

RETI WIRELESS DI SENSORI IN AGRICOLTURA

NELL'AMBITO DEL PROGETTO LIFE AGROWETLANDS II È STATA REALIZZATA UNA RETE MULTIFUNZIONALE DI AMPIE DIMENSIONI PER IL MONITORAGGIO AMBIENTALE IN AGRICOLTURA. I SENSORI FORNISCONO DATI IMPORTANTI PER LA GESTIONE DELLE RISORSE IRRIGUE, SIA PER GLI ENTI DI GOVERNO, SIA PER LE AZIENDE AGRICOLE.

L'uso di reti wireless di sensori (*wireless sensor network*, Wsn) in ambito agricolo è diffuso da tempo per il controllo di parametri ambientali nel corso della stagione di crescita delle colture di singole aziende, prevalentemente frutticole e orticole a elevato reddito (Lopez Riquelme et al., 2009) e con riferimento a spazi di dimensioni relativamente limitate. In frutticoltura, l'uso di reti wireless di sensori è stato anche sviluppato per seguire a distanza il processo di maturazione dei frutti (Monai et al., 2011) e per facilitare la programmazione

della raccolta e di altri interventi colturali. Molto meno diffuso è invece l'uso di Wsn per acquisire informazioni ambientali a più ampia scala, utili in agricoltura, nell'ambito di territori che superano le dimensioni medie di singole aziende. Le informazioni deducibili da reti di maggiori dimensioni hanno quindi rilevanza di più ampia portata. Sono utili anche a enti preposti al governo del territorio e alla gestione delle risorse del territorio stesso, quali ad esempio i consorzi di bonifica, cui spetta il controllo a livello locale della qualità e quantità dell'acqua distribuita per l'irrigazione.

Un esempio di rete di estensione medio-grande è stato realizzato nell'ambito del progetto Life Agrowetlands II – *Smart water and soil salinity management in agrowetlands* (LIFE15/ENV/IT000423), finanziato dal Programma Life 2014-2020. Si tratta di una rete multifunzionale, predisposta per fornire dati meteorologici, compresi quelli necessari per il calcolo dell'evapotraspirazione potenziale (equazione di Penman-Monteith), oltre che per fornire un controllo, a scala territoriale, su parametri fisici del suolo, dell'acqua della falda freatica e dei canali.



FIG. 1 RETE SENSORI

La rete wireless di sensori (Wsn) Life Agrowetlands e i nodi che ne fanno parte. I nodi router della Wsn sono di quattro diverse tipologie, ciascuna convenzionalmente indicata con una lettera e un colore:

- nodi di tipo S (in marrone), attrezzati con uno o più sensori per la misura di soli parametri del suolo
- nodi di tipo P (in verde), attrezzati con un sensore per la misura di parametri dell'acqua di falda, posizionato a livello fisso all'interno di un piezometro e con uno o più sensori per la misura di parametri del suolo posizionato/posizionati nel terreno a 50 cm di profondità
- nodi di tipo P (in giallo), attrezzati come i nodi di tipo P di colore verde, ma con l'aggiunta di sensori per la misura di parametri meteorologici. Sono 2 in tutta la rete e sono in posizioni distanti tra loro circa 3 km in linea d'aria
- nodi di tipo I (in azzurro), attrezzati con un sensore per la misura di parametri dell'acqua dei canali di irrigazione-drenaggio.

La progettazione della rete, per quanto riguarda la numerosità e distribuzione dei sensori nell'area, ha tenuto conto di conoscenze ambientali di base sull'area stessa (rete idrografica esistente e suo funzionamento, tipologia di suoli presenti, altimetria) ed è stata curata dal Dipartimento Dicam dell'Università di Bologna con il supporto del Consorzio di bonifica della Romagna occidentale, che ha acconsentito all'installazione di sensori sulla rete di bonifica, in aree di sua competenza. L'acquisto e il posizionamento dei sensori è stato effettuato dai partner di progetto Agrisfera, Osv srl e Winet srl. La tecnologia di trasmissione wireless, l'installazione dei nodi e la loro alimentazione, nonché il mantenimento di funzionalità della rete nel tempo è stata curata da Winet srl. L'algoritmo di trasmissione dei dati è stato sviluppato da Winet srl e si basa sullo standard IEEE 802.15.4 (Adams, 2006) garantendo elevata affidabilità nella trasmissione, basso consumo ed elevata robustezza alle interferenze.

Oggi la Wsn Life Agrowetlands copre un territorio di circa 30 km² (figura 1), sul quale sono distribuiti 23 ricevitori-trasmettitori (nodi router) della rete; ogni router è attrezzato con uno o più tipi di sensori, che effettuano misure in continuo. A intervalli configurabili da remoto (attualmente, ogni dieci minuti) la media delle misure effettuate da un sensore viene trasmessa al router di riferimento e da questo al gateway (nodo coordinatore). La rete Wsn Life Agrowetlands è dotata di 7 gateway che coordinano ciascuno da 2 a 3 router. Ogni gateway con i router da esso coordinati rappresenta una sottorete della Wsn generale, che risulta quindi avere una struttura modulare. La distanza di trasmissione tra router di una sottorete è al massimo di 700 m, salvo collegamenti con antenna direzionale, che possono coprire fino a 1,5 km. Ogni gateway trasmette a sua volta i dati ricevuti dai router a un server appositamente dedicato, dove vengono memorizzati permanentemente in un database. La rete, in funzione dall'agosto 2017, inizialmente con un numero limitato di nodi, è stata completata nella struttura prevista dal progetto originario a dicembre 2018 (Cipolla et al., 2019) ed è stata integrata da un ulteriore nodo gateway con un singolo nodo router nel maggio 2019. Quest'ultimo è dotato, tra l'altro, di un sensore multiparametrico che effettua misure dei parametri fisici del suolo lungo un profilo verticale di 60 cm, a intervalli di 10 cm.

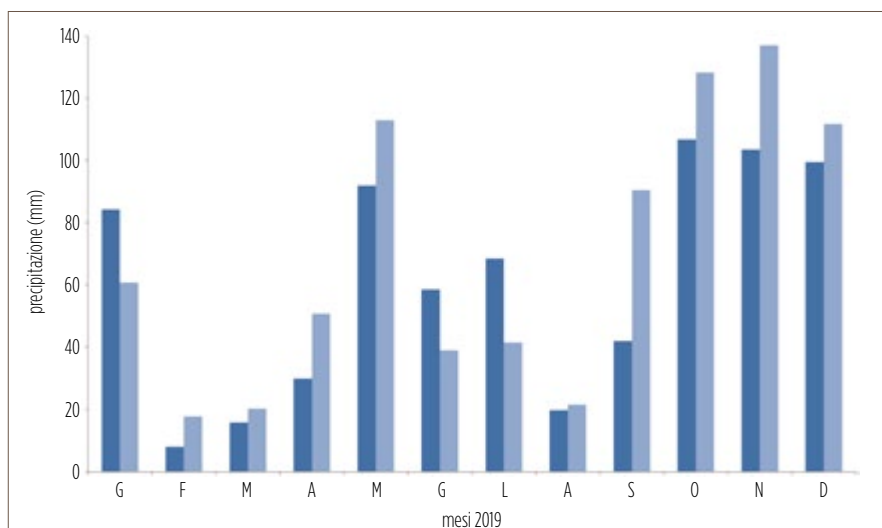


FIG. 2 PRECIPITAZIONI

Precipitazione mensile cumulata registrata dalle due stazioni meteorologiche della Wsn Agrowetlands. La collocazione topografica dei nodi è indicata in figura 1.

- precipitazione registrata dalla stazione meteorologica 1, situata al nodo P07
- precipitazione registrata dalla stazione meteorologica 2, situata al nodo P02

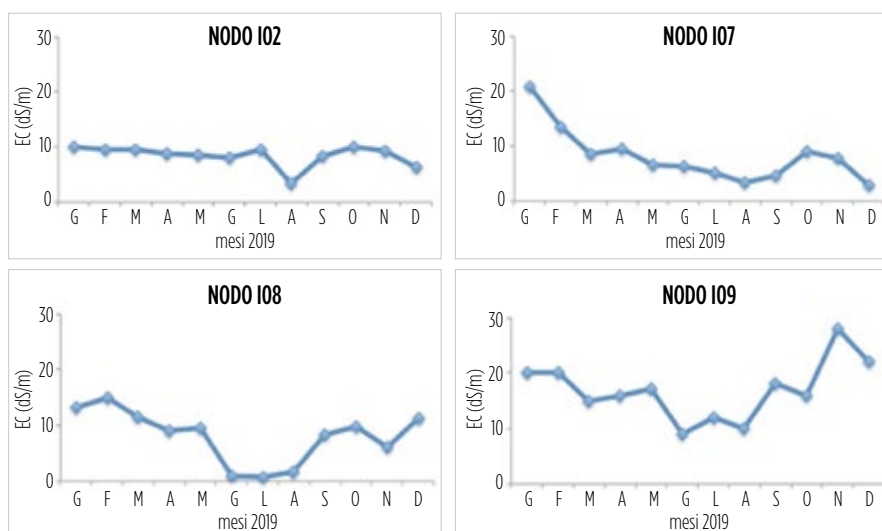


FIG. 3 CONDUCIBILITÀ ELETTRICA

Valori medi mensili di conducibilità elettrica dell'acqua dei canali misurati dalla Wsn Agrowetlands nell'anno 2019. Le misure di conducibilità effettuate dai nodi 102, 107, 108 indicano un miglioramento più o meno marcato e prolungato della qualità delle acque durante il periodo irriguo estivo. Le misure effettuate al nodo 109 (canale Busona) mostrano invece una cattiva qualità delle acque, non utilizzabili a fini irrigui, per tutto l'arco dell'anno. La collocazione topografica dei nodi 102, 107, 108, 109 è indicata in figura 1.

Le misure effettuate dai sensori integrati nella Wsn Agrowetlands riguardano:

- parametri fisici del suolo (umidità percentuale, potenziale idrico, temperatura, conducibilità elettrica)
- parametri fisici delle acque superficiali (temperatura, livello, conducibilità elettrica)
- parametri fisici dell'acqua di falda (temperatura, livello, conducibilità elettrica)
- parametri meteorologici (temperatura e umidità dell'aria, precipitazione, irraggiamento solare, direzione e velocità del vento).

Il database che contiene i dati rilevati e memorizzati fin dall'inizio del

funzionamento della rete può essere interrogato dagli utenti autorizzati. Questi possono accedere al server con le proprie credenziali, selezionare le informazioni d'interesse, scaricarle sotto forma di file Excel, per poi sottoporle a elaborazioni statistiche più o meno complesse, realizzare grafici di supporto a report e a analisi ambientali sul territorio servito dalla Wsn.

A fini irrigui, ad esempio (figura 2), le registrazioni effettuate dalle due stazioni meteorologiche, una più prossima al mare (stazione 1 al nodo P07, 728 mm di precipitazione totale nel 2019), l'altra circa 3 km più interna (stazione 2 al

nodo P02, 832 mm di precipitazione, nel medesimo periodo) hanno messo in evidenza sensibili differenze (circa 100 mm) tra le due stazioni riguardo alla precipitazione totale annua. Differenze di un certo rilievo riguardano anche il periodo irriguo, nei mesi da aprile a luglio 2019.

A fini di un monitoraggio della quantità e qualità delle acque che circolano nei 69 km del sistema di canali d'irrigazione/drenaggio di vario ordine, presenti nell'area monitorata, si nota in genere un miglioramento della qualità, associato a un aumento dei volumi, durante il periodo irriguo, come ad esempio risulta dalle misure effettuate dai nodi I02, I07, I08 (figura 3). Questi nodi, allineati in direzione Nord-Sud (figura 1), sono collocati entro una fascia di circa un chilometro dalla costa, che risente particolarmente della penetrazione del cuneo salino nelle acque di falda. Sussistono tuttavia situazioni assai critiche in alcuni canali minori (nodo I09, figura 3). La quantità e la qualità delle acque sono assai variabili nel corso dell'anno, anche in questo caso con diminuzione dei valori di conducibilità elettrica nei mesi estivi, non sufficiente tuttavia a consentirne l'uso per l'irrigazione.

Le informazioni registrate dalla Wsn sono inoltre elemento essenziale per la gestione di consigli irrigui in un'area soggetta a fenomeni di salinizzazione, quale quella monitorata. Per aree con queste caratteristiche, i protocolli messi a punto in ambito nazionale e regionale (Irrinet/Irriframe) avrebbero necessità di essere rivisti in funzione della particolare situazione ambientale. Il progetto Life Agrowetlands II ha sperimentato l'utilizzo di un Dss (Masina et al., 2019) basato sul modello AquaCrop della Fao (Steduto et al., 2009). Il sistema fornisce consigli

indirizzati a ottenere una mitigazione dei fenomeni di salinizzazione del suolo e si è rivelato anche un buon predittore della biomassa finale raccolta, in relazione all'irrigazione praticata. Gli input richiesti da AquaCrop, riguardano il terreno e le colture, ma anche informazioni su parametri ambientali che la Wsn realizza, con le due stazioni meteorologiche, è in grado di fornire. Tra questi, i parametri per la stima dell'evapotraspirazione potenziale secondo l'equazione di Penman-Monteith, che consente di ottimizzare la predittività dei risultati forniti dal Dss.

La Wsn Life Agrowetlands è un esempio delle molteplici potenzialità offerte dalla diffusione di questo tipo di strumento, assai duttile, supporto sia nella conoscenza, sia nella gestione del territorio, sia nella gestione delle aziende agricole. Rende possibile adottare un approccio approfondito, documentato e documentabile nel tempo sulla dinamica di parametri ambientali che incidono sulla gestione delle risorse del territorio

e sul funzionamento delle aziende agricole. Si può ipotizzare che i servizi regionali per l'agricoltura si facciano promotori sia della diffusione di Wsn nelle aziende, sia nella realizzazione di un consorzio coordinato tra le diverse reti, che consenta di avere la disponibilità delle informazioni ambientali rilevate per ampie porzioni del territorio regionale.

**Maria Speranza¹, Emanuele Tavelli²,
Claudio Mazzotti³, Paolo Pietrobon³,
Alberto Lamberti⁴**

1. Dipartimento di Scienze e tecnologie agro-alimentari (Distal), Università di Bologna
2. Winet srl, Cesena
3. Agrisfera soc. coop. agr., Ravenna
4. Dipartimento di Ingegneria civile, chimica, ambientale e dei materiali (Dicam), Università di Bologna

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Adams J.T., 2006, "An introduction to IEEE STD 802.15.4.", *Proceedings of 2006 IEEE Aerospace Conference*, vol. 8, Big 4-11 March. Sky, Montana, USA, doi: 10.1109/AERO.2006.1655947.
- Cipolla S.S., Maglionico M., Masina M., Lamberti A., Daprà I., 2019, "Real time monitoring of water quality in an agricultural area with salinity problems", *Environmental engineering and management Journal*, 18(10): 2229-2240.
- Monai K., Jatuphong V., Apichan K., 2011, "Wireless sensor network for monitoring maturity stage of fruit", *Wireless Sensor Network*, 3: 318-321. doi:10.4236/wsn.2011.39034.
- López Riquelme J.A., Soto F., Suardiá J., Sánchez P., Iborra A., Vera J.A., 2009, "Wireless sensor network for precision horticulture in Southern Spain", *Computers and electronics in agriculture*, 68(1): 25-35. doi.org/10.1016/j.compag.2009.04.006.
- Masina M., Calone R., Barbanti L., Mazzotti C., Lamberti A., Speranza M., 2019, "Smart water and soil salinity management in agro-wetlands", *Environmental engineering and management Journal*, 18(10): 2273-2285.
- Steduto P., Hsiao T.C., Raes D., Fereres E., 2009, "AquaCrop - The Fao crop model to simulate yield response to water: I. Concepts and underlying principles", *Agronomy Journal*, 101: 426-437.

