

Presentazione al Workshop “Sistemi innovativi per il florovivaismo e un’agricoltura di precisione.
Pistoia, 6 dicembre 2012

B. Rapi.

CNR – IBIMET

The poster features a central photograph of a garden with several large, rounded bushes of red and white flowers. The background is a soft-focus landscape with trees and a path. The text is arranged in colored blocks: an orange header at the top, a green vertical bar on the right, and a blue footer at the bottom. Logos for the European Union, the Italian Ministry of Agriculture, the Toscana Region, and the PSR 2007-2013 program are on the left. Logos for Pianta MATI, CRA VIV, and IBIMET are on the right.

**Gestione Avanzata e controllo Remoto di Aree verdi:
Nuove Tecniche per la Sostenibilità.
Progetto GARANTES**

Comunità Europea
Fondo Europeo agricolo
per lo sviluppo rurale (FEASR)
L'Europa investe nelle zone rurali

REGIONE
TOSCANA

Coltiviamo il Futuro
PSR
PROGRAMMA
DI SVILUPPO RURALE
2007-2013

**WORKSHOP: Sistemi innovativi per il florovivaismo e
un'agricoltura di precisione**

Ce.S.P.V.I.
Pistoia, 6 dicembre 2012

Piante Mati: F. Mati
CRA – VIV: S. Cacini, S. Pacifici, G. Burchi
CNR – IBIMET: L. Bacci, P. Battista, E. Fiorillo, B. Rapi, L. Rocchi, M. Romani, F. Sabatini, S. Zantonetti.

Buongiorno e grazie per l’attenzione che vorrete prestare a questo mio breve intervento. Malgrado i temi molto ristretti a nostra disposizione, vi invito comunque a fare domande e a interrompermi, nel caso in cui vi fossero particolari elementi d’interesse o aspetti non chiari nella mia presentazione.

Nel caso in cui ve ne fosse bisogno, non esiterò a girare la vostra domanda a qualcuno degli esperti, ricercatori e tecnici - molti dei quali sono presenti quest’oggi al workshop - che prendono parte al progetto e ne affrontano i diversi aspetti.

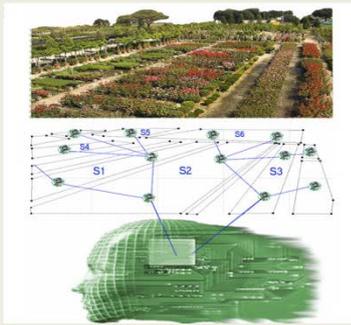
Diciamo subito che l’obiettivo del progetto è quello di realizzare un sistema di supporto alla gestione dei giardini e parchi in genere, in grado di fornire informazioni e strumenti utili alla razionalizzazione degli interventi e alla valutazione della compatibilità ambientale delle specie vegetali d’interesse.

GARANTES è stato finanziato dalla Regione Toscana nell’ambito del Programma di Sviluppo Rurale 2007-2013, intitolato Coltiviamo il Futuro, ha una durata di 18 mesi e al momento si trova nella fase di completamento dell’implementazione delle componenti software e preparazione delle fasi di verifica e prima validazione, da effettuarsi presso i giardini pilota.

Al progetto partecipano:

- il Gruppo Pianta Mati, in qualità di utente finale del sistema, che fornisce le necessarie conoscenze sulle esigenze e le tecniche di gestione di aree verdi, parchi e giardini;
- Il CRA- VIV di Pescia, che copre le competenze relative agli aspetti botanici e fitopatologici;
- Il CNR-IBIMET di Firenze, incaricato dello sviluppo del sistema e dell’integrazione delle componenti procedurali e modellistiche.

Nuove tecnologie per il monitoraggio e la gestione dei giardini.
Primi risultati del Progetto GARANTES



MONITORAGGIO

- Sensori meteo (Temp. e Umid. dell'aria, Rad, Vento, ecc.)
- Sensori agrometeo (T. e Umid. del suolo, Bagnatura fogliare, ecc.)
- Sensori ecofisiologici (pH, EC, ecc.)
- Sensori ambientali (livello, pressione, ecc.)
- Sistemi di controllo visivo (fotocamere, telecamere, ecc.);
-

NUOVE TECNOLOGIE

- MEMS / NEMS and supporting electronics
- Sistemi intelligenti (Smart Systems : Electronics, Packaging, Software)
- Sensori avanzati (Advanced Sensors)
- Nanoelettronica e Microfluidica
- Sensori molecolari (Single Molecule Sensors)

GESTIONE

- Sistemi di controllo a distanza
- SIT - Sistemi Informativi Territoriali
- DSS - Sistemi di supporto alle decisioni
- Sistemi Gestionali semi-automatici (provvisti di attuatori e automatismi)
- Sistemi automatici
- Robot e automi

L'insieme è qualcosa di più della somma delle sue parti!

In un quadro di trasferimento tecnologico, come quello nel quale si muove il progetto GARANTES, il primo e fondamentale passaggio è rappresentato dalla corretta definizione dello stato dell'arte nei settori d'interesse; che nel caso specifico sono principalmente: a) l'elettronica e la sensoristica legata al monitoraggio ambientale; b) la modellistica agrometeorologica e fitopatologia; c) la componentistica informatica e ICT.

L'esperienza maturata dai partner nel corso di numerosi progetti sia

nazionali che internazionali, assicura il necessario livello di conoscenze e, grazie alla disponibilità di procedure e strumenti già in parte testati e verificati, un buon livello di partenza per la realizzazione del sistema finale.

Senza entrare nel merito dei singoli elementi, ci preme sottolineare l'importanza che il nostro sistema di supporto sia aperto all'innovazione e possa essere messo in condizioni di accettare elementi esterni, sia hardware che software, di genere totalmente diverso da quelli visti fino a questo momento.

Purtroppo, però, a fronte di un progressivo potenziamento dei sistemi di monitoraggio (sia per le

componenti sensoristiche che elettroniche) e di una sempre maggiore capacità di elaborazione e analisi da parte dei sistemi informatici, si osserva anche una riduzione della trasparenza delle procedure implementate e una maggiore dipendenza dell'utente dai servizi esterni all'azienda (outsourcing).

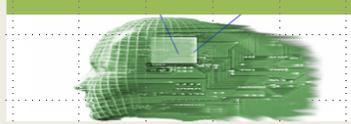
GARANTES si propone di mantenere la massima trasparenza nelle procedure utilizzate, ricercando una sostanziale semplicità d'uso e una piena rispondenza alle esigenze dell'utente finale (progettista o gestore).

Semplicità d'uso non vuol dire

Nuove tecnologie per il monitoraggio e la gestione dei giardini.
Primi risultati del Progetto GARANTES

Gli ultimi decenni hanno visto:

- Dimens. componenti elettronici
- + Capacità di elaborazione
- + Sensori ed elementi misurabili



La tendenza positiva dei Sistemi di Supporto:

- + stretta interazione tra l'utente finale e il sistema
- + controlli interni e affidabilità delle indicazioni fornite
- + Autonomia nella gestione delle procedure di manutenzione e aggiornamento

MONITORAGGIO

- Sensori meteo (Temp. e Umid. dell'aria, Rad, Vento, ecc.)
- Sensori agrometeo (T. e Umid. del suolo, Bagnatura fogliare, ecc.)
- Sensori ecofisiologici (pH, EC, ecc.)
- Sensori ambientali (livello, pressione, ecc.)
- Sistemi di controllo visivo (fotocamere, telecamere, ecc.);
-

NUOVE TECNOLOGIE

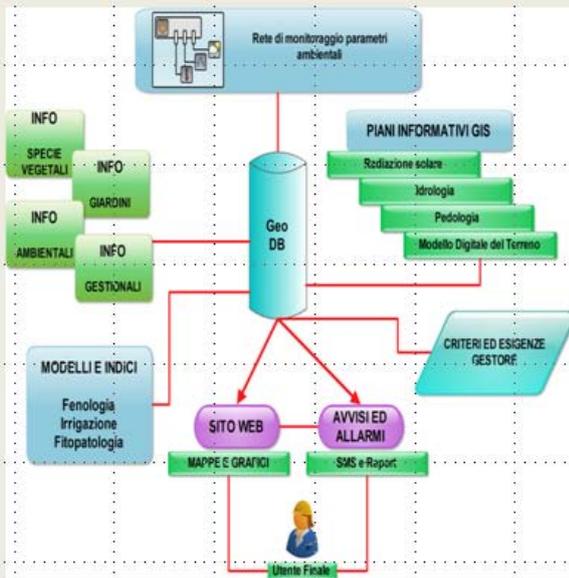
- MEMS / NEMS and supporting electronics
- Sistemi intelligenti (Smart Systems : Electronics, Packaging, Software)
- Sensori avanzati (Advanced Sensors)
- Nanoelettronica e Microfluidica
- Sensori molecolari (Single Molecule Sensors)

Attenzione però a:

- Trasparenza nelle procedure di analisi.
- + dipendenza dell'utente verso i servizi di assistenza.

necessariamente semplicità *tout court*, anzi, spesso vi è una relazione inversa tra la facilità con la quale l'utente può utilizzare un sistema e la complessità delle funzioni implementate al suo interno. Nell'ambito di questo progetto, si è cercato un giusto compromesso, che trova la sua giustificazione e il suo equilibrio nella volontà di ottenere informazioni utili, ma non necessariamente direttamente attuative, lasciando all'esperto le valutazioni relative alla contestualizzazione delle informazioni e alla definizione del quadro operativo.

IL SISTEMA GARANTES



COMPITI

1. Conservare e gestire le informazioni sugli elementi del giardino e sugli interventi gestionali;
2. Raccogliere e rendere disponibili dati agrometeorologici;
3. Effettuare simulazioni modellistiche e calcolare indici di rischio, ambientale e fitosanitario;
4. Consentire il controllo remoto dello stato dei principali elementi del giardino;
5. Fornire indicazioni sulle reali necessità d'intervento;
6. Lanciare avvisi per l'instaurarsi di condizioni di rischio o per l'accentuarsi di criticità locali.
7. Fornire elementi di valutazione progettuale e gestionale

OBIETTIVI:

1. ottimizzare e possibilmente ridurre il numero d'interventi gestionali;
2. Garantire una condizione sempre soddisfacente del giardino e dei suoi elementi
3. Consentire analisi dettagliate sui dati storici e sugli interventi;
4. Supportare il gestore nella scelta di strategie progettuali e gestionali più sostenibili

Come mostrato nello schema, le componenti di GARANTES sono riconducibili alla struttura classica e ormai consolidata dei sistemi di supporto che, anche se in forme sicuramente diverse, sono ormai largamente diffusi e conosciuti in tutti i settori produttivi e gestionali.

L'elemento intorno al quale ruotano tutte le componenti è rappresentato dal database geografico di tipo relazionale, che gestisce le informazioni relative a tutti gli elementi d'interesse: piante, giardini, aspetti ambientali e gestionali, ma anche informazioni geografiche, pedologiche, oltre a quelle richieste dai modelli. Ciascuna informazione, come dice il nome, viene legata a un elemento georiferito, per il quale si conoscono cioè le coordinate geografiche.

L'utente finale può interfacciarsi con il sistema, sostanzialmente in qualsiasi momento, tramite web, sia per verificare lo stato dei siti d'interesse, sia per attivare funzioni specifiche o effettuare aggiornamenti.

Le esigenze manifestate fino a questo momento dal nostro utente finale, che sono diventate automaticamente i compiti che s'intende assegnarli e gli obiettivi che s'intendono perseguire nell'ambito del progetto, sono legati principalmente alla gestione delle informazioni e dei dati, alla prima valutazione dei livelli di rischio fitosanitario, alla razionalizzazione degli interventi, all'individuazione di particolari esigenze o criticità.

Lo scopo principale, come per qualsiasi buon giardiniere, è quello di garantire una soddisfacente condizione di vigore e sviluppo delle piante, mantenendo un aspetto sempre gradevole e armonioso del complesso, nel quadro di buone pratiche gestionale e di corretta impostazione dei lavori.

Le conoscenze acquisite nel tempo, comprese quelle legate alle eventuali anomalie o agli errori del sistema, andranno a migliorarne la capacità di supporto e l'effettiva utilità pratica, nella speranza che con il tempo si crei un "rapporto di fiducia" tra il gestore e il piccolo giardiniere GARANTES.

LE SEMPLIFICAZIONI DEL SISTEMA GARANTES

- ❖ L'area è suddivisa in sezioni gestionali omogenee
- ❖ Per ciascuna sezione si "seguono" gli elementi di riferimento
- ❖ Modelli e indici forniscono stime di rischio e indicazioni operative
- ❖ Modelli e criteri devono essere validati nel tempo (dati/esperienze)
- ❖ Gli scambi tra utente e sistema avvengono attraverso il database
- ❖ L'utente abilita/disabilita le funzioni su ciascuna sezione
- ❖ L'utente adatta i valori di default alle locali esigenze
- ❖ Modifiche o aggiornamenti sono usati nelle simulazioni successive
- ❖ L'utente imposta la sequenza di verifiche e funzioni

Il piccolo giardiniere GARANTES deve poter imparare dal proprio utente, al fine di svolgere un lavoro pienamente soddisfacente dal punto di vista operativo.

L'utente finale, in base alle sue conoscenze e alla sua esperienza, inserisce nel sistema diverse semplificazioni, che lo rendono compatibile con le proprie procedure operative e la propria logica gestionale.

Come abbiamo detto, per contenere il livello di complessità del sistema, è stato deciso di effettuare alcune semplificazioni, sul tipo di quelle riportate nella diapositiva. Dato che in un giardino possono essere presenti numerose specie di piante diverse, si è scelto di effettuare simulazioni e valutazione per un ristretto numero di esse, utilizzate dal sistema come piante spia o guida, da seguire all'interno di un'area indicata dall'utente come "omogenea" dal punto di vista gestionale.

In realtà, per ciascuna area si può prevedere un numero qualsiasi di specie e per ognuna di esse si può decidere di seguire le simulazioni di tutti i modelli messi a disposizione dal sistema, ma dobbiamo sempre ricordare che un eccesso d'informazione crea problemi tanto quando un suo difetto.

Ancora una volta, questo tipo di decisione è quindi demandata all'utente, che in sede d'impostazione delle funzioni del sistema deve indicare quali piante seguire e quanti modelli "far girare" per ciascuna zona.

Possiamo dire, in maniera un po' scherzosa ed enfatica, che il piccolo giardiniere GARANTES deve "imparare" dal suo maestro, il giardiniere esperto, che lo deve guidare nei suoi primi passi.

Dobbiamo però precisare che non ci aspettiamo che il nostro piccolo GARANTES superi mai il maestro, ma piuttosto che sia in grado di conservare la memoria di quanto è accaduto, risponda se interrogato e giunga, con il tempo, a dare dei suggerimenti utili a livello tecnico-operativo.

ELEMENTI TRATTATI

FENOLOGICI

Ripresa vegetativa, sviluppo e fasi fenologiche, criticità (es. ritardo di fase).

BIOTICI

insetti (Afiti, acari, cocciniglie, tripidi e fillosera) e malattie fungine (ticchiolatura, peronospora, oidio, ruggine, fumaggine, brown spot, Pythium Blight;...)

ABIOTICI

Carenze idriche, anomalie meteo, stress termici, gelate.

GESTIONALI

Stima dei fabbisogni (prevista anche la gestione in automatico dell'irrigazione con l'ausilio di centraline Teckna), razionalizzazione interventi (tagli, trattamenti, concimazioni, ecc.) e trattamenti fitosanitari; supporto alla progettazione; riduzione del numero di visite.

SOSTENIBILITA'

Sostenibilità/compatibilità ambientale delle singole piante e del giardino nel suo insieme: soddisfacimento delle esigenze idriche e termiche.



L'informazione deve essere disponibile nei tempi e nei modi richiesti, talvolta anche in forma previsionale.

Più che del numero di elementi trattati, legati tra l'altro alla tipologia e alle caratteristiche dei sensori scelti per il monitoraggio, nonché all'operatività delle componenti modellistiche, dovremmo porre la nostra attenzione sulla possibilità di fornire le informazioni/indicazioni richieste con sufficiente precisione, nei tempi e nei modi opportuni.

In molti casi, infatti, non si tratta tanto di seguire con precisione quella determinata patologia o quel dato tipo di afide, ma piuttosto di indicare se vi è la reale esigenza di un controllo visivo da parte dell'operatore o addirittura se si ritiene che possa esservi la necessità urgente di un trattamento. Alcune informazioni, sono quindi di tipo generico e riguardano la capacità del sistema di indicare il momento migliore per effettuare le potature o le concimazioni, altre indicazioni sono invece di dettaglio e possono implicare la simulazione del ciclo di un preciso patogeno, per prevenire la comparsa di sintomi o danni più gravi agli elementi più sensibili del giardino.

Non sempre, per il momento, il sistema è in grado di rispondere direttamente a queste esigenze e l'utilizzatore deve sapere interpretare quelli che sono gli andamenti in atto, valutando i rischi e prendendo le decisioni conseguenti.

Facciamo l'esempio delle gelate, che il sistema stima applicando il modello di Brunt. In questo caso, non sarà sufficiente chiedere a GARANTES di effettuare una valutazione del rischio al mattino in base alla temperatura delle ore 24, del giorno precedente, perché non sarebbe possibile intervenire in alcun modo per risolvere o mitigare il problema. Quello che possiamo fare è quindi prevedere con qualche giorno di anticipo gli andamenti, indicando la necessità di mettere le piante al riparo dalle gelate. Si tratta quindi di indicazioni, basate però sulla conoscenza dell'andamento stagionale e delle condizioni presenti in un determinato periodo (es. ultima settimana), non di vere e proprie previsioni meteorologiche, che richiedono sistemi molto più complessi.



Nel corso della sua prima fase, il progetto si è confrontato con i problemi di un giardino sperimentale, realizzato ad hoc presso i campi sperimentali del CRA-VIV di Pescia. Il giardino è stato progettato in modo da avere due aree "gemelle", una da utilizzare come riferimento e l'altra da far seguire dal sistema GARANTES. In realtà il sistema effettua il monitoraggio su ambedue le aree, anche se in effetti gestisce l'irrigazione soltanto della parte posta a nord, grazie alla centralina Teckna presentata dall'ing. Battista nella relazione precedente.

Gli altri siti pilota sono stati scelti tra gli spazi verdi gestiti dal nostro utente finale, in modo che avessero esigenze gestionali diverse e fossero rappresentativi di condizioni micro meteorologiche precise. La scelta è quindi caduta sul parco di Castiglion del Bosco, che si trova in zona collinare, in provincia di Siena, sul giardino di proprietà del gruppo Pianta Mati, posto in area pianeggiante peri-urbana - veramente molto ricco di specie con esigenze diverse - e su un giardino privato di Forte dei Marmi, rappresentativo di un'area climatica costiera.

Questa scelta ha comportato l'inserimento nel database di sistema di un centinaio di piante - per le quali è stato necessario definire caratteristiche, esigenze e soglie - e la ricerca di soluzioni specifiche, non soltanto nel numero e nella tipologia delle grandezze monitorate, ma anche nella realizzazione della rete, che deve adattarsi, a seconda dei casi, alla mancanza di rete wireless, alle necessità di privacy o riservatezza, alla difficoltà d'invio di dati o alla presenza di interferenze radio.

Giardino sperimentale CRA – VIV (Pescia)

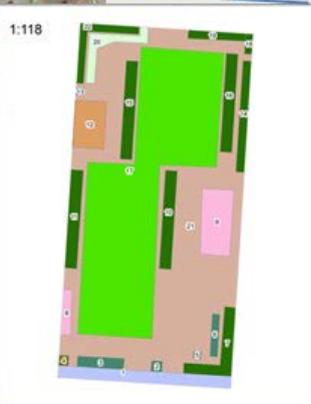
Progetto / GeoDB / Piani Informativi

Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura
 Unità di ricerca per il vivaismo e la gestione del verde ambientale ed ornamentale



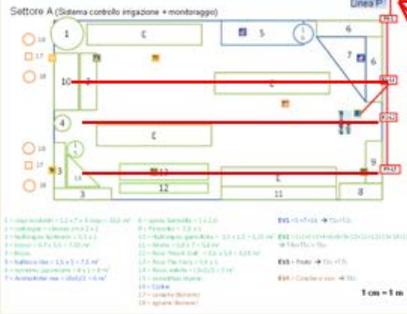
Aree omogenee

- Suolo nudo
- Piante aromatiche
- Fiorai
- Siepi
- Alberature
- Arbusti
- Tappeti erbosi
- Piante in vaso
- Piante bulbose



Specie vegetali

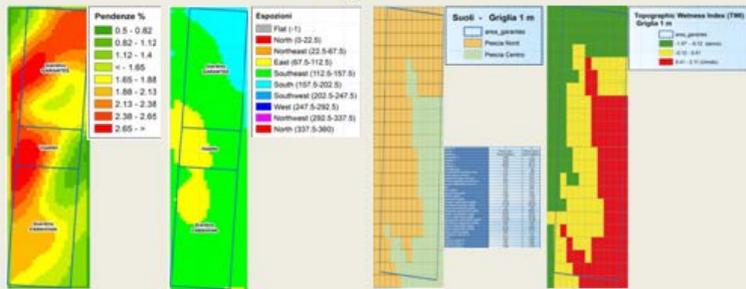
ID sezione omogenea	specie piante
17	POA PRATENSIS, FESTUCA ARUNDINACEA
18	SPIRAEA BURNALDA
3	HYDRANGEA GIBBERIFOLIA
6	HYDRANGEA HORTENSIS
7	BEGONIA SEMPERVIVENS
11	VERONICA OBOVATUS-SIMILIS
10	VIOLARIUM OBOVATUS-SIMILIS
2	FELICIA SELLOVIANA
9	CITRUS MEDICA, CITRUS LIMON, CAMELLIA JAPONICA
22	DIKORHYS JAPONICUS
19	PIRACANTHA NAVAKO
14	ABELIA X GRANDIFLORA
8	ROSA 'ROCK OUT', 'ROSA THE FANTY'
15	PHOTINIA X FRASER 'RED ROBY'
16	PHOTINIA X FRASER 'RED ROBY'
13	CISTUS SP.
5	CLARKOTHUS THYRSIFLORUS REPENS
4	CRATAEGUS OXYCANTHA
20	HELIOPHYLLUM ITALICUM, SANTOLINA CHAMAECYPARISSUL,
18	TEUCRIUM FRUTICOSUM, ROSMARINUS SP., SALVIA SP.
12	AGAPANTHUS UMBELLATUS, HEMEROCALLIS
20	ROSMARINUS SP.
8	ROSE V. ANTICHE



Rete di monitoraggio

Stazione	Coordinate	Altitudine	Descrizione
M01	41° 05' 00" N	4	Prato
M02	41° 05' 00" N	8	Prato
M03	41° 05' 00" N	A	Siepe alta
M04	41° 05' 00" N	A	Siepe
M05	41° 05' 00" N	B	Siepe alta
M06	41° 05' 00" N	B	Siepe bassa
M07	41° 05' 00" N	A	Siepe 2
M08	41° 05' 00" N	A	Prato

Morfologia



Indice TWI (Topographic Wetness Index) - indica i punti nei quali si ha prevalenza di scorrimento o di deposito dell'acqua dopo una pioggia o un evento irriguo, in funzione della pendenza e della direzione del flusso.

Vediamo quindi, anche se brevemente, il caso del nostro giardino sperimentale, realizzato presso il CRA-VIV di Pescia, per il quale si contano circa 50 specie vegetali diverse, raggruppate secondo logiche abbastanza originali e, in alcuni casi, poste anche in vaso. Nella figura si vede appunto una delle due parti gemelle che compongono il giardino, per la quale sono state aprioristicamente individuate nove zone omogenee che, tuttavia, sono diventate ben 21, soprattutto a causa delle specie vegetali utilizzate (es. siepe di fotinia e siepe di bosso).

Il numero e la dimensione delle aree da far prendere in esame dal sistema dipenderà anche da numerosi altri fattori, di tipo orografico (es. avvallamenti) o microclimatico (es. presenza di case, strade, ecc.).

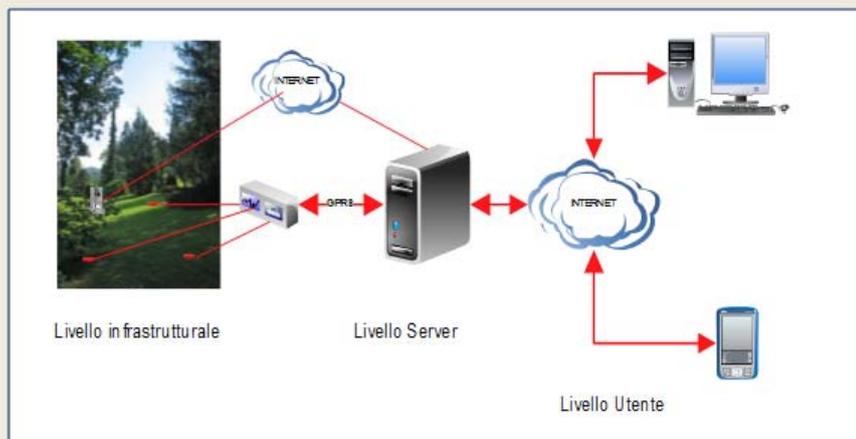
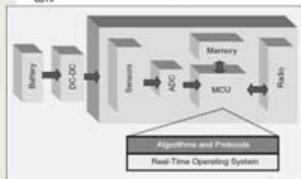
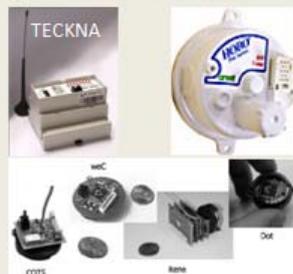
Nella figura in alto, assieme alla stazione meteorologica di riferimento (provvista di sensori di radiazione solare, temperatura e umidità dell'aria, pioggia, velocità e direzione del vento) si possono vedere (in rosso) le linee tracciate per la trasmissione dei dati via cavo, lungo le quali sono stati posizionati i sensori locali di temperatura e umidità dell'aria (es. nella siepe) e del suolo. Oltre a questi sensori la rete si compone anche di un sensore di salinità dell'acqua, posizionato all'interno di un pozzetto di misura.

Il quadro delle informazioni disponibili si completa poi con i dati geografici, che prevedono la posizione dei singoli oggetti (assoluta e relativa), la disponibilità di un modello digitale del terreno (un modello numerico ricavato dalle quote) e di un piano informativo nel quale siano contenute le informazioni relative al suolo (Capacità di campo, punto di appassimento, profondità, ecc.).

In basso nella diapositiva, a titolo d'esempio, è mostrata una prima elaborazione delle informazioni che possono essere ricavate dal piano quotato, che consente di individuare, ad esempio, i punti di scorrimento e di accumulo dell'acqua nel giardino (indice TWI); di particolare interesse per un corretto posizionamento delle piante e una più attenta programmazione dell'irrigazione.

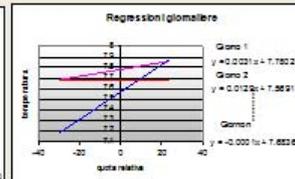
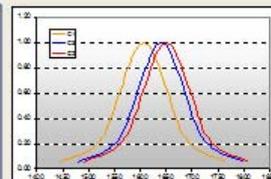
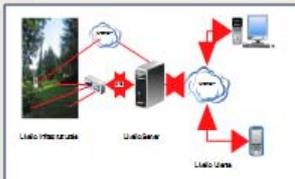
Altre informazioni utili possono venire dall'applicazione di modelli di tipo ambientale, come quello radiativo, che consentono di ottenere informazioni utili a molti modelli, potenziandone la relativa capacità di analisi.

LA RETE DI MONITORAGGIO



Elementi peculiari per ciascun parco o giardino possono essere:

- Gli elementi d'interesse specifico;
- La configurazione della rete (sensori e sistemi di trasmissione ad hoc);
- Il livello di interazione con l'utente finale.



Nella diapositiva precedente abbiamo visto come per il giardino sperimentale sia stata realizzata una rete comprensiva di collegamenti cablati e di punti di monitoraggio wireless. Lo scopo di questa rete è ovviamente quello di fornire gli elementi per un confronto tra soluzioni diverse. D'altra parte, però, dobbiamo tener presente che una rete di monitoraggio sarà un qualcosa di specifico, che dovrà essere pensata e realizzata in funzione delle specifiche esigenze operative dell'area e delle caratteristiche del sito che s'intende sottoporre a monitoraggio.

Per questo motivo ciascuna rete potrà prevedere elementi diversi, sia in termini di scelta del tipo di sensore sia in termini di componenti che entrano a far parte della rete. Sempre a titolo di esempio possiamo pensare alla necessità che può esservi di installare ripetitori o amplificatori di segnale, antenne direzionali o sistemi di trasmissione diversi, talvolta scelti in base alle loro dimensioni o alla relativa capacità di calcolo.

Anche se il prezzo di queste componenti sta progressivamente diminuendo, possiamo dire che l'interesse per la ricerca, almeno relativamente alle nostre specifiche attività, si concentra soprattutto nell'individuazione di soluzioni e criteri che consentano di ridurre il numero di sensori e di componenti da installare in campo. Una delle soluzioni a nostro avviso più promettenti è quella dei sensori virtuali che, una volta definite le relazioni tra aree o condizioni diverse, potrebbe consentire la sostituzione dei sensori stessi con criteri e modelli matematici.

Nell'ambito del progetto GARANTES, per il momento, questi aspetti sono in qualche modo presi in considerazione nella fase di uso del dato, che viene assegnato a una determinata zona in base a precisi criteri di distanza e rappresentatività, finalizzati alla realizzazione di una serie completa di dati agrometeorologici per ciascun punto d'interesse, a prescindere dalla presenza dei sensori richiesti dai modelli selezionati per la stessa area.



TimelapseCam 8.0 Digital Garden & Project Camera



• Monitoraggio visivo

Analisi visiva e controllo in tempo "semi-reale"

Archiviazione cronologica e memoria storica

Grande interesse verso le potenzialità informative di una eventuale elaborazione automatica delle immagini.

Della rete di monitoraggio fanno parte anche le telecamere, considerate elementi di grande interesse, sia per la quantità sia per la tipologia delle informazioni che possono trasmettere. Infatti, da un semplice esame visivo l'esperto giardiniere può ricavare una numero enorme di informazioni, in alcuni casi sufficiente da consentirgli di prendere decisioni sull'urgenza e sul tipo d'intervento da effettuare. A seconda dell'elemento inquadrato e della loro risoluzione, le immagini possono permettere il riconoscimento di elementi anomali, insetti o malattie, ma anche la valutazione dello stato generale delle piante.

A qualcuno verrebbe quindi da domandarsi se, viste queste potenzialità, non si potrebbe concentrare la nostra attenzione sulle immagini, tralasciando gli altri elementi o sensori.

La questione, più che errata, sarebbe però mal posta, perché oltre a presentare notevoli problemi di carattere gestionale – che talvolta limitano o addirittura impediscono il ricorso a telecamere o ad apparecchi fotografici – e di costo, vi sono aspetti pratici e tecnici che ne consigliano l'uso all'interno di un sistema provvisto di più componenti; specialmente se il sistema è rivolto a professionisti, che non si possono permettere di trascorrere il loro tempo a guardare le immagini.

Brevemente, possiamo ricordare alcuni dei limiti principali di questi sistemi:

- Costi elevati di acquisto, manutenzione, trasmissione, archiviazione, adattamento, ecc.;
- Difficoltà di mettere a punto procedure di valutazione automatica che consentano di "filtrare" le immagini, sottoponendo all'attenzione dell'utente soltanto quelle realmente interessanti dal punto di vista operativo;
- Impossibilità di indagare o tenere sotto controllo elementi diversi da quelli visualizzabili;

Fermi restando questi punti, tuttavia, se inserite all'interno di un sistema evoluto, come GARANTES, le immagini possono esprimere a pieno le proprie potenzialità informative, andando a completare un quadro già "interpretato" attraverso altri elementi. In un sistema come quello di GARANTES, infatti, le immagini pur rimanendo a disposizione dell'utente che potrà visionarle liberamente, sono inviate o messe in evidenza soltanto nel caso in cui si verificano condizioni di rischio o si prospetti un evento valutabile visivamente.

PRIME INDICAZIONI SULLE ESIGENZE DELLA RETE

- A fini operativi appare estremamente importante completare i dati ottenuti da una stazione agrometeorologica classica con i dati misurati all'interno di aree omogenee
- Per un uso corretto dei modelli occorre accertarsi che la misura sia rappresentativa della condizione interna all'area di studio (errori contenuti entro il 5% del valore medio)
- Su aree estese, analisi geostatistiche (classificazioni e spazializzazioni) possono aiutare a migliorare l'affidabilità delle stime e/o a ridurre il numero di sensori
- L'impiego di più sensori per ciascun settore omogeneo offre maggiori garanzie di rappresentatività e affidabilità (errori prossimi alla precisione dei sensori)
- Condizioni particolari, legate ad esempio alla presenza di elementi in grado di influenzare il microclima, richiedono misure specifiche per uno o più anni di osservazioni (def. di relazioni)
- La determinazione del numero minimo di sensori da usare per "tenere sotto controllo" un determinato parco o giardino dipende da:
 - Numero di elementi d'interesse (piante, aria, suolo, acqua, ecc.)
 - Estensione, complessità morfologia e floristica
 - Numero di aree omogenee

Ricordare che:

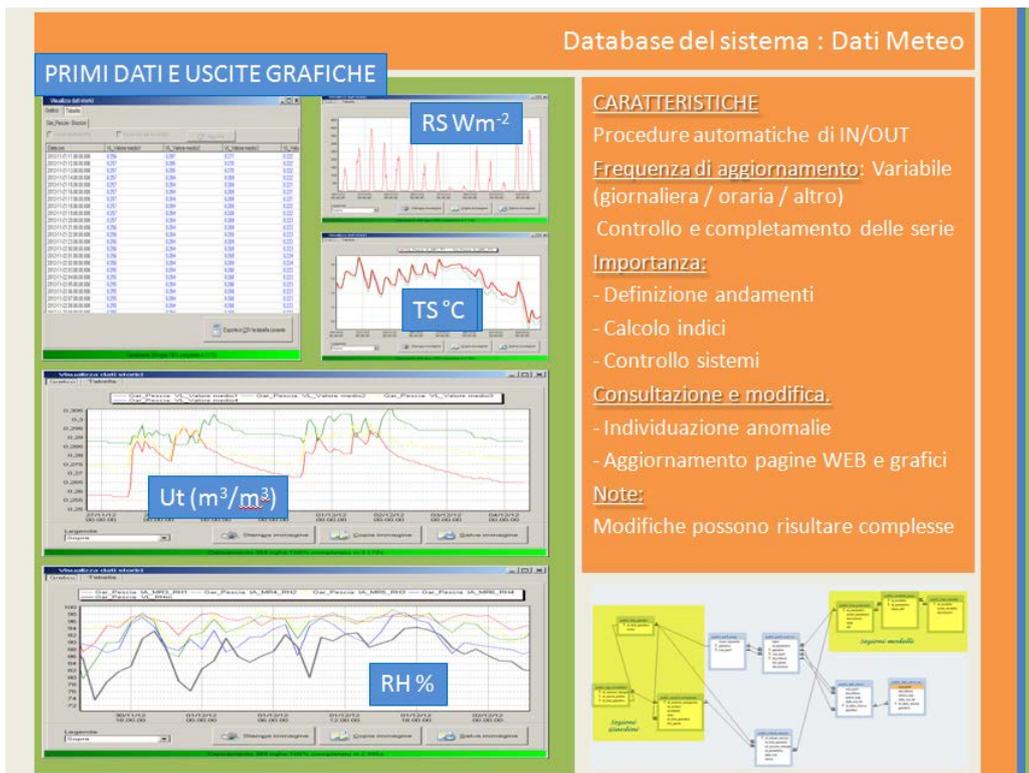
1. L'introduzione di controlli software (criteri, indici, ecc.), può ridurre il numero di sensori;
2. Non si deve ricercare una precisione superiore a quella richiesta a fini operativi.

In questa diapositiva sono elencati alcuni dei criteri da seguire nella progettazione della rete di monitoraggio per i giardini. Per prima cosa, però, mi preme ricordare che in molti casi la presenza di una stazione completa nella zona d'interesse rappresenta già un grosso punto di forza di un qualsiasi sistema di supporto per le attività sul territorio e/o per la gestione di suoi elementi o risorse. Il motivo è da ricercare principalmente in due punti: 1. L'abitudine a interpretare i dati meteorologici provenienti da stazioni standard; 2. La disponibilità di procedure messe a punto, testate e validate per questa tipologia di stazione. Semplificando, potremmo dire che alcuni giardini potrebbero essere ben gestiti anche a partire dai dati di stazioni posizionate entro i due chilometri di raggio, senza bisogno di altri dati se non – volendo – di telecamere.

Questa scelta, ovviamente, implicherebbe forti approssimazioni e renderebbe le indicazioni del sistema di carattere generico, diminuendo di molto la validità delle indicazioni fornite.

D'altra parte dobbiamo ricordare che l'impiego di modelli implica già di per sé numerose generalizzazioni e il grado di precisione dei dati in ingresso diviene spesso determinante per non perdere aderenza con la realtà che s'intende seguire. Tutti questi aspetti devono essere valutati attentamente con l'utente finale, che dovrà conoscere e accettare il livello di affidabilità del sistema finale che intende adottare.

Anzi, in gran parte l'utente con le sue scelte in fase di progettazione della rete e settaggio delle funzioni. Un aspetto che dovrebbe essere sempre tenuto in grande considerazione è quello legato alla definizione del livello di precisione, oltre che di dettaglio spaziale e temporale, da pretendere dal sistema, per giungere ad un giusto equilibrio tra ciò che legittimamente si desidera e ciò che ragionevolmente si può ottenere.



Abbiamo visto come i dati della rete di monitoraggio messa a punto per il giardino sperimentale di Pescia vengano inviati al server centrale, per essere archiviati nel Db di sistema, dopo un controllo preliminare sulla loro validità formale. Nella parte in basso di questa diapositiva sono mostrate le principali relazioni tra le sezioni Giardini e Modelli, in giallo, e quella dati meteorologici e agrometeorologici, fondamentali per la prima caratterizzazione e una più approfondita valutazione dello stato degli elementi del nostro giardino.

Al di là delle caratteristiche del database e delle procedure implementate al suo interno per rendere coerenti e prontamente utilizzabili i dati inviati dai sensori, ci preme qui sottolineare l'importanza per l'utente di disporre di queste informazioni in forma grafica, in modo da coglierne autonomamente il senso e trarne le prime conseguenze operative.

Prendiamo ad esempio il caso della radiazione solare che, come si può vedere dal grafico, permette una buona caratterizzazione del giorno e/o del periodo esaminato, in modo da leggere correttamente anche i dati provenienti dagli altri sensori, come quello relativo alla temperatura del suolo. Nei giorni visualizzati, dal 19.11 al 3.12, si può notare un repentino abbassamento della temperatura del terreno, da 14-15°C a 9-10°C, maggiormente marcato nella zona posta in ombra.

Osservando i dati di umidità del terreno per il periodo 27.11 - 4.12, si osserva inoltre una netta differenza tra la parte posta in alto e quella in basso, nella quale tendono a depositarsi sia la pioggia sia l'acqua dell'irrigazione. Anche se con un dislivello di appena 50 cm (ricordate il DTM a 50 cm del giardino), le differenze sono molto significative e determinano una diversa attitudine delle due zone. Nella parte tendenzialmente più asciutta possiamo pensare di mettere piante con minore fabbisogno idrico (es. aromatiche), mentre nell'altra potremmo pensare più a un bel tappeto erboso, visto che le variazioni di umidità del terreno sono veramente minime.

Infine, rileviamo come, grosso modo nello stesso periodo, anche l'umidità dell'aria registrata nelle diverse condizioni micro meteorologiche (siepi, rosai, prato) mostri differenze importanti, indicando senza alcun dubbio quale possa essere la difficoltà di utilizzare i dati della stazione meteorologica di riferimento (blu) per seguire l'andamento dell'umidità all'interno delle siepi (rosso).

Sulla base di questi dati, tuttavia, potremmo forse pensare di poter limitare il numero di sensori a quelli posti nelle condizioni estreme, stimando gli altri in base ad esempio alla densità della vegetazione. Speriamo, nell'ambito del progetto, di poter condurre qualche esperimento su questi temi e poter giungere a conclusioni più solide, che ci diano la possibilità di guidare correttamente la progettazione della rete e l'installazione dei sensori.

Database del sistema : Sezione Modelli

CONDIZIONI AMBIENTALI

ET - **CIMIS**: calcola il ETP oraria / **Hargreaves**: ETP giornaliera

GELATE - **Brunt** (rischio 24h e tendenza)

Stress termici - **indici termici** (aria e suolo)

Carenze idriche - **aree non controllate da sensori**

Salinità - **indici sensori/pianta**

FENOLOGIA

Crescita prato - **Gelernter**: crescita potenziale del prato

Sfalcio - **criterio/altezza alla quale effettuare lo sfalcio**

Ripresa vegetativa: **criterio/soglia termica**

Concimazione - **criterio/esigenze/fabbisogni**

Potatura - **criterio/soglia termica**

MALATTIE (funghi e muffe)

Peronospora - **IPI**: indica la data del trattamento

Ticchiolatura - **A-SCAB**: livello rischio sviluppo delle **ascospore**.

Oidio - **UC Davis / XU**: Rilascio **ascospore** e livello **infezioni condicche**

Dollar spot - **Mills / Hall / Walsh / Ryan**: data di applicazione di fungicidi

Brown patch - **Schumann**: prevede comparsa / **Fidanza**: stato di sviluppo

Muffe - **Crierio CRA**

INSETTI (preval GG singolo seno)

Afidi - **Carpino (Single sine)**: prevede apparizione e il picco di migrazione

Tripidi - **Carpino (single sine)**: prevede la comparsa degli adulti

Pythium - **Nutter / Shane / Hall**: indica condizioni favorevoli sviluppo

Cocciniglia agrumi - **Carpino**: prevede la comparsa

Mosca ciliegio - **Carpino (Single sine)**: prevede la comparsa

CARATTERISTICHE

Frequenza di aggiornamento: Bassa.

(Ogni volta che si aggiunge una pianta o un nuovo agente).

Importanza:

- Indica le condizioni di rischio

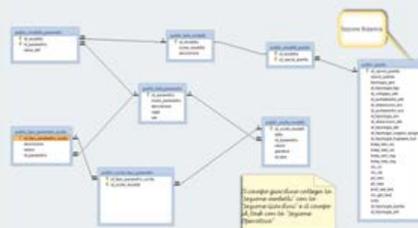
- Invia allarmi

Consultazione e modifica.

Nota:

- La calibrazione dei modelli richiede più anni di dati.

- Attualmente le soglie sono state inserite su base logica (bibliografia + esperienza)



Le tabelle relative ai modelli consentono quindi di collegare ciascuno di essi a determinati parametri e uscite, permettendo all'utente di impostare le funzioni desiderate e di adattarle alle condizioni reali. In generale, proprio per consentire un uso consapevole di questi strumenti, si è privilegiata la semplicità concettuale e d'uso, rispetto alla precisione delle simulazioni.

Vediamo quindi quali sono i modelli attualmente implementati all'interno del sistema GARANTES e diciamo subito che alcuni di questi si sovrappongono, obbligandoci a scegliere tra loro quelli che saranno ritenuti più attendibili o, a parità, più rispondenti alle logiche del sistema.

Per il momento, sono state previste oltre trenta funzioni, tra modelli, indici e criteri, implementate come programmi eseguibili MATLAB che, a partire dai dati meteorologici contenuti nel DB, effettuano una serie di calcoli tesi a rendere più chiara e prontamente utilizzabile l'informazione agrometeorologica.

Tra gli elementi climatici trattati dal sistema, come si vede in alto nell'elenco, troviamo la stima dell'evapotraspirazione potenziale, con due tra i metodi più utilizzati, uno che lavora su base giornaliera (Hargreaves) e uno che opera su scala oraria (CIMIS). Come alcuni di voi osserveranno, tutte le scelte comportano vantaggi e svantaggi, che non sempre è facile valutare. Quello che possiamo dire è che questa è una prima base, su cui stiamo costruendo un sistema che con il tempo potrà/dovrà sicuramente evolversi. In alcuni casi, tra l'altro, l'informazione potrebbe essere richiesta in forma previsionale, che però risulterebbe realmente utilizzabile soltanto nel caso in cui i modelli fossero collegati a previsioni meteorologiche settimanali, a scala di grande dettaglio spaziale. Questo, purtroppo, per il momento non è possibile e quello che può essere fatto dal sistema è semplicemente una valutazione degli andamenti in atto (linee di tendenza), lasciando ancora una volta all'operatore il compito di effettuare le necessarie sintesi e considerazioni.

Non potendo dilungarci troppo su ciascun modello, tralasciamo quelli più semplici, basati appunto su avvisi lanciati dal sistema al raggiungimento ad esempio di una determinata soglia termica, e concentriamo su tre di questi, scelti in rappresentanza di procedure e criteri utilizzati per le valutazioni di tipo fenologico, per la stima del rischio di sviluppo dei funghi e per la simulazione del ciclo degli insetti.

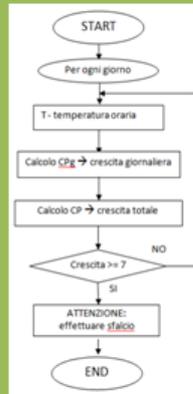
Uscite dei modelli (esempi)

CRITERI

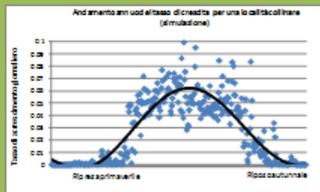
$$CO = 1/e^{(1/2)^2 \cdot ((T-T_0)/C)^2}$$

Dove:

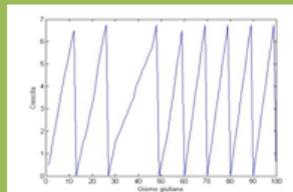
- e = Numero di Eulero (2,71828...)
- T = Temperatura misurata
- T₀ = Temperatura ottimale
- C = Coeff. di crescita (specifico)



OUTPUT



Tasso di crescita giornaliera



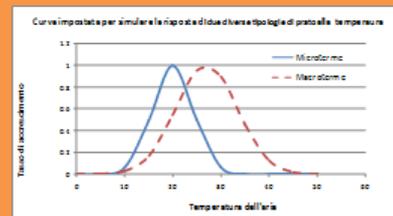
SFALCI

Diagramma di flusso

PRATO CRESCITA E SFALCIO

Mod. [Gelernter and Stowell \(2005\)](#).
INPUT Ta (°C)

Simulazione della risposta del prato alle temperature: Optimum termico (es. microterme 20°C; macroterme 30°C); Tasso di crescita orario (es. 0.005 mm).



Utilizzando questi criteri, il sistema è in grado di stimare l'effetto delle condizioni micrometeorologiche sul tasso di accrescimento del prato.

Per la stima della velocità di crescita del prato, utile alla programmazione degli interventi di sfalcio, è stato adottato il modello di Gelernter e Stowell, che richiede in input semplicemente la temperatura dell'aria e lega la crescita ad un coefficiente empirico C, da definire per ciascuna copertura erbacea.

Semplificando, diciamo che la chiave di lettura del nostro piccolo intervento di adattamento del modello è data dalle due curve che vedete a destra, che corrispondono alle curve impostate per simulare la crescita potenziale, rispettivamente delle microterme e della macroterme, in funzione della temperatura. Secondo queste curve, infatti, possiamo assumere che vi sia una temperatura ottimale (es. 22 o 28°C), alla quale si ha un accrescimento massimo delle piante, mentre per il resto ci troveremo in condizioni di crescita diversa, con uno zero intorno a 8-10 °C e un altro intorno a 35-45°C.

Riportando questo tasso di crescita sul periodo di un anno (a sinistra in basso), otteniamo una valutazione del potenziale di accrescimento giornaliero del nostro prato in quelle determinate condizioni termiche. Il grafico mostra i dati simulati per una località collinare, per la quale è logico aspettarsi un comportamento del tipo di quello mostrato, con una buona crescita – anche se non ottimale – concentrata nel periodo estivo.

A partire da questi valori, chiedendo all'utente di impostare o un'altezza o un numero di giorni minimo prima di procedere allo sfalcio, possiamo chiedere al sistema di mandare un avviso nel momento in cui si realizzano le condizioni per un nuovo taglio.

Dobbiamo riconoscere che questo modello, come molti simili, non prende in considerazione elementi importanti, come carenze idriche o stress di natura diversa, ma ci appare già come una buona approssimazione, anche in considerazione del fatto che le indicazioni potranno essere accompagnate da immagini.

Uscite dei modelli (esempi)

CRITERI

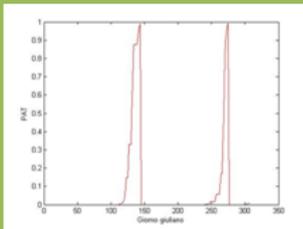
Rischio	Stato delle ascospore	Condizione
Assente	Non ancora mature	Somma $T < T_s$; $HR < HR_s$
Potenziale	Mature, ma non pronte per essere rilasciate	Somma $T > T_s$; $GG < GG_s$; $HR < HR_s$
Reale	Pronte per essere rilasciate in presenza di eventi piovosi	Somma $T > T_s$; $GG > GG_s$; $HR > HR_s$
Presente	Rilascio	Somma $T > T_s$; $GG > GG_s$; $HR > HR_s$, Evento Piovoso
Esaurito	Tutte rilasciate	$GG > GG_{max}$

Legenda: T- temperatura aria; T_s – soglia di temperatura; GG – gradi giorno; GG_s – soglia gradi giorno; GG_{max} –soglia massima gradi giorno; HR- umidità relativa; HR_s – soglia umidità relativa

OUTPUT

Giorno 111. ST = 9.52 -> Passaggio da rischio ASSENTE a POTENZIALE.
 Giorno 120. PAT = 0.0337 -> Rischio PRESENTE. Livello di rischio: MEDIO.
 Giorno 121. PAT = 0.0578 -> Rischio PRESENTE. Livello di rischio: MEDIO.
 Giorno 122. PAT = 0.0968 -> Rischio PRESENTE. Livello di rischio: MEDIO.
 Giorno 123. PAT = 0.1474 -> Rischio PRESENTE. Livello di rischio: MEDIO.
 Giorno 126. PAT = 0.2277 -> Rischio PRESENTE. Livello di rischio: ALTO.

.....



TICCHIOLATURA

Agenti: funghi diversi che generano macchie fogliari.

Le specie più colpite sono le rosacee (rosa, biancospino, melo, pero, ecc.).

Mod. semplificato A-SCAB – messo a punto su *Venturia inaequalis* (Cooke) Winter, da Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza in collaborazione con il Servizio Fitosanitario della Regione Emilia-Romagna.

INPUT T, BF, HR, P.

Il passaggio di fase avviene al superamento delle soglie di T e HR (tab). In caso di pioggia, nella fase di Rischio Presente si assume il rilascio effettivo delle ascospore.

PRIMA FASE

sogliaTmed 0 °C
 sogliaPP 0.25
 sogliaRH 85 %
 sogliaOreRH 8 ore
 sogliaOreBF 8 ore
 sogliaST 9.5 passaggio fase

SECONDA FASE

sogliaOreBF2 0 soglia temperatura 2
 sogliaTmed2 0 soglia ore bagnatura fogliare 2

Vediamo adesso come il sistema prende in esame il rischio che nel nostro giardino si sviluppino funghi che possono generare macchie fogliare sulla nostre preziose rose. In questo caso, per il momento, nel sistema è stato implementato il modello A_SCAB, messo a punto per il melo dall'Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza, in collaborazione con il Servizio Fitosanitario della Regione Emilia Romagna.

Questo modello chiede qualche dato in più del precedente, basando la propria stima del rischio su temperatura, umidità, bagnatura fogliare e pioggia. Per ciascuna di queste grandezze viene utilizzata una soglia, come sempre modificabile dall'utente, che consente di verificare la compresenza delle condizioni previste per lo sviluppo del fungo e il successivo rilascio delle ascospore.

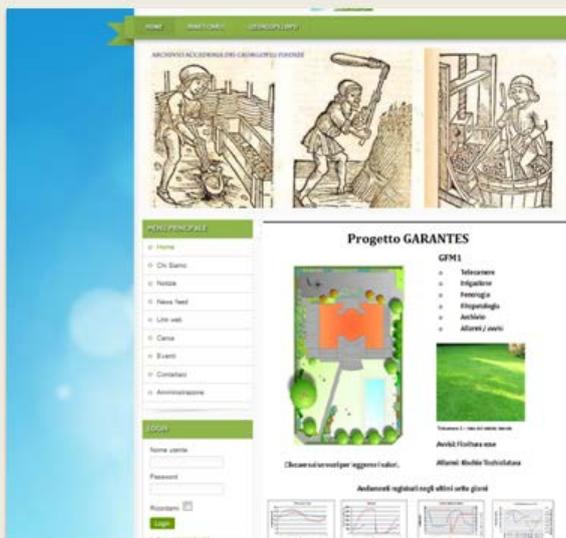
La parte di modello estratta per GARANTES non è finalizzata tanto alla previsione delle infezioni, quanto alla determinazione del rischio (assente, potenziale e presente), con una semplice indicazione della data di rilascio delle ascospore. Come mostra il grafico, il rischio torna a zero quando tutte le ascospore sono state rilasciate.

COME GARANTES FORNIRA' IL PROPRIO SUPPORTO

Formazione
e assistenza



Attuatori
e automazioni



Pagine WEB
E
Controllo remoto



Progettazione giardino e
rete di monitoraggio



Nel concludere questa presentazione, richiamiamo schematicamente alcuni concetti già espressi nel corso della prima parte del workshop:

- I Sistemi di Supporto si prestano a svolgere compiti molto diversi e rappresentano un importante passo in avanti verso la definizione del livello tecnologico e conoscitivo al quale si è giunti dal punto di vista operativo;
- Il lavoro svolto nell'ambito di questi progetti permette di delineare uno stato dell'arte della capacità d'interazione tra diversi campi, tecnologico-scientifici e pratico-applicativi;
- GARANTES, come tutti i sistemi simili, si avvantaggia grandemente dei progressi che nel tempo si osservano in tutti i settori delle scienze affini e la scelta di soluzioni di tipo modulare consente di aggiornarne le funzioni senza apportare modifiche sostanziali alla sua struttura di base;
- L'adattamento alle esigenze dell'utenza finale richiede una stretta collaborazione tra figure con competenze diverse (imprenditori, tecnici, ricercatori, esperti, ecc.), chiamati all'adozione di un linguaggio comune, come quello matematico;
- All'imprenditore, in particolare, è richiesto di guardare più lontano degli altri, indicando le esigenze operative di domani e indicando la via da seguire per l'innovazione;

Tutti questi elementi sono stati largamente discussi nel corso di questi ultimi anni, alla base dei programmi di sviluppo dei nostri settori produttivi, finalizzati alla razionalizzazione nell'uso delle risorse e ad un progressivo abbattimento dei costi.

In questo contesto anche la ricerca deve essere vista come una risorsa condivisa, in grado di supportare concretamente le attività produttive che operano sul territorio, indipendentemente dalle loro

dimensioni. Lavorare insieme è, per molti, la soluzione più efficace alle sfide della globalizzazione, una risposta concreta alle grandi realtà produttive estere, che porta vantaggi concreti e pienamente quantificabili. E' d'obbligo, quindi, rivolgere un invito alle imprese che spingano verso una sempre maggiore collaborazione con le istituzioni di ricerca, facendo in modo che l'innovazione giunga in maniera incisiva al settore produttivo attraverso il trasferimento tecnologico. E' d'obbligo, quindi, rivolgere un invito alle imprese che spingano verso una sempre maggiore collaborazione con le istituzioni di ricerca, facendo in modo che l'innovazione giunga in maniera incisiva al settore produttivo attraverso il trasferimento tecnologico.

Spero di non avervi annoiato con le mie chiacchiere e, qualora foste interessati ad approfondire questi argomenti, vi invito a rivolgere le vostre domande a me o ai miei colleghi, scrivendo agli indirizzi riportati nella slide successiva.

Grazie per l'attenzione.

Quando le cose diventano troppo complicate, qualche volta ha un senso fermarsi e chiedersi: "Ho posto la domanda giusta?"

Enrico Bombieri

La chiave di tutte le *scienze* è senza dubbio il punto di *domanda*. (Honorè de Balzac)

In ogni caso, facciamoci delle domande!

GRAZIE!

Per info

info@biofuturo.net
bernardo.rapi@cnr.it