

**TELECONTROLLO SU CLOUD COMPUTING A SERVIZIO DEL
TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE PER IL RIUTILIZZO IRRIGUO**

IL PROGETTO PON “IN.TE.R.R.A”



Vincenzo Lanave & Francesca Gulletta

INTESIS Srl - Via Don Guanella 15/G - 70124 – BARI

Tel +39.080.5026536 - Fax +39.080.5648414

Pompilio Vergine & Giovanni Berardi

C.N.R. - IRSA – Sez. BARI - Viale Francesco De Blasio 5 - 70123 – BARI

Tel +39.080.5820511 - Fax +39.080.5313365

1. Il progetto PON 01_01480_11 - In.Te.R.R.A

Il riutilizzo a fini irrigui delle acque reflue è in continuo aumento a causa della crescente scarsità di risorse idriche e della necessità di garantire la tutela dell'ambiente. In Italia, ed in particolare in Puglia, tale pratica non è ancora inserita stabilmente nelle politiche gestionali delle risorse idriche e, nonostante il Piano di Tutela delle Acque e gli attuali indirizzi politici favoriscono il riuso, la sua reale implementazione sconta difficoltà e ritardi dovuti a:

- 1) Requisiti qualitativi degli effluenti fortemente restrittivi imposti dalla legge 185/03, che si riflettono nella necessità di impianti complessi sul piano tecnologico e gestionale e in costi di trattamento elevati
- 2) Negativa percezione da parte di agricoltori, mass-media e presidi autorizzativi, relativa ai rischi associati all'impiego in agricoltura dei reflui depurati.

In questo contesto, una compagine di soggetti pubblici e privati, coordinata dal Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali della Università degli Studi di Bari, ha presentato il progetto PON "Ricerca & Competitività" 2007-2013 In.Te.R.R.A. per lo sviluppo e la sperimentazione di "INnovazioni TEcnologiche e di processo per il Riutilizzo irriguo delle acque Reflue urbane e Agro-industriali ai fini della gestione sostenibile delle risorse idriche".

Il progetto rappresenta un importante strumento di aggregazione tra strutture universitarie, enti di ricerca ed industrie operanti nel Mezzogiorno, ed in particolare in Puglia, una regione della Convergenza e si propone, come obiettivo finale, di sviluppare, sperimentare, definire e proporre prodotti innovativi e sostenibili sia tecnologici che di processo, in particolare dedicati:

- a) all'ottimizzazione ed all'aumento dell'efficienza dei processi di depurazione e di affinamento;
- b) all'acquisizione di test rapidi e a basso costo per la misura anche in campo della eco-tossicità di campioni di acqua e suolo;
- c) al monitoraggio in continuo ed all'acquisizione in remoto delle caratteristiche qualitative delle acque reflue;
- d) allo studio degli aspetti sociali, economici ed ambientali legati al riuso;
- e) alla individuazione di linee guida atte a disciplinare l'impiego irriguo di acque reflue con carico microbico diverso in funzione delle colture, della destinazione del prodotto (alimentari e non) e della tecnica agronomica adottata; tali linee guida potranno rappresentare la base per la revisione dei restrittivi limiti imposti dalla normativa vigente.

I partecipanti al progetto, tutti attivi nelle regioni della Convergenza, sono rappresentati da

- enti di ricerca: Università di Bari, di Foggia e del Salento (UNIBA, UNIFG e UNISAL), Politecnico di Bari (POLIBA), Istituto di Ricerca sulle Acque (IRSA) del CNR di Bari, Istituto Agronomico Mediterraneo di Bari (IAMB), CRA – Unità di Ricerca per i sistemi colturali degli ambienti caldo-aridi (SCA) di Bari;
- imprese operanti sul territorio pugliese: AQUASOIL S.r.l., BIOTEC S.r.l., ECOIMPIANTI SUD S.r.l., ELETTROMECCANICA CMC, FIOREDELISI S.r.l., INTESIS S.r.l., SERECO S.r.l.

La compagine multi-disciplinare possiede consolidate competenze tecnico-scientifiche, approfondita conoscenza e pluriennale esperienza nei settori della gestione delle risorse idriche e del riuso, capacità ad innovare e ad istituire rapporti di collaborazione con gli enti locali.

Al fine di approfondire nel dettaglio tutte le tematiche elencate e meglio evidenziarne le relazioni, tutta l'attività di ricerca è stata suddivisa in Obiettivi Realizzativi (OR), ciascuno dei quali risponde a precise esigenze di ricerca e produce risultati concretizzabili in prodotti, processi e/o servizi.

Gli Obiettivi Realizzativi specifici del progetto generale aggregano le interrelazioni tecnico scientifiche tra i vari partner incentrandole perlopiù sui siti sperimentali in cui sono stati allestiti i gli impianti tecnologici ed i campi oggetto della ricerca.

Una rappresentazione dei partner e dei siti sperimentali di In.Te.R.R.A è illustrata in Figura 1.

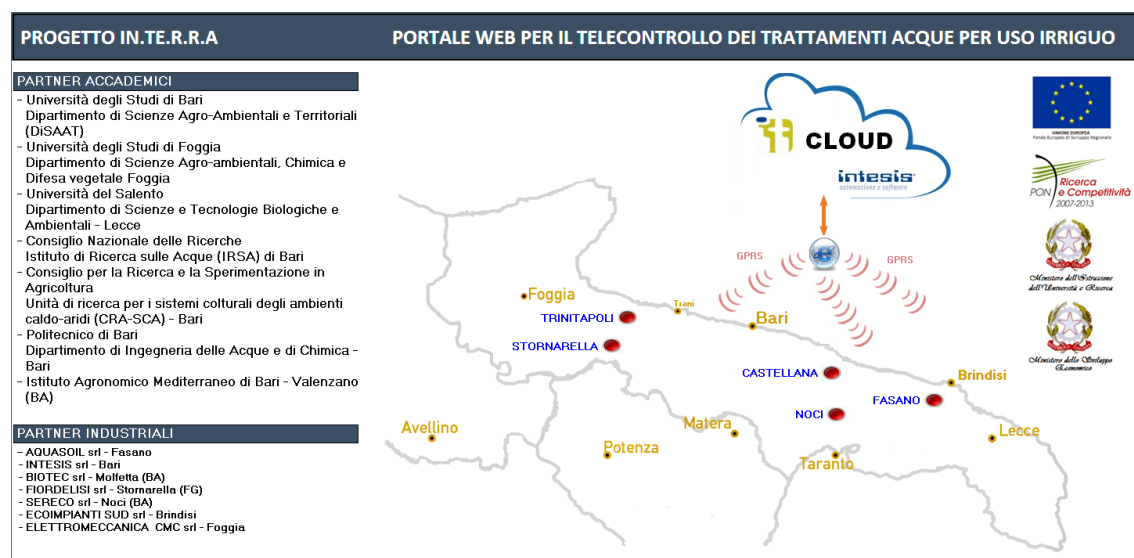


Figura 1 – Partner e siti sperimentali di In.Te.R.R.A

2. Il Partner Intesis: Telecontrollo su Cloud

Tra i 14 partecipanti al progetto In.Te.R.R.A. Intesis, operando trasversalmente su quasi tutti gli obiettivi realizzativi del progetto (OR1-OR2-OR3-OR4), ha progettato e sta realizzando un innovativo sistema di telecontrollo e telegestione degli impianti oggetto di sperimentazione, a partire dalla misura dei parametri qualitativi dell'acqua depurata da destinare all'uso irriguo. Il sistema di telecontrollo si basa su una infrastruttura hardware (server ridondato, storage, gateway VPN, rete) sicura e affidabile, realizzata presso il Data Center Intesis e sull'implementazione di diversi applicativi SCADA rispondenti al paradigma del Cloud Computing.

In campo sono state installate 7 postazioni periferiche per l'acquisizione di tutte le segnalazioni analogiche e digitali, altresì infrastrutturate per la telegestione completa dei processi di affinamento e di irrigazione di ogni impianto. Le suddette postazioni sono state collegate con il Data Center Intesis via VPN (Virtual Private Network) con IPSEC tunnel e sono stati implementati applicativi SCADA su piattaforma WEB per l'acquisizione dei dati in tempo reale, la visualizzazione e la memorizzazione dei dati su database.

L'architettura del sistema dal campo al "cloud" è rappresentata in Figura 2.

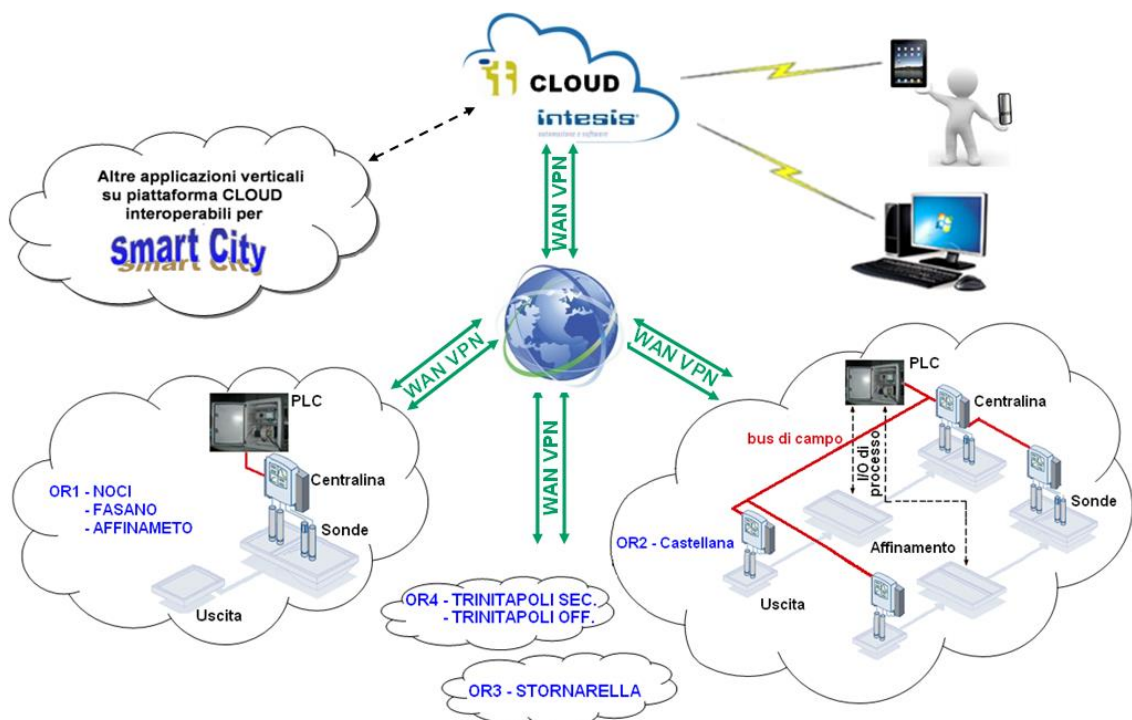


Figura 2 – Architettura del sistema: dal campo al Cloud

L'applicazione SCADA sviluppata su piattaforma WEB e residente sulla macchina Server, consente la consultazione dei dati di impianto da dispositivi fissi

(tipicamente Personal Computer) e mobili (Tablet, Smartphone, ecc...), utilizzando un qualsiasi Internet browser.

A livello di campo le misure di pH, Conducibilità, Temperatura, Torbidità, Solidi Sospesi, Nitrati, acquisite dalle centraline corredate delle apposite sonde, sono trasmesse via Modbus al PLC (Programmable Logic Controller) che unitamente agli I/O di processo dei sistemi pilota di affinamento, trasmette i dati integrati al Centro di Controllo.

Presso il Centro di Controllo, le informazioni in tempo reale sono pubblicate in pagine video grafiche come riportato nelle figure allegate, mentre i dati storici sono elaborati per fornire report statistici e grafici con valori medi, deviazione standard, ecc...

3. L'Innovazione Tecnologica: la piattaforma di Cloud Computing

Ad oggi le tecnologie del telecontrollo (misurazione, acquisizione e trasmissione dati) hanno raggiunto un livello tale da rendere disponibili sul mercato una varietà di sensori, attuatori, package, singolarmente equipaggiabili attraverso apparati di telecontrollo che consentono di telegestirli attraverso l'utilizzo di diversi vettori di comunicazione (GSM, GPRS, UMTS, Satellite, ecc..).

E' facilmente riscontrabile, in particolare negli impianti depurativi, la presenza in campo ed in uno stesso impianto di uno o più sistemi di telecontrollo, con diverse architetture e sistemi trasmissivi, ciascuno operante per telegestire le segnalazioni di processo piuttosto che gli allarmi di antintrusione, le misure di un comparto biologico piuttosto che un filtro UV o una centrifuga, ed ancora piuttosto che le immagini acquisite da un sistema di videosorveglianza.

Il risultato è quello di disporre di tanti centri di controllo disomogenei tra loro ed ubicati in luoghi fisici diversi anche dalla sede dell'Ente gestore degli impianti e non interconnessi tra loro, che poco contribuisce alla telegestione integrata ed integrale dell'impianto da parte del gestore.

Ad esempio: la sede del gestore che per competenza territoriale acquisisce le segnalazioni di processo via GPRS; la centrale operativa della vigilanza che acquisisce gli allarmi antintrusione via GSM; la casa costruttrice che pubblica su Internet le misure di un comparto biologico acquisito via UMTS c/o la propria sede; e così via.

A partire da questa realtà e con il bagaglio di esperienza e Know-how accumulato in oltre 20 anni di attività nel settore del telecontrollo, con particolare riferimento al ciclo dell'acqua e ai sistemi di trattamento e smaltimento reflui, Intesis ha intrapreso la

progettazione e l'implementazione del sistema presentato ed approvato nel contesto del PON In.Te.R.R.A, con l'obiettivo di:

- a. soddisfare le esigenze di tutti i partner trasversalmente coinvolti per la realizzazione degli impianti e degli OR specifici, finalizzando la realizzazione del sistema e del portale web alla piena fruizione di tutte le funzionalità previste a supporto delle ricerche eseguite da parte di tutti i soggetti PON coinvolti
- b. prototipare e sviluppare un modello ed un'architettura capace di offrire una soluzione concreta al problema della integrazione dei servizi, per consentire la telegestione integrale dell'impianto con un unico mezzo trasmissivo, da un'unica sede e con un unico portale web.
- c. Sperimentare metodologie e architetture HW/SW per sistemi di telecontrollo "service oriented", aperti verso altri sistemi enterprise e verso Internet.
- d. caratterizzare la realizzazione del sistema con quegli elementi di innovazione tecnologica che possono conferire al sistema una connotazione di unicità ed al tempo stesso utilità, non solo per i soggetti partecipanti al PON ma anche per gli enti pubblici e privati che saranno sensibilizzati dai risultati prodotti dalla ricerca sul riuso delle acque depurate per scopi irrigui (Public Utility, ARPA, Enti di Ricerca, ecc..)

Sono stati quindi affrontati diversi temi:

- ✓ la validazione delle misure di processo in campo, attraverso la identificazione delle cause di mancata misurazione ed inaffidabilità del dato acquisito
- ✓ l'integrazione delle acquisizioni elettrostrumentali ed impiantistiche rivenienti rispettivamente dal processo (uscita vs irrigazione campi sperimentali) e dai package elettromeccanici costituenti gli impianti sperimentali (MBR, FDG, membrane)
- ✓ la security e le modalità di trasmissione dati su supporto GPRS
- ✓ l'infrastruttura e la piattaforma HW e SW del centro di controllo
- ✓ la virtualizzazione, la ridondanza, la continuità di funzionamento, per supportare in scalabilità, affidabilità e sicurezza i servizi richiesti dal sistema di telecontrollo in cloud.

La piattaforma di Cloud Computing, implementata da Intesis per il PON In.Te.R.R.A, e schematizzata in Figura 3, si compone a livello di infrastruttura hardware (IaaS) di apparecchiature (Server, switch, router, storage, gateway VPN) e nodi computazionali virtuali.

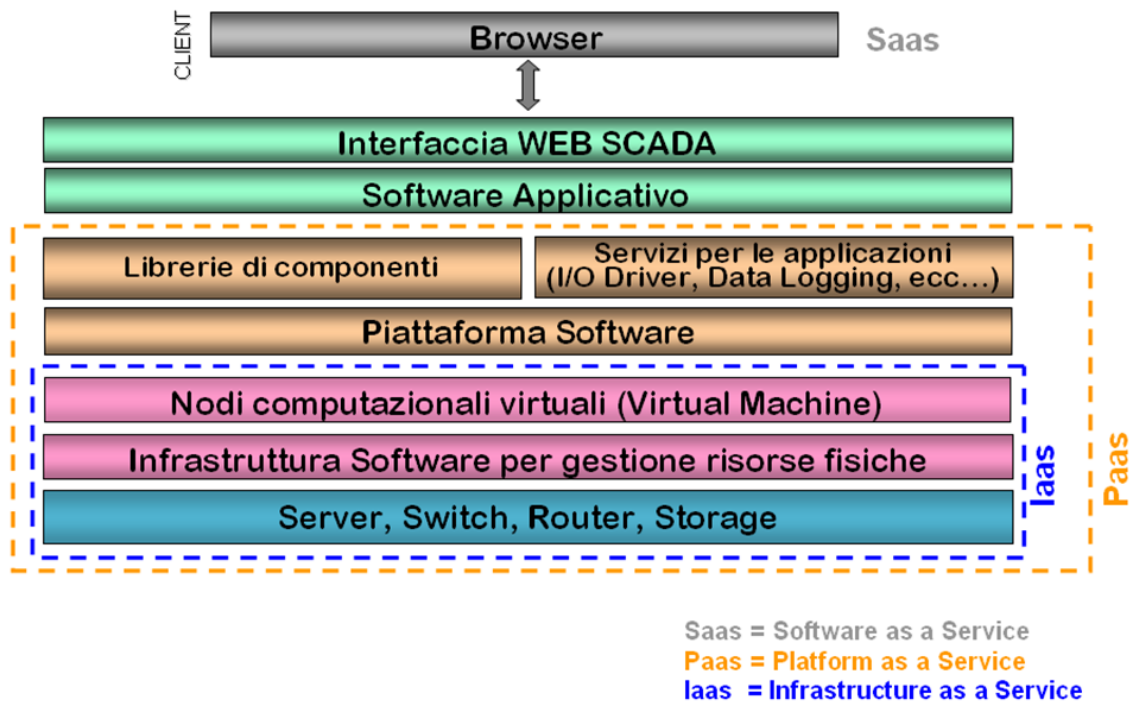


Figura 3 – La piattaforma di Cloud Computing

Il server ospita le macchine virtuali dove sono installati i servizi di gestione del database SQL e di logging, nonché i servizi di comunicazione verso i device remoti, verso l'applicazione WEB di telecontrollo o qualsiasi altra applicazione verticale interoperabile su piattaforma Cloud (Paas).

Il software applicativo di telecontrollo sviluppato in ambiente WEB consente via Internet da qualsiasi postazione mobile e/o fissa la visualizzazione ed il controllo in tempo reale dei dati di campo provenienti da reti wireless di sensori, sonde, attuatori, ecc..., nonché l'analisi dei dati storici.

L'infrastruttura HW/SW suindicata di Cloud Computing è ospitata presso l'IDC (Internet Data Center) di Intesis per pubblicare i sistemi di monitoraggio e telecontrollo secondo il concetto di "software as service" (SaaS).

La stessa piattaforma software per i sistemi di telecontrollo di reti acqua e ambiente, costituita da software applicativi aperti e interoperabili, può essere adottata per l'implementazione di smart systems su piattaforme cloud, "pubbliche" e "private".

Le Figure 4-5-6 illustrano alcune delle funzionalità applicative tipiche di un sistema di telecontrollo (monitoraggio e controllo delle linee di processo, log allarmi, trend misure, elaborazioni periodiche, esportazione dati, ecc.), fruibili dal portale del PON In.Te.R.R.A. ed accessibili attraverso le credenziali rilasciate ai vari partner che concorrono ai diversi OR del progetto.

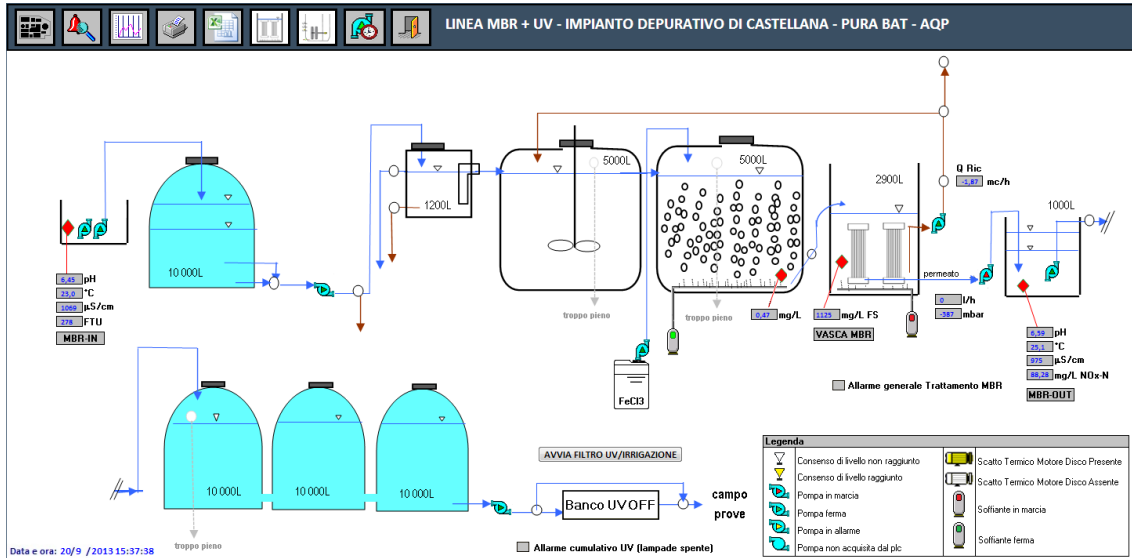


Figura 4– Linea MBR Castellana

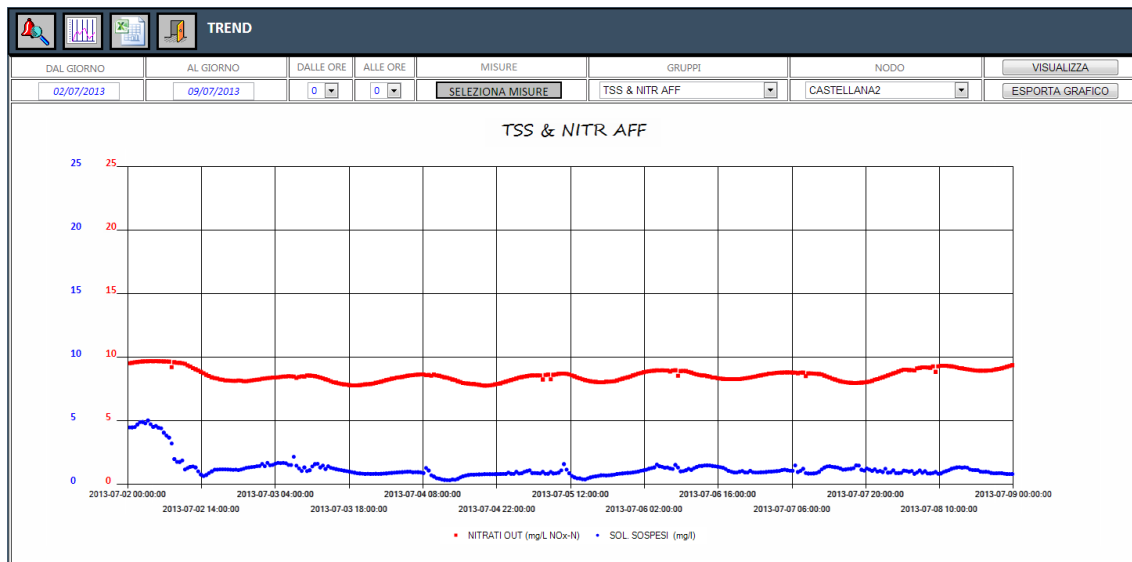


Figura 5 – Trend misure

ESPORTAZIONE DATI IMPIANTO DEPURATIVO DI CASTELLANA - PURA BAT - AQP

DAL GIORNO: SETTEMBRE 19 AL GIORNO: 20 DALLE ORE: 11 ALLE ORE: 11

NODO: CASTELLANA1

MISURA: TEMPERATURA MBR-OUT

Esporta Misura: Selezione Misura

Elimina	NODO	TAG	DAL GIORNO	AL GIORNO
Elimina	CASTELLANA1	CONDUCIBILITA MBR-OUT	19/09/2013 11:00:00	20/09/2013 11:00:00
Elimina	CASTELLANA1	INTENSITA RADIAZIONE UVC MBR		
Elimina	CASTELLANA1	SOL SOSPESI VASCA MBR		
Elimina	CASTELLANA1	PORTATA FT-01 MBR-OUT		
Elimina	CASTELLANA1	LIVELLO LSP-01 VASCA MEMBRANE MBR		
Elimina	CASTELLANA1	pH MBR-OUT		
Elimina	CASTELLANA1	TEMPERATURA MBR-OUT		
Elimina	NOCI	CONDUCIBILITA		
Elimina	NOCI	NITRATI		
Elimina	NOCI	pH		
Elimina	NOCI	SOL SOSPESI		
Elimina	NOCI	TEMPERATURA		

Esportazione dati

ORARIO	NODO	TAG	VALORE
19/09/2013 11.12	CASTELLANA1	CONDUCIBILITA MBR-OUT	1130
19/09/2013 11.12	CASTELLANA1	CONDUCIBILITA MBR-OUT	1117
19/09/2013 11.42	CASTELLANA1	CONDUCIBILITA MBR-OUT	1130
19/09/2013 12.13	CASTELLANA1	CONDUCIBILITA MBR-OUT	1110
19/09/2013 13.13	CASTELLANA1	CONDUCIBILITA MBR-OUT	1105
19/09/2013 13.43	CASTELLANA1	CONDUCIBILITA MBR-OUT	1104
19/09/2013 14.13	CASTELLANA1	CONDUCIBILITA MBR-OUT	1097
19/09/2013 14.43	CASTELLANA1	CONDUCIBILITA MBR-OUT	1095
19/09/2013 15.13	CASTELLANA1	CONDUCIBILITA MBR-OUT	1102
19/09/2013 15.43	CASTELLANA1	CONDUCIBILITA MBR-OUT	1092
19/09/2013 16.13	CASTELLANA1	CONDUCIBILITA MBR-OUT	1094
19/09/2013 16.43	CASTELLANA1	CONDUCIBILITA MBR-OUT	1077
19/09/2013 17.13	CASTELLANA1	CONDUCIBILITA MBR-OUT	1076
19/09/2013 17.43	CASTELLANA1	CONDUCIBILITA MBR-OUT	1074
19/09/2013 18.13	CASTELLANA1	CONDUCIBILITA MBR-OUT	1070
19/09/2013 18.43	CASTELLANA1	CONDUCIBILITA MBR-OUT	1071
19/09/2013 19.13	CASTELLANA1	CONDUCIBILITA MBR-OUT	1065
19/09/2013 19.43	CASTELLANA1	CONDUCIBILITA MBR-OUT	1066
19/09/2013 20.13	CASTELLANA1	CONDUCIBILITA MBR-OUT	1055
19/09/2013 20.43	CASTELLANA1	CONDUCIBILITA MBR-OUT	1058
19/09/2013 21.13	CASTELLANA1	CONDUCIBILITA MBR-OUT	1058
19/09/2013 21.43	CASTELLANA1	CONDUCIBILITA MBR-OUT	1044
19/09/2013 22.13	CASTELLANA1	CONDUCIBILITA MBR-OUT	1041

Figura 6 – Esportazione dati

4. Il Partner CNR-IRSA: esempi di fruizione del portale

Il portale realizzato da Intesis nell'ambito del progetto "In.Te.R.R.A." è stato utilizzato dai partner dello stesso progetto per il controllo degli impianti sperimentali e per l'acquisizione di dati in tempo reale.

L'IRSA-CNR ha cercato di sfruttare tutte le potenzialità del portale sin dalla sua prima pubblicazione (ottobre 2012), partecipando, come utente critico, al miglioramento dello stesso.

Di seguito alcuni esempi significativi di fruizione del portale da parte di CNR-IRSA - BARI.

A. Controllo dello stato di funzionamento dell'impianto

Una funzione di particolare importanza per l'utilizzatore finale si è rivelata l'acquisizione dei cambi di stato e degli allarmi relativi ai macchinari in funzione. Incrociando i dati provenienti dai sensori che forniscono le condizioni operative dell'impianto (livello, pressione, portata) con i segnali di stato e allarme relativi a pompe, motori etc, è possibile:

- conoscere in tempo reale il funzionamento dell'impianto;
- intervenire prontamente per risolvere i problemi e malfunzionamento.

In figura 7 si riportano i grafici di TMP (TransMembrane Pressure) e livello in vasca nell'impianto MBR di Castellana.

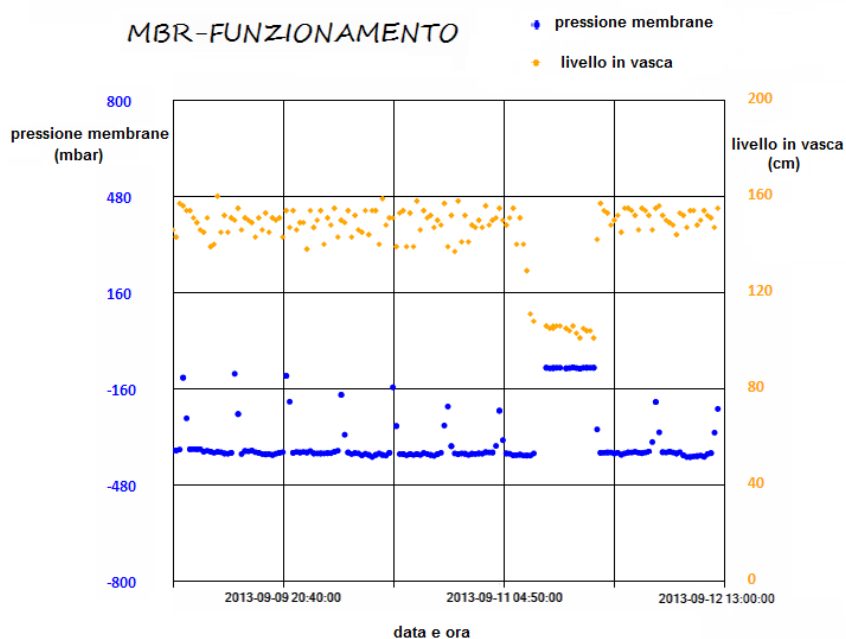


Figura 7 - TMP (TransMembrane Pressure) e livello in vasca in un impianto MBR.

Il repentino abbassamento del livello sino al valore di circa 104cm (livello di stop della pompa di estrazione permeato, che è la pompa che esercita la pressione sulle membrane) unitamente all'annullamento della TMP, indica un probabile intasamento a monte della vasca in questione. I cambi di stato relativi alla pompa di alimentazione confermano che la stessa è rimasta spenta durante il medesimo periodo.

In maniera analoga, incrociando i dati di funzionamento della pompa di alimentazione con quelli della pompa di estrazione permeato, è stato possibile accorgersi del fatto che un operatore aveva lasciato una valvola di spurgo aperta.

Sullo stesso impianto negli ultimi mesi, a causa di un malfunzionamento del misuratore di portata, è stato possibile stimare la portata trattata dall'impianto a partire dai tempi di accensione della pompa di alimentazione.

B. Supporto operativo alla risoluzione dei problemi

I dati relativi ai cambi di stato e agli allarmi hanno permesso in più di un'occasione di diagnosticare le cause che hanno determinato alcune anomalie degli impianti dimostrativi, come è avvenuto a giugno 2013 per il pilota FDG (Filtro a Dischi a Gravità).

L'FDG filtra per gravità ed effettua dei lavaggi automatici (azionando un disco rotante) in funzione del livello in vasca: il lavaggio parte quando si raggiunge un livello massimo (L3) e finisce dopo un tempo prestabilito, che si inizia a contare a partire dal momento in cui il livello è sceso sotto un livello intermedio (L2).

Dal portale si è osservato che livellostati regolarmente acquisiti dal sistema indicavano due segnali contrastanti: risultava che l'acqua in vasca si trovava al livello di massimo (L3) ma allo stesso tempo era sotto il livello intermedio (L2).

Queste due segnalazioni contrastanti generavano l'avvio e il successivo spegnimento del disco rotante con frequenza molto elevata, causando così il surriscaldamento del motore.

Grazie a queste informazioni e all'osservazione sul campo della presenza di schiume vicino ai sensori di livello, si è potuto risolvere il problema tramite l'inserimento di una protezione per le aste di livello.

C. Acquisizione di dati di processo (sonde)

Il monitoraggio in continuo tramite sonde di pH, conducibilità, torbidità, nitrati e solidi sospesi, permette di aumentare notevolmente la quantità di dati acquisiti, sia direttamente che indirettamente, cioè tramite una correlazione tra un parametro monitorato in continuo ed un altro parametro misurato in laboratorio sui campioni prelevati settimanalmente.

Nel caso dell'FDG, il portale ha fornito un'informazione sulle caratteristiche delle acque in ingresso (la concentrazione di solidi è molto variabile nelle 24h), che non si sarebbe potuto avere con semplici campionamenti all'interno della finestra di campionamento abituale (8-13).

Così come per il pilota MBR, i valori di pH osservati in continuo hanno permesso di capire che, in caso di prolungati intasamenti di una delle pompe, si possono attivare fenomeni biologici che producono un forte abbassamento di pH.

D. Raccolta di informazioni in continuo (funzione data-logger)

Il portale funziona, infine, come data logger. È possibile scaricare le informazioni in esso contenute (dati dei sensori, cambi di stato e allarmi) in qualsiasi momento e da qualsiasi luogo.

5. Risultati e Conclusioni

Il portale del PON In.Te.R.R.A., a un anno dalla prima pubblicazione (ottobre 2012) è attualmente operante con le funzionalità di monitoraggio real-time, consultazione trend, storicizzazione allarmi.

Di qui alla scadenza del PON prevista per ottobre 2014, il portale è in corso di implementazione per l'integrazione di ulteriori funzionalità quali:

- generazione e-mail spontanee di allarme vs i soggetti interessati,
- abilitazione/comando a distanza degli impianti sperimentali,
- ottimizzazione dell'automazione dei trattamenti di affinamento,
- integrazione dei dati campionati ed analizzati in laboratorio dai vari enti di ricerca Partner (Università, CNR, ecc...),
- pubblicazione dei risultati della ricerca.

Nel rispetto degli obiettivi specifici suindicati il percorso tecnologico tracciato proseguirà sulla strada della standardizzazione finalizzata ad implementare una piattaforma di Cloud Computing per i sistemi di monitoraggio e telecontrollo a servizio della risorsa idrica e dell'ambiente, costituita da software applicativi aperti e sempre più interoperabili per Smart Systems, come illustrato in Figura 8.

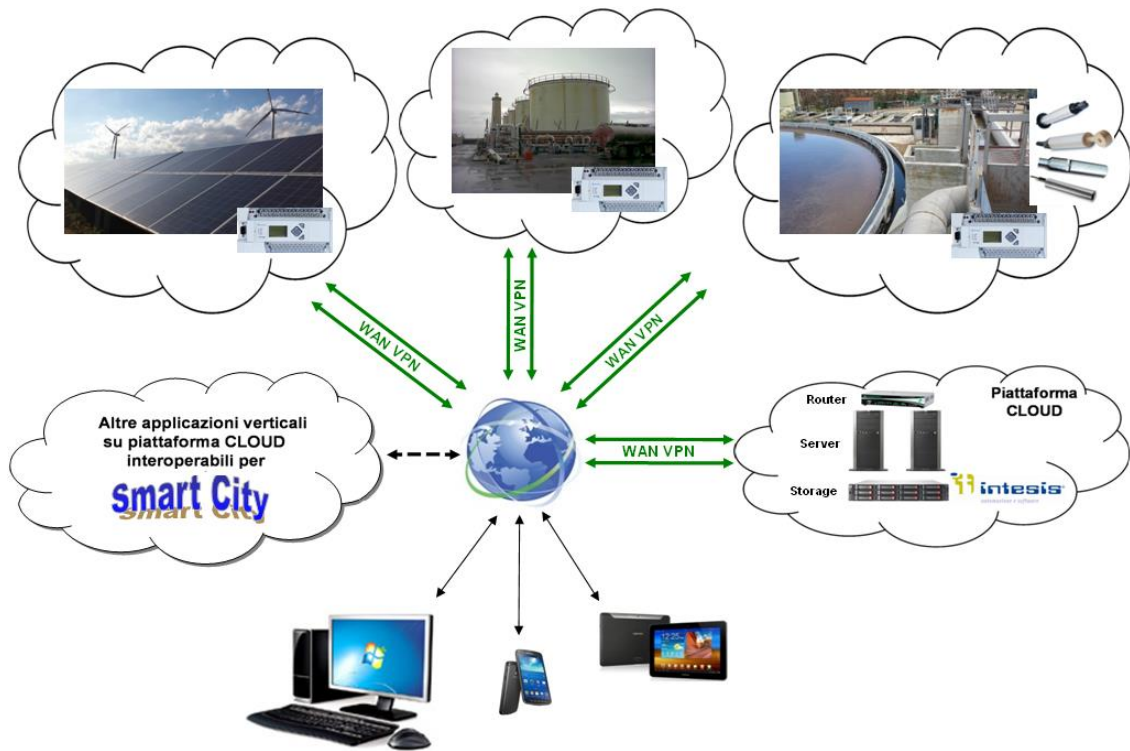


Figura 8 – Architettura di Cloud Computing per Smart Systems.

INTESIS e CNR-IRSA desiderano ringraziare il Ministero dell'Istruzione Università e Ricerca (MIUR) per il suo supporto finanziario del progetto PON In.Te.R.R.A. N. 01_01480_11, nell'ambito del Programma Italiano "PON Ricerca e Competitività 2007-2013"