



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE
E AMBIENTALI - PRODUZIONE,
TERRITORIO, AGROENERGIA

Utilizzo dei dati idrologici e topografici per la redazione di mappe di prescrizione e la progettazione di impianti irrigui di precisione (rateo variabile)



PROGETTO NUTRIPRECISO

tecniche di concimazione e irrigazione di precisione in fruttivicoltura e orticoltura

Attività dimostrative e divulgative per la *viticultura*, presso Azienda agraria Gozzi – Olfino di Monzambano (MN).

4 aprile 2019 – 17 e 31 maggio 2019 – 14 giugno 2019 – 12 luglio 2019

Agricoltura di Precisione (AP)



Il progetto NUTRIPRECISO intende dimostrare l'efficacia delle pratiche di concimazione e di irrigazione a dosaggio variabile

proposte dall'Agricoltura di Precisione,

nell'ambito dei comparti produttivi orto-frutticolo e vitivinicolo

Agricoltura di Precisione (AP)

PERCHE'?

- A livello globale circa il 69% dell'utilizzo idrico è imputabile all'agricoltura irrigua, da essa deriva il 40% della produzione agricola totale (FAO, 2016).
- I crescenti problemi di scarsità della risorsa idrica, la competizione tra diversi settori per il suo utilizzo, uniti a questioni come il cambiamento climatico e l'aumento della popolazione, fanno sì che la ricerca debba orientarsi verso un **utilizzo più sostenibile dell'acqua** (IPCC, 2014; FAO, 2017). In ogni caso, le soluzioni alle problematiche di scarsità debbono essere necessariamente sito-specifiche.
- L'eterogeneità spaziale riscontrabile nel sistema suolo-coltura (caratteristiche del suolo, topografia, stato della coltura, resa, ecc.) da sempre osservata in campo è divenuta oggi 'facilmente' rilevabile con diversi **strumenti di indagine che permettono di ottenere mappe di variabilità** (Matese e Di Gennaro, 2015).
- La disponibilità di tecnologie avanzate ha convinto i ricercatori e gli operatori del settore a tentare di implementare quello che in letteratura è indicato come **Agricoltura di precisione (AP)** cioè un **approccio che cerca di fare incontrare, in modo spazialmente distribuito nel campo, domanda e offerta di input (nutrienti, acqua, fitofarmaci)**, al fine di aumentarne l'efficienza d'uso, con vantaggi ambientali ed economici.



Agricoltura di Precisione (AP)

DEFINIZIONE di AP

Una strategia che usa le moderne **tecnologie di informazione** per integrare i **numerosi dati** ad oggi potenzialmente a disposizione degli agricoltori per produrre **decisioni operative**, passando da un tipo di **gestione del campo** uniforme ad una, quanto più possibile, **sito-specifica**. Le decisioni operative debbono poi venire **attuate**.

PRECISION DETECTION



PRECISION DECIDING



PRECISION ACTUATION

sensori montabili su vettori remoti (**satelliti o droni**) o utilizzabili in campo (**sensori geofisici** trainati con quad,...; **crop circle**, ...), per il rilievo di: **caratteristiche dei suoli**; **vigore e stato fisiologico della coltura**; **topografia**; **rese e qualità** del prodotto alla raccolta. Le misure acquisite con questi sensori possono essere integrate con analisi di suolo, vegetazione o prodotto effettuate su campioni prelevati in punti specifici del campo

gli strumenti della tecnologia dell'informazione consentono di **archiviare, gestire ed elaborare** la grande mole di dati acquisiti, per ottenere **mappe di variabilità dei suoli e delle colture**, e di **mappe di prescrizione** relative agli input da somministrare (acqua, fertilizzanti). Sono utilizzati: tecniche di processamento dei dati spettrali; tecniche di analisi statistica avanzata; **modelli matematici per la simulazione del sistema suolo-coltura-atmosfera**, a supporto della gestione degli input al campo.

dispositivi per modulare gli interventi operativi, **applicando le mappe di prescrizione degli input** (sistemi di navigazione a elevata accuratezza; dispositivi con **tecnologia variable-rate (VRT)**; **impianti di fertirrigazione a dosaggio variabile**; ecc.)



Agricoltura di Precisione (AP)

DEFINIZIONE di AP

Una strategia che usa le moderne **tecnologie di informazione** per integrare i **numerosi dati** ad oggi potenzialmente a disposizione degli agricoltori per produrre **decisioni operative**, passando da un tipo di **gestione del campo** uniforme ad una, quanto più possibile, **sito-specifica**. Le decisioni operative debbono poi venire **attuate**.

PRECISION DETECTION



PRECISION DECIDING



PRECISION ACTUATION

sensori montabili su vettori remoti (**satelliti o droni**)

(**sensori geofisici** trainati con questi dati) e le loro **caratteristiche**

grande disponibilità di tecnologie e servizi, bisogna valutare quali siano i più idonei alle singole situazioni

gli strumenti della tecnologia dell'informazione consentono di

gestire ed elaborare la grande mole di dati e di valutare la **variabilità dei suoli**

procedure per determinare mappe di prescrizione irrigua e DSS per la gestione irrigua nelle zone omogenee non consolidati

analisi di suolo, vegetazione o con analisi di campioni prelevati in punti specifici del campo

dispositivi per monitorare

soluzioni tecnologicamente ed economicamente adeguate a implementare sistemi VRI in aziende vitivinicole devono essere ancora realizzate (Sanchez et al, 2017; McClymont et al., 2019)



Agricoltura di Precisione (AP)

L'AP in ITALIA

Nonostante spesso si acclamino le potenzialità e l'avanzamento delle tecnologie impiegabili nella PA, la diffusione di tecniche di gestione sito-specifica **in Italia rimane molto limitata** rispetto ad altri Paesi. Questo è probabilmente dovuto alla **modesta dimensione media delle aziende agricole italiane** e a difficoltà tecniche ed economiche nell'implementare, in campo, nuove soluzioni ad alto livello tecnologico (MIPAAF, 2017).

AGRICOLTURA e IRRIGAZIONE di PRECISIONE in VITICOLTURA

- In viticoltura l'aumento della qualità del prodotto ha un ruolo fondamentale nell'aumento del reddito.
- La viticoltura è particolarmente redditizia, questo rende più sostenibili investimenti per la gestione sito-specifica degli input e delle operazioni colturali (Green & Skymanowski, 2012; Bamley & Lamb, 2003).
- Ampia letteratura sull'effetto della disponibilità idrica sulla fisiologia della vite, sulla resa e sulla qualità delle uve ottenibili (Girona et al. 2006; Acevedo-Opazo et al., 2008; Boshoff, 2010).
- L'acqua, come altri input, se somministrata senza considerare la variabilità spaziale della richiesta irrigua, porta ad avere zone costantemente sovra e sotto-irrigate.
- In viticoltura questo non rappresenta solo uno spreco di acqua ma anche una possibile causa di peggioramento della qualità delle uve (Bellvert et al, 2014).



Irrigazione di Precisione (IP)

«PRECISION DETECTION»: Rilevamento della variabilità spaziale

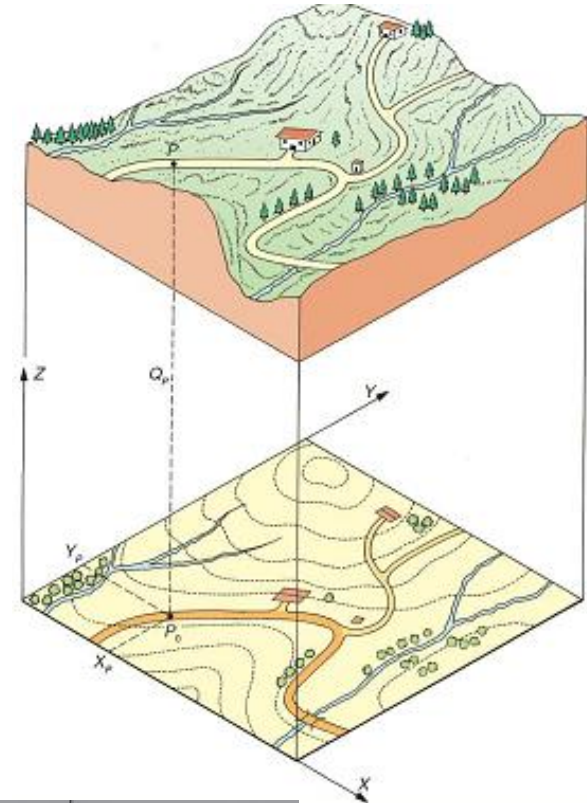
TOPOGRAFIA

Rilievo topografico tradizionale



Cartografia regionale

Regione Lombardia: DTM a 20 m, sta realizzando DTM a 5 m



Rilievo fotogrammetrico da drone

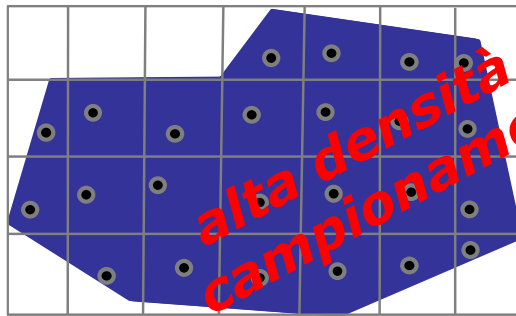


Irrigazione di Precisione (IP)

«PRECISION DETECTION»: Rilevamento della variabilità spaziale

SUOLO

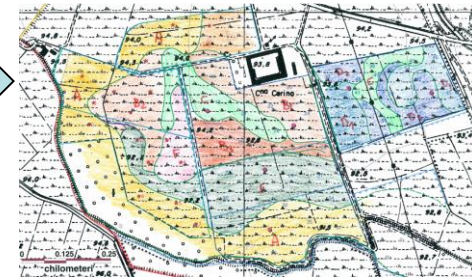
Rilievo tradizionale



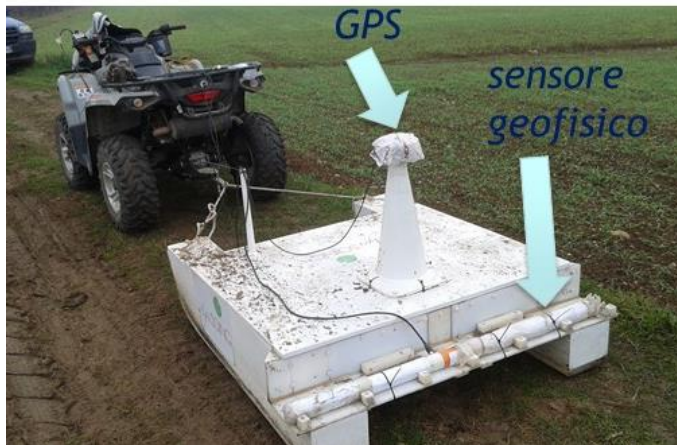
Prelievo di suolo e analisi di laboratorio per la misura delle sue caratteristiche



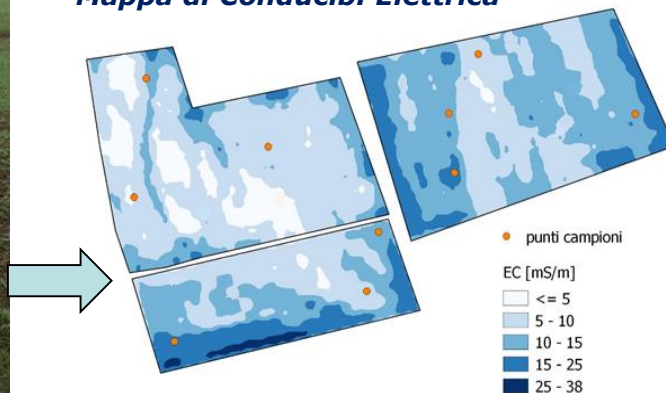
Mapa pedologica di dettaglio



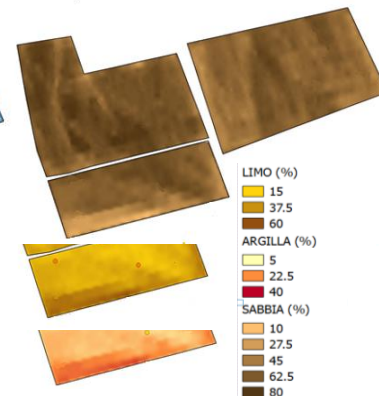
Sensori geofisici (EMI o geoelettrici)



Mapa di Conducib. Elettrica



Mapa delle proprietà dei suoli (tessitura, AWC, Corg, CSC)



Irrigazione di Precisione (IP)

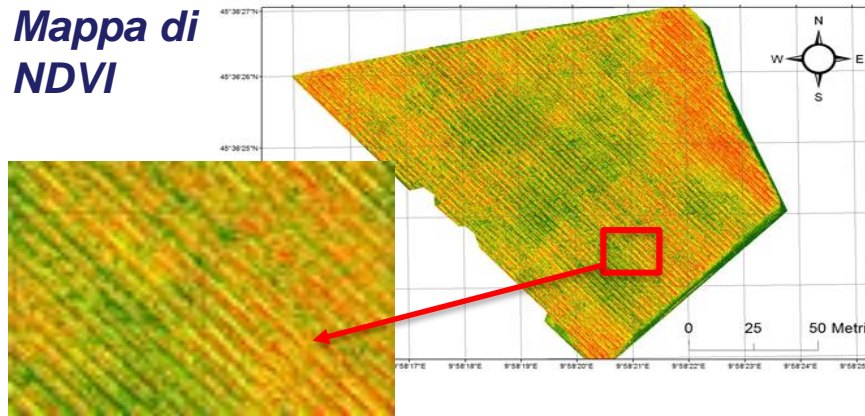
«PRECISION DETECTION»: Rilevamento della variabilità spaziale

VIGORE VEGETATIVO (tramite indici spettrali: NDVI o altro)

Sensore
spettrale
montato
SU:

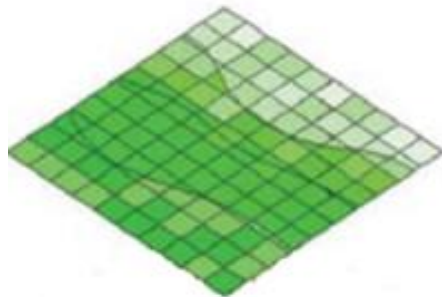


**Mappa di
NDVI**



...meglio se ripetute per più anni!

*Consentono di individuare zone in cui la
coltura si comporta in modo diverso*



*Campionamento
pedologico*

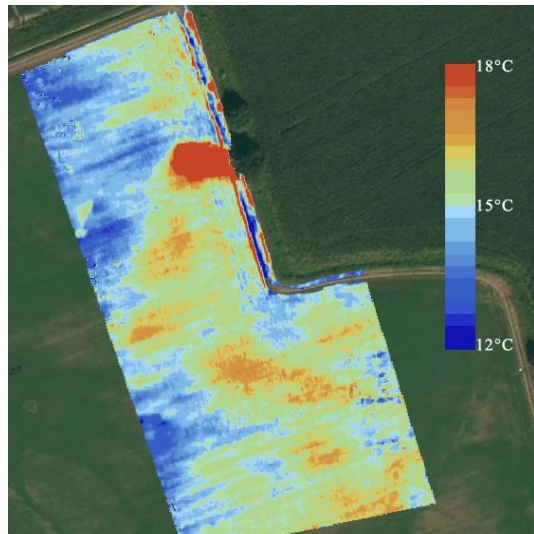
*Informazioni sulla variabilità
di sviluppo della vegetazione,
proxy del SUOLO*

Irrigazione di Precisione (IP)

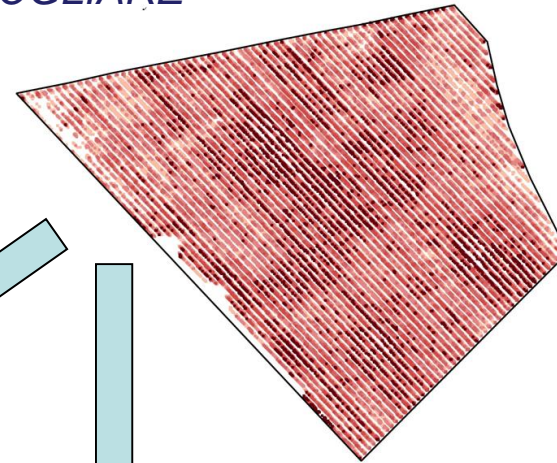
«PRECISION DETECTION»: Rilevamento della variabilità spaziale

STATO IDRICO DELLA VEGETAZIONE (tramite TERMOCAMERA): montata su

**SATELLITE
AEREO
DRONE
QUAD**



Dalla mappa termica si producono mappe dell'indice CWSI, ben correlato al POTENZIALE IDRICO FOGLIARE



CWSI

- 0.0 - 0.2
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.6
- 0.6 - 0.8
- 0.8 - 1.0

Utilizzata per dosare

l'intervento irriguo

(→ soglie di POT. IDRICO)

LIMITE: ALTO NUMERO DI VOLI!

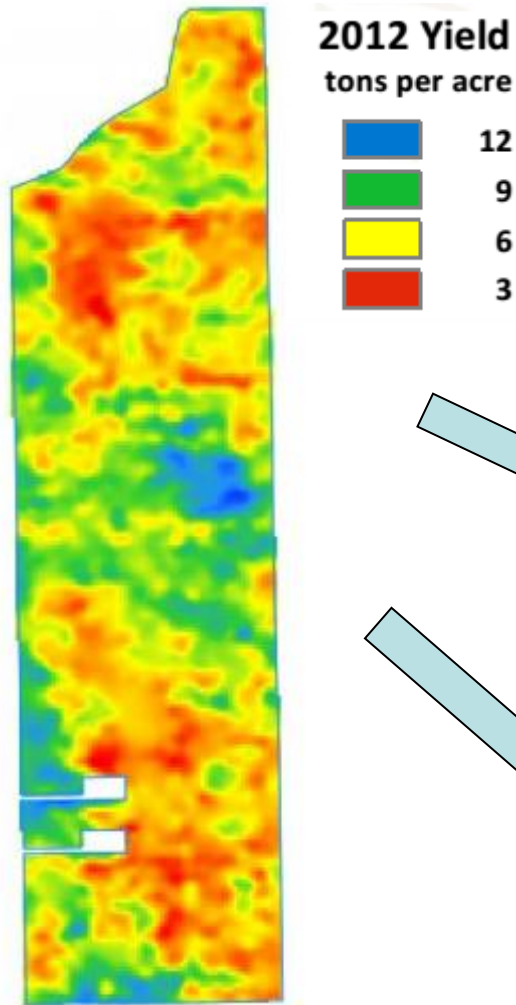


Informazioni sulla variabilità dello stato idrico della vegetazione, proxy del SUOLO

Irrigazione di Precisione (IP)

«PRECISION DETECTION»: Rilevamento della variabilità spaziale

RESA



*E' uno dei primi parametri ad essere indagati in modo spazialmente distribuito: dagli anni '90, tramite **sensori di resa applicati alle macchine raccogliatrici**.*

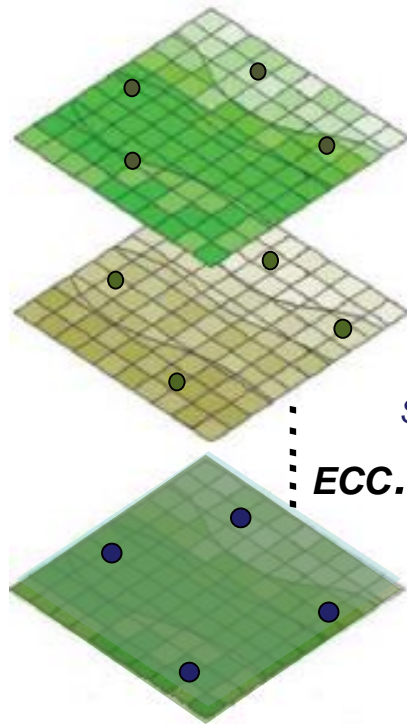
*Utilizzata per **aggiustare in modo «occhiometrico» i fattori di produzione e per introdurre concetti di vendemmia selettiva***

*Utilizzata per **verificare l'effetto di una gestione VR degli input di produzione***

Irrigazione di Precisione (IP)

«PRECISION DECISION»: Ottenimento di MAPPE DI MAPPE DELLE ZONE OMOGENEE e MAPPE DI PRESCRIZIONE IRRIGUA

Mappe di variabilità spaziale

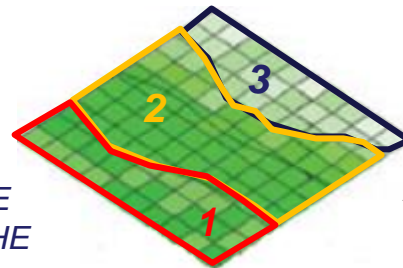


+

- eventuali rilievi puntuali a supporto

TECNICHE STATISTICHE

Mappa delle zone omogenee

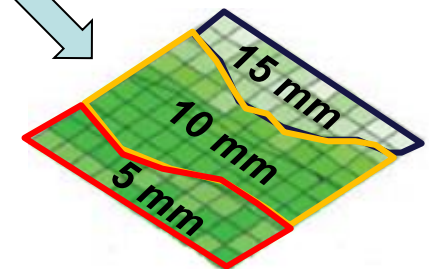


GESTIONE IRRIGUA OTTIMIZZATA
(con sonde e/o modelli di bilancio idrologico per le diverse zone)

Mappe di prescrizione irrigua:
2 strade in letteratura



Mappa qualitativa

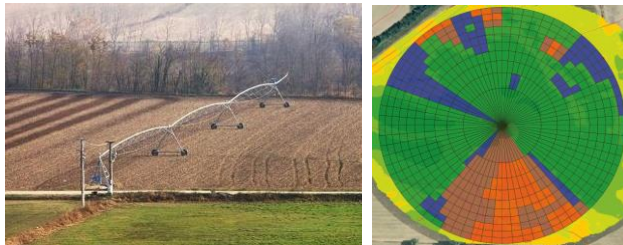


Mappa quantitativa

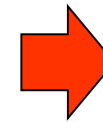
Irrigazione di Precisione (IP)

«PRECISION ACTUATION»: macchine e impianti per VRI

Rainger o pivot VRT

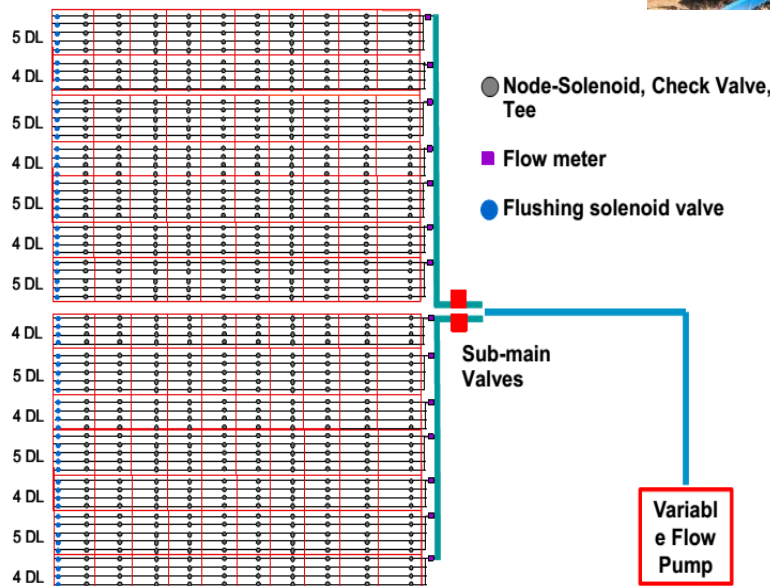


Irrigatore semovente ad ala avvolgibile VRT (Hydro Sat)

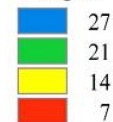


Risparmio di acqua (anche del 50%!)
ed energia
miglioramento della quantità e qualità della produzione

Impianto a goccia sperimentale:
California, Cabernet Sauvignon, 4 ha,
140 settori di 15 m x 15 m



2012 Yield
Mg ha⁻¹

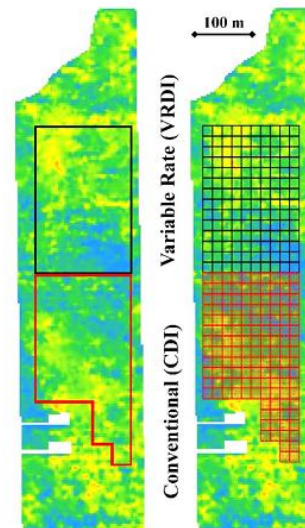


Vineyard area:
12.95 ha

Vineyard yield:
20.5 Mg ha⁻¹

VRDI & CDI:
4.05 ha each
140 zones each

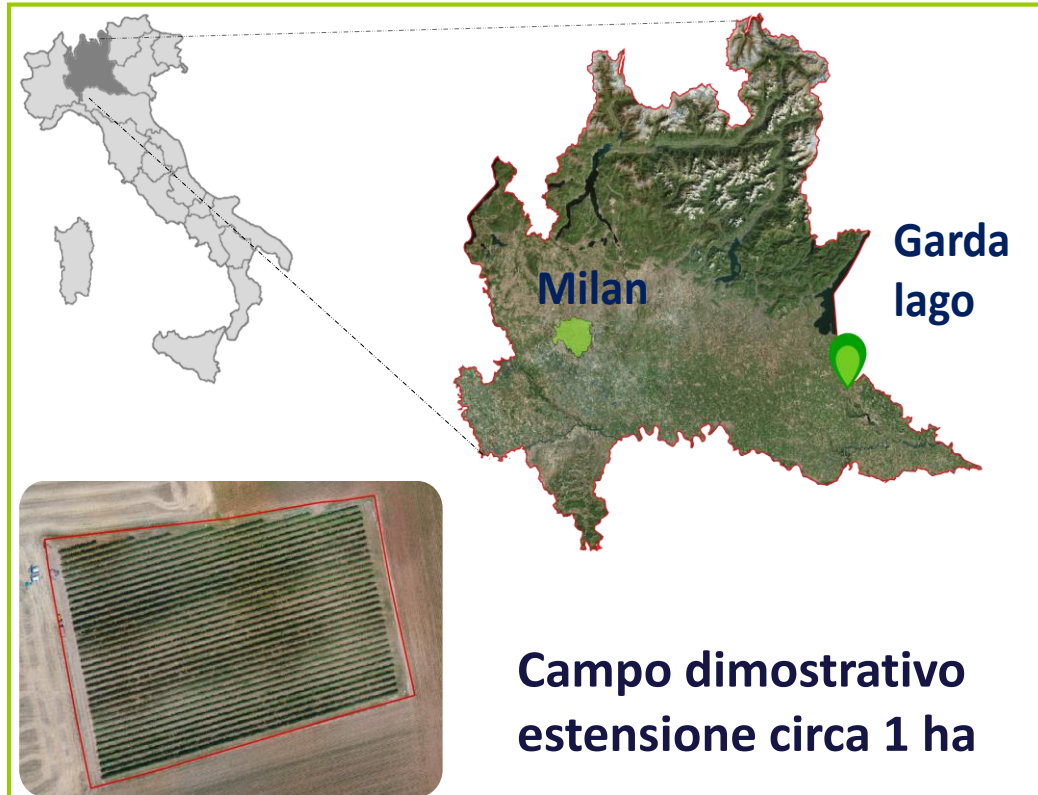
Each zone:
15 x 15 m



2013, 2014, 2015:
produzione
aumentata del
10% in media,
risparmio idrico
del 20%

Irrigazione di Precisione (IP)

Si vede la necessità di **progetti operativi**, quali **NUTRIPRECISO**, che **dimostrino agli agricoltori, tramite prove di campo**, le potenzialità degli strumenti dell'agricoltura di precisione ad oggi disponibili, indagandone anche gli aspetti relativi alla sostenibilità economica.



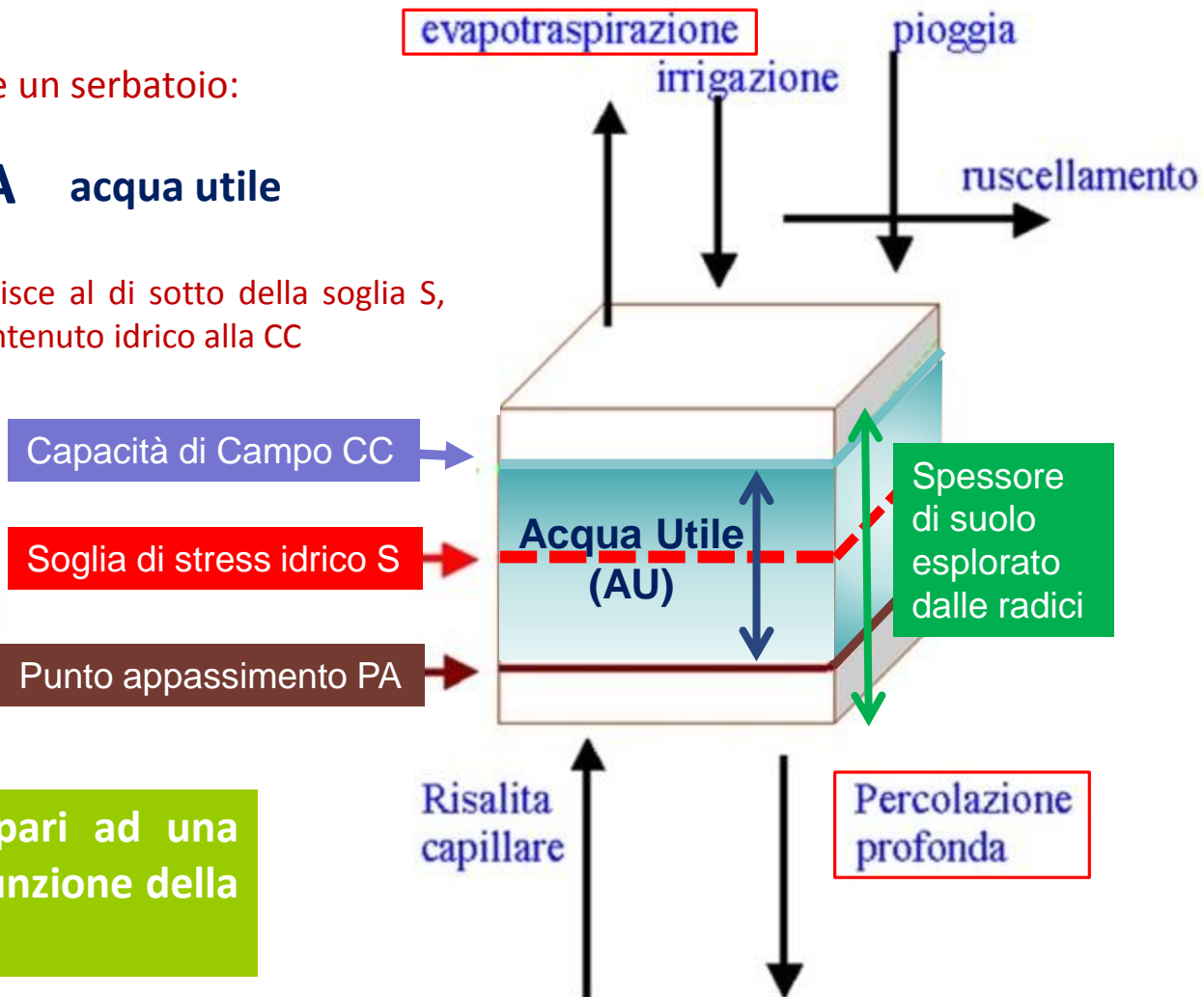
Irrigazione di Precisione (IP)

L'apporto irriguo dipende dalle proprietà idrologiche del suolo

Il suolo si comporta come un serbatoio:

$$AU = CC - PA \quad \text{acqua utile}$$

quando il serbatoio si esaurisce al di sotto della soglia S, l'apporto irriguo riporta il contenuto idrico alla CC



l'apporto irriguo è pari ad una frazione dell'AU, in funzione della soglia di stress idrico



Conoscere il Suolo per attuare la IP

Conoscere le proprietà idrologiche del suolo e
la loro variabilità nel campo



*Agricoltura di Precisione: "Applicare il giusto trattamento **nel posto giusto al momento giusto**"*

(Gebbers and Adamchuk, 2010)

...per l'attuazione dell'IP

Monitoraggio speditivo dei suoli per la descrizione dettagliata della variabilità a scala di campo

Mappe di variabilità dei suoli

Delimitazione delle zone omogenee
Mappe di zonazione

Campionamento dei suoli per la misura delle proprietà idrologiche dei suoli

Mappe di Prescrizione irrigua



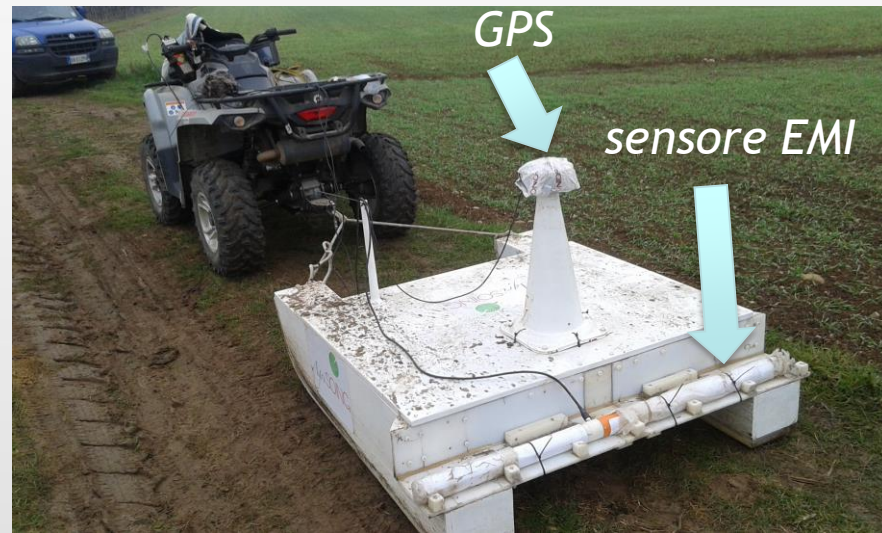
Monitoraggio della variabilità dei suoli

La tecnologia mette a disposizione strumenti innovativi e avanzati per il monitoraggio *prossimale* delle proprietà dei suoli, attraverso la **misura della resistività elettrica del suolo (RE)** – misure veloci e non invasive

la **RE** è una misura indiretta delle proprietà del suolo, è correlata alla tessitura, alle proprietà idrologiche e chimiche (pH, N, C, P, K,...) del suolo



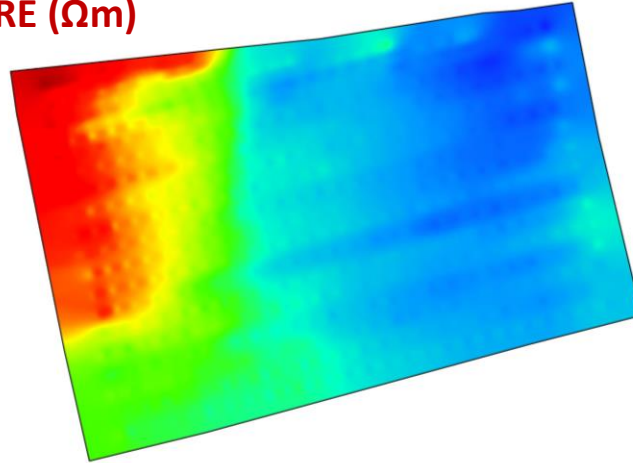
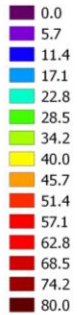
Sensori a induzione elettromagnetica (EMI)



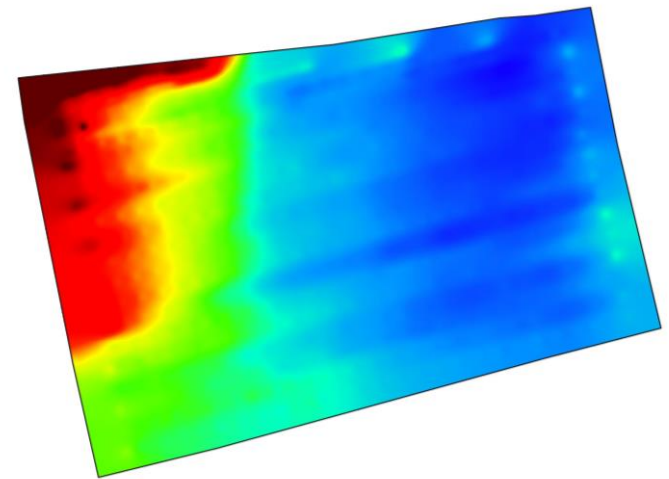
Mappa di zonazione



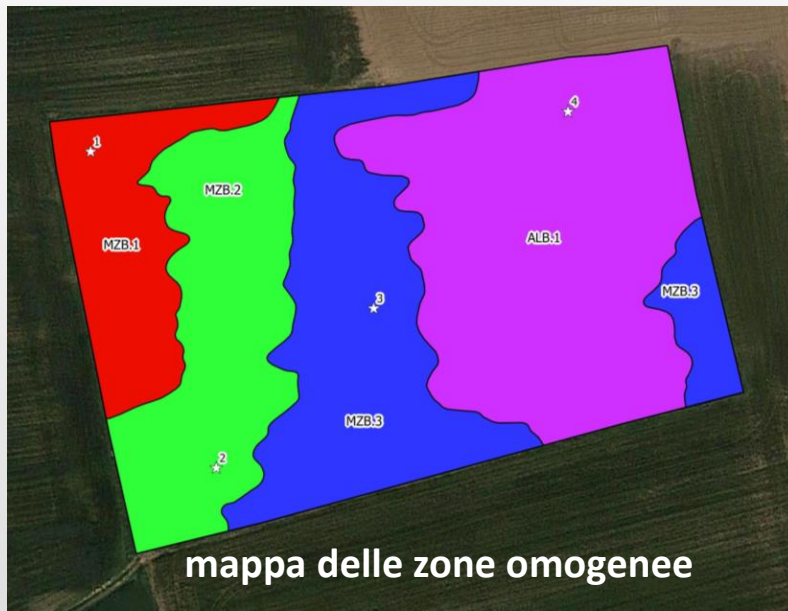
mappa di RE (Ωm)



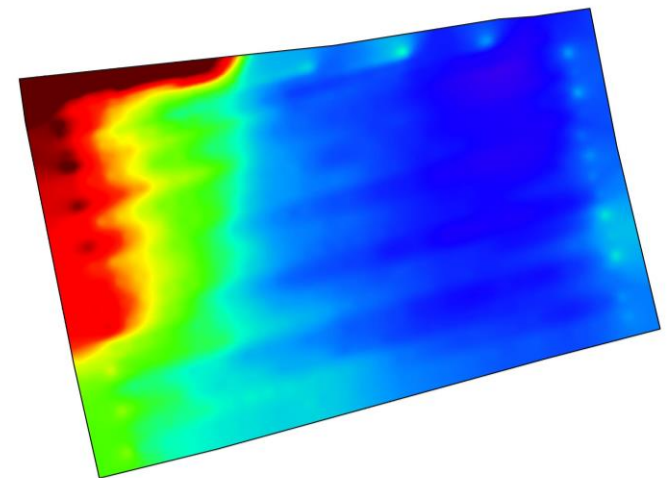
profondità 0-50 cm



profondità 0-100 cm



mappa delle zone omogenee

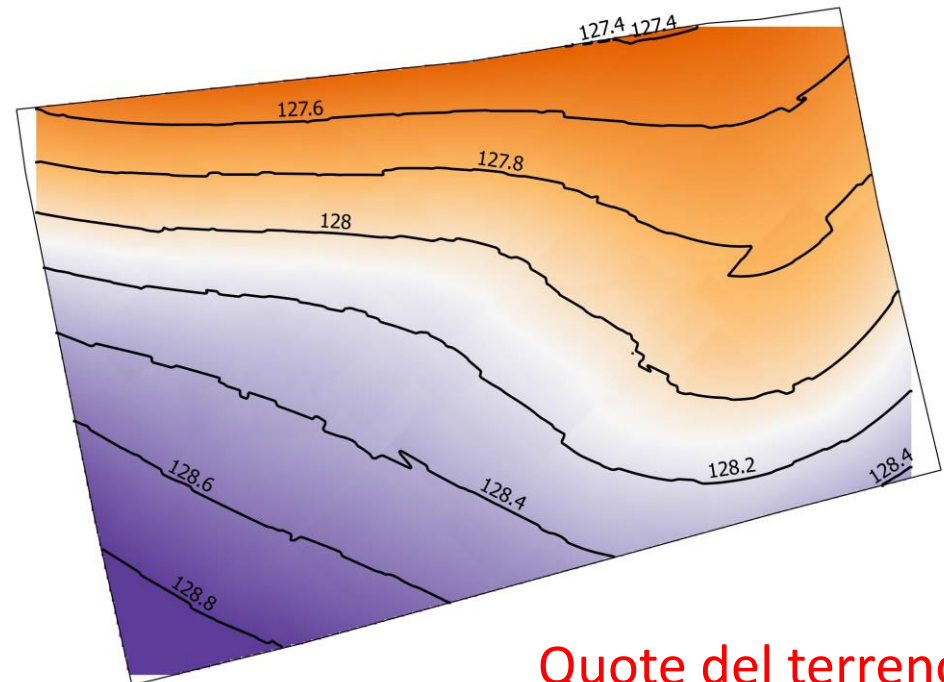
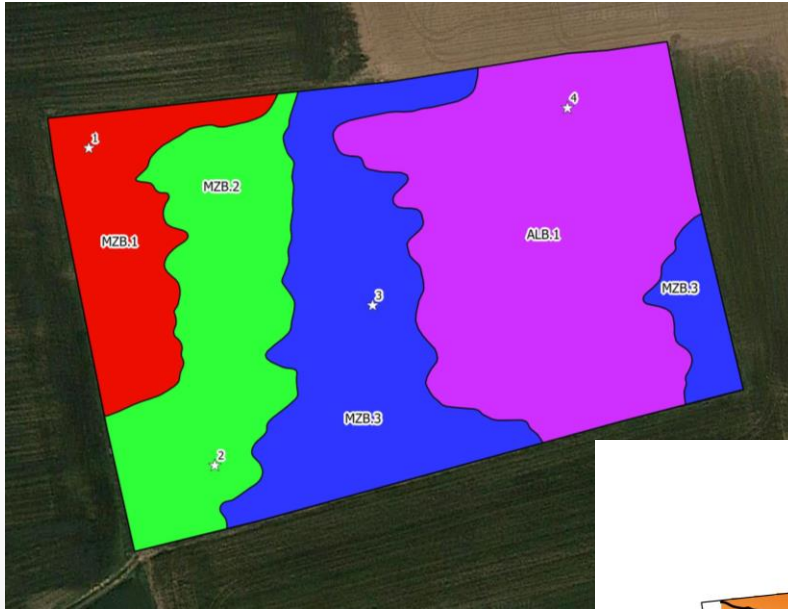


profondità 0-180 cm



Mappa di zonazione

Mappa delle zone omogenee



Quote del terreno



Caratterizzazione delle zone omogenee

PROGETTO NUTRIPRECISO
tecniche di concimazione e irrigazione di precisione in frutticoltura e orticoltura



PROFILO	ORIZZONTE	SPESSORE [cm]	SABBIA [%]	LIMO [%]	ARGILLA [%]	CC [%]	PA [%]	AU [%]	TESSITURA
OLF-P1	Ap	0-50	44	36	21	26.0	14.3	11,7	Loam
	C	50-120	81	7	12	9.9	4.3	5,5	SandyLoam
OLF-P2	Ap	0-35	18	53	29	25.6	18.9	6.8	SiltyClayLoam
	Bt	35-70	19	51	30	22.8	11.7	11.1	SiltyClayLoam
	C	70-130	93	4	3	8.9	3.1	5.8	Sand
OLF-P3	Ap	0-40	8	58	34	35.8	29.1	6,7	SiltyClayLoam
	BC	40-105	3	61	37	37.2	26.0	11,2	SiltyClayLoam
OLF-P4	Ap	0-35	7	50	43	36.9	31.5	5,5	SiltyClay
	Bt	35-55	3	53	44	34.4	28.9	5,5	SiltyClay
	CB	55-110	4	74	22	34.5	15.7	18,8	SiltLoam

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE
E AMBIENTALI - PRODUZIONE,
TERRITORIO, AGROENERGIA

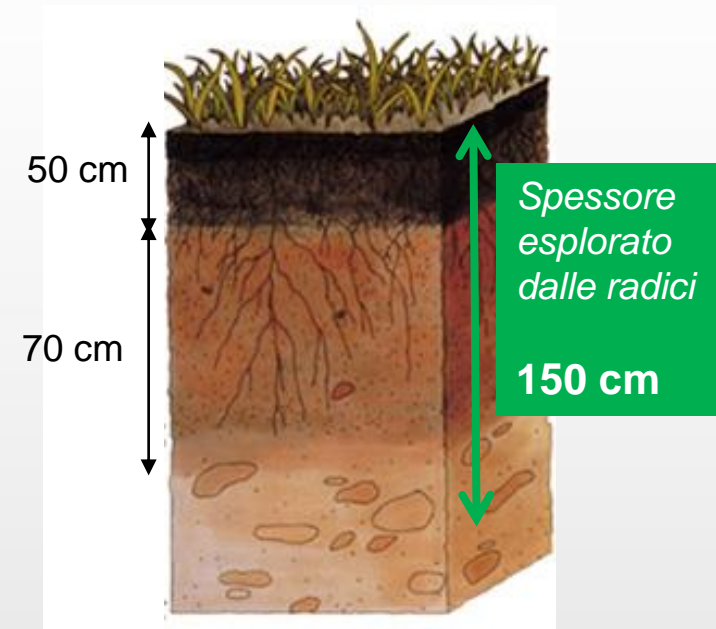


Quantificazione dell'apporto irriguo

PROFILO	ORIZZONTE	SPESSORE [cm]	CC [%]	PA [%]	AU [%]	TESSITURA
OLF-P1	Ap	0-50	26.0	14.3	11,7	Loam
	C	50-120	9.9	4.3	5,5	SandyLoam

valore di AU per lo spessore di suolo esplorato dalle radici:

OLF-P1 : $AU = 7.6 \%$



OLF-P1

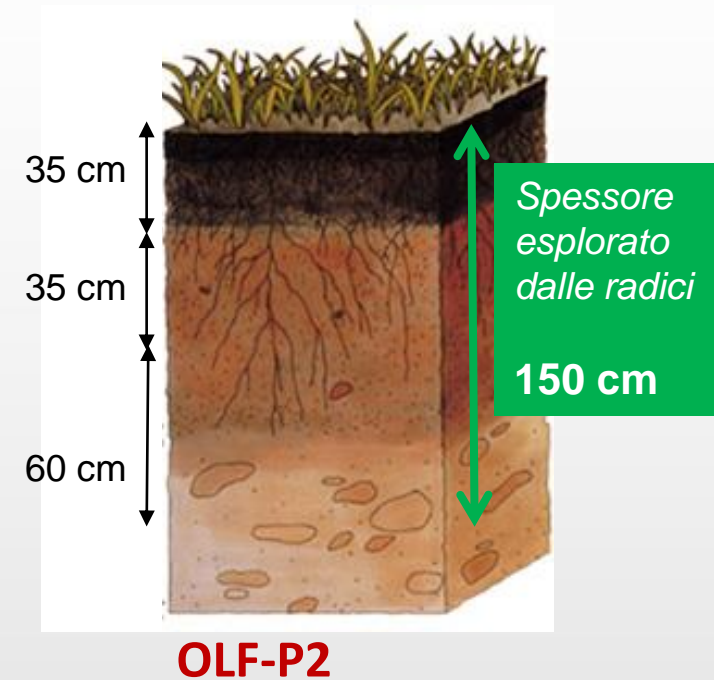
Quantificazione dell'apporto irriguo

PROFILO	ORIZZONTE	SPESSORE [cm]	CC [%]	PA [%]	AU [%]	TESSITURA
OLF-P2	Ap	0-35	25.6	18.9	6.8	SiltyClayLoam
	Bt	35-70	22.8	11.7	11.1	SiltyClayLoam
	C	70-130	8.9	3.1	5.8	Sand

valore di AU per lo spessore di suolo esplorato dalle radici:

OLF-P1 : AU = 7.6 %

OLF-P2 : AU = 7.3 %



OLF-P2

Quantificazione dell'apporto irriguo

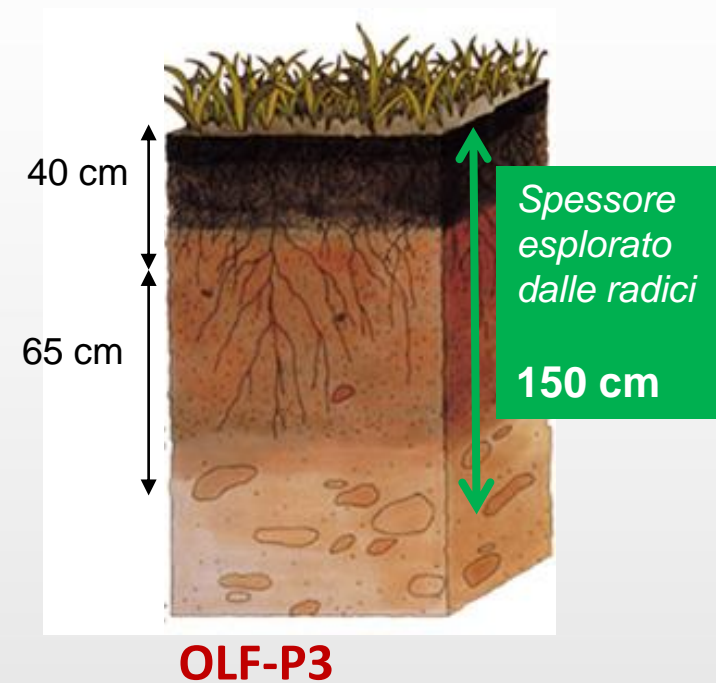
PROFILO	ORIZZONTE	SPESSORE [cm]	CC [%]	PA [%]	AU [%]	TESSITURA
OLF-P3	Ap	0-40	35.8	29.1	6,7	SiltyClayLoam
	BC	40-105	37.2	26.0	11,2	SiltyClayLoam

valore di AU per lo spessore di suolo esplorato dalle radici:

OLF-P1 : AU = 7.6 %

OLF-P2 : AU = 7.3 %

OLF-P3 : AU = 10.0 %



Quantificazione dell'apporto irriguo

PROFILO	ORIZZONTE	SPESSORE [cm]	CC [%]	PA [%]	AU [%]	TESSITURA
OLF-P4	Ap	0-35	36.9	31.5	5.5	SiltyClay
	Bt	35-55	34.4	28.9	5.5	SiltyClay
	CB	55-110	34.5	15.7	18.8	SiltLoam

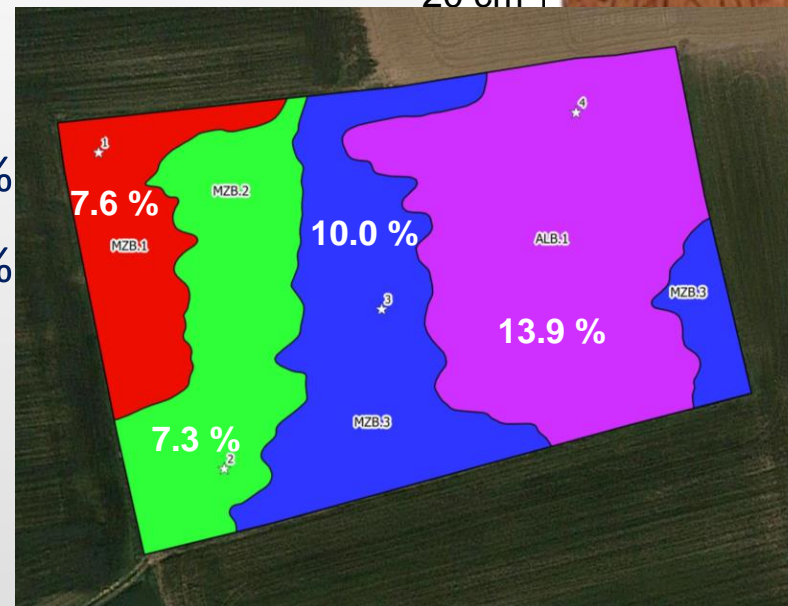
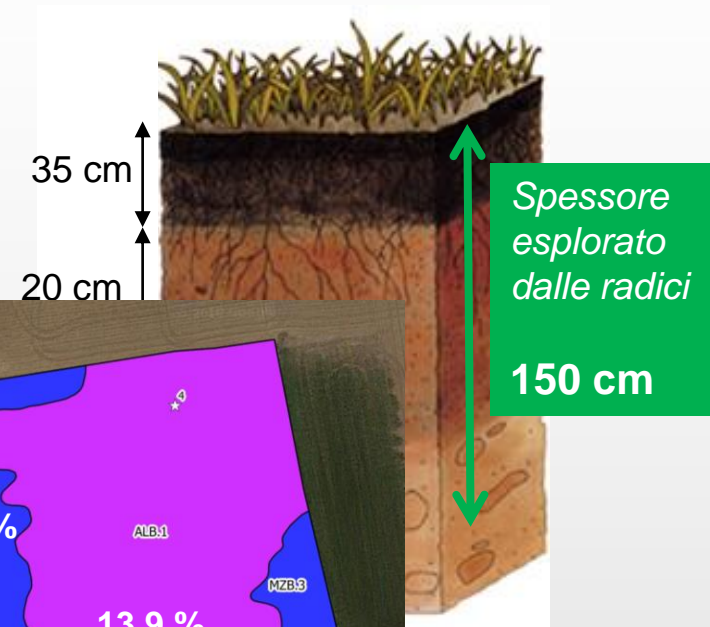
valore di AU per lo spessore di suolo esplorato dalle radici:

OLF-P1 : AU = 7.6 %

OLF-P2 : AU = 7.3 %

OLF-P3 : AU = 10.0 %

OLF-P4 : AU = 13.9 %



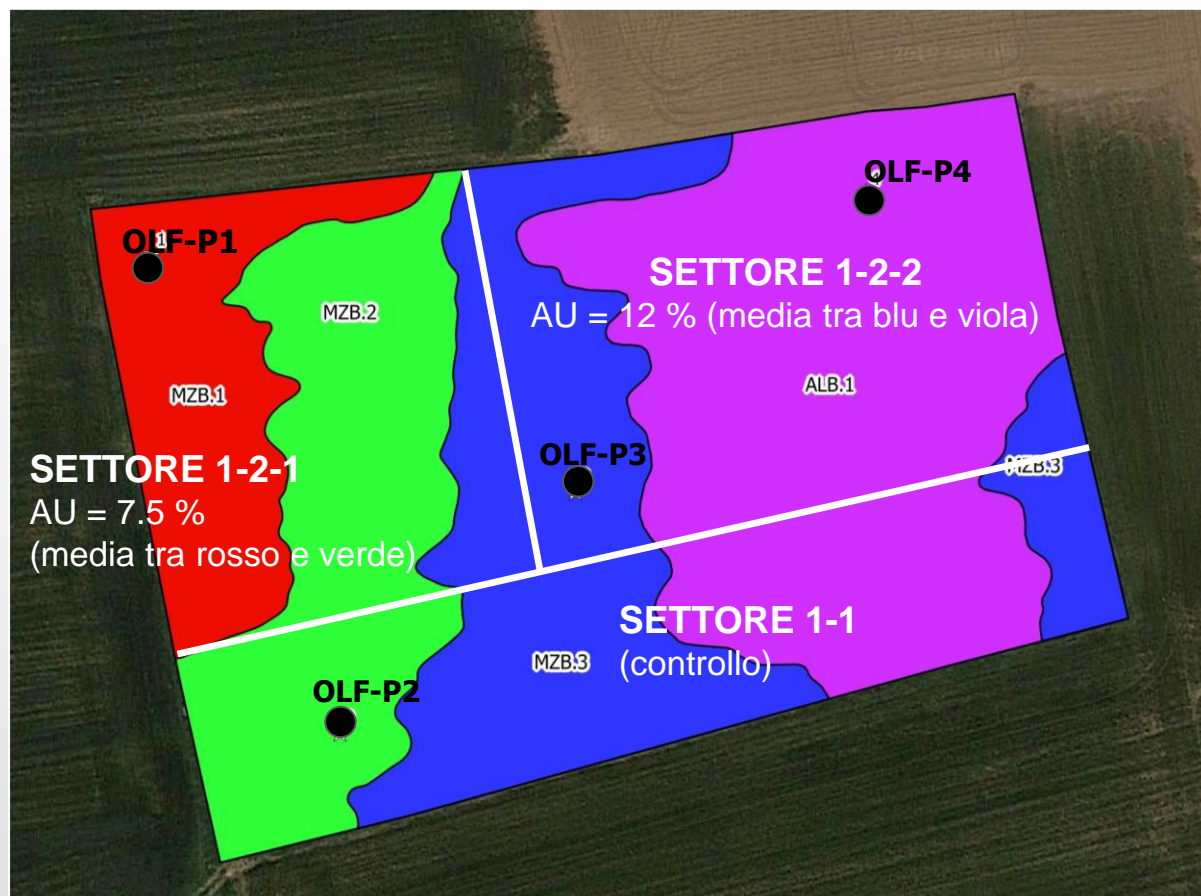
Impianto a goccia a dosaggio variabile

è stato progettato un impianto di irrigazione a goccia,
suddiviso in **2 settori con differenti valori di AU (+ 1 settore di controllo)**

settore 1-2-1, suoli sciolti
(OLF-P1, OLF-P2)

settore 1-2-2, suoli
limoso-argillosi
(OLF-P3, OLF-P4)

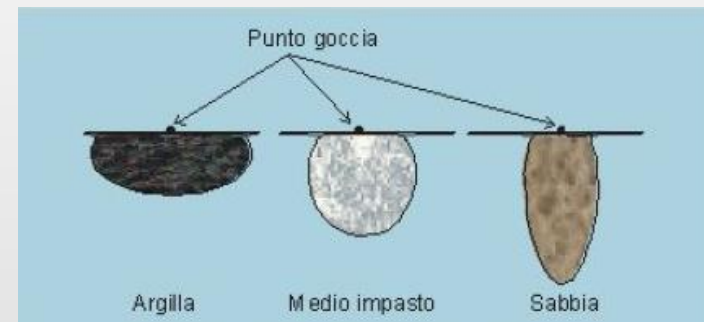
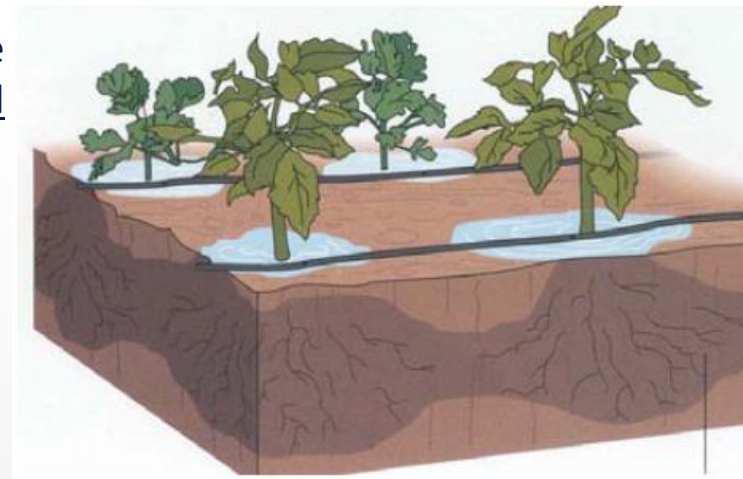
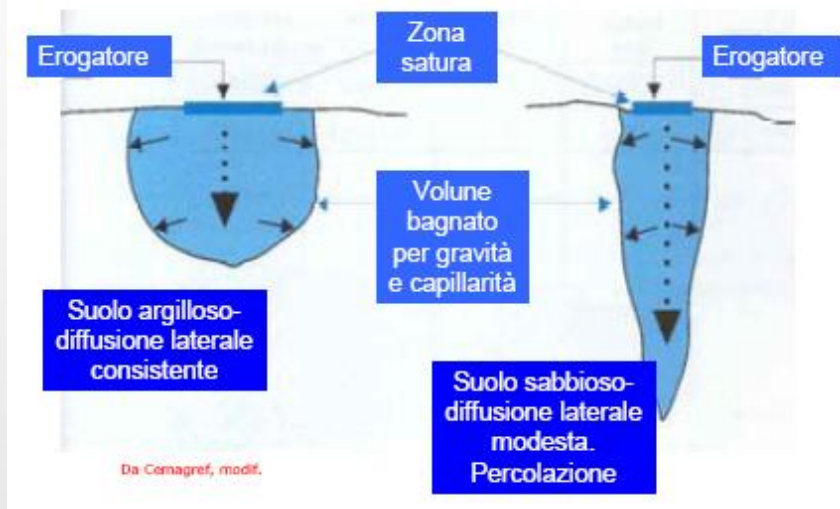
settore 1-1, suoli di
entrambi le tipologie



Impianto a goccia a dosaggio variabile

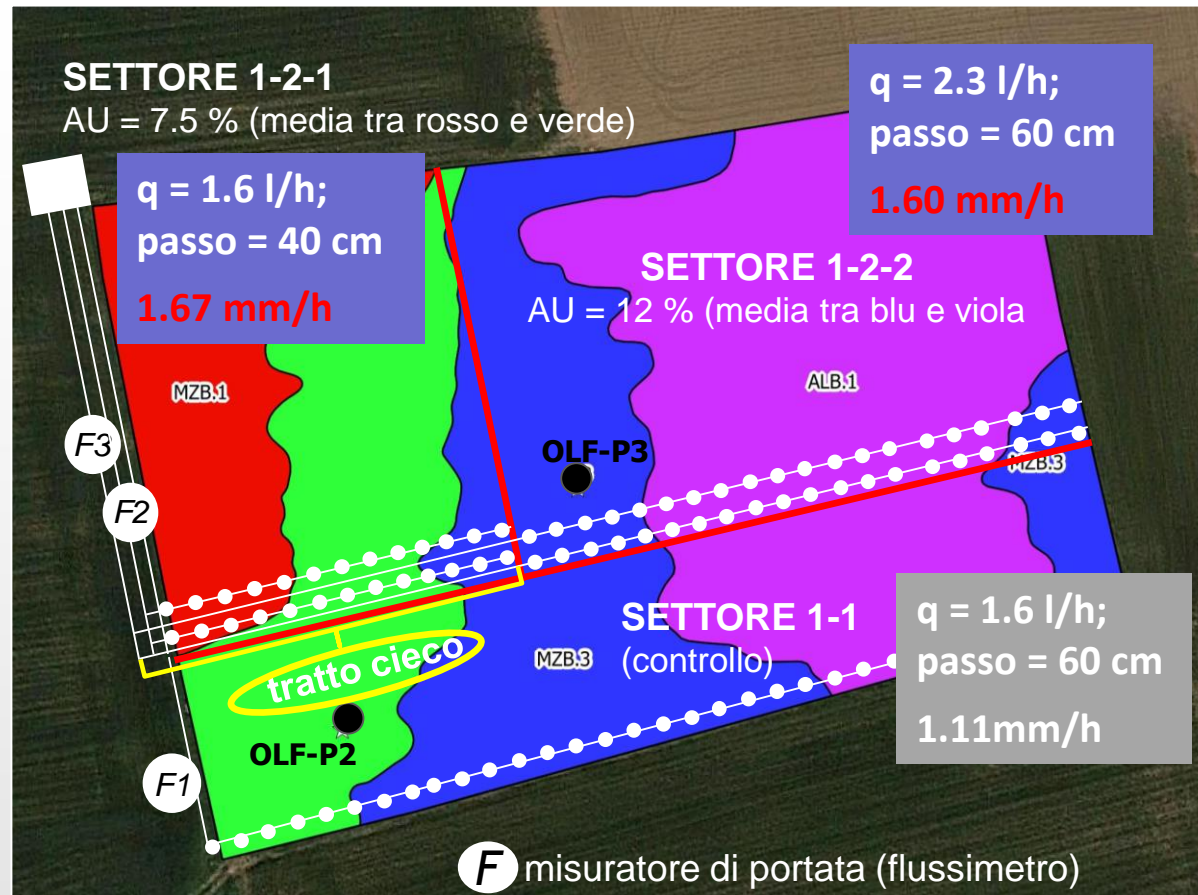
L'irrigazione a goccia è un'irrigazione localizzata:

la forma e l'estensione dell'area bagnata dipende dalle proprietà idrologiche del terreno, dalla portata del gocciolatore e dal volume erogato.



Impianto a goccia a dosaggio variabile

L'istante dell'intervento irriguo e la durata dell'erogazione sono gestiti in modo differente nei due settori irrigui

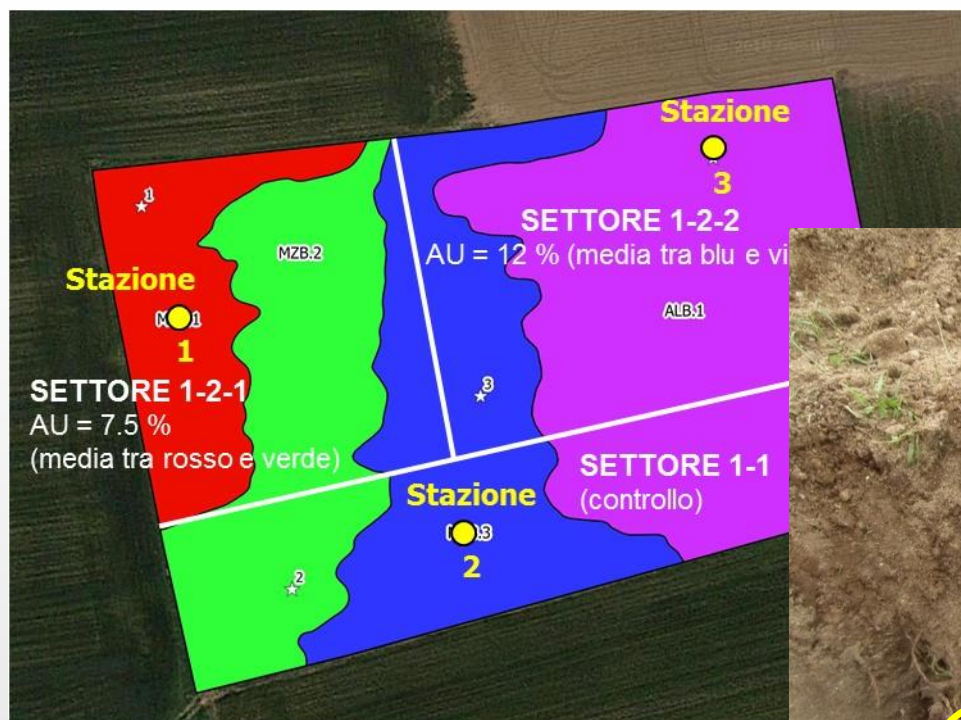


interdistanza tra i filari: 2.4 m

Monitoraggio dell'umidità del suolo

Sono state installate delle sonde di umidità, in un punto per ogni settore (Stazioni 1-2-3), a due profondità:

40 cm e 80 cm



Pianificazione dell'irrigazione a dosaggio variabile

Fase fenologica	Aprile - metà maggio 1. Fioritura	Metà maggio - metà luglio 2. Allegazione	Metà luglio - fine luglio 3. Invaitura	Agosto 4. Maturazione
Max sensibilità allo stress idrico		★	★	
Fabbisogno irriguo (mm) - ETC	2.16 mm	3.63 mm	3.77 mm	3.35 mm
Adacquamenti massimi (mm), considerando una superficie bagnata del 25%				
Settore 1-2-1	13.3	13.3	13.3	13.3
Settore 1-2-2	21.3	21.3	21.3	21.3
Turno (giorni)				
Restituzione 100% (fase 1 e 2), 50% (fase 3), 30% (fase 4)				
Settore 1-2-1	6 → 8	4 → 8	4 → 8	4 → 8
Settore 1-2-2	10 → 16	6 → 8	6 → 8	7 → 8
Durata dell'erogazione (ore)				
Settore 1-2-1	10.5	17.5 (15)	9	4.75
Settore 1-2-2	21.75 (15)	18.25 (15)	9.5	5.0
Adacquamenti (mm)				
Settore 1-2-1	17.5	29.2 (25)	15.0	7.9
Settore 1-2-2	34.7 (24)	29.1 (24)	15.2	8.0

Turno fisso 8 giorni (15 ore)

Pianificazione dell'irrigazione a dosaggio variabile

Fase fenologica	Aprile - metà maggio 1. Fioritura	Metà maggio - metà luglio 2. Allegazione	Metà luglio - fine luglio 3. Invaitura	Agosto 4. Maturazione
Max sensibilità allo stress idrico		★	★	
Fabbisogno irriguo (mm) - ETC	2.16 mm	3.63 mm	3.77 mm	3.35 mm
Adacquamenti massimi (mm), considerando una superficie bagnata del 25%				
Settore 1-2-1	13.3	13.3	13.3	13.3
Settore 1-2-2	21.3	21.3	21.3	21.3
Turno (giorni)				
Restituzione 100% (fase 1 e 2), 50% (fase 3), 30% (fase 4)				
Settore 1-2-1	4	6 → 8	4	4
Settore 1-2-2	8	10 → 12	6 → 8	7 → 8 12
Durata dell'erogazione (ore)				
Settore 1-2-1	5.25	10.5 (7)	8.75 (7)	4.5 2.5
Settore 1-2-2	10.75 (7)	16.25 (7)	18.25 (7)	9.5 5.0 7
Adacquamenti (mm)				
Settore 1-2-1	8.7	17.5 (11.7)	14.6 (11.7)	7.5 4.2
Settore 1-2-2	17.2 (11.2)	26.0 (11.2)	29.1 (11.2)	15.2 8.0 11.2

Turno fisso 4 giorni (7 ore)

25% ETC

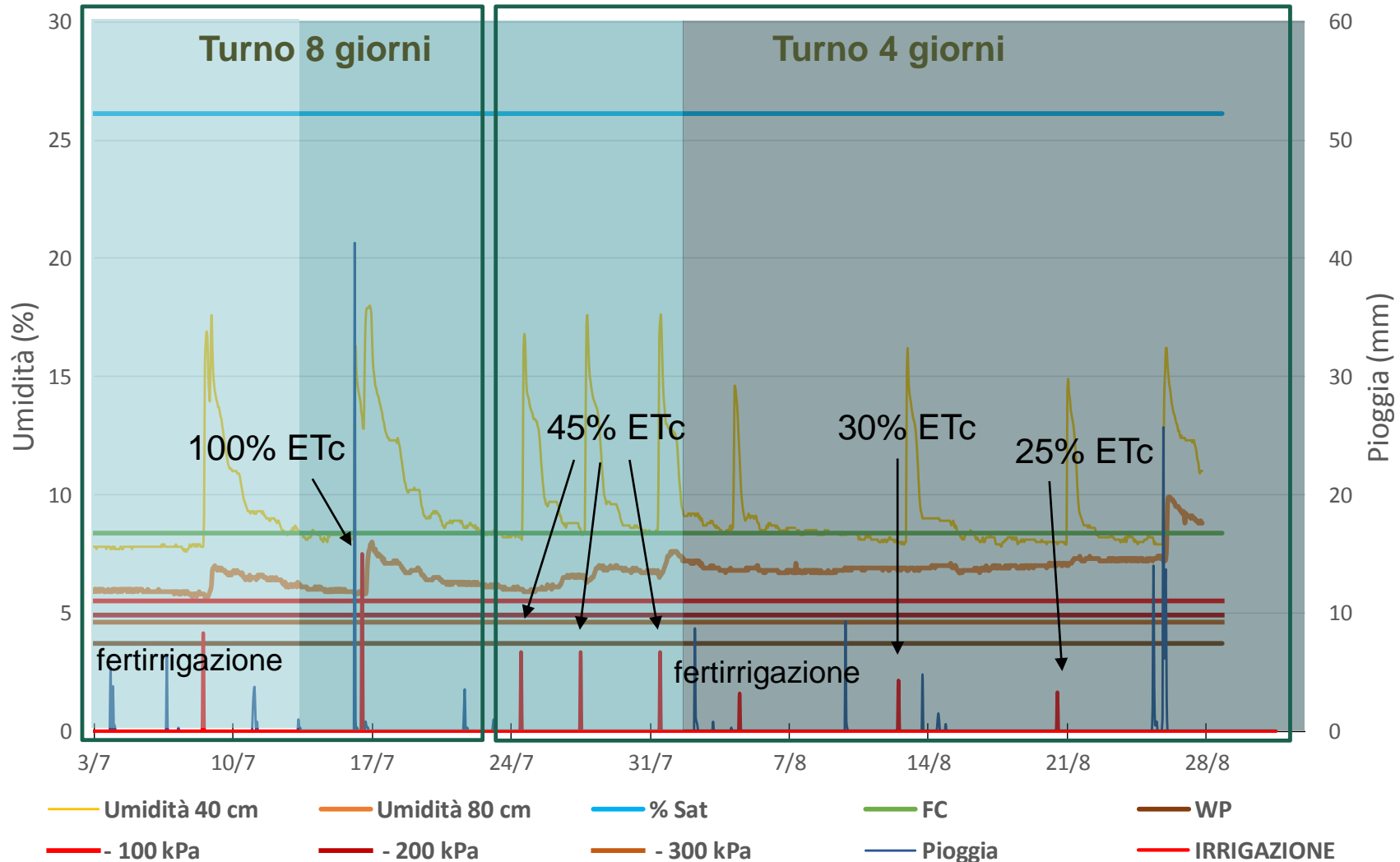


Gestione dell'irrigazione a dosaggio variabile

Settore 1.2.1

6 interventi di irrigazione + 2 interventi di fertirrigazione

Stazione 1 - Settore 1-2-1



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE
E AMBIENTALI - PRODUZIONE,
TERRITORIO, AGROENERGIA

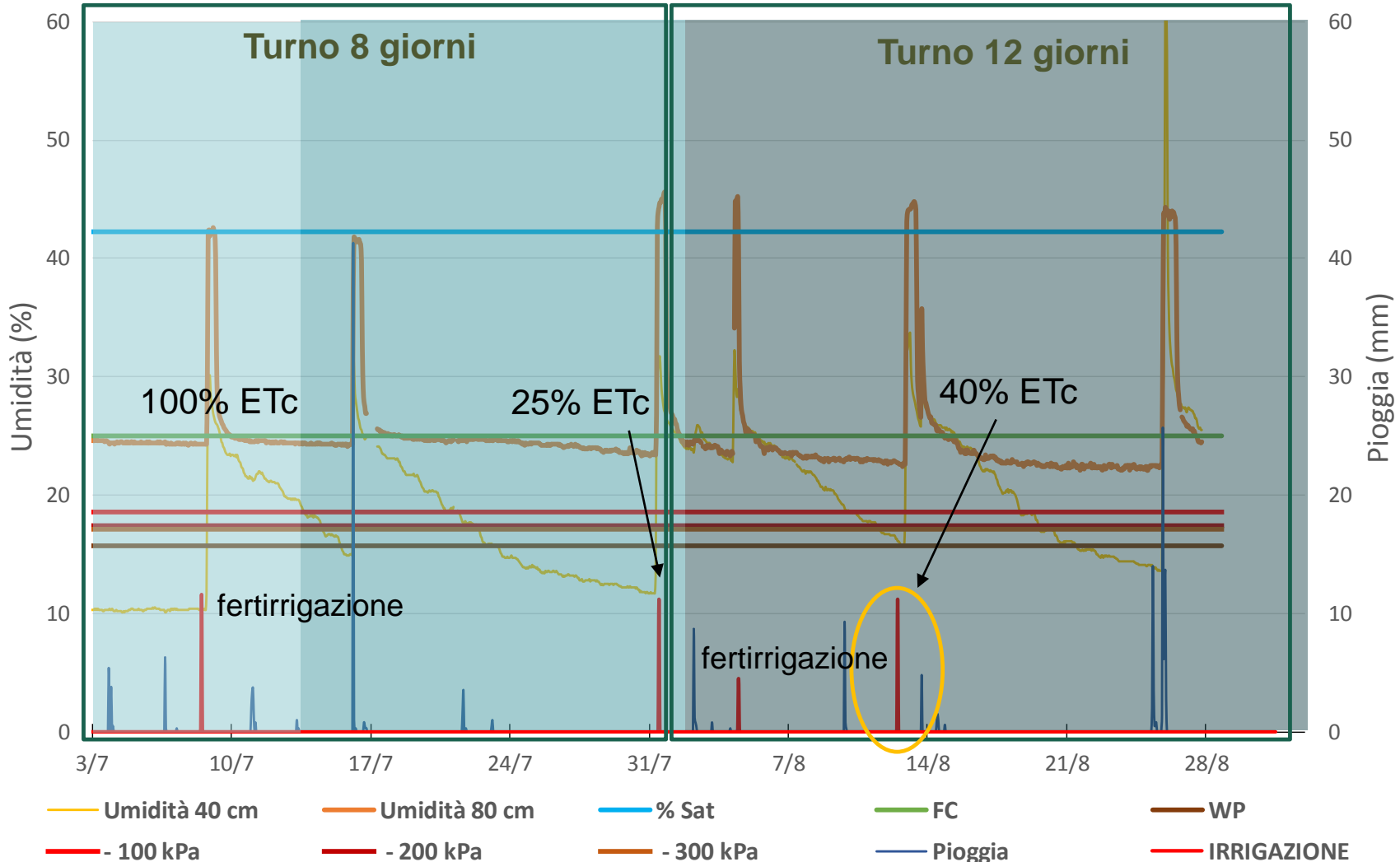


Gestione dell'irrigazione a dosaggio variabile

Settore 1.2.2

2 interventi di irrigazione + 2 interventi di fertirrigazione

Stazione 3 - Settore 1-2-2



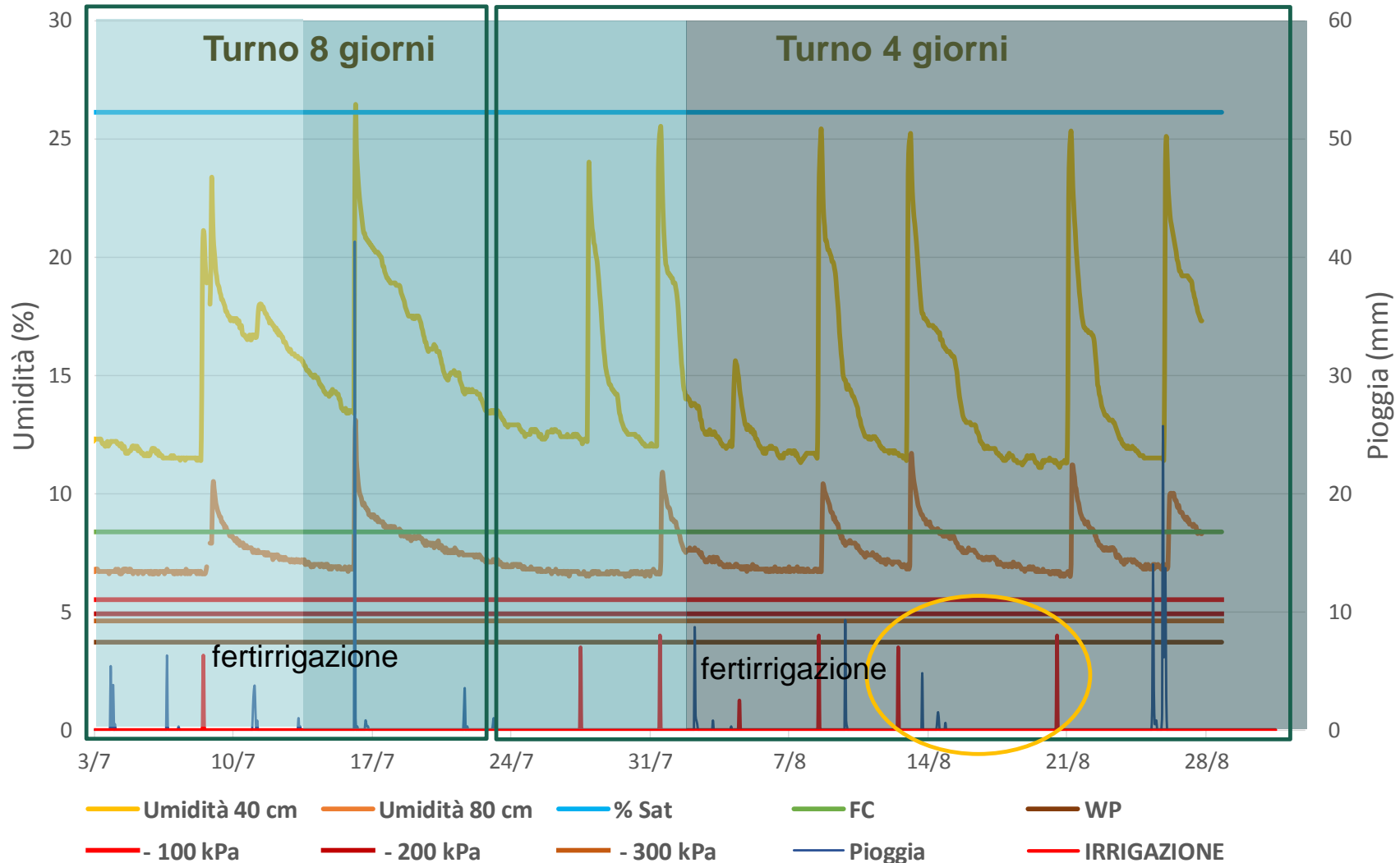
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE
E AMBIENTALI - PRODUZIONE,
TERRITORIO, AGROENERGIA



Irrigazione Settore di controllo

5 interventi di irrigazione + 2 interventi di fertirrigazione

Stazione 2 - Settore 1-1



PROGETTO NUTRIPRECISIO
tecniche di concimazione e irrigazione di precisione in frutticoltura e orticoltura

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE
E AMBIENTALI - PRODUZIONE,
TERRITORIO, AGROENERGIA



Consumi idrici stagionali

PROGETTO NUTRIPRECISIO
tecniche di concimazione e irrigazione di
precisione in frutticoltura e orticoltura



	Volumi erogati (m ³)	Volumi erogati (m ³ /ha)	Differenza rispetto al Controllo	Superficie settore (ha)
Settore 1.2.1	149.7	575,8	11%	0,26
Settore 1.2.2	116.3	314.3	-39%	0,37
Settore 1.2.1 + 1.2.2	266.0	422.2	-18%	0.63
Settore 1.1 (controllo)	165.4	516.9	-	0.32
Settore 1.2.1 + 1.2.2 + 1.1 (consumo effettivo)	431.4	431.4	-	1.00



Quantità e qualità della produzione

SETTORE	PRODUZIONE (kg)	N° GRAPPOLI	PESO MEDIO GRAPPOLI (g)	PESO MEDIO ACINI (g)
1.1	3.7 ± 1.3	42.7 ± 9.2	85.1 ± 25.2	1.6 ± 0.2
1.2.1	3.7 ± 0.4	38.8 ± 5.1	94.4 ± 5.3	1.7 ± 0.1
1.2.2	3.5 ± 1.8	36.7 ± 12.3	89.5 ± 20.7	1.5 ± 0.1

SETTORE	ZUCCHERI (°brix)	pH	ACIDITA' TOT. (g/L)
1.1	21.4 ± 0.2 a	3.4 ± 0.22	5.5 ± 0.2 a
1.2.1	20.1 ± 0.9 b	3.4 ± 0.01	4.8 ± 0.2 b
1.2.2	21.1 ± 0.2 a	3.3 ± 0.03	5.0 ± 0.1 c

Conclusioni

- **attuazione dell'Irrigazione di Precisione:**

progettare impianti irrigui a dosaggio variabile – programmare gli interventi irrigui

- **fase preliminare di detection e conoscenza del sistema:**

monitoraggio accurato della variabilità spaziale dei suoli, della dinamica dei flussi idrici nel suolo e delle variabili agrometeorologiche

- **valutazione costi-benefici:**

costi: *detection*, realizzazione dell'impianto

benefici: risparmio idrico, risparmio energetico, ...

- **Servizi di Supporto alle Decisioni:**

utilizzo di un modello di bilancio del suolo per il consiglio irriguo





**GRAZIE
PER
L'ATTENZIONE**