

L'applicazione delle tecnologie fotovoltaiche integrate sulle coperture degli edifici con software GIS

di Stefano Bonesso, Guglielmina Mutani, Tatsiana Hubina, Adelaide Ramassotto

Per pianificare l'utilizzo di tecnologie che sfruttano energia rinnovabile su un territorio, in particolare quelle che riguarda il solare, si possono utilizzare i software GIS (Sistemi Informativi Geografici) che consentono di analizzare e rappresentare un dato geo-riferito.

In questo studio è stato approfondito il tema dell'utilizzo delle tecnologie fotovoltaiche negli ambienti urbani considerando le ombre portate dall'orografia del territorio e anche quelle del contesto costruito; in particolare sono state valutate le potenzialità delle applicazioni integrate sulle coperture degli edifici. L'analisi si è basata su: l'utilizzo di sistemi informativi geografici e dati LiDAR (Light Detection And Ranging), l'impiego di software per la ricostruzione tridimensionale degli edifici e per la valutazione dell'irradiazione solare incidente (Ecotect versione 5.5).

Dopo una breve descrizione di alcune applicazioni GIS sul fotovoltaico effettuate in Italia e nel mondo, in questo lavoro viene presentata una metodologia di calcolo che consente la valutazione del potenziale fotovoltaico sulle coperture degli edifici con la definizione di un metodo semplificato che è stato verificato sulla base di un monitoraggio effettuato dalla Provincia di Torino.

Questo lavoro è scaturito da uno stage che ha visto la collaborazione tra il Politecnico di Torino e il CSI Piemonte.

Applicazioni web-gis esistenti per il fotovoltaico

Recentemente sono state implementate alcune soluzioni web-gis che conciliano l'utilizzo dei sistemi informativi e la rete internet. Questi servizi possono risultare molto utili per favorire lo sviluppo di "tetti fotovoltaici" nelle città, dove molto spesso l'inquinamen-

to atmosferico è più presente rispetto ad altre zone, a causa della maggiore concentrazione delle attività antropiche. Sono applicazioni interattive di facile utilizzo, che possono fornire al cittadino informazioni inerenti ad eventuali impianti già installati oppure consentono di visualizzare il potenziale fotovoltaico sulla copertura di un edificio. In questo modo, ad esempio il proprietario dell'edificio potrà decidere se installare un sistema fotovoltaico valutandone la fattibilità tecnica ed economica inserendo le esatte caratteristiche della propria copertura.

Tra le città con applicazioni web-gis attive sul fotovoltaico ricordiamo: Bologna, Boston e New York.

Questi servizi sono tuttavia limitati nel grado di dettaglio di analisi della copertura, in quanto non si tiene in considerazione la reale superficie disponibile e soprattutto la presenza di eventuali ingombri sul tetto. Infatti nella gran parte dei casi, la copertura viene

considerata piana e completamente libera. Questa carenza è legata al fatto che queste applicazioni riguardano un territorio piuttosto vasto e sfruttano le informazioni presenti ad esempio sulle carte tecniche comunali o provinciali che generalmente non consentono una rappresentazione tridimensionale esatta del costruito.

In questo lavoro si cercherà di colmare questa lacuna, introducendo, rispetto alla copertura generalmente piana, alcune variabili che consentono al cittadino di fare delle valutazioni di fattibilità tecnica ed economica dell'utilizzo delle tecnologie fotovoltaiche più precise e conformi alla realtà.

Esempi di studi sul solare con sistemi gis
Ponendo uno sguardo oltre i confini nazionali, si possono trovare numerosi progetti basati sull'utilizzo di software GIS, allo scopo di semplificare e sfruttare al meglio l'energia solare, soprattutto in ambienti urbani.

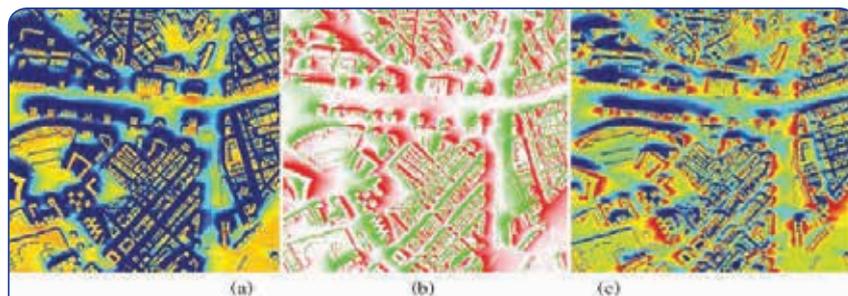


Figura 1 - Analisi di fattibilità fonte solare nella città di Malaga – Fonte [Tabik et al., 2012].
(a) Massima energia solare: in blu 6000 MWh/m² e in rosso 7800 MWh/m²
(b) Orientamento ottimale: in verde aree esposte a ovest e in rosso aree esposte a est;

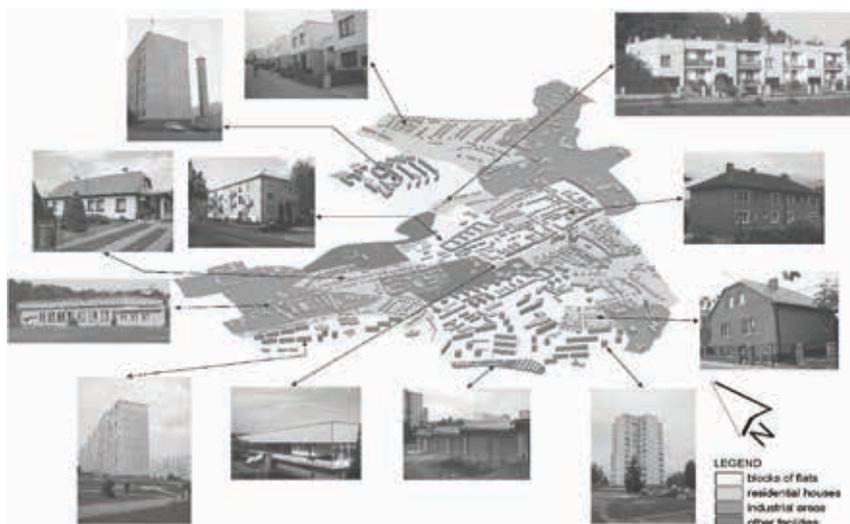


Figura 2 - Caso studio analizzato dall'Università di Presov - Fonte: [Hofierka e Kanuk, 2009].

Di seguito vengono riportati due esempi interessanti di queste applicazioni.

Il primo progetto è stato realizzato in Spagna dall'università di Malaga [Tabik et al., 2012]. L'obiettivo del lavoro era la realizzazione di uno strumento di calcolo, per la valutazione della massima energia solare disponibile in diversi punti di un territorio. Per far ciò sono stati utilizzati dei DEM (Digital Elevation Model) ad alta risoluzione e delle mappe di edifici con coperture aventi orientamento e pendenza differenti, con dati di irraggiamento solare diversi nelle stagioni (vedi Fig. 1).

Il secondo progetto rappresentato in Fig. 2 è stato elaborato dall'Università di Presov (Slovacchia) [Hofierka e Kanuk, 2009]. La metodologia studiata consente la valutazione del potenziale fotovoltaico nelle aree urbane, utilizzando un'applicazione open-source per la valutazione dell'irradiazione solare incidente ed un modello di città tridimensionale. L'applicazione utilizzata si basa sul modello di irradiazione solare "r.sun" (<http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/r.sun.html>) e sui dati ricavati dal sito web di PVGIS (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>).

Lo studio ha consentito di valutare l'effettiva utilità dell'applicazione delle tecnologie fotovoltaiche in ambiente urbano, attraverso mappe tematiche con le quali è stata rappresentata l'energia solare incidente sul territorio (Wh/m^2) e la stima annuale di energia producibile dal fotovoltaico su ogni edificio (kWh). Tuttavia queste valutazioni vengono influenzate dalla variabilità di fattori temporali e spaziali.

Altri casi studio analizzati sono sintetizzati di seguito:

- Scenari per l'applicazione dell'energia solare in Brasile [Martins et al., 2012]
- Compromessi tra funzione e forma di impianti fotovoltaici integrati in siti a basse latitudini [Urbanetz et al., 2011]
- Integrazione su larga scala del fotovoltaico nelle città [Strzalka et al., 2012].

La precisione dei risultati, ottenuti con analisi svolte tramite software GIS, dipende dal grado di dettaglio dei dati di partenza. Spesso in ambiente GIS, gli studi fatti sulla radiazione solare di un territorio molto vasto, sono basati su file di tipo raster che hanno un grado di dettaglio molto basso per oggetti che risultano piccoli come gli edifici; ciò dipende anche dai dati di partenza del file raster. Un input molto preciso invece può derivare dai sistemi laser scanner (LiDAR), quando la densità dei punti analizzati per metro quadrato è elevata. In questo modo vengono restituiti molti particolari (ad esempio alberi, le forme dei tetti o eventuali sistemi schermanti) che diversamente non sarebbero individuabili.

In questo lavoro, non disponendo di dati precisi (ad eccezione del caso di Vercelli basato su dati laser scanner con 4 punti/ m^2), il software GIS è stato implementato con altri software migliorando la precisione dei risultati. Oltre ad ESRI ArcGIS Suite (ArcInfo, ArcScene) è stato utilizzato un software per la rappresentazione tridimensionale degli edifici (SketchUp 8) ed un programma per la valutazione dell'irradiazione solare incidente (Ecotect).

Calcolo del potenziale fotovoltaico

Questa analisi si suddivide in tre fasi, ognuna delle quali vedrà coinvolta una località differente (Vercelli, Alessandria e Torino) in quanto si utilizzeranno banche-dati e strumenti diversi. Questa scelta è stata imposta dalla disponibilità dei dati che, come spesso accade, hanno una copertura geografica definita; in questo caso i risultati dell'analisi saranno generalizzabili su tutte le tre suddette città perché le condizioni di irradiazione solare sono molto simili.

A Vercelli avevamo a disposizione i dati Lidar che hanno consentito di realizzare gli edifici tridimensionali differenziando le coperture piane da quelle a falda inclinata. Con i dati di Alessandria, ottenuti con il programma BlomURBEX, si è potuto invece ricostruire fedelmente tutti gli ingombri presenti in copertura come i lucernari e gli abbaini che diminuiscono la superficie captante ma anche l'irradiazione solare incidente a causa delle ombre portate dagli elementi in copertura. Queste simulazioni hanno consentito di determinare dei coefficienti correttivi che consentiranno di migliorare i risultati anche sulla città di Torino, dove la simulazione viene fatta considerando i tetti piani. In questo modo anche a Torino, in un'eventuale applicazione web-GIS, il cittadino potrà andare a modificare il dato di irradiazione solare specificando la tipologia di tetto e di ingombri per valutare l'effettiva energia fotovoltaica producibile.

L'obiettivo che ci siamo imposti, è stato quello di ottenere un dato calcolato di potenziale fotovoltaico che si avvicinasse il più possibile alla realtà, considerando tipologie di coperture ricorrenti. Gran parte dei servizi attualmente esistenti, nel calcolo del potenziale fotovoltaico, tengono conto del tetto dell'edificio piano, senza andare a considerarne inclinazione, orientamento e fattori di ingombro (lucernari, abbaini, comignoli, ecc). In questo studio si è voluto provare ad aggiungere queste ulteriori ed importanti variabili in modo da avere dei risultati più vicini al caso reale.

Di seguito, tramite il flow-chart di Fig. 3, è stata rappresentata la procedura di lavoro, che attraverso l'utilizzo di alcuni software di calcolo ha consentito di ottenere i risultati di questa ricerca.

Il caso studio di Vercelli

La base di partenza per le analisi sono stati i dati LiDAR, messi a disposizione dal CSI Piemonte per una zona di Vercelli (vedi Fig. 4), già opportunamente

elaborati in ambiente AutoCAD per poi essere visualizzati sul GIS (ESRI ArcGIS 10).

I dati Lidar disponibili, hanno come grado di dettaglio 4 punti/m², abbastanza per ottenere le falde delle coperture ed aggiungere quindi i due fattori della copertura indispensabili al calcolo del potenziale fotovoltaico: inclinazione (tilt) ed orientamento (azimut). Con la disponibilità di questi dati è stato quindi possibile rappresentare le caratteristiche geometriche reali delle coperture (vedi Fig. 5) e quindi valutare l'effettiva irradiazione solare incidente.

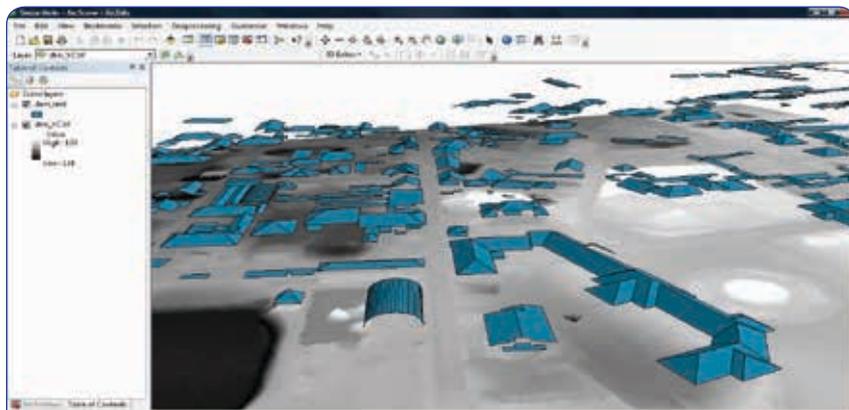


Figura 5 - Visualizzazione dei dati Lidar sovrapposti al DTM con ArcScene.



Figura 3 - Schema della procedura di calcolo.

Al fine di calcolare il potenziale fotovoltaico sulle coperture degli edifici, i dati da vettoriali sono stati trasformati in dati raster, che sovrapposti al DTM dell'area in questione, hanno consentito di valutare l'irradiazione solare incidente utilizzando l'applicazione di ArcGIS: "Area Solar Radiation". Questa applicazione consente di calcolare, per ogni pixel del raster, un valore di

irradiazione solare incidente espresso in Wh/m². Il risultato di irradiazione solare incidente è stata elaborata per avere il valore di potenziale fotovoltaico, tramite la formula [Suri et al., 2007] già utilizzata per altre applicazioni [Mutani e Bua, 2009] e [Mutani e Busterna, 2009]:

$$E = P_k PR G$$

dove:

E è l'energia elettrica prodotta annualmente [kWh/a];
 P_k è la potenza di picco installata (pari a 1 kWp);
 G è l'irradiazione solare cumulata annua [kWh/(m²a)];
 PR è l'indice di performance del sistema (pari a 0,75).

In Fig. 6 e Fig. 7 è riportato un esempio per rappresentare la differenza di producibilità di energia elettrica attraverso le tecnologie fotovoltaiche passando dal tetto piano a quello a falda. Come si può osservare dalle

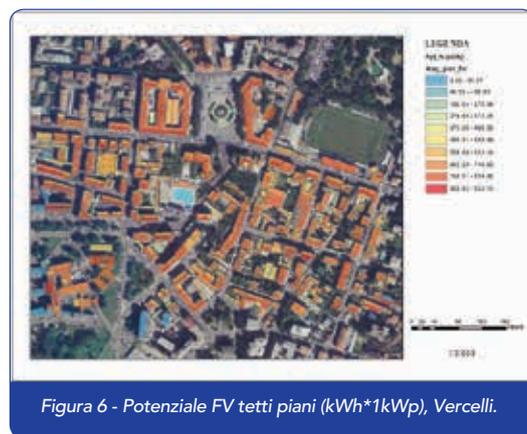


Figura 6 - Potenziale FV tetti piani (kWh*1kWp), Vercelli.

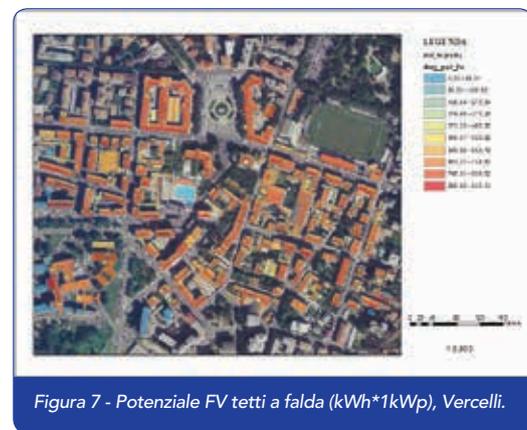


Figura 7 - Potenziale FV tetti a falda (kWh*1kWp), Vercelli.



Figura 4 - In rosso dati messi a disposizione dal CSI, in giallo la zona di studio.

Figg. 6 e 7, con il tetto a falde inclinate, il potenziale di energia producibile dalla fonte solare si differenzia ed aumenta nel caso di miglior esposizione ai raggi solari.

Il caso studio di Alessandria

Per questa fase dello studio ci si è basati sull'utilizzo di alcuni software; il primo di questi è BlomURBEX, che interagendo con ArcMap consente di visualizzare ortofoto oblique, dando la possibilità di prendere misure direttamente su di esse e conoscere quindi tutte le caratteristiche geometriche degli edifici. Inoltre è stato utilizzato SketchUp 8 per ricostruire gli edifici



Figura 8 - Esempio di misura con BlomURBEX.

tridimensionali per poi importarli in Ecotect come viene mostrato nelle Fig. 8, 9 e 10.

L'obiettivo di questo lavoro è stato quello di poter rappresentare esattamente la copertura considerando tutti gli ingombri presenti e quindi valutare la reale irradiazione reale incidente.

In questo modo sono stati determinati alcuni coefficienti correttivi, in funzione della tipologia e della densità degli ingombri sulla falda, per rendere confrontabile il dato calcolato con quello reale. Si è quindi pensato di riprodurre due edifici tipo, con inclinazione di falda e ingombri differenti. La scelta di lavorare sul Comune di Alessandria è stata imposta dalla disponibilità di copertura del servizio a disposizione del CSI.

I dati così raccolti, sono stati utilizzati per riprodurre due edifici tipo, chiamati per comodità "caso 1" (con abbaini) e "caso 2" (con lucernai), tramite il software di disegno SketchUp 8. Al fine di ricreare ingombri sulla falda che siano riscontrabili abbastanza frequentemente, i casi studio sono stati differenziati con tre livelli di densità degli ingombri sia per i lucernari, sia per gli abbaini.

Per valutare l'influenza degli abbaini, è stato scelto un edificio di Alessandria con dieci abbaini. Questo numero è stato considerato come caso di "ingombro elevato", perché la presenza degli abbaini occupa una gran parte della falda (il 30%). Il suddetto numero è stato ridotto per poter ricoprire altre casistiche riscontrabili, passando così al caso di "ingombro medio" in cui il numero di abbaini è stato ridotto a sei (18% di ingombro) e al caso di "ingombro minimo" in cui gli abbaini sono scesi a tre (9% di ingombro).

Per la valutazione dei lucernari, è stato scelto un edificio tipo ed è stata fatta un'analoga classificazione, con tre livelli di densità: otto lucernai con un "ingombro elevato" (14%), cinque con "ingombro medio" (8%, rappresentato in Fig. 9) e tre con "ingombro minimo" (5%). I lucernai considerati hanno dimensioni medie, che sono facilmente riscontrabili in diversi modelli in commercio e occupano una superficie di circa 2,3 m² l'uno.

In entrambi i casi gli edifici sono stati orientati secondo le cinque esposizioni migliori (sud, sud-est, sud-ovest, est-ovest) in modo da valutare l'irradiazione solare

incidente non solo in funzione degli ingombri, ma tenendo anche conto del fattore di esposizione.

Le ricostruzioni tridimensionali degli edifici sono state utilizzate come dato di input per il software Ecotect, grazie al quale è stato possibile calcolare l'ir-

radiazione solare incidente sulle coperture di questi edifici considerando tutti gli ingombri con le diverse esposizioni di falda possibili; per un totale di 32 casi studio (un esempio è riportato in Fig. 10). Attraverso questi risultati sono stati determinati dei coefficienti correttivi per passare dall'irradiazione sul tetto piano a quella sul tetto a falde con le diverse tipologie di ingombro individuate. I risultati di questo lavoro sono anche stati confrontati con i dati dell'Atlante Italiano della Radiazione Solare dell'ENEA (<http://www.solaritaly.enea.it/CalcComune/Calcola.php>) verificandone l'attendibilità.

Il caso studio di Torino

Nel caso studio di Torino, gli edifici tridimensionali sono stati realizzati partendo dalla CTC (Carta Tecnica Comunale) e considerando l'attributo altezza degli edifici. Così facendo, gli edifici sono stati estrusi secondo la loro altezza ottenendo edifici con tetto piano. L'obiettivo di questa analisi è stata quella di verificare l'attendibilità del potenziale fotovoltaico calcolato attraverso un metodo semplificato, noto il potenziale fotovoltaico sul tetto piano

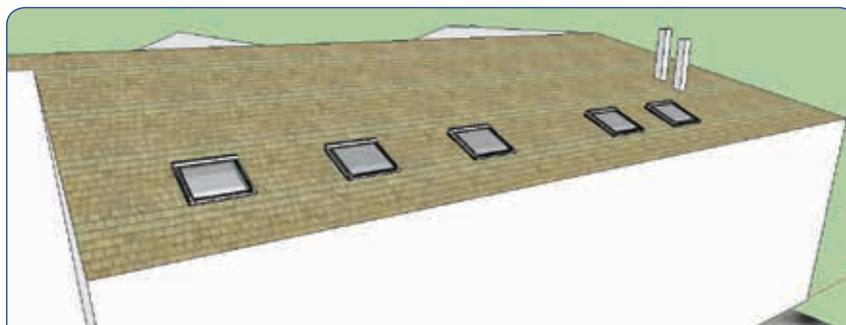


Figura 9 - Elaborazione SketchUp, caso studio edificio con falda inclinata di 23° e lucernai.

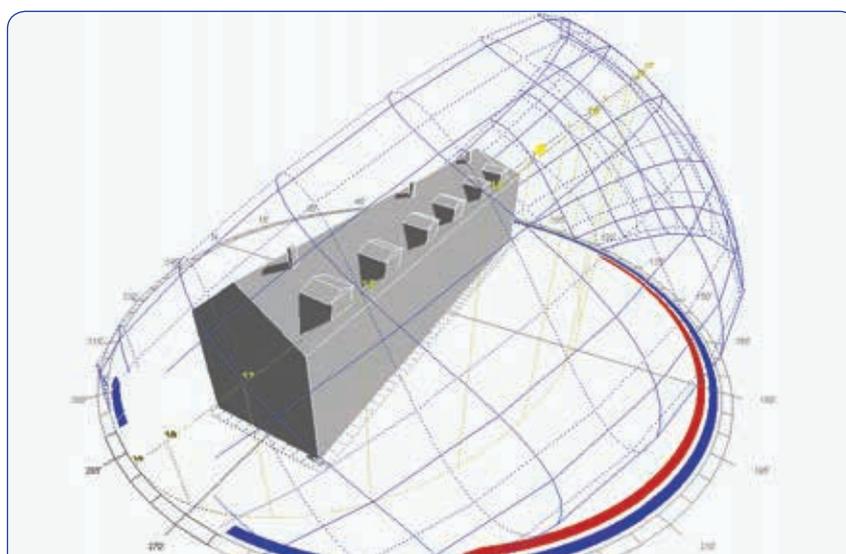
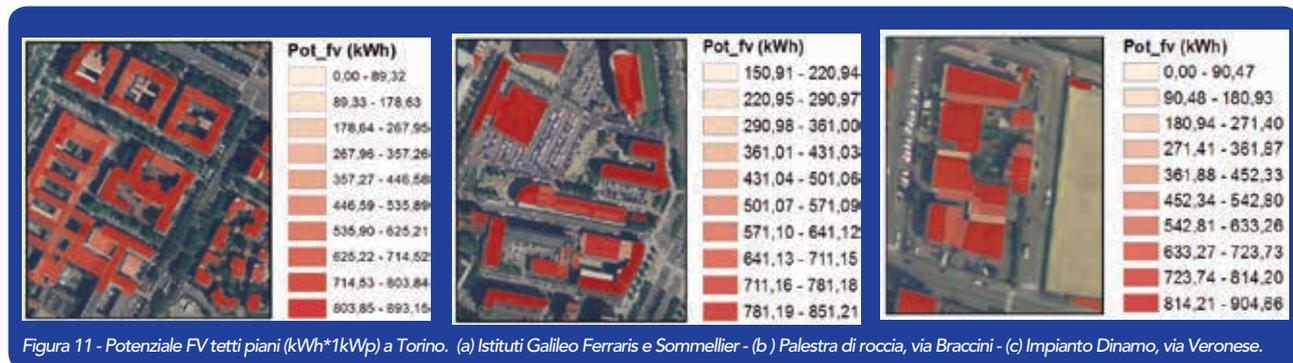


Figura 10 - Calcolo dell'irradiazione solare con la tool "solar exposure" di Ecotect; edificio con falda inclinata di 36° e abbaini.



ed utilizzando i coefficienti trovati con i casi studio di Alessandria. La verifica di tali risultati è stata fatta confrontandoli con i dati di monitoraggio del progetto di ricerca PERSIL della Provincia di Torino (<http://www.provincia.torino.gov.it/ambiente/energia/progetti/persil>) effettuato nel 2010-2011. Gli edifici presi in considerazione a Torino, sono stati scelti per la presenza di impianti fotovoltaici montati sulla copertura e monitorati dal progetto PERSIL.

Procedendo con l'applicazione di GIS "Area Solar Radiation" si sono ottenuti i valori di potenziale fotovoltaico sulla copertura piana. Di seguito in Fig. 11 sono stati riportati tre dei casi studio.

Per poter fare il confronto con i dati monitorati, era necessario considerare la reale inclinazione dei moduli fotovoltaici, la corretta esposizione e gli ingombri sulla copertura degli edifici. Dai dati di Alessandria ottenuti con Ecotect per gli edifici tipo visti precedentemente, sono stati determinati dei coefficienti correttivi per i due casi analizzati ovvero: l'edificio con i lucernai (con falda inclinata di 23°) e l'edificio con gli abbaini (con falda inclinata di 36°).

Questi coefficienti, riportati nelle Tabelle 1 e 2, sono stati moltiplicati per il valore di potenziale fotovoltaico determinato per il tetto piano, consentendo di trasformare il dato ottenuto nel più reale possibile tenendo conto anche dell'esposizione, inclinazione ed ingombri presenti sulla copertura.

I coefficienti riportati nelle Tabelle 1 e 2 fanno riferimento ad una superficie piana del tetto e quindi presentano un valore pari a 1 per il tetto piano. Tutti gli altri coefficienti sono stati calcolati rapportando l'irraggiamento incidente su ogni superficie considerata (falda libera, ingombro minimo, medio, eleva-

to) all'irraggiamento della superficie di riferimento, ovvero quella con tetto piano. In questo modo si tiene conto di due aspetti: della minor o maggior superficie captante ma anche della variazione di irradiazione solare dovuta ad un diverso orientamento ed alla presenza di ombre portate dagli elementi presenti sulla copertura.

Validazione del modello

La validazione di questa procedura di calcolo è stata effettuata tramite un confronto tra i dati monitorati dal progetto PERSIL ed i risultati del calcolo su alcuni edifici a Torino utilizzando il software GIS sui tetti piani ed applicando il coefficiente correttivo opportuno in funzione dell'esposizione, inclinazione e della densità di ingombri sulla copertura.

I risultati della metodologia di calcolo attraverso software GIS sugli edifici di Torino scelti per la verifica, sono stati calcolati su scala urbana (non su un solo edificio), derivano da inclinazioni fisse per falde tipo (23° e 36°) e sono caratterizzati dagli ingombri standard visti precedentemente che sono riscontrabili frequentemente nel parco edilizio.

I dati monitorati dal progetto PERSIL sono stati raccolti tramite un sistema automatico di acquisizione dati e successivamente elaborati per l'analisi energetica. In particolare sono stati riportati i due dati più significativi: l'energia prodotta misurata e quella prevista con software specifici per la fattibilità delle tecnologie di fotovoltaico.

Dalla Tabella 3 si può osservare che nonostante i dati calcolati con il software GIS e quelli del progetto PERSIL siano stati determinati su due scale diverse e con metodologie differenti, i risultati si discostano per un massimo di circa il 20%.

Bisogna inoltre considerare il fatto che il dato misurato dal progetto PERSIL fa riferimento ad una singola stagione di monitoraggio, ossia al 2010-2011, mentre il software GIS utilizza delle applicazioni con un'irradiazione solare media.

Nel caso della palestra di roccia in cui invece si hanno valori molto diversi, si nota che comunque il valore calcolato è molto vicino al dato previsto dal progetto PERSIL e quindi si può pensare che i dati monitorati siano anomali. Infine, per l'impianto Dinamo, il dato calcolato con la procedura qui mostrata, si discosta del 12,8% dal dato monitorato e comunque non oltre il 20% rispetto a quello previsto.

In generale, i dati ricavati dalle elaborazioni GIS, sono paragonabili a quelle previste e/o monitorate dal progetto PERSIL e quindi sono attendibili per uno studio di pre-fattibilità del solare fotovoltaico su scala urbana. Questi risultati sono la conferma che il software GIS integrato ad esempio a questa metodologia, può essere applicato per studi di fattibilità delle tecnologie di solare fotovoltaico su scala territoriale, offrendo risultati che consentono di simulare quello che sarà il rendimento di un impianto installato su una copertura di un edificio o su una qualsiasi porzione di territorio. È però importante che le pubbliche amministrazioni rendano disponibili le banche dati per poter svolgere questo tipo di analisi, perché costituiscono la base di partenza senza la quale i sistemi GIS non possono essere d'aiuto.

Conclusioni

Nell'ambito di luoghi densamente abitati, come le città, esiste una stretta correlazione tra le scelte di pianificazione territoriale e le scelte delle fonti energetiche.

TIPOLOGIA TETTO	TIPOLOGIA TETTO				
	Tetto piano	Falda libera	Ingombro minimo	Ingombro medio	Ingombro elevato
Est	1	1,06	1,01	0,96	0,93
Sud Est	1	1,12	1,08	1,02	0,96
Sud	1	1,1	1,08	0,99	0,94
Sud-Ovest	1	1,03	0,96	0,93	0,88
Ovest	1	0,95	0,9	0,87	0,82

Tabella 1 - Coefficienti correttivi caso 1 (falda inclinata di 23° con lucernari).

TIPOLOGIA TETTO	TIPOLOGIA TETTO				
	Tetto piano	Falda libera	Ingombro minimo	Ingombro medio	Ingombro elevato
Est	1	1,17	0,81	0,84	0,5
Sud-Est	1	1,34	0,93	0,74	0,54
Sud	1	1,2	0,93	0,8	0,6
Sud-Ovest	1	1,09	0,87	0,71	0,53
Ovest	1	0,97	0,74	0,6	0,47

Tabella 2 - Coefficienti correttivi caso 2 (falda inclinata di 36° con abbaini).

	IMPIANTO GALILEO FERRARIS	IMPIANTO SOMMEILLER	IMPIANTO PIAZZA DI BOCCA	IMPIANTO DINAMO
Tipologia tetto	Piano	Falda	Falda	Piano
Esposizione (azimut)	Sud-Ovest (10°)	Sud-Ovest (80°)	Sud (5°)	Sud (2°)
Inclinazione	15°	20°	80°	80°
kWp	13,2	19,8	10,9	125,7
Coeff. correttivo applicato	1,09	1,04	1,2	1,2
Dati calcolati (GIS)	11.466 kWh	16.255 kWh	10.171 kWh	118.924 kWh
Dati previsti (PERSIL)	/	/	10.511 kWh	146.086 kWh
Dati misurati (PERSIL)	9.506 kWh	15.269 kWh	5.526 kWh	136.172 kWh
Sostantivo calcolati	/	/	1,3%	18,6%

Tabella 3 - Confronto tra i dati calcolati con il software GIS ed i risultati del progetto di ricerca PERSIL.

La distribuzione spaziale sul territorio delle varie attività (commercio, residenza, servizi, ecc) influisce infatti in modo rilevante sulle scelte di mobilità e di utilizzo delle fonti energetiche da parte dei cittadini. Risulta quindi importante mettere in campo delle strategie, attraverso la formazione di piani strategici, da parte di enti preposti, che favoriscano l'integrazione alle diverse scale dei piani territoriali con i piani energetici, al fine di rendere la pianificazione energetica uno dei punti cardine nella pianificazione del territorio. Soprattutto in questo periodo di forte crisi, la scelta di utilizzare fonti energetiche rinnovabili potrebbe rendere più consapevoli i cittadini che tali fonti convengono, muovendo l'economia e garantendo un futuro più pulito [Lo sviluppo della Smart City. Un percorso di riflessione sui fattori di successo per la costruzione della città intelligente e sostenibile, Green City Energy, 2011 (www.greencityenergy.it)].

Puntare sullo sviluppo energetico delle nostre città è di fondamentale importanza per la fortissima valenza economica che ha questo settore a scala mondiale, anche in merito all'impegno che alcuni paesi hanno intrapreso per contrastare il cambiamento climatico globale. L'implementazione delle informazioni territoriali attraverso i GIS è fondamentale

per gestire lo sviluppo energetico sul territorio e far rendere al meglio il potenziale energetico in esso presente, sfruttando l'integrazione delle informazioni a livello locale, con gli obiettivi di pianificazione e gestione di territorio e ambiente [Dainelli et al., 2013].

Il lavoro presentato in questo documento, ha come fine ultimo, lo sviluppo, soprattutto in ambito urbano, di soluzioni energetiche che sfruttino il potenziale energetico del sole. Si vuole dimostrare che con i software GIS, avendo la possibilità di usufruire di dati molto precisi come quelli LiDAR che consentono un'ottima rappresentazione del costruito, è possibile determinare anche su scala urbana la potenzialità delle tecnologie fotovoltaiche in modo realistico. Non avendo a disposizione dati di elevata precisione è comunque possibile effettuare un'analisi di prefattibilità, attraverso dei coefficienti correttivi che sopperiscano alla mancanza di precisione del dato di partenza.

Questa metodologia può essere integrata alle applicazioni web-GIS per consentire ai cittadini di verificare il potenziale fotovoltaico sul tetto della propria abitazione e conseguentemente decidere se può essere conveniente da un punto di vista energetico ma anche economico, l'investimento su questo tipo di tecnologia. Questo strumento potrebbe essere anche d'aiuto a professionisti e pubbliche amministrazioni in merito alla pianificazione energetica del territorio. È però auspicabile lo sviluppo e l'implementazione della procedura, con strumenti GIS open source, come ad esempio Quantum GIS e GRASS GIS.

La nuova Direttiva Europea (2012/27/UE) sull'efficienza energetica contiene suggerimenti al fine di aumentare i servizi per il mercato energetico. Anche la diffusione di strumenti per il calcolo della fattibilità delle fonti rinnovabili può aiutare a misurare, differenziare, ottimizzare e quindi pianificare l'utilizzo delle fonti energetiche sul territorio.

Gli autori di questo studio hanno cercato di valorizzare le proprie conoscenze e le banche dati in possesso della pubblica amministrazione sviluppando un servizio che potrà essere messo a disposizione della comunità secondo quanto indicato anche dalla legislazione vigente. Nel futuro ci si augura che un tale approccio possa essere portato a termine attraverso la diffusione dei dati con l'utilizzo di software GIS open source.

Parole chiave

FOTOVOLTAICO, TECNOLOGIE INTEGRATE, GIS.

Abstract

Potential of photovoltaic technologies on buildings' roofs using geographic information systems (GIS) - In order to plan the diffusion of renewable energy technologies, geographic information systems (GIS) can be useful. In this study photovoltaic technologies in urban environments were examined, considering the shadows of urban context and of territory orography evaluated with GIS (ESRI ArcGIS). The results of potential photovoltaic technologies strongly depend on input data but not always roof data are accurate. The aim of this work is to define a tool to improve the results of a GIS simulation on urban scale. To validate the procedure, the results were compared with data monitored by PERSIL project. The analysis was based on the use of geographic information systems, data scanner laser (LiDAR), and software for 3D reconstruction of the buildings.

Autori

STEFANO BONESSO,
STEFANO.BONESSO@GMAIL.COM.
DOTTORE IN PIANIFICAZIONE TERRITORIALE, URBANISTICA E PAESAGGISTICO-AMBIENTALE,

GUGLIELMINA MUTANI
GUGLIELMINA.MUTANI@POLITO.IT
RICERCATORE, DIPARTIMENTO ENERGIA, POLITECNICO DI TORINO

TATSIANA HUBINA
TATSIANA.HUBINA@CSI.IT
ANALYST AT THE ENERGY EXPERTISE UNIT, CSI PIEMONTE

ADELAIDE RAMASSOTTO
ADELAIDE.RAMASSOTTO@CSI.IT
PROJECT MANAGER, CSI PIEMONTE

Bibliografia

- Dainelli N., Bonechi F., Spagnolo M., Canessa A., Cartografia numerica. Manuale pratico per l'utilizzo dei GIS, Dario Flaccovio editore, 2013 (<http://www.darioflaccovio.it/pdfdescr/172-DF7893.pdf>).
- Enel Green Power, Guida al fotovoltaico www.enelgreenpower.com
- Green City Energy, Lo sviluppo della Smart City. Un percorso di riflessione sui fattori di successo per la costruzione della città intelligente e sostenibile, 2011, www.greencityenergy.it
- Hofierka, J., Kanuk J., Assessment of photovoltaic potential in urban areas using open-source solar radiation tools, università di Presov (Slovacchia), Renewable Energy 34, 2009.
- Martins FR., Abreu S.L., Pereira E.B., Scenarios for solar thermal Energy applications in Brazil, Energy Policy 48, 2012.
- Mutani G., Bua A., "La fattibilità tecnica ed economica del fotovoltaico in Italia", rivista: IL PROGETTO SOSTENIBILE, ISSN: 1974-3327, vol. 21, 2009, pp. 60-63.
- Mutani G., Busterna L., "Il fotovoltaico in Piemonte", rivista: PV TECHNOLOGY, ISSN: 1971-6699 PV TECHNOLOGY, vol. 2, 2009, pp. 62-66.
- Ronchi E., Dicembre 2011, L'importanza strategica dell'efficienza energetica, le politiche europee e una introduzione agli strumenti finanziari, Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile.
- Strzalka A., Alam N., Duminil E., Coors V., Eicker U., Large scale integration of photovoltaics in cities, Applied Energy 93, 2012.
- Suri M., Huld T.A., Dunlop E.D., Ossenbrink H.A., Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries", Solar Energy 81, 2007.
- Tabik S., Villegas A., Zapata E. L., Romero L. F., A Fast GIS-tool to Compute the Maximum Solar Energy on Very Large Terrains, università di Malaga, Procedia Computer Science 9, 2012.
- Urbanetz J., Debiaci Zomer C., Rütger R., Compromises between form and function in grid-connected, building-integrated photovoltaics (BIPV) at low-latitude sites, Building and Environment 46, 2011.