



PROGETTAZIONE DEI SISTEMI  
DI IRRIGAZIONE E IMPORTANZA  
DELLE PREVISIONI METEO

## Irrigazione del nocciolo

MANUALE TECNICO

*Tutti i diritti, i titoli e gli interessi relativi a questo documento appartengono e sono di esclusiva proprietà del Gruppo Ferrero. Questo documento è stato redatto in un contesto educativo ed è destinato esclusivamente a scopi informativi.*

*Il Gruppo Ferrero non rilascia alcuna dichiarazione o garanzia in merito all'accuratezza, all'applicabilità, all'idoneità agli scopi, alla completezza del contenuto e non garantisce alcun risultato derivante dalla sua applicazione. In nessun caso il Gruppo Ferrero potrà essere ritenuto responsabile per eventuali perdite o danni di qualsiasi natura derivanti dall'uso delle informazioni qui fornite.*

Diritti d'autore riservati - La divulgazione del presente documento non è consentita salvo espressa autorizzazione del Gruppo Ferrero

# Indice

## I. INTRODUZIONE

<b>1.1 Irrigazione sostenibile nell'era del cambiamento climatico</b>	5
---	---

## II. ACQUA PER L'IRRIGAZIONE

<b>2.1 Disponibilità di acque sotterranee e superficiali</b>	7
<b>2.2 Caratteristiche fisiche e chimiche</b>	8
<b>2.3 Trattamenti delle acque</b>	11
<b>2.3.1 Fisici</b>	11
<b>2.3.2 Chimici</b>	12

## III. TIPI DI SUOLO PER LA COLTIVAZIONE DEL NOCCIOLO

<b>3.1 Tipi di terreno per la coltivazione del nocciolo e irrigazione</b>	15
<b>3.1.1 Idoneità del terreno</b>	15
<b>3.2 Idraulica del suolo</b>	16
<b>3.2.1 Infiltrazione</b>	16
<b>3.2.2 Idrologia del suolo</b>	17

## IV. FABBISOGNO IDRICO DEL NOCCIOLO

<b>4.1 Calcolo del fabbisogno idrico del nocciolo durante la stagione</b>	21
<b>4.1.1 Precipitazioni lorde</b>	21
<b>4.1.2 Precipitazioni effettive</b>	23
<b>4.1.3 Fabbisogno idrico per l'irrigazione</b>	23
<b>4.1.4 Evapotraspirazione</b>	23
<b>4.1.5 Coefficiente colturale (Kc)</b>	24

## V. SISTEMI DI IRRIGAZIONE PER I CORILETI

<b>5.1. Progettazione del sistema di irrigazione</b>	27
<b>5.2. Tipi di irrigazione</b>	29
<b>5.2.1. Irrigazione a goccia superficiale</b>	29
<b>5.2.2. Irrigazione a goccia interrata (SDI)</b>	31
<b>5.2.3. Microirrigazione</b>	35

<b>5.3 Elementi dell'impianto di irrigazione</b>	36
<b>5.3.1 Condotte</b>	36
<b>5.3.2 Pompe</b>	39
<b>5.3.3 Filtri</b>	40
<b>5.3.4 Ali gocciolanti</b>	46
<b>5.3.5 Gocciolatori</b>	51
<b>5.3.6 Valvole</b>	54
<b>5.3.7 Accessori</b>	56

## VI. FERTIRRIGAZIONE

<b>6.1 Principi di fertirrigazione</b>	59
--	----

## VII. GESTIONE E MANUTENZIONE DELL'IMPIANTO DI IRRIGAZIONE

<b>7.1 Uniformità di distribuzione (DU)</b>	63
<b>7.2 Bilancio idrico</b>	64
<b>7.3 Sensori</b>	65
<b>7.4 Manutenzione</b>	67

## VIII. AUTOMAZIONE DEL MONITORAGGIO DEL CORILETO

<b>8.1 L'approccio SCADA all'economia idrica</b>	71
Panoramica	71
Applicazione SCADA per il controllo dell'irrigazione e della fertirrigazione	71
<b>Riferimenti</b>	74

# INTRODUZIONE



La presente linea guida fornisce le basi per progettare e mantenere un sistema di irrigazione sostenibile dal punto di vista ambientale, che ottimizzi l'utilizzo dell'acqua e consenta di anticipare le variazioni climatiche che potrebbero modificare la disponibilità idrica e quindi influire sulla produzione di nocciole.

## 1.1 IRRIGAZIONE SOSTENIBILE NELL'ERA DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Il sistema di irrigazione del corileto deve essere in grado di fornire acqua a sufficienza durante il periodo di massimo fabbisogno idrico. La disponibilità di risorse idriche in termini di quantità, qualità e durata nel tempo deve essere stimata in anticipo tenendo conto dei parametri riportati nell'Appendice 1.

La maggior parte dell'apparato radicale del nocciolo si sviluppa nei primi 50 cm di terreno. Lo sviluppo delle radici dipende dalla struttura e dalla fertilità del suolo. Maggiore è lo sviluppo delle radici, maggiore è la disponibilità di acqua e sostanze nutritive.

Il fabbisogno idrico dei nocciolati è correlato all'età e alla dimensione della chioma delle piante, ma dipende anche dalla gestione del suolo; ad esempio, un interfila inerbito richiederà maggiori apporti idrici. Il periodo di maggiore fabbisogno idrico va dalla fase di fecondazione dell'ovario (metà primavera) alla maturazione delle nocciole (metà estate). Lo stress idrico durante questo periodo può ridurre significativamente la resa e la qualità. Un grave deficit idrico potrebbe avere ripercussioni anche sulla stagione successiva, anche se fossero ripristinate le condizioni irrigue ottimali.

Il sistema di irrigazione deve essere progettato fin dalla fase di impianto del corileto. L'irrigazione a goccia in superficie e sotterranea e, in una certa misura, la microirrigazione, sono le tecniche di applicazione dell'acqua più comuni per la coltivazione del nocciolo in tutto il mondo. Qualunque sia la scelta preliminare, è importante considerare tutti gli aspetti che caratterizzano l'ambiente in cui si trova il corileto, in particolare il suolo e il clima, al fine di selezionare la strategia di irrigazione più adatta che consentirà di irrigare e fertilizzare correttamente il nocciolato per tutta la sua vita economica. In media, l'installazione di un sistema di irrigazione costa tra i 3.000 e i 6.000 €/ettaro. Se sottoposti a una corretta manutenzione, i sistemi di irrigazione possono avere una durata di vent'anni.

# ACQUA PER L'IRRIGAZIONE



## 2.1 DISPONIBILITÀ DI ACQUE SOTTERRANEE E SUPERFICIALI

Prima di installare un sistema di irrigazione, è necessario verificare la disponibilità di acqua. La verifica consiste nell'analisi chimico-fisica e nella valutazione della disponibilità della risorsa durante la vita economica del frutteto.

È quindi importante disporre di una relazione idrogeologica se si desidera accedere alle acque sotterranee o prelevare risorse da corpi idrici superficiali. Ciò non si applica solitamente nel caso di bacini privati.

In generale, le falde acquifere profonde (artesiane) sono preferibili a quelle superficiali (acque sotterranee) per la portata maggiore e costante e per la migliore qualità dell'acqua.

È comune che uno o più pozzi siano associati a un serbatoio per avere portate maggiori in determinate fasi della stagione (ad esempio nel periodo di picco). Le misurazioni della portata del pozzo vengono effettuate da chi scava il pozzo e devono essere verificate periodicamente per evitare che il livello dinamico si abbassi più del previsto. Se il livello idrico dinamico scende molto, è più facile che l'acqua contenga particelle di terreno (minerali) che possono essere dannose per la pompa, causando l'intasamento dei filtri e degli erogatori. Il rischio che la pompa rimanga a secco è molto basso grazie alla presenza di sensori di livello e dispositivi di sicurezza. Le principali caratteristiche delle acque irrigue sono riportate in *Tabella 1*.

Tabella 1 - Effetti della qualità dell'acqua sull'ambiente irriguo.

Componente del sistema	Caratteristiche dell'acqua	Tipo di rischio	Effetti
Coltura	Salinità	Stress idrico	Riduzione della produzione
	Na, Cl, B N-NO <sub>3</sub> , metalli pesanti	Tossicità	Riduzione della produzione Macchie e necrosi su foglie e frutti
Suolo	Solidi sospesi	Residui sulla vegetazione	Deprezzamento estetico
	Na, Ca, Mg, contenuto di sale, pH	Alcalinizzazione	Deterioramento della struttura del suolo, riduzione del tasso di infiltrazione dell'acqua
Agricoltore, consumatore	Cl, metalli pesanti	Cambiamenti nella microflora	Diminuzione della produttività, sterilizzazione tossicità
	Na, Ca, Mg, contenuto di sale, pH	Cambiamenti nella microflora	Diminuzione della produttività, sterilizzazione
Corpi idrici	Microrganismi patogeni	Contaminazione	Tossicità
	Composti azotati e fosforici	Contaminazione	Patologie infettive
Sistema di irrigazione	Metalli pesanti, microrganismi patogeni, prodotti sintetici	Inquinamento	Rischio tossico e infettivo per l'uomo e gli animali
	Sabbia	Danni alla pompa	Abrasioni
	Solidi sospesi, bicarbonati, Fe, S, Mn	Scarsa uniformità di distribuzione, costi elevati per il trattamento dell'acqua	Occlusioni dei gocciolatori

## 2.2 CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE

Le impurità presenti in soluzione o in sospensione determinano la qualità dell'acqua. Se l'acqua sia idonea o meno per l'irrigazione dipende dal clima, dal tipo di terreno, dalle colture e dalla profondità dalla quale viene prelevata. Qualunque sia la composizione dell'acqua, la sua idoneità all'irrigazione viene valutata in base alle direttive specifiche sulla qualità e alle classi di tolleranza per le diverse colture. Le direttive indicano il grado di problematicità dei singoli componenti, da assente a grave. I gruppi di tolleranza classificano le colture da sensibili a tolleranti. Sulla base di questo approccio, l'idoneità all'irrigazione è classificata in quattro classi (Tabella 2). L'acqua di classe 1 è ottimale (grado di problema: nessuno), la classe 2 è adatta a colture sensibili come il nocciolo, la classe 3 è per colture semi-tolleranti e leggermente sensibili, la classe 4 è per colture tolleranti.

Tabella 2 - Linee guida per valutare l'idoneità dell'acqua per l'irrigazione.

Componenti della qualità dell'acqua	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Salinità (conduttività elettrica - EC) (dS/m)	0-0.4	0.4-0.9	0.9-2.7	2.7-5.4
Salinità (conduttività elettrica - EC) (dS/m)	0-1.5	1.5-3.0	3.0-5.0	5.0- 10.0
Sodicità (SAR)	0-0.2	0.2-0.9	0.9-1.5	1.5-3.0
Boro (mg/l)	0-105	105-140	140-350	>350
Cloruro (Cl) (mg/l)	0-70	70-115	115-160	160-200
Sodio (Na) (mg/l)	0-5	5-30	>30	
Azoto ((mg/l come N)	< 0.05	0.05-5	5-10	10-20
Manganese (Mn) (mg/l)	<0.05	0.05-0.2	0.2-5	5-10
pH (range accettabile)	6.5-8.4			

I valori di pH compresi tra 6,5 e 8,4 sono generalmente accettabili per la coltivazione delle piante. A differenza del suolo, il pH dell'acqua di irrigazione non è normalmente considerato critico grazie alla capacità tampone del suolo e all'ampia gamma di valori di pH che le colture sono in grado di tollerare. Tuttavia, in presenza di valori di pH molto elevati o molto bassi, è necessario indagare su possibili cause diverse dall'acqua di irrigazione.

Sebbene il valore EC fornisca un'indicazione del grado di salinità dell'acqua, non indica quali ioni sono presenti e in quale concentrazione. La relazione tra EC e salinità dell'acqua di irrigazione, la tolleranza delle colture ai vari livelli di salinità e i possibili sintomi di eccessiva salinità che si verificano nelle colture irrigate con tale acqua sono riportati nella Tabella 3. Il nocciolo è sensibile alla salinità, per cui il livello di questo parametro non deve superare 0,75 dS/m.

Tabella 3 - Linee guida per valutare l'idoneità dell'acqua per l'irrigazione.

EC (dS/m)	Salinità dell'acqua di irrigazione	Colture tolleranti	Sintomi di eccessiva salinità nelle colture irrigate
<0.5	Da basso a molto basso	Tutte	Non applicabile
0.5-0.75	Media	Le colture sensibili saranno influenzate. L'irrigazione dei terreni causa pochi problemi	Bruciature sui bordi delle foglie e perdita di foglie, specialmente dove le foglie delle colture sono bagnate
0.75-3.0	Elevato	Un numero crescente di colture mostra una riduzione della crescita	Bruciatura delle foglie e infine appassimento delle colture con l'aumento della EC
>3.0	Molto elevato	Non adatto all'irrigazione, ad eccezione delle colture tolleranti coltivate in terreni sabbiosi con ottimo drenaggio	Nella maggior parte dei casi la coltivazione non è possibile

### L'effetto della qualità dell'acqua sulle attrezzature per l'irrigazione

L'acqua di irrigazione con alto contenuto in sali potrebbe essere corrosiva, e quindi può ridurre la durata delle tubazioni e delle attrezzature per l'irrigazione, mentre l'acqua soggetta a sedimentazione può ridurre la portata a causa dell'ostruzione totale o parziale dei gocciolatori. Ciò può a sua volta causare una distribuzione non uniforme dell'acqua, con conseguente perdita di resa.

Un'analisi dell'acqua secondo le linee guida può essere utile per individuare tempestivamente problemi quali ostruzioni, corrosione e sedimentazione (Tabella 4).

Tabella 4 - Agenti fisici, chimici e biologici che possono causare l'ostruzione dei gocciolatori.

Fisici	Chimici	Microbiologici
Materiali inorganici Sabbia (50-250 µm) Limo (2-50 µm) Argilla (<2 µm)	Metalli pesanti alcalini Cationi calcio magnesio ferro manganese	Alghe Batteri filamentosi Attività microbiologiche Ferro manganese Solfati
Materiali organici Piante acquatiche Fitoplancton Alghe Animali acquatici Zooplancton Lumache Batteri (0,4-2 µm) Triturati di tubi di plastica Olio	Anioni carbonati idrossidi silicati solfuri Fertilizzanti ammoniaca ferro rame zinco manganese fosfato	

L'ostruzione dei gocciolatori è causata principalmente dai seguenti fattori:

- Fisici: l'ostruzione è causata da solidi in sospensione. Le particelle molto fini tendono a rimanere in sospensione, ma possono flocculare in punti in cui la velocità dell'acqua è bassa o la turbolenza dell'acqua diminuisce (Figura 1).

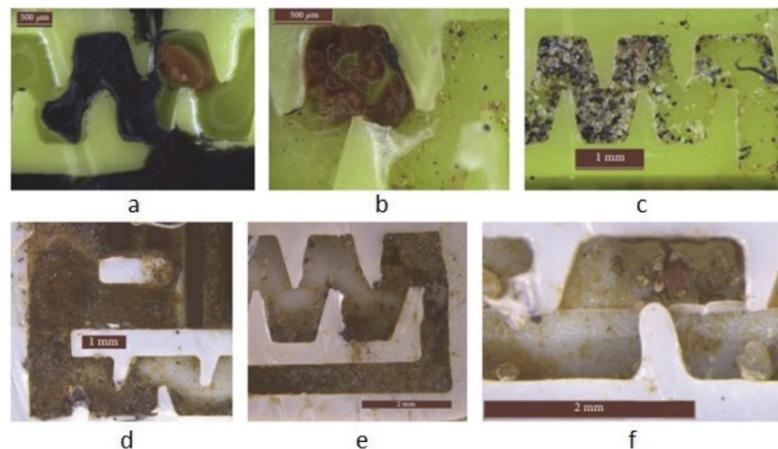


Figura 1 - Ostruzione del percorso del flusso a causa dell'aggregazione di particelle fini nei gocciolatori (a) e (b). Deposito di particelle grandi in (c). Deposito di particelle all'ingresso del labirinto e nell'angolo in (d) ed (e). Deposito dovuto a imperfezioni del gocciolatore in (f) (Da: Lavanholi et al., 2018, modif.).

- Chimici: i blocchi possono verificarsi a causa di una reazione chimica nell'acqua, che provoca un deposito, solitamente dovuto alla presenza di carbonati di calcio e magnesio (Figura 2), solfuri di ferro e magnesio o ossidi di ferro e manganese.

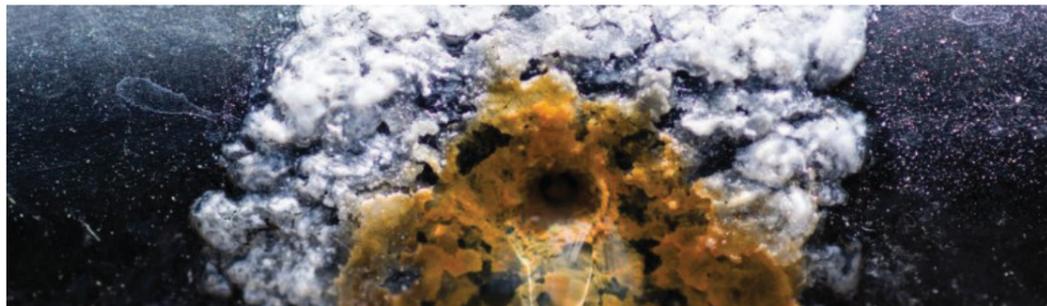


Figura 2 - Deposito di carbonato di calcio nell'orifizio del gocciolatore (Da: Costa calcarea, modificato).

- Biologici: la crescita di alghe e le attività microbiologiche possono causare ostruzioni. L'applicazione di fertilizzanti attraverso il sistema di irrigazione, specialmente dove le gocciolanti sono esposte al sole, porta a un aumento della formazione di mucillagine batterica (ARC, 2010).

Il materiale che causa l'ostruzione è identificabile dal colore del deposito nel gocciolatore ostruito. I depositi di sale sono bianchi, gli ossidi di ferro sono di colore ruggine e il materiale che causa l'ostruzione derivante da attività microbiologiche è nero. Ogni tipo di ostruzione ha una soluzione specifica. È quindi essenziale effettuare un'analisi dell'acqua che indichi l'esatta natura dell'ostruzione.

Le linee guida sulla qualità dell'acqua utilizzate per quantificare il rischio di ostruzione dei gocciolatori da parte dell'acqua di irrigazione (Bucks et al., 1979) sono riportate nella Tabella 5.

Tabella 5 - Classificazione della qualità dell'acqua per l'intasamento dell'irrigazione a goccia.

Fattori di occlusione	Livello di pericolo	
	Minore	Grave
<b>Fisiche:</b>		
Solidi sospesi (mg/l)	<50	>100
<b>Chimiche:</b>		
pH	<7.0	>8.0
Bicarbonato (mg/l)	<100	>200
Calcio (mg/l)	<10	>50
Manganese (mg/l)	<0.1	>1.5
Ferro (mg/l)	<0.2	>1.5
Solidi totali diluiti (mg/l)	<500	>2 000
Idrogeno solforato	<0.2	>2.0
Nitrati (mg/l)		>10
<b>Biologiche:</b>		
Batteri (UFC/ml)	<10 000	>50 000

## 2.3 TRATTAMENTI DELLE ACQUE

### 2.3.1 Fisici

Il trattamento dell'acqua per prevenire l'intasamento può essere fisico (sedimentazione e filtrazione) e chimico (acidificazione, clorurazione). La filtrazione può essere effettuata con diversi tipi di filtri. Il trattamento consigliato in relazione al tipo e alle caratteristiche dell'acqua utilizzata è indicato nella Tabella 6.

Tabella 6 - Trattamenti dell'acqua in azienda agricola in base ai diversi tipi di acqua di irrigazione.

Trattamento	Caratteristiche	Fonte idrica
Serbatoio di sedimentazione	Elevata concentrazione di solidi inorganici sospesi e sedimentabili Presenza di ferro	Superficiale (canali, fiumi) Pozzo
Filtro idrociclone	Elevata concentrazione di sabbia	Pozzi e fiumi
Filtro a rete o dischi	Solidi inorganici in sospensione	superficie, acqua potabile e acque reflue
Filtro a sabbia o a griglie	Elevate concentrazioni di solidi sospesi organici e inorganici	Superficiali e reflue
Trattamento chimico di acidificazione	Presenza di bicarbonati e ferro Sviluppo di microrganismi	Pozzo Corpi idrici superficiali e pozzi
Trattamento chimico di clorazione	Presenza di microrganismi (batteri ferrosi, batteri solforici, ecc.)	Superficie, pozzo e scarico

Sia la sedimentazione che la filtrazione vengono utilizzate per eliminare particelle di natura fisica di dimensioni fino a 0,074 mm (Capra e Scicolone, 2016). Pertanto, le particelle singole (non aggregate) di sabbia molto fine, limo e argilla non vengono eliminate.

### 2.3.2 Chimici

Oltre alla filtrazione, per proteggere gli erogatori dall'occlusione chimica (dovuta principalmente ai bicarbonati e al ferro) e biologica (dovuta ai batteri che possono svilupparsi all'interno dei tubi e degli erogatori), può essere necessario ricorrere all'acidificazione (contro l'occlusione chimica) e alla clorazione (contro l'occlusione biologica) (Tabella 7). A tal fine, vengono utilizzati dispositivi specifici per l'iniezione di acidi o cloro nel sistema. Durante il trattamento chimico dell'acqua è necessario prestare particolare attenzione e rispettare specifiche norme di sicurezza.

Tabella 7 - Soluzioni per prevenire possibili problemi di intasamento.

Problema	Soluzione
Deposito di carbonato (colore biancastro) HCO <sub>3</sub> > 100 mg/l pH > 7,5	Applicazione continua di acido – Mantenere il pH tra 5 e 7. Applicazione shock di acido alla fine del ciclo di irrigazione. Mantenere il pH a 4 per 30-60 minuti.
Depositi di ferro (colore rossastro) Concentrazione di ferro > 0,2 mg/l	Aerazione per ossidare il ferro (particolarmente indicata in caso di concentrazioni elevate di ferro pari o superiori a 10 mg/l). Applicazione di acido per favorire i depositi di ferro: <ul style="list-style-type: none"> <li>tasso di iniezione di 1 mg/l di cloro per 0,7 mg/l di ferro;</li> <li>applicazione prima del filtro, in modo da trattare i depositi.</li> </ul> Abbassare il pH a ≤ 4 mediante applicazioni quotidiane di acido per 30-60 minuti per dissolvere i depositi di ferro.
Deposito di manganese (colore nero) Concentrazione di manganese > 0,1 mg/l	Applicare 1 mg/l di cloro per 1,3 mg/l di manganese, prima del filtro.
Batteri ferrosi (melma rossastra) Concentrazione di ferro > 0,1 mg/l	Applicare 1 mg/l di cloro (cloro libero disponibile) in modo continuo o 10-20 mg/l per un massimo di 60 minuti, a seconda delle necessità.
Batteri solforici (melma bianca simile al cotone) Concentrazione di solfuro > 0,1 mg/l	Applicazione continua di cloro a 1 mg/l per 4-8 mg/l di idrossido di zolfo. Applicazione di cloro secondo necessità fino a quando non è disponibile 1 mg/l di cloro libero per 30-60 minuti.
Alghe, melma	Applicare cloro a un dosaggio continuo di 0,5-1 mg/l o 20 mg/l per 20 minuti al termine di ogni ciclo di irrigazione.
Solfuro di ferro (materiale nero e sabbioso) Concentrazione di ferro e solfuro > 0,1 mg/l	Dissoluzione del ferro mediante applicazione continua di acido per ridurre il pH a un valore compreso tra 5 e 7.



# TIPI DI SUOLO PER LA COLTIVAZIONE DEL NOCCIOLO



## 3.1 TIPI DI TERRENO PER LA COLTIVAZIONE DEL NOCCIOLO E IRRIGAZIONE

### 3.1.1 Idoneità del terreno

L'idoneità del terreno è la capacità di un determinato tipo di terreno di essere utilizzato per uno scopo specifico, in modo sostenibile. La *Tabella 8* riassume una classificazione dell'idoneità del terreno, assegnando a ciascuna unità di terreno una classe di idoneità. Le classi sono S1 (altamente idoneo), S2 (moderatamente idoneo), S3 (marginalmente idoneo), N (non idoneo) (*Tabella 8*).

Tabella 8 - Definizioni e classificazioni dell'idoneità del terreno.

IDONEITÀ	DEFINIZIONE	CLASSE
Adatto	Terreno per il quale si prevede un uso sostenibile, per lo scopo definito e secondo le modalità definite. I benefici prodotti sono tali da giustificare input ricorrenti, senza rischi inaccettabili per le risorse del terreno stesso o delle aree adiacenti.	S1: adatto S2: moderatamente adatto S3: marginalmente adatto
Non adatto	Terreno che presenta caratteristiche che sembrano escluderne un uso sostenibile per lo scopo definito e secondo le modalità definite. Possono esservi problemi di produzione, manutenzione e/o conservazione che richiedono un livello di input ricorrenti non giustificabile al momento della valutazione.	N: non idoneo N1: al momento della valutazione non idoneo, ma potenzialmente idoneo N2: al momento della valutazione e potenzialmente non idoneo

In questo caso, per quanto riguarda l'idoneità del suolo alla coltivazione del nocciolo, i risultati sono espressi solo in termini quantitativi. La *Figura 3* indica un esempio di caratterizzazione di un terreno per classi di idoneità. Le classificazioni possono riferirsi all'idoneità effettiva o considerare l'idoneità potenziale, ovvero l'idoneità dopo importanti miglioramenti del terreno che potrebbero essere realizzati in futuro. I tipi di utilizzo del terreno che abbiamo considerato per l'idoneità sono l'agricoltura pluviale e l'agricoltura irrigua.

Per ogni tipo di utilizzo del terreno è necessario stabilirne i requisiti di utilizzo, ovvero le condizioni che sono pienamente soddisfacenti, accettabili o insoddisfacenti per la sua gestione. Allo stesso tempo, è necessario valutare le proprietà delle unità di terreno in termini di caratteristiche e qualità. La corrispondenza tra i requisiti di utilizzo di un terreno e le sue caratteristiche ne determina l'idoneità allo specifico utilizzo. La tabella di classificazione dell'idoneità del terreno è disponibile nelle Linee guida per la coltivazione delle nocciole.

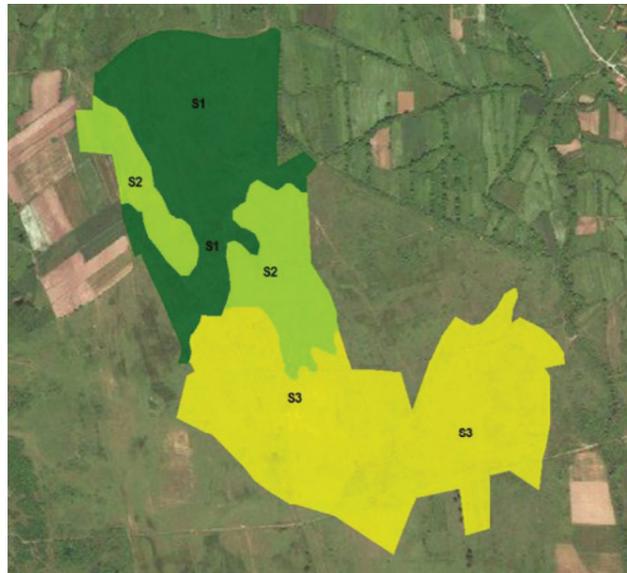


Figura 3 - Caratterizzazione dei terreni. Mappa di idoneità alla coltivazione.

## 3.2 IDROLOGIA DEL SUOLO

Le caratteristiche di un suolo influiscono sul movimento dell'acqua, sia quando si infiltra che al suo interno.

### 3.2.1 Infiltrazione

L'infiltrazione è l'ingresso dell'acqua nel suolo. La velocità con cui l'acqua entra è chiamata tasso di infiltrazione. La permeabilità è la capacità del suolo di lasciar passare l'acqua infiltrata. Un tasso di infiltrazione inferiore a 3 mm/ora è considerato basso, mentre un tasso superiore a 12 mm/ora è relativamente alto. Questo può essere influenzato da fattori quali la qualità dell'acqua, le caratteristiche fisiche del suolo (come struttura e tipo di minerali argillosi), e le caratteristiche chimiche, compresi i cationi scambiabili. Il tasso di infiltrazione aumenta generalmente con l'aumentare della salinità e diminuisce con la sua diminuzione o con l'aumento del contenuto di sodio rispetto al calcio e al magnesio, il SAR (rapporto di adsorbimento del sodio). Pertanto, la salinità e il SAR devono essere considerati insieme per una corretta valutazione dell'effetto finale sul tasso di infiltrazione dell'acqua. Quando la pendenza del terreno è superiore al 10%, si raccomanda vivamente di inerbire l'interfila per facilitare l'infiltrazione dell'acqua e ridurre il deflusso e l'erosione, poiché il tasso di infiltrazione diminuisce all'aumentare della pendenza. I valori indicativi sono riportati nella *Tabella 9*.

Di norma, la raccomandazione di inerbire l'interfila non si applica quando le precipitazioni totali durante la primavera sono inferiori a 500 mm e la tessitura del suolo è da argillosa a sabbiosa-argillosa.

Tabella 9 - Riduzione del tasso di infiltrazione in base alla topografia.

Pendenza (%)	Diminuzione di $V_i$ (%)
0-5	0
6-8	20
9-12	40
13-20	60
>20	75

### 3.2.2 Idrologia del suolo

#### Diametro di bagnatura

Sia la velocità di infiltrazione che la distribuzione dell'acqua nel terreno dipendono principalmente dalla struttura (*Figura 4*).

Queste caratteristiche possono essere stabilite in modo affidabile attraverso l'osservazione sperimentale e il calcolo, secondo le seguenti linee guida:

- disporre le linee di gocciolatori (preferibilmente lunghe da 20 m a 30 m) sul terreno da irrigare, con diverse distanze tra i gocciolatori;
- collegare le linee a una fonte d'acqua che garantisca un approvvigionamento continuo e stabile;
- accendere il sistema alla pressione di esercizio richiesta e irrigare per circa 12 ore sui terreni argillosi più pesanti e per circa sei ore sui terreni sabbiosi più leggeri;
- lasciare che l'acqua penetri nel terreno per altre 24 e 12 ore rispettivamente, senza alcuna interferenza, in modo che la zona bagnata raggiunga le sue dimensioni massime;
- scavare solchi longitudinali e trasversali e effettuare le osservazioni e le misurazioni necessarie per stabilire se il sistema proposto soddisfa tutti i requisiti secondo le norme stabilite (ARC, 2010).

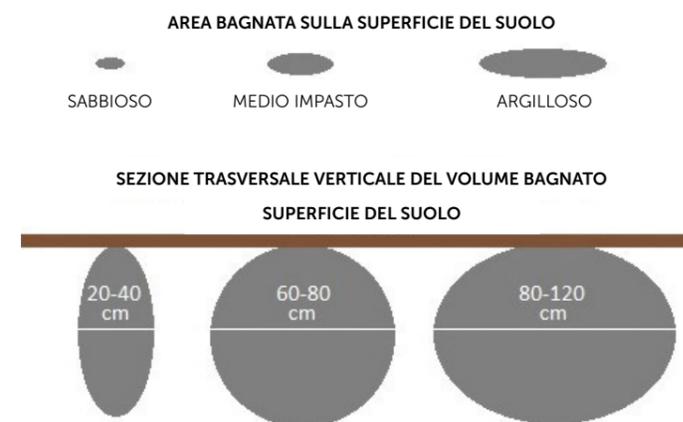


Figura 4 - Modelli tipici di distribuzione dell'acqua con irrigazione a goccia in diversi tipi di terreno.

A causa della minore portata dei gocciolatori, il tempo di permanenza è solitamente più lungo e il sistema operativo dell'agricoltore dovrebbe essere in grado di adattarsi a questa scelta.

La dimensione del volume di terreno bagnato determinerà la scelta sia della distanza tra i gocciolatori che della posizione della linea di gocciolamento rispetto ai fusti dei noccioli. Ciò vale sia per le linee di irrigazione a goccia superficiali che sotterranee. In terreni permeabili, la distanza tra i gocciolatori lungo l'ala gocciolante dovrebbe essere di 0,3-0,5 m, in terreni argillosi la distanza aumenta a 0,5-0,7 m, in terreni limosi e argillosi fino a 0,7-1,0 m.

### Capacità idrica disponibile

La capacità idrica disponibile è la capacità dei suoli di immagazzinare e fornire acqua alle radici delle piante, misurata come la quantità di acqua trattenuta tra la capacità di campo e il punto di appassimento permanente. La capacità idrica disponibile dipende dalle caratteristiche del suolo, quali la tessitura, la struttura e la profondità delle radici delle piante. I valori indicativi per i diversi tipi di suolo sono riportati nella *Figura 5*.

- Acqua disponibile per le piante (AW): differenza tra la capacità di ritenzione idrica di campo (FC) e il punto di appassimento (PWP). L'AW è espressa in mm di acqua per metro di profondità del suolo. I valori dell'AW possono essere trovati in bibliografia o ottenuti da misurazioni sul campo. Nel primo caso si tratta di valori medi per classe tessiturale. Nel secondo caso provengono da misurazioni effettuate su profili rappresentativi e si riferiscono a strati di suolo omogenei esplorati dall'apparato radicale attivo della coltura.
- Capacità idrica di campo (FC): la quantità massima di acqua che il suolo può trattenere.
- Punto di appassimento (PWP): la quantità di acqua trattenuta così saldamente dalla matrice del suolo che le radici non possono assorbirla.
- Acqua facilmente disponibile (RAW): la frazione di AW che la coltura può estrarre senza alcuno stress. Per la nocciola, che è sensibile allo stress idrico soprattutto da giugno ad agosto (emisfero nord), la RAW non dovrebbe essere superiore a 0,4.
- Il fabbisogno netto di acqua irrigua (NIR): è la quantità di acqua necessaria affinché una coltura raggiunga il suo pieno potenziale di crescita, tenendo conto dell'acqua fornita dalle piogge, dalle falde acquifere e dall'acqua immagazzinata nel suolo. In sostanza, è l'acqua che deve essere applicata con l'irrigazione per colmare il deficit idrico della coltura e ottenere una resa ottimale, escludendo l'acqua persa per infiltrazione oltre la zona radicale o per deflusso superficiale.

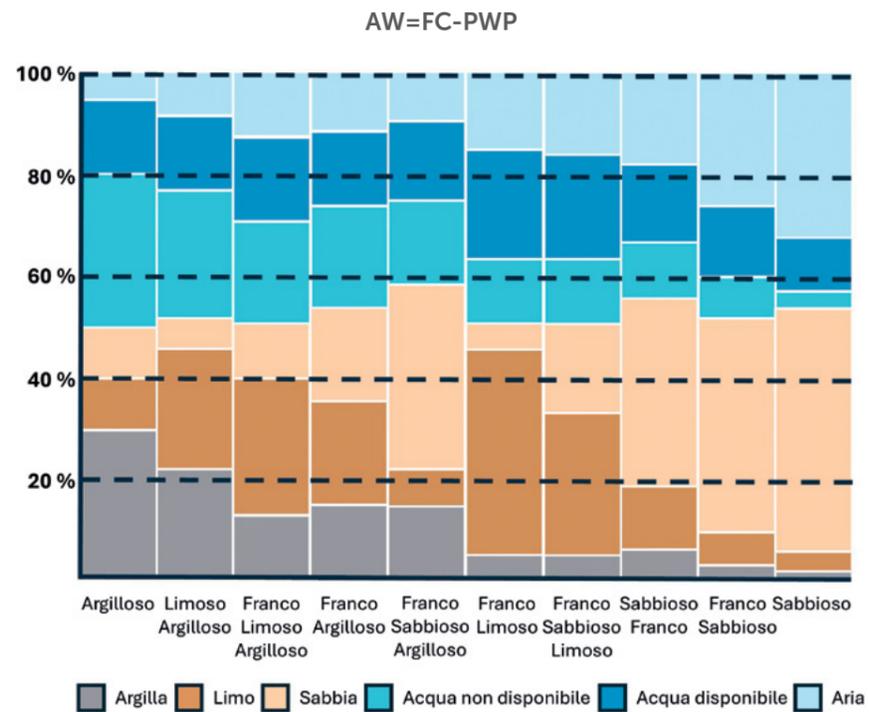


Figura 5 - Composizione, in termini percentuali, del volume del suolo per le diverse classi tessiturali.

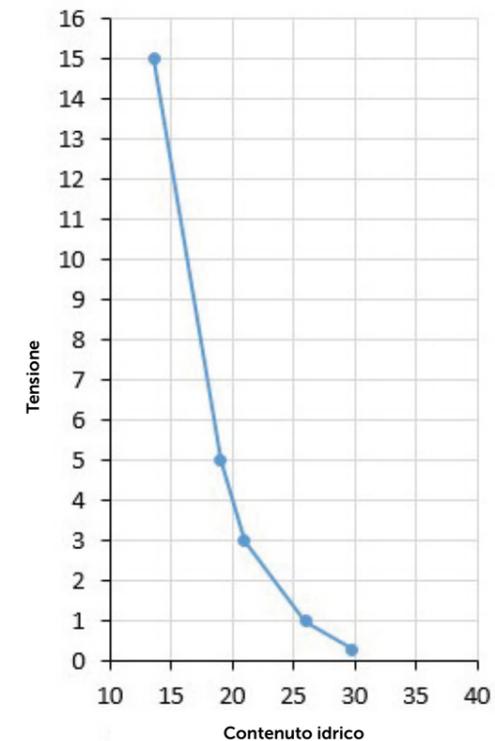


Figura 6 - Curva di ritenzione dello strato omogeneo 0-0,60 m.

La curva della *Figura 6* rappresenta uno strato omogeneo di terriccio limoso di 0,60 m composto come segue:

- tessitura: 39% sabbia, 5% argilla, 56% limo;
- contenuto volumetrico di acqua a FC (0,3 bar) pari al 29,8%;
- contenuto volumetrico a PWP (15 bar) pari al 13,6%;
- $AW = FC - PWP = 29,8 - 13,6 = 16,2\% = 162 \text{ mm/m}$ ;
- Lungo la zona radicale attiva:  $AW = 162 \times 0,60 = 97 \text{ mm}$ .

## IV

# FABBISOGNO IDRICO DEL NOCCIOLO



## 4.1 CALCOLO DEL FABBISOGNO IDRICO DELLE NOCCIOLE DURANTE LA STAGIONE

Per il nocciolo, il periodo critico per la disponibilità idrica va da giugno ad agosto (nell'emisfero settentrionale), che coincide con i processi vegetativi e riproduttivi fondamentali (allegagione, differenziazione a nocciola, riempimento nocciola, induzione fiorale). Qualsiasi stress idrico può influire sulla qualità e sulla quantità del raccolto. Secondo la letteratura, la piovosità ottimale per il nocciolo è di 800-1.000 mm/anno, ben distribuita soprattutto nei mesi della stagione in cui il fabbisogno colturale è maggiore. Nelle zone con disponibilità idrica limitata è fondamentale integrare l'approvvigionamento idrico da fonti naturali con un sistema di irrigazione.

Un programma di irrigazione efficace deve basarsi su tre fonti di informazione: la quantità di acqua necessaria in un anno, la quantità di acqua immagazzinata nel suolo in un dato momento e il fabbisogno idrico colturale in quel momento. La maggior parte dei programmi di irrigazione utilizza le prime due componenti, ma la maggior parte degli agricoltori ignora l'ultima, che è anche la più importante. Intuitivamente, l'umidità del terreno è considerata il parametro principale per determinare quando irrigare. Tuttavia, la frequenza appropriata dell'irrigazione non è solo una funzione del contenuto di umidità del terreno, ma anche del fabbisogno idrico dell'albero.

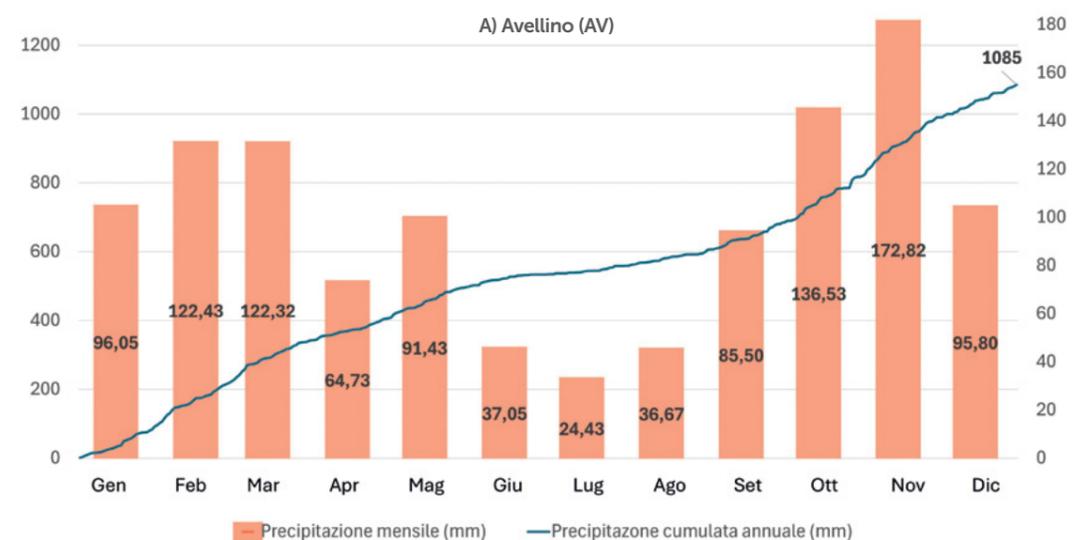
Il fabbisogno idrico viene calcolato moltiplicando l'**evapotraspirazione di riferimento (ET<sub>o</sub>)**, che dipende dalle condizioni climatiche, per il **coefficiente colturale (kc)**, che è una misura dello sviluppo vegetativo della coltura nelle varie fasi fenologiche, meno la **pioggia effettiva (Pe)**, espressa in m<sup>3</sup>/ha (per convertire mm in m<sup>3</sup>/ha basta moltiplicare per 10).

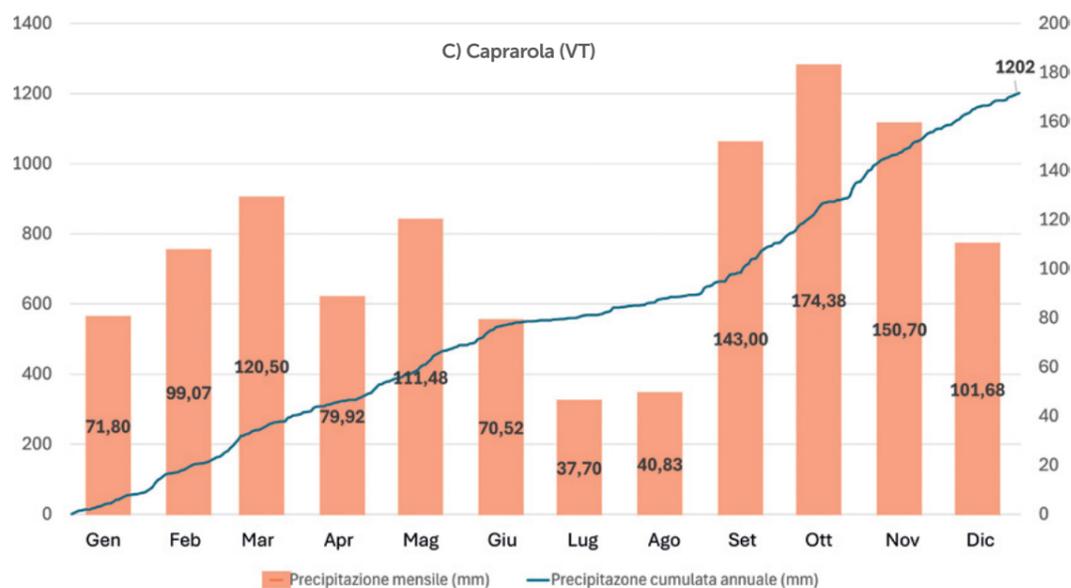
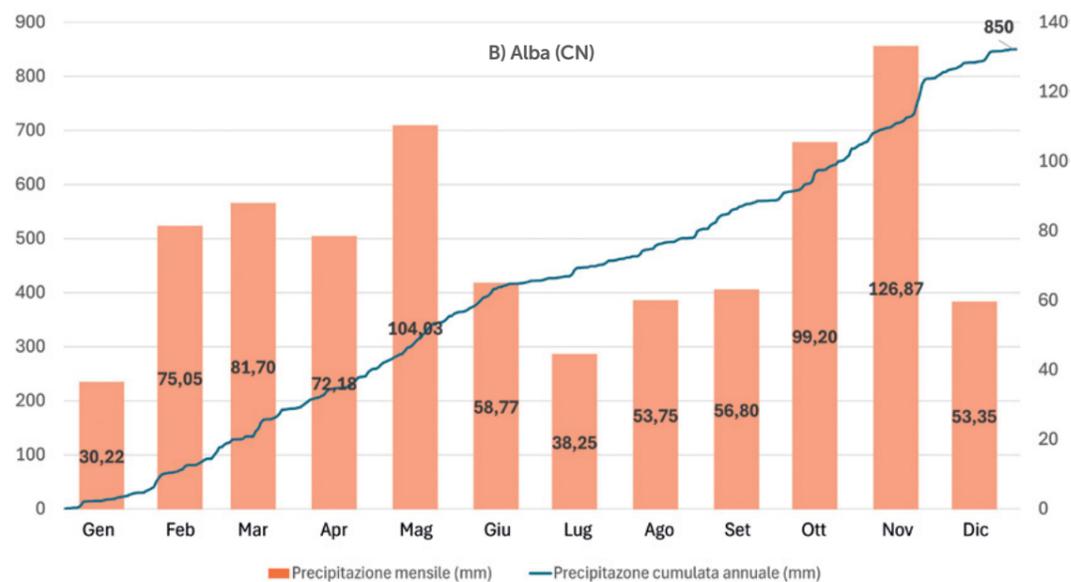
Di seguito sono spiegati in dettaglio tutti i componenti del calcolo.

### 4.1.1 Precipitazioni lorde

La precipitazione lorda (Gp) è la precipitazione misurata al di sopra della copertura vegetale o in spazi aperti. Di seguito è riportata la precipitazione media mensile per diverse stazioni meteorologiche in Italia per il periodo 2015-2020.

Figura 7 - Precipitazione media mensile e annuale totale (2015 - 2020): A) Avellino (AV), B) Alba (CN), C) Caprarola (VT).





Nelle ultime stagioni, in ampie aree dei distretti di produzione corilicola italiana non sono stati raggiunti gli apporti precipitativi minimi per il soddisfacimento delle esigenze idriche del nocciolo (circa 700 mm annui). In particolare, i cambiamenti climatici hanno avuto un impatto significativo: i giorni di pioggia sono diminuiti di circa il 15% in tutto il Paese e fenomeni come forti piogge, inondazioni e siccità estrema stanno diventando sempre più frequenti. Il ruolo che l'irrigazione ricopre nel mitigare le conseguenze di queste alterazioni climatiche è di importanza sempre maggiore.

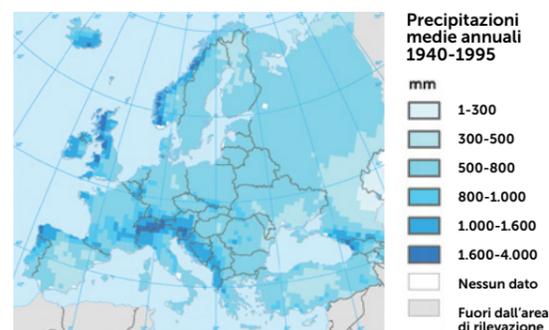


Figura 8 - Mappa raffigurante le precipitazioni medie in Europa dal 1940 al 1995.

### 4.1.2 Precipitazioni effettive

La **pioggia effettiva** (Pe) è la frazione della precipitazione lorda (Gp) che può essere trattenuta dal suolo nella zona radicale attiva e quindi assorbita dalla pianta per la traspirazione. Dipende dal tipo di suolo, dalla pendenza, dalla pianta e dalle caratteristiche delle precipitazioni.

Il valore di Pe aumenta quando:

- la pendenza diminuisce;
- la capacità di ritenzione idrica del suolo aumenta;
- l'intensità e la durata delle precipitazioni diminuiscono;
- la profondità delle radici aumenta.

Per i calcoli, è possibile utilizzare i seguenti valori di Pe riportati nella *Tabella 10* come frazione di Gp in diversi tipi di suolo (Morari et al., 2004).

Tabella 10 - Valori indicativi della frazione efficace di Gp per diversi tipi di suolo.

Gp (mm)	Pe (%Gp)		
	Sabbioso	Medio impasto	Argilloso
15-40	55%	70%	68%

### 4.1.3 Fabbisogno idrico per l'irrigazione

Il **fabbisogno netto di irrigazione** (NIR) corrisponde alla differenza tra il fabbisogno idrico, ETC, e la pioggia effettiva (Pe). Il **fabbisogno lordo di irrigazione**, GIR, è il volume effettivo che deve essere applicata dal sistema di irrigazione, da determinarsi come:

$$NIR = ETC - Pe$$

$$GIR = NIR / Eff$$

dove Eff = efficienza di irrigazione (<1)

### 4.1.4 Evapotraspirazione

L'evapotraspirazione è la combinazione dell'evaporazione dal suolo e della traspirazione delle colture. Il tasso di evapotraspirazione da una superficie di riferimento è chiamato evapotraspirazione di riferimento (ET<sub>o</sub>). La superficie di riferimento è tipicamente considerata un campo di erba o di erba medica, ben irrigato e tagliato costantemente a un'altezza di 0,12 m.



Figura 9 - Schema dei componenti dell'ET<sub>o</sub>.

L'evapotraspirazione specifica per i nocciolati (ETc) è stimata come il prodotto dell'evapotraspirazione di riferimento (ETo) e di un coefficiente colturale (Kc).

$$ETc = ET_o \times Kc$$

Mentre ETo rappresenta un indice della domanda climatica, Kc varia prevalentemente in funzione delle caratteristiche specifiche della coltura e solo in misura limitata in funzione del clima. Ciò consente, in teoria, di trasferire i valori standard di Kc tra località e climi diversi. L'ETc sarebbe quindi l'evapotraspirazione prevista da un nocciolato in piena produzione e ben fertilizzato in condizioni ottimali di umidità del suolo.

#### 4.1.5 Coefficiente colturale (Kc)

Il coefficiente colturale (Kc), rappresenta il tipo di coltura e lo sviluppo della coltura. Il Kc distingue la coltura dall'erba di riferimento. Per il nocciolo, a seconda delle fasi di crescita durante la stagione, esistono diversi valori Kc (in base al Disciplinari di Produzione Integrata, Campania):

Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre
0.25	0.6	0.65	0.85	0.9	0.8

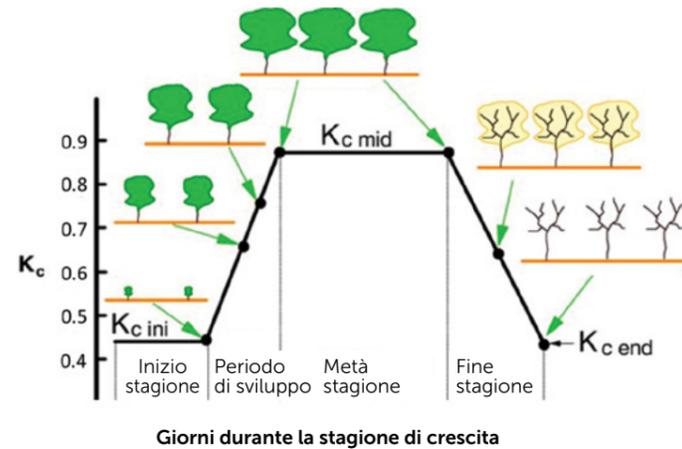


Figura 10 - Differenze di Kc in base al periodo dell'anno.



## V

# SISTEMI DI IRRIGAZIONE PER I CORILETI



## 5.1. PROGETTAZIONE DEL SISTEMA DI IRRIGAZIONE

Il suolo, le piante e il clima sono elementi in continua evoluzione all'interno di un contesto dinamico, nel quale il sistema di irrigazione deve garantire le prestazioni per cui è stato progettato e realizzato. In altre parole, deve garantire la disponibilità di acqua alle piante in modo adeguato, al momento giusto e nella quantità necessaria, rispondendo in modo efficace ed efficiente alle mutevoli esigenze del sistema. Per un corretto design dell'impianto di irrigazione, sono necessari due processi successivi:

### A. Raccolta di informazioni agroclimatologiche

Queste tipologie di dati afferiscono alle seguenti applicazioni scientifiche e tecnologiche:

- agronomia (tipo e caratteristiche delle colture, disposizione delle piantagioni);
- pedologia (valutazione preliminare dell'idoneità del suolo, caratteristiche e struttura dell'apparato radicale attivo, valutazione delle relazioni idrauliche e idrologiche del suolo e dei relativi parametri);
- idrogeologia (ubicazione e disponibilità delle acque sotterranee);
- clima (dati agrometeorologici disponibili, indagine sull'evapotraspirazione e sull'andamento delle precipitazioni in relazione ai volumi e alla distribuzione temporale);
- geomorfologia (altitudini, pendenze, gradienti);
- disponibilità di acqua ed energia (posizione della fonte idrica, qualità e portata dell'acqua, energia disponibile).

### B. Scelte tecniche e analisi dei dati

Le informazioni raccolte relative all'agricoltura, al suolo e al clima determinano le scelte progettuali. La selezione delle attrezzature in base alla funzionalità e alle dimensioni consentirà di ottimizzare i costi sia nella fase iniziale (installazione) che in quella operativa (funzionamento). Le seguenti scelte sono fondamentali (Ghinassi, 2008):

- tipo di irrigazione e qualità delle attrezzature (ad esempio, sistema di irrigazione a goccia superficiale, irrigazione a goccia sotterranea, microirrigatori, coefficiente di variazione della portata);
- definizione dei parametri di irrigazione (applicazione netta e lorda dell'irrigazione, tempo di irrigazione, intervallo minimo di irrigazione);
- calcolo della portata del sistema (portata da erogare durante il periodo di picco);
- progettazione idraulica (posizionamento e diametri delle tubazioni, calcolo della prevalenza totale e scelta dei dispositivi di sollevamento);
- caratteristiche del sistema (lunghezza e diametro delle diramazioni, portata per emettitore o metro lineare, efficienza d'impianto, tasso di applicazione, tipi di filtri, fertirrigazione, automazione e controlli).

### Scelta delle attrezzature

Qualunque sia il sistema di irrigazione scelto, deve essere in grado di soddisfare le prestazioni stabilite in fase di progettazione dall'agricoltore per tutta la durata economica prevista del frutteto. È necessario prestare particolare attenzione alla qualità.

### Progettazione idraulica

La capacità di un sistema di fornire acqua al nocciolo deve essere scelta tenendo conto della portata disponibile, delle condizioni agro-climatiche e delle strategie colturali, tenendo conto delle valutazioni economiche.

Il sistema di irrigazione può essere suddiviso in settori se si verifica una o più delle seguenti condizioni:

- terreni con caratteristiche idrologiche diverse (capacità di ritenzione, conducibilità idraulica);
- posizione (pianeggiante e in pendenza);
- zone microclimatiche (esigenza climatica differenziata dall'esposizione);
- portata disponibile.

La portata disponibile è il fattore che più frequentemente determina la suddivisione in settori:

- la portata disponibile non è sufficiente per alimentare contemporaneamente l'intero impianto;
- la portata disponibile è sufficiente, ma sono necessarie attrezzature di grandi dimensioni (diametri di tubi, raccordi, valvole, filtri);
- la potenza richiesta per il sistema di sollevamento non è sufficiente.

La suddivisione del sistema in settori presenta alcuni vantaggi:

- migliore controllo dell'irrigazione;
- l'erogazione dell'acqua non viene interrotta in tutto l'impianto in caso di guasti o durante le operazioni di manutenzione;
- l'erogazione dell'acqua è più precisa.

Tra gli svantaggi:

- è necessaria una maggiore quantità di attrezzature per la distribuzione dell'acqua;
- l'aumento del numero di settori comporta nella maggior parte dei casi un aumento dei costi;
- è necessario valutare le dimensioni delle diverse unità di irrigazione. A questo proposito va sottolineato che:
  - settori delle stesse dimensioni semplificano i calcoli e richiedono le stesse attrezzature;
  - il monitoraggio del contenuto di umidità del suolo tramite sonde è più semplice ed efficace in settori di piccole dimensioni;
  - la dimensione ottimale del settore di irrigazione è fondamentalmente il risultato di un compromesso tra i costi immediati e i ricavi attesi. Qualunque sia la scelta, è necessario calcolare un certo grado di perdita di risorse;
  - le condizioni di funzionamento della pompa traggono vantaggio da portate simili, soprattutto se non è dotata di inverter.

Come regola generale, l'approccio modulare consentito dalla settorizzazione dovrebbe comportare vantaggi economici e ambientali.

## 5.2. TIPI DI IRRIGAZIONE

Attualmente, i tipi di irrigazione utilizzati nel nocciolo sono tutti varianti dell'irrigazione localizzata e rientrano nei cosiddetti sistemi fissi:

- irrigazione a goccia superficiale (sospesa o posizionata a terra);
- irrigazione a goccia interrata (SDI);
- microirrigazione.

Ogni tipo presenta caratteristiche proprie e relativi vantaggi e svantaggi.

### 5.2.1 Sistema di irrigazione a goccia superficiale

L'ala gocciolante, singola o doppia, deve essere sospesa a un'altezza compatibile con quella della pianta e con l'esigenza di non essere influenzata dal vento (Figura 11).

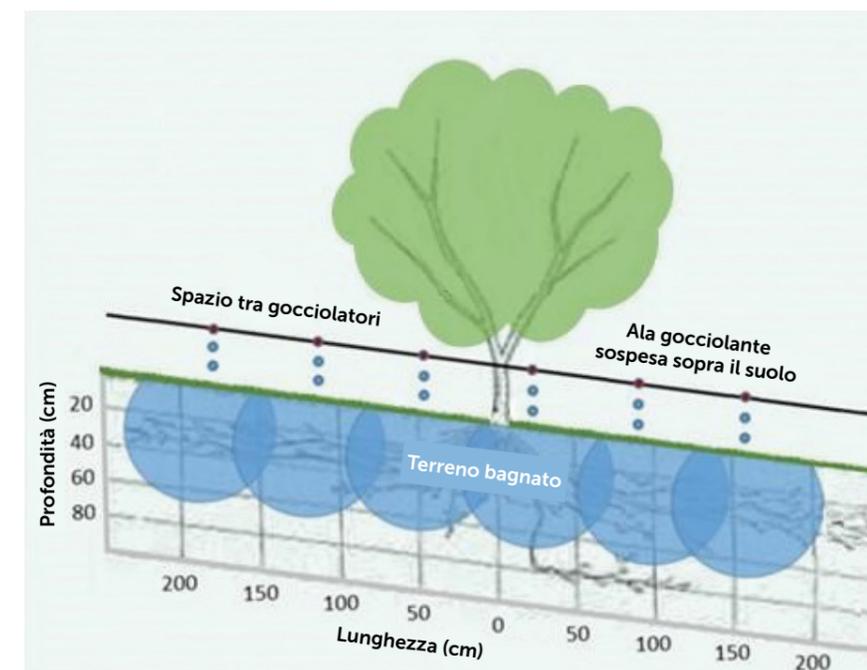


Figura 11 – Rappresentazione schematica di un'ala gocciolante sospesa. Il tubo è mantenuto in posizione orizzontale, condizione che facilita la corretta infiltrazione e il movimento dell'acqua nel terreno. Sulla superficie del terreno dovrebbe apparire una striscia bagnata regolare.

L'ala gocciolante deve essere mantenuta in posizione orizzontale mediante un filo di acciaio per evitare un'applicazione impropria dell'acqua (Figura 12). Il tubo non è a contatto con il terreno e quindi non vi è né il rischio che particelle solide entrino nell'orifizio del gocciolatore durante lo svuotamento del sistema, né ostacoli alle operazioni meccanizzate.

L'ala gocciolante che giace sul terreno (Figura 12) non è influenzata dal vento, ma può aspirare le particelle di terreno a causa della depressione durante lo svuotamento delle linee di gocciolamento non dotate di gocciolatori antisifone. Inoltre, le ali gocciolanti posizionate in questo modo possono ostacolare le operazioni meccanizzate (raccolta e sfalcio/trinciatura delle malerbe in primis) e subire dei danni, con un conseguente aumento dei costi di coltivazione. Questi sono i motivi principali per cui le ali gocciolanti appoggiate a terra non sono comunemente utilizzate.



Figura 12 - Ala gocciolante sospesa, tenuta in posizione orizzontale da un filo di acciaio, e ala gocciolante posata a terra.

Sistema di irrigazione a goccia fuori terra:

#### A. Vantaggi:

Semplice da:

- posizionare;
- controllare;
- riparare;
- rimuovere;
- sostituire;
- modificare.

#### B. Contro:

- bagnatura incompleta dell'apparato radicale quando si utilizza un solo laterale per fila (può verificarsi un assorbimento insufficiente dell'acqua in caso di elevata domanda di ET);
- utilizzo incompleto della capacità di accumulo dell'acqua lungo la zona radicale;
- una certa perdita per evaporazione dalla superficie del terreno;
- influenza del vento;
- comporta un certo ingombro per le operazioni meccanizzate.

## 5.2.2 Irrigazione a goccia interrata (SDI)

L'irrigazione a goccia interrata sta diventando sempre più diffusa nell'irrigazione del nocciolo. L'installazione delle ali gocciolanti dovrebbe avvenire preferibilmente in terreni omogenei. In caso di profili longitudinali variabili (ad esempio topografia ondulata) si possono generare sacche d'aria e quindi la formazione di vuoti e l'ingresso di particelle di terreno nei gocciolatori. È importante testare il sistema dopo l'installazione per individuare e riparare eventuali perdite e impedire così l'ingresso di terra e detriti. È importante che i tubi vengano lavati accuratamente prima di fare la prima irrigazione. L'installazione deve essere effettuata nell'anno di impianto (Figura 13). La profondità media di installazione, solitamente compresa tra 0,1 m e 0,3 m, dipende dall'apparato radicale e dalla capacità di distribuzione dell'acqua dell'ala gocciolante.



Figura 13 - Posizionamento del collettore in HDPE e ala gocciolante interrata.

Modalità di posizionamento della linea di gocciolamento:

#### 1) Lungo la linea centrale tra i filari

Questa soluzione parte dal presupposto che l'intera superficie del nocciolo sia esplorata dall'apparato radicale della coltura. L'acqua si sposta verso il filare se la componente orizzontale del flusso è sufficientemente elevata e la portata del gocciolatore è adeguata. Nell'esempio della Figura 14, con una distanza tra i filari di 5 metri, si raccomanda una portata per gocciolatore  $q$  piuttosto elevata (ad esempio  $q > 2,0$  l/h), superiore a quella richiesta con una distanza tra i filari più ridotta. Ad esempio, per una distanza tra i filari di 4,5 m, può essere sufficiente un  $q$  compreso tra 1,6 e 2,0 l/h.

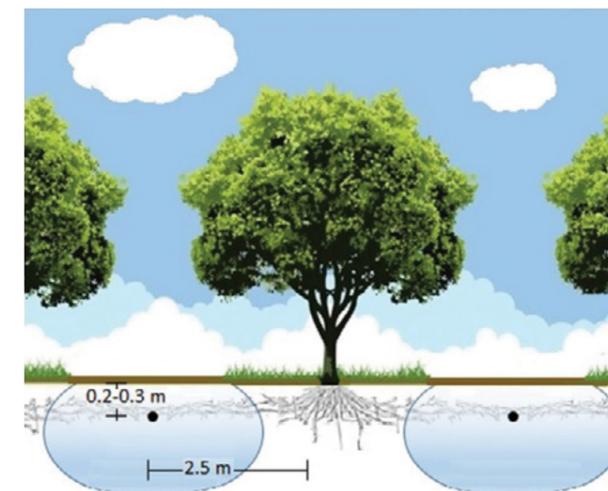


Figura 14 - Ala gocciolante interrata al centro dell'interfila. L'espansione laterale dell'acqua dipende dal tipo di terreno e dalla portata del gocciolatore.

## 2) Lungo un lato della fila

L'ala gocciolante è interrata a una profondità di 30-35 cm. Si ritiene che l'assorbimento dell'acqua avvenga principalmente dalle radici che si trovano all'interno della proiezione della chioma, per la quale si prevede un diametro normale di 2,0-2,2 m (Figura 15). La distanza della linea di gocciolamento dal fusto è variabile tra 0,3 e 1,1 m.

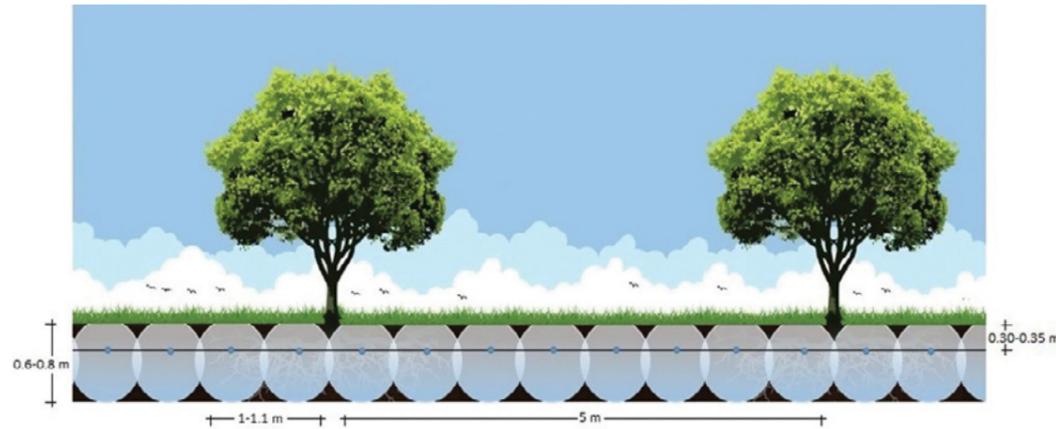


Figura 15 - Rappresentazione di una linea di irrigazione a goccia sotterranea. Le dimensioni indicano una distanza tra gli emettitori lungo il lato laterale di 0,70 m e coperture con un diametro di 2,2 m.

La presenza di umidità sulla superficie del suolo dipende dalla conducibilità idraulica del suolo, dalla profondità di interrimento dell'ala gocciolante, dalla portata e dalla distanza tra i gocciolatori (portata per gocciolatore o per metro lineare) (Figura 16).



Figura 16 - Umidità superficiale in un sistema di sub-irrigazione con una linea su ciascun lato.

La Figura 16 mostra in proiezione la distribuzione dell'umidità del suolo secondo il principio di bagnatura a strisce, applicabile sia alle linee in superficie che a quelle sotterranee. Si noti che l'acqua raggiunge la pianta sin dal momento del trapianto, con il rischio di concentrazione delle radici verso il lato umido durante la crescita della pianta.

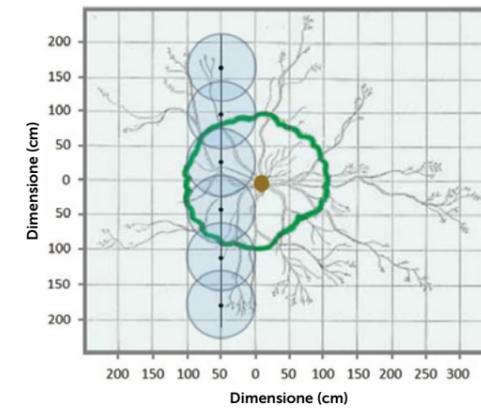


Figura 17. Rappresentazione della continuità della zona bagnata di un'ala gocciolante, interrata o fuori terra, posizionata a 50 cm di distanza dal fusto.

## 3) Lungo entrambi i lati della fila

Per evitare uno sviluppo improprio delle radici e aumentare sia il volume di terreno bagnato che la portata che può essere assorbita dalla coltura, viene posizionata una seconda linea sull'altro lato (Figura 18).

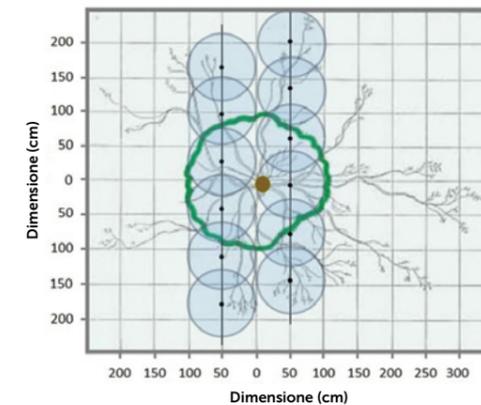


Figura 18 - Doppia ala gocciolante, equidistante dal fusto. In questo modo si garantisce uno sviluppo più equilibrato dell'apparato radicale e si riduce il tempo di irrigazione.

Lo sviluppo dell'apparato radicale in larghezza e profondità può essere aumentato con portainnesti vigorosi. Un apparato radicale vigoroso può espandersi fino a 80 cm di profondità e a 2,2 metri di diametro laterale. Ciò comporta un maggiore volume di terreno esplorato (> 30%) e un possibile aumento dell'intervallo di irrigazione. Tra le strategie per stimolare lo sviluppo delle radici, si può suggerire il posizionamento delle due linee di gocciolamento a diverse distanze dal fusto e in momenti diversi. La prima a circa 0,5 m, al trapianto, la seconda a 80 cm e oltre quando l'apparato radicale è in fase di sviluppo attivo (Figura 19).

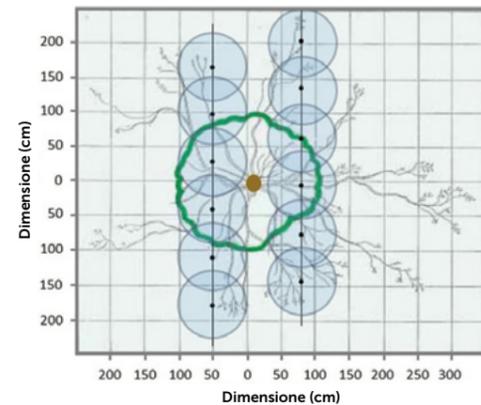


Figura 19 - Ali gocciolanti parallele a diverse distanze dal fusto per sfruttare al meglio il volume della zona radicale stimolata dal portainnesto vigoroso.

In base ai risultati degli studi condotti dal 2003 ad oggi, la soluzione ottimale è l'installazione di un sistema di irrigazione a goccia interrato a doppia ala gocciolante, da posizionare sin dal primo anno di impianto.

Irrigazione a goccia interrata (SDI):

#### A. Vantaggi:

- elevata efficienza irrigua potenziale (bassa evaporazione dalla superficie del suolo);
- migliore applicazione dei nutrienti;
- nessun ostacolo alle operazioni colturali.

#### B. Contro:

- bagnatura incompleta dell'apparato radicale quando si utilizza un'ala per fila (assorbimento d'acqua insufficiente in caso di elevata domanda di ET);
- costo di investimento elevato;
- intasamento dovuto alle particelle del terreno e all'intrusione delle radici;
- limitazioni nelle operazioni di controllo e riparazione;
- limitazioni nelle modifiche e trasformazioni dopo l'installazione;
- fortemente dipendente dalle caratteristiche del terreno.

### 5.2.3 Microirrigazione

È il tipo di irrigazione localizzata che, dal punto di vista agronomico e gestionale, può essere considerata la soluzione migliore in assoluto per l'irrigazione delle colture perenni. Si tratta di un'irrigazione a pioggia che applica l'acqua su una frazione (40-60%) della superficie coltivata mediante microirrigatori (Figura 20) caratterizzati da diverse pressioni di esercizio, portate e gittate (Figura 21).

Tra i vantaggi riconosciuti della microirrigazione vanno segnalati il buon sviluppo delle radici e il sostegno dell'inerbimento interfilare (utile per la raccolta di frutta a guscio). Tuttavia, alcuni aspetti ne penalizzano la diffusione su larga scala.



Figura 20 - Micro irrigatore posizionato sul bordo del campo.



Figura 21. Microirrigatori in funzione in un giovane frutteto.

Microirrigazione:

#### A. Vantaggi:

- bagnatura totale dell'apparato radicale (assorbimento massimo di acqua consentito in periodi con ET molto elevata);
- migliore assorbimento dei nutrienti;
- irrigazione rapida (tempi di irrigazione brevi);
- rischio minimo di intasamento;
- facile da controllare e riparare.

#### B. Contro (rispetto al gocciolamento):

- portata maggiore;
- diametri dei tubi più grandi;
- pressione di esercizio più elevata;
- più costoso;
- maggiori perdite per evaporazione.

Qualunque sia il sistema utilizzato, esso sarà normalmente progettato per fornire tra **50 e 200 mm durante la stagione, con una capacità massima di circa 45 litri al giorno per albero.**

## 5.3. ELEMENTI DI UN IMPIANTO DI IRRIGAZIONE

Un tipico sistema di irrigazione può essere rappresentato come nella *Figura 22*.

### 5.3.1 Tubazioni

Le condotte principali di irrigazione disponibili sul mercato sono in materia plastica, di dimensioni e tipologie differenti per ottenere le migliori performance in termini di durata, maneggevolezza ed economicità.

#### A) Tubi in U-PVC

La maggior parte delle condotte di trasporto nelle aziende agricole sono interrate, nel qual caso il PVC (cloruro di polivinile) è il materiale più indicato. I tubi in U-PVC sono disponibili in barre rigide di diverse lunghezze. Rispetto al polietilene, lo spessore delle pareti è più sottile a parità di diametro esterno e pressione nominale di esercizio. Ciò si traduce in un diametro interno maggiore che consente di ridurre significativamente le perdite per attrito a parità di portata. I tubi e i raccordi in PVC devono essere conformi alle specifiche UNI EN ISO.

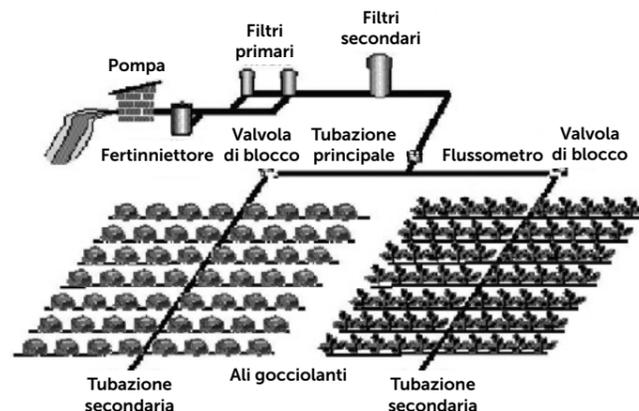


Figura 22 - Rappresentazione schematica di un sistema di microirrigazione.

Le barre in PVC possono essere accoppiate tramite l'estremità a campana dotata di guarnizione elastomerica (*Figura 23*) o tramite manicotti da saldare.

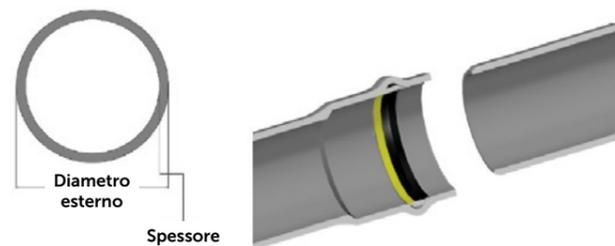


Figura 23 - Sezione trasversale di un tubo in PVC e dell'estremità a campana con guarnizione elastomerica (da: System Group, modificato).

#### B) Posa dei tubi in PVC

Assicurarsi che il tubo della condotta principale sia posato in conformità con le raccomandazioni del produttore. I tubi devono essere ricoperti immediatamente dopo la posa, lasciando i giunti esposti per il collaudo (*Figura 24*).

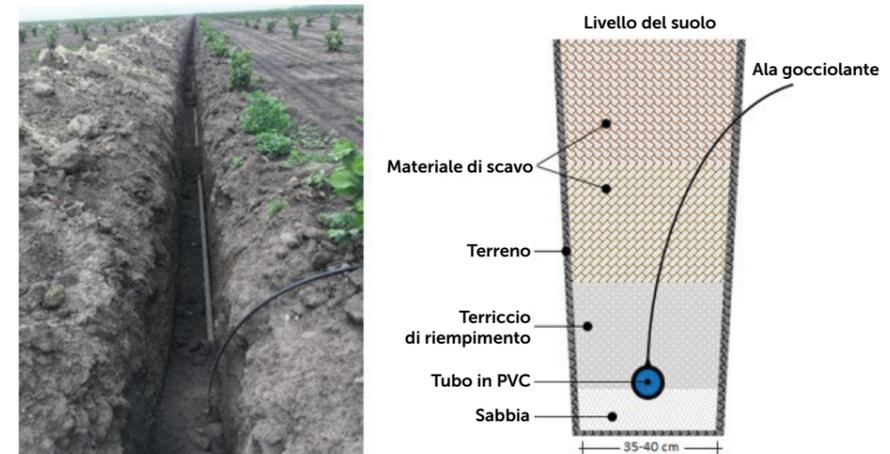


Figura 24 - Posizionamento del tubo in PVC che funge da collettore. Il fondo dello scavo è liscio. La trincea è riempita con strati di terra di 30 cm ciascuno.

#### Trincee

Profondità della trincea

La profondità della trincea viene normalmente determinata da uno specialista dopo un'indagine approfondita. Prima di installare il tubo è necessario considerare anche la deflessione del tubo in condizioni di interrimento.

#### Scavo

La larghezza della trincea alla sommità del tubo deve essere la più stretta possibile, ma non inferiore al diametro esterno del tubo più 300 mm per consentire una corretta compattazione del riempimento laterale.

Al di sopra della sommità del tubo, la trincea può avere qualsiasi larghezza conveniente. La trincea non deve essere aperta troppo in anticipo rispetto alla posa del tubo.

#### Larghezza della trincea e profondità di copertura

Per la maggior parte degli scopi, una trincea più larga di 300 mm rispetto al diametro del tubo consente uno spazio sufficiente per la giunzione. La profondità di copertura deve essere di almeno un metro dalla sommità del tubo alla superficie del terreno.

#### Sottosuolo normale

Su un sottosuolo normale, sostituire più di 100 mm di spessore del terreno scavato con sabbia opportunamente setacciata da utilizzare come letto di posa. Se la sabbia scavata non è adatta, utilizzare sabbia di fiume.

### Riempimento intorno al tubo

Il terreno di riempimento deve essere privo di pietre e rocce e deve essere versato uniformemente su entrambi i lati del tubo per evitare lo spostamento dello stesso. Il terreno deve essere posizionato e stabilizzato con compattatori manuali per compattare saldamente il terreno intorno al tubo. Questa operazione deve essere portata avanti fino a quando il riempimento ha raggiunto un'altezza di 300 mm sopra la sommità del tubo.

### Rifacimento del terreno fino al livello del suolo

Il resto della trincea (ma non i giunti dei tubi) deve essere riempito (in strati di spessore complessivo di circa 300 mm) per tutta la larghezza della trincea con il materiale di scavo, compattando bene ogni singolo strato. Se il materiale di scavo è tale da poter causare cedimenti successivi, potrebbe essere necessario utilizzare materiale selezionato (ad esempio nei casi in cui le tubazioni sono posate sotto le strade).

### Lavaggio

Dopo l'installazione di tutti i componenti del sistema, il sistema può essere riempito d'acqua sotto la supervisione del progettista o dell'ingegnere. L'acqua disponibile per il sistema deve essere utilizzata per lavare tutte le tubazioni al fine di rimuovere eventuali residui di terra o altre impurità che potrebbero essere penetrate nel sistema durante l'installazione.

### Controllo della pressione

Una volta che il sistema è a piena pressione, tutte le valvole di controllo che richiedono regolazioni devono essere impostate in modo da fornire le pressioni corrette nei vari punti del sistema. Le pressioni devono essere controllate e confrontate con i valori di progetto.

### C) Tubi in PE

I tubi in polietilene ad alta densità (HDPE) sono più adatti per essere posati sulla superficie del terreno, grazie alle loro proprietà di resistenza ai raggi UV. I tubi in HDPE sono più costosi di quelli in PVC e devono quindi essere utilizzati solo se le condizioni di installazione lo richiedono. I tubi devono essere conformi alle specifiche standard.

Lo sviluppo di nuovi materiali ha portato a un miglioramento delle proprietà di resistenza con nuovi gradi di HDPE. I tubi in HDPE di piccolo diametro (ad esempio, tubi flessibili con diametro esterno <180 mm) sono disponibili in rotoli.

I tubi in plastica fabbricati con materiale vergine durano più a lungo e hanno una finitura più liscia (riducendo le perdite per attrito e quindi il fabbisogno energetico) rispetto ai tubi realizzati con materiale riciclato. Devono essere utilizzati tubi di produttori affidabili.

La scelta del diametro dei tubi è determinata da criteri economici relativi ai costi iniziali e di esercizio.

Il costo iniziale aumenta con il diametro, mentre il costo durante l'uso del sistema aumenta al diminuire del diametro. L'obiettivo del progettista è quello di trovare la soluzione più economica, ovvero il diametro che riduce al minimo la somma dei costi fissi e variabili. Il grafico in *Figura 25* rappresenta questo approccio.

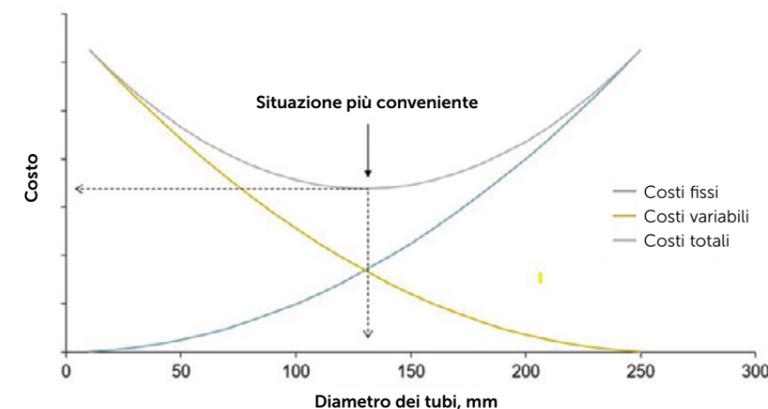


Figura 25 - Approccio economico alla progettazione delle tubazioni. Per una portata fissa, la soluzione più economica è quella che riduce al minimo la somma dei costi di capitale (produzione) e di esercizio (utilizzo), tenendo conto del tasso di interesse, delle ore di pompaggio all'anno e del costo dell'energia.

I seguenti valori di attrito ammissibile nelle condotte principali sono proposti come norme e si applicano alle tubazioni con diametro pari o inferiore a 200 mm:

- tubazione ascendente: attrito massimo dell'1,5% (m/100 m);
- tubazione a gravità: velocità di flusso massima ammissibile di 3,0 m/s.

Se i valori sopra indicati vengono superati, il progettista deve dimostrare che il costo totale del diametro del tubo scelto (costo di investimento e costo di esercizio annuale) è stato ottimizzato ed è il migliore tra le opzioni disponibili.

Per le tubazioni di diametro maggiore, l'effetto del colpo d'ariete è critico e deve essere studiato e ottimizzato.

### 5.3.2 Pompe

La capacità della pompa deve essere sufficiente a fornire la portata e la pressione richieste dal sistema e a garantire il lavaggio delle ali e del collettore.

Rispetto al punto di funzionamento (pressione e portata) della capacità calcolata del sistema, i margini di progettazione possono essere modificati aggiungendo i seguenti valori accettati:

- portata: 10%
- pressione: 5%

Se una pompa di irrigazione viene utilizzata anche per la miscelazione e l'applicazione di fertilizzanti, è necessario prevedere una capacità della pompa aggiuntiva del 20% (Van Niekerk et al., 2008).

### 5.3.3 Filtri

Il filtro è il cuore di qualsiasi sistema a goccia. La filtrazione dell'acqua di irrigazione per l'applicazione attraverso sistemi a goccia è essenziale per impedire che sostanze ostruiscano gli emettitori.

Poiché gli intasamenti dei gocciolatori sono difficili da individuare e possono essere riparati solo mediante sostituzione, l'irrigazione a goccia in generale richiede un elevato grado di filtrazione.

Una manutenzione e una gestione adeguate del sistema di filtrazione sono di fondamentale importanza per garantire prestazioni ottimali del sistema di irrigazione.

Il tipo di filtro da utilizzare e il livello di filtrazione che deve essere garantito dal mezzo filtrante sono strettamente correlati sia al **tipo di sistema** da servire sia alla quantità e al **tipo di impurità presenti nell'acqua**, strettamente legate alla **fonte**.

Sia il tipo di filtro che il grado di filtrazione possono essere suggeriti dai produttori di apparecchiature per l'irrigazione a goccia.

I filtri possono essere classificati in base alla loro posizione nella sequenza di filtrazione.

I **filtri primari** sono filtri a ciclone e filtri a sabbia, selezionati in base alla fonte dell'acqua. Hanno il compito di rimuovere la maggior parte delle impurità trasportate in sospensione. Sono posizionati all'inizio del banco di filtrazione.

I **filtri secondari** o di sicurezza o di controllo sono filtri a rete (schermo) e filtri a disco. Almeno un filtro di sicurezza deve essere posizionato a valle del filtro primario, soprattutto quando si pratica l'irrigazione a goccia.

#### A) Filtri primari

##### A.1 Separatore di sabbia (ciclone)

L'acqua proveniente da pozzi, stagni o fiumi può essere ricca di solidi sospesi. Il filtro a ciclone, chiamato anche separatore di sabbia o filtro tangenziale, è un filtro primario utilizzato per rimuovere le particelle solide pesanti, in particolare sabbia e ghiaia (Figura 26). È il primo di una serie completa di filtri.

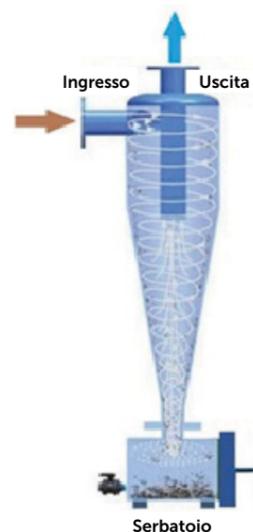


Figura 26 - Separatore di sabbia. Nella parte inferiore, il contenitore di raccolta con valvola di scarico rapido.

La separazione delle particelle avviene attraverso l'accelerazione causata dal movimento rotatorio dell'acqua che entra tangenzialmente rispetto al corpo del ciclone. Le particelle minerali cadono nel serbatoio, mentre l'acqua pulita fuoriesce dalla parte centrale superiore del corpo. La manutenzione si limita allo svuotamento del serbatoio in cui sono intrappolate le particelle. L'operazione dura fino a quando l'acqua è pulita, il che avviene in pochi secondi. Quando l'acqua è ricca di particelle in sospensione, è necessario considerare la capacità del serbatoio. Inoltre, è necessario posizionare un filtro secondario a valle del separatore di sabbia (Figura 27). La caduta di pressione deve essere <9 m e la misurazione deve essere effettuata all'ingresso e all'uscita del filtro.



Figura 27 - Banco di filtrazione composto da separatori di sabbia e filtri a disco per il trattamento dell'acqua proveniente da pozzi trivellati.

##### A.2 Filtri a sabbia

Come i filtri a disco, anche i filtri a sabbia offrono un'azione filtrante tridimensionale. Presentano un'ampia superficie filtrante, pertanto la capacità totale di un filtro a sabbia è molto superiore a quella di altri tipi di filtri. Inoltre, garantiscono un'azione filtrante più fine, rendendoli una scelta molto popolare. La maggior parte dei produttori specifica un filtro a sabbia con un ampio spettro di granulometrie in grado di rimuovere dall'acqua particelle fino a 80 micron.

L'area del mezzo filtrante è il fattore determinante per il calcolo della capacità del filtro. La capacità massima teorica di un filtro a sabbia da 0,8 mm è di 50 m<sup>3</sup>/h per metro quadrato di superficie sabbiosa. Ci sono due ragioni principali per cui non è consigliabile utilizzare i filtri a sabbia al massimo delle loro capacità:

- minore è la portata durante la filtrazione, migliore è il risultato;
- allo stesso tempo, gli intervalli di controlavaggio aumentano in proporzione inversa al calo dell'utilizzo.

I filtri a sabbia richiedono poca manutenzione. Tuttavia, è importante che i filtri vengano regolarmente controllati per evitare un eccessivo accumulo di sporco che potrebbe ostruire la superficie della sabbia e, di conseguenza, essere spinto attraverso la sabbia a causa dell'aumento della differenza di pressione, con un processo noto come "imbuto". È stato determinato nella pratica che le migliori velocità di controlavaggio dei filtri a sabbia dovrebbero essere identiche o leggermente inferiori alla velocità massima di filtrazione. Si raccomanda inoltre di sostituire la sabbia regolarmente, almeno una volta all'anno.

I filtri a sabbia funzionano sempre in combinazione con filtri secondari a disco o a rete. Ciò è dovuto a due motivi:

- in circostanze normali, il filtro secondario funge da controllo delle prestazioni del filtro a sabbia. Durante il filtraggio accidentale, il materiale si muove attraverso la sabbia e viene intercettato dal filtro secondario. Questa condizione avverte l'operatore che il filtro a sabbia deve essere sottoposto a manutenzione;
- se il filtro a sabbia è danneggiato internamente, la sabbia del filtro viene intercettata dal filtro secondario, impedendole di entrare negli emettitori.

La forma e il funzionamento di un tipico filtro a sabbia sono illustrati nella *Figura 28*.

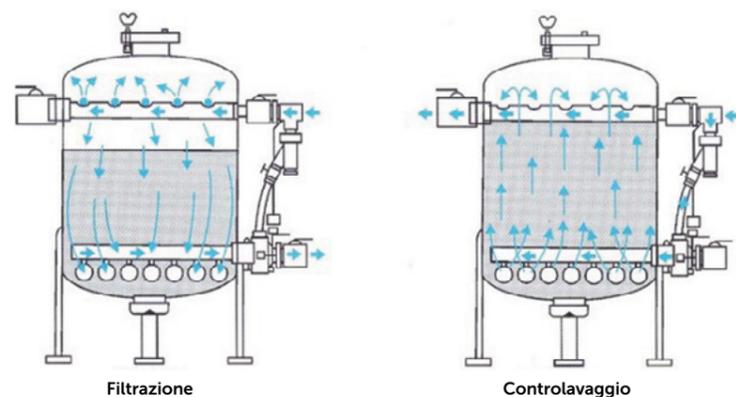


Figura 28 - Filtrazione e controlavaggio in un filtro a sabbia.

I filtri a sabbia dotati di filtri secondari sono consigliati per l'irrigazione a goccia con acqua "normale" immagazzinata o corrente. Poiché i filtri a rete non sono fondamentalmente lavabili a controcorrente, per questo scopo si consigliano i filtri a disco.

#### B.1 Filtri a rete

I filtri a rete sono costituiti da una membrana permeabile che si trova solitamente all'interno di un nucleo cilindrico di supporto (*Figura 29*).

La rete è solitamente realizzata in acciaio inossidabile o in un composto di nylon. Le qualità di filtrazione sono determinate dalla dimensione delle maglie, dalla superficie totale della rete e dalla facilità di pulizia della rete durante le normali operazioni di manutenzione. I filtri a rete sono adatti per filtrare acqua di buona qualità in cui sono presenti sabbia e limo. Le alghe possono tuttavia ostruire le aperture di un filtro a rete. I valori di filtrazione sono riportati nella *Tabella 12*.

Tabella 11 - Grado di filtrazione consigliato per diversi diametri del percorso del flusso.

Mesh	20	40	80	100	120	150	180	200
Aperture del filtro (mm)	0.711	0.420	0.180	0.152	0.125	0.105	0.089	0.074
Diametro dell'orifizio (mm)	5	3	1.2	1.0	0.9	0.7	0.6	0.5

Tabella 12 - Classificazione della finezza di filtrazione.

Classificazioni standard dei filtri						
Micron	300	250	200	130	100	80
mm	0.3	0.25	0.2	0.13	0.1	0.08
Mesh	50	60	75	120	155	200



Figura 29 - Filtri a rete (Fonte: Arkal).

Le aperture del filtro devono essere inferiori a 1/5 del diametro dell'orifizio del gocciolatore (*Tabella 11*). Per aperture del percorso del flusso  $\leq 1$  mm è necessario attenersi alle raccomandazioni del produttore del microirrigatore.

Il grado di filtrazione standard è 120 mesh.

#### B.2 Filtri a disco

I filtri a disco offrono un'azione filtrante tridimensionale e quindi hanno una capacità molto superiore rispetto ai filtri a rete delle stesse dimensioni di base. Il filtro è costituito da una serie di dischi circolari scanalati in plastica, strettamente impilati in modo cilindrico. L'acqua scorre dall'esterno del cilindro attraverso i dischi verso l'interno. Tutti i corpi estranei più grandi delle aperture permeabili delle scanalature specifiche vengono trattenuti dai dischi. Lo sporco viene rimosso dai dischi mediante lavaggio con acqua filtrata in direzione opposta attraverso i dischi (controlavaggio). In alcuni filtri, i dischi possono anche essere allentati l'uno dall'altro e persino ruotati durante il controlavaggio, ottenendo dischi più puliti.

Il modello di flusso di un filtro a disco tipico durante la filtrazione e il controlavaggio è illustrato nella *Figura 30*.

I filtri a disco sono solitamente adeguati nei casi in cui si utilizza acqua pulita (ad esempio, la maggior parte dell'acqua di pozzo) per l'irrigazione. Il livello di filtrazione sarà sufficientemente fine e l'unica limitazione sarà la durata del ciclo di controlavaggio.

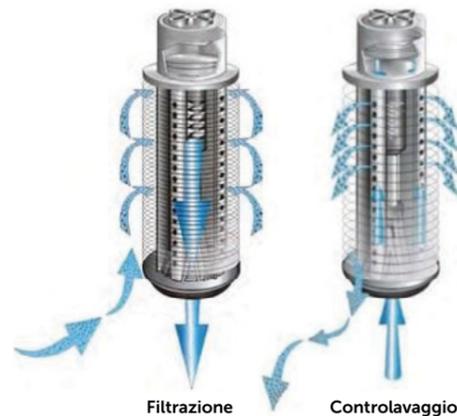


Figura 30 - Filtrazione e controlavaggio in un filtro a disco (da: Arkal).

### Selezione delle dimensioni o della capacità del filtro

Le dimensioni e/o il numero di filtri necessari per un sistema dipendono da:

- Il flusso totale nel sistema e il flusso massimo consigliato attraverso ciascun filtro
- La quantità di sporco presente nell'acqua
- Il ciclo minimo di controlavaggio o pulizia

### Portata massima

Maggiore è la portata attraverso un filtro, maggiore è la perdita di pressione sul filtro (*Figura 31*).

Maggiore è il grado di filtrazione, maggiore è la perdita di pressione attraverso il filtro a parità di portata.

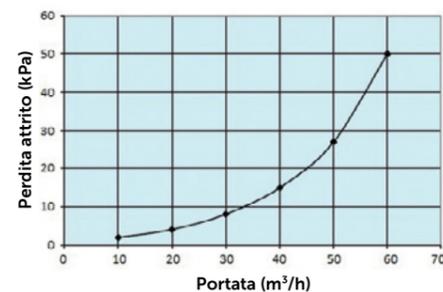


Figura 31 - La perdita per attrito sul filtro aumenta con la portata. L'intervallo di pressione consentito è compreso tra 10 e 50 kPa.

Le perdite di pressione devono essere limitate sia per motivi fisici che economici. La perdita di pressione totale su un filtro pulito alla portata massima consentita non deve superare i 10 kPa.

Tuttavia, questa linea guida non è rigida, ma può essere adattata in base ai fattori rilevanti del sistema. Perdite di pressione eccessive possono influire negativamente sull'efficienza della filtrazione e possono persino danneggiare il mezzo.

### Ciclo di pulizia

La gestione del filtro comprende la pulizia periodica degli elementi filtranti (schermo, disco, sabbia).

La pulizia può essere manuale o automatica. La frequenza degli interventi di pulizia dipende dalle caratteristiche dell'acqua di irrigazione, dall'emettitore utilizzato e dal tipo di filtro. Può essere effettuata a intervalli di tempo prestabiliti o quando la caduta di pressione raggiunge una soglia prestabilita (differenza tra la lettura della pressione all'ingresso e all'uscita del filtro).

Durante il processo di filtrazione si verifica un aumento della perdita di pressione totale sul filtro a causa dell'intasamento. La perdita di pressione su un filtro tipico è illustrata nella *Figura 32*.

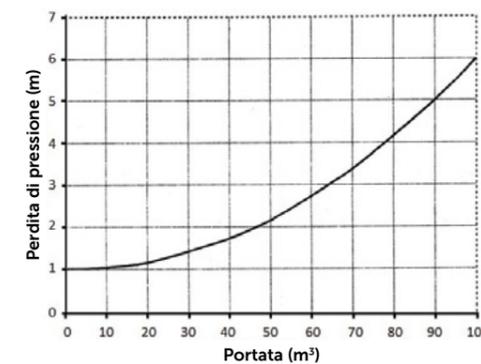


Figura 32 - L'intasamento del filtro aumenta con la quantità di acqua filtrata.

Si suggeriscono le seguenti norme:

- Perdita di pressione massima consentita sui filtri a disco e a schermo:
  - su un filtro pulito  $\leq 10$  kPa;
  - su un gruppo di filtri puliti  $\leq 30$  kPa;
  - su un gruppo di filtri prima del controlavaggio  $\leq 70$  kPa.
- Perdita di pressione massima consentita sul filtro a sabbia:
  - su un filtro pulito  $\leq 10$  kPa;
  - su un filtro pulito compreso il filtro secondario  $\leq 40$  kPa;
  - sul banco di filtri prima del controlavaggio  $\leq 60$  kPa.
- Quando si utilizza un filtro a sabbia, è necessario posizionare uno schermo di controllo (secondario) o un filtro a disco sul lato a valle del filtro a sabbia per catturare le impurità sfuggite.
- Quando si utilizza un filtro a disco o a schermo, è necessario seguire le raccomandazioni del produttore del sistema di gocciolamento.

- La portata massima consentita attraverso un filtro a sabbia pulito con una perdita di pressione  $\leq 10$  kPa è  $\leq 50$  m<sup>3</sup>/h per m<sup>2</sup>.
- Per il controlavaggio dei filtri a sabbia è richiesto almeno il 50% della portata massima di filtrazione (50 m<sup>3</sup>/h per m<sup>2</sup> di superficie della sabbia).
- La portata massima di controlavaggio non deve superare 1,2 volte la portata di filtrazione.
- Durante il controlavaggio del filtro a sabbia è richiesta una pressione di ingresso minima di 6 m.
- Il tempo di controlavaggio dei filtri a sabbia può essere compreso tra 90 e 180 secondi.

All'inizio del processo di pulizia, l'acqua grezza si trova sopra il letto di sabbia e all'inizio sembra pulita. Successivamente, l'acqua sporca intrappolata nel letto di sabbia viene espulsa. Durante il processo di lavaggio, l'acqua apparirà gradualmente più pulita. È quindi molto importante lasciare tempo sufficiente durante l'operazione di controlavaggio per garantire che tutte le impurità vengano rimosse dal filtro.

#### Prodotti disponibili

Sul mercato è disponibile un'ampia varietà di apparecchiature di filtrazione. È necessario utilizzare esclusivamente filtri di aziende rinomate nel settore dell'irrigazione che garantiscono un controllo di qualità e test accurati.

### 5.3.4 Ali gocciolanti

Tipi di ali:

I gocciolatori possono essere montati sulle ali gocciolanti in vari modi. Possono essere:

- in linea;
- interni;
- integrati;
- esterni.

Sia per l'irrigazione a goccia superficiale sia per la subirrigazione delle piante arboree (ad esempio, noccioli), i gocciolatori sono interni all'ala. Il gocciolatore è fissato alla parete interna del tubo di gocciolamento mediante fusione termica (nota anche come incollaggio) durante il processo di produzione. In questo caso, i tubi standard in polietilene (PE) sono quindi da escludere. Si utilizzano principalmente due tipi di gocciolatori:

- gocciolatori cilindrici;
- gocciolatori allungati.

Questi gocciolatori hanno un percorso di flusso lungo, in cui l'attrito e la turbolenza nel percorso di flusso riducono la pressione laterale fino al raggiungimento della portata nominale. L'area della sezione trasversale del percorso di flusso è solitamente di circa 1 mm<sup>2</sup>. Il flusso è considerato turbolento a causa dei continui cambiamenti di direzione che si verificano lungo il labirinto.

#### Ala gocciolante e terreno

La capacità di diffusione laterale dell'acqua nel terreno è un fattore determinante nel processo decisionale. La forma e le dimensioni del profilo bagnato nel terreno sono importanti perché devono essere in grado di immagazzinare la quantità d'acqua sufficiente nell'area accessibile alle radici. La distribuzione dell'acqua nel suolo avviene lungo il gradiente idraulico tra il suolo umido e quello asciutto: lateralmente per capillarità e verticalmente per gravità. Con l'applicazione puntiforme, questo modello di bagnatura e distribuzione assume più o meno la forma di una cipolla, come mostrato nella Figura 33.

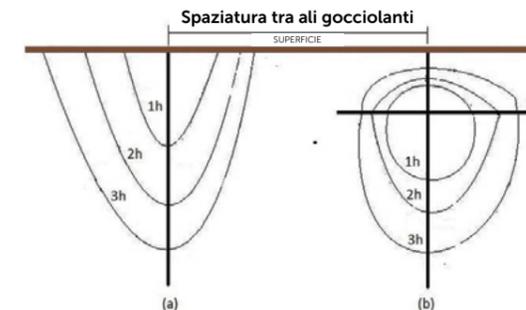


Figura 33 - Distribuzione dell'acqua nel suolo in superficie (a) e nel sottosuolo (b) con irrigazione a goccia (da Reinders et al., modificato).

Il metodo di distribuzione dell'acqua di irrigazione sulla superficie del suolo, così come la distribuzione dell'acqua nel suolo (in particolare la distribuzione laterale), dovrebbe essere ben correlato alla natura, alla forma e all'estensione dell'apparato radicale e a qualsiasi limitazione che lo influenzi. Il fattore sconosciuto è la capacità del suolo di distribuire lateralmente l'acqua di irrigazione.

Tre fattori fondamentali e interattivi sono responsabili di questa caratteristica:

- la percentuale di argilla nel suolo;
- la percentuale di frazione fine nella sabbia;
- la presenza di materiale organico nel terreno.

Sebbene questi fattori siano quantificabili singolarmente, il loro effetto combinato sulla capacità di distribuzione laterale dell'acqua nel terreno non può essere calcolato teoricamente. Inoltre, si presume generalmente che i terreni con un alto contenuto di argilla offrano una migliore distribuzione orizzontale rispetto ai terreni con un'alta frazione di sabbia (ARC, 2010).

#### Idoneità agronomica delle ali gocciolanti

L'uso delle ali gocciolanti si basa sul principio convenzionale della bagnatura a strisce. L'obiettivo di questo approccio è quello di creare una zona umida continua nel terreno, indipendentemente dal fatto che l'ala gocciolante sia posizionata sopra il terreno o sottoterra. Il massimo sfruttamento della capacità di distribuzione laterale dell'acqua del terreno richiede un'adeguata sovrapposizione delle zone bagnate (vedere 4.2). La distanza tra i gocciolatori deve quindi essere scelta con attenzione. Una linea di gocciolatori preassemblata è normalmente prodotta secondo processi di fabbricazione standard con un'ampia gamma di opzioni di spaziatura dei gocciolatori, che varia normalmente da circa 0,3 a 1,0 m e oltre. Ciò consente di soddisfare i requisiti minimi del sistema per determinare la potenziale capacità di distribuzione laterale dell'acqua del terreno specifico.

### Intrusione di radici e particelle di terreno

La penetrazione delle radici è un problema potenzialmente grave (Figura 34). I gocciolatori che si chiudono automaticamente in condizioni di bassa pressione sono più resistenti alla penetrazione.

La potenziale penetrazione del terreno nei gocciolatori a causa del vuoto è un problema comune, soprattutto quando il sistema è spento. È necessario installare valvole antivuoto in tutti i punti più alti e a valle di tutte le valvole di intercettazione.



Figura 34 - Percorso all'interno del gocciolatore e orifizio ostruiti dalle radici della pianta.

### Selezione dell'ala gocciolante in base all'adeguatezza idraulica

Lo scarico del gocciolatore deve restare nel tempo il più prossimo alla portata di progetto. La variazione di pressione consentita lungo l'ala gocciolante non compensata non deve superare una soglia prestabilita, ad esempio il 20% della pressione di esercizio, al fine di mantenere la variazione di scarico dei gocciolatori entro il 10% della portata di progetto.

La variazione di pressione è dovuta alla perdita per attrito e alla differenza di elevazione dovuta alla morfologia.

Le perdite per attrito aumentano:

- all'aumentare della portata;
- al diminuire del diametro interno del tubo;
- all'aumentare della lunghezza dell'ala gocciolante.

Lo stesso modello di linea di gocciolamento può essere disponibile in varianti che differiscono per:

- distanza tra i gocciolatori, m (più comune: 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 1,0);
- portata dei gocciolatori, l/h (0,6, 1,0, 1,2, 1,6, 2,0, 2,4, 2,8, 3,0, 3,8);
- pressione di esercizio, bar (da 1 a 3,5);
- non compensata (PS) o compensata (PC);
- diametro, mm (PC: 16, 22; non compensata: 16, 20).

Le prestazioni della linea di gocciolamento, funzionante nel range di pressione consigliato, sono fornite dal produttore.

Considerando la distanza di progettazione, ad esempio 0,8 m, e la portata, ad esempio 1,6 l/h, la lunghezza massima dell'ala gocciolante è influenzata dal diametro del tubo e dalla pressione all'ingresso. I valori indicativi sono i seguenti (Tabella 13):

Tabella 13 - Valori indicativi delle lunghezze massime per le ali gocciolanti PC e PS.

Diametro (mm)	Pressione (bar)		
	PC		PS
	1	3,5	1
16	190	360	152
20	284	536	210
22	390	690	300

La scelta dell'ala gocciolante deve quindi tenere conto di:

- lunghezza del campo;
- necessità di evitare eccessive variazioni di pressione;
- costo dell'attrezzatura (aumenta con il diametro e il dispositivo PC);
- costo dell'energia (diminuisce con il diametro).

Rispetto al PC da 16 mm, il tubo gocciolante PS da 20 mm è circa il 20% più economico.

### Posizione del collettore all'interno del campo

Soluzioni economiche per coprire lunghe distanze e mantenere le variazioni di pressione entro valori accettabili possono essere ottenute posizionando il collettore all'interno del campo e alimentando i laterali dai lati opposti. La posizione intermedia del collettore dipende dalla pendenza del terreno del campo, ad esempio se è pianeggiante o inclinato.

### Terreno pianeggiante

Su terreno pianeggiante, il collettore viene posizionato al centro, in modo da dimezzare sia la lunghezza dell'ala gocciolante che la portata in ingresso di ciascun segmento (Figura 35). Il diametro del collettore non cambia poiché la portata in ingresso al collettore è la stessa.

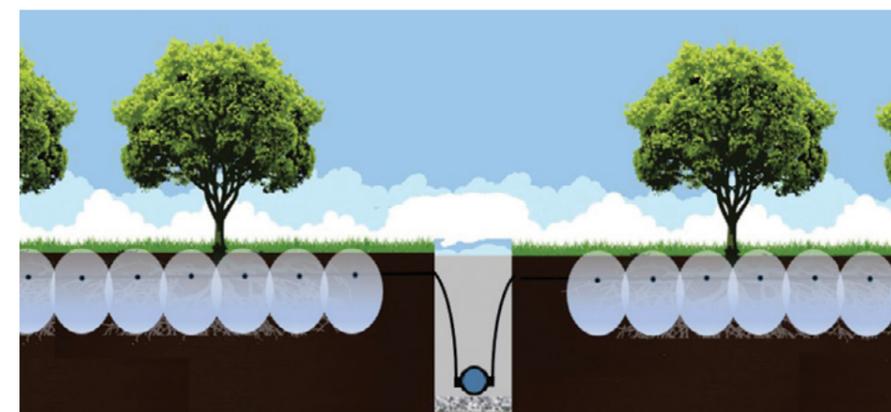


Figura 35 - Rappresentazione schematica dell'alimentazione bilaterale in SDI. Il sistema idraulico si applica a tutte le condizioni.

### Terreno inclinato

La lunghezza di ciascun segmento dell'ala gocciolante è influenzata dalla pendenza del campo. All'aumentare della pendenza del campo, la lunghezza del segmento in salita,  $L_u$ , diminuisce, mentre la lunghezza del segmento in discesa,  $L_d$ , aumenta. La posizione del collettore all'interno del campo,  $L$ , dovrebbe garantire la prevalenza minima all'estremità chiusa sia del segmento in salita che di quello in discesa dell'ala gocciolante.

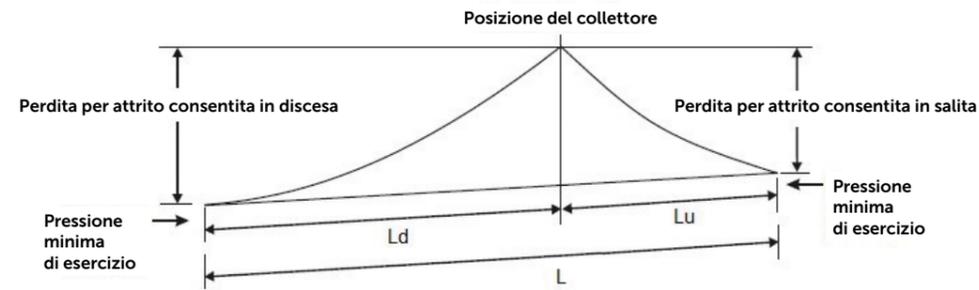


Figura 36 - Rappresentazione schematica della posizione del collettore all'interno di un campo inclinato.

### Distanza dell'ala gocciolante e area bagnata

Il modello di bagnatura del suolo è determinato dalla distanza dell'ala gocciolante e dalla distanza tra i gocciolatori, e dipende dal tipo e dalla struttura del suolo.

La selezione preliminare della distanza tra gli emettitori deve tenere conto del diametro teorico del suolo bagnato (vedere la prova sul campo al punto 4.2). Questo è funzione della portata del gocciolatore e del tipo di suolo (Figura 37).

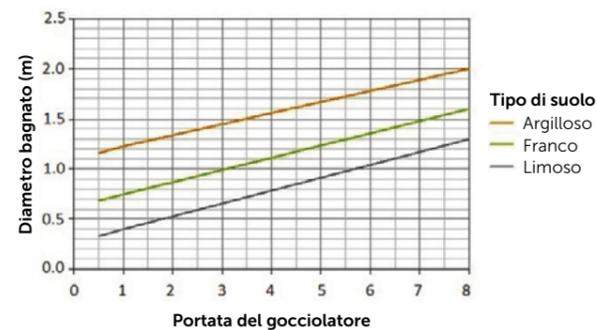


Figura 37 - Rappresentazione schematica dell'influenza che hanno il tipo di terreno e la portata del gocciolatore sul diametro bagnato.

La tabella 14 illustra la relazione tra la portata di scarico, la consistenza del terreno, la distanza tra i gocciolatori e la distanza dell'ala gocciolante. Sebbene questa tabella sia relativa all'irrigazione a goccia superficiale, relazioni simili esistono anche per la subirrigazione.

Tabella 14 - Percentuale di area bagnata sotto gocciolatori con diverse portate, spaziature e tessiture del suolo.

Tasso di erogazione del gocciolatore	2 l/h			4 l/h			8 l/h		
Struttura del suolo	Grosso	Medio	Fine	Grosso	Medio	Fine	Grosso	Medio	Fine
Diametro bagnato sotto al gocciolatore (m)	0.39	0.78	1.24	0.78	1.24	1.26	1.24	1.62	2.10
Distanza massima tra i gocciolatori sull'ala gocciolante (m)	0.30	0.60	1.00	0.60	1.00	1.30	1.00	1.30	1.70
Distanza tra le ali gocciolanti (m)	Percentuale di area bagnata (% Wa)								
0,8	50	100	100	100	100	100	100	100	100
1,0	40	80	100	80	100	100	100	100	100
1,2	33	67	100	67	100	100	100	100	100
1,5	26	53	80	53	80	100	100	100	100
2,0	20	40	60	40	60	80	60	80	100
2,5	16	32	48	32	48	64	48	64	80
3,0	13	26	40	26	40	53	40	53	67
3,5	11	23	34	23	34	46	34	46	57
4,0	10	20	30	20	30	40	30	40	50
4,5	9	18	26	18	26	36	26	36	44
5,0	8	17	24	17	24	32	24	32	40
6,0	7	14	20	14	20	27	20	27	34

### Prodotti disponibili

Sul mercato è disponibile un'ampia varietà di ali gocciolanti. I dati dei fornitori più importanti sono riportati nelle schede tecniche. Inoltre, è possibile contattare i singoli fornitori per informazioni e specifiche. È necessario utilizzare esclusivamente ali gocciolanti di produttori di sistemi di irrigazione rinomati, che garantiscono un controllo di qualità e test accurati.

### 5.3.5 Gocciolatori

Sul mercato è disponibile un'ampia varietà di gocciolatori. I dati relativi ai gocciolatori dei principali fornitori possono essere consultati nei cataloghi tecnici disponibili online. Di norma è possibile contattare i singoli fornitori per ottenere informazioni e specifiche. È necessario utilizzare esclusivamente gocciolatori di aziende rinomate nel settore dell'irrigazione che garantiscono un controllo di qualità e test accurati.

### Caratteristiche dei gocciolatori

È disponibile in commercio un'ampia varietà di gocciolatori. È possibile distinguere i diversi tipi in base al principio di funzionamento (sensibili alla pressione o a compensazione di pressione), alla posizione rispetto all'ala gocciolante (interno, esterno, ecc.) e alla struttura (lunghezza del percorso del flusso, ecc.).

Indipendentemente dal tipo di gocciolatore scelto, è sempre importante selezionare componenti di buona qualità e collaudati quando si progetta e si installa un sistema di irrigazione a goccia. È consigliabile evitare l'uso di materiali economici ma di qualità inferiore e di componenti innovativi che devono ancora dimostrare la loro efficacia.

## Tipi di gocciolatori

Lo scopo del gocciolatore è quello di applicare acqua a una portata specifica (determinata durante il processo di progettazione e denominata portata nominale del gocciolatore) su una determinata area di terreno nel campo. La portata del gocciolatore è determinata dalla pressione dell'acqua in corrispondenza del gocciolatore; la portata nominale viene erogata a una pressione specifica denominata pressione di esercizio nominale. A pressioni superiori alla pressione di esercizio nominale, il gocciolatore erogherà una portata superiore alla portata nominale, mentre a pressioni inferiori alla pressione di esercizio nominale, il gocciolatore erogherà una portata inferiore alla portata nominale. La relazione tra pressione e portata è caratterizzata dall'equazione:

$$q = Khx$$

Dove:

q = portata del gocciolatore (l/h);

K = coefficiente di portata (include qe);

h = pressione di esercizio (m);

x = esponente di portata.

Questa relazione è rappresentata graficamente nelle Figure 38 e 39.

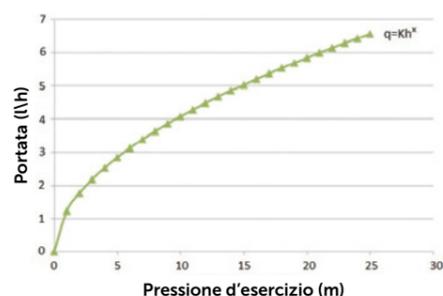


Figura 38 - Rappresentazione dell'andamento della portata dei gocciolatori non compensati. La portata aumenta con la pressione.

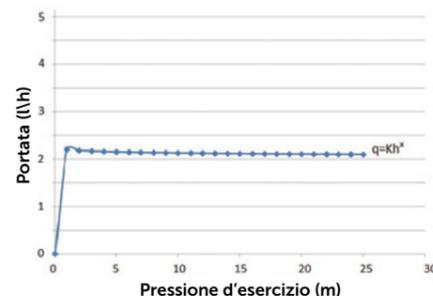


Figura 39 - Rappresentazione dell'andamento della portata dei gocciolatori autocompensanti. La portata è costante all'interno dell'intervallo di pressione di esercizio, che varia comunemente tra 5 e 35 m.

## Gocciolatori non autocompensanti

Lo scarico dei gocciolatori normali (non autocompensanti) dipende dalla pressione di esercizio all'interno dell'ala gocciolante. È quindi essenziale garantire che la pressione del sistema all'interno delle diramazioni e delle ali sia mantenuta entro i limiti di tolleranza definiti durante il processo di progettazione, al fine di mantenere l'uniformità dello scarico dei gocciolatori entro i range specificati. Nei gocciolatori sensibili alla pressione, x è compresa tra 0,3 e 0,8.

*Svantaggi dei gocciolatori non autocompensanti:*

- la lunghezza laterale e quindi lo scarico sono influenzati dalla topografia, che influisce direttamente sulla pressione di esercizio;
- i diametri dei tubi più grandi sono normalmente utilizzati lungo pendenze meno marcate per limitare le perdite per attrito;

- è spesso necessario mantenere la direzione del flusso discendente sia nei condotti laterali che in quelli secondari. I costi aumentano se è necessario un sistema di alimentazione più esteso;
- i processi di progettazione sono relativamente complessi (in genere richiedono l'uso di equazioni avanzate, ausili grafici e persino programmi informatici) e complicano il processo di progettazione.

## Gocciolatori a compensazione di pressione

In un gocciolatore autocompensante in cui il valore x deve essere 0, il meccanismo di regolazione influisce sul rapporto portata/pressione, mantenendo la portata costante in un intervallo di pressione specificato.

Di solito, l'unica limitazione è che deve essere mantenuta una pressione minima richiesta (ad esempio, 2,5 m) per svolgere la funzione di compensazione. I gocciolatori autocompensanti sono disponibili per tutti i tipi di sistemi pressurizzati, ma sono più costosi degli altri gocciolatori.

*Vantaggi dei gocciolatori autocompensanti:*

- è possibile utilizzare tubi laterali più lunghi dello stesso diametro, poiché la portata dell'emettitore rimane costante e non è influenzata dalle variazioni di pressione dovute all'attrito o alla topografia;
- analogamente, è generalmente possibile utilizzare tubi di diametro inferiore nelle linee secondarie e nelle ali gocciolanti, in alcuni casi, anche nella rete di distribuzione;
- nella maggior parte dei casi è vantaggioso mantenere una direzione del flusso opposta a quella del gradiente del terreno nelle linee secondarie e nelle ali gocciolanti;
- capacità di compensazione dei gocciolatori costituisce la variazione totale della portata di un sistema. Valori bassi di capacità di compensazione di gocciolatori ben progettati e ben fabbricati garantiscono quindi una distribuzione uniforme dell'acqua e dei nutrienti delle piante, spesso in modo sicuro entro le tolleranze normali consentite;
- per il processo di progettazione non sono necessarie tecniche avanzate come equazioni complesse e ausili grafici, né tantomeno programmi informatici. A tal fine è sufficiente un'applicazione sensata delle nozioni di base dell'idraulica dei tubi.

*Svantaggi solitamente associati ai gocciolatori autocompensanti:*

- la composizione complessa comporta un numero maggiore di componenti, con conseguente aumento della vulnerabilità e della difficoltà di mantenere bassi valori di capacità di compensazione;
- costi più elevati di gocciolatori.

### 5.3.6 Valvole

Le valvole sono componenti costosi in qualsiasi sistema di irrigazione, ma un posizionamento corretto può migliorare la facilità d'uso di un sistema e ridurre notevolmente i costi di manutenzione.

Sono disponibili diverse valvole per controllare il flusso e/o la pressione in corrispondenza dei blocchi o degli ingressi del sistema.

Le valvole meccaniche, come le valvole a farfalla, a saracinesca o a sfera, sono per lo più azionate manualmente, sebbene possano essere dotate di un riduttore per il funzionamento automatico o remoto (Figura 40 e Figura 41).



Figura 40 - Valvola a farfalla azionata manualmente su una linea principale.



Figura 41 - Valvole a saracinesca all'ingresso del sistema.

Le valvole di controllo sono necessarie presso il blocco di irrigazione e gli ingressi del sistema, nonché presso l'alimentazione idrica (solitamente la stazione di pompaggio) dell'intero sistema.

Le valvole idrauliche sono più adatte ai sistemi automatizzati e questo aspetto deve essere tenuto presente quando si progetta un nuovo impianto.

Le valvole di controllo sulla fornitura idrica vengono spesso dimenticate o tralasciate per motivi di costo, ma possono consentire un notevole risparmio idrico nel caso in cui sia necessario svuotare tubazioni o addirittura dighe per riparazioni o manutenzione, poiché non è presente alcuna valvola che consenta di isolare la sezione da riparare.

È necessario seguire sempre le raccomandazioni del produttore relative all'installazione, in particolare nel caso delle valvole meccaniche, poiché un'installazione non corretta può impedire l'apertura o la chiusura delle valvole. È necessario selezionare la dimensione corretta della valvola in base alla portata che la valvola deve essere in grado di gestire. La scelta di una valvola troppo piccola comporterà perdite per attrito eccessive, mentre la scelta di una valvola troppo grande, in particolare nel caso delle valvole idrauliche, comporterà un funzionamento impreciso, soprattutto a portate ridotte.

Le valvole di controllo devono essere scelte correttamente in base alle condizioni di portata e/o pressione del sistema e richiedono una pressione minima per funzionare correttamente. Questa varia a seconda dei diversi produttori. Se la pressione è troppo bassa, la valvola non può aprirsi abbastanza o chiudersi ermeticamente. La progettazione e l'installazione di tubazioni di grande diametro sono un campo specialistico e si consiglia di consultare progettisti esperti.

Le valvole dell'aria (Figura 42) sono inoltre indispensabili sulle linee principali, poiché proteggono la tubazione dai danni causati dall'aria. Le valvole dell'aria possono essere progettate per far uscire l'aria (sfiato, quando si riempie una tubazione vuota) o per far entrare l'aria (aria e vuoto, per evitare pressioni negative quando una tubazione viene svuotata o si verifica una rottura).

Le valvole dell'aria sono installate nei punti più alti dove l'aria tenderebbe a salire naturalmente a causa dell'acqua durante il riempimento del sistema e dove si verifica una pressione negativa durante lo svuotamento dell'acqua.



Figura 42 - Valvola di sfiato (rossa) regolata da una valvola a sfera (leva grigio scuro) posizionata a valle della valvola di controllo (a destra) di un blocco di irrigazione (settore). Altre valvole a sfera in PVC (leve blu) nell'impianto consentono diverse opzioni, quali operazioni di riparazione e manutenzione, nonché la divisione del settore in due parti.

Gli orifizi di scarico dell'aria e del vuoto e quelli di rilascio della pressione dell'aria sono entrambi aperti durante il riempimento. Durante il riempimento, l'acqua in entrata comprime l'aria nel tubo fino a quando la differenza di pressione attraverso la valvola dell'aria consente lo scarico dell'aria alla stessa portata volumetrica dell'acqua che entra nel tubo. Dopo che tutta l'aria è stata eliminata, l'acqua entra nella valvola e solleva i galleggianti fino a chiudere entrambi gli orifizi.

Mentre l'orifizio grande rimane chiuso, quello piccolo si riapre per scaricare l'aria che si è accumulata nella valvola dopo la chiusura. Quando la pressione interna scende al di sotto della pressione atmosferica, entrambi gli orifizi si aprono per consentire all'aria di entrare nel sistema alla stessa portata volumetrica con cui l'acqua viene scaricata. In questo modo si evitano il vuoto critico e il danneggiamento del tubo. Poiché i gocciolatori sotterranei sono coperti di terra, il vuoto creato nei laterali può favorire l'ingresso di particelle di terra negli orifizi. Si raccomanda quindi di installare un rompivuoto o una valvola di ingresso dell'aria su ogni blocco di irrigazione. Se la pendenza dell'ala gocciolante non è costante e si crea un punto alto, è necessario installare un rompivuoto aggiuntivo nel punto più alto.

Nei campi in cui l'acqua viene pompata in salita in un'ala gocciolante, è necessario installare un rompivuoto nel punto più alto. Se è installato un collettore di lavaggio, il rompivuoto deve essere installato nel punto più alto del blocco.

La topografia della linea principale determinerà se è necessario un rompivuoto aggiuntivo (Burger et al., 2003).

### 5.3.7 Accessori

#### A) Inverter

Circa il 20% dell'energia elettrica consumata a livello mondiale è destinata ai sistemi di pompaggio. Quelli dotati di un dispositivo di variazione della frequenza della corrente alternata, l'inverter, consentono di variare la velocità di rotazione della girante in funzione dell'energia da trasferire all'acqua. Il costo iniziale è più elevato, ma nel corso del ciclo di vita può essere inferiore a quello di una pompa che non offre i vantaggi di una migliore gestione energetica. Nella maggior parte dei casi, il consumo energetico durante il ciclo di vita rappresenta il costo più significativo di un sistema di pompaggio, in particolare quando le pompe funzionano per più di 2000 ore all'anno (Grundfos, 2004).

Le pompe a velocità variabile hanno la caratteristica di mantenere costante la pressione impostata al variare della portata entro il campo di funzionamento del sistema motore della pompa, mantenendo un'elevata efficienza. Ogni variazione della portata richiesta, misurata da un sensore di flusso, corrisponde a una determinata frequenza dell'alimentazione elettrica e quindi a una diversa velocità di rotazione della girante (Figura 43).

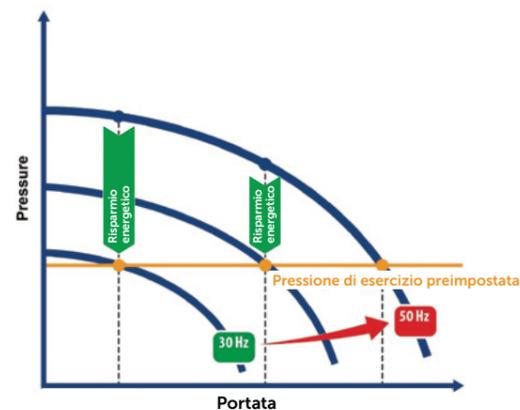


Figura 43 - Funzionamento di una pompa dotata di inverter. All'interno del campo di lavoro, la pressione viene mantenuta costante mentre la portata varia (da: Pedrollo, modificato).

#### Tra i vantaggi dell'utilizzo dell'inverter:

- migliore regolazione delle portate sull'intero impianto o su settori;
- riduzione del consumo energetico;
- minore sollecitazione della pompa con conseguente prolungamento della sua durata utile;
- avvio e arresto progressivi;
- riduzione del rischio di colpi d'ariete.

#### Tra gli svantaggi:

- il costo è ancora più elevato rispetto alle pompe tradizionali;
- quando si utilizzano impianti che consentono solo la regolazione della pressione, è necessario un flussometro per verificare il malfunzionamento dell'impianto, come perdite o occlusioni.

#### B) Misuratore di portata

Si raccomanda di installare un misuratore di portata in ogni sistema a goccia. Esso fornisce informazioni preziose sul corretto funzionamento del sistema, confrontando la portata misurata nel sistema con la portata nominale, segnalando tempestivamente eventuali intasamenti dei gocciolatori o perdite. È inoltre uno strumento utile per la programmazione, in quanto consente di verificare le quantità d'acqua applicate se le letture del contatore vengono raccolte regolarmente, ed è necessario per il funzionamento dei sistemi di iniezione di fertilizzanti. L'installazione del misuratore dietro il filtro del sistema lo proteggerà da possibili guasti dovuti a impurità fisiche presenti nell'acqua.

#### C) Manometro

Il monitoraggio dei dati, in particolare della quantità di acqua di irrigazione applicata, è fondamentale per la programmazione dell'irrigazione ed è necessario per valutare l'efficacia di una strategia di irrigazione e apportare miglioramenti se necessario.

All'ingresso del sistema di irrigazione, al blocco (settore) o alla derivazione, è necessario monitorare la pressione nel sistema e confrontarla con la pressione di ingresso prevista nella relazione di progetto. Un sistema che funziona alla pressione corretta fornirà la quantità d'acqua corretta ed è più facile misurare la pressione che la portata all'ingresso.

Lo scostamento dalla pressione di ingresso di progetto fornirà all'operatore un preallarme in caso di perdite o rotture delle tubazioni (bassa pressione), emettitori ostruiti (alta pressione) e altri problemi sul campo. La pressione nelle tubazioni può essere misurata con un manometro, fisso o portatile, che viene letto manualmente nel punto di misurazione. È inoltre possibile utilizzare manometri piezoelettrici e trasmettere le letture elettroniche a un punto centrale tramite telemetria. Ciò può richiedere la disponibilità di energia elettrica nel punto di misurazione. La scelta del punto di misurazione (ad esempio, l'uscita della linea di gocciolamento più lontana) è fondamentale per garantire una diagnosi affidabile del funzionamento del sistema.

Il flusso può essere misurato anche all'ingresso del sistema, dei blocchi o delle diramazioni, ma questo metodo è più costoso rispetto alla misurazione della pressione.

# FERTIRRIGAZIONE



## Applicazione dei fertilizzanti

L'applicazione dei fertilizzanti attraverso un sistema di irrigazione a goccia deve essere effettuata con grande attenzione e secondo le linee guida del fornitore del fertilizzante.

Problemi e linee guida relativi all'applicazione dei fertilizzanti:

- In tutti i casi, gli agricoltori devono ricevere linee guida e raccomandazioni chiare sul tipo di fertilizzanti da utilizzare, la dose di applicazione e il momento dell'applicazione.
- Sono disponibili diverse modalità di distribuzione di fertilizzanti attraverso i sistemi di irrigazione a goccia, ad esempio l'uso di un fertinniettore Venturi, un serbatoio per fertilizzanti, iniettori idraulici, iniettori elettrici e la miscelazione dei fertilizzanti in un serbatoio di stoccaggio alla fonte dell'acqua o un'iniezione di fertilizzante appositamente realizzata.

## 6.1 Sistemi di fertirrigazione

Tradizionali (iniezione mediante l'energia del flusso d'acqua, economici, bassa precisione):

- pressione differenziale (Figura 44);
- Venturi (Figura 45).

Computerizzato (richiede energia aggiuntiva, applicazioni ad alta precisione, Figura 46).

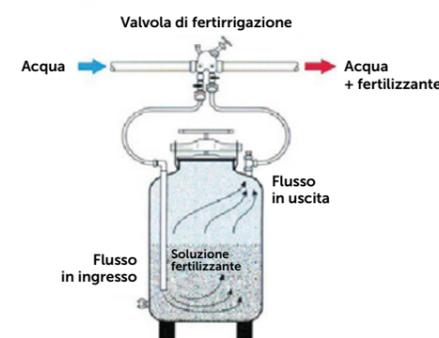


Figura 44 - Iniezione di fertilizzante basata sulla differenza di pressione tra ingresso e uscita. Serbatoio del fertilizzante realizzato in materiale anticorrosivo.

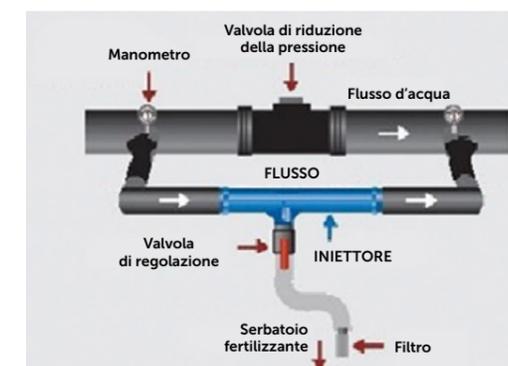


Figura 45 - Principio di funzionamento dell'iniettore Venturi.



Figura 46 - Iniezione di fertilizzante calibrata da una pompa dosatrice sotto il comando dell'unità di controllo della fertirrigazione.



Figura 47. Banco di fertirrigazione altamente automatizzato (da: sito web Agricolplast).

Funzioni aggiuntive consentite (Figura 47):

- monitoraggio del pH e della conducibilità elettrica dell'irrigazione tramite sonde posizionate lungo la rete di fertirrigazione in entrata e in uscita;
- dosaggio e miscelazione di diversi fertilizzanti tramite valvole di controllo;
- applicazione di diversi programmi di fertirrigazione;
- soluzioni miste da applicare (iniettare) a un gran numero di valvole di controllo (blocco o settore di irrigazione);
- monitoraggio remoto (ad es. tramite GSM);
- controllo della pompa e dei filtri;
- comunicazione di allarme.



VII

# GESTIONE E MANUTENZIONE DELL'IRRIGAZIONE



## 7.1 UNIFORMITÀ DI DISTRIBUZIONE (DU)

L'uniformità di distribuzione (DU) o uniformità di flusso è una portata costante per gocciolatore in tutto il frutteto. L'uniformità di distribuzione deve essere monitorata in tutto il frutteto in quanto questa condizione, data la variabilità dei terreni e della topografia, può essere difficile da ottenere. La DU è un indicatore di prestazione che viene calcolato per un sistema già installato, a seguito di una valutazione del sistema di irrigazione. Viene calcolata utilizzando le portate dei gocciolatori misurate da un campione rappresentativo di almeno 16 unità posizionate con precisione all'interno del blocco, come illustrato nella *Figura 48*.

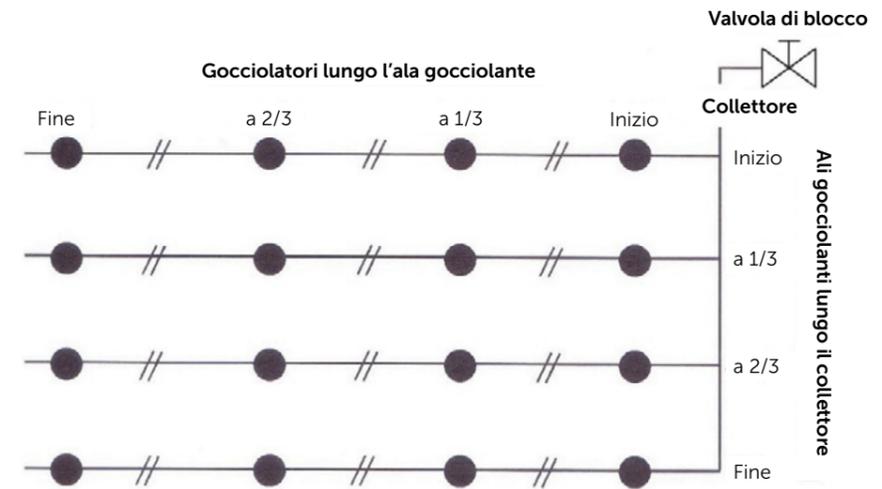


Figura 48 - Campioni rappresentativi per la valutazione dell'uniformità di distribuzione.

Eseguire un test o un'indagine sull'uniformità di distribuzione (DU) può essere un compito complesso, ma è importante per la corretta manutenzione delle attrezzature. L'accumulo di minerali o biomassa nei gocciolatori può ostruire o limitare il flusso dell'acqua. Nella maggior parte dei frutteti, i gocciolatori ostruiti possono facilmente passare inosservati.

La DU è influenzata da fattori quali la variazione di pressione lungo i laterali e il collettore, il coefficiente di variazione di fabbricazione (CV, che indica la variabilità della portata di un campione casuale di un determinato modello di gocciolatore), l'intasamento dei gocciolatori, i danni (ad esempio causati da insetti, vermi o durante le operazioni sul campo).

La valutazione viene effettuata come segue:

$$DU_{lq} = \frac{h_{lq}}{h_{avg}}$$

Dove:

$DU_{lq}$  = Uniformità di distribuzione del quarto inferiore (25% dei valori minimi);

$h_{lq}$  = valore medio del 25% dei valori minimi;

$h_{avg}$  =valore medio di tutti i valori misurati.

I valori  $DU_{iq}$  possono essere interpretati secondo la seguente scala:

- >90%: eccellente uniformità di distribuzione;
- 75-90%: buona uniformità;
- 60-75%: accettabile;
- <60%: inaccettabile.

Il design del gocciolatore, i materiali utilizzati nella produzione e la precisione di fabbricazione determinano la variazione di ogni particolare tipo di gocciolatore.

La classificazione standard della variabilità, fornita dal CV, è la seguente (ARC, 2010):

- CV <0,05: eccellente;
- 0,05-0,07: media;
- 0,07-0,11: marginale;
- 0,11-0,15: scarsa;
- >0,15: inaccettabile.

## 7.2 BILANCIO IDRICO

Quando si valuta l'efficienza dei sistemi di irrigazione, è utile ragionare in termini di componenti del bilancio idrico, ovvero valutare le diverse destinazioni dell'acqua applicata. Idealmente, la maggior parte dell'acqua applicata dovrebbe contribuire all'obiettivo dell'irrigazione, ovvero prevenire eventuali stress idrici delle colture. Ciò significa mantenere l'apertura stomatica, in modo che la fotosintesi non sia ostacolata o addirittura inibita.

Nella *Figura 49* sono indicate le varie frazioni di acqua applicata che contribuiscono a definire le prestazioni dell'irrigazione a livello di campo. I vari componenti del bilancio idrico (destinazione dell'acqua applicata) sono:

- percolazione profonda;
- deflusso superficiale;
- evaporazione dalla superficie del suolo esposto;
- volatilizzazione, deriva del vento e intercettazione da parte delle piante;
- traspirazione.

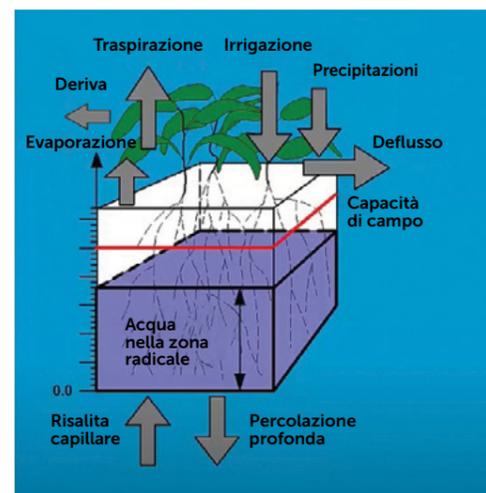


Figura 49 - Diversi destinazioni dell'acqua nel sistema suolo-pianta-atmosfera (Da: Allen et al., 1998. Modif.).

## 7.3 SENSORI

**Acqua nel suolo:** lo stato dell'acqua nel suolo può essere misurato in termini di contenuto idrico del suolo o potenziale idrico del suolo.

**Contenuto idrico del suolo:** può essere suddiviso in contenuto idrico gravimetrico o volumetrico.

**Contenuto idrico gravimetrico del suolo:** è una descrizione del peso dell'acqua per un dato peso di suolo. I metodi gravimetrici di misurazione del contenuto idrico del suolo prevedono la rimozione e l'essiccazione in forno di un campione di suolo, il che può essere poco pratico per le applicazioni di gestione dell'irrigazione.

**Contenuto volumetrico di acqua nel suolo:** è una descrizione del volume di acqua presente in un dato volume o profondità del suolo, tipicamente espressa in mm di acqua per m di suolo.

**Potenziale idrico del suolo:** è una misura dell'energia di suzione necessaria alla coltura per estrarre l'acqua.

**Potenziale idrico del suolo (in termini di fisica del suolo):** descrive le forze che determinano il movimento dell'acqua. Spesso si usa anche l'espressione "ritenzione idrica del suolo". La tensione si riferisce alla forza con cui le particelle del suolo si legano alle molecole di acqua.

Ipotizzando come criteri di riferimento le relazioni di tensione idrica del suolo nella coltivazione delle nocciole, si seleziona uno strumento di monitoraggio dell'acqua nel suolo adeguato tenendo conto delle seguenti caratteristiche:

- facilità d'uso;
- costo;
- precisione;
- robustezza, ovvero l'idoneità del sistema di monitoraggio all'ambiente agricolo;
- un potenziale utente dovrebbe prestare particolare attenzione a:
- calibrazione del sensore;
- sensibilità delle prestazioni del sensore a procedure di installazione errate/corrette.

### Strumenti disponibili e tendenze attuali

Misurazione del contenuto idrico del suolo con:

- sonda a neutroni;
- sonde TDR (Time Domain reflectometers) (*Figura 50*);
- sensori capacitivi (*Figura 51*).



Figura 50 - Sonde TDR.

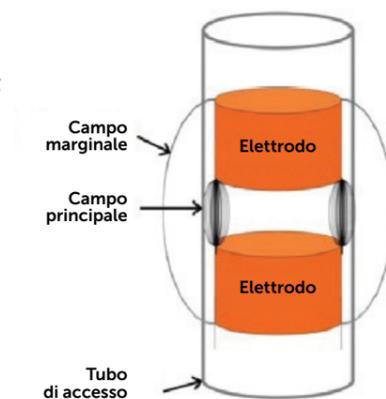


Figura 51 - Funzionamento di una sonda capacitiva.

La sonda a neutroni utilizza materiali radioattivi: è necessario un rigoroso programma di sicurezza per quanto riguarda il funzionamento, il trasporto e lo stoccaggio dell'apparecchiatura.

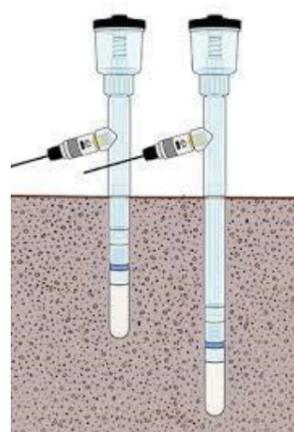
Gli strumenti TDR inviano un segnale elettromagnetico attraverso sonde in acciaio interrate nel terreno. Il segnale raggiunge l'estremità delle sonde e viene riflesso all'unità di controllo TDR. Il tempo impiegato dal segnale per tornare varia a seconda del dielettrico del terreno. Il TDR può essere calibrato per fornire metodi molto accurati di monitoraggio dello stato idrico del terreno e richiede conoscenze specialistiche, sia per registrare le misurazioni che per interpretare i dati.

Le sonde di capacità, note anche come riflettometri a dominio di frequenza, sono relativamente economiche rispetto agli strumenti TDR e stanno diventando sempre più popolari. Come mostrato schematicamente nella *Figura 53*, la sonda di capacità è tipicamente costituita da un tubo di plastica che ospita elettrodi concentrici paralleli. Per la maggior parte degli scopi pratici di gestione, un'attenta analisi delle tendenze delle letture del sensore è normalmente sufficiente per determinare quando l'acqua nel terreno è al di sotto del punto di stress o al di sopra del limite superiore di drenaggio.

**Sensori del potenziale idrico del suolo**

Per monitorare il potenziale idrico del suolo è possibile utilizzare tensiometri e strumenti porosi come i sensori Watermark. I tensiometri (*Figura 52*) sono uno degli strumenti più antichi e diffusi per la programmazione dell'irrigazione. Funzionano consentendo all'umidità del suolo di interagire con lo strumento attraverso la punta in ceramica. La tensione idrica del suolo all'esterno dello strumento cerca di rimuovere l'acqua da esso e crea una tensione misurabile all'interno della colonna.

Per le colture con radici profonde sono necessari almeno due tensiometri a diverse profondità. Il tensiometro più superficiale indica quando è necessario iniziare l'irrigazione, mentre quello più profondo indica se l'irrigazione è stata eseguita correttamente. Per le colture con radici poco profonde è sufficiente un solo tensiometro.



*Figura 52 - Esempio di tensiometri.*

Questa tensione viene letta con un misuratore meccanico o un trasduttore collegato allo strumento. Sebbene questo sia il metodo più accurato e collaudato disponibile, è necessaria una manutenzione periodica per mantenerli pieni d'acqua e devono essere rimossi dal campo durante i mesi invernali per evitare il congelamento. I tensiometri sono limitati a potenziali idrici del suolo superiori a -85 kPa. Se il suolo si asciuga fino a raggiungere potenziali idrici inferiori a -85 kPa, l'aria entra nel dispositivo, rompendo il vuoto con cui funziona il tensiometro. Per questo motivo, i tensiometri possono essere apparecchi che richiedono molta manutenzione. L'installazione dei tensiometri richiede inoltre una notevole conoscenza e attenzione. Altri sensori del potenziale idrico del suolo includono il Watermark (*Figura 53*), un sensore a matrice granulare. È costituito da due elettrodi concentrici incorporati in un materiale di riferimento poroso, circondato da una membrana sintetica che lo protegge dal deterioramento.

Il movimento dell'acqua tra il suolo e il sensore provoca variazioni della resistenza elettrica tra gli elettrodi del sensore. La resistenza elettrica può quindi essere convertita in potenziale idrico del suolo attraverso un'equazione di calibrazione. Il sensore Watermark può essere utilizzato per determinare il potenziale idrico del suolo fino a circa -200 kPa.



*Figura 53 - Sensore di umidità del suolo con filigrana.*

**7.4 MANUTENZIONE**

Una manutenzione regolare (di routine o di emergenza) ridurrà i costi operativi e le perdite d'acqua. La manutenzione comprende tutte le sezioni dell'impianto, dalla fonte d'acqua alla zona delle radici.

**Trasporto all'interno dell'azienda agricola**

La riparazione tempestiva delle perdite, il controllo delle valvole (in particolare quelle idrauliche) e dei filtri e la manutenzione delle pompe e dei motori garantiranno che l'acqua venga fornita alla destinazione prevista nel modo più efficiente in termini di energia (e quindi di costi). Le linee guida complete per i diversi componenti del sistema sono disponibili presso i produttori e devono essere rispettate.

**Applicazione sul campo**

La manutenzione di un sistema a goccia è di fondamentale importanza per il suo funzionamento efficace. La manutenzione regolare del sistema di filtri, delle valvole a vuoto, la riparazione tempestiva delle perdite, la prevenzione dei danni alle attrezzature e l'applicazione programmata di prodotti chimici per la pulizia laterale sono aspetti importanti della manutenzione, soprattutto nel caso dei sistemi SDI. È importante ispezionare il settore irriguo dopo ogni ciclo di irrigazione per individuare tempestivamente eventuali problemi di intasamento (zone secche o piante con prestazioni insufficienti). In caso di perdite, queste devono essere riparate il prima possibile.

La *Tabella 15* riporta un elenco dei requisiti minimi di manutenzione per i sistemi di irrigazione a goccia.

Tabella 18 - Interventi di manutenzione indicativi per i sistemi a goccia.

Da monitorare	Tutti i cicli	Mensilmente	Annualmente
Controllare il sistema per individuare eventuali perdite e depositi di carbonato di calcio	✓		
Verificare la differenza di pressione tra i filtri e la pressione di esercizio del sistema	✓		
Regolare il ciclo di controlavaggio del filtro		✓	
Lavare le ali gocciolanti (a seconda della qualità dell'acqua)		✓	
Pulire accuratamente i filtri		✓	
Monitorare la pressione alle uscite delle ali gocciolanti		✓	
Monitorare le valvole di sfiato e le valvole di controllo della pressione			✓
Monitorare il flusso del sistema (misuratore di flusso principale)	✓		
Controllare i connettori idraulici ed elettrici			✓
Controllare le valvole idrauliche e i filtri per ispezionare le parti mobili			✓
Sostituire la sabbia nei filtri a sabbia			✓
Trattamento con cloro (a seconda della qualità dell'acqua e del metodo di applicazione)			✓
Prelevare campioni d'acqua alla fine delle ali gocciolanti e valutare i cambiamenti nella qualità dell'acqua			✓



## VIII

# AUTOMAZIONE DEL MONITORAGGIO DEL CORILETO



L'automazione delle attività agricole sta aumentando rapidamente grazie ai vantaggi potenziali che offre e alla diffusione delle tecnologie informatiche a costi accessibili.

La scelta di automatizzare o meno l'irrigazione in azienda deve tenere conto dei seguenti fattori:

- disponibilità dei dati e delle informazioni necessari al corretto funzionamento del sistema di irrigazione;
- disponibilità in azienda di competenze adeguate per alla gestione dei dati;
- se le prestazioni effettive dei macchinari e delle attrezzature utilizzati per l'irrigazione sono ottimali.

Pertanto, l'agricoltore deve valutare se:

- è in grado di gestire le informazioni e i dati;
- l'investimento è conveniente, ovvero se i benefici superano i costi.

Di norma, l'incertezza sull'idoneità dell'automazione per il funzionamento e il controllo dell'irrigazione diminuisce all'aumentare delle dimensioni e della complessità dell'azienda agricola.

## 8.1 L'APPROCCIO SCADA ALL'ECONOMIA IDRICA

La corretta gestione delle variabili che caratterizzano un moderno sistema di irrigazione si avvale dell'approccio SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition).

### *Panoramica*

SCADA è un sistema informatico progettato per monitorare e supervisionare tutti i componenti di un'infrastruttura fisica, come i sistemi di irrigazione e fertirrigazione, dalla fonte idrica (ad esempio il pozzo) al sistema di distribuzione (ad esempio la linea di gocciolamento). Il sistema può interfacciarsi con un'ampia gamma di sensori e attuatori installati per monitorare e controllare le operazioni di irrigazione e fertirrigazione. L'utente può operare attraverso un'interfaccia grafica.

### *Applicazione SCADA per il controllo dell'irrigazione e della fertirrigazione*

A seconda della fonte idrica e del tipo di irrigazione, SCADA monitorerà e controllerà diversi elementi, il cui numero non dovrebbe essere troppo elevato per i seguenti motivi:

- garantire un controllo efficace dell'intero sistema;
- un numero elevato di sensori e attuatori comporterebbe la gestione di troppe informazioni (dati) che a loro volta potrebbero indebolire il sistema e renderne difficile la gestione.

Nel caso di approvvigionamento da pozzo e irrigazione con ala gocciolante, gli elementi del sistema irriguo che verranno regolati e monitorati dal sistema sono:

**Pozzo:** misurazione del livello dell'acqua, sia statico che dinamico;

**Pompa:** portata e assorbimento energetico, pressione di uscita, controllo on/off;

**Inverter:** regolazione della frequenza, variabile in base alle portate o alla pressione richieste, impostato per il funzionamento dei singoli settori;

**Filtri:** pressione in entrata e in uscita, portata in uscita verso il controlavaggio, apertura e chiusura delle valvole di controlavaggio;

**Ali gocciolanti:** pressione all'estremità di alcuni laterali di campionamento tramite pressostato;

**Dosatore di microelementi per fertirrigazione:** monitoraggio del pH e della conducibilità elettrica dell'acqua di irrigazione;

**Suolo:** misurazione dell'umidità del suolo;

**Previsioni meteorologiche:** probabilità di precipitazioni.

### Interfaccia utente

L'interfaccia utente è il cuore di tutti i sistemi SCADA. Attraverso l'interfaccia utente è possibile accedere a tutti gli elementi di monitoraggio e controllo del sistema di irrigazione e fertirrigazione.

Dall'interfaccia l'utente può monitorare l'intero sistema e accedere, semplicemente cliccando sulle schede, ai moduli di controllo e comando dei singoli sottosistemi, ad esempio fertirrigazione, filtri, settori di irrigazione identificati da valvole a blocco.

Da ciascun elemento del sistema è possibile accedere alle relative impostazioni. Ad esempio, per i flussometri sarà possibile regolare la portata corrispondente a ciascun impulso lanciato in base al tipo di flussometro utilizzato. Ogni sistema SCADA progettato per l'irrigazione deve disporre delle seguenti interfacce:

- programmazione;
- report;
- allarmi.

### Programmazione

Da questa interfaccia è possibile calendarizzare le irrigazioni. Ogni irrigazione può essere pianificata in termini di durata in base alla portata erogata a ciascun settore. Sarà inoltre possibile prevedere, dalla logica operativa del SCADA, un certo grado di automatismo basato sugli input dei sensori, come pluviometri o sensori di umidità del suolo. È anche possibile collegarsi alle previsioni meteorologiche, per adattare la programmazione dell'irrigazione in base sia all'effettiva umidità del suolo che alle precipitazioni naturali previste. Il grado di automazione deve essere pianificato durante le impostazioni del SCADA.

### Reporting

Tutti i dati provenienti dai sensori e dalle registrazioni durante il funzionamento del SCADA saranno organizzati in appositi report che consentono di verificare il funzionamento del sistema quando richiesto. Fondamentale sarà il reporting relativo alla portata erogata ai settori, anche in relazione alle informazioni fornite dai sensori di umidità del terreno.

### Allarmi

Sono disponibili diversi livelli di automatismi volti a proteggere il sistema da malfunzionamenti e a garantire un uso efficiente di energia, acqua e fertilizzante. A tal fine, sono presenti una serie di allarmi che hanno l'effetto di interrompere il servizio di irrigazione per preservare gli elementi vulnerabili e costosi del sistema. Ad esempio, un abbassamento eccessivo della falda freatica può compromettere la sicurezza della pompa. Un numero eccessivo di controlavaggi del filtro è indicativo di un funzionamento non ottimale e suggerisce quindi la necessità di intervenire per mantenere il corretto funzionamento dell'impianto.

Altri allarmi rilevano semplici inefficienze, come la mancata apertura di un settore a causa di una portata insufficiente rilevata dal sensore specifico incaricato. Queste informazioni vengono lette dal sistema in modo da non interrompere la programmazione e passare al settore successivo. Particolare attenzione deve essere prestata all'impostazione degli allarmi relativi ai dati del pressostato. È bene ricordare che la pressione di esercizio dell'impianto di irrigazione è un dato di progetto e che quindi lo scostamento delle condizioni di esercizio da questo valore, se supera una certa soglia, rappresenta un allarme. Il rilevamento dell'anomalia indica la necessità di intervenire. Il posizionamento dei pressostati in punti strategici consente il controllo completo dell'impianto. Quando la pressione di progetto è disponibile nella parte più svantaggiata dell'impianto, tutti i componenti, ad esempio pompa, filtri, tubazioni, valvole, emettitori, funzionano come previsto dalle specifiche di progetto.

# Riferimenti

- Agricoplast website: <https://www.agricoplast.it>
- Alexandris, S., Stricevic, R., Petkovic, S. (2008) Comparative analysis of reference evapotranspiration from the surface of rainfed grass in central Serbia, calculated by six empirical methods against the Penman-Monteith formula, *European Water* 21-22: 17-28, E.W. Publications.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998): Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper n.56, FAO Editions, Rome.
- Anđelković, G., Jovanović, S., Manojlović, S., Samardžić, I., Živković, L., Šabić, D., Gatarić, D., Džinović, M. (2018): Extreme Precipitation Events in Serbia: Defining the Threshold Criteria for Emergency Preparedness. *Atmosphere*, 9, 188.
- ARC-Institute for Agricultural Engineering (2010): Standards and Guidelines for Improved Efficiency of Irrigation Water Use from Dam Wall Release to Root Zone Application, GUIDELINES-Report to the Water Research Commission, WRC REPORT NO. TT 466/10, WRC Project No K5/1482/4).
- Bucks, D.A., Nakayama, F.S., Gilbert, R.G. (1979): Trickle irrigation water quality and preventive maintenance. USA: Agric. Water Management.
- Burger, J.H., Heyns, P.J., Hoffman, E., Kleynhans, E.P.J., Koegelenberg, F.H., Lategan, M.T., Mulder, D.J., Smal, H.S., Stimie, C.M., Uys, W.J., Van der Merwe, F.P.J., Van der Stoep, I., Viljoen, P. (2003): Irrigation Design Manual. Agricultural Research Council – Institute for Agricultural Engineering. RSA.
- Charlesworth, P. (2000): Soil Water Monitoring. Irrigation Insights. Paper No. 1. Canberra,
- Australia: CSIRO Land and Water.
- Ghinassi G. (2008): Manual for performance evaluation of sprinkler and drip irrigation systems. ISBN: 81-89610-11-2, ICID publication no.94, New Delhi.
- Grundfos (2004): Pump handbook. Grundfos Management A/S. Bjerringbro, Denmark.
- Lavanholi, R., Oliveira, F.C., de Camargo, A.P., Frizzone, J.A., Molle, B. (2018) Methodology to evaluate dripper sensitivity to clogging due to solid particles: an assessment. *The Scientific World Journal*.
- Limestone Coast Grape & Wine Council Inc., <https://limestonecoastwine.com.au>
- Morari, F., Camarotto, C., Giardini L. (2004): Un impianto a misura d'acqua, *Acer* n. 3/04, pp. 57-61, ed. Il Verde Editoriale, Milano.
- Reinders, F.B. (2011): Irrigation methods for efficient water application: 40 years of South African research excellence, in: WRC 40 Year Celebration Special Edition, Vol. 37 N. 5, pp. 765-770, ISSN 1816-7950, Water SA.
- Reinders, F.B., Grové, B., Benadé, N., Van Der Stoep, I., Van Niekerk, A. (2012): Technical aspects and cost estimating procedures of surface and subsurface drip irrigation systems-A manual for irrigation designers. WRC report no. TT 525/12, ISBN 978-1-4312-0274-4.
- System Group website: <https://tubi.net/aziende/centraltubi/>
- Tecnoresine website: <https://www.tecnoresine.net>
- Van Niekerk, A.S., Koegelenberg, F.H., Reinders, F.B., Ascough, G.W. (2006): Guidelines for the selection and use of various micro-irrigation filters with regards to filtering and backwashing efficiency. Water Research Commission, ISBN 1-77005-468-5.
- V. Cristofori, R. Muleo, C. Bignami and E. Rugini. Long Term Evaluation of Hazelnut Response to Drip Irrigation.
- World Bank Group <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/>

# Appendice 1

Sintesi delle operazioni e linee guida per la pianificazione del sistema; acqua, suolo e dimensioni dell'azienda agricola.

Problematica	Linee guida
Qualità del suolo e dell'acqua	Valutare la qualità dell'acqua e del suolo secondo le linee guida e le procedure standard. Questa valutazione dovrebbe influenzare le decisioni relative ai parametri di progettazione
Dimensioni dell'impianto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinare l'approvvigionamento idrico, considerando gli usi diversi dall'irrigazione dalla fonte identificata.</li> <li>Determinare gli aspetti legali dell'uso dell'acqua.</li> <li>Utilizzare l'approvvigionamento minimo previsto, determinato dalle variazioni stagionali o di altro tipo, come parametro di progettazione.</li> <li>Prevedere un margine di sicurezza di almeno il 30% in meno rispetto alla quantità minima di acqua disponibile in ogni momento quando si determina la superficie massima da irrigare dalla fonte idrica disponibile.</li> <li>Utilizzare questo margine di sicurezza per determinare le dimensioni del progetto da realizzare nella fase iniziale.</li> </ul>
Approvvigionamento idrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valutare la disponibilità di approvvigionamento idrico. Determinare la causa in caso di indisponibilità.</li> <li>Tenere conto della disponibilità di approvvigionamento idrico, in particolare nei climi caratterizzati da un'elevata domanda evaporativa o quando i terreni hanno una bassa capacità di ritenzione idrica.</li> <li>Basare la scelta del sistema sul volume totale di acqua necessario durante le varie fasi di crescita delle colture da coltivare, sulla portata e sulla pressione disponibile.</li> <li>Suddividere i blocchi di irrigazione in sottounità più piccole quando la pressione o la portata sono soggette a variazioni considerevoli.</li> <li>Le piccole unità consentiranno una pratica di irrigazione accettabile in ciascuna delle sottounità separatamente, anche quando la pressione o la portata sono inadeguate per l'intero blocco di irrigazione.</li> <li>Progettare misure di sicurezza nel sistema quando l'approvvigionamento idrico non è affidabile. Ciò può includere la costruzione di un piccolo impianto di stoccaggio dell'acqua.</li> </ul>
Gestione approvvigionamento idrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Affidare la gestione dell'approvvigionamento idrico a un operatore capace ed esperto.</li> <li>Garantire un sistema di supporto ben funzionante quando non è disponibile un operatore capace ed esperto per gestire il sistema di approvvigionamento.</li> </ul>
Energia per il pompaggio	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizzare motori elettrici ove possibile.</li> <li>Garantire una formazione pratica adeguata agli operatori dei sistemi di pompaggio per eseguire la manutenzione ordinaria e le riparazioni semplici.</li> </ul>
Considerazioni relative alla sicurezza	<ul style="list-style-type: none"> <li>Scoraggiare i furti utilizzando, ove possibile, componenti realizzati con materiali che non hanno un valore intrinseco di rivendita.</li> <li>Progettare sistemi che consentano di chiudere a chiave i componenti costosi.</li> <li>Prevedere l'installazione sotterranea dei componenti immobili del sistema, evitando così sistemazioni che compromettano la flessibilità del sistema.</li> </ul>

# Appendice 2

Procedure di pianificazione e progettazione di un sistema di irrigazione a goccia.

PIANIFICAZIONE	
1	Determinare il fabbisogno di irrigazione da una fonte di informazioni affidabile
2	Calcolare la durata del ciclo, il fabbisogno lordo di irrigazione per ciclo, il tempo di permanenza e la portata del sistema per il periodo di picco dell'irrigazione
3	Selezionare un sistema di irrigazione adatto dal catalogo del produttore in base alla portata richiesta
4	Calcolare la portata del sistema, il numero di gruppi/blocchi e la dimensione dei gruppi/blocchi
5	Effettuare una disposizione preliminare dei blocchi
PROGETTAZIONE IDRAULICA	
6	Decidere l'EU richiesto per la progettazione in base alle norme pertinenti per calcolare la variazione ammissibile della portata dell'impianto
7	Calcolare la variazione di pressione ammissibile in un settore e dividerla tra diramazioni e ali gocciolanti (collettore: 0,5 m; ala gocciolante: parte restante di $\Delta p$ , questa divisione viene utilizzata come punto di partenza
PROGETTAZIONE DELL'ALA GOCCIOLANTE	
8	Determinare la posizione dell'ala gocciolante ottimale lungo la lunghezza del collettore
9	Determinare la dimensione del tubo tenendo conto della pendenza topografica
10	Calcolare le pressioni di ingresso richieste e il $\Delta p$ effettivo (confrontare con quello ammissibile)
11	Se la variazione di pressione effettiva è troppo grande, scegliere tubi di diametro maggiore o modificare le dimensioni del blocco
12	Ripetere i passaggi da 8 a 11 per ogni blocco
PROGETTAZIONE DEL COLLETTORE	
13	Utilizzare la pressione ammissibile rimanente per determinare le dimensioni adeguate dei tubi, tenendo conto della pendenza topografica
14	Verificare la variazione massima di scarico rispetto alla variazione ammissibile calcolata al punto 7
15	Calcolare la pressione di ingresso e la portata richiesti per ciascun blocco
16	Selezionare una valvola di controllo adeguata (e un filtro secondario, se applicabile) per ciascun blocco
17	Ripetere per tutti i blocchi
PROGETTAZIONE DELLA LINEA PRINCIPALE (SUL PERCORSO CRITICO DALLA POMPA ALL'INGRESSO DEL BLOCCO IDRAULICAMENTE PIÙ LONTANO)	
18	Calcolare il diametro più economico per la linea principale
19	Selezionare le dimensioni dei tubi disponibili, calcolare il gradiente idraulico e selezionare le classi di tubi corrette
20	Determinare la pressione massima e la portata richieste alla fonte (punto di funzionamento della pompa)
PROGETTAZIONE DELLA LINEA PRINCIPALE DEL PERCORSO NON CRITICO	
21	Utilizzare la differenza di pressione disponibile dal punto di partenza del percorso critico al punto di applicazione per dimensionare le linee secondarie agli ingressi dei blocchi
SISTEMA DI ALIMENTAZIONE IDRICA E ACCESSORI	
22	Selezionare, posizionare e dimensionare valvole d'aria adeguate per all'intero sistema
23	Selezionare un filtro primario o un banco di filtri adeguato
24	Selezionare accessori di controllo e automazione adeguati alla stazione di pompaggio
25	Determinare una dimensione adeguata del tubo di aspirazione
26	Scegliere pompa e motore in grado di soddisfare i requisiti di picco del sistema
27	Calcolare la prevalenza statica massima di aspirazione per l'installazione





