

12. Nozioni elementari e applicazioni pratiche di tecnica irrigua

Marcello Bertolacci

Introduzione

Cognizioni tecniche e impianti d'irrigazione opportunamente progettati e realizzati sono le basi fondamentali per attuare un'irrigazione efficiente ed efficace, in grado di aumentare la redditività delle colture. I tre passaggi basilari sono la valutazione dei fabbisogni irrigui delle colture, la conoscenza delle caratteristiche idrologiche specifiche del terreno e ultimo, ma non per importanza, l'impianto di irrigazione, che costituisce lo strumento operativo del processo.

In questo capitolo vengono ricordati gli obiettivi e i principi dell'irrigazione, partendo dall'esigenza delle colture e dal ruolo rilevante del terreno, per giungere alla definizione dei parametri fondamentali della tecnica irrigua. Viene poi presa in considerazione la fase di distribuzione dell'acqua alle colture sia con impianti d'irrigazione a pioggia, che a goccia, ponendo specifico riguardo all'efficienza degli adacquamenti e mostrando in particolare come la non uniforme distribuzione irrigua determini sprechi di acqua, fertilizzanti ed energia.

L'irrigazione: definizione e scopi

L'irrigazione consiste in un apporto artificiale d'acqua al "sistema suolo-piante-atmosfera", per migliorarne l'attitudine alla produzione vegetale e aumentarne la redditività. La definizione è del tutto generale, ma compendia in estrema sintesi, alcuni principi di particolare interesse anche per il florovivaismo, ricordando che:

- il soggetto dell'irrigazione non sono le singole piante, ma la coltura nel suo complesso, ovvero tutto quel microambiente, costituito dal siste-

ma "suolo-piante-atmosfera", che si crea anche in relazione alle tecniche di coltivazione adottate (coltura di pieno campo, protetta, pacciamata, su banchi, in vaso ecc.);

- è pertanto il sistema suolo-piante-atmosfera nel suo complesso che deve essere preso in considerazione per determinare le esigenze irrigue delle colture;
- l'irrigazione ha il compito di condizionare il microambiente per migliorarne l'attitudine alla produzione;
- l'obiettivo ultimo è aumentare la redditività e ciò si consegue sia attraverso il miglioramento della produzione, che nelle colture di pregio è principalmente connesso alla qualità, sia attraverso un minore impiego di acqua e di energia.

La definizione generale dell'irrigazione comprende anche le pratiche attuate principalmente con funzione climatizzante, come la nebulizzazione (*mist*), termoregolatrice (antibrina o per abbassare la temperatura nelle serre) o ausiliaria (per favorire lavorazioni, germinazioni, diserbo ecc.); tuttavia, la funzione di gran lunga prevalente è quella di provvedere all'alimentazione idrica delle piante e a questa faremo riferimento, privilegiando le colture a terra.

I consumi idrici e i fabbisogni irrigui delle colture

I consumi idrici di un sistema colturale sono essenzialmente costituiti dall'acqua traspirata dalle piante coltivate e da altre eventuali specie erbacee presenti per tecnica di inerbimento o come infestanti, a cui si deve aggiungere l'acqua che evapora direttamente dal terreno e dalla superficie delle piante, bagnate da piogge o irrigazione. Per que-

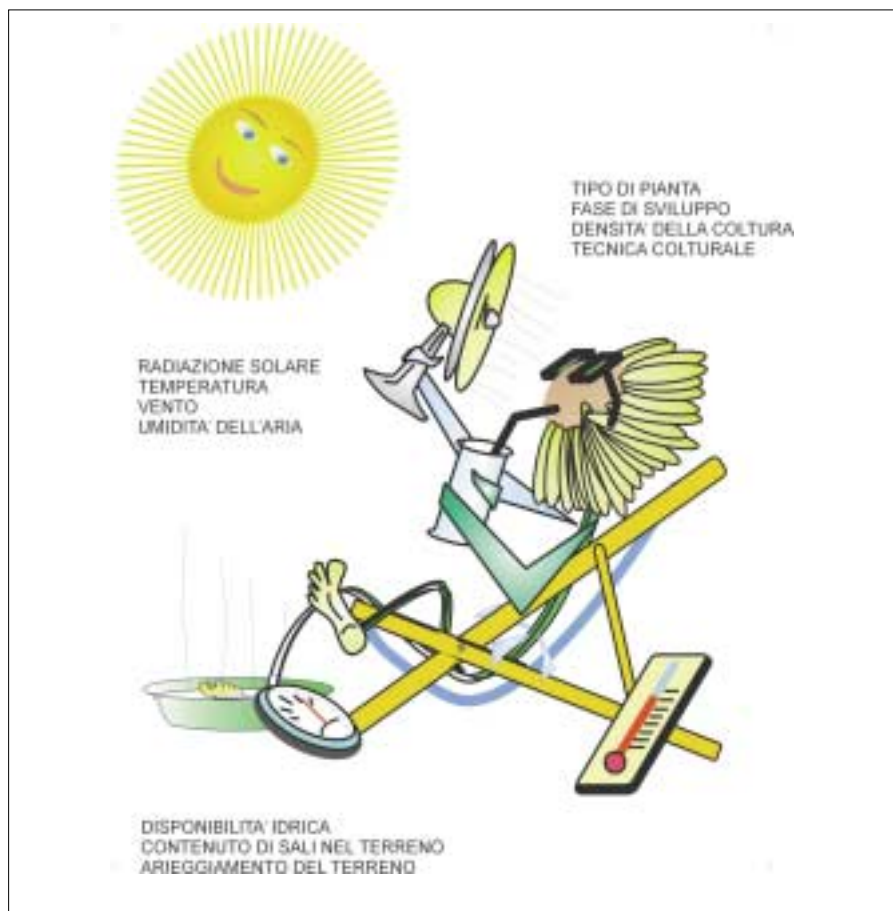


Fig. 1 - Parametri che influenzano il fabbisogno idrico delle colture (modificato da P.G. Megale)

sto, con uguale significato di consumo idrico, è spesso usato anche direttamente il termine di *evapotraspirazione effettiva (ETE)* della coltura.

Come graficamente rappresentato nella *fig. 1*, l'evapotraspirazione effettiva dipende da:

- fattori biologici (tipo di pianta e sua fase di sviluppo);
- fattori agronomici (densità della coltura e tecnica colturale);
- fattori climatici (radiazione solare, temperatura, ventosità e umidità dell'aria);
- fattori legati al suolo (contenuto di acqua, di sali e arieggiamento del terreno).

L'evapotraspirazione effettiva va riferita a un'unità di tempo, si può considerare pertanto la *ETE* mensile, la *ETE* settimanale, ma più frequentemente nella tecnica irrigua si fa riferimento alla *ETE* media giornaliera (o oraria, ad esempio nelle colture di serra).

Per avere un parametro di misura della richiesta di evapotraspirazione dell'ambiente svincolata dalle esigenze delle singole colture è stato introdotto il concetto di *evapotraspirazione potenziale*

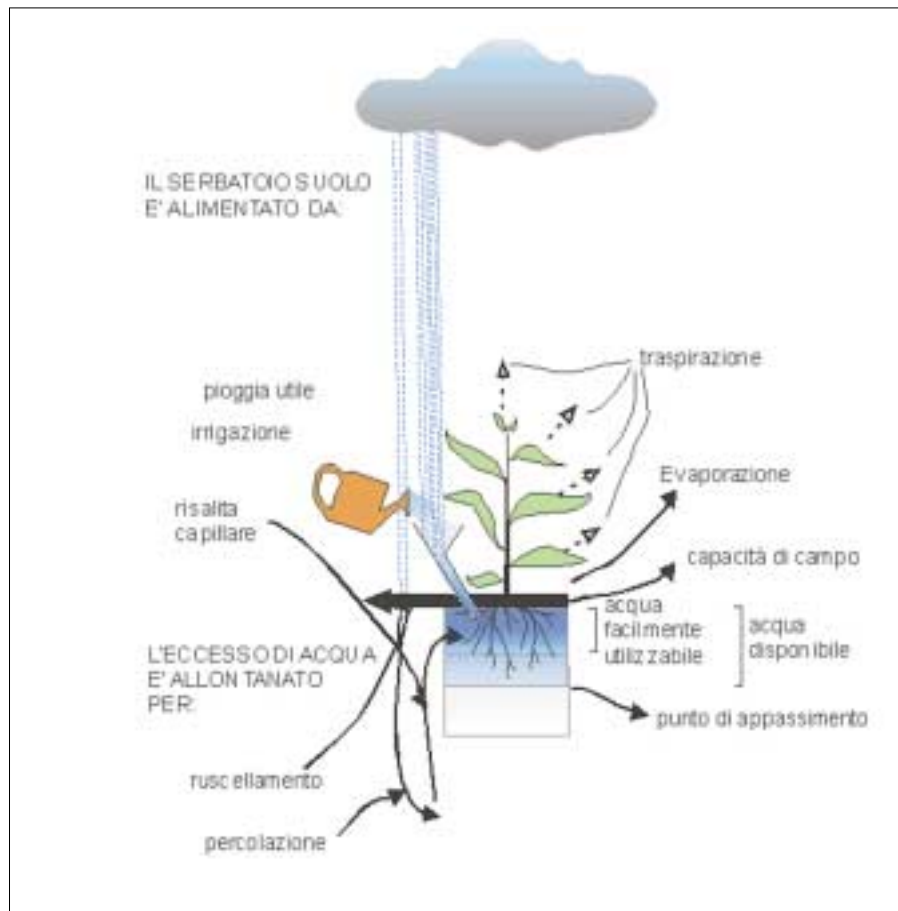
(*ETP*), detta anche di riferimento (*ETR*), che si riferisce a una coltura standard costituita da un prato di estesa superficie, in fase attiva di accrescimento, privo di manifestazioni patologiche, ben rifornito di acqua e di elementi della fertilità.

La *ETP* può essere speditamente stimata tenendo conto della sua correlazione con l'acqua evaporata da una vasca di dimensioni standardizzate (evaporimetro) o più accuratamente attraverso formule che tengano conto di misurazioni strumentali dei fattori climatici sopra ricordati.

Il parametro *ETP*, alla stessa stregua di un altro parametro climatico (come, ad esempio, la temperatura, l'umidità dell'aria ecc.), varia di ora in ora e da un giorno all'altro e ovviamente da a zona a zona del territorio. Nella gestione dell'irrigazione serve principalmente conoscere la *ETP* media giornaliera relativa alla zona dove si opera.

Moltiplicando la *ETP* relativa all'area dove si opera per coefficienti colturali (*Kc*) specifici del tipo di coltura e delle diverse fasi del ciclo di quest'ultima, si può stimare l'evapotraspirazione effettiva (*ETE*)¹.

Fig. 2 - Rappigurazione schematica del bilancio idrologico delle colture:
 • il serbatoio suolo è alimentato dalle piogge utili e dalla risalita capillare;
 • l'acqua che riceve in eccesso si perde per ruscellamento o percolazione profonda;
 • le radici delle piante traggono dal suolo con poca fatica l'acqua facilmente utilizzabile, tuttavia, impiegando maggiore energia, riescono a estrarre l'acqua finché il contenuto di umidità nel terreno non raggiunge il punto di appassimento;
 • la coltura consuma l'acqua per il processo di traspirazione delle piante e per evaporazione diretta



I fabbisogni irrigui risultano sostanzialmente dal deficit fra consumi idrici delle colture e gli apporti naturali, costituiti dalle piogge utili, dalla risalita capillare da falde superficiali e dalle riserve idriche del terreno (*fig. 2*).

In Toscana l'ARSIA, tramite apposite stazioni meteorologiche dislocate nelle diverse zone del territorio, rileva i parametri che consentono di stimare l'evapotraspirazione e i fabbisogni irrigui, offrendo un apposito servizio di supporto all'irrigazione per le aziende agricole (*fig. 3*). Queste ultime possono interagire con l'Agenzia per via telematica e ricevere, anche tramite "messaggi SMS" sul telefonino, informazioni su quando irrigare e quanta acqua somministrare².

I consumi idrici, i fabbisogni irrigui, le dosi irrigue sono commisurate in volumi di acqua per unità di superficie, pertanto possono essere espressi in m³/ha, L/m² o, come si usa per le piogge, in "mm" di altezza. La misura in "mm" rappresenta l'altezza che assumerebbe lo strato di acqua se il volume considerato fosse distribuito su una superficie piana perfettamente impermeabile. In irriga-

zione è spesso molto comodo esprimere tutti parametri in "mm" per computare rapidamente consumi e dosi irrigue e passare successivamente ai volumi, tenendo conto delle superfici da irrigare. È utile pertanto ricordare che:

$$1 \text{ mm} = 1 \text{ L/m}^2 = 10 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Il suolo

Il suolo riceve e immagazzina l'acqua per renderla disponibile all'assorbimento degli apparati radicali (*fig. 2*) ed è pertanto indispensabile tenere presente come l'acqua si rapporta con il suolo.

Il suolo è schematicamente costituito da una matrice solida con interstizi porosi. La parte porosa è formata da interstizi di grosse dimensioni, chiamati "macropori" e interstizi di piccole dimensioni, chiamati "micropori" (*fig. 4*). L'acqua percola per gravità attraverso i macropori, che, in assenza di ristagni, contengono l'aria necessaria a fornire ossigeno alle radici e alla flora microbica. L'acqua temporaneamente presente nei macropori

Agroambiente **info**

SERVIZI INTEGRATI PER L'AGRICOLTURA
L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

Defesa delle colture | Nestoring agroambientale | Controlli e certificazioni | **Meteo Servizi** | Home Forum

Irrigazione



Attività di consulenza a disposizione delle aziende agricole e di tutti i tecnici impegnati nella **gestione agronomica della risorsa idrica**. Fornisce un supporto alla tecnica irrigua basandosi sulla redazione di un **bilancio idrico** volto ad individuare con una approssimazione accettabile il "quando" e "quanto" irrigare nell'ottica di una reintegrazione ottimale dei fabbisogni idrici del sistema terreno-pianta, al netto degli apporti naturali. Sono inoltre messi a disposizione ulteriori **prodotti di consultazione** che offrono indicazioni per una efficace reintegrazione dei fabbisogni idrici.

In questo ambito vengono offerti all'utente, attraverso la voce "Accesso ai servizi" alcuni prodotti ad **accesso libero diretto** (la consultazione e i bilanci idrici per utenti non registrati) ed altri (bilanci personalizzati per utenti registrati) per i quali occorre il **codice di accesso**.

Gli **operatori interessati** ad usufruire del servizio, potranno ricevere informazioni inviando una e-mail al seguente indirizzo: info@arsia.toscana.it, oppure telefonando al seguente numero: **050 8006207**

<http://www.agroambiente.info/meteoservizi/home.htm>

ARSIA - SERVIZIO AGROMETEOROLOGICO REGIONALE - Via Roman, 3
Tel. 050/800611 - Fax 050/933228 - e-mail MeteoARSIA

Fig. 3 - Il servizio di supporto all'irrigazione dell'ARSIA. Pagina iniziale del sito "Agroambiente.Info - Irrigazione"

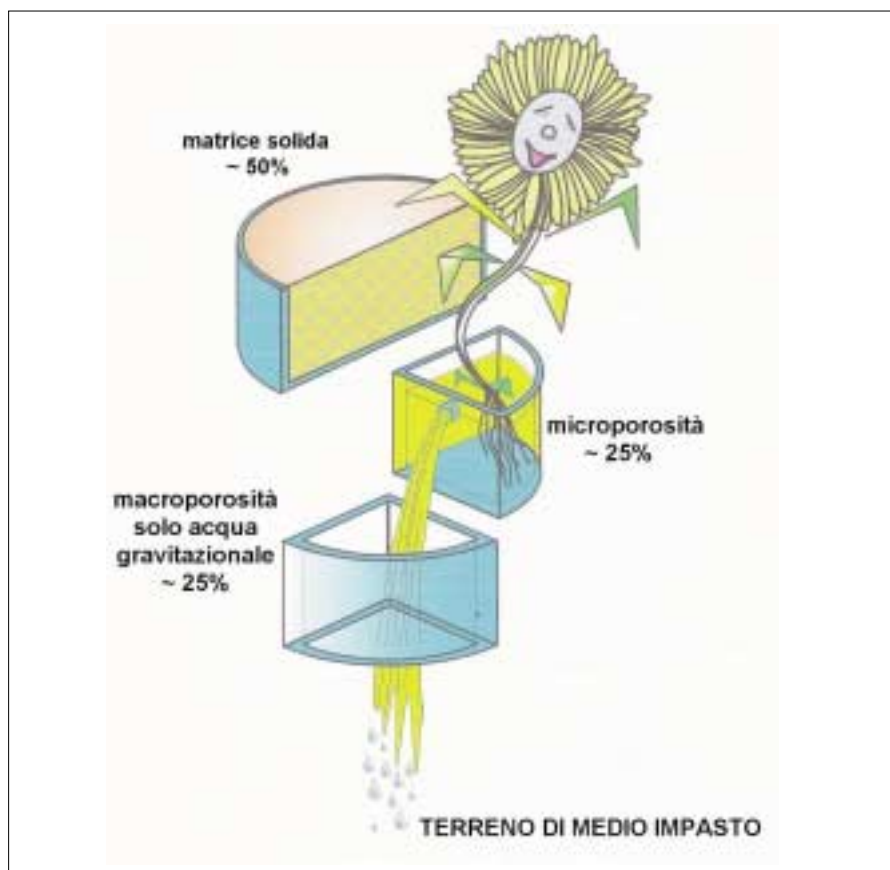
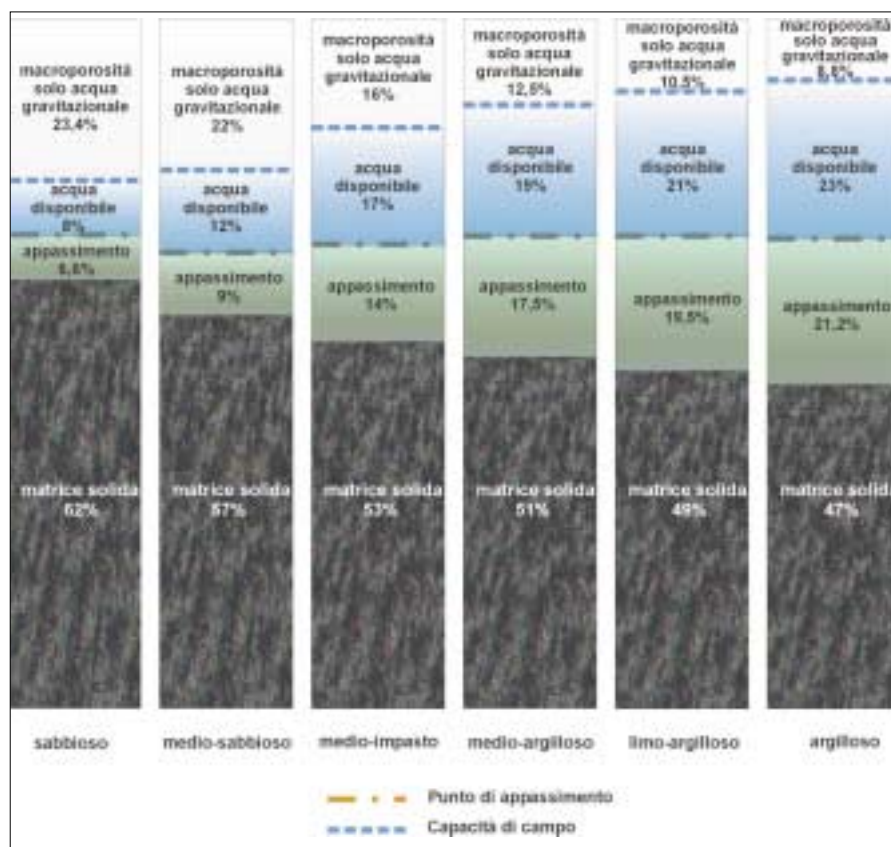


Fig. 4 - Rappresentazione schematica, per un terreno di medio impasto, dei rapporti fra matrice solida, micropori, che trattengono l'acqua per capillarità e macropori in cui l'acqua transita sotto l'azione della gravità (modificato da P.G. Megale)

Fig. 5 - Matrice solida, micropori, macropori, quantità di acqua trattenuta in diverse tipologie di terreno



è chiamata pertanto acqua gravitazionale e non ha praticamente nessuna utilità per le piante. I micropori invece, per il fenomeno fisico della capillarità, trattengono l'acqua, rendendola disponibile per gli apparati radicali, i quali devono tuttavia esercitare una energia di suzione per assorbirla. Man mano che l'acqua nei micropori diminuisce, il terreno la trattiene con maggior forza e le piante devono pertanto spendere sempre maggiore energia per estrarla. Oltre un certo limite, le piante non riescono più a vincere la forza con cui il terreno trattiene l'acqua e cominciano ad appassire.

Le proporzioni fra matrice solida, macropori e micropori variano a seconda del tipo di terreno e conseguentemente, le relazioni tra suolo e acqua assumono diversi rapporti quantitativi (fig. 5).

Il rapporto suolo-acqua nei vari tipi di terreno è caratterizzato dalle seguenti costanti idrologiche, di particolare interesse per l'irrigazione:

- *capacità di campo o capacità idrica capillare (CC)* è la quantità di acqua trattenuta, in un terreno in buone condizioni di drenaggio, dopo che l'acqua è percolata liberamente per effetto della gravità e resta solo l'acqua d'imbibizione capillare a occupare i micropori;
- *punto di appassimento permanente (PA)* è il

contenuto limite di acqua nel suolo oltre il quale la maggior parte delle piante non è più in grado di assorbire l'acqua in quantità sufficiente e inizia pertanto a subire il danneggiamento permanente dei tessuti vegetali;

- *acqua disponibile (AD)* è la quantità di acqua compresa fra la capacità di campo e il punto di appassimento e rappresenta la capacità del terreno di immagazzinare acqua utilizzabile dalle piante.

Le costanti idrologiche sono generalmente espresse in termini percentuali, che possono essere riferiti al volume o al peso. La percentuale in volume esprime quanti cm³ di acqua sono contenuti in 100 cm³ di terreno e consente pertanto di valutare direttamente l'acqua presente nel volume di terreno interessato dalle radici. La percentuale in peso esprime quanti grammi di acqua sono contenuti in 100 grammi di terreno secco. Per passare alla valutazione in termini di volume occorre moltiplicare la percentuale in peso per il peso specifico apparente del terreno, il quale può assumere mediamente valori compresi fra 1,25 kg/dm³ di un terreno argilloso e 1,65 kg/dm³ di un terreno sabbioso.

La fig. 6 mostra i valori che possono assumere mediamente il punto di appassimento e la capacità

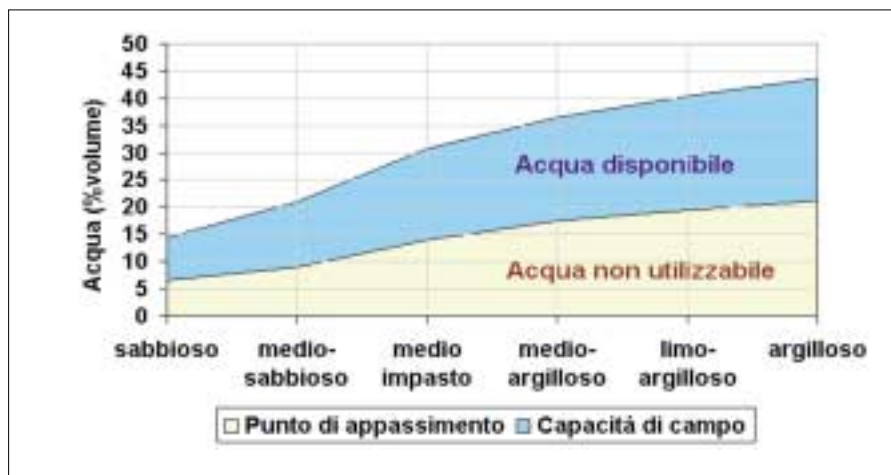


Fig. 6 - Diagramma indicativo dei valori medi delle costanti idrologiche, espresse come percentuali in volume delle diverse tipologie di terreno



Fig. 7 - Diagramma indicativo delle percentuali in volume di acqua disponibile nelle stesse tipologie di terreno

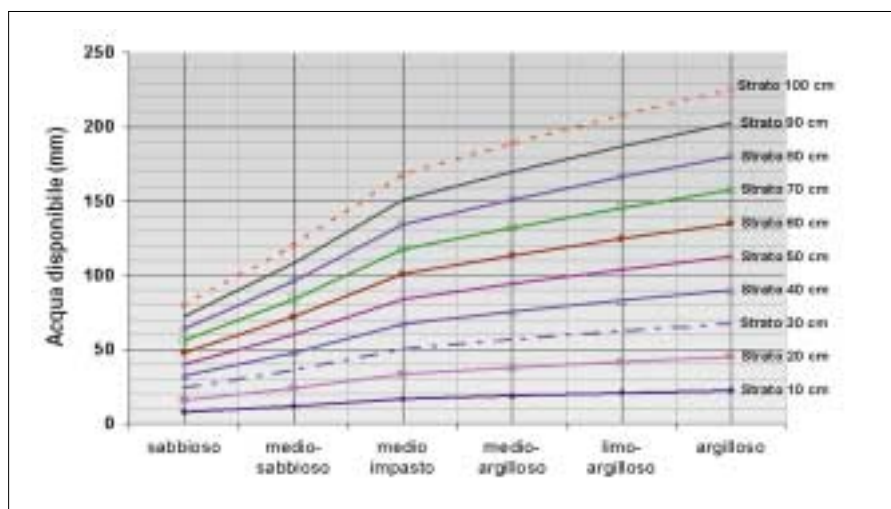


Fig. 8 - Valori medi indicativi della dose di acqua disponibile in "mm", che può essere contenuta in strati di terreno di diverse profondità, per varie tipologie di terreno

di campo, passando da un terreno sabbioso a uno argilloso, mentre la *fig. 7* consente di leggere più agevolmente le percentuali in volume di acqua disponibile nelle stesse tipologie di terreno. Per applicazioni pratiche, si può fare riferimento alla *fig. 8*, in cui sono riportati, per le varie tipologie di

terreno, i valori medi indicativi della dose di acqua in "mm", che può essere contenuta in strati di terreno di diversa profondità. Un'altra caratteristica del terreno d'interesse pratico per l'irrigazione è la *permeabilità*, vale a dire la proprietà del suolo a lasciarsi attraversare dall'acqua.

Fig. 9 - Valori medi indicativi, in diverse tipologie di terreno, della permeabilità ovvero della velocità di infiltrazione nel suolo saturo. Il parametro individua la quantità di acqua in "mm" (= L/m²) in grado infiltrare ogni ora nel suolo saturo, senza formare ristagni

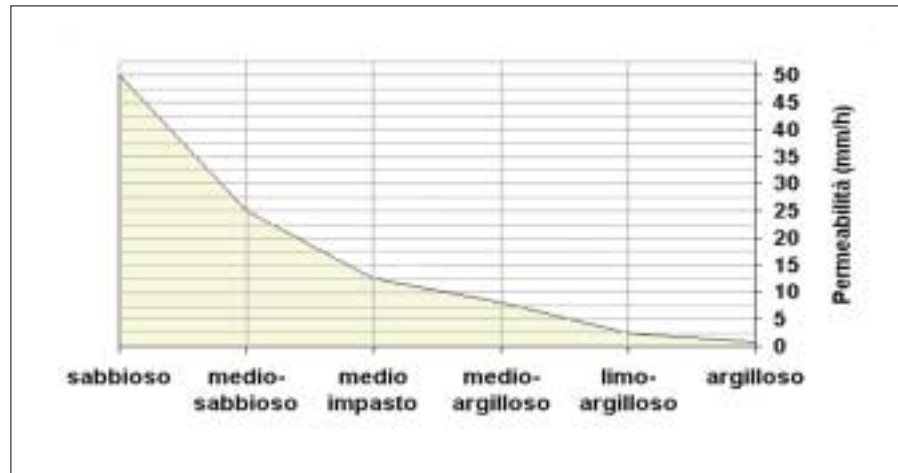


Fig. 10 - Forme indicative del fronte di inumidimento prodotte da un erogatore a goccia puntiforme

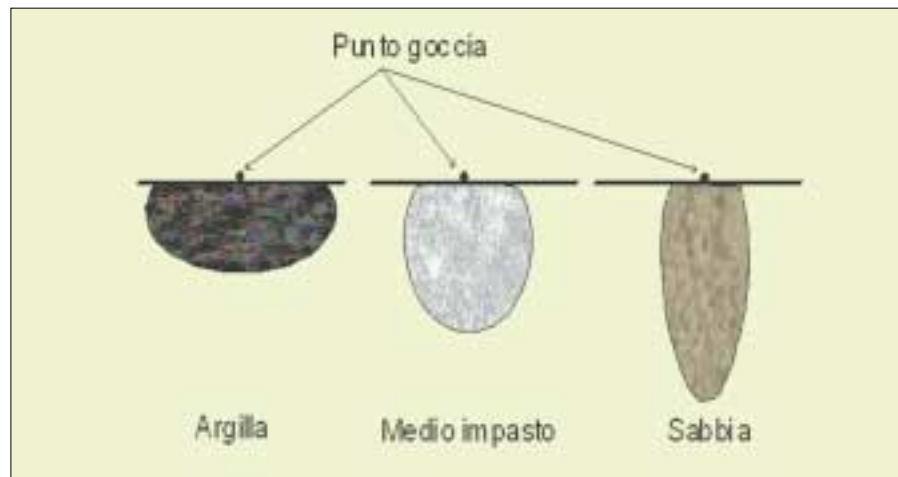
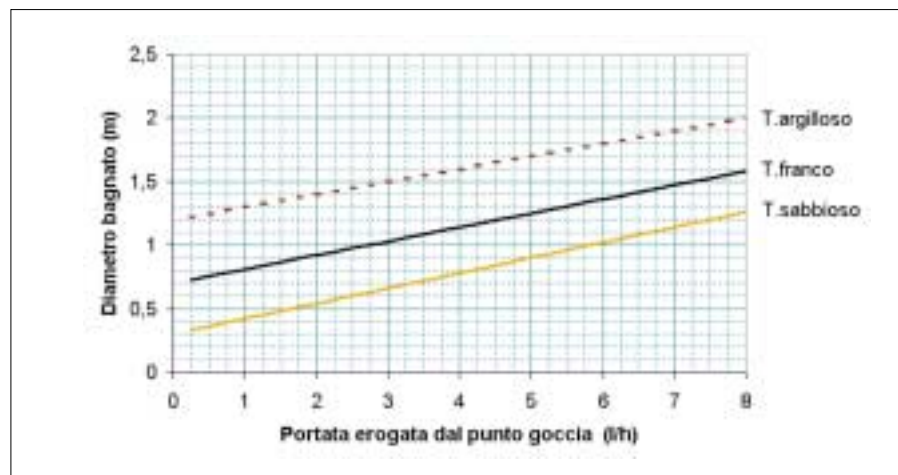


Fig. 11 - Diametro bagnato, in tre diversi tipi di terreno, in funzione della portata del punto goccia (da Karmeli *et al.*, 1985)



Le leggi che regolano l'infiltrazione e il movimento dell'acqua nel suolo sono piuttosto complesse, essendo in relazione anche alle quantità di acqua già presenti nel terreno. Per i nostri scopi, interessa principalmente conoscere come si muove l'acqua nel suolo saturo, condizione in cui, duran-

te l'irrigazione, viene a trovarsi lo strato superficiale di terreno che l'acqua deve attraversare, per raggiungere la profondità delle radici. Questo parametro si chiama, appunto, *permeabilità* (o velocità di infiltrazione del suolo saturo), è espresso in "mm/h" e indica la dose di acqua in "mm" che

riesce a infiltrarsi, ogni ora, in un terreno saturo, senza generare ristagni. Valori medi indicativi della permeabilità per diverse tipologie di terreno possono essere ricavati dal grafico in *fig. 9*.

Per quanto riguarda più specificamente la microirrigazione, è utile conoscere la modalità di penetrazione ed espansione nel suolo dell'acqua erogata da ogni punto goccia. Questa, oltre che dalle caratteristiche del terreno, dipende dalla portata del gocciolatore e dal volume erogato.

In relazione al tipo di terreno, l'area bagnata assume qualitativamente forme del tipo di quelle illustrate in *fig. 10*, allargandosi al crescere del contenuto di argilla e viceversa approfondendosi al crescere del contenuto di sabbia. In relazione alla portata erogata dal punto goccia, al crescere dei valori di questa, cresce il diametro dell'area bagnata. All'aumentare dei volumi erogati, l'acqua tende invece ad approfondirsi nel suolo, senza sostanzialmente aumentare il diametro dell'area bagnata. Nel grafico della *fig. 11* sono indicativamente riportati, per tre tipologie di suolo, i valori a regime del diametro di terreno bagnato, in funzione della portata erogata dal punto goccia.

I parametri della tecnica irrigua

L'obiettivo della tecnica irrigua è di evitare che, nello strato di terreno interessato dalle radici attive per l'assorbimento, venga a mancare un adeguato rifornimento idrico per le piante.

Come abbiamo visto, le piante sono in grado di estrarre acqua fintanto che il contenuto d'umidità del terreno non raggiunge il punto di appassimento. Tuttavia, ai fini agricoli non vogliamo solo fare sopravvivere le piante, ma vogliamo metterle nelle condizioni ottimali per una buona produzione.

Pertanto, in relazione alla cultivar, alla fase di sviluppo e agli obiettivi produttivi, si può con cognizione agronomica individuare un contenuto limite di umidità nel terreno, più elevato del punto di appassimento, oltre il quale è consigliabile non scendere. Questo contenuto di umidità rappresenta il *punto critico colturale (PCC)* e la quantità d'acqua contenuta fra questo punto e la capacità di campo viene indicata con il termine di *acqua facilmente utilizzabile (AFU)*.

Di solito il *PCC* si esprime come percentuale dell'acqua disponibile. Ad esempio, se per una coltura con radici superficiali, sensibile ai deficit idrici, il *PCC* consigliato è al 75% dell'acqua disponibile, solo il 25% di questa ultima costituisce l'*AFU*. Allo stesso modo, se per una coltura arborea o

arbustiva con radici profonde è indicato un *PCC* del 30%, l'*AFU* sarà il 70% di quella disponibile.

In una corretta tecnica irrigua, quando o comunque prima che il contenuto di umidità del suolo raggiunga il *PCC*, occorre operare un intervento irriguo, che ripristini la *CC*.

Il volume di acqua, per unità di superficie, necessario a riportare alla capacità di campo tutto lo strato di terreno interessato dalle radici costituisce il *volume di adacquamento netto (VA.netto)*. L'entità del *volume di adacquamento netto* corrisponde pertanto all'acqua necessaria a riempire tutti i micropori dello strato di terreno interessato e pertanto dipende da:

- le caratteristiche idrologiche del terreno;
- il *PCC*, ovvero il contenuto limite di umidità del terreno al momento dell'intervento;
- la profondità dello strato di terreno che, in relazione all'apparato radicale delle piante, si ritiene opportuno saturare o, per le colture in contenitore, il volume del substrato contenuto nel vaso.

Abbiamo già avuto modo di considerare come il suolo funzioni da serbatoio dal quale le piante traggono l'acqua. Questo concetto è schematizzato nella vignetta di *fig. 12*, in cui l'*AD* rappresenta la capacità utile del serbatoio. L'apporto del volume di adacquamento riempie completamente il "serbatoio" e l'ulteriore aggiunta di acqua va perduta, percolando in profondità.

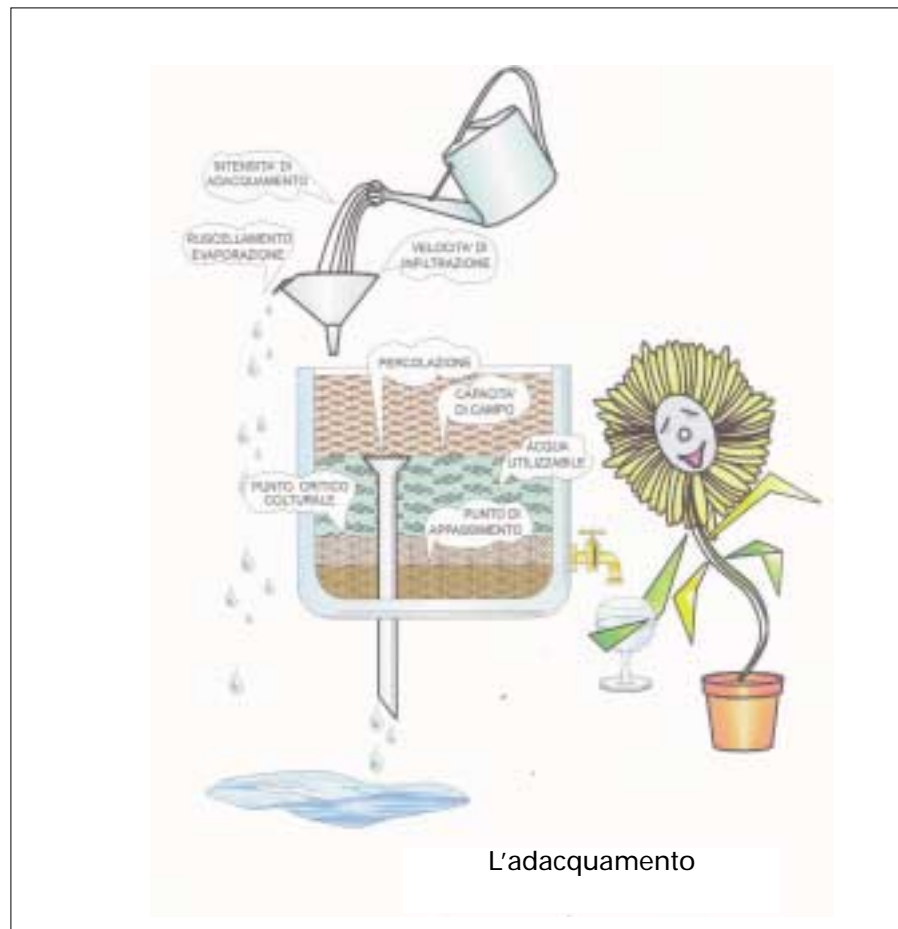
Inoltre, la stessa *fig. 12* mostra che anche altre porzioni dell'acqua somministrata possono andare perdute, ad esempio a seguito di evaporazione o di allontanamento dalla zona interessata per eventuali ruscellamenti. A queste si devono aggiungere anche altre cause, come ad esempio, nell'irrigazione a pioggia, le derive causate dal vento o l'acqua che cade negli interspazi fra i contenitori delle colture in vaso.

Il parametro che tiene conto di tutte le perdite sopra dette, è l'efficienza dell'adacquamento (*EA*), che esprime la percentuale dell'acqua somministrata che rimane immagazzinata nel terreno, in modo utile per la coltura.

$$\text{Efficienza di adacquamento } EA = \frac{\text{Volume utile alla coltura (mm)}}{\text{Volume erogato (mm)}} \cdot 100 \quad \text{Eq. 1}$$

L'altro importante parametro della tecnica irrigua, anch'esso richiamato nella *fig. 12* è l'*intensità di adacquamento* ovvero l'*intensità di applicazione irrigua (IA)*, che esprime il volume mediamente

Fig. 12 - Rappresentazione schematica delle regole dell'adacquamento in chiave umoristica (modificato da P.G. Megale)



erogato dall'impianto d'irrigazione, per unità di superficie, nell'unità di tempo ed è misurato in mm/h (= L/m²h).

L'intensità di applicazione si calcola facendo il rapporto fra la portata (*Q*) dell'erogatore, espressa in litri/ora e la porzione di superficie colturale da esso mediamente dominata, espressa in m².

$$\begin{aligned}
 \text{Intensità di applicazione IA (mm/h)} &= \\
 & \frac{\text{Portata dell'erogatore Q (L/h)}}{\text{Area media dominata dall'erogatore (m}^2\text{)}} \\
 & \text{Eq. 2}
 \end{aligned}$$

Esempi relativi alle modalità di calcolo dell'intensità di applicazione in diverse tipologie di impianti irrigui sono illustrati nelle figg. 13, 14 e 15.

Con particolare riguardo alla fig. 15, si osservi che anche negli impianti di microirrigazione, in cui notoriamente la superficie è solo parzialmente bagnata, l'intensità media di applicazione si calcola facendo riferimento all'intera superficie della coltura e non alla superficie effettivamente bagnata. Ciò rende più agevole la comparazione con i

consumi idrici, anch'essi espressi per unità di superficie coltivata, ovvero in "mm".

Dopo un adacquamento, in assenza di piogge, i consumi per evapotraspirazione della coltura determinano un giornaliero abbassamento dell'umidità del terreno, che gradualmente ritornerà al punto critico colturale, rendendo necessario un nuovo intervento irriguo (figg. 16-17).

Il tempo che intercorre fra due adacquamenti successivi si chiama *turno irriguo (T)* e corrisponde ai giorni impiegati dall'evapotraspirazione della coltura a consumare il volume di adacquamento, immagazzinato nello strato utile del terreno:

$$\begin{aligned}
 \text{Turno T (giorni)} &= \\
 & \frac{\text{Volume di adacquamento netto VA.netto (mm)}}{\text{Evapotraspirazione effettiva ETE (mm/giorno)}} \\
 & \text{Eq. 3}
 \end{aligned}$$

L'ultimo elemento tecnico della gestione irrigua è infine costituito dall'*orario* o *durata dell'adacquamento (O)*, in quanto indica esattamente il tempo necessario per eseguire questa operazione.

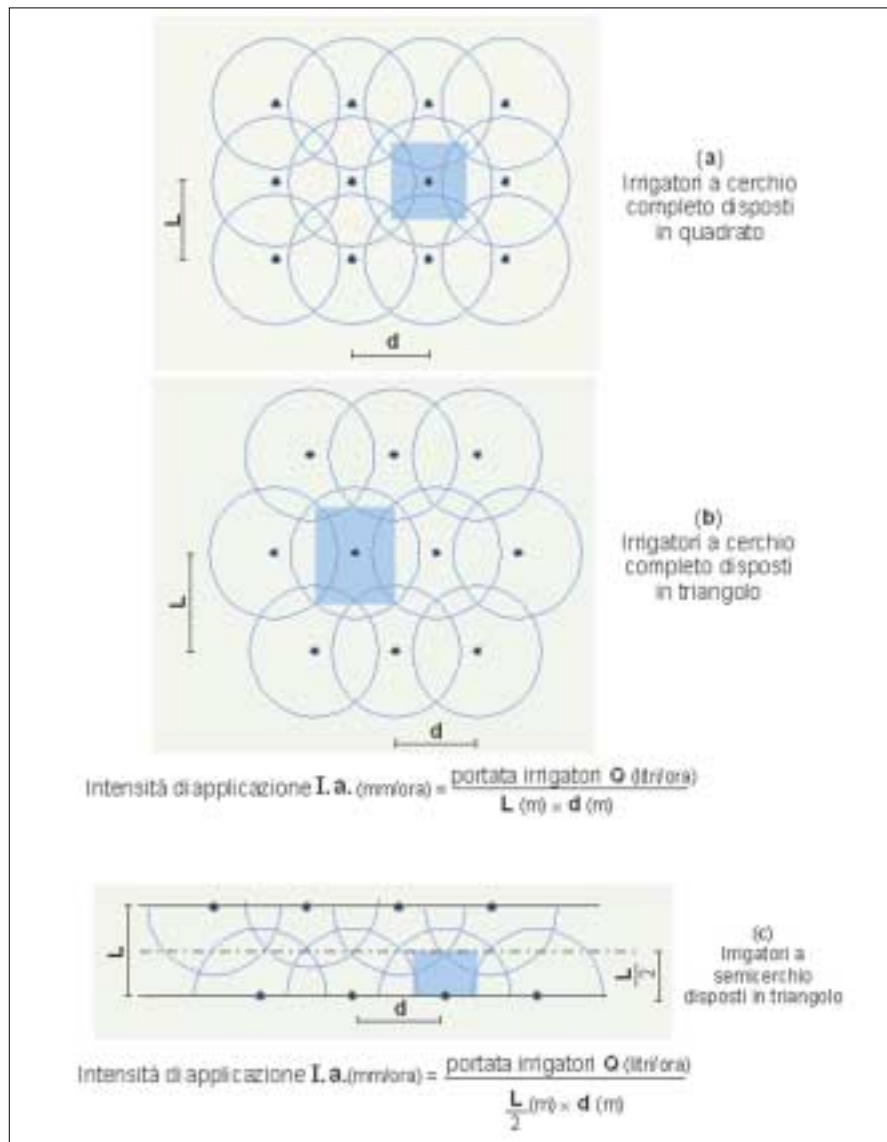


Fig. 13 - Irrigazione a pioggia con impianti stazionari. Calcolo dell'intensità media di applicazione, in questo caso detta anche intensità di pioggia

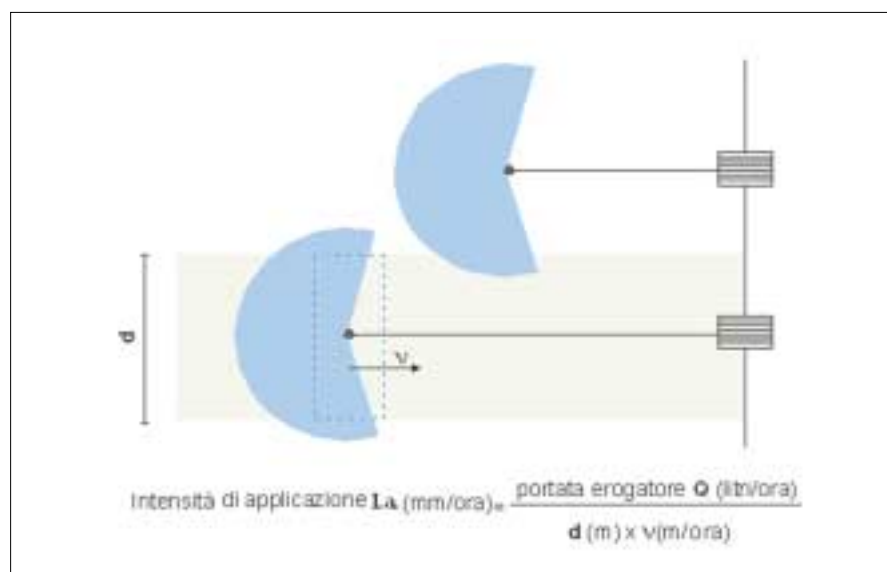


Fig. 14 - Irrigazione a pioggia tramite impianti in movimento, con erogatori in movimento "v". Calcolo dell'intensità media di applicazione o intensità di pioggia

Fig. 15 - Impianti di microirrigazione "a goccia" o "a spruzzi". Nonostante non venga bagnata l'intera superficie l'intensità media di applicazione si calcola facendo riferimento alla superficie della coltura e non alla superficie effettivamente bagnata. Ciò in coerenza con i consumi idrici, anch'essi espressi per unità di superficie coltivata (mm)

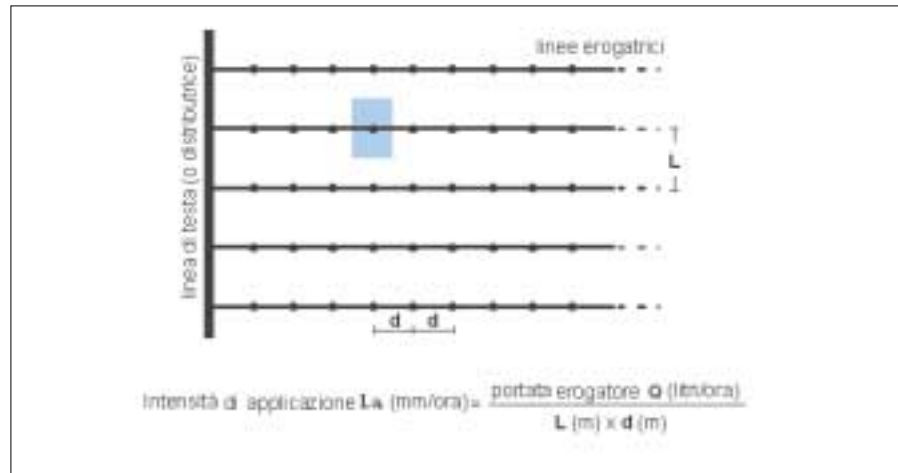


Fig. 16 - Andamento del contenuto medio di umidità nello strato interessato dagli apparati radicali, in una coltura con punto critico colturale al 30% dell'acqua disponibile

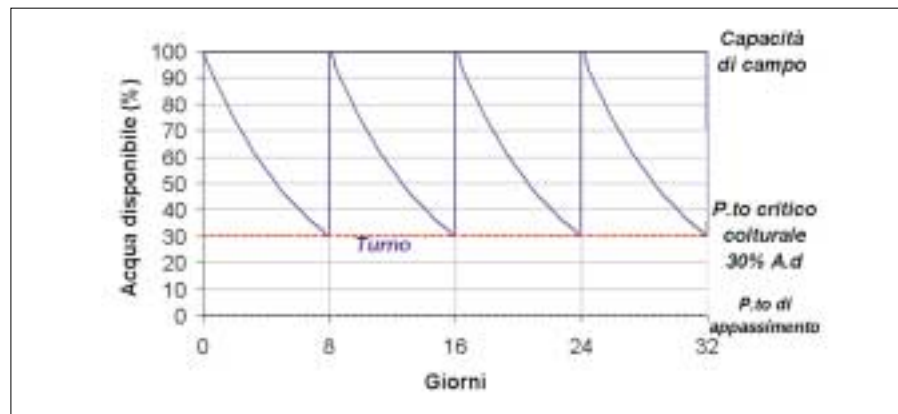
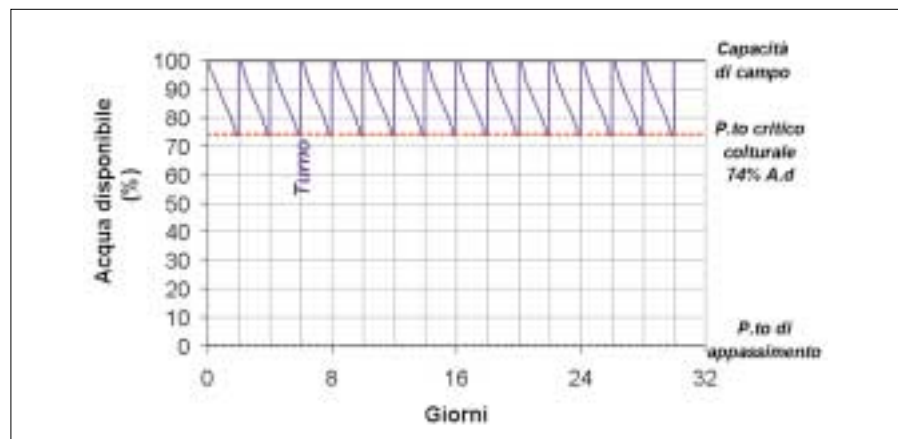


Fig. 17 - Andamento del contenuto medio di umidità nello strato interessato dagli apparati radicali, in una coltura con punto critico colturale al 74% dell'acqua disponibile



Nel calcolare *O* occorre tenere conto anche delle perdite di acqua che si verificano durante l'adacquamento; dovremo pertanto erogare un *volume di adacquamento lordo (VA.lordo)*, così definito:

$$VA.lordo (mm) = \frac{VA.netto (mm)}{EA (\%)} \cdot 100$$

Eq. 4

Il *volume di adacquamento lordo (VA.lordo)* indica pertanto il quantitativo di acqua che si deve erogare perché lo strato utile del terreno possa ricevere l'intero *VA.netto*³.

Così è possibile stabilire l'*orario*, che, corrispondendo al tempo necessario per erogare il volume di adacquamento lordo, si potrà calcolare dividendo questo per l'intensità di applicazione.

$$\text{Orario (O) (h)} = \frac{\text{Volume di adacquamento VA.lordo (mm)}}{\text{Intensità di applicazione IA (mm/h)}} \quad \text{Eq. 5}$$

Negli *Inseri I-V* sono riportate alcune applicazioni esemplificative.

La distribuzione dell'acqua alle colture

La conoscenza dei principi della tecnica irrigua, nonché la loro applicazione basata su specifiche caratterizzazioni idrologiche del terreno e sul supporto di un efficiente Servizio Agrometeorologico Regionale, consente una sempre più precisa definizione delle dosi e del momento d'intervento irriguo. A ciò contribuisce anche la crescente preparazione tecnica degli operatori e la possibilità di abbinare al metodo del bilancio idrico, sopra descritto, verifiche tramite strumenti di misura dell'umidità del terreno.

Resta a questo punto da considerare la fase successiva della pratica irrigua, che consiste nel distribuire l'acqua alle colture nelle quantità, nei tempi e nei modi previsti.

L'attuazione di questa fase è affidata all'impianto di irrigazione, al quale idealmente si chiede di mettere a disposizione di tutte le piante della coltura le dosi prestabilite di acqua, evitando sprechi. Ovviamente queste condizioni, che delineano un impianto ideale con 100% di efficienza, non potranno mai essere completamente raggiunte, ma sarà tanto più utile cercare di avvicinarle quanto più si mira ad alti livelli di qualità, quanto più le colture sono di pregio e sensibili alle condizioni idriche del terreno e ancor più quando la risorsa idrica è limitata.

Precedentemente, nel definire l'efficienza dell'adacquamento, avevamo visto le modalità del mancato immagazzinamento nel terreno, in modo utile per la coltura, di una parte dell'acqua erogata; vediamo ora di analizzarne le origini. Queste possono essere suddivise in due fattori, connessi rispettivamente al metodo di irrigazione e all'uniformità di distribuzione dell'acqua alla coltura (*fig. 18*).

Ogni metodo irriguo è caratterizzato da specifiche modalità di distribuzione dell'acqua, che ne condizionano le potenzialità di efficienza.

Ad esempio, irrigando col vecchio metodo a scorrimento superficiale, inevitabilmente una consistente parte dell'acqua erogata alla parcella andava perduta nelle scoline o in percolazioni negli strati profondi. Così pure, praticando un'irrigazione a pioggia in campo aperto, è inevitabile che parte dell'acqua vada perduta per evaporazione o perché finisce per cadere al di fuori dall'area interessata dalle piante.

Ovviamente le modalità di distribuzione dell'irrigazione a goccia, caratterizzata da precise localizzazioni dell'acqua e da limitate perdite per evaporazione, rendono questo metodo potenzialmente più efficiente, purché le portate dei punti goccia e i volumi erogati siano appropriati alle caratteristiche del terreno.

L'uniformità di distribuzione dell'acqua

Per comprendere come l'uniformità di distribuzione vada a incidere sull'efficienza, consideriamo ad esempio, un impianto di irrigazione a pioggia che distribuisca l'acqua in modo non uniforme, nella maniera illustrata in *fig. 19*, che si riferisce a una situazione reale e illustra la distribuzione dell'intensità di pioggia su una porzione di appezzamento irrigato a pioggia.

Se mediante questo impianto si eroga il volume di adacquamento, sia pure al lordo delle perdite per

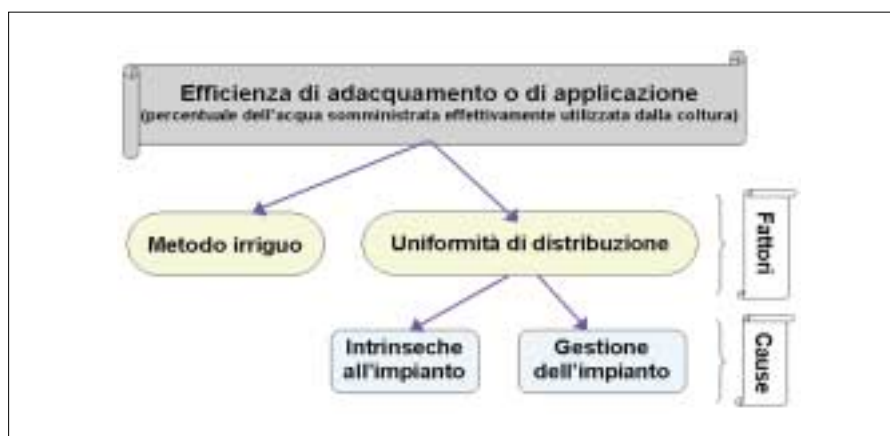


Fig. 18 - Efficienza di adacquamento (o di applicazione): schema dei fattori e delle cause da cui dipende

Fig. 19 - Distribuzione dell'intensità di pioggia in una porzione di appezzamento irrigato a pioggia

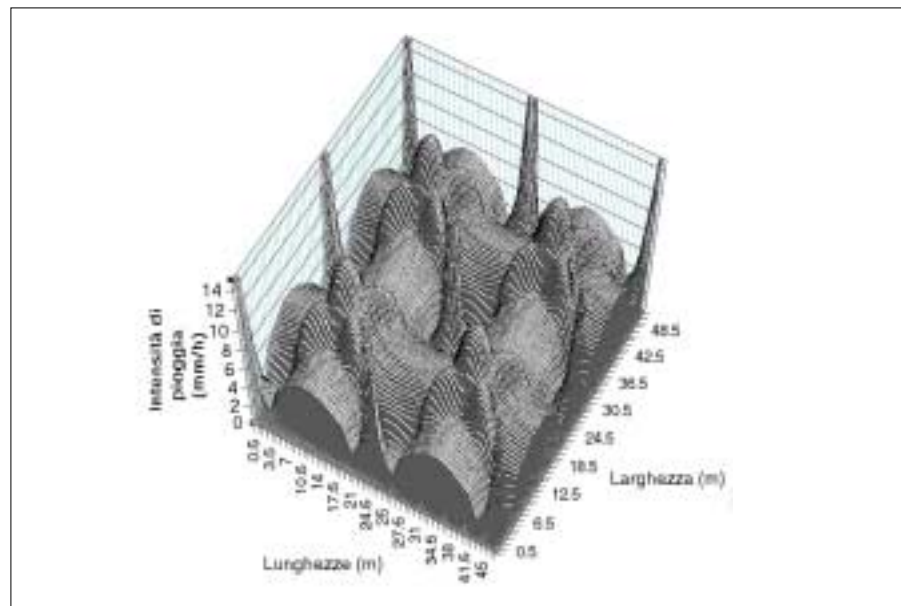


Fig. 20 - Andamento del fronte di inumidimento del suolo, nella stessa porzione di appezzamento considerata nella fig. 19, dopo l'erogazione del volume di adattamento, al lordo delle perdite per derive ed evaporazione

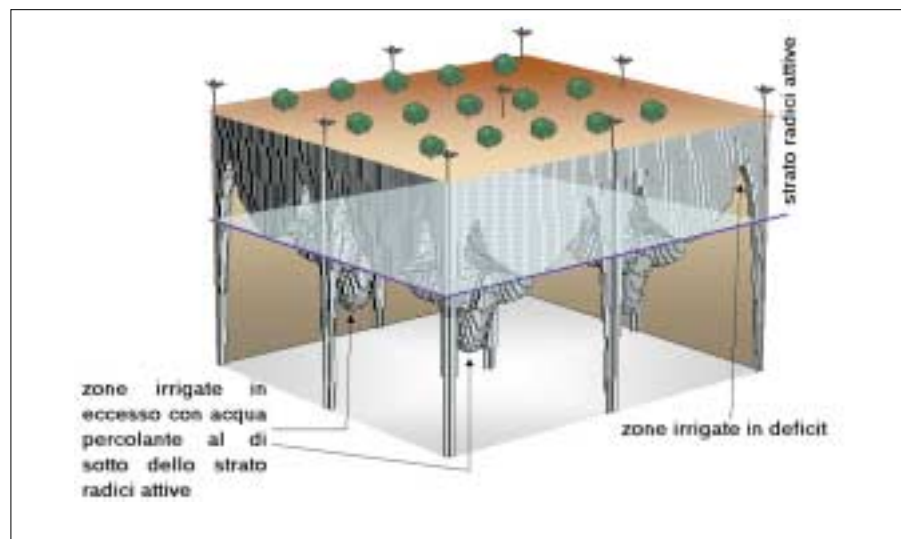
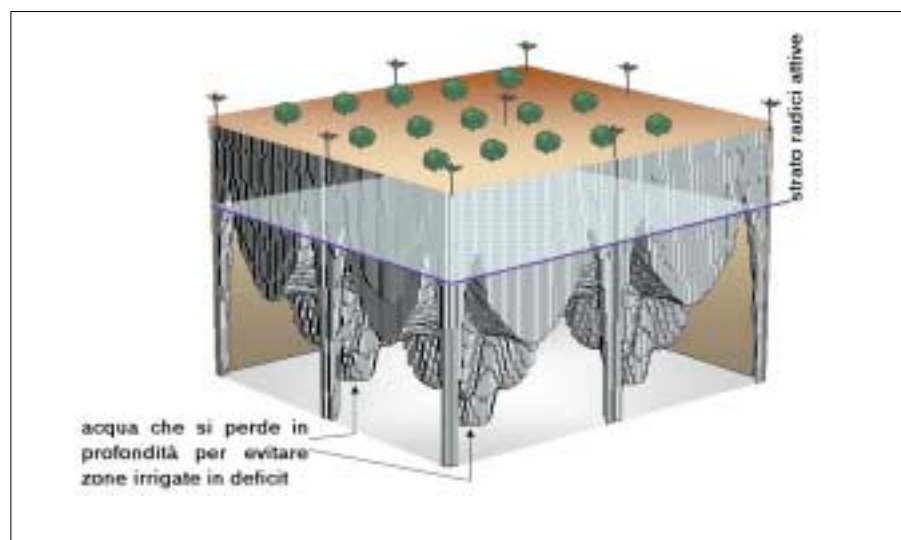


Fig. 21 - Andamento del fronte di inumidimento del suolo, nella stessa porzione di appezzamento considerata nella fig. 19, dopo l'erogazione di un volume tale da evitare la presenza di zone irrigate in modo deficitario



evaporazione e per deriva delle goccioline, al termine dell'intervento irriguo una porzione della coltura avrà ricevuto dosi di acqua inferiori a quella corrispondente al volume di adacquamento prestabilito, mentre la restante parte ne avrà ricevuto dosi superiori. Pertanto, come mostra la *fig. 20*, l'acqua in alcune zone non riesce a bagnare interamente lo strato interessato dalle radici attive, mentre nella restante parte percola al di sotto di questo strato.

Per evitare che porzioni del campo siano irrigate in modo deficitario, con ripercussioni negative sullo stato di salute delle piante e sulla produzione, si è costretti ad allungare il tempo di funzionamento dell'impianto, erogando un maggiore volume di acqua. In questo modo, come mostra la *fig. 21*, tutto lo strato interessato dalle radici attive viene a essere inumidito, ma notevoli quantità d'acqua vanno a finire anche al di sotto di questo strato e non sono utilizzate dalle piante.

Il problema si presenta anche nell'irrigazione a goccia per la disuniformità fra le portate erogate dai punti goccia, causata dalle inevitabili perdite di pressione lungo le linee gocciolanti e dell'altrettanto inevitabile disomogeneità costruttiva degli apparati erogatori. Nella *fig. 22* è illustrato un esempio del reale andamento del fronte di penetrazione dell'acqua al di sotto di una linea gocciolante non autocompensante lunga 260 m. Come si può vedere, per fornire anche alle piante che si trovano nella parte terminale della linea gocciolante un adeguato inumidimento dello strato interessato dalle radici, si devono subire evidenti perdite di acqua per percolazione profonda nella parte iniziale.

Indipendentemente dal metodo irriguo, una scarsa uniformità di irrigazione è pertanto causa di sprechi di acqua e anche di energia, per i maggiori volumi da erogare. In aggiunta l'acqua che percola in profondità dilava le sostanze nutritive solubili, allontanandole dalla zona di assorbimento delle radici e facendole confluire, più o meno rapidamente, nelle falde acquifere sotterranee. Ciò danneggia sia le aziende agricole, per il costo dei fertilizzanti sprecati, sia l'ambiente, per l'inquinamento delle falde acquifere.

La disuniforme distribuzione dell'acqua può essere provocata da cause intrinseche all'impianto e da cause legate alle modalità di gestione dell'impianto (*fig. 18*).

Le cause intrinseche dipendono dalle caratteristiche costruttive proprie dell'impianto. Ad esempio, le cause intrinseche di disuniformità per un impianto d'irrigazione a pioggia sono determinate dal tipo di irrigatori impiegati, dal loro posizionamento sul campo, dalla dimensione delle condotte

ecc. Così per un impianto a goccia esse sono determinate dal tipo e dalle caratteristiche di funzionamento degli apparati erogatori impiegati, dalla lunghezza e dal diametro delle condotte ecc.

Le cause di disuniformità legate alle modalità di gestione degli impianti possono, ad esempio nell'irrigazione a pioggia, essere il funzionamento dell'impianto in condizioni di ventosità o con non corrette pressioni di esercizio, il non tempestivo intervento di manutenzione a seguito di usura o guasti delle attrezzature ecc. Per l'irrigazione a goccia le cause di disuniformità possono essere ancora le pressioni di esercizio non adeguate, oltre che eventuali occlusioni parziali o totali dei gocciolatori per incrostazioni da sali disciolti, non tempestive riparazioni di rotture accidentali delle linee gocciolanti o delle altre condotte ecc.

La componente della disuniformità dovuta alle modalità di gestione può essere ridotta fino anche a termini trascurabili, semplicemente ponendo una maggiore attenzione alla conduzione e manutenzione degli impianti. Si tratterà, in pratica, di tenere sotto controllo e regolare opportunamente le pressioni in testa ai settori irrigui, di evitare la messa in funzione degli impianti a pioggia in condizioni di eccessiva ventosità e, specificamente per gli impianti a goccia, di far scorrere dopo le fertirrigazioni sufficienti quantità di acqua, di praticare frequenti espurghi delle linee, di riparare tempestivamente i guasti ecc.

È comunque evidente che l'applicazione di valide regole di conduzione e gestione potrà portare a conseguire livelli di efficienza soddisfacenti solo se le caratteristiche costruttive degli impianti saranno tali da assicurare buone proprietà intrinseche di uniformità. Per questo è indispensabile un'accurata progettazione e realizzazione degli impianti, resa possibile solo dalla conoscenza delle caratteristiche di funzionamento dei componenti di impianto e in particolare degli apparati di erogazione utilizzati, sia per l'irrigazione a pioggia, che per la microirrigazione.

Queste caratteristiche sono rilevate in modo obiettivo dal Laboratorio Nazionale dell'Irrigazione (LNI), che fornisce anche strumenti di supporto alla corretta progettazione degli impianti. In questi ultimi anni il LNI ha eseguito, per conto dell'ARSIA, prove su alcuni modelli di irrigatori a pioggia e su un ampio numero di linee gocciolanti integrali, queste ultime scelte fra i modelli più usati nell'ortoflorovivaismo. I risultati di queste prove sono stati pubblicati nei "Quaderni ARSIA" 2/2000 e 3/2002, dove le caratteristiche di funzionamento delle attrezzature provate sono riportate

Fig. 22 - Andamento del fronte di penetrazione dell'acqua nella sezione di suolo al di sotto di una linea gocciolante lunga 260 m, su un terreno pianeggiante

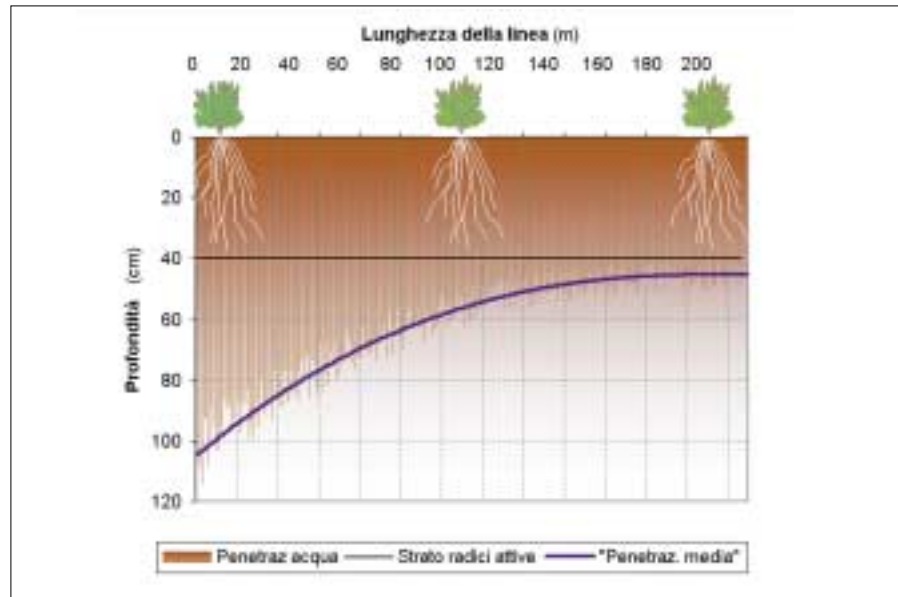


Fig. 23 - Uniformità di distribuzione, valutata mediante il coefficiente di Christiansen (CU), conseguibile in assenza di vento con diversi posizionamenti sul campo, in uno schema di avanzamento in triangolo

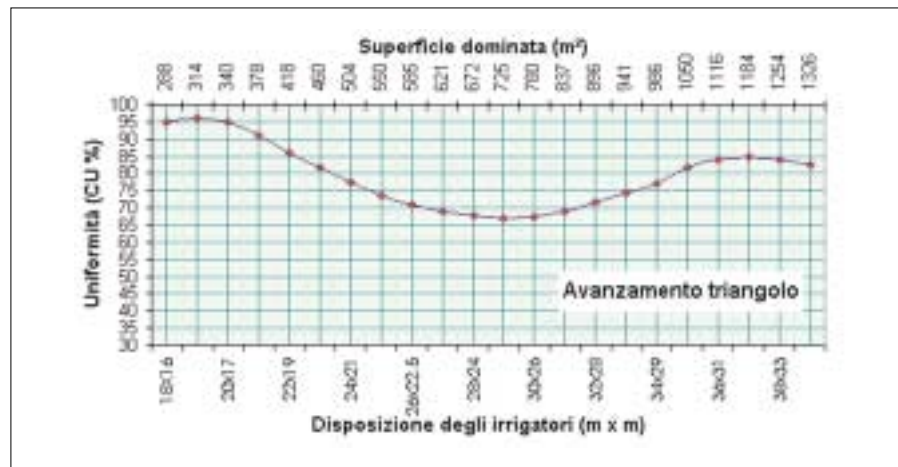


Fig. 24 - Tabella che fornisce la massima lunghezza ammissibile e la portata media, per vari gradi di uniformità di erogazione (EU) e per diverse pendenze del terreno

Legge delle perdite di carico nelle linee gocciolanti

Metodo standard	$J \text{ (m/m)} = 2,06E-07 \cdot Q \text{ (l/h)}^2$	L.c. (m) = 171
Legge sperimentale	$J \text{ (m/m)} = 7,844E-07 \cdot Q \text{ (l/h)}^{1,7638}$	[R ² 0,9989]

Lunghezza massima (L) e portata media (qm) delle linee per vari gradi di uniformità di erogazione (EU), applicando in testa una pressione di 10,5 m c.a.

EU (%)	Pizic (m c.a.)	Pend. 0,0%		Pend. +0,5%		Pend. +1,0%		Pend. +1,5%		Pend. +2,0%		Pend. -0,5%	
		L (m)	qm (l/h m)	L (m)	qm (l/h m)	L (m)	qm (l/h m)	L (m)	qm (l/h m)	L (m)	qm (l/h m)	L (m)	qm (l/h m)
95,0	10,5	128	4,12	146	4,06	157	4,04	164	4,06	168	4,09	184	4,22
92,5	10,5	159	3,88	178	3,79	191	3,76	200	3,75	205	3,78	135	4,01
90,0	10,5	182	3,68	203	3,57	217	3,52	227	3,51	233	3,53	159	3,81
87,5	10,5	203	3,49	224	3,38	240	3,32	250	3,31	257	3,32	177	3,65
85,0	10,5	220	3,33	244	3,20	260	3,14	271	3,13	279	3,14	193	3,58

in schede tecniche, corredate da grafici e tabelle di supporto alla corretta progettazione degli impianti. Questi supporti sono di facile impiego anche da parte di non specialisti del settore, come mostrano gli esempi nelle figg. 23 e 24, rispettivamente rela-

tive a un determinato tipo di irrigatore a pioggia e a un determinato modello di linea gocciolante.

Per l'irrigazione a pioggia, grafici come quello in fig. 23 forniscono l'uniformità, che si ottiene in assenza di vento, con diverse posizioni degli irriga-



Impianto di irrigazione a pioggia in un vivaio di arbusti ornamentali

tori, consentendo di scegliere quella più conveniente. L'uniformità è valutata mediante il *Coefficiente di Christiansen (CU)*⁴, parametro determinabile attraverso appositi rilevamenti pluviometrici sulla superficie irrigata, che indica una buona distribuzione dell'acqua quando si avvicina o supera il valore di 80%.

Per gli impianti di irrigazione a goccia, tabelle come quella in *fig. 24* consentono, una volta scelto il livello di uniformità (*EU*)⁵ desiderato, di conoscere la massima lunghezza ammissibile e la portata media delle linee gocciolanti, in diverse condizioni di pendenza del terreno.

Recentemente il LNI, sempre per conto dell'ARSIA ha prodotto anche un software, denominato *Ve.Pro.L.G.*, che costituisce uno strumento flessibile e interattivo per la verifica e la progettazione delle linee gocciolanti, finalizzato al risparmio di acqua e di energia. Il software consente di valutare

direttamente in azienda l'efficienza degli impianti di irrigazione a goccia già esistenti, indicando eventuali modifiche per migliorarne il funzionamento e di progettare correttamente nuovi impianti.

Per rendere più utili questi strumenti, è a volte necessario fornire anche supporti formativi a vario livello per sviluppare negli operatori le conoscenze tecniche e le professionalità, che consentano loro di ottenere la migliore efficacia possibile dell'acqua e dell'energia impiegata e migliorare la produttività. Per questo il LNI collabora anche con Organizzazioni territoriali per la divulgazione e la formazione tecnica. Ad esempio, nell'ambito di una queste collaborazioni con le Organizzazioni che operano l'assistenza tecnica all'agricoltura nella provincia di Livorno, è stato redatto un opuscolo divulgativo di guida all'irrigazione a goccia (Bertolacci e Delli Paoli, 2003).

Note

Ringraziamenti: l'Autore ringrazia la sig.ra Silvia Tagliacarne, per la collaborazione fornita.

¹ Sono disponibili tabelle con i coefficienti colturali per tutte le più comuni colture agricole; non altrettanto avviene per le colture florovivaistiche, perché non sono state fatte nel passato sperimentazioni, che potrebbe invece essere utile attuare.

² Per la già ricordata carenza di specifici Kc, il servizio già collaudato per molte colture agricole, potrebbe invece necessitare di un "rodaggio" per il florovivaismo. Tuttavia l'aggiornamento in tempo reale dei valori di ETP e l'eventuale uso per similitudine comparativa con dei Kc noti di altre colture potrà, da subito, essere di indubbia utilità.

³ Nel caso di irrigazione con acque salmastre il volume di adattamento lordo deve tenere conto anche dei maggiori quantitativi di acqua necessari per l'allontanamento dei sali dalla zona delle radici. Occorre comunque rimarcare che, specie per le colture a terra, le tecniche che prevedono l'impiego irriguo di acqua con anomali contenuti salini devono assolutamente essere valutate attentamente e prevedere costantemente degli accurati controlli.

⁴ Il "Coefficiente di uniformità di Christiansen" (CU), che è il parametro più usato per la valutazione dell'uniformità di distribuzione dell'acqua in impianti d'irrigazione a pioggia, tiene conto degli scarti fra le singole osservazioni di altezza di pioggia e della media e del numero delle osservazioni (l'equazione per il calcolo di CU è riportata da Bertolacci, 2000).

⁵ Il parametro "uniformità di erogazione" (EU), che in questo esempio è riferito ad una sola linea gocciolante, esprime, in termini percentuali, il rapporto fra la portata media del quarto delle erogazioni con le portate più basse sulla linea e la portata media di tutte le erogazioni della linea. In fase di progetto può essere stimato con la formula:

$$EU = 100 \cdot (1 - 1,27 \cdot Cv) \cdot q_{min} / q_{media}$$

dove Cv è il coefficiente di variazione tecnologica del sistema di erogazione, q_{min} è la portata di erogazione minima in L/h • metro, calcolata in corrispondenza del punto di minima pressione della linea, e q_{media} L/h • metro è la portata di erogazione media della linea.

Bibliografia

1. ANCONELLI S., BATTILANI A., GALLINA D., GENOVESI R., GUIDOBONI G., MANNINI P., PIETROSI I. (1995). *La Microirrigazione*. Regione Emilia-Romagna - Assessorato Agricoltura, dic. Bologna.
2. BERTOLACCI M. (1997). *È importante contenere le inefficienze e gli sprechi*. - Terra e Vita, 10 (suppl.).
3. BERTOLACCI M. (2000). *Risultati delle prove funzionali su linee gocciolanti integrali*. Quaderno ARSIA 2/2000, ARSIA Regione Toscana, Firenze.
4. BERTOLACCI M. (2002) - *Risultati delle prove funzionali su linee gocciolanti integrali e irrigatori a pioggia - Parte II*. Quaderno ARSIA 3/2002, ARSIA Regione Toscana, Firenze <http://www.lni.unipi.it/home.html>
5. BERTOLACCI M., DELLI PAOLI P. (2003). *Irrigazione a goccia su colture ortive di pieno campo. Conoscere gli impianti e farli funzionare correttamente, per conseguire buoni risultati produttivi e risparmiare acqua*. Editrice "Il Quadrifoglio", Livorno, dicembre 2003.
6. BERTOLACCI M., SOLINAS I. (2003). *Software Ve.Pro.L.G.: Verifica e Progettazione di Linee Gocciolanti per il risparmio di acqua e di energia*, ARSIA Regione Toscana, Firenze <http://www.lni.unipi.it/home.html>.
7. FINKEL H.J. (1982). *Handbook of Irrigation Technology*. CRC Press United States.
8. KARMELI D., PERI G., TODS M. (1985). *Irrigation systems: design and operation*. Oxford University Press. Cape Town, South Africa.
9. LANDI R. (1999). *Agronomia e ambiente*. Edagricole, Bologna.
10. LARRY G.J. (1988). *Principles of Farm Irrigation System Design*. John Wiley & Sons, Inc., USA.
11. MEGALE P.G. (1998). *Dispense delle lezioni di "Irrigazione e drenaggio"*. Facoltà di Agraria, Università di Pisa.

INSERTO I - Applicazioni esemplificative: esempio 1

Consideriamo una coltura irrigata con un impianto stazionario a pioggia, che si trovi nelle seguenti condizioni:

- terreno: medio impasto
- strato interessato dagli apparati radicali attivi: 40 cm
- Punto critico colturale (PCC): 40% dell'acqua disponibile
- impianto stazionario a pioggia, del tipo illustrato in *fig. 13 (b)*
- con irrigatori a cerchio completo disposti in triangolo: $L = 20$ m, $d = 18$ m
- portata degli irrigatori alla pressione media di esercizio: 0,5 litri/secondo
- ETE, nel periodo considerato: 5,7 mm/giorno
- Pioggia = 0.

Dai dati disponibili si può, in prima approssimazione, individuare i parametri necessari all'attuazione della tecnica irrigua nel modo che segue.

1. Volume di adacquamento (VA):

- dal diagramma di *fig. 8*, si può ricavare che per un terreno di medio impasto, l'acqua disponibile, in uno strato di 40 cm è circa 67 mm;
- tenendo conto del PCC si calcola rapidamente il

$$VA = 67 \times \left(1 - \frac{40}{100}\right) \cong 40 \text{ mm}$$

2. Turno irriguo (T):

$$T = \frac{40 \text{ (mm)}}{5,7 \text{ (mm / giorno)}} \cong 7 \text{ giorni}$$

3. Orario o durata dell'adacquamento (O):

- se l'impianto d'irrigazione a pioggia è stato correttamente progettato e realizzato ed è fatto funzionare in assenza di vento, si può ragionevolmente ipotizzare un'efficienza di adacquamento dell'80%;
- si passa pertanto a calcolare il

$$VA_{\text{lordo}} = \frac{40 \text{ (mm)}}{80 \text{ (\%)}} \times 100 \cong 50 \text{ mm}$$

- tenendo conto della disposizione degli irrigatori e della loro portata alla pressione media di esercizio, si calcola l'intensità di applicazione (IA):

$$IA = \frac{[0,5 \times 3600] \text{ (litri/ora)}}{[20 \times 18] \text{ (m}^2\text{)}} = \frac{1800 \text{ (litri/ora)}}{360 \text{ (m}^2\text{)}} \cong 5 \text{ mm/ora}$$

- si può quindi determinare l'orario o la durata dell'adacquamento (O):

$$O = \frac{50 \text{ (mm)}}{5 \text{ (mm/ora)}} = 10 \text{ ore}$$

Inserto II - Applicazioni esemplificative: esempio 2

Supponiamo di avere la stessa coltura dell'esempio 1, con la seguente differenza: l'impianto stazionario a pioggia è del tipo illustrato in *fig. 13* (c), con irrigatori della stessa portata (0,5 L/s), disposti in triangolo ($L = 20$ m, $d = 18$ m), ma operanti su settore di 180° .

In queste condizioni, restano invariati i parametri:

- volume di adacquamento (VA) = 40 mm
- turno (T) = 7 giorni
- volume di adacquamento lordo ($VA.lordo$) = 50 mm.

Mentre, in conseguenza della diversa superficie mediamente dominata dagli irrigatori, cambiano valore i seguenti parametri:

$$IA = \frac{[0,5 \times 3600] \text{ (litri/ora)}}{[10 \times 18] \text{ (m}^2\text{)}} = \frac{1800 \text{ (litri/ora)}}{180 \text{ (m}^2\text{)}} = 10 \text{ mm/ora}$$

$$O = \frac{50 \text{ (mm)}}{10 \text{ (mm/ora)}} = 5 \text{ ore}$$

Il raddoppio, rispetto all'esempio 1, dell'intensità di applicazione consiglia di verificare se il nuovo valore è compatibile con la permeabilità del terreno. Per questo si può utilizzare il diagramma in *fig. 9*, dal quale si vede che un terreno di medio impasto, ha indicativamente permeabilità di circa 12 mm/h. Quindi, dovrebbe essere in grado di sopportare l'intensità di pioggia di 10 mm/ora, senza che si formino ristagni o ruscellamenti. Il condizionale è d'obbligo perché la permeabilità suddetta non è stata ricavata da specifiche prove sul nostro terreno, ma è un valore indicativo.

INSERTO III - Applicazioni esemplificative: esempio 3

Supponiamo ora di avere lo stesso terreno e una coltura con le stesse esigenze dei due esempi precedenti, ma di voler utilizzare un irrigatore semovente, del tipo in *fig. 14*, con le seguenti caratteristiche:

- fascia di competenza di larghezza $L = 32$ m,
- irrigatore che alla pressione di esercizio eroga la seguente portata: $Q = 5,2$ m³/ora,

La velocità di avanzamento (V) dell'irrigatore semovente deve essere necessariamente regolata in funzione del volume di adacquamento lordo da erogare e può essere ricavata direttamente da apposite tabelle, generalmente incluse nei cataloghi di queste attrezzature o calcolate semplicemente con la relazione:

$$\text{velocità di avanzamento } v(\text{m/ora}) = \frac{\text{Portata dell'erogatore } Q(\text{litri/ora})}{\text{larghezza fascia di competenza } (m) \times \text{V.A.lordo } (mm)}$$

Volendo erogare lo stesso volume di adacquamento lordo stabilito nei precedenti esercizi (V.A.lordo = 50 mm):

$$V(\text{m/ora}) = \frac{5200(\text{litri/ora})}{32(m) \times 50(mm)} = 3,25 \text{ m/ora}$$

Occorre a questo punto valutare il valore che assume l'intensità di applicazione, dividendo la portata erogata dall'irrigatore (in litri/ora), per la superficie irrigata ogni ora di funzionamento. Quest'ultima è evidentemente data dal prodotto della larghezza della fascia di competenza media dell'irrigatore (32 m), per la distanza da esso percorsa in un'ora.

Nel nostro caso, con la velocità di 3,25 m/ora, l'irrigatore ovviamente percorre in un'ora 3,25 m, pertanto:

$$I.A. = \frac{5200(\text{litri/ora})}{[32 \times 3,25](\text{m}^2)} = \frac{5200(\text{litri/ora})}{104(\text{m}^2)} = 50 \text{ mm/ora}$$

Dal diagramma in *fig. 9* risulta evidente che un'intensità di pioggia di 50 mm/ora è largamente superiore alla permeabilità di un terreno di medio impasto, per cui l'erogazione dell'intero volume di adacquamento lordo in un solo passaggio è sicuramente improponibile. Irrigando in queste condizioni, su appezzamenti in pendenza o ben baulati si avrebbero ruscellamenti, con il convogliamento di abbondanti quantità di acqua nelle scoline; mentre nelle aree di terreno prive di pendenza o depresse si verificherebbero ristagni, quindi zone di terreno periodicamente in condizioni asfittiche e soggette al disfacimento strutturale.

NOTA

Lo stesso metodo di calcolo esposto in questo esempio per definire la velocità di avanzamento e l'intensità di pioggia di un irrigatore, può essere applicato anche alle barre semoventi, facendo riferimento alla portata media erogata per metro lineare di barra e alla sua larghezza.

INSERTO IV - Applicazioni esemplificative: esempio 4

Passiamo ora a considerare una coltura irrigata a goccia nelle seguenti condizioni:

- terreno: medio-sabbioso
- strato interessato dalle radici attive: 40 cm
- PCC: 75% dell'acqua disponibile
- interdistanza fra i punti goccia: 40 cm
- interdistanza fra le linee gocciolanti: 1,2 m
- portata media dei punti goccia: 1,3 litri/ora
- ETE della coltura, nel periodo considerato: 5,0 mm/giorno
- Pioggia = 0.

L'irrigazione a goccia è notoriamente una irrigazione "localizzata", che non bagna cioè l'intera superficie della coltura. Per questo, nel valutare parametri come il volume di adacquamento e il turno, occorre tenere conto dell'area effettivamente bagnata, o più precisamente del volume di terreno che svolge effettivamente la funzione di serbatoio idrico per la coltura.

Nel nostro caso dal diagramma di *fig. 11*, per una portata del punto goccia di 1,3 litri/ora, si rileva l'indicazione che il diametro dell'area bagnata varia fra i 45 cm di un terreno completamente sabbioso e gli 85 cm di un terreno franco o di medio impasto. Assumiamo pertanto orientativamente un valore intermedio del diametro bagnato pari a 65 cm, salvo diretta verifica da effettuarsi in campo. Si può pertanto considerare che la linea gocciolante formi una striscia continua di terreno larga circa 60 cm. Perciò, tenendo conto della interdistanza fra le linee gocciolanti (120 cm), si stima la percentuale di area bagnata (*PAB*):

$$PAB = \frac{60(\text{cm})}{120(\text{cm})} \times 100 \cong 50\%$$

Dal diagramma di *fig. 8* si ricava che in uno strato di terreno medio-sabbioso profondo 40 cm, l'acqua disponibile è mediamente di 48 mm (ovvero 48 litri/m² di suolo bagnato), per cui, considerando la percentuale di area bagnata, per ogni m² della superficie colturale avremo:

$$AD = \frac{48 \times 50}{100} = 24 \text{ litri/m}^2 = 24 \text{ mm}$$

Tenendo conto del PCC (75% AD), nella porzione di terreno bagnato l'acqua utile immagazzinabile è = 24 (mm) x 0,25 = 6,0 mm. Risulta pertanto evidente, vista l'evapotraspirazione del periodo, che occorre irrigare tutti i giorni, quindi il turno è:

$$T = 1 \text{ giorno}$$

Valutando, che in una buona irrigazione a goccia l'efficienza sia almeno il 90%.

$$V_{\text{Alordo}} = \frac{5(\text{mm})}{90\%} \times 100 \cong 5,56 \text{ mm}$$

Quindi:

$$IA = \frac{1,3(\text{litri/ora})}{[0,4 \times 1,2](\text{m}^2)} = \frac{1,3(\text{litri/ora})}{0,48(\text{m}^2)} \cong 2,7 \text{ mm/ora}$$

Si può infine determinare la durata dell'adacquamento

$$O = \frac{5,56(\text{mm})}{2,7(\text{mm/ora})} \cong 2,06 \text{ ore} = 2 \text{ ore } 04 \text{ min}$$

NOTA

Cosa accadrebbe se effettuassimo invece l'irrigazione con un turno di 2 giorni, raddoppiando di conseguenza anche il volume di adacquamento? Evidentemente una parte dell'acqua si porterebbe al di sotto dello strato di 40 cm interessato dalle radici attive. Nella prima adacquata saturerebbe il terreno fino alla profondità di 80 cm, ma in quelle successive, trovando il terreno già saturo, l'acqua si porterebbe ancora più in profondità, andando definitivamente perduta. La produttività della coltura ne risulterebbe in vario grado danneggiata per:

- il maggiore sforzo richiesto alle piante per assorbire l'acqua di cui hanno bisogno;
- il dilavamento degli elementi nutritivi solubili dalla zona di attività radicale da parte dell'acqua che percola in profondità;
- lo spreco di acqua e lo spreco dell'energia impiegata per distribuire l'acqua che va perduta.

INSERTO V - Applicazioni esemplificative: esempio 5

Consideriamo una coltura di tipo arboreo o arbustivo irrigata a goccia nelle seguenti condizioni:

- terreno: medio-argilloso
- strato interessato dalle radici attive: 60 cm
- PPC: 50% dell'acqua disponibile
- interdistanza fra i punti goccia: 80 cm
- interdistanza fra le linee gocciolanti: 3,0 m
- portata media dei punti goccia: 4,0 litri/ora
- ETE della coltura, nel periodo considerato: 6,0 mm/giorno
- Pioggia = 0.

Dal diagramma di *fig. 11*, per una portata del punto goccia da 4,0 litri/ora, il diametro dell'area bagnata varia indicativamente fra i 115 cm di un terreno di medio impasto e i 170 cm di un terreno completamente argilloso. Assumiamo pertanto orientativamente un valore di diametro bagnato di 140 cm, salvo verifica da effettuarsi in campo. Si può pertanto considerare che in corrispondenza dei filari delle piante si formi una striscia continua di terreno bagnata larga circa 140 cm.

Pertanto, tenendo conto della interdistanza fra le linee (300 cm), si può stimare la:

$$PAB = \frac{140(\text{cm})}{300(\text{cm})} \times 100 \cong 46,67\% = 46\%$$

Dal diagramma di *fig. 8* si ricava che in uno strato di terreno medio-argilloso profondo 60 cm, l'acqua disponibile è mediamente di 114 mm, ovvero 114 litri/m² di suolo bagnato, per cui riferendoci alla superficie della coltura:

$$AD = \frac{114 \times 46}{100} = 52,44 \text{ litri/m} = 52,44 \text{ mm} = 52 \text{ mm}$$

Tenendo conto del PCC (50% AD), si può calcolare il

$$VA = 52 \times \left(1 - \frac{50}{100}\right) = 26,0 \text{ mm}$$

Quindi

$$T = \frac{26,0 (\text{mm})}{6,0 (\text{mm} / \text{giorno})} = 4,33 \text{ giorni}$$

Volendo mantenere per il turno un numero intero di giorni, occorre scegliere, anche in base a valutazioni agronomiche, se approssimare a 4 o a 5 giorni. Scegliendo l'approssimazione per difetto, la profondità dello strato bagnato sarà inferiore ai 60 cm prestabiliti; avverrà l'opposto approssimando per eccesso. Supponiamo di optare per l'approssimazione per difetto, assumendo un

$$T = 4 \text{ giorni}$$

Occorrerà a questo punto adeguare il volume da erogare in modo da reintegrare solo l'evapotraspirazione dei 4 giorni del turno, pertanto ricalcoleremo:

$$\text{Volume di adacquamento riadeguato} = 4 (\text{giorni}) \times 6 (\text{mm/giorno}) = 24 \text{ mm}$$

Attribuendo all'adacquamento con l'impianto a goccia un'efficienza del 90%:

$$VA_{\text{lordo}} = \frac{24 (\text{mm})}{90\%} \times 100 \cong 26,67 \text{ mm}$$

Considerando che:

$$IA = \frac{4,0 (\text{litri/ora})}{[0,8 \times 3,0] (\text{m}^2)} = \frac{4,0 (\text{litri/ora})}{2,4 (\text{m}^2)} \cong 1,67 \text{ mm/ora}$$

si può finalmente determinare la durata dell'adacquamento

$$O = \frac{2,67 (\text{mm})}{1,67 (\text{mm/ora})} \cong 15,97 \text{ ore} = 15 \text{ ore } 58 \text{ min}$$