

## **SensorWebBike: una piattaforma per il monitoraggio ambientale partecipativo**

Tiziana De Filippis (\*), Leandro Rocchi (\*), Elena Rapisardi (\*\*), Alessandro Zaldei (\*), Carolina Vagnoli (\*), Francesca Martelli (\*)

(\*) Istituto CNR - IBIMET

(\*\*) Dottoranda Dip. di Scienza della Terra - UNITO

### **Riassunto**

Negli ultimi anni lo sviluppo sostenibile ed una più efficiente politica ambientale sono diventati punti chiave per il benessere pubblico. La sicurezza percepita dai cittadini aumenta se la pubblica amministrazione adotta politiche volte ad una migliore e trasparente gestione dell'ambiente. Da questo punto di vista il monitoraggio ambientale urbano è uno strumento chiave per la messa a punto di servizi informativi espliciti e continuativi in grado di fornire dati sia per prendere decisioni sia per agire in modo corretto con interventi mirati sul territorio.

Attualmente i dati non rispondono sempre alle specifiche di interoperabilità, spesso a causa di politiche "chiuse" di gestione. Ma le innovazioni nell'ICT permettono oggi di integrare le infrastrutture dati esistenti con sistemi partecipativi che coinvolgono diversi stakeholders, compresi gli stessi cittadini.

SensorWebBike [SWB] è una piattaforma composta da un'Infrastruttura di Dati Spaziali *real time* e un'interfaccia web che propone un approccio partecipativo e aperto per il monitoraggio ambientale in ambito urbano. I ciclisti, montando sulle loro biciclette la sensor's box, un dispositivo mobile *lowcost* in grado di misurare parametri ambientali, diventano sensori mobili volontari. Attraverso la connessione GPRS, i sensori trasmettono dati geolocalizzati su ambiente e qualità dell'aria alla piattaforma remota, la WebApp permette di gestire e analizzare i dati raccolti attraverso un browser. Il sistema SWB inoltre è stato sviluppato affinché la raccolta e la gestione dei dati, sia *compliant* ai più diffusi standard OGC per l'intero processo di trattamento.

Il prototipo è stato testato a Firenze e la WebApp è disponibile online. SWB per il clima urbano permette di gestire le misure rilevate, eseguire analisi statistiche e visualizzare le informazioni sotto forma di mappa o di grafico.

La natura trasversale ed *open* della piattaforma SWB, permette di fornire diversi strumenti per la condivisione di dati validati così da migliorare l'interazione con gli utenti finali, contribuendo ad aumentare la consapevolezza del cittadino sui temi legati all'ambiente e alla qualità dell'aria attraverso il loro coinvolgimento proattivo.

### **Abstract**

In recent years, sustainable development and a more efficient environmental policy have become key issues for the public welfare. The perceived safety by citizens increases if the government adopts policies to a better and transparent management of the environment. From this point of view, urban environmental monitoring is a key tool for the development of information services continuing and explicit able to provide data and to make decisions in a proper way with targeted interventions in the area.

Currently the data not always respond with the interoperability specifications, often due to political "closed" management. But innovations in ICT now allow us to integrate the existing data infrastructure with participatory systems involving different stakeholders, including the citizens themselves.

SensorWebBike [ SWB ] is a platform consisting of a real time Spatial Data Infrastructure (SDI) and a web interface that offers an open and participatory approach for environmental monitoring in urban areas. Cyclists can become volunteers mobile sensors, capable of measuring environmental parameters using a sensor's box, a mobile device low-cost, mounted on their bicycles. Through the GPRS connection, the sensors transmit data on geo-environment and air quality at the remote

platform, the WebApp allows you to manage and analyze the data collected through a browser. The system SWB has also been developed so that the collection and management of data are compliant with the most widespread OGC standards for the entire treatment process.

The prototype was tested in Florence and the WebApp is available online. SWB for urban climate allows you to manage the measurements, statistical analysis and visualizing information in the form of maps or charts.

The open and cross-cutting nature of SWB platform provide useful tools for sharing validated data in order to improve the interaction with end users, helping to increase citizen awareness on issues related to the environment and air quality through their proactive involvement.

## Introduzione

Uno sviluppo sostenibile ed una efficace politica ambientale sono cruciali per assicurare un ambiente sano e sicuro ai cittadini. Le persone infatti si sentono sicure nelle loro città quando le amministrazioni, locali e nazionali, sono chiaramente impegnate nel miglioramento e nella buona gestione dell'ambiente: un monitoraggio puntuale e continuo dell'ambiente urbano può contribuire a migliorare la vita quotidiana dei cittadini.

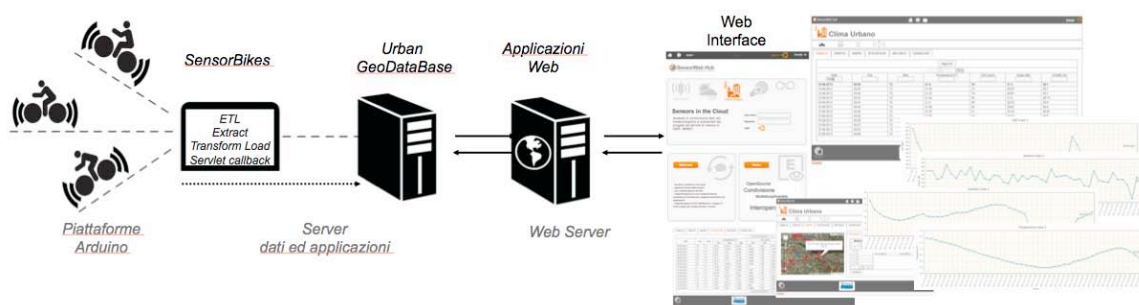


Figura 1 - Il sistema SensorWebBike

Il sistema "SensorWebBike" (Figura 1) è un'Infrastruttura di Dati Spaziali (SDI) collegata a sensori real-time che, unita ad una interfaccia web, costituisce una piattaforma partecipativa (Burke et al. 2006) per il monitoraggio ambientale urbano (De Filippis et al. 2013).

La valutazione dell'inquinamento atmosferico, per rispondere in maniera accurata alle crescenti esigenze d'informazione in ambito urbano, deve essere basata sull'integrazione tra dati meteorologici e di traffico che hanno diverse scale spaziali e temporali.

La comunità scientifica è sempre più consapevole che la partecipazione dei cittadini al monitoraggio ambientale rappresenta un valore aggiunto (Goodchild, 2007), qualora l'integrazione dei dati raccolti da volontari ed esperti garantisca l'attendibilità dei risultati (Robson, 2012).

La piattaforma SensorWebBike è suddivisa in diversi elementi con specifici compiti, che integrati, danno vita al network partecipativo proposto.

## Le SmartBox Arduino

La SmartBox (Figura 2) costituisce il risultato dell'integrazione del sistema di acquisizione delle informazioni ambientali in un unico oggetto dalle dimensioni contenute in grado di poter essere montata facilmente su una bicicletta (Figura 2). Il sistema è alimentato da una batteria che garantisce fino a 15 giorni di autonomia.

Il sistema è basato su una *sensor board* Arduino<sup>1</sup>, la cui scelta è dettata dalla sua duttilità e filosofia OpenSource, è stato programmato in modo tale da registrare le informazioni relative alla CO<sub>2</sub>, Rumore, Umidità e Temperatura ogni 2 minuti. Nella *sensor board* è stata implementata la chiamata diretta al servizio remoto preposto all'acquisizione dei dati registrati per il loro stoccaggio nel database centrale; la chiamata avviene tramite il protocollo *http* utilizzando il metodo *post*. Le

<sup>1</sup> <http://www.arduino.cc/>

informazioni spedite al database centrale sono omnicomprehensive delle relative coordinate geografiche rilevate dal GPS *on board*, secondo lo standard NMEA<sup>2</sup> RMC. Nel caso il GPS non sia in grado di effettuare i *fix* dei satelliti i dati verranno comunque inviati e salvati in un'apposita tabella non spazializzata; questo al fine di non perdere alcuna informazione grezza che può comunque essere utile ai fini di ricerca.



Figura 2 - SmartBox utilizzata da SensorWebBike



Figura 3 - La SmartBox montata su una Bicicletta

### Servlets per l'acquisizione dei dati

Nel primo prototipo è stato adottato un approccio classico per l'acquisizione dei dati ambientali in remoto, mediante lo sviluppo di moduli ETL (Extract Transform Load) che effettuano un *polling* a cadenza temporale su una cartella dove vengono memorizzate i dati misurati dopo essere stati organizzati in file ASCII CSV con regole specifiche a seconda della tipologia e frequenza di dati raccolti. Ai moduli ETL sono assegnati il compiti di *i*) effettuare un controllo iniziale sulla qualità dei dati, *ii*) di salvare quelli ritenuti corretti e *iii*) cancellare il file ASCII temporaneamente costituito.

Se da un lato questo tipo di approccio risulta essere piuttosto semplice da realizzare non richiede una particolare attenzione allo sviluppo di determinate procedure direttamente sulla piattaforma di acquisizione, ma sposta l'implementazione essenzialmente lato server; dall'altro risulta essere poco performante e soprattutto non permette un'acquisizione in tempo reale, ma differito e direttamente proporzionale al tempo richiesto dalla fase di *polling*.

SensorWebBike utilizza un approccio che permette di migliorare le performance del sistema di acquisizione e trasmissione dei dati. I dati vengono raccolti, controllati e stoccati attraverso una *servlet* residente in memoria. La *servlet*, sviluppata in J2EE, viene chiamata direttamente dalla *sensor board* Arduino attraverso una chiamata *http* con metodo *post*, ricevendo il record con i dati misurati in tempo reale.

La *servlet* effettua un controllo sul record inviato alla ricerca di dati aberranti e il controllo sulla validità delle coordinate GPS, le coordinate seguono le specifiche NMEA e vengono contestualmente convertite dalla procedura *server-side* seguendo il sistema di proiezione descritto dallo standard EPSG-4326<sup>3</sup>. Le operazioni di conversione sono rese possibili grazie all'utilizzo di specifiche funzioni della libreria PostGIS<sup>4</sup> installata nel database PostgreSQL<sup>5</sup> del sistema. I dati che non presentano coordinate valide (perché il GPS non ha effettuato il *fix*) verranno memorizzate in un'apposita tabella non spazializzata.

<sup>2</sup> <http://www.nmea.org/>

<sup>3</sup> <http://spatialreference.org/ref/epsg/4326/>

<sup>4</sup> <http://postgis.net/>

<sup>5</sup> <http://www.postgresql.org/>

Quest'approccio fornisce molti vantaggi in termini di performance, in quanto si evita la ri-scrittura e la relativa gestione di file contenenti i dati acquisiti; in questo modo le informazioni ambientali rilevate dalla *sensor board* verranno scritte nel database in tempo reale senza passaggi intermedi.

## Il Database

Il database di sistema è stato progettato con lo scopo di gestire in maniera ottimizzata la grande mole di dati ambientali inviati al sistema.

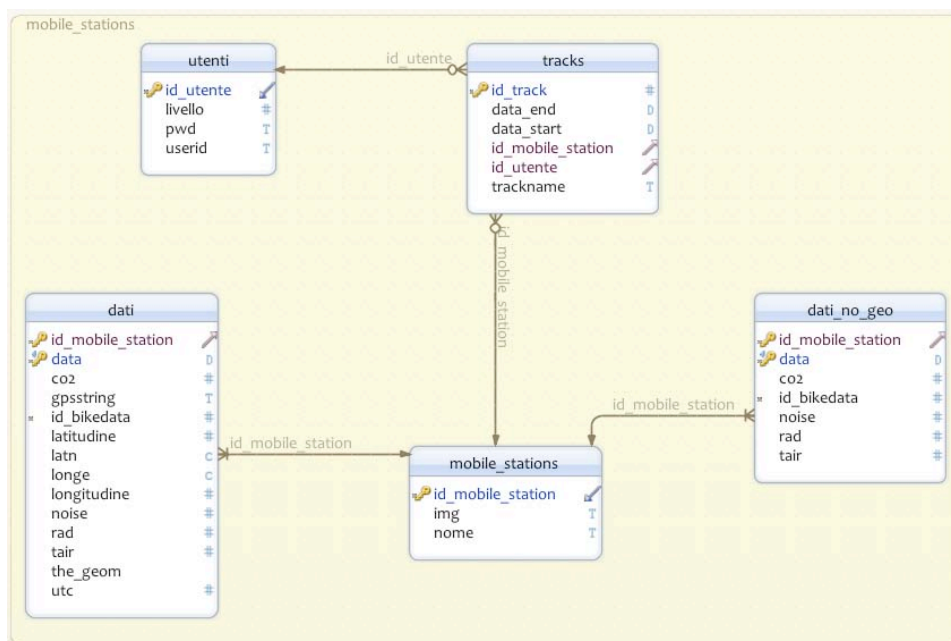


Figura 4 - Schema del DB Clima Urbano

La piattaforma SensorWebBike adotta come DataBase Management System (DBMS) PostgreSQL in quanto costituisce attualmente una delle soluzioni OpenSource più consolidate. Inoltre per la gestione delle informazioni geografiche sono state utilizzate le librerie PostGIS che hanno permesso di creare la tabella spaziale che include i dati ambientali raccolti con le relative coordinate.

Le funzioni di PostGIS sono state sfruttate anche per l'implementazione delle procedure d'importazione, di analisi dei dati e, non ultimo, per la generazione in tempo reale delle mappe rappresentanti le misure effettuate.

Tutti i dati raccolti hanno come riferimento la stazione mobile che li ha misurati, elementi censiti nella tabella *mobile\_stations* alla quale sono connesse tutte le altre tabelle.

La tabella *dati* si occupa dello stoccaggio dei dati misurati con le relative coordinate; in questa tabella sono contenute (oltre ai valori di CO<sub>2</sub>, Umidità, Rumore e Temperatura) anche informazioni relative al *timestamp* convertito secondo lo standard italiano e il valore UTC originale. Le informazioni di tipo geografico e geometrico sono salvate nel campo *geometry* della tabella, la conversione dallo standard NMEA è eseguita direttamente dalla servlet *save\_data* utilizzando le funzioni proprie di PostGIS. Nel caso di mancata informazione geografica, dovuta al mancato fix dei satelliti, i dati verranno comunque raccolti ed inseriti in una speciale tabella (*dati\_no\_geo*); in questo modo non si avranno perdite di dati e verrà garantita la possibilità di utilizzare quest'ultimi ai fini di analisi e ricerca.

Le informazioni ambientali possono essere correlate con informazioni aggiuntive atte a permettere l'associazione dei punti rilevati dalla SmartBox Arduino con un percorso. Questo tipo di associazione avviene collegando l'id della stazione mobile con la data di inizio e fine percorso e con un utente. Nelle prossime *release* del sistema è prevista l'implementazione di una APP in grado di gestire automaticamente questo tipo di associazione per la visualizzazione diretta di "percorsi per variable di qualità dell'aria", selezione che al momento rimane del tutto manuale. Grazie a queste

informazioni aggiuntive sarà possibile visualizzare su mappa anche il tracciato svolto da una bicicletta in un determinato periodo di tempo o in fasce orarie urbane di particolare interesse e/o criticità. Il Data Base così modellizzato per applicazioni a scala temporale e spaziale di notevole dettaglio offre notevoli potenzialità per divenire un riferimento per possibili ingegnerizzazioni di modelli ambientali a scala urbana e/o essere una nuova fonte dati per l'integrazione d'informazioni di supporto a modelli già in uso.

### La WebApp e il sistema software

Il sistema software comprendente la WebApp di consultazione e le procedure di analisi e gestione dei dati, è stato sviluppato in Java2EE, la scelta di Java e della tecnologia Java Server Page (JSF) ben si presta a rispondere agli obiettivi di portabilità e *royalty-free*. Il sistema funziona all'interno di un *Application Server* Apache TomCat (versione 6.0). L'interfaccia grafica è stata disegnata utilizzando la libreria PrimeFaces per JSF.

Il sistema SensorWebBike è stato progettato in un più ampio contesto di ricerca (<http://www.fi.ibimet.cnr.it/linee-di-ricerca/sistemi-di-supporto-alla-gestione-del-territorio>) che vede il CNR-IBIMET impegnato nella sperimentazione di soluzioni tecnologiche innovative ed integrazione di geomatica e ICT per la gestione sostenibile del territorio e l'uso efficiente delle risorse naturali (De Filippis et al. 2012; Bottai et al. 2010; Bottai et al. 2009).

L'accesso all'interfaccia web del SensorWebBike avviene tramite la connessione alla piattaforma CNR-IBIMET SensorWebHub <http://149.139.16.20/sensorwebhub>, sviluppata per l'accesso Open ai dati meteorologici ed ambientali acquisiti per diversi domini di applicazioni: Agrometeo, Clima Urbano, Micro-meteo, Energie rinnovabili, Indoor. Un primo step prevede la profilazione dell'utente e la scelta, sempre dalla pagina iniziale, del dominio che si intende consultare/utilizzare. Per accedere all'applicazione Web di SensorWebBike si dovrà scegliere il dominio "Clima Urbano".

Una volta effettuato il login, l'interfaccia del dominio "Clima Urbano" permette di visualizzare i dati acquisiti dalle SensorBike e salvati in tempo reale in formato tabellare. L'interfaccia fornisce alcuni strumenti per facilitare la navigazione dei dati quali filtri sui campi e la possibilità di scegliere il layout della tabella.

The screenshot shows the 'Clima Urbano' section of the SensorWeb Hub. It features a navigation menu with options like 'TABELLE', 'GRAFICI', 'MAPPE', 'STATISTICHE', 'METADATI', and 'DOWNLOAD'. Below the menu is a table with columns for 'Data', 'Ora', 'Bike', 'Temperature (C°)', 'CO2 (ppm)', 'Noise (dB)', and 'Umidità (%)'. The table contains 18 rows of data for the date 10-09-2013, with times ranging from 14:42 to 14:58. The temperature values are consistently around 24.1-24.13, CO2 values are between 604 and 683, noise values are between 34.0 and 36.7, and humidity values are between 57.6 and 57.7. The interface also includes a 'Aggiorna' button and a 'test' button in the top right corner.

| Data       | Ora   | Bike | Temperature (C°) | CO2 (ppm) | Noise (dB) | Umidità (%) |
|------------|-------|------|------------------|-----------|------------|-------------|
| 10-09-2013 | 14:58 | T1   | 24.1             | 683       | 36.67      | 57.6        |
| 10-09-2013 | 14:57 | T1   | 24.1             | -15346    | 36.0       | 57.6        |
| 10-09-2013 | 14:56 | T1   | 24.13            | 652       | 36.0       | 57.67       |
| 10-09-2013 | 14:55 | T1   | 24.1             | 658       | 36.0       | 57.63       |
| 10-09-2013 | 14:55 | T1   | 24.1             | 670       | 35.0       | 57.57       |
| 10-09-2013 | 14:54 | T1   | 24.17            | 662       | 35.0       | 57.7        |
| 10-09-2013 | 14:52 | T1   | 24.13            | 675       | 36.33      | 57.77       |
| 10-09-2013 | 14:50 | T1   | 24.2             | 662       | 35.67      | 57.87       |
| 10-09-2013 | 14:48 | T1   | 24.13            | 637       | 36.67      | 57.7        |
| 10-09-2013 | 14:48 | T1   | 24.13            | 616       | 34.33      | 57.7        |
| 10-09-2013 | 14:47 | T1   | 24.1             | 612       | 33.67      | 57.63       |
| 10-09-2013 | 14:46 | T1   | 24.1             | 638       | 34.0       | 57.7        |
| 10-09-2013 | 14:45 | T1   | 24.1             | 625       | 35.0       | 57.57       |
| 10-09-2013 | 14:45 | T1   | 24.13            | 653       | 35.33      | 57.63       |
| 10-09-2013 | 14:42 | T1   | 24.1             | 604       | 36.67      | 57.7        |

Figura 5 - Tabelle Clima Urbano

Nella sezione GRAFICI è possibile visualizzare l'andamento dei dati raccolti. Clima Urbano fornisce alcune modalità differenti per la richiesta ed estrazione dei dati: in particolare sarà possibile selezionare le informazioni legate ad un arco di tempo specifico o ad un particolare tracciato urbano della bicicletta. Nel primo caso, al fine di rendere più snella la mole di dati che la WebApp dovrà

gestire, i dati acquisiti ogni 2 minuti saranno aggregati a livello giornaliero orario calcolando in tempo reale valori medi, minimi e massimi.



Figura 6 – Esempi di uscite grafiche di Clima Urbano

La sezione MAPPE permette di visualizzare su Google Maps i dati misurati dalla SmartBox Arduino. I dati possono essere estratti eseguendo vari filtri di ricerca dall'interfaccia. Al fine di permettere la visualizzazione dei dati salvati con PostGIS su una Google Maps, è stata implementata una procedura che recupera i dati tramite query SQL e, utilizzando le funzioni di libreria PostGIS, converte le informazioni geografiche in un costrutto XML compatibile con lo standard KML<sup>6</sup>. Quest'ultimo viene poi sovrapposto alla mappa di base e visualizzato nella schermata utente.

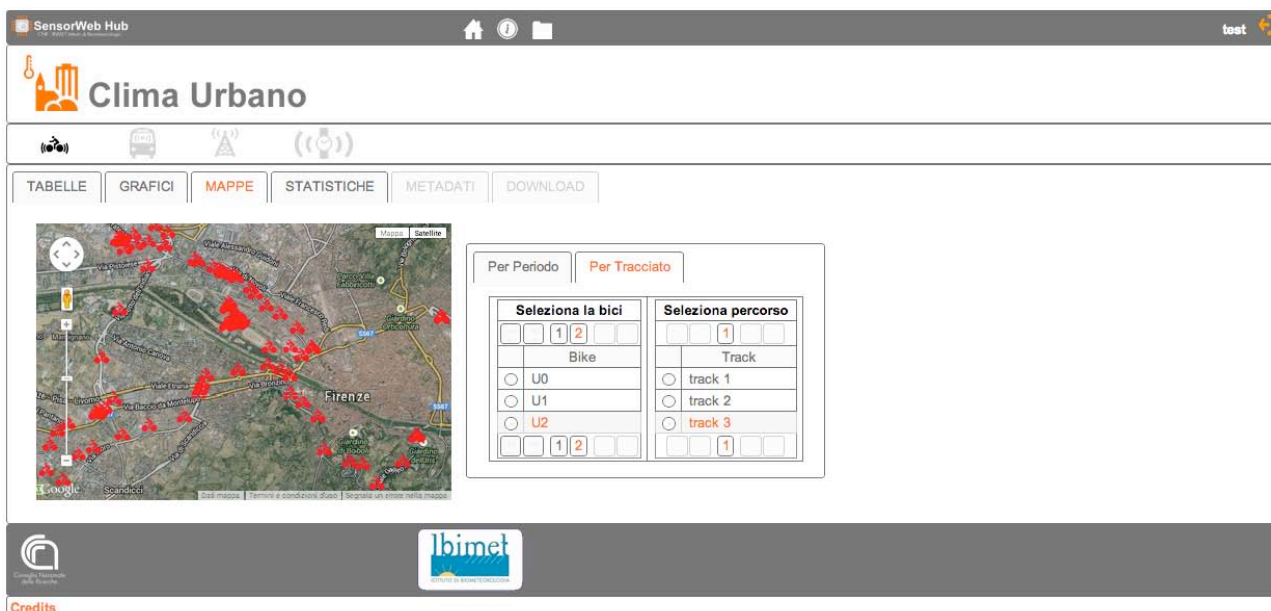


Figura 7 - Mappa di Firenze e posizione delle SensorBike

Clima Urbano include inoltre una sezione per la visualizzazione dei dati statistici che, nell'attuale versione del sistema, fornisce minimi, massimi e medie con aggregazione su base oraria.

<sup>6</sup> <http://www.opengeospatial.org/standards/kml>

The screenshot shows the 'Clima Urbano' web application interface. At the top, there is a navigation bar with tabs for 'TABELLE', 'GRAFICI', 'MAPPE', 'STATISTICHE', 'METADATI', and 'DOWNLOAD'. Below the navigation bar, there is a table displaying statistical data for various dates and times. The table has columns for 'Data', 'Ora', 'Bike', 'Temperature (C°)', 'CO2 (ppm)', 'Noise (dB)', and 'Umidità (%)'. Each of these main categories has sub-columns for 'Min.', 'Max.', and 'Avg.'. The data is organized into rows for each date, with multiple time points per day. The interface also includes a search bar and a 'test' button in the top right corner.

| Data       | Ora | Bike | Temperature (C°) |       |       | CO2 (ppm) |      |        | Noise (dB) |       |       | Umidità (%) |       |       |
|------------|-----|------|------------------|-------|-------|-----------|------|--------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
|            |     |      | Min.             | Max.  | Avg.  | Min.      | Max. | Avg.   | Min.       | Max.  | Avg.  | Min.        | Max.  | Avg.  |
| 02-09-2013 | 15  | T1   | 22.7             | 23.0  | 22.85 | -18226    | 391  | 84.94  | 33.0       | 39.67 | 36.88 | 53.83       | 55.2  | 54.33 |
| 02-09-2013 | 16  | T1   | 21.9             | 22.7  | 22.51 | -16362    | 4168 | 215.25 | 34.33      | 39.67 | 37.12 | 55.2        | 56.23 | 56.82 |
| 02-09-2013 | 17  | T1   | 22.4             | 22.6  | 22.49 | -17506    | 4040 | 142.98 | 33.67      | 40.33 | 37.05 | 56.07       | 56.5  | 56.33 |
| 02-09-2013 | 18  | T1   | 22.37            | 22.67 | 22.6  | -6715     | 335  | 191.33 | 24.33      | 41.67 | 36.72 | 55.6        | 56.23 | 55.82 |
| 02-09-2013 | 19  | T1   | 22.5             | 22.67 | 22.58 | -18442    | 4040 | -17.01 | 28.67      | 39.33 | 36.96 | 56.5        | 56.0  | 55.7  |
| 02-09-2013 | 20  | T1   | 22.4             | 22.5  | 22.46 | -1195     | 314  | 273.39 | 34.0       | 39.33 | 36.98 | 55.17       | 55.8  | 55.47 |
| 02-09-2013 | 21  | T1   | 22.3             | 22.6  | 22.37 | -19318    | 4040 | 101.4  | 33.33      | 39.33 | 37.06 | 55.1        | 55.6  | 55.31 |
| 02-09-2013 | 22  | T1   | 22.2             | 22.3  | 22.29 | -6715     | 7240 | 271.8  | 33.67      | 39.67 | 36.89 | 55.1        | 55.87 | 55.44 |
| 02-09-2013 | 23  | T1   | 22.17            | 23.17 | 22.21 | -11325    | 4040 | 215.05 | 28.67      | 39.33 | 35.85 | 55.73       | 56.6  | 56.01 |
| 03-09-2013 | 0   | T1   | 22.03            | 22.2  | 22.11 | -15722    | 331  | 137.86 | 33.67      | 40.33 | 37.34 | 56.0        | 57.2  | 56.37 |
| 03-09-2013 | 1   | T1   | 22.0             | 22.1  | 22.02 | -10754    | 5719 | 199.05 | 33.33      | 39.67 | 37.17 | 56.4        | 57.0  | 56.69 |
| 03-09-2013 | 10  | T1   | 21.5             | 22.23 | 21.54 | 139       | 458  | 429.53 | 33.0       | 40.67 | 36.98 | 58.7        | 59.6  | 59.04 |
| 03-09-2013 | 11  | T1   | 21.5             | 22.07 | 21.57 | -11378    | 4168 | 345.17 | 30.67      | 39.67 | 37.02 | 59.23       | 60.47 | 59.83 |
| 03-09-2013 | 12  | T1   | 21.13            | 21.7  | 21.61 | -3918     | 545  | 349.67 | 32.67      | 40.0  | 37.21 | 59.9        | 60.67 | 60.23 |
| 03-09-2013 | 13  | T1   | 21.7             | 21.7  | 21.7  | 393       | 393  | 393.0  | 37.67      | 37.67 | 37.67 | 60.4        | 60.4  | 60.4  |

Figura 8 - Statistiche

Gli utenti con profilo avanzato potranno accedere ad alcune funzionalità avanzate quali la gestione dei Metadati ed il download fisico dei dati grezzi.

## Risultati

Il prototipo SensorWebBike è stato testato con successo nella città di Firenze. I dati aggiornati in tempo reale possono essere visionati sulla WebApp Clima Urbano raggiungibile all'indirizzo <http://149.139.16.20/sensorwebhub> (Userid: test, Password: test). Tramite l'interfaccia Clima Urbano le misure georeferite, i tracciati delle biciclette ed i risultati delle elaborazioni statistiche possono essere visualizzati e condivisi automaticamente contribuendo a costruire una comprensiva ed aggiornata rappresentazione spaziale della qualità dell'aria nelle aree urbane. SensorWebBike apre al grande pubblico i sistemi di monitoraggio ambientale trasformando i cittadini in veri e propri "sensori mobili" aiutandoli nello stesso tempo ad acquisire una maggiore consapevolezza della realtà che li circonda. La caratteristica di sperimentazione partecipativa dell'attuale versione on line e la recente pubblicazione della WebApp non permette allo stato attuale di mostrare dei risultati completi sull'analisi dei dati sulla qualità dell'aria.

## Bibliografia

Bottai L., T. De Filippis, R. Mari, L. Rocchi (2010). Servizi WebGIS per lo sviluppo sostenibile: la condivisione dell'informazione meteorologica ed ambientale in Toscana, Atti 14a Conferenza Nazionale ASITA, Fiera di Brescia, 363-368.

Bottai L., M. Corongiu, T. De Filippis, L. Rocchi (2009). La ricerca tra innovazione tecnologica e standard geografici per il settore dell'infomobilità, Atti 13a Conferenza Nazionale ASITA, Fiera del Levante Bari, 501-506.

Burke J., D. Estrin, M. Hansen, A. Parker, N. Ramanathan, S. Reddy, and M. Srivastava. (2006). "Participatory Sensing," in Proceedings of the 1st Workshop on World-Sensor-Web (WSW), pp.1-Howe, J., (2006). The rise of crowdsourcing. Wired magazine. 14, 14, 1-5

De Filippis T., L. Rocchi, E. Rapisardi, A. Zaldei, C. Vagnoli, G. Gualtieri (2013). SensorWebBike: a participatory urban sensing for air quality monitoring. INSPIRE Conference, Florence.

De Filippis T., L. Rocchi, E. Fiorillo, A. Matese, F. Di Gennaro, L. Genesio (2013). SmartVineyard An Open Source Web-GIS Application for Precision Viticulture, ISHS – International Society for Horticultural Science.

Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211–221. doi:10.1007/s10708-007-9111-y

Robson, Edward S., (2012). *Responding to Liability: Evaluating and Reducing Tort Liability for Digital Volunteers*. Washington, DC: Woodrow Wilson International Center for Scholars, 2012. <http://www.wilsoncenter.org/program/science-and-technology-innovation-program>.