

Bologna Solar City, una *web application* per l'analisi dell'energia potenziale: dalla stima della radiazione solare alla realizzazione dell'applicazione

Andrea MINGHETTI (*), Paola AFRICANI (*), Luca LORENZINI (*), Elisa PASELLI (*)

(*) SIT – Comune di Bologna, Piazza Liber Paradisus 10 – Bologna, tel. 051/2194019, fax 051/2194027, sitadmin@comune.bologna.it

Riassunto

Nell'ottica di fornire servizi utili al cittadino nel campo del rispetto dell'ambiente e della riduzione dei consumi energetici, l'unità intermedia SIT (Sistemi Informativi Territoriali) del Comune di Bologna ha realizzato un'applicazione web che permette sia di individuare i sistemi di energia rinnovabile già realizzati sul territorio comunale sia di valutare la convenienza nell'installare pannelli solari sul tetto della propria abitazione.

Il concetto alla base dell'applicazione Bologna Solar City, (consultabile all'url <http://sitmappe.comune.bologna.it/BolognaSolarCity/>) è la stima dell'energia solare disponibile sulle coperture degli edifici. La valutazione di tale energia, somma dell'energia solare diretta e diffusa, è resa possibile con l'ausilio degli strumenti Solar Radiation, disponibili con l'estensione Spatial Analyst di ArcGIS Desktop.

L'algoritmo utilizzato ha richiesto in input diversi elementi, primo fra tutti un DSM (*Digital Surface Model*) del territorio comunale, di elevata precisione, elaborato partendo dalla gran quantità di informazioni plano-altimetriche della CTC (Carta Tecnica Comunale). Gli altri fattori presi in considerazione dal modello sono le condizioni atmosferiche, l'orientamento e l'ombreggiatura di ogni punto in funzione dell'esposizione solare annuale.

I servizi di mappa sono stati pubblicati utilizzando ArcGIS Server 9.3.1 e l'interfaccia *user friendly* dell'applicazione è stata realizzata sfruttando le ArcGIS API (*Application Programming Interface*) per Flex.

Mediante questa *web application* è possibile conoscere per ogni edificio il valore della radiazione solare totale, da cui la stima di energia prodotta da fonte solare e di conseguenza la riduzione delle emissioni di CO₂ da combustibili fossili in atmosfera.

Grazie all'intuitiva interfaccia grafica l'utente finale, attraverso una navigazione territoriale, è chiamato ad una maggiore attenzione alle tematiche legate alle fonti di energia rinnovabile.

Abstract

In order to help its inhabitants reduce energy costs and save the environment, Bologna SIT office created a web application to search for renewable energy systems applied in the Bologna territory and to evaluate the placement of solar panels on roofs.

The Bologna Solar City's basic idea is to estimate the solar energy available on roofs. Said evaluation is the sum of direct and widespread solar energies. It was calculated by Solar Radiation instruments with ArcGIS Desktop Spatial Analyst extension.

The algorithm applied required the input of several elements, first of all a DSM (Digital Surface Model) of the city territory. The model is very precise. It was developed on the basis of the many altimetric information of the municipal cartography (CTC). The other factors considered were weather conditions, position and shade of each spot as far as year around solar exposal.

The map services were published using ArcGIS Server 9.3.1 and the user friendly interface application was made using ArcGIS API for Flex.

With this web application it is possible to calculate the total solar radiation per building thus estimating the yearly energy production and the CO₂ emissions in the atmosphere.

Thanks to its friendly graphics the final user is called on to use renewable energy sources more carefully.

Introduzione

L'Italia ha visto negli ultimi anni un aumento dell'incidenza di produzione di energia da fonte solare grazie a nuove installazioni di impianti solari (termici e fotovoltaici) sui tetti delle nostre case.

Al fine di sensibilizzare il cittadino all'uso di energie "pulite" e all'efficienza energetica per una riduzione dell'impatto ambientale delle attività umane, l'unità SIT del Comune di Bologna si è impegnata a realizzare un'applicazione web che rappresenta per via spaziale il potenziale energetico solare nel nostro contesto urbano. Attraverso questo strumento web è possibile con pochi semplici passaggi valutare le potenzialità dell'uso di energia solare disponibile sul tetto della propria abitazione e consentire quindi di individuare quali sono le superfici più adatte per l'installazione di impianti solari.

Stima della radiazione solare globale

La radiazione solare globale è una delle principali fonti di energia, che attraversando l'atmosfera, arriva su una superficie, scomposta nelle sue tre componenti: diretta, diffusa e riflessa. La radiazione diretta, seguendo una linea retta, parte dal sole e arriva direttamente sulla superficie terrestre, la radiazione diffusa viene dispersa/assorbita da elementi atmosferici quali le nuvole o il pulviscolo, mentre la riflessa o componente di albedo è un'ulteriore porzione riflessa dalle superfici sulle quali incide la radiazione solare.

Il valore della radiazione solare dipende da una serie di fattori, primo fra tutti la topografia del terreno. Altri fattori che la determinano sono quelli microclimatici come le condizioni di temperatura dell'aria e del terreno, l'evapotraspirazione, l'andamento dello scioglimento delle nevi, l'umidità del terreno e la luce disponibile per la fotosintesi, ma anche le coordinate geografiche (latitudine, longitudine), la quota altimetrica, la posizione del sole nell'arco della giornata e al variare delle stagioni.

Per calcolare la radiazione solare globale su tutti gli edifici del territorio comunale si è utilizzato il *tool* Solar Radiation disponibile nell'estensione Spatial Analyst di ArcGIS Desktop versione 9.3. L'algoritmo Solar Radiation richiede in input, tra le altre cose, un DSM, il modello digitale delle superfici.

Elaborazione del DSM

Mediante l'elaborazione dei dati disponibili nella CTC, cartografia numerica a scala 1:2000 del Comune di Bologna, sono stati ottenuti due prodotti di alta precisione, il Modello Digitale del Terreno (DTM) e il Modello Digitale delle Superfici (DSM). Il Modello Digitale del Terreno, a passo 50 cm, deriva dall'elaborazione fatta attraverso l'estensione Spatial Analyst di ArcGIS, di una serie di informazioni della CTC: punti quotati, curve di livello a passo di 2 e 10 metri, e quote al piede di tutti gli edifici. Il DTM, anche se piuttosto accurato, non soddisfa i requisiti del modello necessario per il calcolo della radiazione globale perché non prende in considerazione né gli aspetti antropici, quali strade, edifici, ponti, né gli aspetti naturali, quali le coperture vegetali.

Per questo motivo è stato generato un DSM, una modellazione tridimensionale che include oltre alla morfologia del terreno le volumetrie degli edifici (considerati a tetti piani e non a falde, poiché non si dispone di tale informazione nella CTC).

Il DSM si è ottenuto partendo dal DTM e dal DEM degli edifici¹ attraverso l'espressione Con (*Condition*) di Map Algebra. Quest'ultimo è un linguaggio di analisi dell'ArcGIS Spatial Analyst, che con una semplice sintassi ha permesso, attraverso un'espressione condizionale del tipo *if then else*, di generare un raster ai cui pixel sono assegnate le quote ottenute dal DEM o dal DTM a seconda che ricadano internamente o esternamente agli edifici.

Calcolo della radiazione solare ed elaborazione dati

Per calcolare la radiazione solare globale, una volta ottenuto il DSM, è stato necessario inserire, nel *tool* Area Solar Radiation, alcuni parametri come la percentuale di radiazione diffusa, la trasmittanza, la latitudine, la longitudine e il periodo temporale di riferimento (anno, mese, etc).

Il *tool* Area Solar Radiation consente di calcolare la radiazione solare globale, su una superficie per ogni ora del giorno e per ogni mese dell'anno, indagando se in ogni direzione siano presenti ostacoli (naturali e artificiali) e incrociando queste informazioni con la mappa del sole e con la mappa del cielo. La prima è funzione della posizione del sole e calcola la componente diretta della radiazione, mentre la seconda è funzione dell'atmosfera e calcola la componente diffusa (viene esclusa dal calcolo la componente riflessa).

L'elaborazione ha prodotto dodici raster, ognuno dei quali rappresenta la radiazione solare mensile. Per collegare queste informazioni ad ogni fabbricato della CTC si è eseguita una sequenza di operazioni limitate esclusivamente all'interno delle geometrie degli edifici, in modo da abbreviare i tempi di calcolo.



Figura 1 - Radiazione solare globale per un'area nei dodici mesi dell'anno

Con lo strumento Extract by Mask, disponibile tra quelli dell'interfaccia ArcToolbox di ArcGIS dell'estensione Spatial Analyst, è stato prodotto un raster solo delle zone interessate, i cui pixel sono stati trasformati in punti, aventi come unico attributo alfanumerico la radiazione solare globale mensile.

Quindi per ottenere, per ogni tetto della città, il valore medio della radiazione solare globale, è stata utilizzata la funzione di *join* spaziale, disponibile tra le funzioni dell'ArcToolbox, che consente di aggregare dati per via spaziale.

¹ Il DEM degli edifici è un raster ricavato dall'elaborazione del relativo shapefile della CTC in cui ad ogni pixel è associata la quota di gronda del fabbricato in cui ricade. Dove non si ha l'edificio il valore è 0.

Visti i tempi necessari al processore per l'elaborazione e vista la necessità di ripetere l'operazione per ben dodici volte (quanti sono i mesi dell'anno), il flusso di lavoro è stato organizzato mediante l'utilizzo di un modello creato con il Model Builder, strumento dell'ArcGIS Desktop.

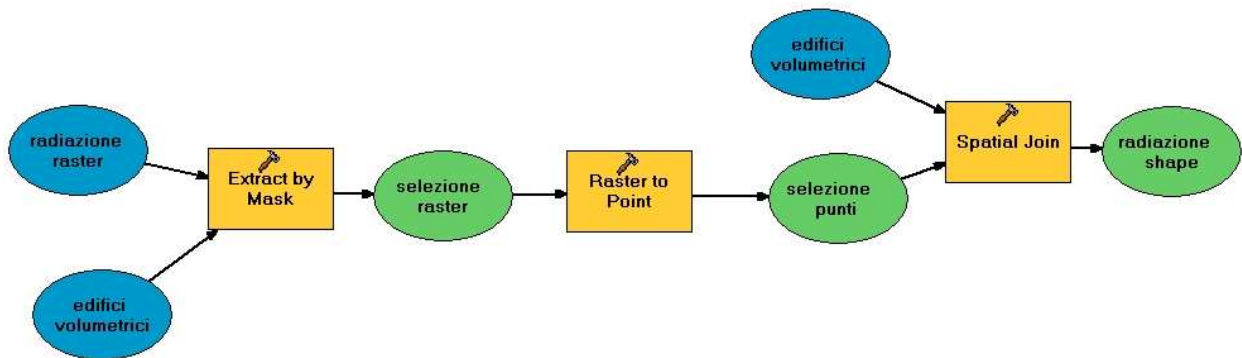


Figura 2 - Flusso delle operazioni attraverso il Model Builder

Questo ha permesso di eseguire una sola volta un processo che in sequenza ha elaborato i dodici raster, fornendo in *output* altrettanti shapefile con le informazioni relative all'energia solare globale, per i singoli edifici, nei vari mesi dell'anno.

I Map service

Per poter rendere facilmente accessibili i risultati di tali elaborazioni ai cittadini e ai tecnici competenti in materia, il SIT ha deciso di realizzare un'applicazione web dall'interfaccia grafica "accattivante" e dall'estrema facilità di utilizzo, che include cartografie di base e funzioni di calcolo avanzate, che non richiedono però particolari conoscenze di strumenti GIS.

La radiazione solare globale e le mappe tematiche complementari sono state pubblicate, come *map service*, su un ArcGIS Server 9.3.1, e richiamate nella *web application* mediante protocollo REST. I *map service* sono di due tipi: *cached* e *dynamic*.

Un servizio di mappa *cached* consente di avere sui client una rapida visualizzazione poiché ad ogni zoom o spostamento del puntatore l'utente richiama immagini ridotte (*tile*), che coprono porzioni del territorio pre-elaborate sul server. Una mappa con *cache* consente di ottenere le più alte prestazioni in termini di performance e di scalabilità raggiungibili in un'applicazione web.

Il vantaggio invece di utilizzare dei servizi dinamici sta nel fatto che le informazioni mostrate vengono aggiornate in diretta, ossia le modifiche ai dati risultano immediatamente visibili al primo refresh dell'applicazione web, pur richiedendo tempi di attesa relativamente più alti.

In linea generale, si è usato il criterio secondo cui per i dati che necessitano un continuo aggiornamento si è creato un servizio dinamico, mentre per i dati che non ne richiedono uno molto frequente, e comunque non in tempo reale, si è realizzato un servizio *cached*.

Per questo motivo durante la progettazione dell'applicazione è stata inserita una fase in cui si è deciso quali dati esporre in servizi con *cache* e quali invece in servizi di tipo dinamico, poiché da questo dipende la buona prestazione di un'applicazione web; la maggior parte dei layer che costituiscono la cartografia o una generica mappa di base sono stati esposti come servizi con *cache*, mentre solo una percentuale di dati (quelli che più rapidamente subiscono delle modifiche e che sono quindi da aggiornare con maggiore frequenza) è stata trattata come un servizio dinamico.

La web application

L'applicazione web Bologna Solar City è stata progettata per offrire all'utente una navigazione territoriale semplice, veloce, dinamica e ricca di contenuti. Tutto ciò è reso possibile grazie all'uso integrato di ArcGIS Server e Flex attraverso le ArcGIS API per Flex.

Bologna Solar City offre funzionalità GIS altamente specializzate (accensione e spegnimento di livelli informativi, ricerca via e numero civico, interrogazioni, etc.) accompagnate da un'interattività

e un'interfaccia semplificata, veloce e gradevole offerta dal framework Flex. Con la soluzione adottata si è aumentata la produttività dell'applicazione perché le funzioni, che i WebGIS tradizionali demandavano tutte al server, ora sono in parte effettuate sul client Flex.

L'applicazione è eseguita, attraverso il plugin Flash Player, all'interno della maggior parte dei browser disponibili, indipendentemente dal sistema operativo installato sulla postazione informatica.

Per la realizzazione della *web application* è stato usato il Sample Flex Viewer v.1.3, un'applicazione web di esempio sviluppata da ESRI per mostrare le principali potenzialità della piattaforma ArcGIS all'interno di una interfaccia in stile web 2.0. Il Sample Flex Viewer, nella sua versione *source code*, è stato utilizzato, agendo sulla personalizzazione dei file di configurazione e aggiungendo/modificando i diversi strumenti o *widget*.

In particolare, con il *widget* Solar Radiation, si può visualizzare il valore della radiazione solare globale mensile e annuale su tutte le coperture, e in funzione di questa la produzione di energia annuale in kWh al m² e la riduzione dei consumi di CO₂.

Lo strumento di analisi richiede all'utente la definizione, attraverso una barra di scorrimento, della percentuale dell'area del tetto effettivamente utilizzabile e da considerare nel calcolo.

Infatti nel modello non vengono considerati gli aspetti legati alla pendenza del tetto, ma si può definire la porzione dell'area del proprio tetto utilizzabile, in base all'inclinazione e all'eventuale ingombro per la presenza di manufatti, comignoli, unità per il sistema di aereazione, altre strutture o attrezzature, alberi che possono creare eventuali ombreggiature.

L'orientamento del tetto considerato dall' algoritmo è sempre 0° Sud e con copertura piana (inclinazione 0°), mentre la stima della produzione annuale viene fatta, sulla base della percentuale dell'area del tetto utilizzabile e sulla base della radiazione solare annuale disponibile, considerando una produzione tipo di 126,98 W/m², tipica di un sistema a moduli di silicio cristallino di efficienza standard.

Dalla produzione annuale si passa poi alla riduzione di emissioni di gas serra, nello specifico della CO₂, considerando un fattore di trasformazione pari a 0,612.

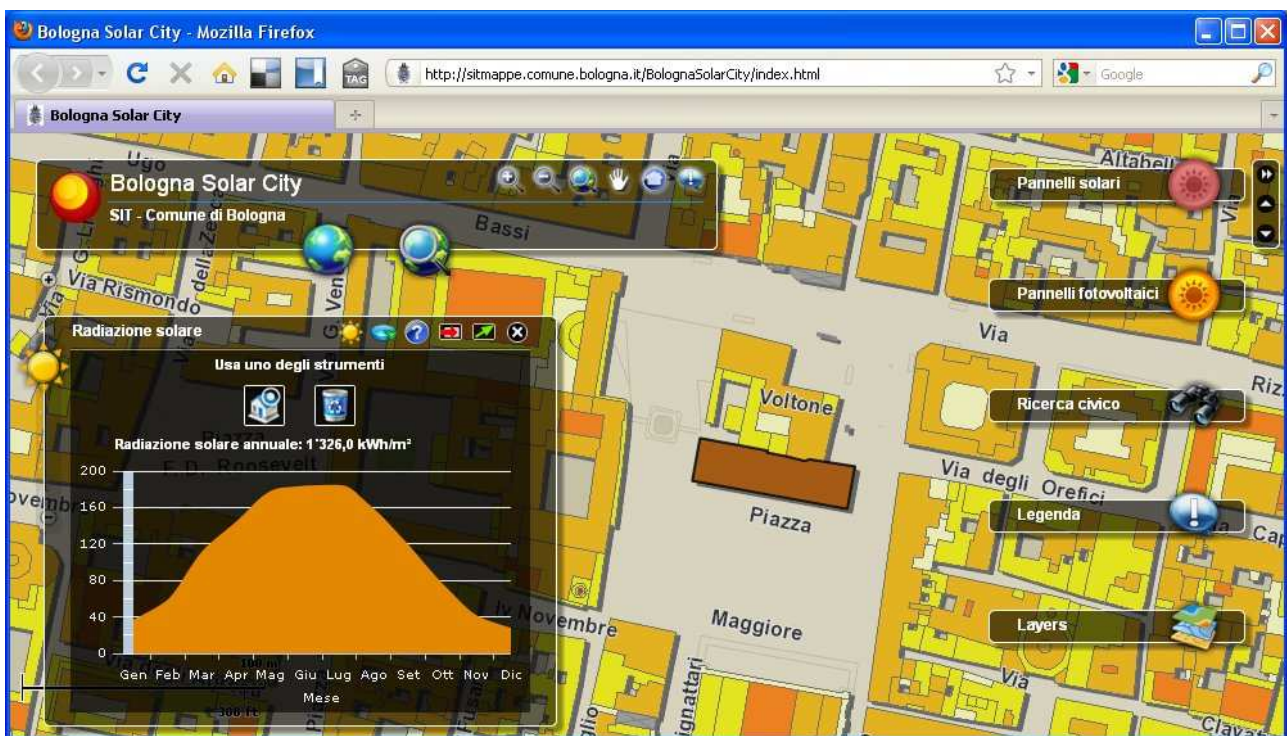


Figura 3 - La web application Bologna Solar City

Conclusioni

Bologna Solar City non è un punto di arrivo, ma solo una tappa intermedia di un progetto a più ampio respiro; l'unità SIT è già alla ricerca di nuove soluzioni per fornire ai cittadini ed ai tecnici strumenti sempre più adatti a soddisfare pienamente le loro esigenze. Sono previste diverse migliorie alla *web application*, con strumenti in stile web 2.0, quali l'*editing* on-line, l'integrazione con i più diffusi *social network*, e molti altri strumenti.

Per quanto riguarda il calcolo della radiazione solare globale, sono previste ulteriori sperimentazioni per affinare la precisione del modello, che sta alla base di tutto, magari anche attraverso l'utilizzo di dati diversi, quali dati LIDAR o dati derivanti da rilievi diretti.

Bologna Solar City è un esempio di come, coordinando e combinando flussi di dati eterogenei provenienti da diversi soggetti, si possa realizzare un prodotto semplice, veloce e dinamico dedicato a tutti i cittadini.

Riferimenti bibliografici

Casini C., Lombardo S. (2009), "Valutazione della potenzialità di utilizzo dell'energia solare termica in ambito urbano", AISRe, Atti della XXX Conferenza Scientifica Annuale, Firenze.

<http://www.comune.bologna.it/sit>

<http://resources.esri.com/arcgisserver/apis/flex/>

<http://gis.cityofboston.gov/SolarBoston/>

<http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/>