



CONFERENZA GARR 2021
SOSTENIBILE/DIGITALE - DATI E TECNOLOGIE PER IL FUTURO
7-16 giugno 2021

AI per la sostenibilità in agricoltura

Il ruolo di IoT, Deep Learning e Digital Twins nell'agricoltura con esempi di applicazioni.

- Concetto “largo” applicabile a molti livelli, in Agricoltura abbiamo:
 - Sostenibilità ambientale: non consumare troppe risorse, non disperdere troppi inquinanti, non impattare troppo organismi autoctoni e molto altro.
 - Sostenibilità della produzione: occorre produrre abbastanza, con una certa qualità di prodotto e in maniera economicamente sostenibile per le imprese agrarie.
 - Sostenibilità sociale: occorre garantire condizioni di vita soddisfacenti a chi lavora nel settore e/o vicino ad aree agricole.
- Vogliamo migliorare l'efficienza delle nostre produzioni, ridurre l'impatto ambientale e non compromettere la biodiversità
- E fare tutto senza pregiudicare la qualità dei prodotti, i guadagni delle aziende agricole e la qualità della vita per chi risiede e/o lavora in aree agricole.
- Molti vincoli, molte possibilità, molte cose che possono andare storte.

Ogni azione ha conseguenze

- Il cambiamento climatico ed economico costringe gli agricoltori a cambiare strategie.
 - Ad esempio l'uso di nuove varietà o l'adozione di diversi cicli di irrigazione, dispositivi di protezione delle piante.
- Questo può favorire specie aliene e/o cambiare gli equilibri tra quelle esistenti.
 - “esplodono” nuovi parassiti/patogeni.
- Questo causa a sua volta mutamenti nelle strategie di gestione.
 - Ad esempio trattamenti fitosanitari più aggressivi.
- Ripercussioni sull'ambiente e sulla qualità di vita.
 - Impoverimento dei suoli, inquinamento delle falde, aumento delle emissioni, ...



Il lavoro di ricerca e sviluppo



- Occorre identificare sul nascere i problemi.
 - Carenza di risorse, cali di produzione, epidemie, ...
- Occorre prevedere le conseguenze che nuove strategie avranno sulla produzione e sull'ambiente.
 - Spesso c'è un trade-off
- Occorre trovare i percorsi di adattamento che migliorano effettivamente le cose.
 - O che non le peggiorano.
- Data la complessità dell'ambiente non si può procedere in maniera olistica.
 - Occorre fare progetti di ampio respiro.

Quanto costa migliorare la sostenibilità?



- Abbiamo a che fare con un sistema che va monitorato costantemente.
 - Piccole perturbazioni possono avere grandi effetti, spesso imprevedibili.
 - Richiede campionamento fitto sia nel tempo che dal punto di vista geografico.
- Tale monitoraggio ha altissimi costi.
 - Richiede grande quantità di forza lavoro qualificata distribuita sul territorio.
- Non si può sapere a priori quali strategie funzioneranno.
 - Molti gradi di libertà: varietà di cultivar, tecniche agronomiche, uso risorse idriche.
 - occorre molta sperimentazione.
- La sperimentazione ha costi elevatissimi.
 - Bloccare un campo per sperimentare nuove strategie/tecniche/tecnologie vuol dire sottrarlo alla produzione.
- Migliorare la sostenibilità ha costi molto, molto importanti.
 - Inaffrontabili?

- Disciplina che studia e realizza sistemi che offrono prestazioni che normalmente ci si attende da un essere umano.
 - Con ogni tecnica e tecnologia.
- Esempi di attività di intelligenza artificiale:
 - riconoscimento di oggetti/processi/fenomeni all'interno di immagini, video, audio;
 - comprensione, traduzione, rielaborazione di testi;
 - riconoscimento di anomalie e regolarità/stagionalità all'interno di fenomeni;
 - previsione di tendenze, andamenti e anomalie nei medesimi fenomeni;
 - pianificazione.

Si può fare!



- Tecnologie di IA possono risolvere alcuni dei problemi legati allo studio della sostenibilità
 - I costi della sperimentazione possono essere abbattuti.
 - I costi del monitoraggio possono essere abbattuti.
 - Possiamo pianificare interventi preventivi.
- La tecnologia è matura in questo senso.
 - Ma occorre applicarla in maniera orizzontale.
- Non ci sono prodotti *off the shelf*, ma tutti i pezzi per costruirli.
 - Enti come CREA hanno le competenze necessarie.
 - ... Ma anche molte aziende!
- Occorre sensibilizzare esperti, operatori e stakeholder.

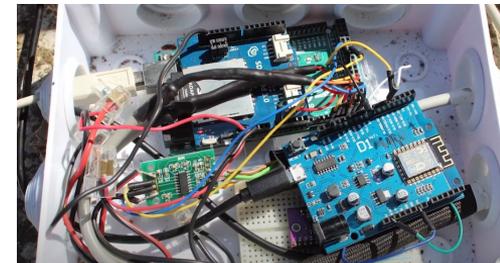
E lo stiamo già facendo



- Vedremo, con esempi di applicazione, alcuni temi caldi:
 - Sensoristica in campo e anomaly detection
 - Riconoscimento di immagini
 - Digital Twin con BioMA
 - Data fusioning e modelli

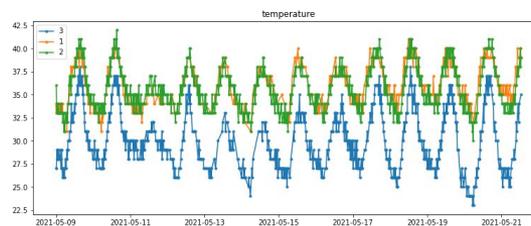
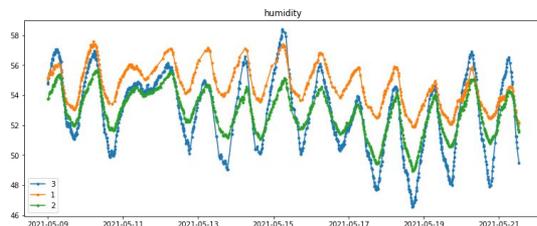
Sensori di prossimità

- Viviamo un buon momento per la sensoristica in campo.
 - Hardware con buoni rapporti qualità/prezzo;
 - Disponibilità componenti per creazione soluzioni ad-hoc.
 - Copertura di rete diffusa.
- Esempio: centraline meteo
- Soluzioni per la gestione dati in cloud a basso costo.
 - Sostenibile per piccole/medie imprese.
 - Possibilità di progetti su larga scala per grandi imprese e enti di ricerca.



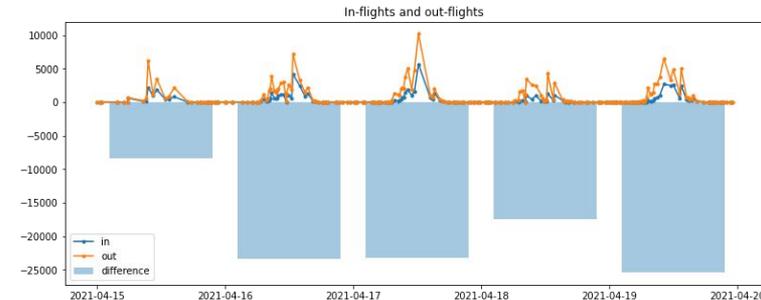
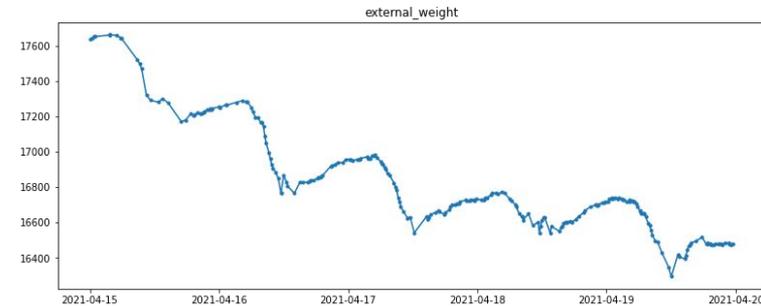
Un caso concreto: BeeNet

- Rete di dispositivi IoT per monitorare salute impollinatori.
- A regime, 600 postazioni distribuite in tutta Italia
 - Ora attive circa 50.
 - Dispiegamento completo entro primavera 2022.
- Raccolta sistematica dati su:
 - Temperatura/umidità colonie;
 - Peso delle colonie;
 - Rumore emesso dalle colonie;
 - condizioni ambientali attigue alle colonie.



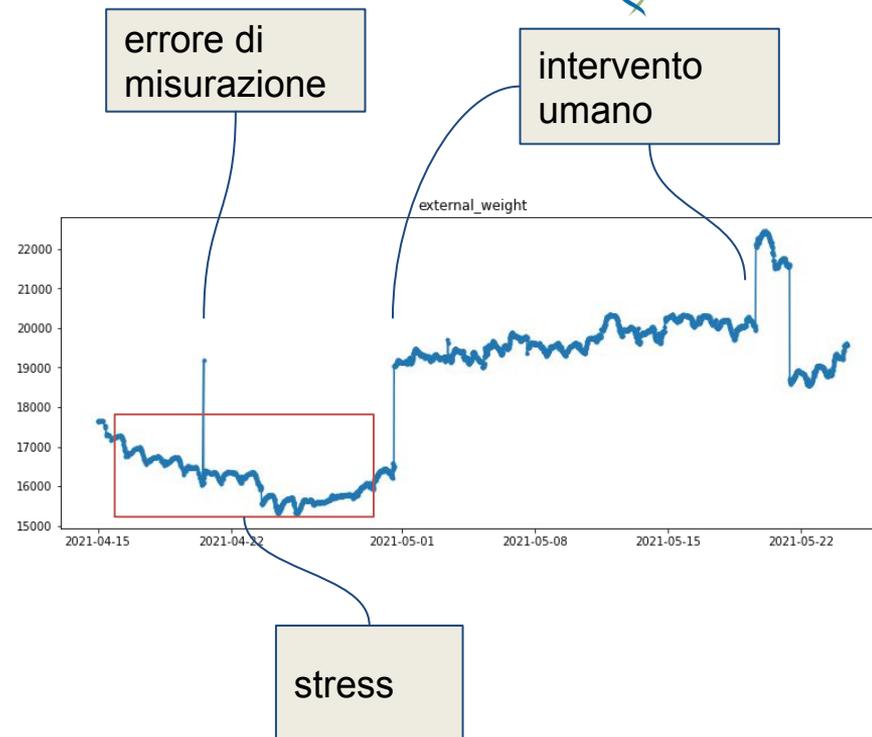
Questione di pattern

- Raccogliere i dati è facile, interpretarli meno.
- L'esperto umano osservando gli andamenti dei dati può dedurre cosa sta succedendo in campo.
 - Ma non è possibile monitorare così centinaia di postazioni.
- Possiamo stabilire delle regole.
 - Ma non sempre è possibile formalizzare l'esperienza di un esperto.
- Tanto più un esperto è esperto, tanto più sarà difficile per lui/lei formalizzare il suo ragionamento.



Intelligenza Artificiale

- In Italia abbiamo un grande patrimonio di esperti di dominio.
 - Conoscenza esperta di difficile formalizzazione.
- Possiamo però chiedere a un esperto di etichettare dei dati.
- Avremo così un insieme di dati annotato.
- Possiamo addestrare dei sistemi di IA a riconoscere anomalie e pattern.
 - Compilazione automatica di bollettini.
 - Diramazione automatica di allarmi/alert.



Funziona anche con le immagini

- Molte delle valutazioni fatte da agronomi ed altri esperti sono visuali.
 - Fasi fenologiche/accrecimento della pianta;
 - presenza di parassiti/patologie;
 - maturazione dei frutti;
 - riconoscimento varietale;
 - molto altro
- Possiamo automatizzare tali verifiche con tecniche di intelligenza artificiale.
- Si presta bene ad essere declinato in applicazioni di supporto a tecnici ed agricoltori.



R. Nebulosa

H. Halys



Un caso concreto: riconoscimento varietale

- I modelli di visione artificiale possono essere molto accurati nel discriminare oggetti molto simili tra di loro.
- Le sottospecie di ape vengono identificate in base alle ali.
 - differenze molto sottili
- Sistemi automatici riescono a discriminare con altissima precisione (>0.95).
- è in corso anche un'esperienza simile su riconoscimento varietà vite.



Ape Carnica

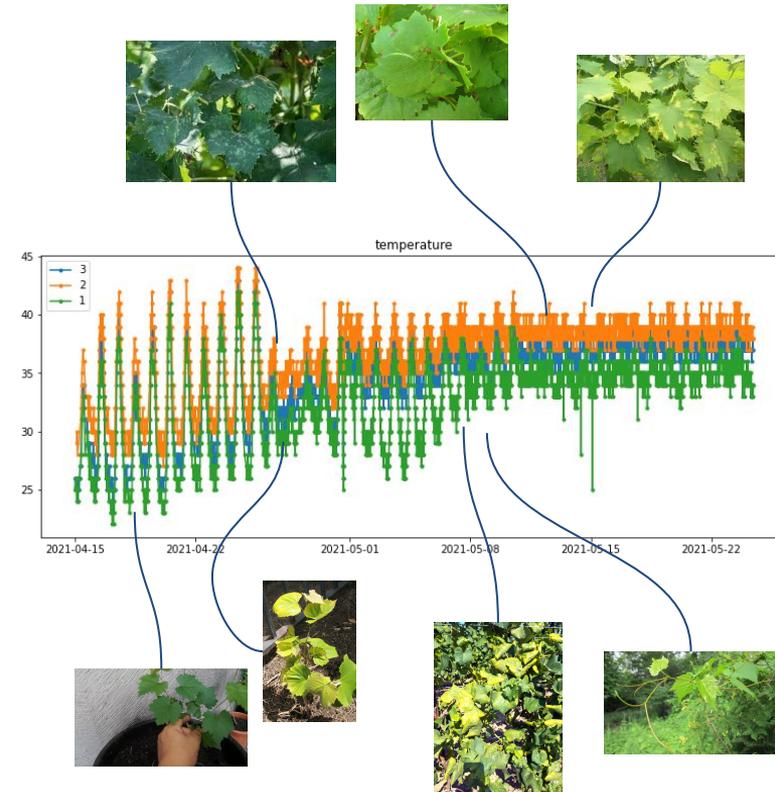


Ape Ligustica



E se manca l'esperienza agronomica?

- Finora abbiamo considerato lo scenario in cui un esperto può annotare dati per addestrare un sistema di IA.
 - Ma se non abbiamo tale competenza?
 - Problema reale su nuove colture.
- Tecniche di IA possono contribuire a costruire nuova esperienza agronomica.
 - Possiamo ad esempio imparare a correlare osservazioni in campo con dati IoT o analisi di laboratorio.
- Tali modelli possono evidenziare correlazioni non note.



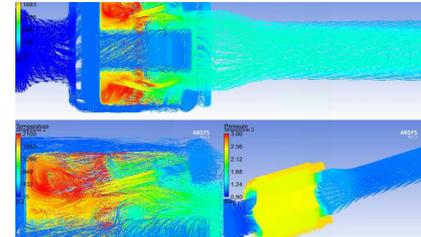
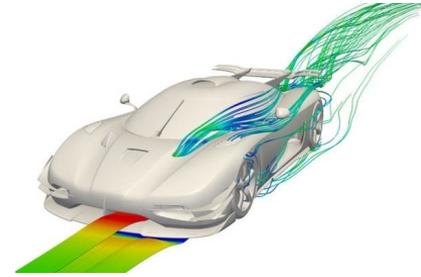
Un caso concreto: raccolta del luppolo

- Il luppolo è una coltura desueta in Italia.
 - Ma attraente in questo momento.
- Individuare il momento della raccolta non è banale.
 - va raccolto quando ha la giusta quantità di oli essenziali.
- All'estero gli agronomi lo fanno visivamente.
 - Sappiamo che guardando il cono si può capire se è maturo.
- Raccolto coni a varie epoche e fatto analisi su presenza oli essenziali.
- Addestrato rete neurale a stimare contenuto oli essenziali a partire da immagini.



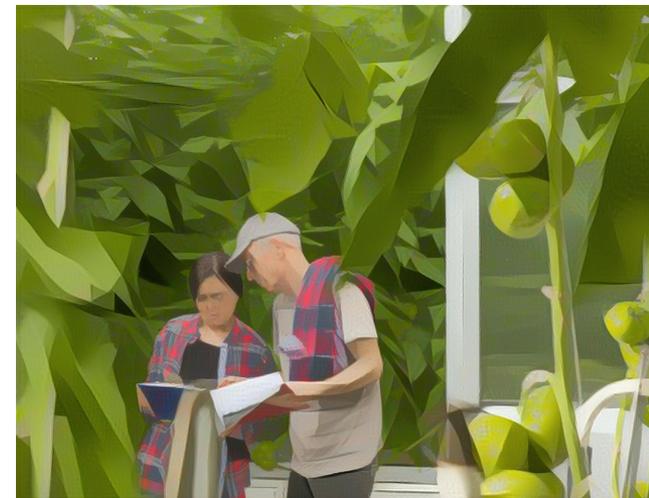
Digital twin

- Finora abbiamo visto sistemi che possono monitorare ciò che succede in campo.
 - Ma per fare previsioni, anche a lungo termine?
- Occorre costruire simulatori che replicano fedelmente oggetti/sistemi reali.
- Numerose applicazioni
 - Progettazione, manutenzione predittiva, disaster management, ...
- Tecnologie applicate orizzontalmente nel mondo industriale
 - Esistono digital twin di gallerie del vento, turbine, impianti petroliferi, catene di montaggio.
- Possiamo simulare l'agricoltura?

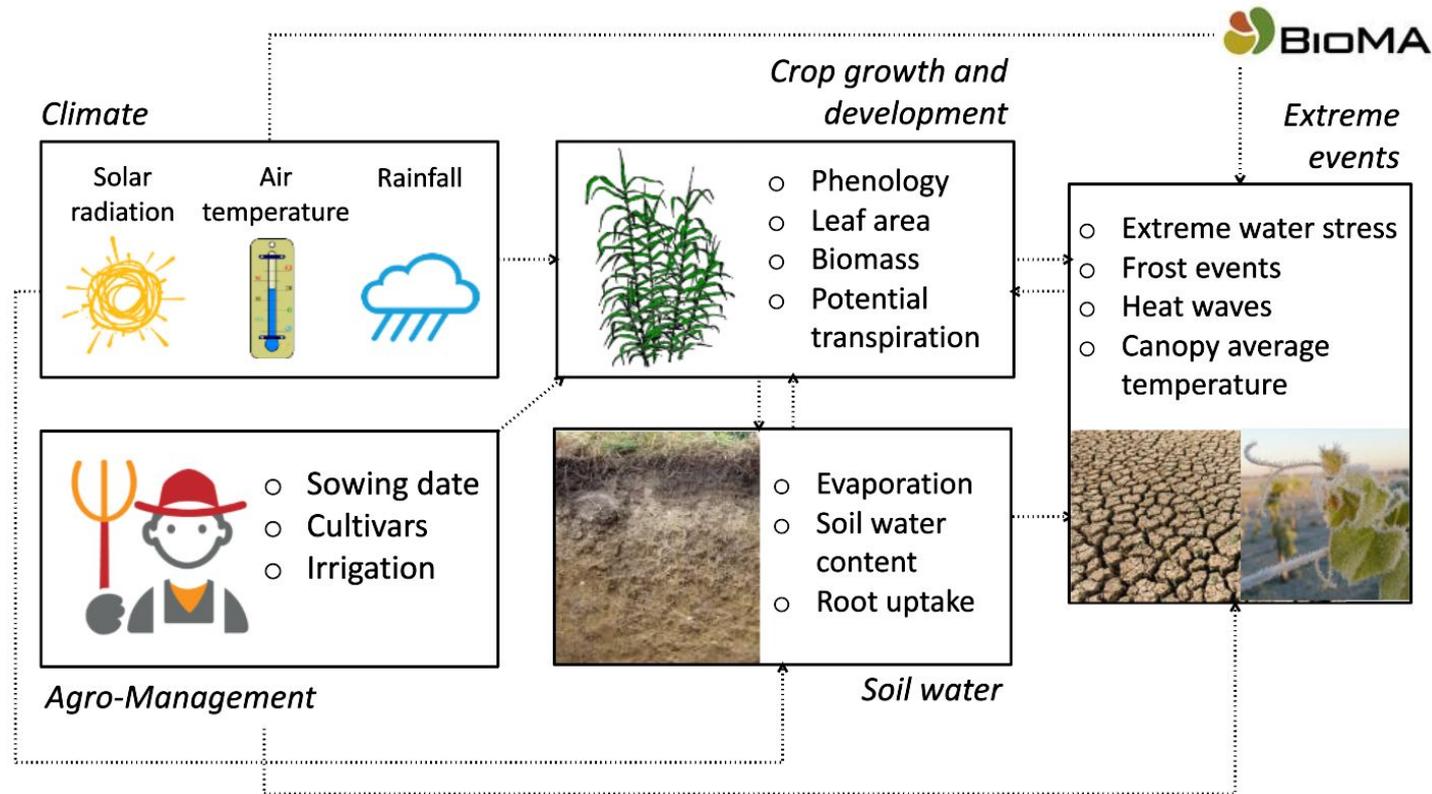


Modellazione biofisica

- Grazie a secoli di ricerca in materia sappiamo molte cose sulle piante.
 - Ciclo vitale e fasi fenologiche
 - Fattori di stress
 - Processi biochimici interni
 - Interazioni con il suolo
- Possiamo modellare anche ciò che avviene nei suoli e il ciclo vitale di organismi dannosi quali funghi e insetti.
- Possiamo modellare tali processi in maniera meccanicistica o stocastica.
 - O usando una combinazione dei due approcci.



Framework per simulazioni BioMA



Progettazione di strategie agronomiche

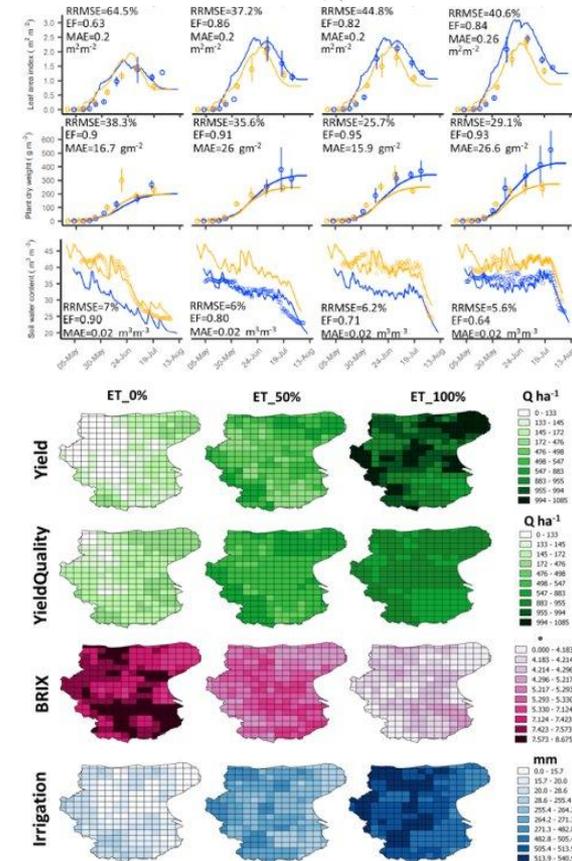
- L'agricoltura è molto più dinamica di quanto si pensi:
 - Cambiamento climatico
 - Specie aliene
 - Nuove cultivar
 - Nuove richieste del mercato
 - Impatti imprevisti
- Progettare strategie di adattamento è vitale.
 - Ma come verificare la loro efficacia?
- Con modelli biofisici possiamo simulare ciò che accadrebbe in diversi scenari.
 - Valutare efficacia di strategie diverse.
 - Stabilire obiettivi per selezione varietale.



Un caso concreto: Pomodoro in Capitanata

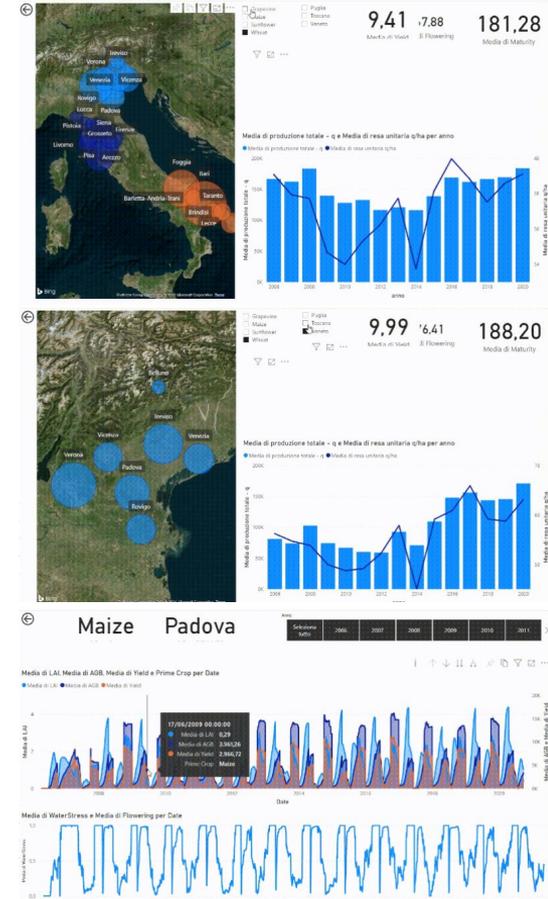


- Nel prossimo futuro possiamo attenderci una diminuzione delle disponibilità idriche.
 - Occorre ridurre il consumo idrico.
- Sono state effettuate prove sperimentali su campi sperimentali selezionati.
 - Ma cosa succederebbe se tutti gli agricoltori di una regione adottassero tali pratiche?
- Sono stati simulati gli effetti di differenti strategie di irrigazione.
 - Su diversi scenari di cambiamento climatico.
 - Con diverse cultivar con diverse caratteristiche.
- Risultato: adottare varietà a ciclo lungo e ridurre l'irrigazione del 30% non pregiudica la resa e la qualità del prodotto.



Previsione di resa annuale

- Attraverso modellazione biofisica è possibile stimare la resa annuale di una coltivazione.
 - Informazione strategica per pianificazione economica.
- La previsione si evolve durante la stagione.
 - Man mano che il raccolto si avvicina diminuisce l'incertezza.
- CREA AA ha gruppo di lavoro con ISTAT per previsione rese colture strategiche.



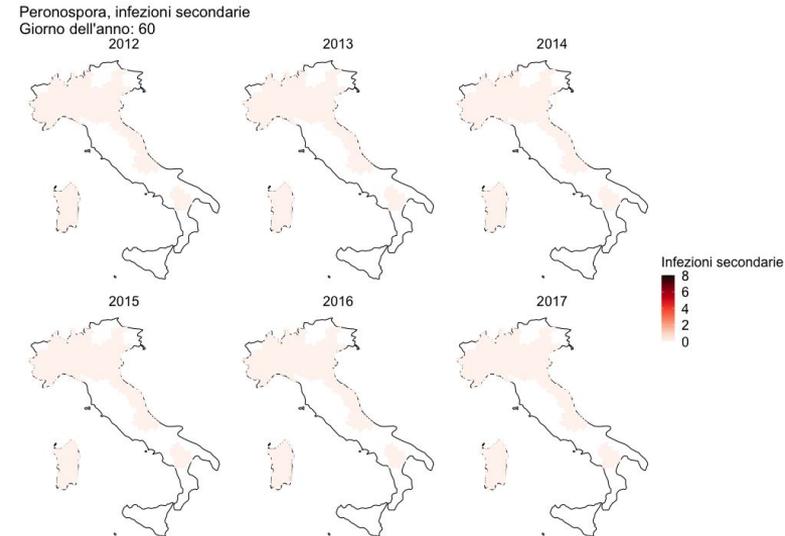
Monitoraggio e previsione real-time



- Possiamo fare previsioni anche per fenomeni più dinamici.
 - consumo di acqua e irrigazione;
 - sviluppo di patogeni;
 - sviluppo di insetti.
- Per queste previsioni occorrono dati Real-time...
 - ...e previsioni meteo affidabili localizzate.
- La presenza di hardware IoT sul campo migliora notevolmente la qualità della simulazione.

Caso concreto: previsioni di rischio fitopatologico

- CREA AA ha un gruppo di lavoro con servizi regionali pre previsioni in ambito fitopatologico.
 - I servizi regionali forniscono dati meteo e riscontri puntuali sul campo.
 - CREA AA restituisce bollettini di rischio aggiornati.
- Attualmente consorziate 8 regioni.
- Simulate patologie per alcune colture strategiche.



Integrazione verticale di simulazioni



- Tradizionalmente queste simulazioni sono molto verticali e difficili da sviluppare.
 - Scarsa condivisione di artefatti software
- La modularità del framework BioMA consente di sviluppare componenti di simulazione separatamente.
 - Interfacce ad ogni livello di astrazione del processo.
- Organizzazioni diverse possono sviluppare nuovi componenti indipendentemente.
- Nuovi modelli di simulazione possono essere sviluppati integrando tali componenti.
- Sforzo a livello europeo per adozione BioMA da parte di infrastrutture di ricerca.

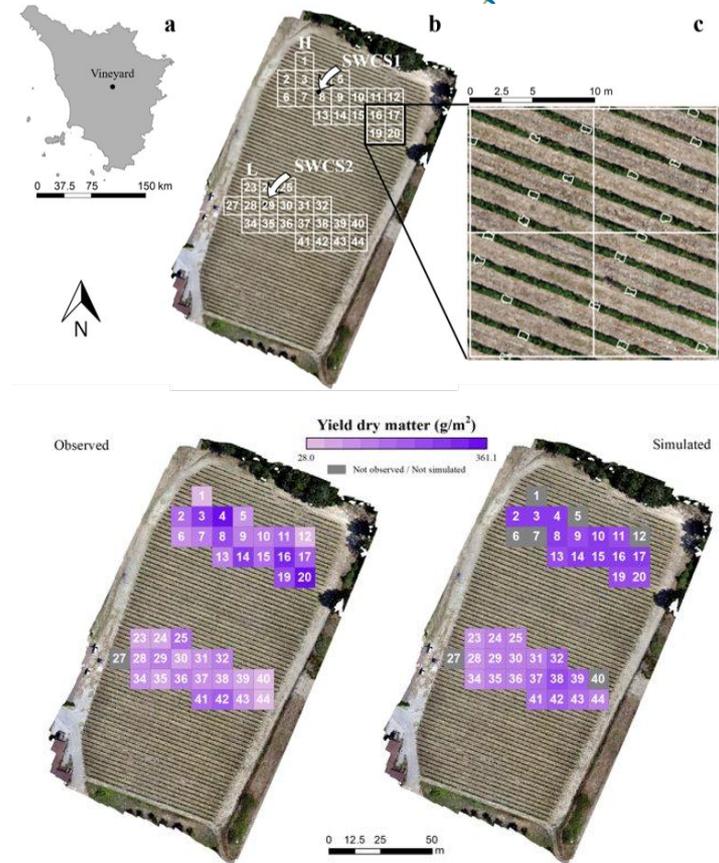
Sensor fusioning

- I modelli di simulazione vanno alimentati con dati misurati.
 - Molti tipi di dato rilevato, quali usare?
- Potenzialmente ogni tipologia di dato può essere sfruttato:
 - Dispositivi IoT fissi
 - Dati da Applicazioni Mobile
 - Proximal sensing con droni e macchinari agricoli
 - Remote sensing
- Maggiore eterogeneità nelle misurazioni, migliore è la descrizione della situazione in campo.
 - Non dimentichiamo che stiamo modellando sistemi molto complessi.



Caso reale: Previsioni di resa con dati satellitari

- Indicatori registrati da satellite sono stati utilizzati da modello biofisico per stimare resa vigneto.
 - Il modello “ragiona” su indice NDVI registrato da satellite.
 - Alta precisione nella stima.
- Dati satellitari Sentinel 2.
- Dati meteo rilevati da stazione.
- Feedback su resa.



Tutto ciò è production ready?

- No.
- Le tecnologie presentate *funzionano*.
 - Abbiamo dei casi studio che lo dimostrano.
- Ma non sono ancora applicabili orizzontalmente.
 - Non siamo ancora pronti a vendere 1 kg di IA all'agricoltore.
- Motivo: richiedono una complicata (e costosa) fase di avviamento che può comprendere:
 - Prove sperimentali per raccogliere dati di training.
 - Analisi per determinare parametri simulazioni.
 - Campagna sperimentale per validare il sistema.
 - E a seguire... aggiornamento continuo per "inseguire" il cambiamento.
- Anche in ambito industriale l'avviamento di impianti innovativi è oneroso, ma questo non scoraggia gli imprenditori.

Non è un settore facile



- Un campo o una serra non sono un capannone.
 - Molti fattori fuori dal controllo dell'imprenditore e dei lavoratori.
- Cambiamento climatico e cambiamenti socio-economici richiedono un grande sforzo di adattamento.
 - Gli agricoltori lo sostengono da sempre.
- L'agricoltura non tollera errori.
 - Compromettere le rese agricole avrebbe conseguenze disastrose.
 - Aziende produttrici hanno margini tipicamente ridotti.
- Le aziende agricole sono riluttanti ad investire in ricerca e sviluppo.
 - Ma sono ricettive verso i prodotti innovativi.
- Per penetrare il mercato occorre semplificare l'adozione e l'avviamento.

La sfida è aperta a tutti



- Enti come CREA esistono per colmare il divario tra ricerca e applicazione.
 - E consentire all'agricoltura di avere strumenti adeguati
- Si tratta di sfide multidisciplinari.
 - Biologi, agronomi, ingegneri, statistici sono tutte figure essenziali.
- Competenze IT sempre più importanti.
 - Moli di dati importanti spesso da gestire in real time;
 - Sviluppo evolutivo costante;
 - Information visualization e usabilità problemi centrali.