da se rastline izsušijo na površini. Križnice imajo tudi glavni (koreninski) sistem, ki lahko prodira globoko v tla in tako opravlja pomembno funkcijo rahljanja zbitih tal. Vrste, ki se uporabljajo v vinogradništvu, ter njihove značilne lastnosti so predstavljene v tabeli 5.

| Vrsta                                   | Ljudsko ime        | Trajanje                  | Lastnosti                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Sinapis Alba</i><br><i>Cv. Braco</i> | Bela gorčica       | Enoletnica                | Učinkovito zatira nematode (ogorčice), ko se aktivna spojina sprosti med zakopavanjem 60-75 dni po setvi. Pri nekaterih ogorčicah upočasni in prepreči zaključek življenjskega cikla v koreninah. |
| <i>Armoracia Rusticana</i>              | Hren               | Večletnica                | Srednje zgodnja sorta; dobra odpornost na mraz; primerna kot pastna rastlina zaradi dvojne odpornosti na ogorčice <i>Meloidogyne chitwoodi</i> in <i>Heterodera spp.</i>                          |
| <i>Brassica Napus</i>                   | Ogrščica           | Enoletnica ali dvoletnica | Najbolje uspeva na glinenih tleh s pH vrednostjo med 5,5 in 7; vse sorte zmanjšujejo število koreninskih ogorčic; upoštevati je treba, da močno privzemajo dušik.                                 |
| <i>Brassica Campestris</i>              | Repica             | Enoletnica ali dvoletnica | Dobro vpliva na zrahljanje in strukturo tal; odlično zatiranje plevela in dobra medonosna funkcija; priporočljiva pri trajnem kmetijstvu.                                                         |
| <i>Eruca Sativa</i><br><i>Cv. Nemat</i> | Rukola<br>(rocket) | Enoletnica                | Hitro rastoča kultura, primerna za vse letne čase, z listi, ki imajo pikanten, oster okus; bolj odporna na sušo kot gorčica; dobra sposobnost ponovne rasti po košnji (največ 1-2 krat).          |
| <i>Brassica Juncea</i>                  | Indijska gorčica   | Enoletnica                | Zahteva kratko rastno dobo, ustrezno vlažnost tal in zadostno količino hranil v rastni sezoni; še posebej učinkovita v kombinaciji z <i>E. sativa</i> .                                           |

Tabela 5: vrste križnic, ki se uporabljajo v vinogradništvu, in njihove značilne lastnosti



## 6. Dogovor med partnerji in smernice

Rezultati projekta IRRIGAVIT ter pripravljena strategija z ustreznimi tehničnimi smernicami so partnerje projekta spodbudili k prepoznavanju ključnih strategij, tehnik in modelov, ki bodo služili kot temelj za izvajanje zavez po zaključku projekta v sodelovanju z vsemi deležniki.

Te lahko povzamemo kot:

1. Uporaba vodnega potenciala lista kot glavnega parametra za ocenjevanje vodnega statusa vinske trte in za odločanje o namakanju v primeru suše (namakanje v sili).
2. Spodbujanje uporabe platforme IRRIGAVIT.EU ter tehnologij daljinskega zaznavanja (multispektralnih, hiperspektralnih, NDVI, GNDVI, PSSR) za spremljanje sušnega stresa, integriranih s platformami GIS in s sistemi za podporo odločanju o namakanju (DSS), kot je Vintel®.
3. Uvajanje modelov upravljanja z vodo, ki temeljijo na fenoloških fazah trte, z namenom optimizacije kakovosti grozdja glede na enološke cilje.
4. Upravljanje tal z uporabo zatratitve in zelenega podora, ki izboljšujeta zadrževanje vode, rodovitnost tal ter zmanjšujeta erozijo.
5. Strateška izbira rastlinskih vrst za zeleni podor (trave, metuljnice, križnice) glede na talno-podnebne razmere in agronomske potrebe, z namenom uravnoteženja razpoložljivosti vode in hranil.