

**Interreg
Italia-Slovenija**



Cofinanziato
dall'Unione europea
Sofinancira
Evropska unija

IRRIGAVIT

IRRIGAVIT

Irrigazione razionale e gestione del suolo in viticoltura transfrontaliera

Linee guida sulla gestione idrica sostenibile nei vigneti
transfrontalieri

Racionalno namakanje in upravljanje tal v čezmejnem vinogradništvu

Smernice za trajnostno upravljanje vodnih virov v čezmejnih
vinogradih

www.ita-slo.eu/irrigavit



IRRIGAVIT

Irrigazione razionale e gestione del suolo in viticoltura transfrontaliera

Linee guida sulla gestione idrica sostenibile nei vigneti
transfrontalieri

Racionalno namakanje in upravljanje tal v čezmejnem vinogradništvu

Smernice za trajnostno upravljanje vodnih virov v čezmejnih
vinogradih

<i>Numero progetto / Projektna številka</i>	ITA-SI0100043
<i>Acronimo / Akronim</i>	IRRIGAVIT
<i>Titolo Progetto / Projektni naslov</i>	Irrigazione razionale e gestione del suolo in viticoltura transfrontaliera / Racionalno namakanje in upravljanje tal v čezmejnem vinogradništvu
<i>Budget totale / celotni znesek</i>	€ 617.325,98
<i>di cui Fondo europeo di sviluppo regionale (FESR) / od tega Evropski sklad za regionalni razvoj (ESRR)</i>	€ 493.860,78
<i>Durata / Trajanje</i>	01/10/2023 – 31/12/2025
<i>Autori / Avtorji</i>	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
<i>Revisione editoriale / Uredniški pregled</i>	Paolo Sivilotti, Andreja Vanzo, Patricija Muzlovic, Vittoria Posocco, Mojca Mavrič Štrukelj, Tamara Rusjan, Nataša Jakopič
<i>Design grafico / Grafično oblikovanje</i>	Maikol Malezan
<i>Editore / Založba</i>	Università degli studi di Udine, via delle Scienze 206, Udine - IT
<i>Stampa / Tisk</i>	Grafiche Manzanesi 1974, via del Cristo, 31, Manzano (UD) - IT
<i>Tiratura / Naklada</i>	500 copie / 500 izvodov
<i>Data edizione / Datum izdaje</i>	20/11/2025

Il contenuto della presente pubblicazione è di esclusiva responsabilità dei partner progettuali e non rispecchia necessariamente le posizioni ufficiali dell'Unione europea. Za vsebino pričujoče publikacije so odgovorni izključno projektni partnerji. Vsebinske publikacije ne odražajo nujno stališča Evropske unije.

Partner / Partnerji

LP/VP - giver: Università degli studi di Udine -Di4A (UNIUD)
Partner 2 - giver: Università Ca' Foscari di Venezia (UNIVE)
Partner 3 - giver: Kmetijski Inštitut Slovenije (KIS)
Partner 4 - giver: Geodetski Inštitut Slovenije (GIS)
Partner 5 - taker: Consorzio Tutela Vini Friuli Colli Orientali e Ramandolo (CON)
Partner 6 - taker: RRA SEVERNE PRIMORSKE d.o.o. Nova Gorica (RRA)

**Interreg
Italia-Slovenija**

IRRIGAVIT



Cofinanziato
dall'Unione europea
Sofinancira
Evropska unija

Sommario

0. Premessa	5
1. Cambiamento climatico e deficit idrico	7
2. Monitoraggio dello stato idrico	8
3. Strategie di gestione dello stress idrico in funzione dell'obiettivo enologico	11
4. Gestione della risorsa idrica in viticoltura applicando il metodo isotopico	15
5. Gestione del suolo	17
5.1 Inerbimento	18
5.2 Sovescio	18
5.3 Scelta delle essenze	19
6. Accordo tra i partner e le linee guida	23

Kazalo

0. Uvod	25
1. Podnebne spremembe in pomanjkanje vode	27
2. Spremljanje vodnega statusa	28
3. Strategije upravljanja vodnega statusa glede na enološke cilje	31
4. Upravljanje z vodnimi viri v vinogradništvu z uporabo izotopske metode	35
5. Upravljanje tal	37
5.1 Ozelenitev tal	38
5.2 Zeleno gnojenje	38
5.3 Izbira vrst semenskih mešanic	39
6. Dogovor med partnerji in smernice	43

Irrigazione razionale e gestione del suolo in viticoltura transfrontaliera

Linee guida sulla gestione idrica sostenibile nei vigneti transfrontalieri



0. Premessa

La viticoltura nell'area transfrontaliera tra Italia e Slovenia si confronta sempre più frequentemente con le conseguenze del cambiamento climatico: siccità ricorrenti, stress idrico prolungato ed eventi meteorologici estremi minacciano quantità e qualità delle uve, compromettendo la sostenibilità dell'intero sistema agricolo. Il progetto [IRRIGAVIT – Irrigazione razionale e gestione del suolo in viticoltura transfrontaliera](#), avviato il 1° ottobre 2023 e cofinanziato nell'ambito del programma Interreg VI-A Italia-Slovenia 2021-2027, si propone di migliorare l'efficienza dell'uso dell'acqua nei vigneti e rafforzare la resilienza del settore vitivinicolo mediante l'introduzione di buone pratiche agronomiche e strumenti tecnologici avanzati. IRRIGAVIT valorizza i risultati del precedente [ACQUAVITIS – Soluzioni innovative per l'uso efficiente dell'acqua in viticoltura transfrontaliera](#), che ha introdotto un approccio ecosistemico all'irrigazione di soccorso e alla gestione del suolo in tre aree pilota (Vipavska Dolina, Carso e Bassa Friulana), attraverso l'uso di tecnologie verdi, telerilevamento, DSS e pratiche agronomiche orientate all'ottimizzazione del bilancio idrico. **IRRIGAVIT** amplia questi protocolli e pratiche, con supporto tecnico-specialistico, in due nuove aree chiave – **Colli Orientali del Friuli e Brda** – con l'obiettivo di trasferire l'innovazione ai viticoltori e ai principali decisori pubblici. Il progetto unisce sei partner:

- **Università degli Studi di Udine – Dipartimento di Scienze Agroalimentari, Ambientali e Animali (Di4A)**, capofila progettuale
- **Università Ca' Foscari di Venezia**
- **Kmetijski Inštitut Slovenije (KIS)**
- **Geodetski Inštitut Slovenije (GIS)**
- **RRA SEVERNE PRIMORSKE d.o.o. Nova Gorica**
- **Consorzio Tutela Vini Friuli Colli Orientali e Ramandolo**

E undici partner associati:

- 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 podpora podjetjem pri razvijanju zelenih tehnologij d.o.o.

Il progetto si è concentrato su due obiettivi principali: la **validazione e l'adattamento delle strategie tecniche per una gestione ottimizzata**

dell'acqua e la **definizione di nuove linee guida condivise** da integrare nei disciplinari di produzione vitivinicola e nelle politiche agricole di entrambi i paesi per estenderle anche ad altri territori. Il progetto si concluderà il 31 dicembre 2025 con la firma di un **accordo congiunto** tra partner e policy-maker per l'adozione ufficiale delle nuove **linee guida IRRIGAVIT** durante la conferenza finale in Italia il 26 novembre 2025 e quella in Slovenia fissata per il 27 novembre 2025.

1. Cambiamento climatico e deficit idrico

Negli ultimi decenni, i cambiamenti climatici hanno determinato una crescente intensificazione dei fenomeni meteorologici, alternando eventi temporaleschi di elevata intensità a lunghi periodi in cui le piante sono soggette a stress idrico anche severo. Negli ultimi anni, le condizioni di stress idrico sono risultate significativamente più gravi rispetto al passato; secondo l'Osservatorio europeo sulla siccità, il **47% del territorio europeo è oggi interessato da deficit idrico nel suolo**. Questa situazione ha ripercussioni dirette sugli ecosistemi naturali e agricoli, e in particolare su quelli con un elevato fabbisogno idrico, come la viticoltura. L'aumento delle temperature ha ripercussioni importanti sulla fisiologia della vite, anticipando la maturazione delle uve e modificando l'accumulo dei metaboliti secondari che determinano la qualità finale dei vini. Una gestione inefficiente della risorsa idrica può quindi compromettere non solo la produzione e la qualità delle uve, ma anche **la sostenibilità complessiva del sistema vitivinicolo**.

Nell'area transfrontaliera tra Italia e Slovenia, tali criticità risultano amplificate da condizioni climatiche e geomorfologiche complesse e da una forte frammentazione aziendale. Diventa quindi urgente **sviluppare strategie condivise per un utilizzo ottimale dell'acqua**, orientate a una più resiliente e sostenibile. Le presenti linee guida nascono con l'obiettivo di fornire strumenti e buone pratiche per migliorare l'efficienza dell'irrigazione e la gestione delle risorse idriche nei vigneti, prendendo come riferimento tre aree vocate alla produzione vinicola, ma in contesti geomorfologici e climatici diversi: il Carso transfrontaliero, l'area friulana dei Colli Orientali, Brda e la Valle del Vipacco in Slovenia (figura 1).

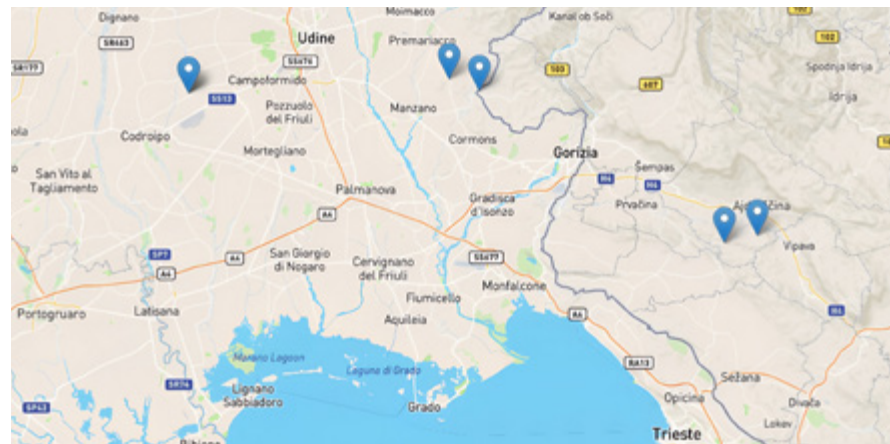


Figura 1: mappa dei vigneti nell'area transfrontaliera Italia-Slovenia, ovvero le zone del Litorale e del Friuli della Regione Giulia, più precisamente la Valle del Vipacco, Brda e Colli Orientali del Friuli (Fonte: Irrigavit.eu).

2. Monitoraggio dello stato idrico

Per affrontare i problemi legati alla siccità e garantire un uso razionale e sostenibile delle risorse idriche, è fondamentale comprendere a fondo il **ciclo dell'acqua all'interno dell'ecosistema viticolo**. Nei vigneti, l'acqua è apportata principalmente dalle piogge e dalle falde freatiche. Quando questi apporti non sono sufficienti, è necessario intervenire con l'irrigazione o accettare gli effetti della carenza idrica. Questi effetti possono essere positivi o negativi per la qualità dell'uva e del vino, a seconda dell'intensità dello stress e della fase fenologica in cui questo si verifica. Perciò, diventa importante poter **misurare lo stato idrico del vigneto**, a livello della parcella o di un gruppo di parcelle. Misurazioni frequenti e con maggiore risoluzione temporale, consentono una comprensione più approfondita dei processi eco idrologici e forniscono un supporto decisionale più preciso per l'irrigazione. Nell'interpretazione dei risultati, è tuttavia necessario considerare le caratteristiche specifiche del vigneto, che dipendono dalla **composizione geologica e geomorfologica del suolo**, e dalle caratteristiche del vigneto (età delle piante, forma di allevamento, densità d'impianto, portainnesto). Esistono numerose tecniche, dirette o indirette, per misurare lo stato idrico, ma la tecnica di riferimento rimane quella basata sulla **misura del potenziale idrico fogliare utilizzando la camera a pressione** (Scholander et al., 1965). Questa tecnica ha permesso di definire soglie di riferimento affidabili, validate a livello internazionale e applicabili in diversi contesti pedoclimatici. In passato, l'utilizzo di questo metodo era limitato principalmente all'ambito scientifico, tuttavia negli ultimi anni è stato progressivamente **adottato anche dalle aziende vitivinicole** come strumento operativo per la determinazione del momento ottimale per l'irrigazione, integrandolo nei propri protocolli di gestione idrica. In relazione dello stadio fenologico della vite, è possibile stabilire dei **modelli di stato idrico ottimali**, basandosi sui risultati scientifici e sulle conoscenze empiriche degli agronomi che lavorano in vigneto (figura 2).

Potenziale idrico fogliare (MPa)			Periodo vegetativo				Livello di stress
Ψ_b	Ψ_t	Ψ_h	Germogliamento - Fioritura	Allegagione - Invaiaitura	Maturazione - Raccolta	Post-raccolta	
$0 > \Psi \geq -0,2$	$0 > \Psi \geq -0,5$	$0 > \Psi \geq -0,8$					nessuno
$-0,2 > \Psi \geq -0,4$	$-0,5 > \Psi \geq -0,8$	$-0,8 > \Psi \geq -1,1$					lieve
$-0,4 > \Psi \geq -0,6$	$-0,8 > \Psi \geq -1,1$	$-1,1 > \Psi \geq -1,4$					medio
$-0,6 > \Psi \geq -0,8$	$-1,1 > \Psi \geq -1,4$	$-1,4 > \Psi \geq -1,6$					forte
$-0,8 > \Psi \geq -1,0$	$-1,4 > \Psi \geq -1,6$	$-1,6 > \Psi \geq -1,8$					molto forte
$\Psi < -1,2$	$\Psi < -1,6$	$\Psi < -1,8$					severo

Figura 2: stato idrico ottimale per la vite in ciascuna fase fenologica (verde "ottimale", giallo "sfavorevole", rosso "dannoso"). Gli stati idrici vengono quantificati sulla base dei potenziali, espressi in MPa.

Ψ_b = potenziale pre-alba; Ψ_t = potenziale del fusto a mezzogiorno; Ψ_h = potenziale fogliare a mezzogiorno.

Il potenziale idrico viene espresso in MPa con valori negativi. **Quanto più la pianta è in stress stressata, tanto più bassi sono i valori del potenziale idrico**. Dall'alba, quando la vite non è in stress idrico, gli stomi fogliari si aprono gradualmente, causando l'evaporazione dell'acqua e una diminuzione del potenziale idrico durante il giorno. Il potenziale fogliare giornaliero più negativo (Ψ_h) viene raggiunto dalla pianta intorno a mezzogiorno, quando lo stress idrico è massimo. Di notte, quando gli stomi fogliari sono chiusi, il potenziale idrico fogliare si eguaglia al potenziale idrico del suolo in prossimità delle radici. Pertanto, il potenziale idrico fogliare prima dell'alba (Ψ_b) è un importante indicatore della disponibilità idrica del suolo e un parametro di riferimento per la gestione dell'irrigazione (Savi et al., 2019).

Nel periodo che va dal germogliamento alla fioritura è bene che la pianta si trovi in una condizione idrica buona (Ψ_b tra 0 MPa e -0.3 MPa) in modo da permettere il regolare sviluppo del germoglio, condizione necessaria per una buona crescita della superficie fogliare che permetterà un corretto sostentamento dei grappoli e adeguate riserve per la pianta. Un deficit idrico eccessivo durante la fioritura ($\Psi_b \leq -0.6$ MPa) può causare una riduzione dell'allegagione, con ripercussioni poi sulla produzione.

Tra le fasi fenologiche comprese tra l'allegagione e l'invaiaitura, lo stato idrico ha una forte influenza sulla produzione poiché può modificare irreversibilmente la crescita della bacca. Lo stress idrico in questo periodo promuove un aumento del rapporto superficie buccia /volume bacca, determinando una concentrazione dei costituenti della buccia nel vino; infatti, nella buccia sono contenuti i più importanti composti d'interesse enologico, quali aromi e polifenoli, mentre nella polpa ritroviamo acidi organici e zuccheri. A seconda della tipologia enologica che si vuole ottenere, si possono utilizzare quindi strategie di gestione idrica che consentano una riduzione controllata della dimensione dell'acino. Uno stress idrico moderato (Ψ_b tra -0.3 e -0.4 MPa) subito dopo l'allegagione, ridurrà le dimensioni dell'acino favorendo un aumento della concentrazione finale in polifenoli e aromi. In condizioni di stress idrico eccessivo durante questo periodo ($\Psi_b \leq -0.6$ MPa), si ottiene una riduzione significativa del peso acino accompagnata da un aumento della biosintesi di tannini astringenti con un'importante perdita di qualità dei vini.

Nel periodo tra invaiaitura e maturazione, l'assenza di stress idrico (Ψ_b tra 0 e -0.2 MPa) si traduce in una vigoria eccessiva e produzioni elevate nel vigneto, mentre le componenti qualitative dell'uva, come polifenoli e zuccheri, diminuiscono per un effetto di diluizione provocato dall'aumento della dimensione dell'acino nonché per una minore biosintesi. **Lo stato idrico del vigneto durante questo periodo determina in gran misura il tipo di vino che si vorrebbe ottenere**. Nel caso estremo dell'assenza totale di stress (Ψ_p tra 0 e -0.3 MPa), si ottengono dei vini diluiti che mantengono anche l'acidità. All'opposto, in situazioni di stress idrico molto severo ($\Psi_b < -0.8$ MPa) i vini rossi tendono ad essere eccessivamente tannici, duri, astringenti ed alcolici e i bianchi perdono gran parte dei loro aromi. È nelle condizioni di stress idrico intermedie (Ψ_b tra -0.3 e -0.7 MPa) dove i vini sono

più equilibrati, dando profili aromatici e/o fenolici più intensi in relazione al livello di stress idrico raggiunto.

Infine, è conveniente che **nel periodo di post-raccolta** la pianta recuperi il suo stato idrico (Ψ_b superiori a -0.4 MPa). Infatti, durante questo periodo **la pianta deve ripristinare le riserve**, ed è quindi utile mantenere l'attività fotosintetica per la produzione degli zuccheri che poi verranno dirottati negli organi di riserva (radici, tronchi e tralci).

Nell'ambito dei progetti **Interreg Italia - Slovenia Acquavitis e Irrigavit**, abbiamo testato e sperimentato e testato anche l'uso del telerilevamento come uno strumento chiave per il monitoraggio dello stato idrico e la definizione di strategie di **irrigazione di precisione**. Il telerilevamento è una tecnica che consente di acquisire informazioni sul vigneto senza contatto diretto, attraverso sensori installati su droni, aerei o satelliti. L'analisi si basa sulla riflettanza della luce solare e sulla firma spettrale delle superfici vegetali, la quale varia in funzione della struttura fogliare, del contenuto d'acqua e dei pigmenti. I principali sensori utilizzati sono di tipo RGB, multispettrale, iperspettrale, termico e a fluorescenza. L'elaborazione dei dati multispettrali mediante indici di vegetazione (come NDVI, GNDVI e PSSR) consente di valutare il vigore, lo stato idrico e la salute delle piante. I dati, una volta georeferenziati e integrati in sistemi GIS, permettono di generare **mappe di stress idrico** a supporto di una gestione più mirata e sostenibile del vigneto. Nel nostro caso abbiamo utilizzato i dati **Sentinel-2**, gestiti dall'Agenzia spaziale europea (ESA), e Landsat 8, gestiti dall'Agenzia spaziale americana (NASA). È anche possibile acquistare servizi economici per l'elaborazione complessa dei dati grezzi; nel nostro caso abbiamo utilizzato l'ambiente Sentinel Hub Services. La revisione delle misurazioni satellitari e la loro interpretazione sono disponibili sul portale web sviluppato nell'ambito del progetto Acquavitis e integrato durante il progetto Irrigavit con ulteriori modalità come la creazione di un rapporto in formato PDF che consente di stampare e salvare i dati visualizzati o i risultati sotto forma di rapporto per una successiva revisione.

La piattaforma bilingue Acquavitis, che adesso contiene anche i dati del progetto **Irrigavit** (www.acquavitis.eu / www.irrigavit.eu), sviluppata grazie al contributo del Programma Interreg Italia-Slovenia, rappresenta un esempio concreto di come le tecnologie digitali possano supportare la gestione sostenibile dei vigneti. Attraverso l'integrazione di dati satellitari Sentinel-2 e informazioni meteorologiche, il sistema consente di monitorare in tempo reale lo stress idrico e lo stato dell'acqua nel suolo e nelle piante. Organizzata in quattro moduli - temperatura e clima, stress idrico, dati satellitari e ambientali, analisi e ricerca - la piattaforma offre una visione completa delle condizioni agrometeorologiche del territorio. Le mappe e i dati elaborati facilitano le decisioni agronomiche, permettendo interventi più tempestivi e mirati. Grazie alla sua capacità di fornire informazioni aggiornate e facilmente interpretabili, la piattaforma aiuta i viticoltori a prevenire gli effetti della siccità, promuovendo un approccio sempre più *data-driven* alla viticoltura.

3. Strategie di gestione dello stress idrico in funzione dell'obiettivo enologico

Come abbiamo visto, **la risposta della vite allo stato idrico è strettamente legata al periodo vegetativo**. In zone irrigate, è possibile proporre una strategia di irrigazione in funzione degli obiettivi del vigneto, del suo periodo vegetativo e del livello di carenza idrica (figura 3, tabella 1). Per un vigneto orientato verso la produzione di mosto concentrato (obiettivo: massima resa zuccheri/ha), la strategia di irrigazione da seguire, sarà quella di evitare una carenza idrica durante la totalità del periodo vegetativo per favorire rese elevate a partire dalla maggior parte dei suoi componenti. Lo stesso metodo è adatto anche per vigneti giovani in fase di formazione e per la produzione di vini varietali a partire da vitigni bianchi o rossi dove si cerchi di privilegiare certe note "vegetali" o "speziate".

Se obiettivo è un **vino bianco aromatico o un vino rosso leggero e fruttato**, una strategia consigliata è quella di promuovere una carenza idrica leggera e progressiva verso la fine del periodo compreso tra l'invasatura e la maturità. Questo approccio non influisce sulla dimensione degli acini o sulla fotosintesi, favorisce l'accumulo di zuccheri e di antociani, e riduce la crescita vegetativa.

Per **vini più concentrati**, una strategia efficace è quella di promuovere una carenza idrica moderata progressiva dall'allegagione all'invasatura, che diventa più forte nel periodo di maturazione. Questa strategia promuove una riduzione della dimensione degli acini e quindi della produzione, favorisce la biosintesi e la concentrazione dei composti fenolici.



Ψ_b	Ψ_t	Ψ_h	Germogliamento - Fioritura	Allegagione - Invaiaura	Maturazione - Raccolta	Post-raccolta	Livello di stress
Mosto concentrato - Succo d'uva - Vigneti in formazione - Vino da tavola							
$0 > \Psi \geq -0,2$	$0 > \Psi \geq -0,5$	$0 > \Psi \geq -0,8$					nullo
$-0,2 > \Psi \geq -0,4$	$-0,5 > \Psi \geq -0,8$	$-0,8 > \Psi \geq -1,1$					lieve
$-0,4 > \Psi \geq -0,6$	$-0,8 > \Psi \geq -1,1$	$-1,1 > \Psi \geq -1,4$					medio
$-0,6 > \Psi \geq -0,8$	$-1,1 > \Psi \geq -1,4$	$-1,4 > \Psi \geq -1,6$					forte
$-0,8 > \Psi \geq -1,0$	$-1,4 > \Psi \geq -1,6$	$-1,6 > \Psi \geq -1,8$					molto forte
$\Psi < -1,2$	$\Psi < -1,6$	$\Psi < -1,8$					severo
Vigneti in formazione - Vini giovani, leggeri e fruttati							
$0 > \Psi \geq -0,2$	$0 > \Psi \geq -0,5$	$0 > \Psi \geq -0,8$					nullo
$-0,2 > \Psi \geq -0,4$	$-0,5 > \Psi \geq -0,8$	$-0,8 > \Psi \geq -1,1$					lieve
$-0,4 > \Psi \geq -0,6$	$-0,8 > \Psi \geq -1,1$	$-1,1 > \Psi \geq -1,4$					medio
$-0,6 > \Psi \geq -0,8$	$-1,1 > \Psi \geq -1,4$	$-1,4 > \Psi \geq -1,6$					forte
$-0,8 > \Psi \geq -1,0$	$-1,4 > \Psi \geq -1,6$	$-1,6 > \Psi \geq -1,8$					molto forte
$\Psi < -1,2$	$\Psi < -1,6$	$\Psi < -1,8$					severo
Vini giovani - Vini di qualità, fruttati, tannici ed equilibrati							
$0 > \Psi \geq -0,2$	$0 > \Psi \geq -0,5$	$0 > \Psi \geq -0,8$					nullo
$-0,2 > \Psi \geq -0,4$	$-0,5 > \Psi \geq -0,8$	$-0,8 > \Psi \geq -1,1$					lieve
$-0,4 > \Psi \geq -0,6$	$-0,8 > \Psi \geq -1,1$	$-1,1 > \Psi \geq -1,4$					medio
$-0,6 > \Psi \geq -0,8$	$-1,1 > \Psi \geq -1,4$	$-1,4 > \Psi \geq -1,6$					forte
$-0,8 > \Psi \geq -1,0$	$-1,4 > \Psi \geq -1,6$	$-1,6 > \Psi \geq -1,8$					molto forte
$\Psi < -1,2$	$\Psi < -1,6$	$\Psi < -1,8$					severo
Vini da invecchiamento, concentrati, tannici, fruttati ed equilibrati							
$0 > \Psi \geq -0,2$	$0 > \Psi \geq -0,5$	$0 > \Psi \geq -0,8$					nullo
$-0,2 > \Psi \geq -0,4$	$-0,5 > \Psi \geq -0,8$	$-0,8 > \Psi \geq -1,1$					lieve
$-0,4 > \Psi \geq -0,6$	$-0,8 > \Psi \geq -1,1$	$-1,1 > \Psi \geq -1,4$					medio
$-0,6 > \Psi \geq -0,8$	$-1,1 > \Psi \geq -1,4$	$-1,4 > \Psi \geq -1,6$					forte
$-0,8 > \Psi \geq -1,0$	$-1,4 > \Psi \geq -1,6$	$-1,6 > \Psi \geq -1,8$					molto forte
$\Psi < -1,2$	$\Psi < -1,6$	$\Psi < -1,8$					severo

Figura 3: Andamento dello stato idrico in funzione dell'obiettivo enologico, rappresentato dalla linea in azzurro. Stato idrico ottimale per la vite in ciascuna fase fenologica (verde "ottimale", giallo "sfavorevole", rosso "dannoso"). Gli stati idrici vengono quantificati sulla base dei potenziali, espressi in MPa. Ψ_b = potenziale pre-alba; Ψ_s = potenziale del fusto; Ψ_h = potenziale a mezzogiorno.

Nella pagina accanto

Tabella 1: schema riassuntivo sugli stati idrici della vite in ciascuna fase fenologica, livelli di stress accettabili, conseguenze attese e pratiche colturali suggerite.

Stato idrico della vite (Ψ_b , MPa)	Stato fenologico	Livello di stress idrico	Conseguenze attese	Commento	Raccomandazioni per pratiche colturali
Da 0 a -0,2	Germogliamento – Maturità	Assente	Vigore eccessivo e diluizione dei composti della bacca	Non favorevole	Possibilità di introdurre sistemi drenanti – Sistema di allevamento a spalliera verticale – Potatura a cordone singolo o doppio – Bilanciare il carico durante la potatura – Fili di supporto ad almeno due livelli diversi – Distanza tra le file $\leq 1,2$ m – Inerbimento in competizione con la vite – Ridurre al minimo i fertilizzanti azotati – Privilegiare pratiche che riducano il vigore della pianta (ma possibilmente di controllo flessibile e che non siano troppo laboriose e quindi costose) – SFEp/Produzione $\geq 1,25$ (m ² /kg) – Possibilità di degemazione – Defogliazione intorno all'area immediatamente circostante l'uva dopo l'allegagione degli acini e/o la chiusura del grappolo
Da -0,2 a -0,4	Fioritura – Invaiaura	Moderato	Vigore controllato (crescita vegetativa e maturazione rallentate). Nessuna interruzione biometabolica	Favorevole	Regolare il carico in base alla superficie fogliare potenzialmente esposta
Da -0,4 a -0,6	Invaiaura – Maturità	Moderato – Severo	Pianta: la crescita vegetativa rallenta e/o si arresta; riduzione della fotosintesi; possibile ingiallimento delle foglie alla base. Bacche: riduzione della crescita; ridotto carico di zucchero negli acini, ma titolo alcolometrico potenziale finale favorevole; possibile stimolazione della biosintesi degli antociani; maturazione lenta senza grandi inibizioni; concentrazione di metaboliti nel bene; aumento del rapporto buccia/polpa	Favorevole	L'inerbimento deve essere gestito con attenzione (semina di specie secche in questo periodo dell'anno) – SFEp/Produzione $\geq 1,25$ (m ² /kg)
Meno di -0,6	Invaiaura – Maturità	Severo – Drastico	Arresto della crescita vegetativa e della maturazione; riduzione marcata della fotosintesi; blocco o rallentamento della maturazione delle bacche; rischio di disseccamento dei grappoli e caduta precoce delle foglie	Non favorevole	Irrigare (se possibile) per riportare il potenziale idrico in range ottimale; sospendere le lavorazioni che aumentano la perdita idrica; evitare defogliazioni; ridurre la competizione dell'inerbimento; monitorare attentamente lo stato idrico e lo sviluppo dei grappoli

È stata verificata una correlazione tra la percentuale di acqua disponibile nel suolo e il potenziale idrico Ψ_b , che è stata implementata nel **DSS Vintel®**, sistema di supporto alle decisioni utilizzato per seguire le prove di gestione del deficit idrico del vigneto durante i progetti Interreg Acquavitis e Irrigavit. Queste prove hanno permesso di capire come al di sotto del 50% della percentuale di acqua disponibile nel suolo questa relazione è molto forte ed è quindi possibile calcolare il fabbisogno di irrigazione del vigneto per mantenere un determinato livello di Ψ_b selezionato in relazione alla tipologia enologica che si intende produrre.

Nel calcolo del bilancio idrico vi sono diversi parametri che devono essere conosciuti, e tra questi la profondità delle radici assume un ruolo importante poiché determina il volume di suolo dal quale le viti attingono l'acqua. Nelle prove condotte in questi anni, è emerso chiaramente che primavere caratterizzate da abbondanti precipitazioni favoriscono uno sviluppo più superficiale delle nuove radici, mentre al contrario primavere siccitose obbligano le radici a scendere più in profondità.

La conoscenza di queste differenze tra un anno e un altro è difficile da misurare poiché le radici sono nascoste nel terreno. Nell'ambito dei due progetti Interreg sopra-citati, è stato esaminato il ciclo eco-idrologico di alcuni vigneti indagando la variazione della composizione isotopica dell'acqua per cercare di interpretare la stagione e quindi valutare l'assorbimento dell'acqua da parte della pianta.

Le prove di irrigazione condotte nei progetti Irrigavit e Acquavitis hanno evidenziato l'importanza di disporre di un sistema di supporto alle decisioni in grado di monitorare lo stato idrico delle viti e di fornire indicazioni di irrigazione mirate, utili a mantenere un livello di stress controllato. Le piante, infatti, reagiscono con adattamenti fisiologici diversi in base al livello di stress idrico. Nel caso della vite, è stato osservato che condizioni di stress moderato migliorano l'efficienza d'uso dell'acqua, limitano lo sviluppo vegetativo e riducono l'impronta idrica complessiva. Inoltre, queste condizioni stimolano risposte metaboliche che aumentano la sintesi di composti coinvolti nella qualità delle uve e dei vini, come polifenoli e aromi.

Opomba pri slovenskem prevodu:

Termin "vodni stres (stress idrico)" je splošen izraz, ki označuje vsakršno stanje, v katerem rastlini primanjkuje vode v celoti ali delno, ali pa se nahaja v stanju presežka vode. Sušni stres pa je posebna oblika vodnega stresa, ki nastane zaradi dolgotrajne suše in pomanjkanja padavin.

Nota:

Il termine "vodni stres (stress idrico)" è un'espressione generale che indica qualsiasi condizione in cui alla pianta manca l'acqua totalmente o in parte o si trova in una condizione di eccesso idrico. Mentre lo stress da siccità è una forma specifica di stress idrico che si verifica in seguito a una prolungata siccità e alla mancanza di precipitazioni

4 Gestione della risorsa idrica in viticoltura applicando il metodo isotopico

L'acqua è costituita da una miscela di molecole, che contengono diversi isotopi stabili di idrogeno e ossigeno (es. ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O , ^1H o prozio e ^2H o deuterio). Gli isotopi sono atomi che hanno lo stesso numero atomico, ma diverso numero di massa, in quanto hanno un diverso numero di neutroni.

La differenza di massa tra gli isotopi pesanti e quelli leggeri determina un comportamento chimico-fisico diverso durante i processi di cambiamento di fase. In particolare, durante l'**evaporazione**, le molecole contenenti isotopi leggeri (^1H , ^{16}O) passano preferenzialmente in fase di vapore, mentre durante la **condensazione** le molecole costituite dagli isotopi più pesanti (^2H , ^{18}O) tendono a transitare più facilmente in fase liquida (Sharp, 2017).

Questi meccanismi, chiamati **frazionamenti isotopici**, determinano una **variabilità stagionale e spaziale** nella composizione isotopica delle precipitazioni. In generale:

- in **inverno**, ad alta quota o con l'aumentare della distanza dal mare, si osservano valori più negativi di $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ (precipitazioni **impoverite** in isotopi pesanti);
- in **estate**, o in prossimità delle aree costiere, i valori risultano invece meno negativi (precipitazioni relativamente **arricchite** in isotopi pesanti).

Ne consegue che ogni evento meteorico risulta **unico** e caratterizzato da una propria **firma isotopica** distintiva, che sarà conservata nel tempo all'interno del profilo di suolo.

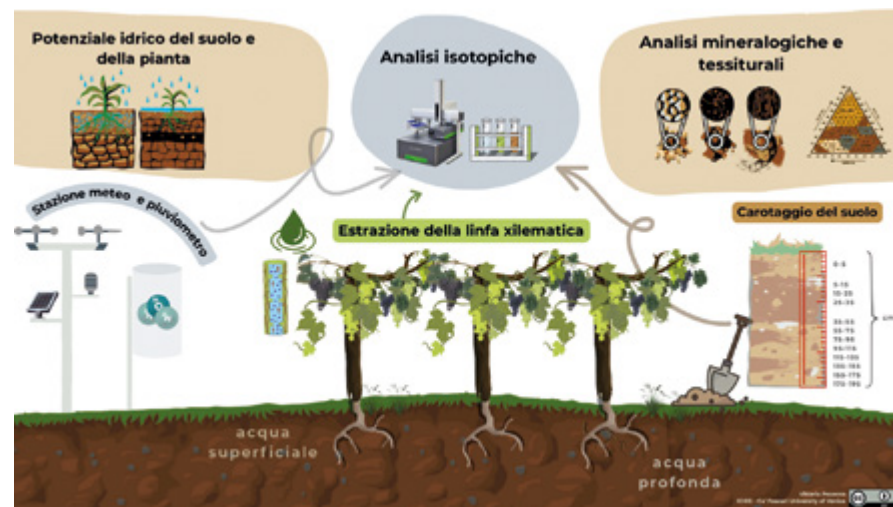


Figura 4: Linee guida del disegno sperimentale per la gestione della risorsa idrica applicando il metodo isotopico.

Nel dettaglio il suolo può essere considerato come un sistema stratificato soggetto a differenti tempi di ricarica idrica. Gli **strati superficiali** sono maggiormente esposti ai processi evaporativi e mostrano quindi una rapida variabilità isotopica dovuta sia all'evaporazione sia agli eventi di precipitazione più recenti. Al contrario, gli **strati profondi** trattengono l'acqua per tempi più lunghi, favorendo una progressiva miscelazione delle precipitazioni recenti con le precipitazioni pregresse e conservando una composizione isotopica vicina alla media ponderata annuale, che alle latitudini temperate vedrà le precipitazioni primaverili e autunnali, che producono maggiori accumuli, come più significative.

Queste dinamiche rendono possibile l'applicazione di un approccio eco-idrologico innovativo e a basso impatto ambientale, che utilizza gli isotopi stabili dell'ossigeno e dell'idrogeno come **traccianti naturali** per ricostruire il percorso dell'acqua nel **continuum suolo-pianta-atmosfera** (Scandellari e Penna 2018).

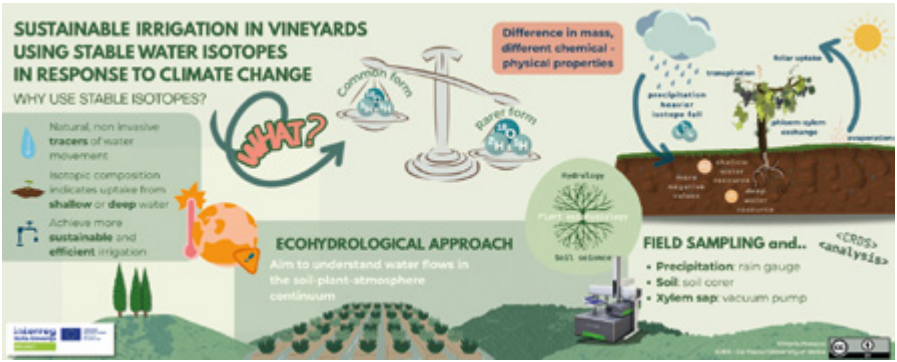


Figura 5: Gestione sostenibile dell'irrigazione nei vigneti attraverso l'impiego degli isotopi stabili dell'acqua in risposta ai cambiamenti climatici

Mediante questi **studi eco-idrologici** (pedologia, idrologia ed ecofisiologia vegetale) – è possibile:

- individuare a quali profondità del suolo le viti assorbono l'acqua nel corso della stagione;
- distinguere tra acqua di precipitazione recente e acqua accumulata in profondità nel suolo;
- analizzare la dinamica stagionale delle risorse idriche nel suolo;
- integrare dati isotopici, climatici e agronomici per sviluppare strategie irrigue più efficaci.

Nella pagina accanto
Tabella 2: specie di Graminacee utilizzate in viticoltura e loro caratteristiche specifiche.

5 Gestione del suolo

La gestione del suolo è una tematica che sempre più sta trovando interesse in agricoltura poiché ogni anno 32,5 miliardi di tonnellate di terreno vengono mediamente perse a causa dell'erosione. Oltre a questo, altri fattori quali la salinizzazione, il compattamento, l'acidificazione e l'inquinamento hanno contribuito a degradare, negli ultimi decenni, il 30% dei suoli lavorabili (Rapporto FAO/UNCCD). **La viticoltura in Europa rappresenta il comparto agricolo con le maggiori perdite per erosione di suolo**, che ammontano a oltre 10 t/ha per anno (JRC / ESDAC — Dataset e sommari su misure di campo ed hotspot) a causa dell'eccessiva antropizzazione del territorio e del mantenimento della coltura lungo ampi periodi di tempo, con modalità gestionali che favoriscono condizioni predisponenti a fenomeni negativi. Nel contesto viticolo, l'agricoltore può tentare di preservare e migliorare le caratteristiche dei propri terreni, attraverso diverse misure, quali l'apporto di ammendanti, la riduzione di lavorazioni pesanti del suolo o la gestione del manto erboso lungo l'interfilare. **L'inerbimento** limita le perdite del suolo poiché diminuisce la velocità del vento e la temperatura a livello superficiale, aumenta la sostanza organica e riduce l'intensità dell'effetto ruscellamento. La diminuzione della perdita di suolo e quindi della relativa sostanza organica, contribuisce a rallentare i fenomeni legati al cambiamento climatico, poiché riduce la quota di anidride carbonica rilasciata in atmosfera e mantiene la fertilità originale del suolo che si è formata in diverse migliaia di anni. Nella tabella sottostante (tabella 2) vengono riportati i servizi ecosistemici e i vantaggi possibili forniti dall'inerbimento rispetto alla lavorazione del suolo:

Complessità biologica	Aumento delle popolazioni microbiche utili e non (batteri, funghi, lombrichi, micorrize, artropodi). Aumento della biodiversità.
Erosione	Riduzione dei fenomeni erosivi nei vigneti di collina. Riduzione dell'effetto battente della pioggia. Aumento della velocità d'infiltrazione dell'acqua.
Caratteristiche fisiche del terreno	Maggiore stabilità degli aggregati e maggiore porosità degli strati superficiali del terreno. Maggiore portanza, riduzione del compattamento e della formazione di ormaie.
Caratteristiche chimiche del terreno	Aumento della sostanza organica. Miglioramento della distribuzione in profondità dei nutrienti P, K e Mg. Aumento della disponibilità nel terreno degli elementi nutritivi. Abbassamento del pH.
Disponibilità idrica per la vite	Aumento della competizione idrica con la vite. Aumento/Diminuzione del contenuto idrico del suolo in relazione alla sua tessitura.
Disponibilità nutrienti per la vite	Aumento della disponibilità di P e K, possibile diminuzione di N.
Comportamento delle viti	Riduzione della crescita dei germogli, chiome meno espanse e meno suscettibili agli attacchi parassitari. Riduzione della produzione. Aumento degli zuccheri, degli antociani e dei polifenoli. Possibile riduzione di APA nei mosti.

5.1 Inerbimento

Tra le diverse tipologie di inerbimento meritano menzione l'inerbimento spontaneo, il sovescio (o concimazione verde, *green manure*), e le colture di copertura (*cover crops*). Il sovescio è simile alle colture di copertura, ma differisce da quest'ultime poiché viene seminato con l'obiettivo di essere interrato entro un periodo limitato (meno di un anno), al fine di migliorare le proprietà fisiche, chimiche e biologiche del suolo. Le colture di copertura, invece, sono pensate per durare nel tempo e hanno lo scopo principale di prevenire o ridurre l'erosione del suolo. Nella pratica del vigneto non sempre è possibile impostare l'inerbimento desiderato: spesso la scelta rappresenta un compromesso tra gli obiettivi agronomici e le condizioni specifiche di campo. Per questo, la scelta tra sovescio e inerbimento perenne deve essere preceduta da un'analisi di fattibilità che consideri la competizione per acqua e nutrienti tra il cotico erboso e la coltura principale. In aree dove l'irrigazione è limitata o la fertilità del terreno è scarsa, il sovescio è in genere da preferire rispetto alle *cover crops*, in quanto la competizione maggiore si verifica in inverno e nelle fasi a cavallo del germogliamento. In questo periodo la vite ha un fabbisogno idrico basso, mentre le piogge sono abbondanti e l'evapotraspirazione è ridotta per via delle temperature contenute. Infine, è importante ricordare che il sovescio andrebbe praticato in zone dove le precipitazioni annue sono almeno di 450 mm, distribuite tra l'autunno e l'inverno.

5.2 Sovescio

La semina autunnale del sovescio rappresenta una pratica utile non solo per il miglioramento della fertilità del suolo, ma anche per una gestione più sostenibile delle risorse idriche. Può essere effettuata da ottobre a dicembre in funzione delle condizioni pedoclimatiche e delle specie o dei miscugli utilizzati. La scelta del momento di semina è determinante per garantire un adeguato sviluppo della biomassa, che incide positivamente sulla capacità del suolo di trattenere l'umidità, ridurre l'evaporazione e migliorare l'infiltrazione dell'acqua. Sebbene l'epoca di semina non influenzi direttamente la vite, le modalità e il momento di terminazione del sovescio hanno un impatto significativo sulla dinamica e sulla disponibilità dell'acqua nel terreno. Una terminazione inappropriata può determinare un'eccessiva competizione per l'acqua o, al contrario, una ridotta copertura del suolo, con conseguente aumento delle perdite per evaporazione. In genere, la **terminazione del sovescio** avviene tra maggio e giugno, prima della fioritura della maggior parte delle specie.

- Una **terminazione precoce** (inizio fioritura) comporta un materiale vegetale con minore contenuto di lignina, che si decompone più rapidamente e restituisce nutrienti in tempi brevi, migliorando la struttura del suolo e la capacità di infiltrazione.
- Una **terminazione tardiva** (post-fioritura) produce una maggiore quantità di sostanza secca, ma con decomposizione più lenta, utile in contesti dove si vuole mantenere più a lungo una copertura che riduca la perdita d'acqua per evaporazione.

Dopo la terminazione, il **sovescio viene interrato** generalmente a una profondità di 15–20 cm, corrispondente allo strato del suolo più attivo dal punto di vista microbiologico e con buona disponibilità di ossigeno. Questo favorisce una corretta decomposizione della biomassa e un miglior equilibrio idrico nel profilo del suolo. Per evitare l'azione di mineralizzazione provocata dalle alte temperature, è preferibile spostare l'interramento del sovescio in autunno, anche se una parte di questo andrà perso.

Il sovescio aiuta nella gestione del vigneto migliorando le proprietà chimiche, fisiche e biologiche del suolo e aumentando la biodiversità. Il suo ruolo nel bilancio idrico deve essere sempre tenuto in considerazione in quanto in primavera il sovescio si sviluppa velocemente e tende a competere con la vite per l'acqua e per i nutrienti presenti nel terreno, riducendo in alcuni casi la vigoria del vigneto. Una volta trinciato ed interrato contribuisce ad aumentare la sostanza organica e quindi la capacità di immagazzinamento idrico del terreno, che diventerà utile invece nei periodi di mancanza d'acqua per evitare stress idrici eccessivi e deleteri per la fisiologia delle piante e soprattutto per qualità delle uve.

5.3 Scelta delle essenze

Nella scelta delle specie da utilizzare per il sovescio o l'inerbimento, si fa riferimento principalmente a tre famiglie: **le Graminacee (*Poaceae*)**, **le Leguminose (*Fabaceae*)** e **le Brassicacee (*Brassicaceae*)**. L'utilizzo di specie di una o dell'altra famiglia ha degli effetti diversi poi sul sistema vigneto.

Graminaceae (*Poaceae*). Appartengono a questa famiglia molte specie rustiche, che presentano radici fascicolate, fibrose che possono raggiungere i 100 cm di profondità, e si adattano a diverse condizioni climatiche. Hanno un notevole sviluppo e quindi consentono di ottenere un notevole quantitativo di biomassa nel breve periodo, il che le rende molto competitive nei confronti delle infestanti massimizzando l'accumulo di carbonio nei propri tessuti vegetali. È necessario contenere la loro "fame di azoto" e le relative implicazioni che ne potrebbero derivare da una eccessiva competizione con la vite. L'elevato contenuto di lignina impedisce il rilascio veloce degli elementi minerali. Le specie utilizzate in viticoltura e le loro caratteristiche specifiche sono riportate nella tabella 3.

Specie	Nome comune	Durata	Qualità
Secale cereale	Segale	Annuale	Resiste molto bene ai freddi invernali, alla siccità ed è poco esigente in fatto di sostanze nutritive.
Triticosecale	Triticale	Annuale	Cereale apprezzato per la grande adattabilità e rusticità. Poco esigente, permette elevate produzioni di biomassa con costi contenuti.
Avena sativa	Avena sativa	Annuale	Fra tutti i cereali è quello che richiede più consumi idrici; pertanto, è molto suscettibile ai danni del caldo; si adatta a climi freschi e umidi ed è molto poco resistente al freddo; si adatta molto bene a qualsiasi tipo di terreno.
Avena strigosa	Avena strigosa	Annuale	Rapida copertura del terreno; elevata competizione con infestanti ed evita il dilavamento dei residui azotati.
Lolium multiflorum	Loietto	Annuale o Biennale	Elevato potenziale produttivo; ottima rapidità di insediamento; la varietà biennale ha marcata tolleranza alle temperature rigide.
Lolium perenne	Loietto perenne	> 3-4 anni	Rapidità di ricaccio; non ama i climi caldi e secchi; alta competitività primaverile.
Festuca arundinacea	Festuca	> 4-5 anni	Adatta a climi moderatamente freddo-umidi o freddo-aridi nonché alle regioni di transizione. Eccellente resistenza sia alle alte che alle basse temperature e ottima resistenza alla siccità. Specie d'ampia adattabilità, tollera la salinità del terreno, ristagni idrici ed i terreni compattati.
Festuca pratense		> 4.5 anni	Sopporta il freddo, la neve e le condizioni di terreno umido. Non ama le condizioni siccitose e le temperature elevate
Festuca rubra		> 3-4 anni	Specie di taglia contenuta che sopporta bene le condizioni siccitose e le alte temperature.

Tabella 3: Specie di Graminacee utilizzate in viticoltura e loro caratteristiche specifiche.

Leguminose (*Fabaceae*). Spesso sono caratterizzate da un apparato radicale fittonante che può aumentare l'infiltrazione dell'acqua nel terreno. Vengono impiegate principalmente per la loro abilità di fissare l'azoto atmosferico attraverso la simbiosi tra i batteri del genere *Rhizobium* e le radici. In suoli poveri, antropizzati e con scarsa biodiversità potrebbe essere utile applicare un inoculo di rizobi in concomitanza con la semina del sovescio per favorire la loro presenza nel terreno. La fissazione dell'azoto è influenzata oltre che dalla specie leguminosa, anche dalla concentrazione di azoto nel suolo. Infatti, la simbiosi e l'attività con i rizobi sono favorite solo con contenuti di azoto moderati; in caso contrario, la pianta tenderebbe ad utilizzare l'azoto già presente nel terreno. In terreni con livelli medio-elevati di azoto si può pensare di consociare le leguminose con le graminacee. Queste ultime, assorbendo notevoli quantità di azoto durante il loro sviluppo, competono con le leguminose per i nutrienti, stimolando l'attività dei rizobi. Le specie utilizzate in viticoltura e le loro caratteristiche specifiche sono riportate nella tabella 4.

Specie	Nome comune	Durata	Qualità
Vicia sativa	Veccia comune	Annuale	Grande capacità azotofissatrice, di copertura e di soppressione delle infestanti. Rustica e adattabile: cresce in terreni da leggeri ad argillosi, poco soggetti a ristagno idrico con pH compreso tra 5,5 e 8
Pisum sativum ssp.	Pisello proteico	Annuale	Pianta microterma che ha limitate esigenze di temperature per crescere e svilupparsi, rifugge dai forti calori e dalla siccità; accumula azoto durante l'inverno.
Trifolium alexandrinum	Trifoglio alessandrino	Annuale	Fra le leguminose annuali è la più resistente alla siccità, si adatta bene alle condizioni mediterranee; si adatta a vari tipi di terreno, ma predilige i terreni argillosi e alcalini; pH ottimale del terreno di coltivazione compreso fra 6 e 8
Trifolium incarnatum	Trifoglio incarnato	Annuale	Grande resistenza al freddo (fino a -20°C); adatto a terreni da sciolti ad argillosi, con pH del terreno compreso fra 5,5 e 7,5.
Trifolium subterraneum	Trifoglio sotterraneo	Annuale auto-seminante	Tipica da terreni acidi e da climi mediterranei caratterizzati da estati calde e asciutte e inverni umidi e miti; specie particolarmente eliofila e quindi assai sensibile all'ombreggiamento delle graminacee; importante fissazione di azoto.
Trifolium squarrosum Savi	Trifoglio squaroso	Annuale	Caratteristiche molto simili a quelle del trifoglio incarnato.
Vicia faba var. minor	Favino	Annuale	Ottima miglioratrice del terreno per l'elevata capacità azotofissatrice; presenta una certa sensibilità al freddo e modesta tolleranza alla siccità, per cui si presta meglio ad una semina autunnale (al Sud); possibile anche al nord, se in consociazione con un cereale o in sovesci multivarietal.
Medicago sativa	Erba medica	Perenne	Si adatta a tutte le condizioni pedoclimatiche, maggiore produttività nei terreni profondi, argillosi o di medio impasto (pH ottimale 6.5 – 8). Teme i ristagni idrici e i terreni acidi. Ottimo effetto di miglioramento della fertilità del suolo nelle rotazioni medio-lunghe.

Tabella 4: Specie di Leguminose utilizzate in viticoltura e loro caratteristiche specifiche.

Brassicacee (*Brassicaceae*). Queste piante sono contraddistinte da un'altra competitività dovuta ad una notevole produzione di biomassa e della produzione di glucosinolati, che vengono immagazzinati poi nei loro tessuti. L'idrolisi enzimatica dei glucosinolati produce dei composti biologicamente attivi ad azione biofumigante. Tali composti, la cui composizione varia in funzione delle specie, ritardano la germinazione dei semi, stressano lo sviluppo delle specie, e diminuiscono la presenza di patogeni nel terreno, senza influire in maniera eccessiva sul microbiota utile del suolo. L'idrolisi avviene successivamente alla rottura dei tessuti, e i composti attivi derivati dai glucosinolati non persistono per lungo tempo nel terreno; per sfruttare le loro proprietà sarebbe utile interrare immediatamente il sovescio, evitando di attendere la sua disidratazione in campo. Le brassicacee presentano inoltre radici fittonanti che possono penetrare in profondità nel terreno espletando un'importante azione decompattante. Le specie utilizzate in viticoltura e le loro caratteristiche specifiche sono riportate nella tabella 5.

Specie	Nome comune	Durata	Qualità
Sinapis alba cv. Braco	Senape bianca	Annuale	Ha effetto di soppressione dei nematodi quando il composto attivo viene rilasciato durante il processo di incorporazione da 60 a 75 giorni dopo la semina. Su alcuni nematodi rallenta e impedisce il completamento del ciclo vitale nelle radici.
Armoracia rusticana	Rafano	Perenne	Varietà a ciclo medio-precocce; buona resistenza al freddo; adatta come pianta trappola, poiché caratterizzato dalla doppia resistenza ai nematodi <i>Meloidogyne chitwoodi</i> , e <i>Heterodera</i> Sp.
Brassica napus	Colza	Annuale o Biennale	Dovrebbe essere preferibilmente stabilita su terreni argillosi con livelli di pH compresi tra 5,5 e 7; tutte le cultivar mantengono bassi i numeri di nematodi galligeni; da tenere presente che sono forti assimilatori di azoto.
Brassica campestris	Ravizzone	Annuale o Biennale	Buon effetto decompattante e strutturante; ottimo controllo delle infestanti e buona funzione mellifera; è raccomandato in agricoltura conservativa.
Eruca sativa cv. Nemat	Rucola (rocket)	Annuale	Coltura di rapida crescita, per tutto l'anno, con foglie che hanno un sapore speziato e pungente; più resistente alla siccità della senape; buona capacità di ricaccio dopo la sfalcatura (max 1 o 2 volte).
Brassica juncea	Senape indiana (indian mustard)	Annuale	Richiede una breve stagione di crescita, adeguata umidità del suolo e sufficienti livelli nutrizionali durante la stagione di crescita, particolarmente efficace se combinato con E. sativa.

Tabella 5: Specie di Brassicacee utilizzate in viticoltura e loro caratteristiche specifiche.



6. Accordo tra i partner e le linee guida

Alla luce dei risultati del progetto IRRIGAVIT e della strategia con le linee guida tecniche elaborate, i partner progettuali riconoscono l'importanza di applicare le seguenti strategie, tecniche e modelli, quali elementi centrali per l'attuazione dell'impegno post-progetto con tutti gli stakeholder coinvolti nel progetto che possono essere sintetizzate in:

1. **Applicazione del potenziale idrico fogliare come parametro principale per valutare lo stato idrico della vite e determinare l'irrigazione di soccorso.**
2. **Promozione di piattaforma IRRIGAVIT.EU e le tecnologie di remote sensing (multispettrali, iperspettrali, NDVI, GNDVI, PSSR) per il monitoraggio dello stress idrico e integrate con piattaforme GIS e strumenti DSS (come Vintel®).**
3. **Adozione di modelli di gestione idrica basati su fasi fenologiche della vite, per ottimizzare qualità e resa in base all'obiettivo enologico.**
4. **Gestione del suolo tramite pratiche di inerbimento e sovescio, che migliorano la ritenzione idrica, la fertilità del suolo e riducono l'erosione.**
5. **Selezione strategica delle essenze per il sovescio (graminacee, leguminose, brassicacee) secondo le condizioni pedoclimatiche e le necessità agronomiche, al fine di equilibrare disponibilità idrica e nutrienti.**



Racionalno namakanje in upravljanje tal v čezmejnem vinogradništvu

Smernice za trajnostno upravljanje vodnih virov v čezmejnih vinogradih

0. Uvod

Vinogradništvo na čezmejnem območju med Italijo in Slovenijo se vse pogostejše sooča s posledicami podnebnih sprememb. Ponavljajoče se suše, dolgotrajen vodni 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.

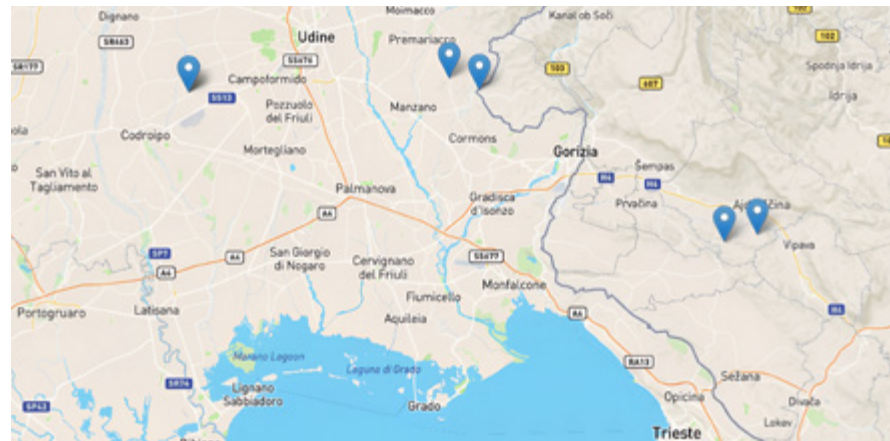
Projekt ima dva ključna cilja: **validacija in prilagoditev tehničnih strategij za optimizirano upravljanje z vodo ter oblikovanje novih skupnih**

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.

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 vodnimi obdobji, v katerih so rastline izpostavljene zelo močnemu vodnemu stresu. V zadnjih letih so bile razmere vodnega 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 vodnega 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 trte, 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 lista (MPa)			Vegetacijsko obdobje				Stopnja vodnega stresa
Ψ_b	Ψ_t	Ψ_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. Ψ_b = $\Psi_{pred\ zoro}$ = vodni potencial lista pred zoro (pred svitanjem); Ψ_t = $\Psi_{stebela}$ = vodni potencial stebela opoldne; Ψ_h = Ψ_{lista} = vodni potencial lista opoldne.

Vodni potencial se izraža v MPa z negativnimi vrednostmi. **Bolj kot je rastlina v vodnem stresu, nižje so vrednosti vodnega potenciala**. Ob zori, ko trta še ni v vodnem stresu, se listne reže postopoma odpirajo, kar povzroči izhlapevanje vode in posledično znižanje vodnega potenciala čez dan. Najbolj negativni vodni potencial lista opoldne (Ψ_h) trta doseže okoli poldneva, ko je vodni 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 ($\Psi_{pred\ zoro}$) 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 ($\Psi_{pred\ zoro}$ 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 ($\Psi_{pred\ zoro} \leq -0,6$ 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 vodni stres ($\Psi_{pred\ zoro}$ med -0,3 in -0,4 MPa) po oplodnji zmanjša velikost jagod in poveča končno koncentracijo polifenolov ter arom. V pogojih prekomernega vodnega stresa ($\Psi_{pred\ zoro} \leq -0,6$ 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 ($\Psi_{pred\ zoro}$ 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 vodnega stresa ($\Psi_{pred\ zoro}$ do -0,2 MPa) pridelamo manj koncentrirana vina z lahkim telesom in večjo kislino. Nasprotno pa v pogojih zelo hudega vodnega stresa ($\Psi_{pred\ zoro} < -0,8$ MPa) rdeča vina postanejo pretirano taninska, groba, trpka in alkoholna, medtem ko bela vina izgubijo velik del svojih arom. Pri zmernem vodnem stresu ($\Psi_{pred\ zoro}$ 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 ($\Psi_{pred\ zoro} > -0,4$ 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, debela 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 senzori 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, ko 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 / 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 vodnega stresa in vodnega statusa tal ter rastlin v realnem času. Platforma, strukturirana v štiri module – temperatura in podnebje, vodni 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 hitrejša 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.

Opomba pri slovenskem prevodu:

Termin "vodni stres (stress idrico)" je splošen izraz, ki označuje vsakršno stanje, v katerem rastlini primanjkuje vode v celoti ali delno, ali pa se nahaja v stanju presežka vode. Sušni stres pa je posebna oblika vodnega stresa, ki nastane zaradi dolgotrajne suše in pomanjkanja padavin.

Nota:

Il termine "vodni stres (stress idrico)" è un'espressione generale che indica qualsiasi condizione in cui alla pianta manca l'acqua totalmente o in parte o si trova in una condizione di eccesso idrico. Mentre lo stress da siccità è una forma specifica di stress idrico che si verifica in seguito a una prolungata siccità e alla mancanza di precipitazioni

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 vodni 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 vodni stres od nastanka jagod do »veraisona«, 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.



Ψ_b	Ψ_t	Ψ_h	Brstenje -cvetenje	Nastanek jagod -začetek zorenja	Zorenje -trgatev	Potrgatev	Stopnja vodnega stresa
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
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
Mladi vinogradi – Mlada, lahko 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

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. Ψ_b = Ψ pred zoro = vodni potencial lista pred zoro (pred svitanjem); Ψ_t = Ψ stebela = vodni potencial stebela opoldne; Ψ_h = Ψ lista = vodni potencial lista opoldne.

Vodni status vinske trte (Ψ_b , 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 izpostavljeno 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 izpostavljeno listno površino.
Od -0,4 do -0,6	Cvetenje – Začetek zorenja	Zmerno hud	Zmanjšana ali zavrta vegetativna rast in neenakomerna listna površina: rast jagod je zavrta; 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	Rastlina: vegetativna rast se upočasni in/ali ustavi; zmanjšana fotosinteza; možno rumenenje spodnjih listov. Jagode: 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).

Vodni status vinske trte (Ψ_b , MPa)	Fenološka faza	Stopnja vodnega stresa	Pričakovane posledice	Komentar	Priporočila za kmetijske prakse
Manj kot -0,6	Začetek zorenja - Zrelost	Hud - Zelo hud	Rastlina: vegetativna rast se ustavi; spodnji listi porumenijo in odpadejo; znatno zmanjšana fotosinteza. Jagode: 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 vodni stres.	Pokritost tal z rastlinami ni priporočljiva. SFEp / Pridelek $\geq 1,25$ (m ² /kg). Razmisliti o izvedbi zelene trgateve. 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 vodnega stresa, pričakovanih posledicah in predlaganih gojitvenih praksah.

V sklopu projekta je bila ugotovljena korelacija med odstotkom razpoložljive vode v tleh in vodnim potencialom $\Psi_{pred\ zoro'}$, 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 $\Psi_{pred\ zoro'}$ 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 vodne 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.

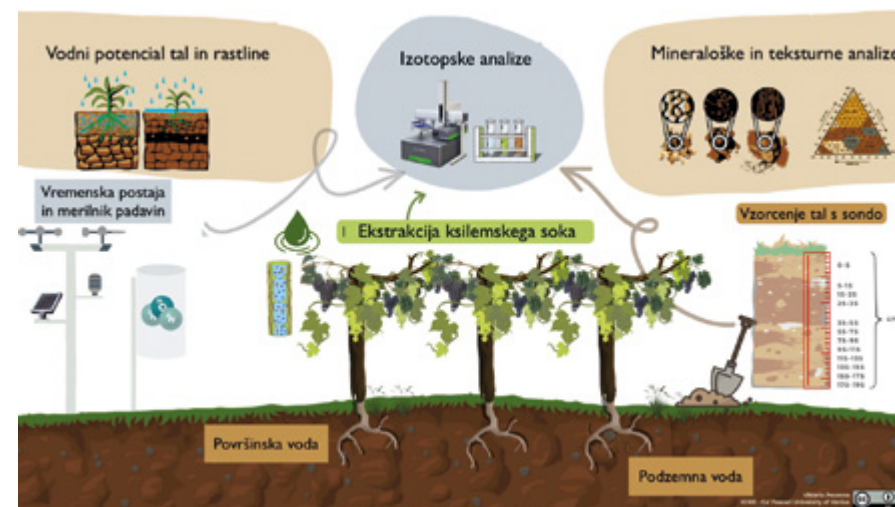
Poskusi namakanja, izvedeni v okviru projektov Irrigavit in Acquavitis, so poudarili pomen uporabe sistemov za podporo odločanju o namakanju, ki omogočajo spremljanje vodnega statusa trt ter nudijo ciljna priporočila za namakanje, s katerimi se ohranja nadzorovan nivo vodnega stresa. Rastline se namreč fiziološko prilagajajo glede na stopnjo vodnega stresa. Pri trti je bilo ugotovljeno, da zmerni vodni 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. ¹⁶O, ¹⁷O, ¹⁸O, ¹H oziroma vodik in ²H oziroma devterij). 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 (¹H, ¹⁶O) lažje prehajajo v plinasto fazo, medtem ko se med **kondenzacijo** molekule z večjim deležem težjih izotopov (²H, ¹⁸O) 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).

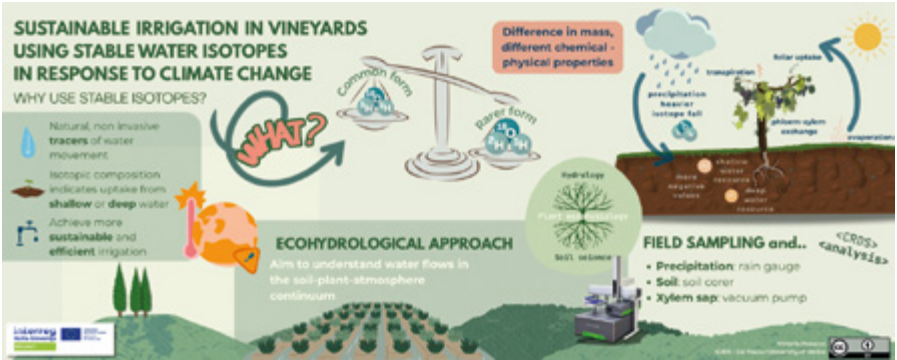
Posledično je **vsak padavinski dogodek edinstven in ima svojo značilno "podpisno" izotopsko sestavo**, ki se ohranja skozi čas v profilu tal.



Slika 4: Smernice za eksperimentalno zasnovu 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 tehtanemu 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:

Biološka kompleksnost	Povečanje populacij koristnih in drugih mikroorganizmov (bakterije, glive, deževniki, mikorize, členonožci). Povečanje biotske raznovrstnosti.
Erozija	Zmanjšanje erozijskih pojavov v vinogradih na nagibih. Zmanjšanje udarnega učinka dežja. Povečanje hitrosti infiltracije vode.
Fizikalne lastnosti tal	Večja stabilnost agregatov in večja poroznost površinskih plasti tal. Večja nosilnost, zmanjšanje zbijanja tal in nastajanja kolovozov.
Kemijske lastnosti tal	Povečanje vsebnosti organske snovi. Izboljšana vertikalna porazdelitev hranil (P, K, Mg). Povečana razpoložljivost hranil v tleh. Znižanje pH vrednosti.
Razpoložljivost vode za trto	Povečana konkurenca za vodo s trto. Povečanje/zmanjšanje vsebnosti vode v tleh, odvisno od teksture tal.
Razpoložljivost hranil za trto	Povečana razpoložljivost fosforja in kalija. Možno zmanjšanje razpoložljivosti dušika.
Odzivnost trt	Zmanjšana rast poganjkov, manj bujne zelene stene in manjša občutljivost na škodljive organizme. Zmanjšan pridelek grozdja. Povečana vsebnost sladkorjev, antocianinov in polifenolov 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 prezračenostjo. To spodbuja ustrezno razgradnjo biomase in boljše vodno ravnovesje v talnem profilu. Da bi se izognili prekomerni mineralizaciji zaradi visokih temperatur, je pri-

poročljivo 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 zmet in zadelan v tla, prispeva k povečanju organske snovi in s tem sposobnosti tal za zadrževanje vode, kar je izjemno pomembno v vodnih obdobjih – pomaga namreč preprečevati pretiran vodni 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
Secale Cereale	Rž	Enoletnica	Zelo dobro prenaša zimski mraz, sušo in je nezahtevna glede hranil.
Triticosecale	Tritikale	Enoletnica	Žito, cenjeno zaradi velike prilagodljivosti in trpežnosti. Malo zahtevno, omogoča visoke pridelke biomase z nizkimi stroški.
Avena Sativa	Oves navadni	Enoletnica	Med vsemi žiti zahteva največ vode; zato je zelo občutljiv na vročinski stres. Prilagojen hladnemu in vlažnemu podnebnju ter zelo slabo prenaša mraz. Zelo dobro uspeva na vseh tipih tal.
Avena Strigosa	Oves ščetinasti	Enoletnica	Hitro pokriva tla, močno tekmuje s plevli in preprečuje izpiranje dušikovih ostankov.
Lolium Multiflorum	Mnogocvetna ljujka (rajda) italijanska	Enoletnica ali dvoletnica	Visok proizvodni potencial, odlična hitrost vzpostavitve; dvoletne sorte dobro prenašajo nizke temperature.
Lolium Perenne	Rajda trajna	Več kot 3–4 leta	Hitra obnovitev po košnji; ne mara toplega in suhega podnebnja; visoka konkurenčnost spomladi.
Festuca Arundinacea	Trstikasta bilnica	Več kot 4–5 let	Primerna za zmerno hladno–vlažno ali hladno–suha klimatska območja ter prehodna območja. Odlična odpornost na visoke in nizke temperature ter zelo dobra odpornost na sušo. Vrsta se dobro prilagaja, prenaša slanost tal, zastoje vode in zbita tla.
Festuca Pratense	Travniška bilnica	Več kot 4,5 let	Prenaša mraz, sneg in vlažna tla. Ne prenaša vodnih razmer in visokih temperatur.
Festuca Rubra	Rdeča bilnica	Več kot 3–4 let	Nizka rastlina, ki dobro prenaša vodne razmere in 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
Vicia Sativa	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.
Pisum Sativum Ssp.	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.
Trifolium Alexandrinum	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.
Trifolium Incarnatum	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.
Trifolium Subterraneum	Podzemna detelja	Samosejna enoletnica	Značilna za kisl 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.
Trifolium Squarrosus Savi	Ščetinasta detelja	Enoletnica	Značilnosti so zelo podobne rdeči detelji.
Vicia Faba Var. Minor	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.
Medicago Sativa	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 dolgi 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
Sinapis Alba Cv. Braco	Bela gorčica	Enoletnica	Učinkovito zatira nematode (ogorčice), ko se aktivna spojina sprosti med zakopavanjem 60-75 dni po setvi. Pri nekaterih ogorčicah upočasnjuje in prepreči zaključek življenjskega cikla v koreninah.
Armoracia Rusticana	Hren	Večletnica	Srednje zgodnja sorta; dobra odpornost na mraz; primerna kot pasna rastlina zaradi dvojne odpornosti na ogorčice Meloidogyne chitwoodi in Heterodera spp.
Brassica Napus	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.
Brassica Campestris	Repica	Enoletnica ali dvoletnica	Dobro vpliva na zrahljanje in strukturo tal; odlično zatiranje plevela in dobra medonosna funkcija; priporočljiva pri trajnem kmetijstvu.
Eruca Sativa Cv. Nemat	Rukola (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).
Brassica Juncea	Indijska gorčica	Enoletnica	Zahteva kratko rastno dobo, ustrezno vlažnost tal in zadostno količino hranil v rastni sezoni; še posebej učinkovita v kombinaciji z E. sativa.

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 vodnega 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.**

Il progetto IRRIGAVIT è co-finanziato dall'Unione europea
nell'ambito del Programma Interreg VI-A Italia-Slovenia 2021-2027.

Projekt IRRIGAVIT sofinancira Evropska unija
v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija 2021-2027.



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI UDINE**
hic sunt futura



Università
Ca' Foscari
Venezia



Kmetijski inštitut Slovenije
Agricultural Institute of Slovenia



GEODETSKI INŠTITUT SLOVENIJE



Consorzio tutela vini
**Friuli Colli Orientali
e Ramandolo**



IRITA - Istituto Regionale per lo Sviluppo Agrario
Regijska razvojna agencija d.o.o. Nova Gorica



irrigavituniud@gmail.com



[IrrigavitAcquavitis](#)



ita-slo.eu/irrigavit



[irrigavit.acquavitis.project](#)



linktr.ee/irrigavit.acquavitis



[irrigavit](#)



[irrigavitacquavitis2](#)

www.irrigavit.eu