

# Modalità d'uso e tecnologia per la riduzione della deriva nelle irroratrici

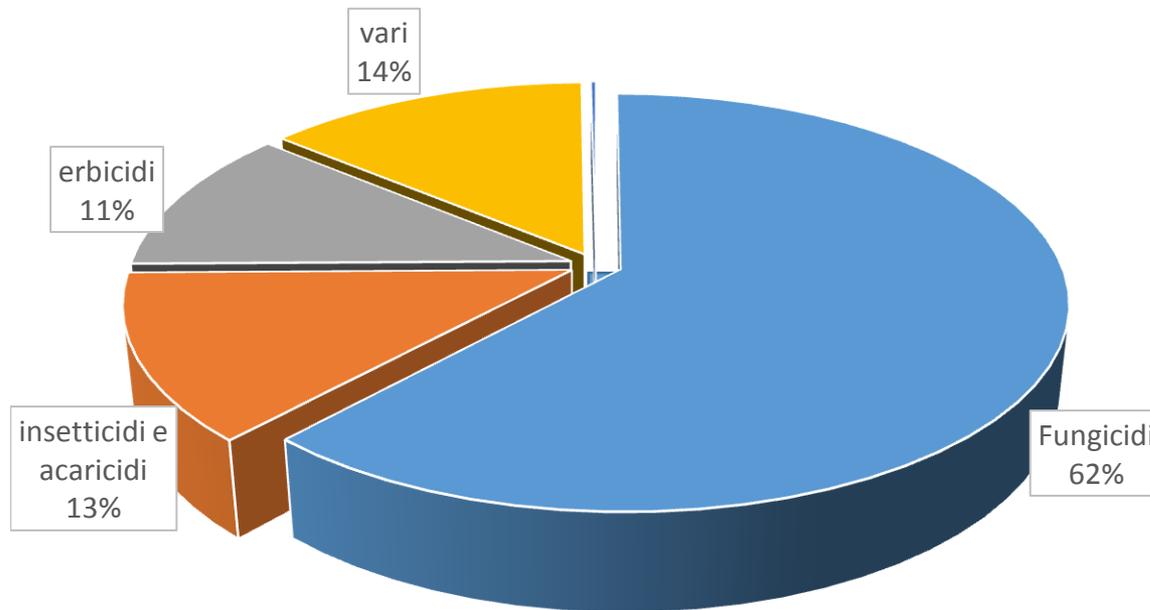
Cristiano Baldoin

Dip. Territorio e Sistemi Agro-forestali

Università di Padova

# Perché la distribuzione degli agrofarmaci è un problema?

- Consumo annuo di prodotti fitosanitari in Italia:
  - **350 sostanze**
  - circa **140.000 t** (ISTISAN 2011)



**Quantità rilevanti di sostanze pericolose possono essere disperse nell'ambiente se la distribuzione non è effettuata correttamente**

NUOVE NORMATIVE

# Direttiva 2009/127/CE del 21 ottobre 2009

- riguarda le irroratrici nuove
- modifica la Direttiva Quadro 2006/42/CE («*Direttiva macchine*»)
- l'art. 9 della Legge n. 217 del 15 dicembre 2011 (Legge Comunitaria 2012) delega il Governo ad adottare, entro tre mesi dalla data di entrata in vigore della legge, uno o più decreti legislativi per dare attuazione alla direttiva
- per la progettazione e costruzione delle macchine irroratrici vengono introdotti requisiti specifici finalizzati alla protezione dell'ambiente, tenendo conto della valutazione dei **rischi di esposizione non intenzionale**, a causa dei fenomeni di ruscellamento (*runoff*) e/o deriva (*drift*)

# Direttiva 2009/127/CE

Le macchine irroratrici devono essere progettate e costruite in modo da facilitare:

- operazioni di riempimento e svuotamento integrale, prevenendo ogni dispersione accidentale
- regolazione della quantità di miscela da distribuire
- deposito della miscela solo sulle colture da trattare, riducendo al minimo la dispersione nell'ambiente
- prevenzione della dispersione di miscela in fase di disattivazione della macchina
- operazioni di lavaggio evitando la contaminazione ambientale
- collegamento a strumenti di misura per controllare il corretto funzionamento della macchina

# Direttiva 2009/127/CE

Nelle istruzioni d'uso devono essere indicate

- le precauzioni da prendere durante le operazioni di miscelazione, carico, applicazione, svuotamento, lavaggio, riparazione e trasporto per evitare la contaminazione dell'ambiente
- le condizioni dettagliate d'uso per i diversi ambienti operativi previsti, comprese le corrispondenti predisposizioni e regolazioni richieste per assicurare la deposizione dei pesticidi nelle zone bersaglio, riducendo al minimo le perdite nelle altre zone e, se del caso, per assicurare la distribuzione uniforme e la deposizione omogenea dei prodotti fitosanitari
- la gamma dei tipi e delle dimensioni degli ugelli, dei filtri a cestello e degli altri filtri che possono essere utilizzati con la macchina

# Direttiva 2009/127/CE

- la frequenza dei controlli e i criteri e i metodi per la sostituzione delle parti sog-gette a usura che influiscono sul corretto funzionamento della macchina, come gli ugelli, i filtri a cestello e gli altri filtri
- le specifiche della regolazione, della manuten-zione giornaliera, della preparazione per l'inverno e degli altri controlli necessari per assicurare il corretto funzionamento della macchina
- i tipi di prodotto fitosanitario che possono provocare anomalie nel funzionamento della mac-china
- l'indicazione che l'operatore dovrebbe te-nere aggiornato il nome del prodotto in uso nel supporto specifico
- il collegamento e l'uso di attrezzature e di accessori speciali e le necessarie precauzioni da prendere
- l'indicazione che la macchina può essere soggetta ai requisiti nazionali in materia di **controlli regolari** da parte degli organi de-signati, come previsto nella direttiva 2009/128/CE

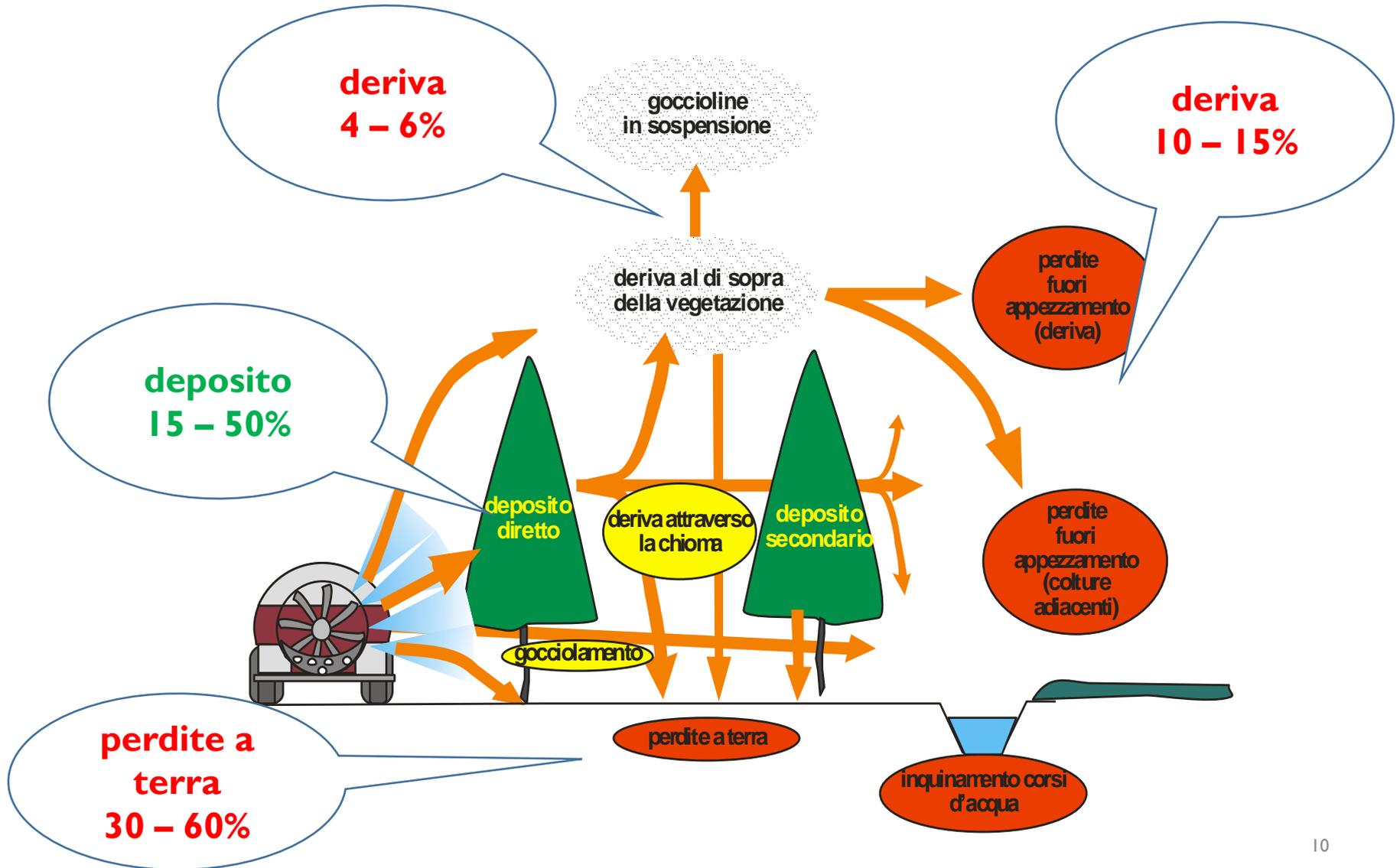
# Direttiva 2009/128/CE del 21 ottobre 2009

- riguarda l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari
- aspetti principali riguardanti l'impiego delle irroratrici:
  - promozione di misure per ridurre **l'inquinamento puntiforme**
  - contenimento della **deriva** e definizione delle **zone di rispetto**
  - istituzione dei **controlli funzionali** periodici del buon funzionamento delle irroratrici in uso
- Attuazione della Direttiva 2009/128/CE
  - Piano di Azione Nazionale
    - In fase di presentazione
  - Iniziative locali
    - Regolamento Intercomunale di Polizia Rurale – 15 comuni della zona del Prosecco

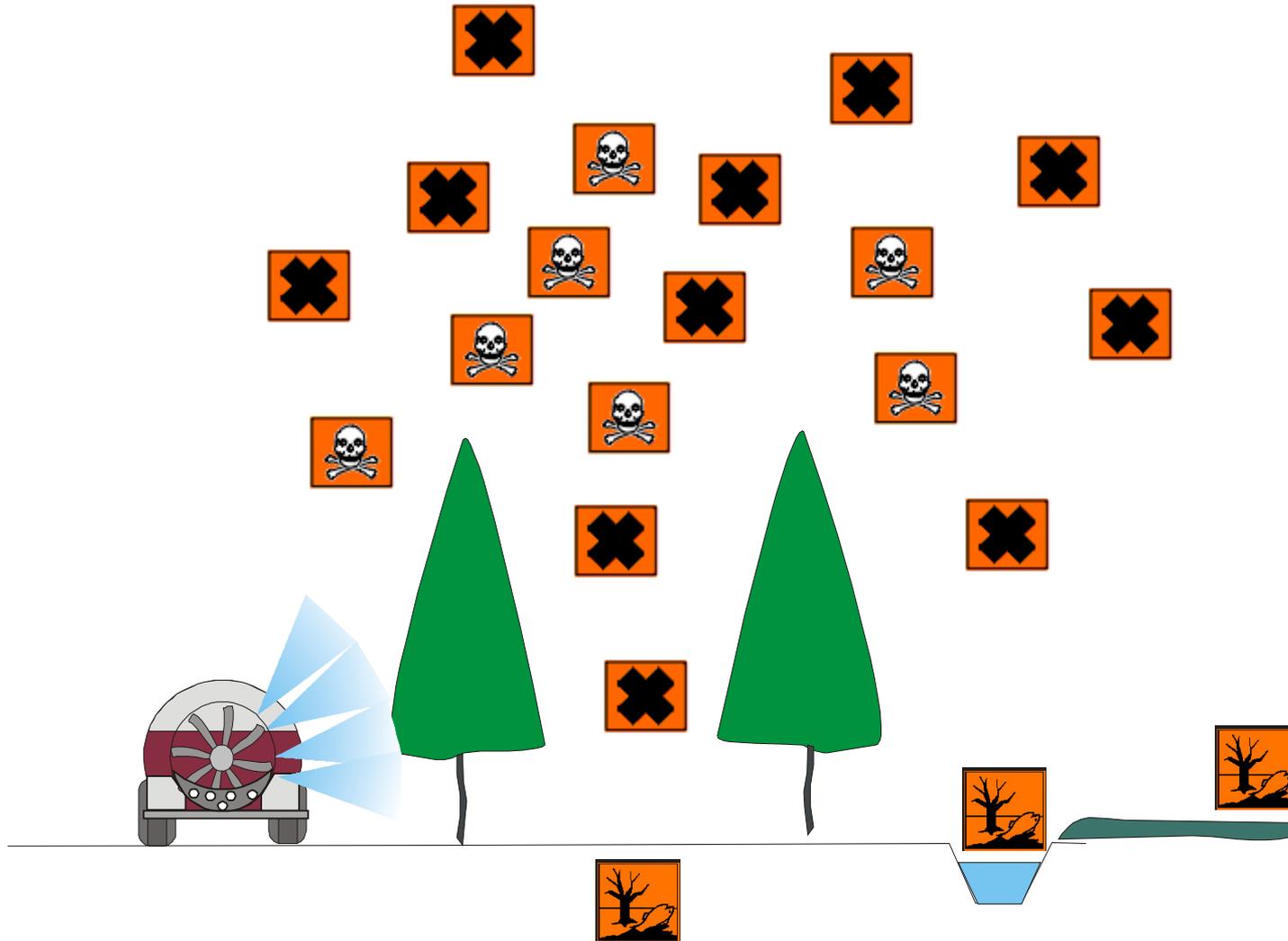
# LA DERIVA

Da quali fattori dipende? E come si può intervenire per limitarla?

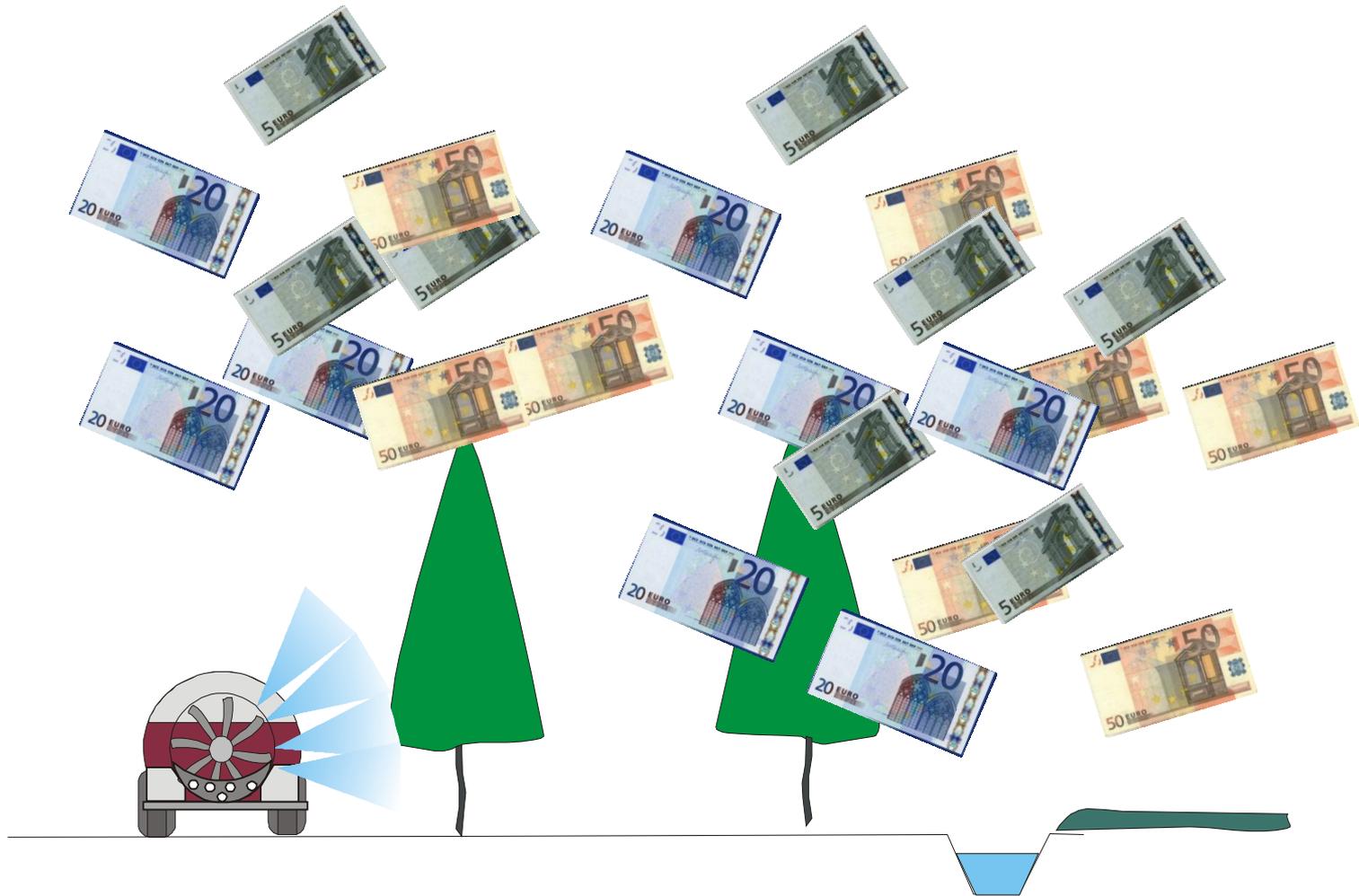
# Efficienza dei trattamenti: situazione attuale



Il punto di vista dell'osservatore esterno...



...e quello dell'agricoltore



# Come si genera la deriva?

- Fase 1: formazione della deriva potenziale per avanzamento
- Fase 2: traslazione della deriva potenziale ad opera del vento



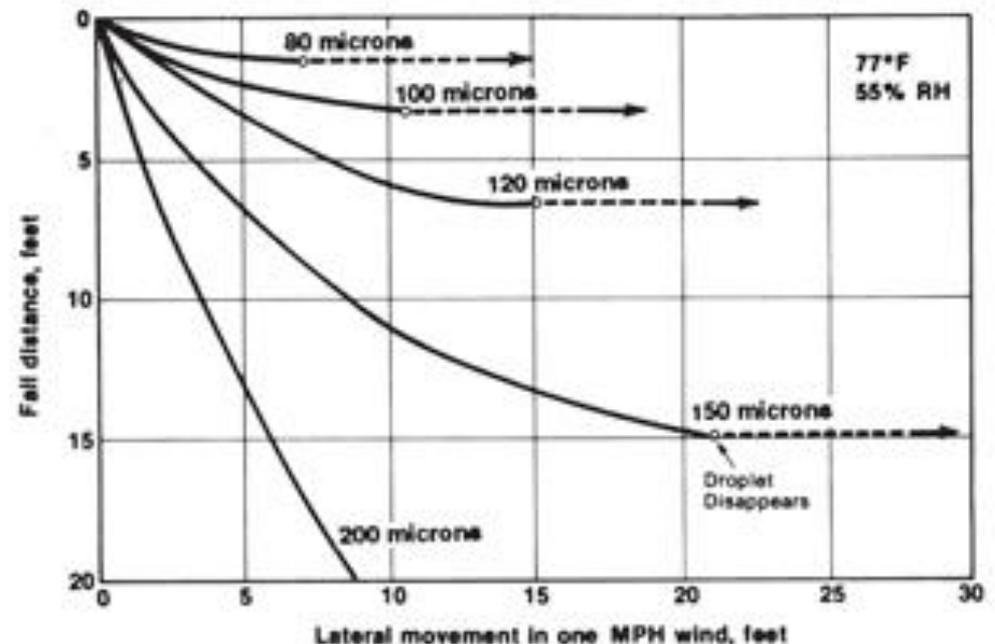
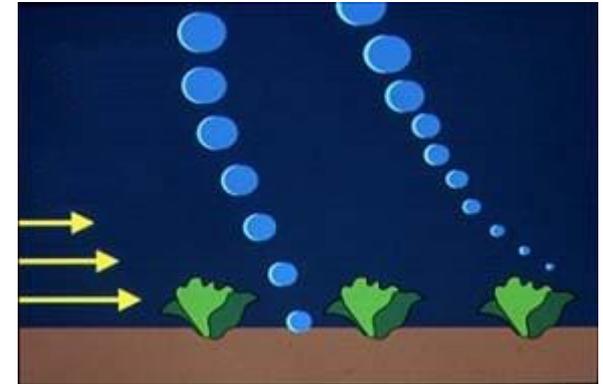
- Irrorazione “dal basso”: parte dello spray, trasportato dalla corrente d’aria generata dall’irroratrice, oltrepassa la coltura e viene dispersa nell’ambiente



# Quali fattori influenzano la deriva?

Le dimensioni delle gocce sono il fattore principale nella formazione della deriva

- le gocce più piccole vengono trasportate più lontano dal **vento**
- con **temperature** alte e bassa **umidità** relativa **l'evaporazione** delle gocce accentua il fenomeno



# Origine della deriva

- Gli elementi costruttivi delle irroratrici da analizzare in relazione alla dispersione di agrofarmaci per deriva sono:

- l'acqua, in termini di:
  - quantità distribuita per unità di superficie
  - dimensioni delle gocce
- l'aria che veicola le gocce:
  - volume d'aria prodotto
  - direzione dei flussi



- **Fondamentale la corretta regolazione dell'irroratrice**

# TIPOLOGIE DI IRRORATRICI

## • Polverizzazione

- Per pressione idraulica (H) 
- Pneumatica (P)  

## • Trasporto delle gocce

- Energia cinetica (k) 
- Aeroassistito (a)  

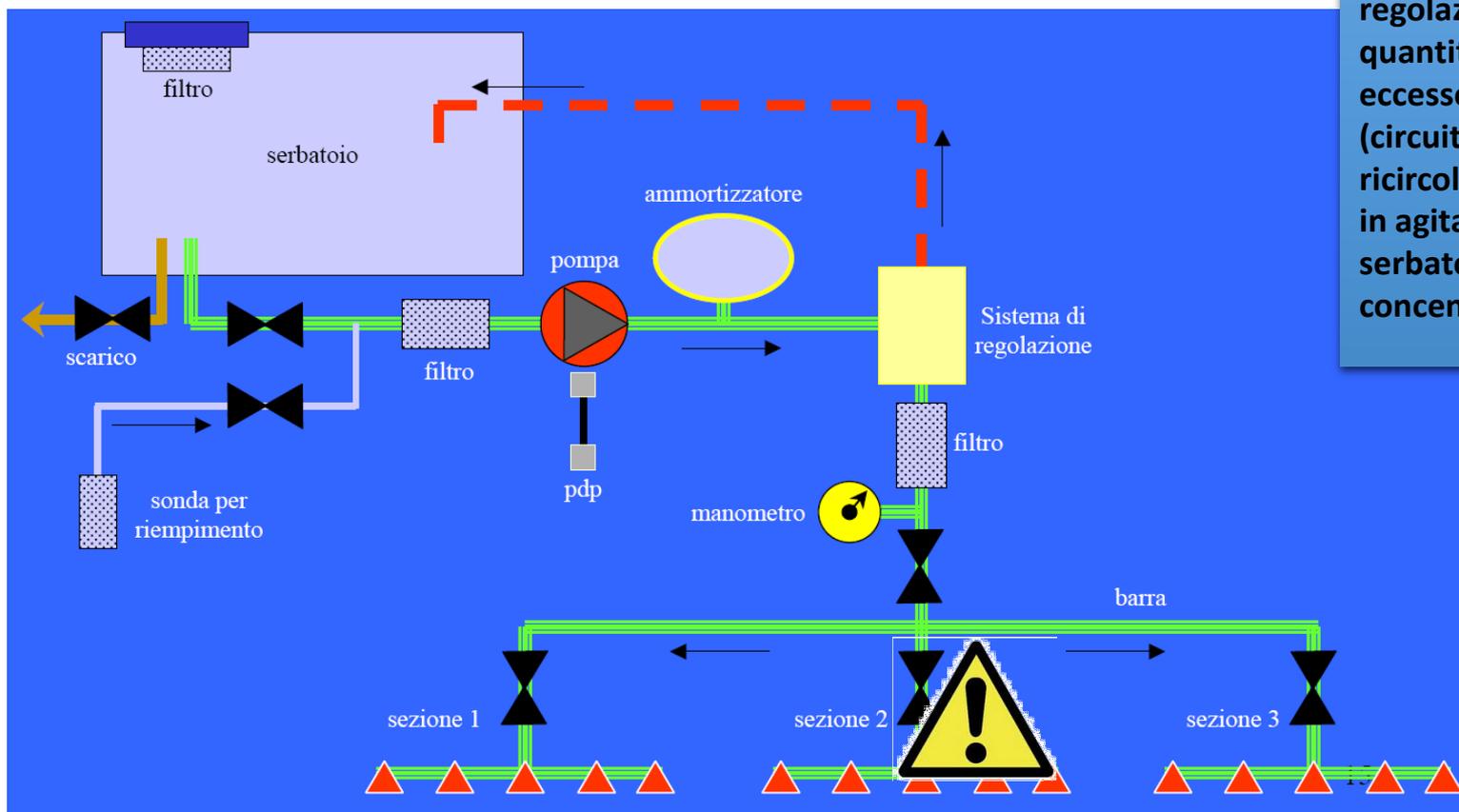
 potenziale di rischio deriva per uso scorretto

## TIPOLOGIE di IRRORATRICI

- A pressione (H-k)  
- Ad aeroconvezione (H-a)   
- Pneumatica (P-a)    

# IRRORATRICI A GETTO PROIETTATO (H-k) schema generale

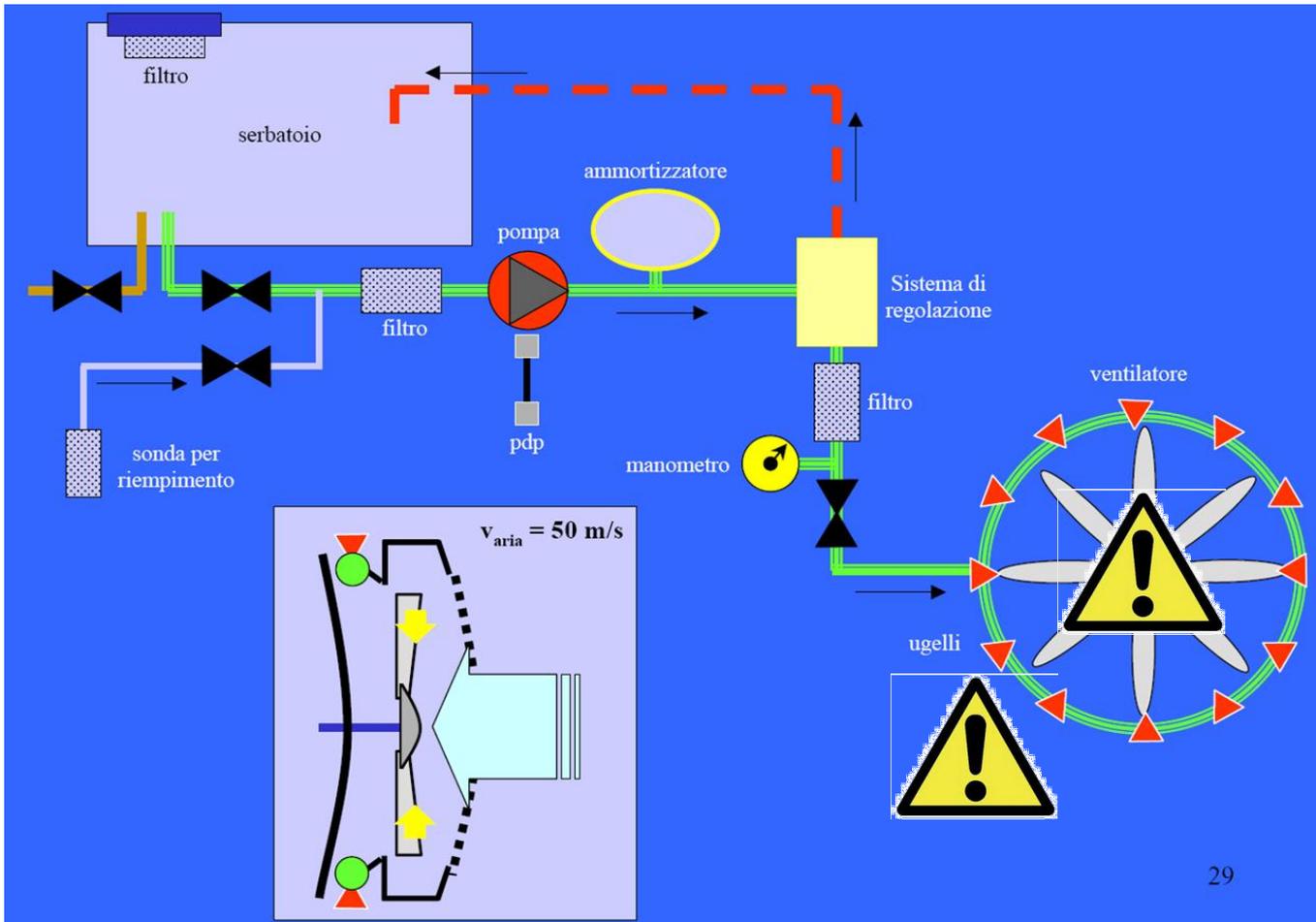
⚠️ punti critici per il rischio deriva



La pompa carica di energia di pressione la miscela che, aspirata dal serbatoio, viene filtrata e immessa nel circuito. Il sistema di regolazione invia la quantità di miscela in eccesso verso il serbatoio (circuito di ritorno); tale ricircolo permette di tenere in agitazione la miscela nel serbatoio, garantendo la concentrazione costante.

# IRRORATRICI AD AEROCONVEZIONE (H-a) schema generale

⚠️ punti critici per il rischio deriva



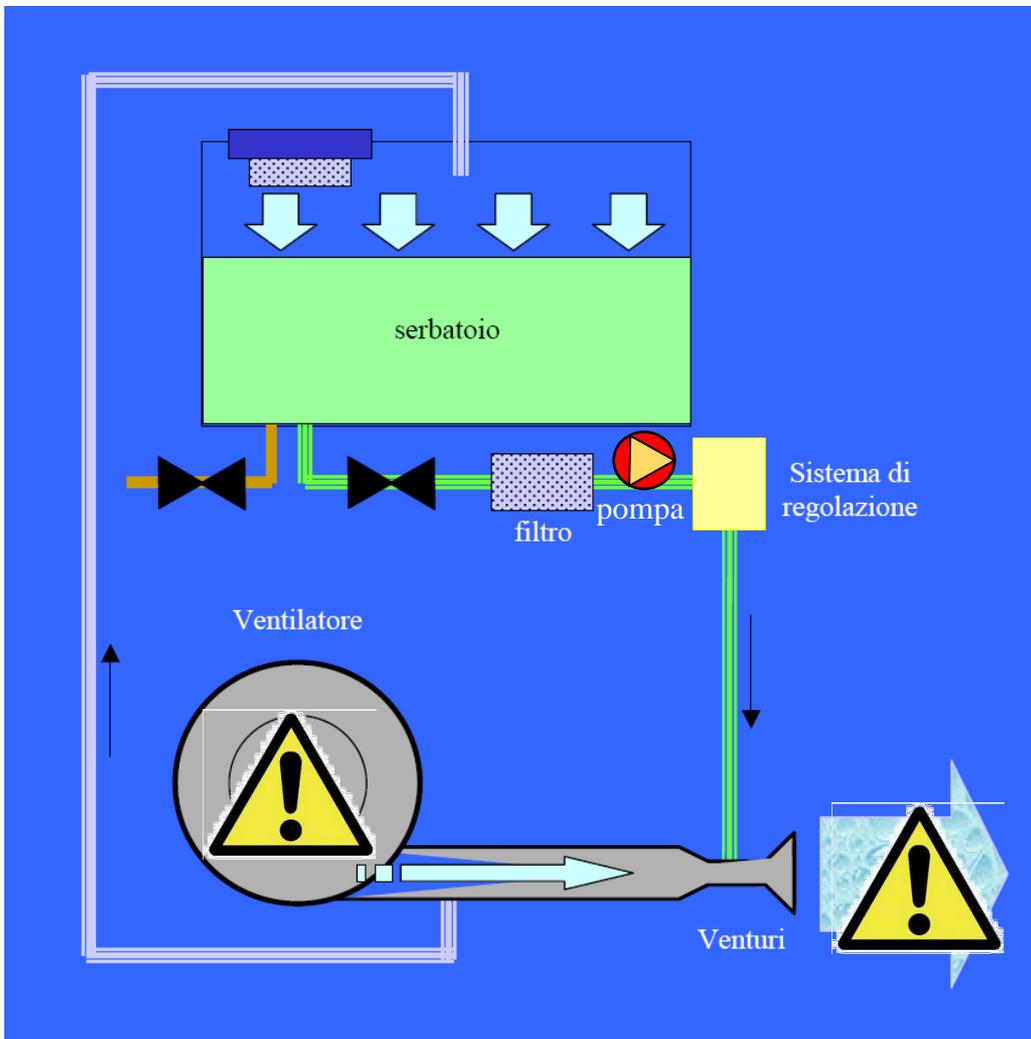
Rispetto al sistema precedente, questo tipo di irroratrice presenta un ventilatore, di solito di tipo assiale, che genera un getto d'aria incaricato del trasporto delle gocce sulla vegetazione. L'aria ha anche il compito di smuovere la massa fogliare favorendo il deposito delle gocce su entrambe le superfici delle foglie.

# IRRORATRICI CON VENTILATORE CENTRIFUGO

(H-a/P-a)

schema generale

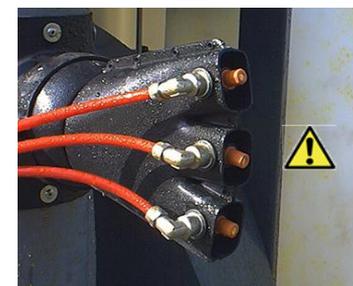
⚠️ punti critici per il rischio deriva



Il ventilatore è di tipo centrifugo e l'immissione dell'acqua nel diffusore avviene in corrispondenza di un condotto a tubo di Venturi oppure mediante ugelli idraulici.



due tipi di diffusore





H-k



H-a



P-a



H-a



H-a



P-a



P-a



H-a



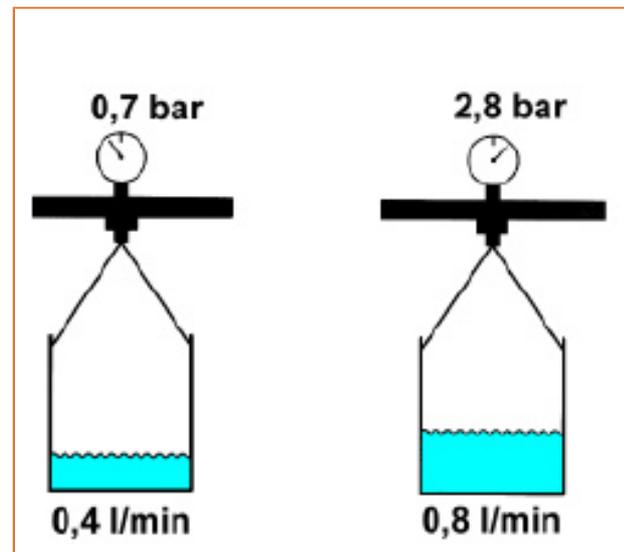
H-a

# LA POLVERIZZAZIONE

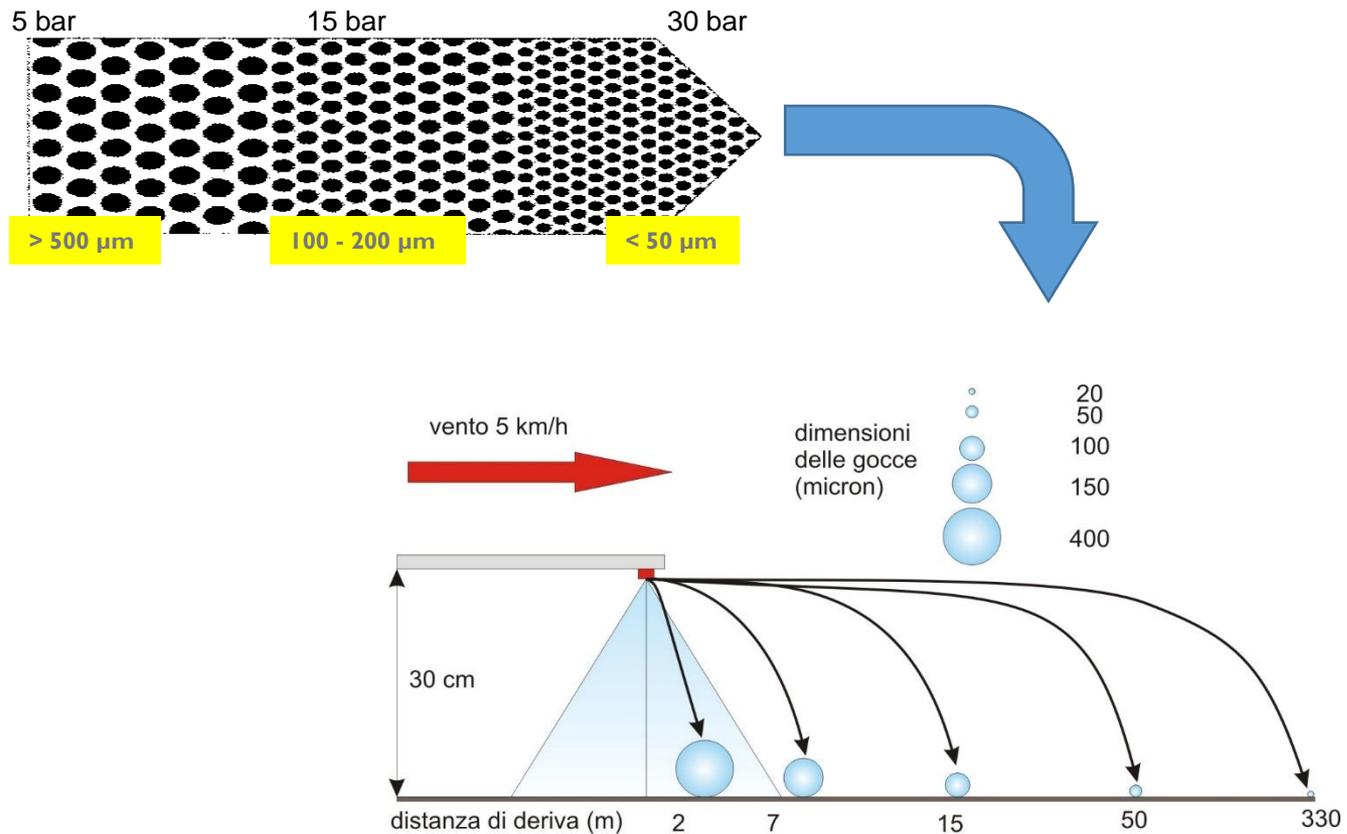
# Ugelli: portata e pressione

- Portata:
  - l/min
  - Dipende in primo luogo dall'orifizio
- Pressione
  - Effetto sulla portata

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\sqrt{P_1}}{\sqrt{P_2}}$$



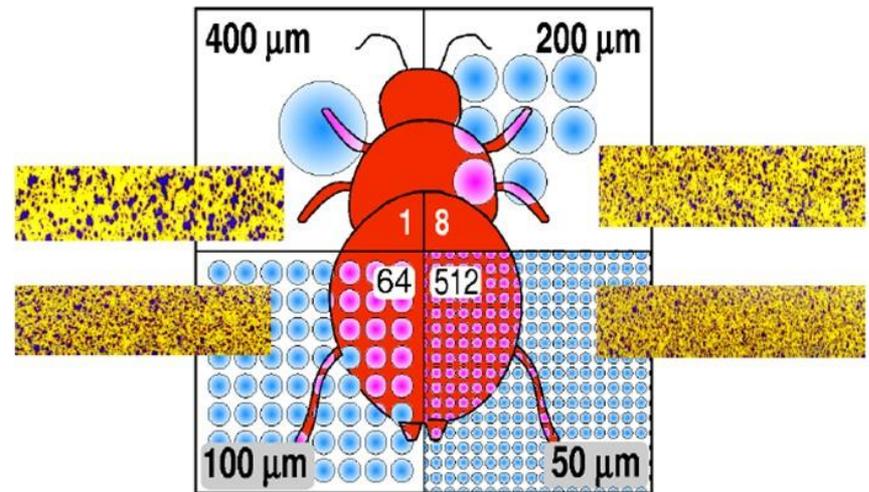
# Effetto della pressione sulla polverizzazione



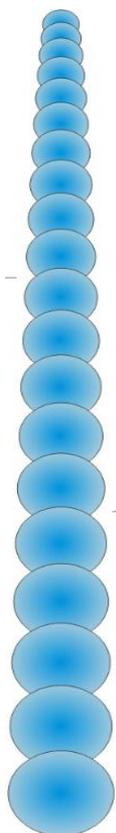
# Dimensioni delle gocce

Le gocce prodotte dagli ugelli non sono uniformi; tipo di ugello e pressione vengono scelti in base alle dimensioni delle gocce richieste e al numero di impatti per cm<sup>2</sup>

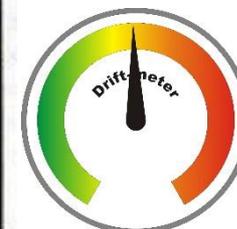
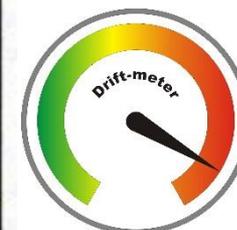
caratteristiche	gocce fini	gocce grosse
copertura	☺	☹
deriva/evaporazione	☹	☺
penetrazione	☹	☺



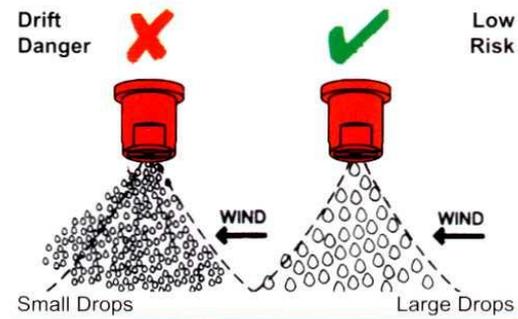
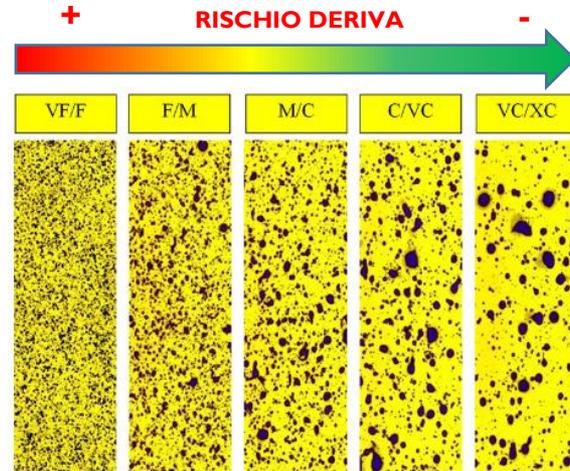
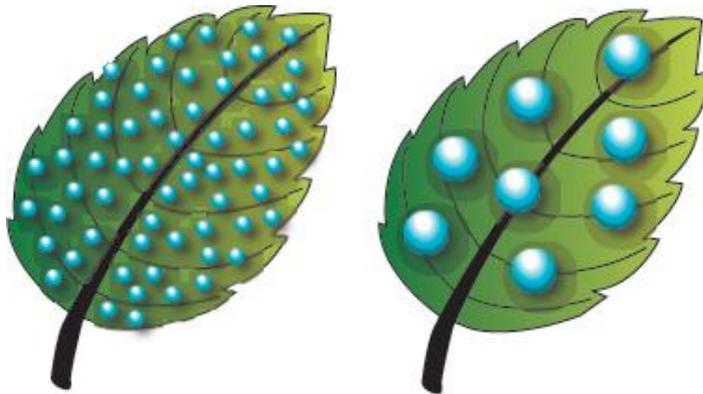
# Grado di polverizzazione



Caratteristiche delle gocce	Dimensioni delle gocce in $\mu$ (VMD)	Ritenzione su superfici fogliari	Impiego	Potenziale rischio di deriva
Molto fini	Inferiori a 100	Buona	Solo in casi particolari	Molto elevato
Fini	100-200	Buona	Quando richiesta buona copertura (esempio acaricidi, insetticidi, fungicidi)	Elevato
Medie	200-300	Buona	Per la maggior parte di insetticidi e erbicidi	Medio
Grosse	300-450	Mediocre	Erbicidi da incorporare nel terreno	Ridotto
Molto grosse	Superiori a 450	Scadente	Concimi liquidi	Molto ridotto

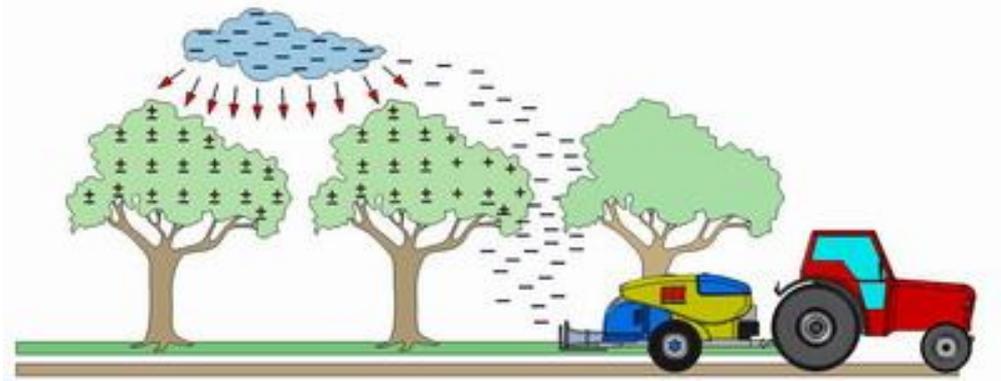


# Polverizzazione per pressione



# Polverizzazione pneumatica

- Frantumazione ed il trasporto del liquido per corrente d'aria a forte velocità che investe una vena di liquido a pressione molto bassa
- Velocità del getto di aria nel punto di impatto con il liquido 100-150 m/s
- Rapporto acqua/aria < 1:10.000
- **Polverizzazione fine** (media 80-100  $\mu\text{m}$ , fino a meno di 50  $\mu\text{m}$  )
- Adatta per volumi di acqua molto bassi e sistemi di carica elettrostatica



# Evoluzione degli ugelli a pressione

- Ugelli tradizionali

- (es: TeeJet XR, Lechler LU, Albus AXI, Lurmark Standard....)



- Ugelli con pre-orifizio

- (es: TeeJet DG, Lechler AD, Albus ADI, Lurmark Lo-Drift...)

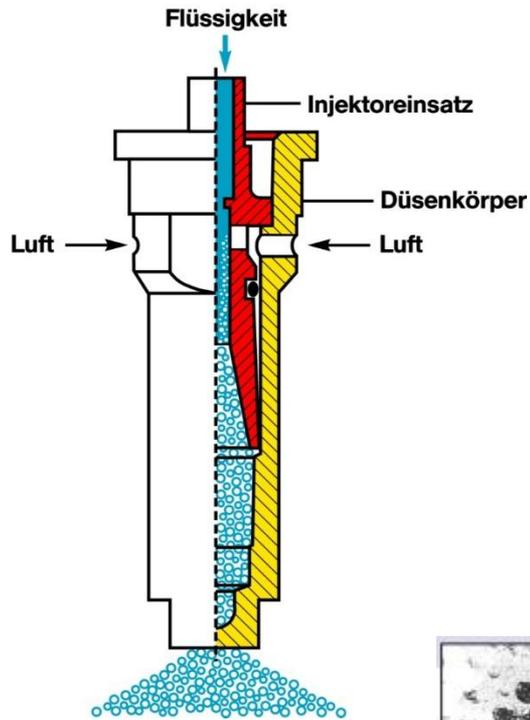


- Ugelli a inclusione d'aria

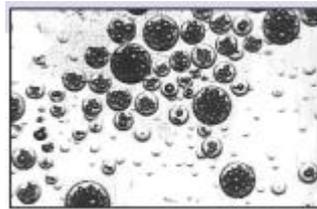
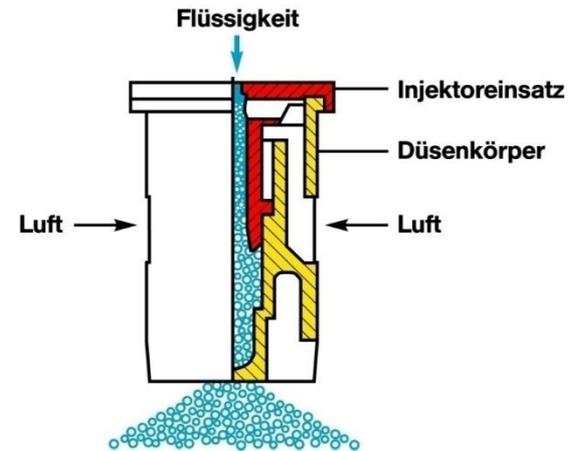
- (es: TeeJet AI, Lechler ID, Albus AVI, Lurmark DriftBETA...)

# Ugelli antideriva

ID



IDK



da Lechler

# Dimensioni delle gocce in diversi ugelli

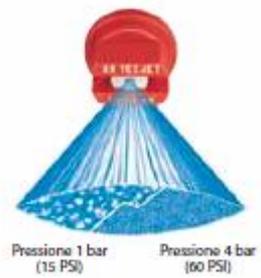
(bar)	XR8001	XR80015	XR8002	XR8003	XR8004	XR8005	XR8006	XR8008	XR11001	XR110015	XR11002	XR11003	XR11004	XR11005	XR11006	XR11008
1.0	M	M	M	G	G	G	MG	MG	F	M	M	M	M	G	G	G
1.5	M	M	M	M	G	G	G	MG	F	F	M	M	M	M	G	G
2.0	F	M	M	M	M	G	G	MG	F	F	M	M	M	M	M	G
2.5	F	M	M	M	M	G	G	G	F	F	F	M	M	M	M	G
3.0	F	F	M	M	M	M	G	G	F	F	F	F	M	M	M	G
3.5	F	F	M	M	M	M	G	G	F	F	F	F	M	M	M	M
4.0	F	F	M	M	M	M	G	G	F	F	F	F	M	M	M	M



(bar)	DG80015	DG8002	DG8003	DG8004	DG8005	DG110015	DG11002	DG11003	DG11004	DG11005
2.0	M	G	G	G	MG	M	G	G	G	G
2.5	M	M	G	G	G	M	M	G	G	G
3.0	M	M	M	G	G	M	M	M	G	G
3.5	M	M	M	M	G	M	M	M	M	M
4.0	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M



- MF Molto fini
- F Fini
- M Medie
- G Grandi
- MG Molto Grandi



# Polverizzazione degli ugelli antideriva

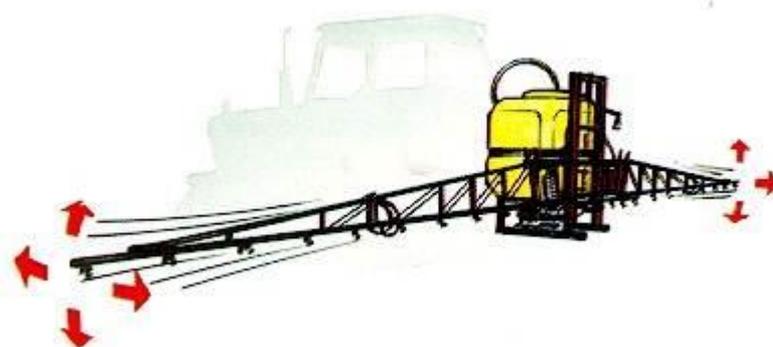
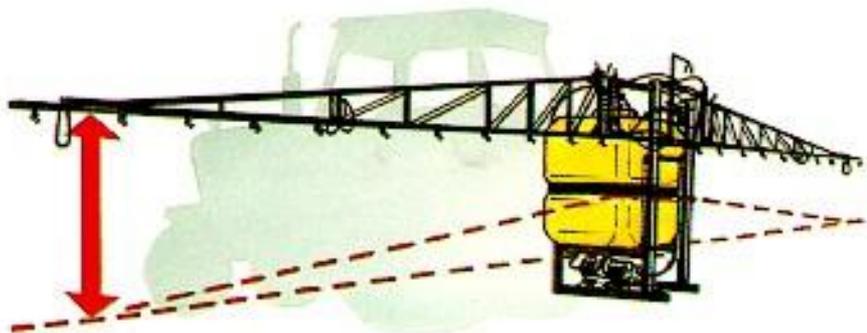
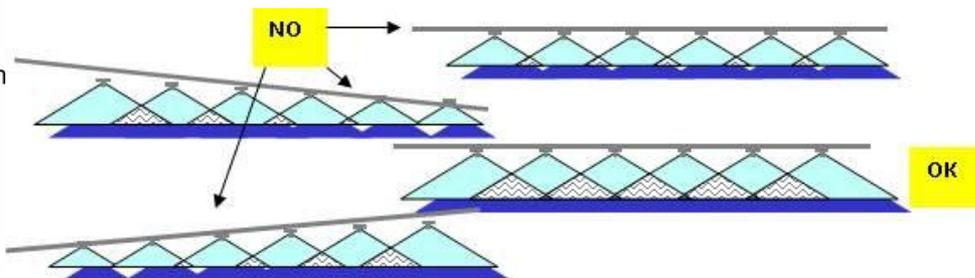
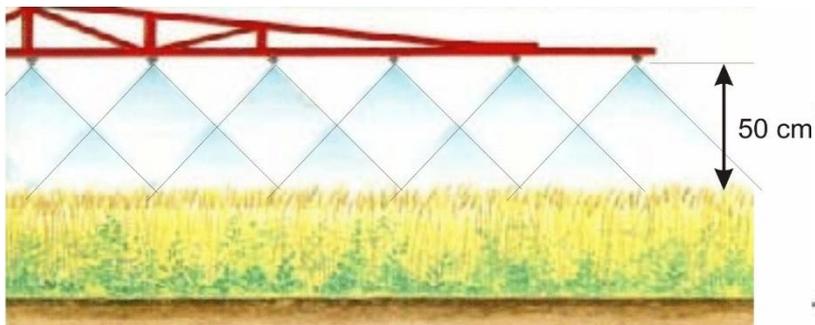


IDN	BCPC/ASAE		[bar]
	ID	IDN	
<b>ID</b> 120-01 90-01 (80/60 M)	C		3.0
	C		4.0
	C		5.0
	C		6.0
	M		7.0
	M		8.0
<b>ID</b> 120-015 90-015 (60 M)	VC		3.0
	C		4.0
	C		5.0
	C		6.0
	C		7.0
	M		8.0
<b>ID</b> 120-02 90-02 (60 M)	VC		3.0
	C		4.0
	C		5.0
	C		6.0
	C		7.0
	C		8.0
<b>IDN</b> 120-025 <b>ID</b> 120-025 90-025 (60 M)		EC	2.0*
	VC	VC	3.0
	VC	VC	4.0
	VC	VC	5.0
<b>IDN</b> 120-03 <b>ID</b> 120-03 90-03 (60 M)		EC	2.0*
	VC	EC	3.0
	VC	VC	4.0
	VC	VC	5.0
<b>ID</b> 120-03 90-03 (60 M)	C	VC	6.0
	C	C	7.0
	C	C	8.0

IDN	BCPC/ASAE		[bar]
	ID	IDN	
<b>ID</b> 120-04 90-04 (60 M)	EC		3.0
	VC		4.0
	VC		5.0
	VC		6.0
	C		7.0
	C		8.0
<b>ID</b> 120-05 90-05 (25M)	EC		2.0
	EC		3.0
	VC		4.0
	VC		5.0
	VC		6.0
	VC		7.0
<b>ID</b> 120-06 90-06 (25 M)	VC		8.0
	EC		2.0
	EC		3.0
	EC		4.0
	VC		5.0
	VC		6.0
<b>ID</b> 120-08 (25 M)	VC		7.0
	VC		8.0
	EC		2.0
	EC		3.0
	EC		4.0
	VC		5.0
	VC		6.0
	VC		7.0
	VC		8.0

VF	Very fine
F	Fine
M	Medium
C	Coarse
VC	Very coarse
EC	Extreme Coarse

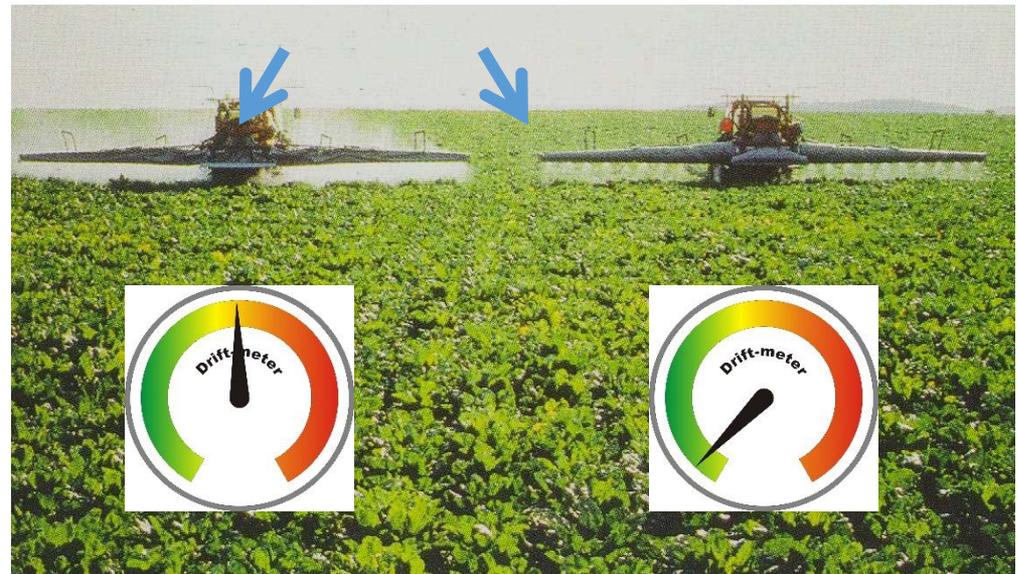
# Uniformità di distribuzione



# Irroratrice a manica d'aria



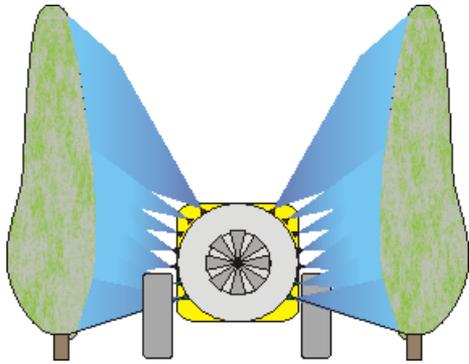
- ◆ Maggiore penetrazione nella vegetazione
- ◆ Possibilità di operare in presenza di vento
- ◆ Possibilità di esclusione della manica d'aria su terreno nudo e in mancanza di vento



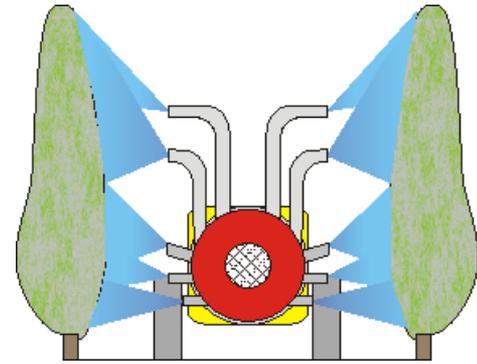
# IL FLUSSO DELL'ARIA

# Irroratrici per colture arboree

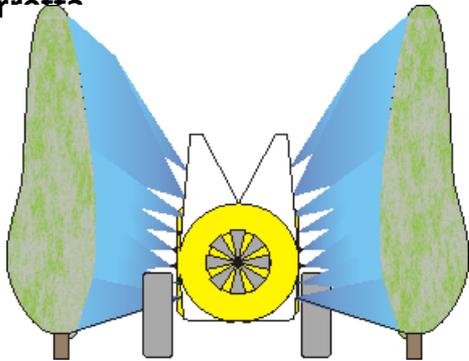
## ► Convenzionale



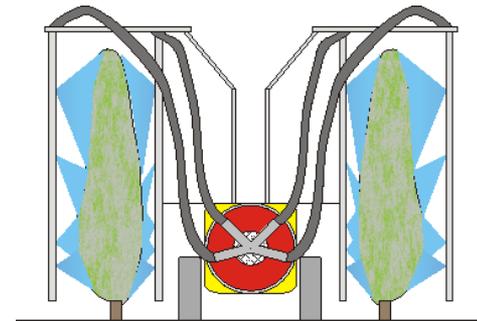
## ► Flussi orientabili



## ► Torrette

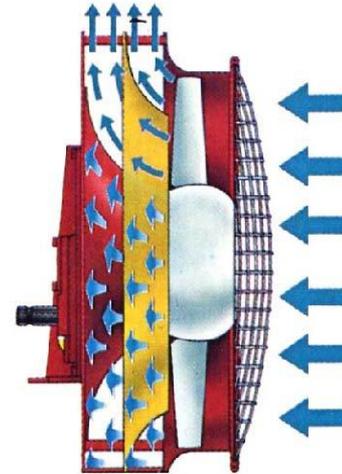


## ► Scavallatrici/a recupero (tunnel)

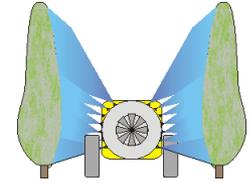


# IRRORATRICI CON VENTILATORE ASSIALE CONVENZIONALE

- Ventilatore assiale
  - flusso d'aria turbolento
  - grande volume (fino a 70.000 m<sup>3</sup>/h, media 30.000)
  - bassa velocità (max 30-40 m/s)
  - la turbolenza muove le foglie e permette un migliore deposito sui due lati
  - spesso le pale sono regolabili



# IRRORATRICI CON VENTILATORE ASSIALE CONVENZIONALE



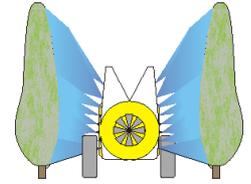
- ☹️ Non facile la corretta regolazione
- ☹️ Mancanza di direzionalità del flusso d'aria
- ☹️ Difficili da adattare a specifiche condizioni di irrorazione (es applicazioni localizzate)



- 😊 Costo contenuto
- 😊 Adatte a forme di allevamento difficili



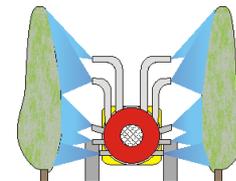
# IRRORATRICI CON TORRETTA



- 😊 Adatte per forme di allevamento in filari.
- 😊 Distribuzione uniforme per tutta l'altezza della pianta
- 😞 Costi più elevati



# IRRORATRICI A FLUSSI ORIENTABILI (a polverizzazione per pressione e pneumatica)

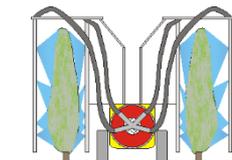


- 😊 Facilmente adattabili a piante di forme diverse
- 😊 Buona distribuzione dell'aria
- 😊 Utilizzabili anche per distribuzioni particolari
- 😊 Adatto per applicazioni a bassi volumi (in particolare le pneumatiche)
  
- 😞 Limitazioni sulla dimensione delle piante in funzione della capacità del ventilatore
- 😞 Polverizzazione molto fine (pneumatiche)
- 😞 Costi più elevati



Polverizzazione pneumatica

# IRRORATRICI SCAVALLANTI



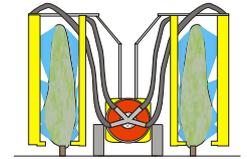
- 😊 Possibilità di trattare più filari in contemporanea
- 😊 Tempestività e capacità operativa
- 😊 Distribuzione uniforme grazie ai flussi d'aria concorrenti



- 😞 Necessari appezzamenti regolari
- 😞 Necessità di appositi sistemi di livellamento per l'uso in pendenza trasversale
- 😞 Costi elevati

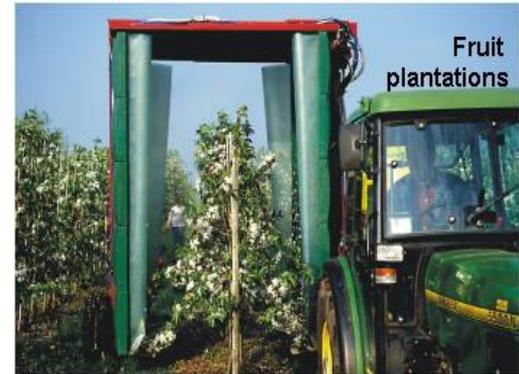


# IRRORATRICI A RECUPERO (tunnel)



- 😊 Recupero medio del 40% della miscela distribuita, fino all'80% nelle prime fasi vegetative
- 😊 Possibilità di trattare più filari
- 😊 Abbattimento della deriva
- 😊 Possibile riduzione al minimo delle fasce di rispetto
- 😞 Necessari appezzamenti regolari
- 😞 Necessità di appositi sistemi di livellamento per l'uso in pendenza trasversale
- 😞 Costi elevati

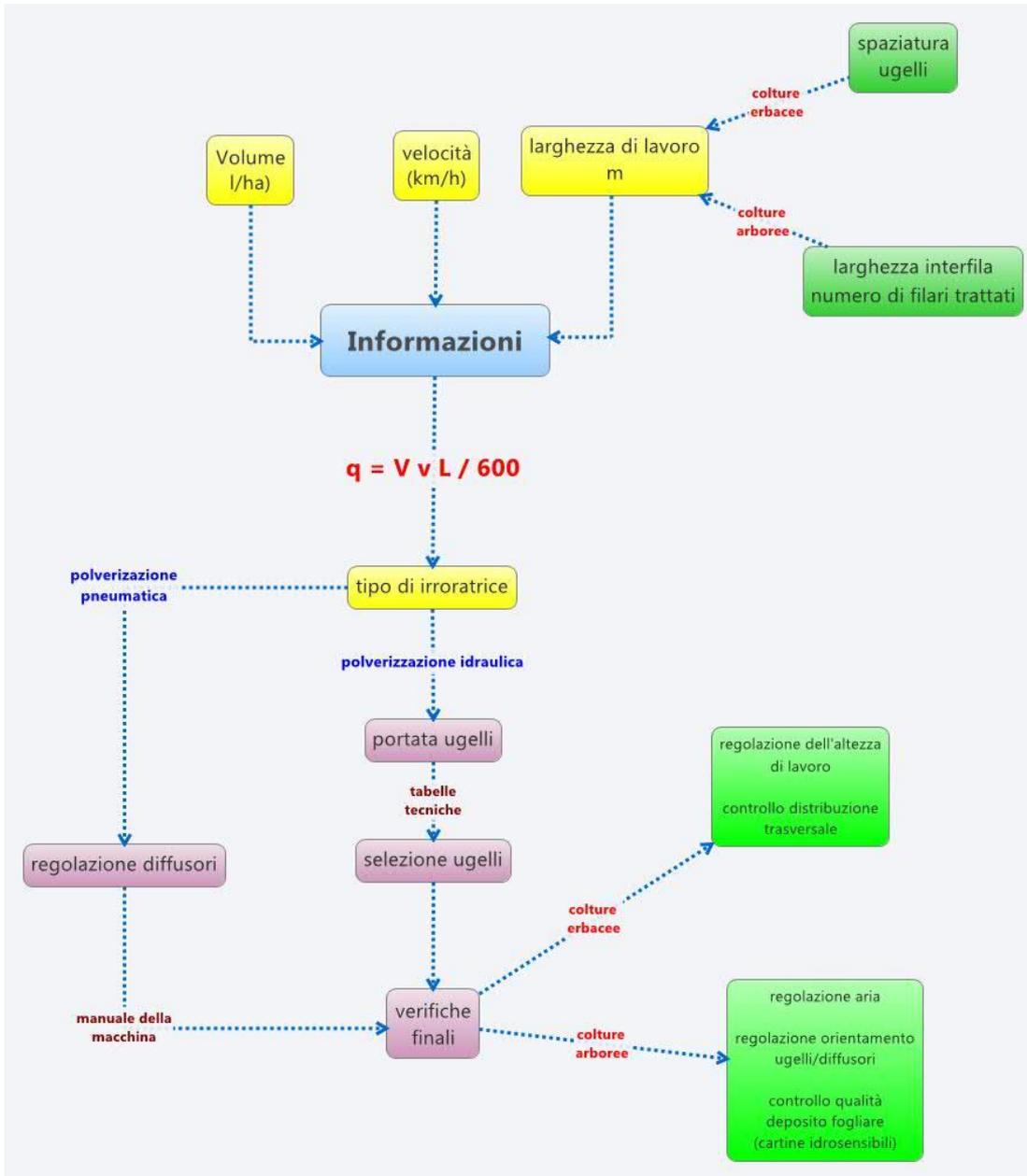




LA REGOLAZIONE

# La regolazione (taratura)

- Regolazione della macchina in funzione del trattamento da effettuare
- Consiste nel determinare
  - il **volume** da distribuire e il grado di **polverizzazione**
  - la **velocità** di avanzamento
  - la **portata** degli ugelli
  - il **tipo** e la **pressione** di esercizio degli **ugelli**



Decisioni preliminari

Regolazione

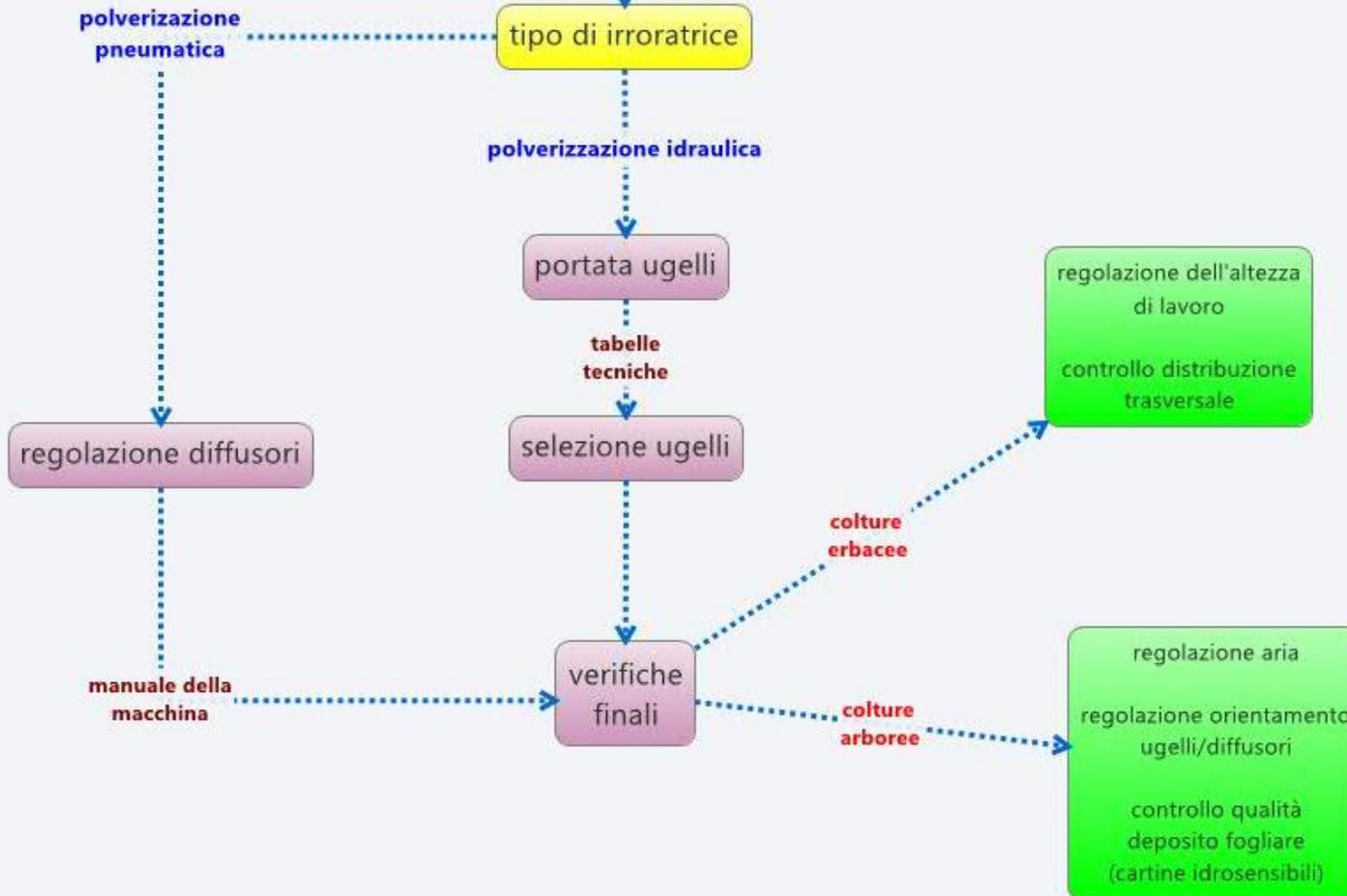
Decisioni preliminari



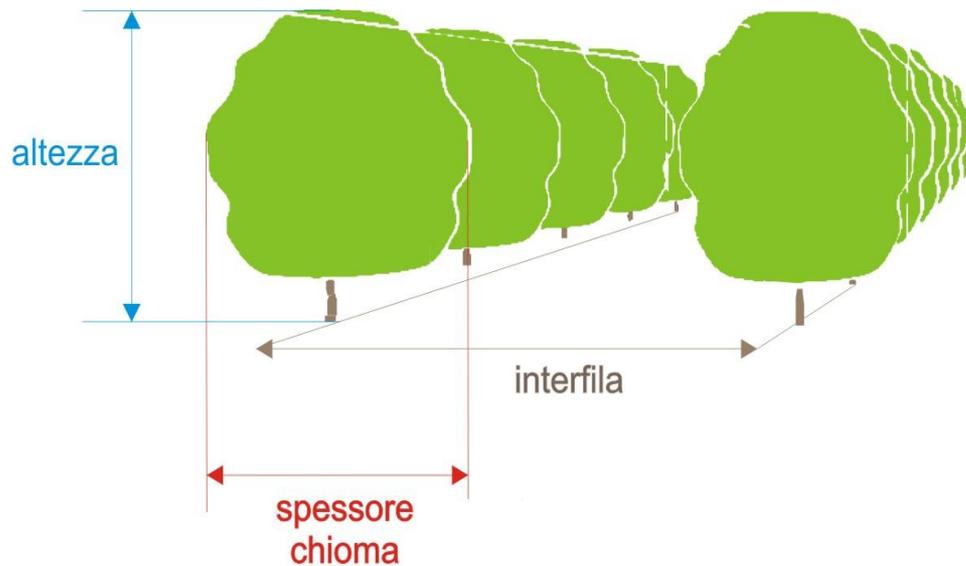
$$q = V v L / 600$$

Regolazione

$$q = V v L / 600$$



## Determinazione del volume con il metodo TRV (Tree Row Volume)



Esempio

altezza piante 3.5 m

spessore chioma 2.0 m

interfila 3.5 m

$$\text{TRV} = (3.5 \cdot 2 \cdot 10000) / 3.5 = 20000 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$\text{T-R-V m}^3/\text{ha} = \frac{\text{altezza alberi (m)} \cdot \text{spessore chioma (m)} \cdot 10.000 \text{ (m}^2/\text{ha)}}{\text{interfila (m)}}$$

La quantità di liquido da applicare (dose) va da 10 a 125 l/1000 m<sup>3</sup> di chioma; la tendenza attuale è 20 - 30 litri;

$$\frac{\text{TRV (m}^3/\text{ha)} \cdot \text{dose (l/m}^3)}{1000} = \text{l/ha}$$

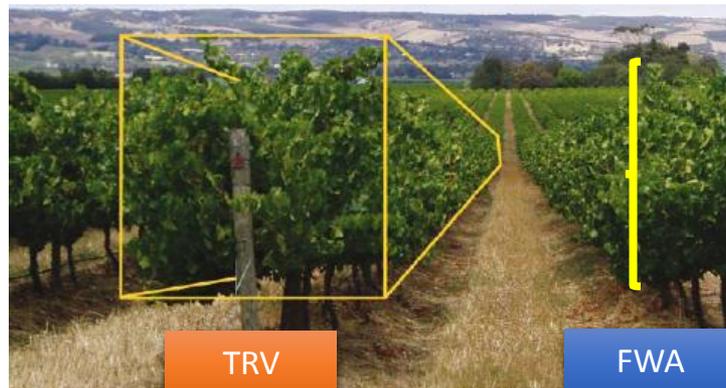
esempio:

$$(20000 \text{ m}^3 \cdot 20 \text{ l/m}^3) / 1000 = 400 \text{ l/ha}$$

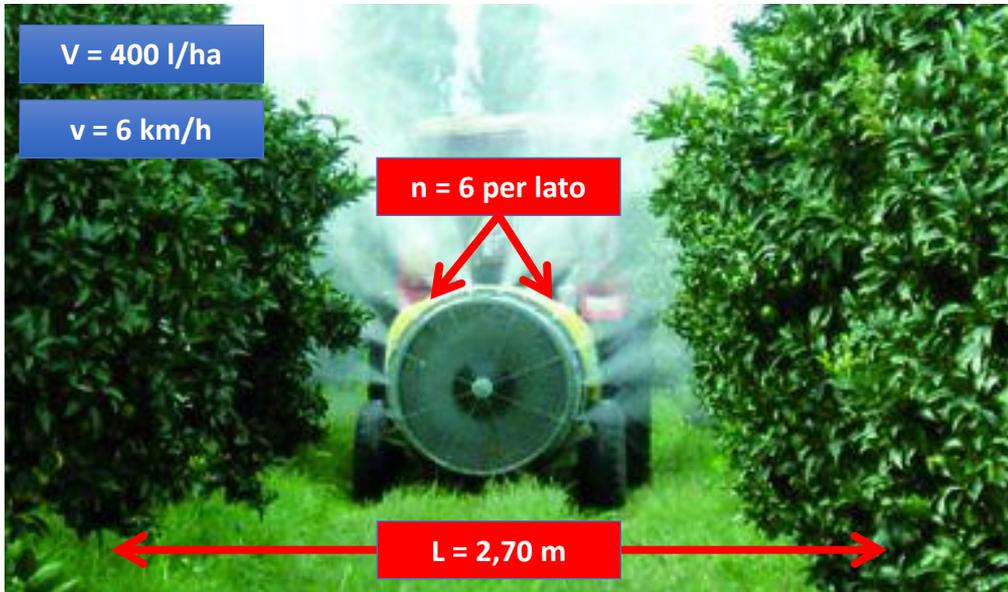
Determinazione del volume con il metodo FWA

**FWA:**

- Fruit Wall Area: il volume viene commisurato all'altezza della parete da trattare, quindi in pratica tiene conto della superficie della parete.
- Va bene per spalliere di forma regolare
- Si quantifica mediamente in 100 – 150 l/ha per metro di altezza;



# La regolazione: portata degli ugelli



$$q = \frac{V \cdot v \cdot L}{600 \cdot n}$$

- ▶  $q$  = portata dell'ugello (l/min)
- ▶  $V$  = volume (l/ha)
- ▶  $v$  = velocità (km/h)
- ▶  $L$  = larghezza di lavoro (interfilare)
- ▶  $n$  = numero di ugelli aperti

$$q = (400 \cdot 6 \cdot 2,70) / (600 \cdot 12) = 0,9 \text{ l/min}$$

 Tabelle tecniche

ugello	portata (l/min)																		
	pressione (bar)																		
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19	20	
110-005	0,16	0,20	0,23	0,25	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,39	0,41	0,42	0,44	0,45	0,47	0,49	0,51	
110-0067	0,22	0,27	0,31	0,35	0,38	0,41	0,44	0,47	0,49	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	0,68	0,70	
110-01	0,32	0,39	0,45	0,51	0,55	0,60	0,64	0,68	0,72	0,75	0,78	0,82	0,85	0,88	0,91	0,93	0,99	1,01	
110-015	0,48	0,59	0,68	0,76	0,83	0,90	0,96	1,02	1,07	1,13	1,18	1,22	1,27	1,31	1,36	1,40	1,48	1,52	
110-02	0,63	0,78	0,90	1,01	1,11	1,19	1,27	1,35	1,42	1,49	1,56	1,62	1,68	1,74	1,80	1,86	1,96	2,01	
110-025	0,81	0,99	1,15	1,28	1,40	1,52	1,62	1,71	1,81	1,90	1,98	2,06	2,14	2,21	2,29	2,36	2,49	2,56	
110-03	0,96	1,17	1,35	1,52	1,64	1,79	1,91	2,03	2,14	2,24	2,34	2,44	2,53	2,62	2,70	2,79	2,94	3,02	
110-04	1,26	1,55	1,80	2,02	2,21	2,37	2,53	2,68	2,83	2,97	3,10	3,23	3,35	3,47	3,58	3,69	3,90	4,00	
110-05	1,57	1,94	2,25	2,50	2,74	2,96	3,17	3,36	3,54	3,71	3,88	4,04	4,19	4,34	4,48	4,62	4,88	5,01	
110-06	1,88	2,32	2,69	3,01	3,28	3,54	3,79	4,02	4,24	4,44	4,64	4,83	5,01	5,19	5,36	5,52	5,84	5,99	

Per ottenere 0,9 l/min si possono usare i seguenti ugelli:

**Ugello ISO giallo (110-02) a 4 bar**



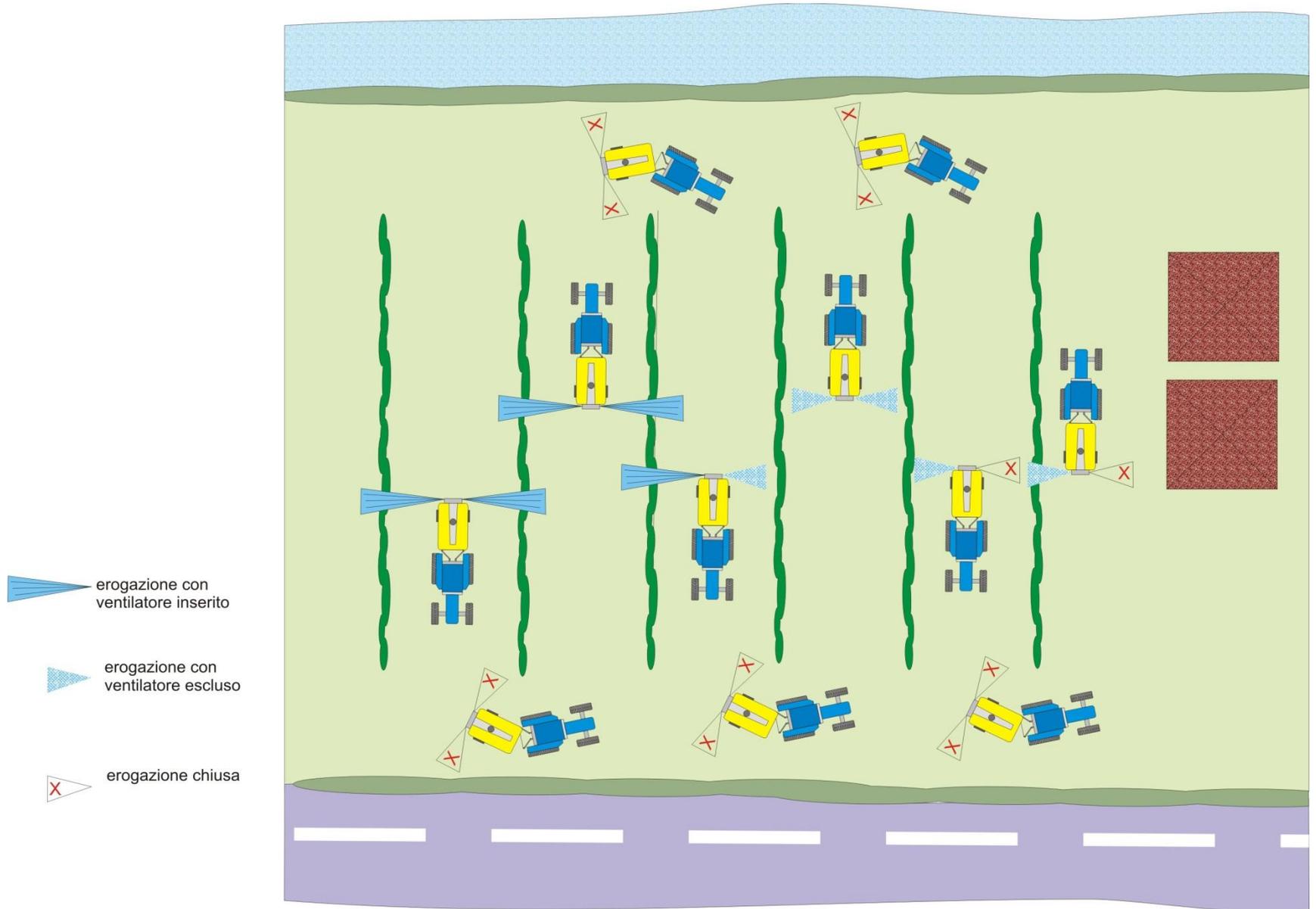
**Ugello ISO verde (110-015) a 7 bar**



**Ugello ISO arancio (110-01) a 16 bar**



# Gestione dell'aria









# Gestione dell'aria

