

IRRIGAVIT - Irrigazione razionale e gestione del suolo in viticoltura transfrontaliera

IRRIGAVIT - Racionalno namakanje in upravljanje tal v čezmejnem vinogradništvu

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

O 4.1. Optimizacija strategij upravljanja z vodnimi viri v vinogradu



Numero progetto/ Projektna številka	ITA-SI0100043
Acronimo/ Akronim	IRRIGAVIT
Titolo Progetto/ Projektni naslov	Irrigazione razionale e gestione del suolo in viticoltura transfrontaliera / Racionalno namakanje in upravljanje tal v čezmejnem vinogradništvu
Budget totale/ celotni znesek	€ 617.325,98
Di cui Fondo europeo di sviluppo regionale (FESR)/ od tega Evropski sklad za regionalni razvoj (ESRR)	€ 493.860,78
Durata/ Trajanje	01/10/2023 – 31/12/2025
WP e attività/ DP in dejavnost	WP 4
Titolo Deliverable/ Naslov Dosežka	O 4.1. Ottimizzazione di strategie di gestione della risorsa idrica in vigneto O 4.1. Optimizacija strategij upravljanja z vodnimi viri v vinogradu
WP leader / DP vodja	UNIUD
Autori/ Avtorji	Paolo Sivilotti, Filippo Maria Sanna, Mirko Sodini, Klemen Lisjak, Andreja Vanzo, Marko Zore, Barbara Stenni, Vittoria Posocco, Mauro Masiol, Mirco Peschiutta, Giuliano Drossi, Mariano Paladin, Patricija Muzlovic, Mojca Mavrič Štrukelj, Tamara Rusjan, Nataša Jakopič
Giorno di consegna/ Dan izdaje	13/11/2025
Status/ Status	Versione Finale/ Končna verzija
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)	

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 podporo 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.

Sommario

1 Cambiamento climatico e deficit idrico	5
2 Monitoraggio dello stato idrico	6
3 Strategie di gestione dello stress idrico in funzione dell'obiettivo enologico	9
4 Gestione della risorsa idrica in viticoltura applicando il metodo isotopico	13
5 Gestione del suolo	15
5.1 Inerbimento	16
5.2 Sovescio	16
5.3 Scelta delle essenze	17
6 Accordo tra i partner e le linee guida	21

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 a 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).

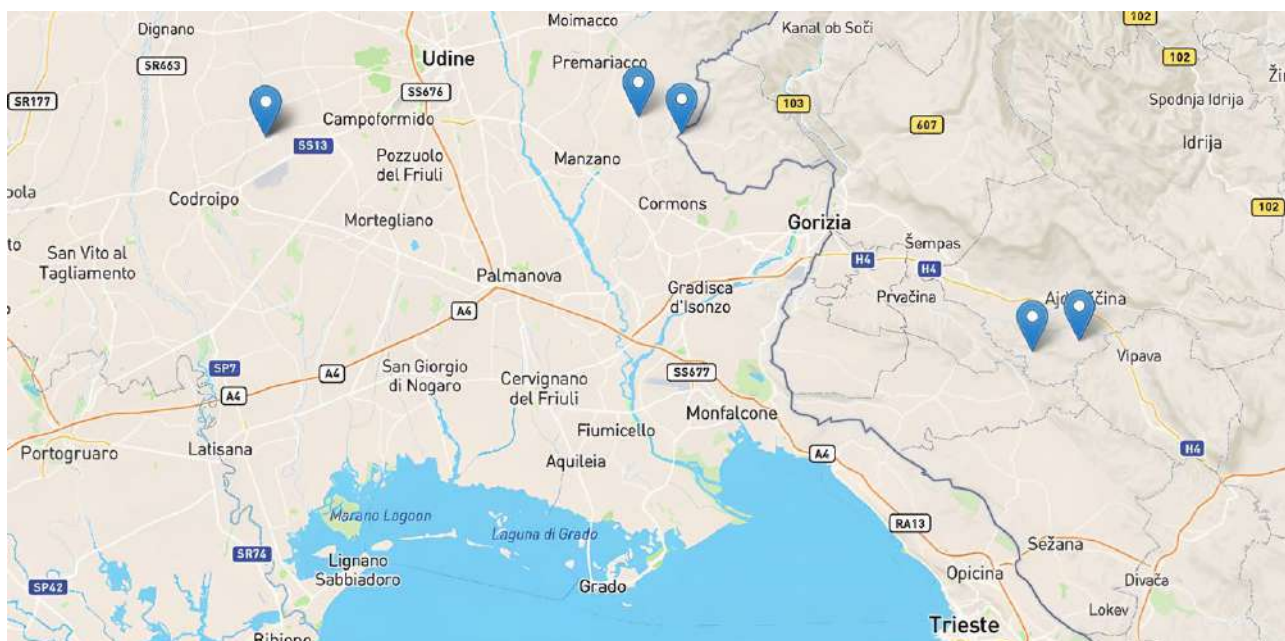


Figura 1: mappa dei vigneti nell'area transfrontaliera Italia-Slovenia, ovvero le zone del Litorale e del Friuli della Regione Giulia, più precisamente la Valle del Vipacco, Brda e Colli Orientali del Friuli (Fonte: Irrigavit.eu)

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	
$0 > \psi \geq -0,2$	$0 > \psi \geq -0,5$	$0 > \psi \geq -0,8$					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 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'invaiaura, 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 invaiatura 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 otterranno 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.

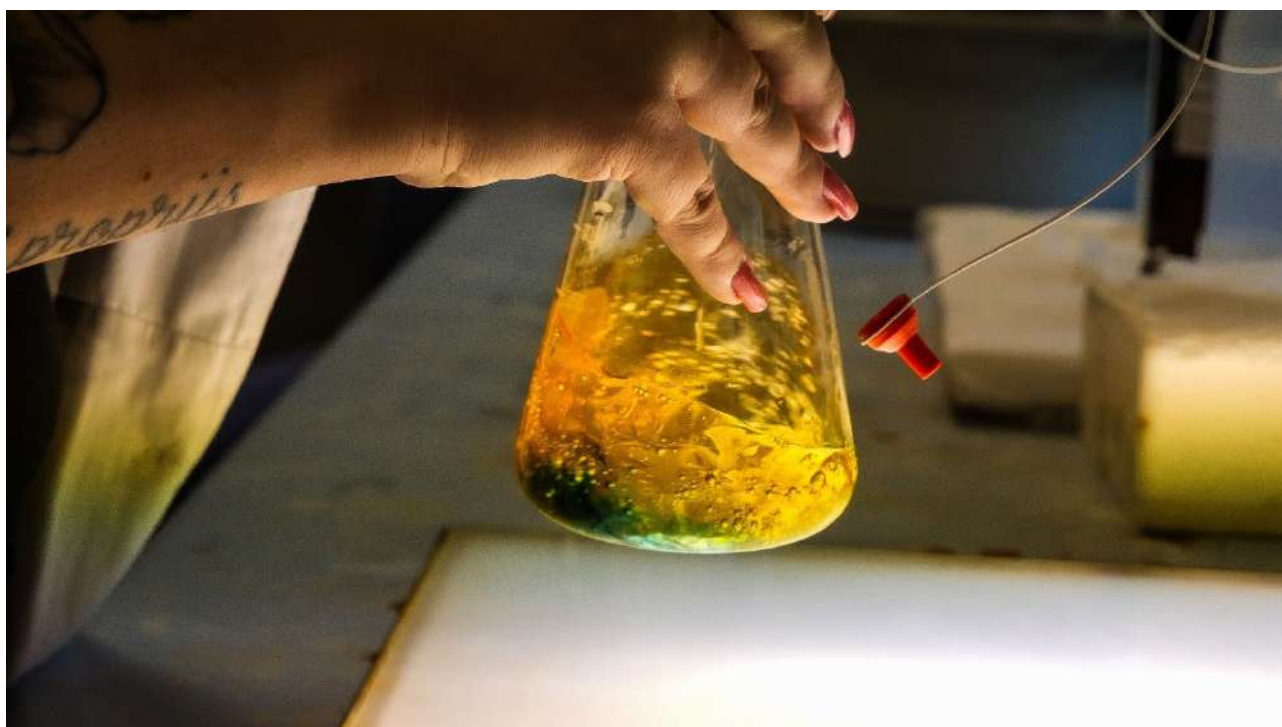
La piattaforma bilingue Acquavitis, che adesso contiene anche i dati del progetto **Irrigavit** (www.acquavitis.eu / www.irrigavit.eu), sviluppata grazie al contributo del Programma Interreg Italia-Slovenia, rappresenta un esempio concreto di come le tecnologie digitali possano supportare la gestione 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.



Potenziale idrico fogliare (MPa)			Periodo vegetativo				Livello di stress
Ψ_b	Ψ_t	Ψ_h	Germogliamento - Fioritura	Allegagione - Invaiaura	Maturazione - Raccolta	Post-raccolta	
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.

Stato idrico della vite (Ψ_b , MPa)	Stato fenologico	Livello di stress idrico	Conseguenze attese	Commento	Raccomandazioni per pratiche culturali
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 degemmazione – 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 – Invaiaitura	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	Invaiaitura – 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	Invaiaitura – 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

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

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.

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.

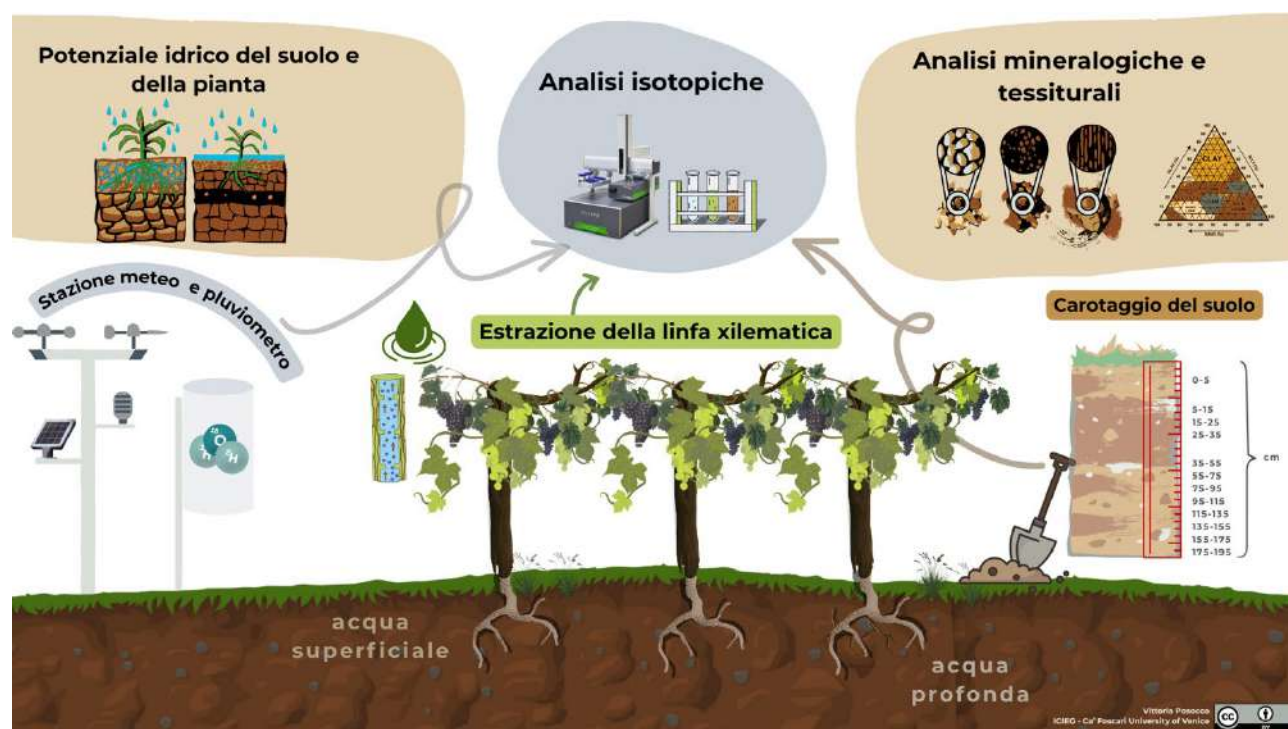


Figura 4: Linee guida del disegno sperimentale per la gestione della risorsa idrica applicando il metodo isotopico.

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).

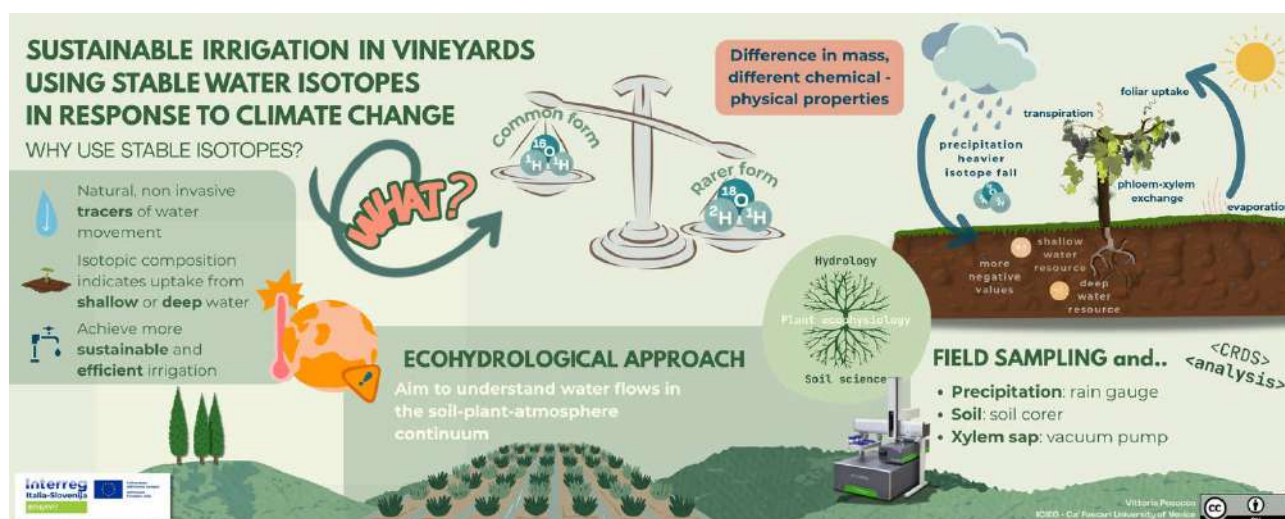


Figura 5: Gestione sostenibile dell'irrigazione nei vigneti attraverso l'impiego degli isotopi stabili dell'acqua in risposta ai cambiamenti climatici

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.

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.

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

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
<i>Secale cereale</i>	Segale	Annuale	Resiste molto bene ai freddi invernali, alla siccità ed è poco esigente in fatto di sostanze nutritive.

<i>Triticosecale</i>	Triticale	Annuale	Cereale apprezzato per la grande adattabilità e rusticità. Poco esigente, permette elevate produzioni di biomassa con costi contenuti.
<i>Avena sativa</i>	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.
<i>Avena strigosa</i>	Avena strigosa	Annuale	Rapida copertura del terreno; elevata competizione con infestanti ed evita il dilavamento dei residui azotati.
<i>Lolium multiflorum</i>	Loietto	Annuale o Biennale	Elevato potenziale produttivo; ottima rapidità di insediamento; la varietà biennale ha marcata tolleranza alle temperature rigide.
<i>Lolium perenne</i>	Loietto perenne	> 3-4 anni	Rapidità di ricaccio; non ama i climi caldi e secchi; alta competitività primaverile.
<i>Festuca arundinacea</i>	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.
<i>Festuca pratense</i>		> 4.5 anni	Sopporta il freddo, la neve e le condizioni di terreno umido. Non ama le condizioni siccitose e le temperature elevate
<i>Festuca rubra</i>		> 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
<i>Vicia sativa</i>	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
<i>Pisum sativum ssp.</i>	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.
<i>Trifolium alexandrinum</i>	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
<i>Trifolium incarnatum</i>	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.
<i>Trifolium subterraneum</i>	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.
<i>Trifolium squarrosum Savi</i>	Trifoglio squaroso	Annuale	Caratteristiche molto simili a quelle del trifoglio incarnato.
<i>Vicia faba var. minor</i>	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 multivariati.
<i>Medicago sativa</i>	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
<i>Sinapis alba</i> <i>cv. Braco</i>	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.
<i>Armoracia rusticana</i>	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.
<i>Brassica napus</i>	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.
<i>Brassica campestris</i>	Ravizzone	Annuale o Biennale	Buon effetto decompattante e strutturante; ottimo controllo delle infestanti e buona funzione mellifera; è raccomandato in agricoltura conservativa.
<i>Eruca sativa</i> <i>cv. Nemat</i>	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).
<i>Brassica juncea</i>	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 <i>E. sativa</i> .

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.**