



Politecnico di Torino

Porto Institutional Repository

[Proceeding] La potenzialità dei sistemi solari fotovoltaici integrati nelle coperture degli edifici con le tecniche GIS open source

Original Citation:

G. Vicentini; G. Mutani (2012). *La potenzialità dei sistemi solari fotovoltaici integrati nelle coperture degli edifici con le tecniche GIS open source*. In: GFOSSDAY 2012- Quinta conferenza italiana sul software libero geografico e sui geodati aperti, Torino, 14-17 novembre 2012.

Availability:

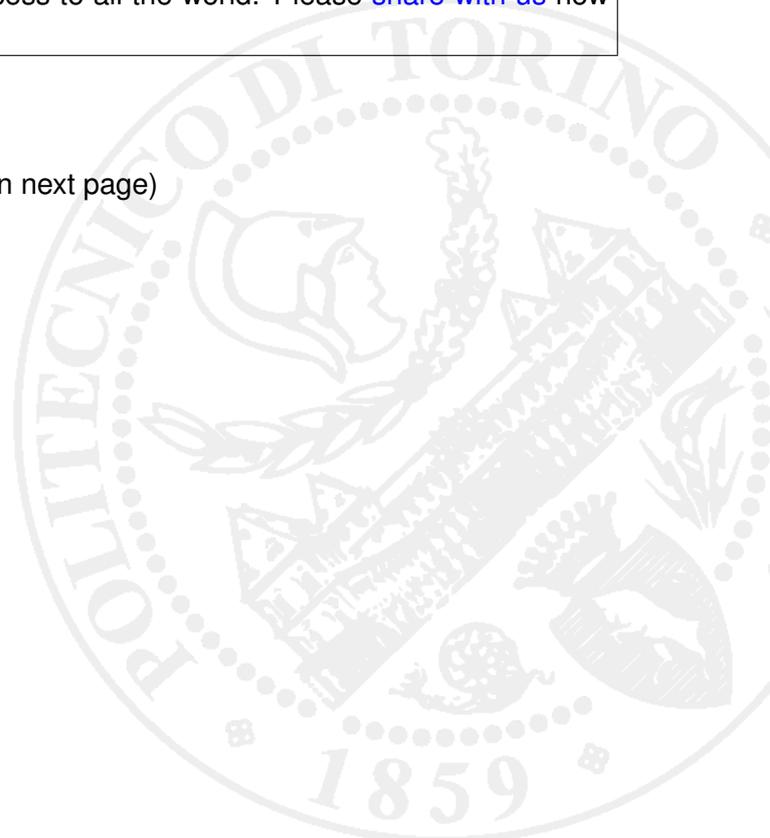
This version is available at : <http://porto.polito.it/2504957/> since: November 2012

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions applicable to Open Access Policy Article ("Creative Commons: Attribution-Noncommercial 3.0") , as described at http://porto.polito.it/terms_and_conditions.html

Porto, the institutional repository of the Politecnico di Torino, is provided by the University Library and the IT-Services. The aim is to enable open access to all the world. Please [share with us](#) how this access benefits you. Your story matters.

(Article begins on next page)



GFOSS DAY 2012 Cities  on power

5^a conferenza italiana sul software geografico e sui dati geografici liberi 

La potenzialità dei sistemi solari fotovoltaici integrati nelle coperture degli edifici attraverso i sistemi GIS open source

Giovanni Vicentini

Guglielmina Mutani

—

—

Provincia di Torino

Dipartimento Energia Politecnico di Torino









This project is implemented through the CENTRAL EUROPE Programme co-financed by the ERDF

GFOSS DAY 2012 Cities 

Abstract

Title: *La potenzialità dei sistemi solari fotovoltaici integrati nelle coperture degli edifici con le tecniche GIS*

Track: GFOSSDAY2012

Keywords: Fotovoltaico
edifici residenziali
GIS open source

Abstract: Questo lavoro è stato sviluppato nell'ambito del progetto di ricerca europeo Cities on Power (CoP) con l'obiettivo di promuovere l'uso delle fonti energetiche rinnovabili nelle aree urbane. Attraverso la creazione di uno strumento interattivo si cerca di favorire la partecipazione dei cittadini al processo decisionale riguardante i nuovi modi di approvvigionamento energetico e quindi è stato scelto un software GIS open-source che, da un lato, è meno user-friendly ma consente un utilizzo gratuito per qualsiasi utente. I modelli di irradiazione solare presenti in letteratura vengono applicati al modello tridimensionale del territorio (che considera la pendenza e l'orientamento del terreno e le ostruzioni dovute alla presenza dei rilievi) a cui si aggiunge l'edificato con la diversa tipologia di copertura piana o a falde inclinate. Dall'irradiazione solare incidente si calcola l'energia elettrica producibile con le tecnologie fotovoltaiche attualmente disponibili sul mercato integrate sulle coperture degli edifici residenziali. La procedura viene quindi applicata su scala metropolitana per tutti gli edifici residenziali.

Time: Oct 6, 16:25 GMT

Authors

first name	last name	email	country	organization	Web site
Giovanni	Vicentini	giovanni.vicentini@provincia.torino.it	Italy	Provincia di Torino	http://www.provincia.torino.gov.it/
Guglielmina	Mutani	guglielmina.mutani@polito.it	Italy	DENERG - Politecnico di Torino	http://www.polito.it





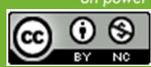




This project is implemented through the CENTRAL EUROPE Programme co-financed by the ERDF

GFOSS DAY 2012

Cities 
on power



- Questo lavoro nasce nell'ambito del progetto di ricerca europeo *Cities on Power* - CoP (www.citiesonpower.eu/it) sviluppato all'interno del programma *Central Europe*.
- *Cities on Power* promuove l'uso delle fonti energetiche rinnovabili nelle aree urbane (ST, FV, geotermia).
- Attraverso la creazione di uno strumento interattivo si cerca di favorire la partecipazione dei cittadini aumentando la loro consapevolezza sul tema dell'energia e di aiutare e supportare le amministrazioni pubbliche nei loro processi decisionali.

    3

GFOSS DAY 2012

Obiettivo del lavoro



- Definire il potenziale di utilizzo della fonte energetica solare e del FV per gli edifici residenziali della Provincia di Torino attraverso l'utilizzo di software GIS open source:
 - informatizzando i modelli che si trovano in letteratura
 - definendo una procedura con software GIS open source che possa essere modificata ed integrata in futuro utilizzando le banche dati a disposizione
 - creando uno strumento per valutare le politiche energetiche da attuare sul territorio provinciale e fornire al cittadino informazioni di pre-fattibilità sulla propria abitazione

    4

GFOSS DAY 2012 **Cities** 
on power

Dati disponibili



- Geoportale Nazionale
- SITAD, Sistema Informativo Territoriale Ambientale Diffuso (Regione Piemonte e Provincia di Torino)
- Banca-dati della Città di Torino (Geoportale del Comune di Torino)
- Banche-dati di altri Comuni della Provincia di Torino
- Dati meteo: UNI 10349:1994, PVGIS - Institute for Energy Joint Research Centre (JRC), "Solar engineering of thermal processes", Duffie, Beckman,
http://grass.fbk.eu/gdp/html_grass62/r.sun.html




EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL
DEVELOPMENT FUND
This project is implemented through the CENTRAL EUROPE Programme co-financed by the ERDF



5

GFOSS DAY 2012 **Cities** 
on power

Software utilizzato



GRASS GIS - Geographic Resources Analysis Support System

- Irradiazione solare (modulo r.sun)
 - Parametri utilizzati nel modulo:
 - Modello di cielo: componente diretta, diffusa e riflessa della radiazione solare, il fattore di torbidità di Linke (limpidità).
 - Modello tridimensionale della superficie terrestre DSM: DTM, Digital Terrain Model (orografia del territorio) + modello tridimensionale del tessuto edificato.
 - Altre informazioni: passo temporale con cui eseguire il calcolo e giorni rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.




EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL
DEVELOPMENT FUND
This project is implemented through the CENTRAL EUROPE Programme co-financed by the ERDF



6

GFOSS DAY 2012 Cities  on power

Parametri modello di cielo

Parametri richiesti dal modulo r.sun di GRASS GIS



Mese	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Giorno medio (Duffie, Beckman)	17	16	16	15	15	11	17	16	15	15	14	10
% diffusa UNI 10349:1994	50	45	41	39	40	39	32	38	41	43	49	45
Torbidità Linke - misurato 2010*	3,5	4,3	4	4,2	4,6	4,6	4,4	4,5	4,3	4	4,4	4,4
Riferimento medio città- industriale (r.sun)	3,6	3,7	4,1	4,6	4,8	5,0	5,1	5,0	4,6	4,2	3,9	3,6

* fonte: prof. G.V. Fracastoro – DENERG, Politecnico di Torino






7

GFOSS DAY 2012 Cities  on power

Il Digital Terrain Model - DTM



- Il DTM è disponibile in formato ESRI-grid con passo 50 metri e scala di acquisizione 1:10.000
- Il DTM permette di identificare gli eventuali ombreggiamenti determinati dalla morfologia del terreno o l'incremento dell'irradiazione solare in relazione all'altitudine



DTM Provincia di Torino






8

GFOSS DAY 2012

Cities  on power

Il modello 3-D degli edifici (1)



- Le caratteristiche fisiche del tessuto edificato che incidono prevalentemente sulla costruzione del modello sono l'altezza degli edifici, la tipologia del tetto e la superficie utile disponibile sulla copertura:
 - altezza degli edifici: differenza tra quota di gronda e piano campagna o numero dei piani



- tipologia del tetto e l'inclinazione delle falde: tetto piano o a falda con un'inclinazione media di 20° (Piemonte 17-24°); i tetti a falda devono essere ricostruiti virtualmente nel modello 3D

    9

GFOSS DAY 2012

Cities  on power

Il modello 3-D degli edifici (2)



- La ricostruzione virtuale dei tetti a falde è stata ottenuta attraverso una procedura automatica, considerando una tipologia standard di copertura ed un'inclinazione fissa delle falde pari a 20°
 - 1) Riconoscimento della tipologia di copertura (tetto piano o a falde inclinate?) e associazione di un attributo ai poligoni degli edifici (0= tetto piano; 1= tetto a falde inclinate). Il riconoscimento della tipologia avviene attraverso l'estrazione dei pixel con tonalità tipiche del coppo/tegola dall'ortofoto digitale della Provincia di Torino (volo 2006 – 1:5.000). I poligoni degli edifici all'interno dei quali ricadono i pixel estratti vengono considerati a falde inclinate.

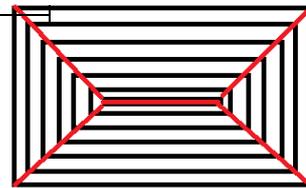
Modulo GRASS GIS utilizzato: **r.mapcalc**

    10

Il modello 3-D degli edifici (3)

2) Ricostruzione virtuale dei tetti a falde inclinate attraverso una reiterazione di buffer interni con distanza pari a 50 cm. I buffer vengono realizzati solo per gli edifici residenziali che hanno attributo copertura = 1. La distanza non è casuale: deve essere correlata alla successiva attribuzione di una quota altimetrica ai nuovi livelli generati dal buffer.

0,5 m

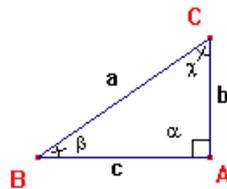


Modulo GRASS GIS utilizzato: **v.buffer**



Il modello 3-D degli edifici (4)

3) Attribuzione di una quota altimetrica ai nuovi livelli: ogni livello è 18 cm più elevato del precedente; questo permette di attribuire un'inclinazione standard di 20° (trigonometria).



$$\beta = 20^\circ$$

$$\gamma = 70^\circ$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$c = 0,5 \text{ metri}$$

$$a = c / \cos \beta$$

$$b = a * \sin \beta$$



GFOSS DAY 2012

Cities  on power

Costruzione del DSM



- La costruzione del DSM avviene sovrapponendo i differenti livelli raster generati (ciascuno caratterizzato da una singola banda spettrale indicante la quota altimetrica rispetto al livello precedente) e sommando i valori dei pixel corrispondenti:

Livelli successivi	Livelli per ricostruzione falde inclinate (H)
Livello 2	Modello 3-D edifici senza copertura (H)
Livello 1	DTM (quota sul livello del mare)

Modulo GRASS GIS utilizzato: **r.series**

    13

GFOSS DAY 2012

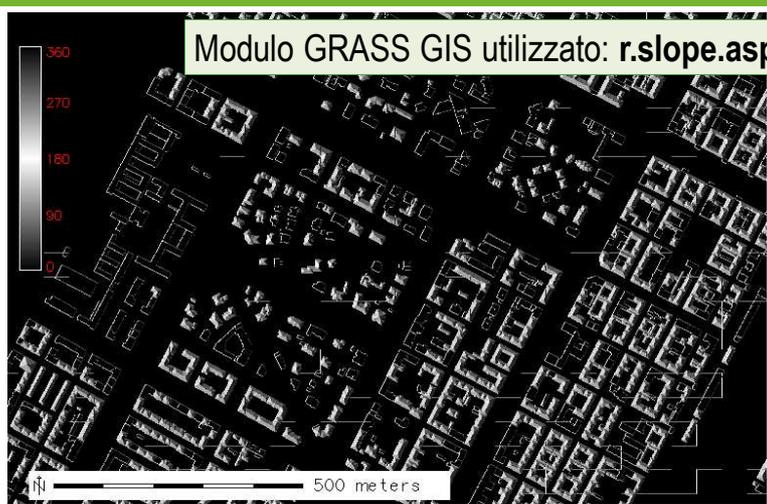
Cities  on power

Costruzione del DSM: aspect



Modulo GRASS GIS utilizzato: **r.slope.aspect**

Orientamento



    14

GFOSS DAY 2012

Cities on power

Costruzione del DSM: slope

Modulo GRASS GIS utilizzato: r.slope.aspect

Pendenza delle falde

500 meters

CENTRAL EUROPE COOPERATING FOR SUCCESS

EUROPEAN UNION EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND

PROVINCIA DI TORINO

15

GFOSS DAY 2012

Cities on power

Esempio di mappa solare

16 marzo

Irradianza solare [W/m²]

3726

3021

2024

1247

400

0 W/m²

100 meters

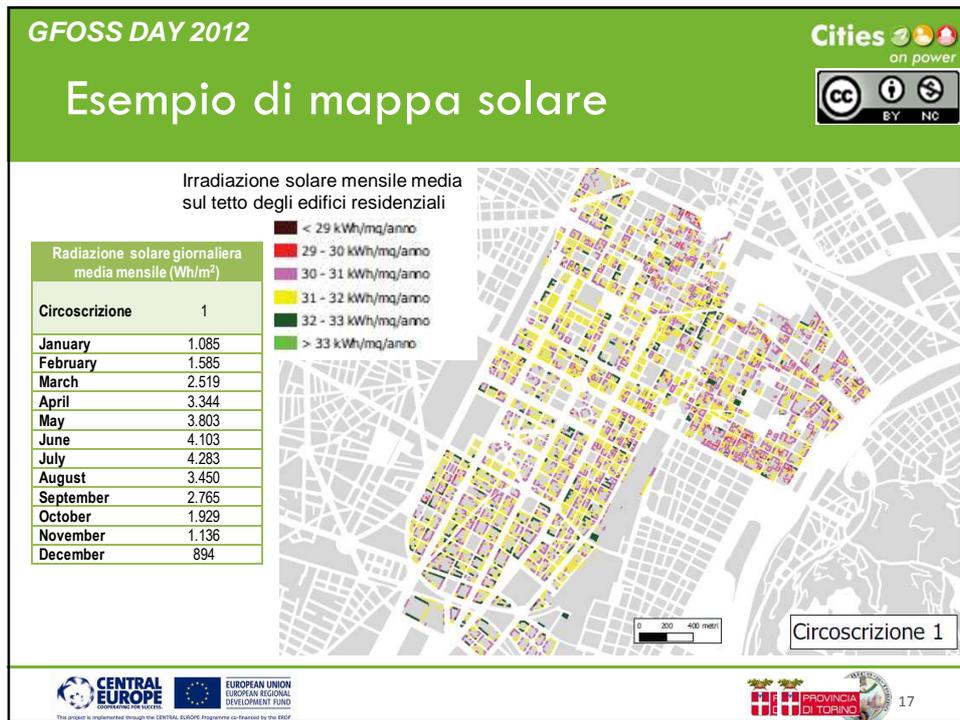
Modulo GRASS GIS utilizzato: r.sun

CENTRAL EUROPE COOPERATING FOR SUCCESS

EUROPEAN UNION EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND

PROVINCIA DI TORINO

16



GFOSS DAY 2012 Cities  on power

Potenziale fotovoltaico



$$E = Pk \cdot PR \cdot G$$

Fonte: "Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries", Marcel Suri, Thomas A. Huld, Ewan D. Dunlop, Heinz A. Ossenbrink, Solar Energy 81 (2007) 1295–1305.

- E: energia elettrica totale annua generata da fotovoltaico [kWh]
- Pk: potenza di picco (pari a 1 kWp)
- G: irradiazione solare cumulata annua [kWh/(m²a)]
- PR: performance del sistema (pari a 0,753 per tener conto che la potenza di funzionamento di un sistema FV è normalmente inferiore alla potenza di picco, anche con I = 1000 W/m², in primo luogo perché spesso la temperatura di funzionamento è superiore a 25 °C ed in secondo luogo per le perdite del sistema nell'inverter e nei cavi).

L'efficienza dei moduli FV varia in funzione della tecnologia scelta:
monocristallino, policristallino, a film sottile : $\eta_{MC}=15\%$, $\eta_{PC}=12\%$, $\eta_{FS}=6\%$.

 18

Conclusioni



- GRASS GIS con il modulo r.sun permette di ottenere ottimi risultati in virtù delle molteplici variabili che possono essere inserite (modello di cielo dettagliato, DSM, parametri di precisione del calcolo)
- Ulteriori sviluppi:
 - Migliore rappresentazione delle diverse tipologie di tetto
 - Valutazione dell'area di copertura effettivamente disponibile per il FV considerando camini, lucernari e abbaini con relativa valutazione dell'ombreggiamento portato da questi elementi
 - La possibilità di usufruire di dati LiDAR ad alta definizione