

Servizi WebGIS per il monitoraggio e la gestione delle emergenze: l'applicazione al sistema idropotabile delle sorgenti di Santa Fiora

Letizia Costanza (*), Luca Angeli (*), Carlo Brandini (*),
Roberto Costantini (*), Raffaella Ferrari (*), Lucia Innocenti (*),
Alberto Ortolani (*), Massimo Bellatalla (**)

(*) Consiglio Nazionale delle Ricerche - Consorzio LaMMA - via Madonna del Piano, 10 - 50019 Sesto Fiorentino (FI) –
tel. +39.055.448301 - www.lamma-cres.rete.toscana.it - costanza@lamma-cres.rete.toscana.it
(**) Acquedotto del Fiora S.p.A., via Mameli, 10 - 58100 Grosseto

Riassunto

In questo lavoro viene descritta l'applicazione al monitoraggio delle risorse idriche implementata presso le sorgenti di Santa Fiora (Grosseto) che, sotto la responsabilità italiana, tramite la Fondazione per il Clima e la Sostenibilità e le strutture del Consorzio LaMMA, permette di acquisire dati e individuare tempestivamente le eventuali situazioni di crisi a carico del sistema di approvvigionamento idropotabile, fornendo anche scenari futuri, a supporto della definizione di opportuni piani di intervento. Tale sistema deriva dall'applicazione del progetto europeo OSIRIS (Open architecture for Smart and Interoperable networks in Risk management based on In-situ Sensors, www.osiris-fp6.eu) - VI Programma Quadro EU - che vede coinvolti 13 partners (tra enti di ricerca, imprese, utenti istituzionali e operativi) di 7 paesi europei. Il progetto ha sviluppato un'architettura di servizi web accessibili via INTERNET, ad alto livello di automazione e interoperabilità, per la gestione remota di sensori eterogenei (fissi e mobili) e l'elaborazione di dati per il monitoraggio e la gestione di crisi ambientali, sia in relazione a disastri naturali, che a incidenti industriali di varia natura.

Abstract

This paper describes the application carried out for underground water monitoring and crisis management implemented at Santa Fiora (Grosseto) water springs under the responsibility of the Foundation for Climate and Sustainability and LaMMA Consortium. The experimental system allows data acquisition and early identification of crises in the drinking water supply system, for supporting the assessment of proper intervention plans. This system is an application of the Integrated Project of the Sixth Framework Programme OSIRIS (Open architecture for Smart and Interoperable networks in Risk management based on In-situ Sensors, www.osiris-fp6.eu) that involves 13 partners (from research institutes, enterprises, institutional and operational users) of 7 European countries. The project has developed a service oriented architecture, accessible through INTERNET, with high levels of automation and interoperability, for the remote management of heterogeneous sensors (fixed and mobile) and the data processing for monitoring and managing environmental crises arising from natural hazard as well as industrial accidents (water pollution, urban air pollution, forest fires etc).

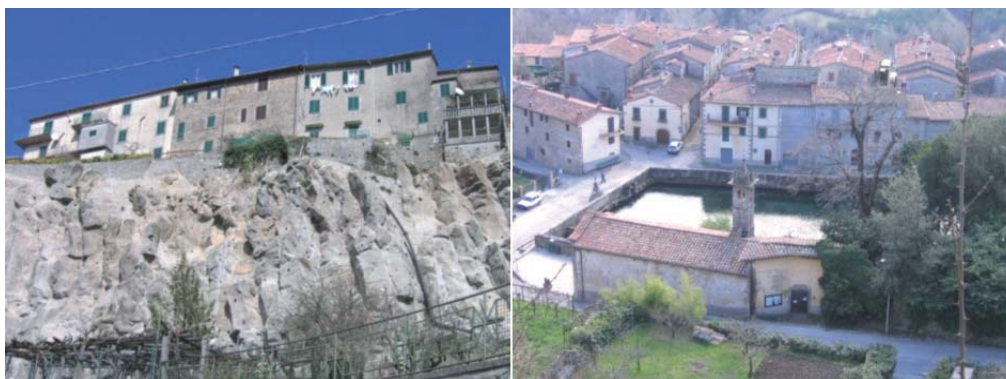
Premessa

La necessità di un costante monitoraggio e una gestione sostenibile delle acque dovrebbero promuovere, da parte delle istituzioni preposte, la messa in atto di programmi e misure volte a garantire l'equilibrio del bilancio idrico e la sua salvaguardia, prevenendo danni irreversibili alla risorsa idrica e garantendone un uso ottimale, in termini di disponibilità e qualità.

L'Italia, come molti altri paesi del Mediterraneo, sta sperimentando un costante aumento del consumo di acqua (per usi civili, industriali e agricoli), nonché una riduzione (in media) della ricarica delle falde, condizioni di rischio per un eventuale deficit idrico permanente.

Ad eccezione dell'inverno 2008, nell'ultimo decennio si assiste infatti a un aumento dei periodi di siccità, interrotti da precipitazioni più concentrate in eventi pluviometrici intensi e quindi meno efficaci per la ricarica delle falde idriche.

Nella provincia di Grosseto, che si trova nella parte meridionale della Toscana, il livello di attenzione sulla gestione della risorsa idrica è particolarmente elevato poiché, per alcuni decenni, si è sperimentato un drammatico declino in termini di quantità delle riserve di acqua, a causa degli effetti combinati dei cambiamenti climatici e delle attività antropiche. In questo lavoro viene descritta l'applicazione al monitoraggio delle risorse idriche sotterranee ad uso potabile di specifiche tecnologie web per la gestione dei sensori, realizzata nell'ambito del progetto OSIRIS, all'interno del programma GMES (Global Monitoring for Environment and Security <http://www.gmes.info>).



Il progetto OSIRIS

Il principale obiettivo di OSIRIS è quello di creare un sistema di monitoraggio per gestire diverse situazioni di crisi ambientale, attraverso un'efficiente sequenza di *data processing* in cui i sensori in-situ sono connessi attraverso una rete di infrastrutture intelligente e versatile (basata su tecnologie web) che permette agli utenti finali di accedere da remoto alle informazioni *multi-domain* dei sensori.

Il progetto, impostato intorno a quattro aree chiave di grande rischio ambientale (incendi boschivi, rischi industriali, inquinamento di acqua potabile e inquinamento dell'aria in aree urbane), si è concluso con l'organizzazione di quattro giornate dimostrative rispettivamente nel Sud-Est della Francia per gli incendi boschivi, nella città di Aquisgrana, Germania, per gli incendi in edifici industriali, nella Provincia di Grosseto, Italia, per l'inquinamento della falda acquifera e nella città di Valladolid, Spagna, per l'inquinamento dell'aria. L'obiettivo principale delle quattro giornate è stato quello di dimostrare sperimentalmente il valore aggiunto di OSIRIS negli scenari di monitoraggio e di crisi, combinando diverse tipologie di sensori integrati alla rete sensoristica preesistente e quindi migliorando l'efficienza globale degli utenti e la loro risposta nei confronti della crisi.

Nello specifico, agli strumenti di misurazione già in uso dall'acquedotto (tubo venturi per la misura della portata nella galleria principale e due freatimetri per la misura del livello di falda e di temperatura), sono stati aggiunti l'analizzatore per arsenico, il fluorimetro e una stazione meteo portatile, il tutto implementato in un'unica rete di monitoraggio.

L'applicazione al sistema idropotabile delle sorgenti di Santa Fiora

Le sorgenti sotterranee di Santa Fiora (Monte Amiata, Grosseto), che con 600-700 l/s forniscono un apporto fondamentale per l'approvvigionamento idropotabile delle province di Grosseto e Siena, sono state scelte come area pilota per la progettazione e l'implementazione di un sistema di monitoraggio per il controllo continuo e automatico della qualità e della quantità dell'acqua, particolarmente adatto per acquiferi molto vulnerabili.

Il sistema implementato per la dimostrazione relativa alla qualità delle acque è stato realizzato, nello specifico, per il controllo di arsenico e idrocarburi, ma l'architettura potrebbe essere direttamente estesa a monitorare altri tipi di sostanze chimiche normalmente presenti in acqua in concentrazioni variabili o accidentalmente sversate in punti vulnerabili.

Infatti, i livelli di arsenico prossimi ai valori di legge (a causa della natura vulcanica del sito), anche con consistenti fluttuazioni stagionali, e l'elevata vulnerabilità a potenziali fonti di inquinamento antropico (transito di autocisterne sulla rete stradale, stazioni di rifornimento carburanti e cisterne per il riscaldamento domestico) sono le principali problematiche, comuni ad altre aree europee, riscontrate nell'ambito dell'acquifero di Santa Fiora.



L'applicazione relativa alle acque sotterranee ha suscitato un grande interesse negli utenti finali istituzionali e operativi portando la Regione Toscana, l'Acquedotto del Fiora e l'Istituto di Biometeorologia del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-Ibimet) a finanziare parte della sperimentazione e della ricerca: più precisamente la Regione Toscana ha coperto i costi per l'acquisto dell'analizzatore per arsenico e della sonda per la rilevazione degli idrocarburi (fluorimetro); l'Acquedotto del Fiora ha provveduto alla realizzazione della rete di comunicazione dei vari sensori; il CNR-Ibimet ha acquistato e implementato il software per la modellizzazione idrogeologica utilizzato per la caratterizzazione dell'acquifero in studio.

Per la dimostrazione sono stati scelti due siti dell'area delle sorgenti di Santa Fiora:

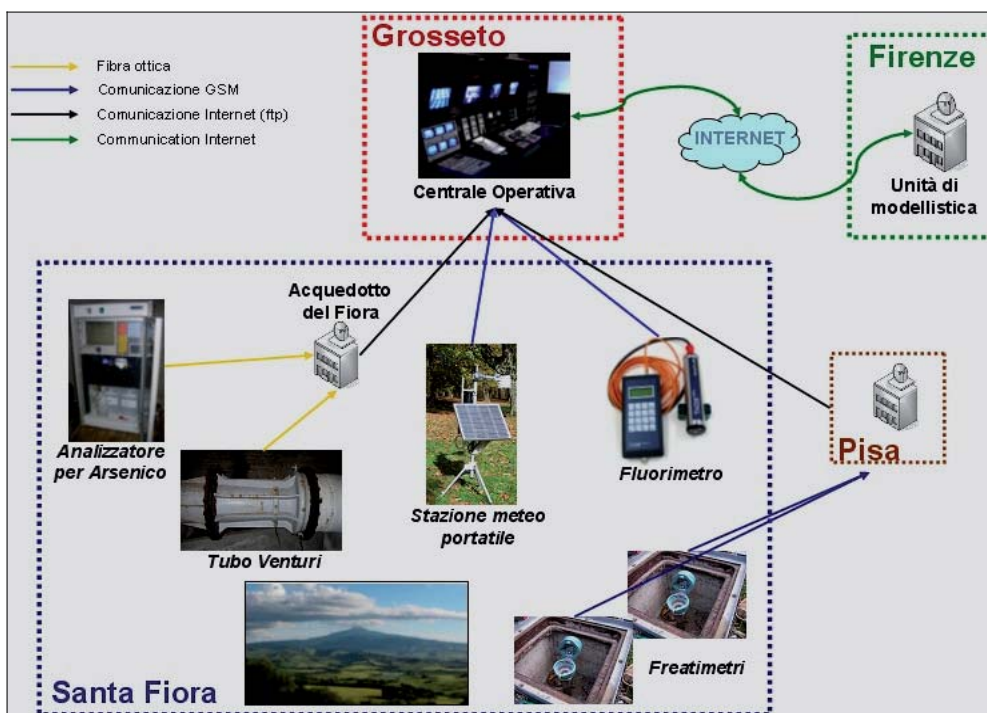
1. la principale galleria di captazione (Galleria Nuova), per il monitoraggio in continuo della concentrazione di arsenico: in tre dei cinque rami della galleria sono stati realizzati i sistemi di campionamento automatici, equipaggiati con pompe peristaltiche e collegati all'analizzatore attraverso una rete idraulica appositamente costruita;
2. l'area in superficie prossima allo sviluppo della galleria e adiacente alla principale strada di accesso al paese di Santa Fiora, in cui è presente un adeguato numero di piezometri finalizzati al monitoraggio della falda, per la simulazione dello sversamento di idrocarburi.

L'architettura

OSIRIS ha sviluppato un'applicazione sul monitoraggio di arsenico e idrocarburi applicabile a diversi contesti (monitoraggio sistematico o supporto a crisi per contaminazione da diversi inquinanti), attraverso la realizzazione di un'architettura scalabile, orientata ai servizi, rivolta allo *smart deployment*, all'uso e alla riconfigurazione di sistemi di sensori in-situ. La natura riconfigurabile dell'architettura realizzata permette di gestire in un unico sistema situazioni di normale monitoraggio oppure di crisi, consentendo la variazione delle modalità di misura e di visualizzazione dei dati, l'aggiunta e/o lo spostamento di sensori, anche in funzione degli output del modello idrogeologico appositamente calibrato per l'area.

Le soluzioni innovative implementate per OSIRIS, combinando una rete di sensori eterogenea e un'architettura orientata alla comunicazione e ai servizi in un sistema di monitoraggio controllato in remoto, realizzano alcuni requisiti fondamentali espressi dagli utenti operativi locali, che possono essere riassunti come segue:

- una rete strutturale di sensori in-situ gestibile da remoto, per il monitoraggio "ordinario",
- sensori supplementari portatili (anch'essi gestibili da remoto), per le condizioni di emergenza,
- elevata autonomia di ogni nodo della rete e minima probabilità di interruzione del servizio,
- capacità di archiviazione delle misure per l'analisi off-line dei dati.



La necessità di poter dispiegare in modo rapido sensori supplementari, in situazioni ambientali non facili (gallerie, pozzi, sorgenti montane, etc...) e con sistemi di trasmissione dati eterogenei (fibra ottica, GSM, rete telefonica fissa) ha richiesto la realizzazione di un'architettura flessibile, tale da permettere una riconfigurazione del sistema in tempo quasi reale.

Il sistema di monitoraggio

Il sistema implementato permette di gestire sia la fase di normale monitoraggio continuativo, sia quella dell'emergenza.

- ! La fase di **monitoraggio continuativo** permette all'Acquedotto di tenere costantemente sotto controllo parametri di quantità e di qualità delle sorgenti di Santa Fiora; oltre alla misura di parametri quantitativi, quali la portata istantanea e il livello piezometrico giornaliero della falda, particolare attenzione è data al controllo della concentrazione di arsenico e alla presenza di idrocarburi policiclici aromatici:
 - la misura della *normale* (entro i limiti di legge) concentrazione di arsenico (attraverso un campionamento automatico biorario nei tre punti di captazione) permette di creare una banca dati di fondamentale importanza per poter comprendere (a seguito di elaborazioni *off-line* e di possibili correlazioni con altri dati, quali portata, pH, potenziale redox, etc.) le dinamiche delle variazioni di concentrazioni di arsenico nell'acqua di falda;
 - il monitoraggio, con misure effettuate ogni 15 minuti nella vasca di desabbatura (che raccoglie le acque provenienti dalle due gallerie situate al di sotto del paese di Santa Fiora, dette Galleria Bassa e Galleria Carolina), consente di intercettare in modo pressoché immediato un eventuale inquinamento dovuto all'accidentale rottura dei serbatoi di gasolio per l'alimentazione degli impianti di riscaldamento domestico.
- ! la fase di **emergenza** può riguardare sia un superamento della concentrazione massima consentita di Arsenico, nelle acque della sorgente principale (Galleria Nuova), sia l'evento di un incidente stradale che vede coinvolta un'autocisterna con il conseguente sversamento del contenuto di idrocarburi (soprattutto benzina o gasolio).
 - **Scenario di inquinamento da arsenico.** Questa fase ha inizio quando la misura della concentrazione di arsenico supera la soglia stabilita (che può essere quella consentita per legge o una soglia di sicurezza inferiore); una mail di allerta viene inviata automaticamente dal sistema OSIRIS all'operatore dell'Acquedotto del Fiora determinando l'inizio delle attività di crisi, e, conseguentemente, l'attivazione di particolari procedure per evitare che tale situazione si ripercuota nell'ambito della rete idrica (per esempio, interrompendo l'immissione nella rete delle acque della Galleria Nuova).
 - **Scenario di inquinamento da idrocarburi.** Questa fase ha inizio con la notifica dell'incidente stradale da parte di un canale della protezione civile (es. polizia stradale) all'Acquedotto del Fiora e prosegue con l'installazione di una stazione meteo portatile nell'area dell'incidente (per la misura degli eventi meteorologici, quali input del modello idrogeologico) e del fluorimetro (sonda per la misura della concentrazione di idrocarburi) nel piezometro a più alto rischio di contaminazione, secondo il modello idrogeologico appositamente implementato. L'operatore addetto alla modellizzazione idrogeologica, raccolti tutti i dati disponibili dei sensori, insieme ai dati meteorologici, effettua un ulteriore *run* del modello, così da fornire all'Acquedotto nuove mappe di probabile distribuzione dell'inquinante nell'acquifero e, conseguentemente, decidendo per un eventuale riposizionamento dei sensori (sonda per gli idrocarburi e stazione meteo). L'eventuale effettiva contaminazione della falda darà luogo all'attivazione degli appropriati protocolli di protezione civile.

La realizzazione del sistema di monitoraggio descritto ha consentito all'Acquedotto del Fiora di ottenere a costi contenuti l'acquisizione continua e automatica delle misure effettuate dai particolari

sensori in-situ, grazie ai Sensor Web Enablement (SWE), specifici servizi web *open source* (standard dell'Open Geospatial Consortium - OGC).

Tali servizi web gestiscono l'archiviazione continua e la visualizzazione in tempo reale dei dati ricevuti, permettendo di effettuare successive analisi offline (es. confronti con altri parametri misurati manualmente), in modo da trovare possibili correlazioni che aiutino a comprendere le dinamiche dell'acquifero.

Un altro grande e immediato valore aggiunto per Acquedotto del Fiora (e, di conseguenza, per i cittadini utenti finali) è la possibilità di ricevere automaticamente allarmi, attraverso uno specifico servizio web di OSIRIS, permettendo una risposta immediata ad un evento di inquinamento della risorsa idrica.

L'interfaccia per accedere, monitorare e supervisionare i servizi OSIRIS e i dati in-situ è costituita da un portale web (corredato di una sezione cartografica web-GIS, che permette la visualizzazione georeferenziata dei sensori su cartografia e ortofoto), attraverso il quale l'utente (con livelli di accessibilità / protezione differenziati) è in grado di gestire:

- i dati dei sensori (dati di qualità/quantità delle acque, dati meteorologici), in alcuni punti fissi o riposizionati (scenario di crisi degli idrocarburi);
- i risultati del processing, provenienti dal modello idrologico-idrogeologico;
- gli allarmi;
- la supervisione dei servizi OSIRIS (limitata all'amministratore del portale web);
- l'inserimento manuale dei dati.

Conclusioni

La giornata dimostrativa tenutasi a Santa Fiora il 18 febbraio 2009, organizzata con la collaborazione del personale di Acquedotto del Fiora e grazie al supporto del Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Grosseto, ha permesso di implementare e testare in condizioni reali il sistema OSIRIS in tutte le sue funzionalità: il monitoraggio continuativo, la simulazione dei due scenari di emergenza qui descritti (superamento della soglia massima consentita di Arsenico e sversamento da autocisterna in conseguenza di incidente) e simulazione della messa in opera di tutte le azioni che tali situazioni comportano (invio automatico e ricevimento degli allarmi, operatività del personale addestrato per affrontare tali situazioni, spostamento e aggiunta di sensori, run del modello idrogeologico, osservazione dell'evoluzione delle misure attraverso il portale web, etc...). La dimostrazione del sistema di monitoraggio delle acque sotterranee ha avuto riscontro pienamente positivo, sia dal punto di vista tecnico che in termini di interesse espresso dai circa 40 operatori tecnici di altri Acquedotti e/o di Enti pubblici preposti alla salvaguardia della risorsa idrica (AATO, ARPAT, Autorità di Bacino, etc...), che hanno preso parte a tale giornata dimostrativa in qualità di osservatori.

Nel corso dei prossimi mesi verranno effettuate ulteriori prove di calibrazione dell'analizzatore per arsenico, sulla base di specifici campionamenti e misure in laboratorio.

Bibliografia

- Botts M., Percivall G., Reed C., and Davidson J. (2006): OGC Sensor Web Enablement: Overview and High Level Architecture, OGC White Paper, July 2006
- Dall'Aglio M., Barbieri M., Bazzoli P., Venanzi G. (2001): Drinking Water Quality in the Grosseto Province, Tuscany, Italy. An appraisal on the basis of the study of water rock interaction. Published in the proceedings of the Water Rock Interaction (WRI-10) International Congress. Cagliari, June 2001. Vol. 2, 1059-1062
- Diersh, H. J. G. FEFLOW 5.3 (2006): Finite element subsurface flow and transport simulation system. WASY Institute for Water Resources Planning and Systems Research. LtdGmbH.
- WHO (2004) Guidelines for drinking water quality. 3rd edition. Volume 1- Recommendations, Geneva WHO, 2004