



ALEXANDRU IOAN CUZA
UNIVERSITY of IAȘI

Pagina jurnalului
<http://www.geomatica.uaic.ro>



UTILIZAREA SISTEMELOR INFORMATICE GEOGRAFICE ÎN STUDIUL FEZABILITĂȚII AMPLASĂRII PANOURILOR FOTOVOLTAICE LA NIVELUL BLOCURILOR DIN ORAȘUL IAȘI, ROMÂNIA

Ionuț Păduraru^a, Cristian Constantin Stoleriu^b

^a Universitatea "Alexandru Ioan Cuza" din Iași, Facultatea de Geografie și Geologie, Departamentul de Geografie, email: paduraru.ionut.1990@gmail.com

^b Universitatea "Alexandru Ioan Cuza" din Iași, Facultatea de Geografie și Geologie, Departamentul de Geografie, email: cristoan@yahoo.com

INFORMAȚII ARTICOL

Keywords:

potențial solar,
panouri
fotovoltaice,
modelare 3D

ABSTRACT

Scopul principal al studiului îl reprezintă determinarea potențialului solar la nivelul acoperișurilor din orașul Iași și măsura în care această energie poate fi exploatată. În cadrul analizei s-a urmărit atât corecția datelor vectoriale de tip OpenStreetMap (OSM) cât și modelarea 3D a acestora. Până în momentul actual există două tipuri de abordări universale acceptate, cu privire la amplasarea sistemelor fotovoltaice. Primul tip se referă la sisteme rezidențiale destinate publicului larg care sunt amplasate în mod tipic la nivelul acoperișurilor caselor și blocurilor și care sunt utilizate pentru autoconsum. Al doilea sistem este reprezentat de instalațiile la scară mare, de forma parcurilor solare, destinate producerii unei cantități mari de energie electrică cu scopul de a fi distribuită populației. Deoarece energia solară face parte din categoria de energie neconvențională, care prezintă avantaje considerabile, o abordare neconvențională poate avea la rândul ei avantaje considerabile. Acoperișurile blocurilor din orașul Iași sunt suprafețe viabile gata amenajate, ideale pentru amplasarea panourilor fotovoltaice și totodată protejate de mulți factori poluanți, specifici de la nivelul solului, care pot deteriora sau micșora capacitatea de producție a energiei electrice. Clădirile din cadrul orașului Iași care oferă asemenea condiții din punctul de vedere al înălțimii, al poziționării și a formei acoperișurilor pun la dispoziție o suprafață totală de 83 de hectare. În urma analizei lunare multianuale rezultă un număr de 2242 de clădiri care pot fi considerate ca fiind viabile din punct de vedere al potențialului energetic solar brut măsurat în kWh/zi/m². Aceste clădiri înregistrează un minim de 1 kWh/zi/m² și fac ca zona urbană să fie una favorabilă amplasării instalațiilor fotovoltaice la scară mare.

Introducere

Creșterea populației în zonele urbane, raportat la stadiul actual de dezvoltare socio-economică, a condus în mod inevitabil la o creștere accentuată a consumului de energie electrică, în timp ce volumul resurselor energetice convenționale (cărbuni, gaze naturale și petrol) se află într-o continuă descreștere, această problemă este una care a primit din ce în ce mai multă atenție în ultimii douăzeci de ani.

Ținându-se cont de faptul că nevoia de energie va continua să crească, dictată de creșterea economică, este necesară căutarea unor noi surse de energie care pot fie să înlocuiască actualele resurse energetice convenționale (la ora actuală doar energia nucleară oferă cea mai eficientă soluție), fie să ofere un surplus de energie (energia solară, eoliană, geotermală, biomasă și hidroelectrică) (Duffie, Beckman, 2013).

Deși energia nucleară prezintă avantaje, aceasta este limitată datorită resurselor limitate de combustibil nuclear precum și a riscurilor mult mai ridicate atât din punctul de vedere al procesului de prelucrare și utilizare al combustibilului nuclear, ce a condus la accidente nucleare cu efecte ce pot fi resimțite până în ziua de astăzi, cât și al transportului și depozitării deșeurilor. (Rusanescu, 2010; Administrația Națională de Meteorologie, 2008; Ministerul Economiei, Comerțului și Relațiilor cu Mediul de Afaceri, 2007)

Sursele de energie regenerabilă oferă o alternativă viabilă cu riscuri mici sau inexistente care sunt practic nepuizabile din punctul de vedere al resurselor, singura problemă fiind utilizarea echipamentelor corespunzătoare în zonele cele mai

favorabile pentru a utiliza și transforma aceste resurse în energie electrică, lucru care poate necesita costuri semnificative și investiții de lungă durată (Ciulache, Ionac, 2007; Pearce, 2002).

Avantajele acestor resurse sunt semnificative și ar putea fi utilizate pentru a suplimenta o locuință cu energie electrică (“off the grid”) însă utilizarea lor ca sursă primară pentru alimentarea cu energie electrică a unui întreg oraș nu este fezabil, ele nu trebuie considerate resurse ce pot înlocui resursele energetice convenționale ci doar să adauge un surplus de energie electrică pentru a reduce cantitățile de petrol, gaze naturale sau cărbuni utilizați. Întrucât resursele de energie regenerabilă sunt influențate considerabil de către factorii de mediu, poziția geografică și nu în ultimul rând de tehnologiile actuale utilizate, apar și un număr de restricții privind tipul de energie regenerabilă ce poate fi utilizată în mod eficient în anumite zone (Oprea, 2005; Masters, 2013; Planning and Installing solar thermal systems, London).

Materiale și metode

Sursele de date utilizate în cadrul acestui studiu au constat în:

- datele meteorologice ROCADA (Bîrsan, Dumitrescu, 2014);
- modelul digital topografic (DTM – Digital Topographic Model) la nivel de România realizat din Shuttle Radar Topography Mission (STRM) cu o rezoluție spațială de 30m. Acest SRTM a fost redimensionat la o rezoluție spațială de 3m împreună cu modelul de determinare a potențialului energetic solar puse la dispoziție de către Environmental Systems Research Institute (ESRI);

- amprenta la sol a clădirilor din orașul Iași;
- rețeaua de drumuri extrase din baza de date OSM, ce au fost reproiectate în WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere pentru a evita erorile de proiecție în cadrul scenelor CityEngine și de export pentru platforma de webgis.

În cadrul procesării și analizei s-a utilizat software-ul ArcGis 10.3 cu ajutorul căruia s-a realizat o baza de date (geodatabase) care conține un set de domenii și subdomenii necesare modelării 3D, evidențiindu-se elementele principale componente structurii arhitecturale orașului acestea fiind: amprenta la sol a clădirilor și rețeaua de drumuri. Aceste elemente au fost extrase din baza de date OSM, iar modelarea 3D a acestor date a fost realizată utilizând modulul CityEngine 2015, care include reguli de modelare procedurală (Lisell et al., 2003; Özgür et al., 2015).

Prima etapă de procesare a constat în completarea și corectarea numărului de etaje (nivele) și înălțimea clădirilor (s-a utilizat o înălțime standard de 3m pe nivel). Pentru evidențierea tipului de acoperiș asociat clădirilor (plat - când nu există o diferență și înclinat - când există diferență) s-au utilizat imaginile satelitare Bird's Eye View (cu înclinare oblică de 45°) disponibile pe Bing Maps. Pentru generarea modelului 3D pentru orașul Iași

s-a folosit modulul CityEngine 2015, prin intermediul căruia sau obținut modelele clădirilor (de tip soild). În funcție de diferența de înălțime menționate anterior și suprafața amprentei la sol, modelele obținute au fost separate pe fațade (extrăgând pereți și acoperișurile). Rezultatul acestor extracții, în format vectorial, au fost exportate în format multipatch pentru procesare în ArcGis.

Etapele de procesare a constat în integrarea înălțimilor clădirilor în DTM, în vederea obținerii modelului digital al suprafeței terestre (DSM – digital surface model). Utilizându-se DSM-ul ce încorporează înălțimile clădirilor s-a întocmit harta pantelor și orientării în scopul extrapolării gradului de înclinare a, acoperișurilor și orientării clădirilor (Cebecauer et al., 2007).

Etapele de procesare a constat în realizarea hărților pentru potențialul de radiație solară care au fost generate pentru fiecare lună calendaristică, utilizându-se valorile medii lunare multianuale pe 10 ani (intervalul 2000-2010) pentru insolația globală pe orizontală. Pentru a determina valorile asociate radiației difuze și radiației transmise s-a realizat o calibrare atmosferică în cadrul unui an calendaristic la un interval orar de 30 de minute pentru un punct central utilizându-se "Point Solar Radiation" (Erhan, 2000; Chrysoulakis et al., 2004) (Figura 1).



Figura 1. Schema determinării radiației solare teoretice pentru un punct oarecare

Valorile acestor parametri au fost asociați fiecărei luni în parte în funcție

de proximitatea valorilor de radiație solară înregistrată față de valorile

teoretice calculate pentru acea pereche (exemplu: pentru luna ianuarie valoarea înregistrată este de 29760 WH/m² și se aproprie de valoare teoretică pentru perechea D-0.6 și T-0.5 de 30746.99 WH/m²) (Naghiu et al., 2016) (Tabel 1).

După determinarea valorilor de radiație difuză și transmisă s-a realizat harta radiației solare utilizând instrumentul “Area Solar Radiation”, pe baza DSM-ului, pentru această hartă calculul fiind realizat la intervale de 30

de minute și pentru o perioadă de 365 de zile (Naghiu et al., 2016).

Etapa a patra de procesare a constat în extragerea valorilor medii a radiației solare specifice fiecărui acoperiș în parte, utilizându-se instrumentul “Solar Radiation Roof Zones”, oferit de ESRI, instrument care a fost segmentat în cadrul “Model Builder” în 3 componente pentru a evita erorile de procesare (Tabel 2).

Tabel 1. Distribuția radiației difuze și transmise

Luna	Radiație Solară (WH/m ²)	Radiație Difuză	Radiație Transmisă
Ianuarie	29760	0.6	0.5
Februarie	44544	0.5	0.5
Martie	93744	0.2	0.6
Aprilie	144720	0.2	0.6
Mai	148056	0.5	0.4
Iunie	174960	0.3	0.5
Iulie	165912	0.3	0.5
August	153264	0.6	0.4
Septembrie	107280	0.2	0.6
Octombrie	89280	0.3	0.7
Noiembrie	41760	0.2	0.7
Decembrie	31992	0.5	0.6

Etapa a patra de procesare a constat în extragerea valorilor medii a radiației solare specifice fiecărui acoperiș în parte, utilizându-se instrumentul “Solar Radiation Roof Zones”, oferit de ESRI,

instrument care a fost segmentat în cadrul “Model Builder” în 3 componente pentru a evita erorile de procesare (Tabel 2).

Tabel 2. Estimarea potențialului fotovoltaic pentru acoperișur

	Adăugarea câmpurilor	Mențiuni
Componenta 1	UniqueID	-
	Radiația Solară (Wh/m ² /zi)	-
	Radiația Solară medie (kWh/m ² /zi)	-
	Selectarea geometriilor	-
	Realizarea unei geometrii de încorporare a poligoanelor ce reprezintă acoperișurile	Geometria de încorporare s-a realizat cu instrumentul "Minimum bounding Geometry" pe baza lățimii poligonului
Componenta 2	Unire între geometria de încorporare și poligoanele ce reprezintă acoperișurile	-
	Realizarea amprentelor pe baza multipatch-uri (exportate în CityEngine)	Instrument "Multipatch to Footprint"
	Diferențierea lor în funcție de aria amprentei	-
	Lățime MbG >3	-
	Realizarea unui zone tampon negativ (intern) în funcție de mărimea celulei rasterului radiației solare	Necesară pentru a extrage doar valorile celulelor de la nivelul acoperișurilor fără a extrage informații din celulele adiacente, aflate în zona umbră
	Realizarea statisticii zonale	Utilizarea "Zonal Statistics as Table" între rasterul radiației solare și amprenta acoperișurilor extragerea valorilor medii pentru fiecare amprentă
	Relaționarea de tip "join" între multipatch și statistica zonală	-
	Lățime MbG < 3	-
	Reprezentarea poligoanelor de arie mică sub forma de puncte	Instrument "Feature to point"
	Extragerea valorilor medii a radiației solare pentru punctele reprezentate	Instrument "Sample"
Componenta 3	Executare relaționare de tip "join" între straturile rezultate din cele 2 selecții (arie > 3 și arie < 3)	-
	Selectarea poligoanelor după atribute	În funcție de numărul de poligoane și datorită complexității multipatch-urilor vor exista poligoane care nu vor avea valori de radiație solară atașate
	Valorile medii ale radiației care sunt nule vor avea valoarea 0	
	Valorile radiației solare ale rasterului și ale punctelor cu valori nule vor avea valoarea 0	-
	Se calculează radiația solară prin însumarea celor doi parametri	-
	Se șterg cei doi parametri utilizați în calcul	-
	Selectarea poligoanelor cu radiație solară nedeterminată (egala cu 0)	-
	Lățimea MbG va fi recalculată ca fiind 0	-
	Se rulează un submodel similar cu cel de la componenta 2	Extragerea valorilor radiației pentru un punct central din poligoanele în cauză
	Se asociază aceste valori câmpului de radiație solară	
Se elimină câmpurile suplimentare	-	
Se anexează stratul multipatch reprezentând peretii clădirilor	Instrumentul "Append"	

Rezultate și discuții

Parametrii structurali de prim interes la nivelul orașului Iași sunt înălțimea clădirilor și suprafața. Astfel construcțiile care sunt luate în considerare sunt cele care au o înălțime egală și/sau mai mare de 15m și care sunt utilizate ca blocuri de locatari, cămine studențești, clădiri de birouri, spitale, universități etc.

Excepția este reprezentată de clădirile cu un statut istoric, cu o arhitectură deosebită sau cele care prezintă construcții adiționale la nivelul acoperișurilor care pot face ca montarea instalațiilor fotovoltaice să fie problematică sau imposibilă, astfel există un număr de 2183 de clădiri a căror potențial fotovoltaic mediu anual este de 3 kwh/zi/m² cu o suprafața totală a acoperișurilor de 161.2 hectare (Figura 2).

După etapele de procesare, analiză și selecție a rezultatelor finale aceste straturi au fost reimportate în CityEngine și au fost prelucrate cu ajutorul regulilor CGA de modelare procedurală. Aceste straturi au fost modelate, simbolizate și grupate pentru a oferi o perspectivă asupra întregului oraș punând în evidența clădirile alese și potențialul fotovoltaic pentru fiecare acoperiș, având posibilitatea de a vizualiza și analiza aceste atribute în paralel cu alte strate, acesta fiind publicat în cadrul platformei oferite de ESRI și putând fi accesat la liber. Pentru vizualizarea modelului 3D și interogarea acestui set de rezultate preliminar accesați:

<http://www.arcgis.com/home/item.html?id=27879fd6c0aa4127b74396ad36cb8ec0>.

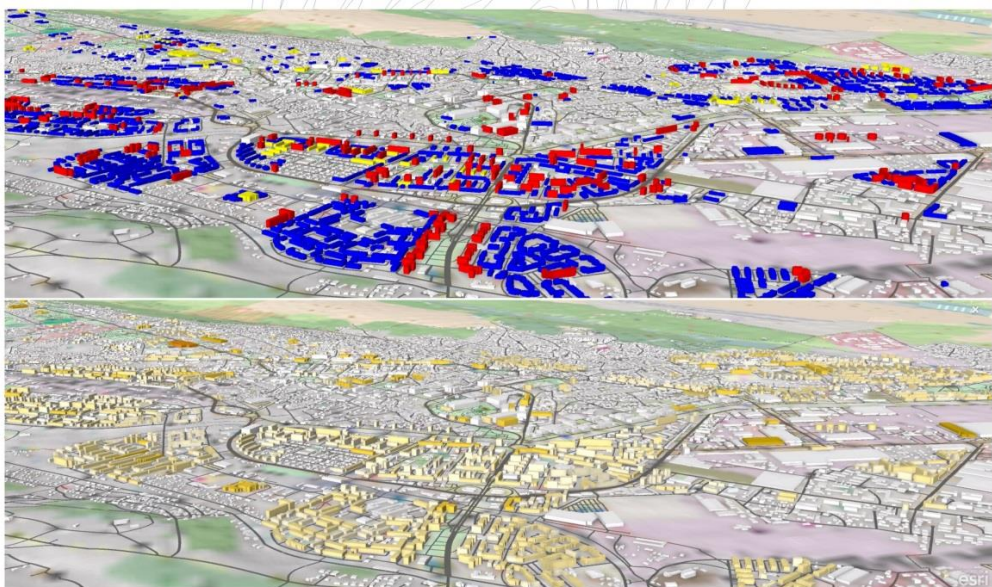


Figura 2. Schema determinării radiației solare teoretice pentru un punct oarecare

Deși CityEngine este un soft ce oferă o mare flexibilitate privind modelarea 3D a unei baze de date GIS, având posibilitatea

de a reprezenta un oraș la un nivel foarte detaliat, în cadrul acestui studiu s-a ales o reprezentare simplă (rețea de drumuri și

clădiri tip “solid” cu forma aproximată a acoperișurilor), accentul fiind pus pe reprezentarea cât mai eficientă a rezultatelor obținute pentru a le face cât mai ușor de înțeles și interpretat. (Compagnon R., 2004)

Pentru a estima potențialul fotovoltaic la nivelul clădirilor este esențial să estimăm într-o măsură cât mai realistă suprafața efectivă care poate fi dedicată montării instalațiilor fotovoltaice. Întrucât la momentul construcției clădirilor în cauză, instalarea panourilor fotovoltaice nu a fost un element luat în considerare, ar fi inoportun să presupunem că suprafața totală a acoperișurilor poate fi utilizată. Conform studiilor de specialitate care au analizat orașe precum New York, Los Angeles, Seoul, suprafața acoperișurilor care poate fi amenajată este de aproximativ 50% din suprafața totală, întrucât trebuie luate în considerare spațiul necesar minim pentru acces, întreținere și reparații, montarea suporturilor necesare susținerii panourilor fotovoltaice, poziționarea și înclinarea panourilor fotovoltaice (trebuie calculate pentru fiecare clădire în parte) precum și potențialele obstrucții care pot exista la nivelul acoperișurilor datorate construcțiilor adiacente. Astfel suprafața utilă potențială amplasării de panouri fotovoltaice este de aproximativ 80.2 hectare (Latif et al., 2012; Perez et al., 1987; John Byrne et al., 2015; Sean Ong et al., 2013)

În cadrul acestui studiu au fost luate în considerare panourile fotovoltaice cu celule p-SI (siliciu policristalin), acestea fiind comercializate la scară largă și fiind în special destinate proiectelor atât la scară mare cât și redusă (Messenger, Ventre, 2000; Hagerman et al., 2016).

Trebuie menționat că acest potențial de 14-12% reprezintă capacitatea de

conversie a energiei solare în energie electrică pentru o perioadă relativ scurtă de timp (2-4 ani) și pe o suprafață optimă de amplasare unde parametrii climatici nu prezintă fluctuații extreme. Pe termen lung acest potențial scade în jurul valorii de 8% întrucât trebuie luate în considerare pierderile ce pot apărea în cadrul unui asemenea sistem, acestea fiind pierderi de conversie a energiei, pierderi de transport, diferențele de temperatură, umbrire, pierderi cauzate de ninsoare, praf sau alți factori poluanți.

Prin urmare, luând acești factori în considerare la o capacitate medie de conversie a energiei solare în energie electrică de 8% pentru o suprafață utilă de aproximativ 80 de hectare se estimează anual o medie de circa 192 MW/luna luând în considerare numărul mediu de ore cu soare, la nivel anual cantitatea de energie ce poate fi produsă este de aproximativ 2453 MW (Fig. 3).

Este important de menționat că acest studiu a fost realizat pentru un sistem fotovoltaic luat ca întreg cu o eficiență de 8% în cazul în care acest sistem ocupa efectiv 50% din suprafața acoperișurilor, nefiind luată în considerare suprafața ce poate fi ocupată de un sistem în funcție de mărimea panourilor fotovoltaice cu o putere instalată predeterminată. Prin urmare dacă ar fi să luăm în considerare situația inversă și să determinăm suprafața pe care un astfel de sistem o poate ocupa, cunoscând deja cantitatea de energie care poate fi produsă pe 50% din suprafața unui acoperiș, pusă în raport cu suprafața unui panou fotovoltaic standard (mărime de 1.61 m^2 cu o capacitate reală de 180W-eficiență de aproximativ 70%), iese în evidență că pentru o suprafață de 449 m^2 cu un potențial teoretic de 1 Kwh/zi/m^2 (pentru luna ianuarie), se produce circa 36

Kw/lună. Această cantitate de energie poate fi produsă de un sistem care încorporează 200 de panouri fotovoltaice reprezentând aproximativ 322 m². (Armstrong, Hurley, 2010).

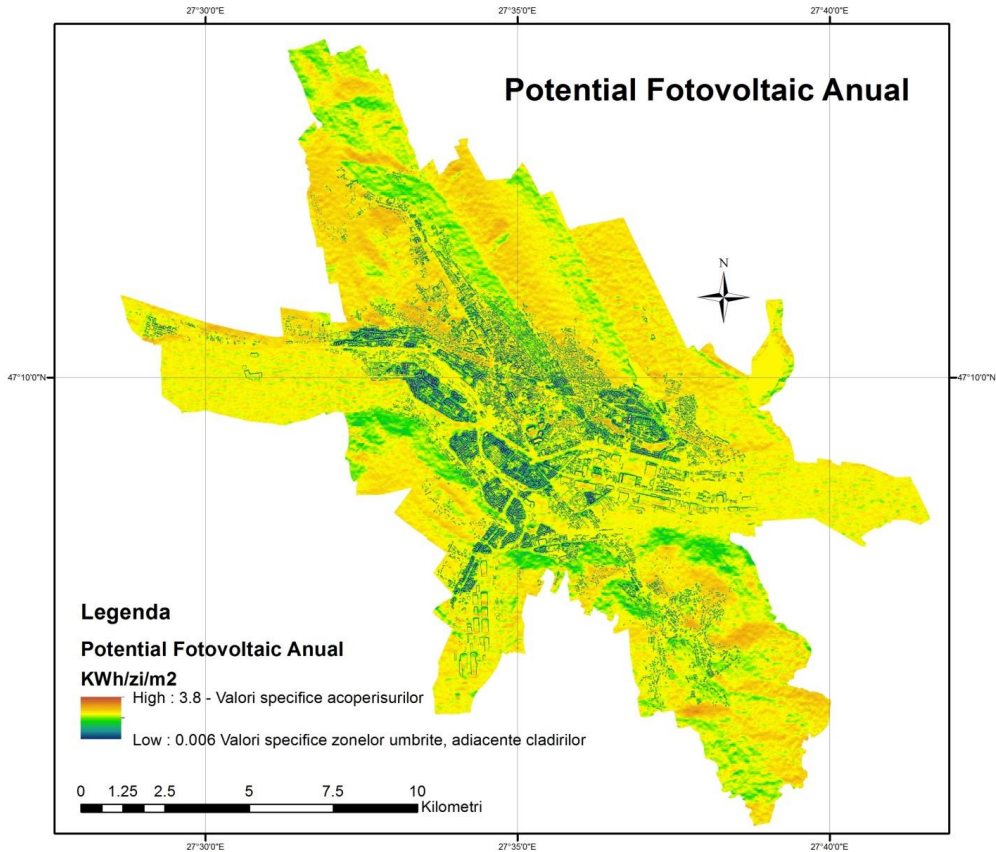


Figura 3. Harta potențialului fotovoltaic anual

Concluzii

Scopul principal în cadrul acestei lucrări a fost de a se determina dacă acoperișurile de la nivelul orașului Iași prezintă un potențial fotovoltaic și în ce măsură aceste acoperișuri pot fi amenajate pentru a utiliza acest potențial.

S-a realizat o bază de date geospațială care să cuprindă parametrii structurali de bază ai clădirilor într-o formă

standardizată. Aceste informații au fost extrapolate utilizându-se resursele cartografice disponibile (imagini stelitare, ortofotoplanuri și DEM) și software GIS (ArcGis) și modelare 3D (CityEngine). S-a realizat o estimare a potențialului fotovoltaic la nivelul orașului Iași și s-a pus în evidență numărul și tipul de clădiri care ar putea fi utilizate. Deși trebuie menționat că metodologia utilizată pentru realizarea acestui model este supusă unui

anumit grad de simplificare și standardizare urmărindu-se obținerea unei imagini la scară largă al acestui potențial fotovoltaic. (Jakubiec, Reinhart, 2016; SRA International, 2008).

Din punctul de vedere al potențialului fotovoltaic estimat s-a identificat că pentru utilizarea a 2183 de acoperișuri se estimează un potențial de aproximativ 2453 MWh, o cantitate de energie deloc neglijabilă ținându-se cont de faptul că materia primă este gratuită iar suprafața de la nivelul acoperișurilor este adecvată pentru montarea instalațiilor fotovoltaice (parametrii structurali scoși în evidență dovedind acest lucru), iar în marea majoritate a cazurilor aceste suprafețe sunt neutilizate. Prin urmare putem considera că din punctul de vedere al potențialului fotovoltaic și ai parametrilor structurali ai clădirilor analizate, acest tip de implementare este viabil și fezabil, însă din punctul de vedere financiar, ținându-se cont de prețul pe MWh recuperarea unei asemenea investiții poate să se extindă peste termenul maxim de garanție de 25 de ani pentru un panou fotovoltaic, în contextul în care întregul sistem are o eficiență de conversie de 8%.

Deși în cadrul acestui studiu s-a încercat să se compenseze pentru lipsurile de date prin standardizarea valorilor, datorită absenței unor arii din cadrul orașului Iași care să prezinte instalații fotovoltaice active a fost imposibil de pus în comparație rezultatele modelate în cadrul acestui studiu cu valorile reale ce pot fi obținute. În aceste condiții optimizarea modelului și a parametrilor luați în considerare precum și utilizarea datelor de tip LIDAR ce redau informații mult mai detaliate asupra suprafețelor în cauză pot duce la o rafinare a rezultatelor și a produsului final.

BIBLIOGRAFIE

- Armstrong S., Hurley W.G., 2010, A thermal model for photovoltaic panels under varying atmospheric conditions, Applied Thermal Engineering, Ediția 30
- Birsan, Marius-Victor; Dumitrescu, Alexandru (2014): ROCADA: Romanian daily gridded climatic dataset (1961-2013) V1.0
- Cebecauer T., Huld T., Šúri M., 2007, Using high-resolution digital elevation model for improved PV yield estimates, European Photovoltaic Solar Energy Conference, Ediția 22
- Catalogue: Planning and Installing solar thermal systems, London, James & James Earthscan
- Chrysoulakis N., Diamantakis M., Prastacos P., 2004, GIS based estimation and mapping of local level of daily irradiation on inclined surfaces, AGILE Conference on Geographic Information Science – Ediția 7
- Compagnon R., 2004, Solar and daylight availability in the urban fabric, Energy and Buildings
- Ciulache S., Ionac Nicoleta, 2007, Esential in meteorologie si climatologie, Editura Universitara, Bucuresti
- Erhan Elena, 2000, Considerații privind resursele climatice ale Moldovei, Lucrarile Seminarului Geografic “Dimitrie Cantemir” NR. 19-20
- Gilbert M. Masters, 2013, Renewable and Efficient Electric Power Systems, IEEE PRESS
- George Sebastian Naghiu , Ioan Giurca, Ioan Așchilean, Gheorghe Badea, 2016, Multicriterial Analysis on Selecting Solar Radiation Concentration Ration for Photovoltaic Panels Using Electreboldur Method, International

- Conference Interdisciplinarity in Engineering, Ediția 9
- John A. Duffie, William A. Beckman, 2013, Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley & Sons
- J. Alstan Jakubiec, Christoph F. Reinhart, 2016, Towards validated urban photovoltaic potential and solar radiation maps based on lidar measurements, gis data, and hourly daysim simulations, Massachusetts Institute of Technology - 3
- L. Lisell, T. Tetreault, and A. Watson, 2003, Solar Ready Buildings Planning Guide
- Özgür Ertac, Jörg Schaller, Cristina Mattos, 2015, New Methods for GeoDesign with ArcGIS and CityEngine, ESRI
- Oprea Cristian, 2005, Radiația solară, aspecte teoretice și practice
- Pearce Joshua, 2002, Photovoltaics – A Path to Sustainable Futures
- Perez R, R. Seals, P. Ineichen, R. Stewart, D. Menicucci, 1987, A new simplified version of the Perez diffuse irradiance model for tilted surfaces, Solar Energy – Ediția 39
- Roger A. Messenger, Jerry Ventre, 2000, Photovoltaic System Engineering, Boca Raton, London, New York, Washington, CRC Press
- Rusanescu Carmen – Otilia, 2010, Tehnici de monitorizare a mediului, Editura Cartea Studenteasca, Bucuresti
- Shelly Hagerman, Paulina Jaramillo, M. Granger Morgan, 2016, Is rooftop solar PV at socket parity without subsidies, Energy Policy - Ediția 89
- Sean Ong, Clinton Campbell, Paul Denholm, Robert Margolis, Garvin Heath, 2013, Land-Use Requirements for Solar Power Plants in the United States
- John Byrne, Job Taminiu, Lado Kurdgelashvili, Kyung Nam Kim, 2015, A review of the solar city concept and methods to assess rooftop solar electric potential, with an illustrative application to the city of Seoul, Jurnal: Renewable & Sustainable Energy Reviews
- Zulkiflee Abd Latif, Nurul Ain Mohd Zaki, Siti Aekbal Salleh, 2012, GIS-based estimation of rooftop solar photovoltaic potential using LiDAR, IEEE 8th International Colloquium
- Administrația Națională de Meteorologie, 2008, București: Editura Academiei Române
- Ministerul Economiei, Comerțului și Relațiilor cu Mediul de Afaceri, Strategia Energetică A României Pentru Perioada 2007- 2020 Actualizată Pentru Perioada 2011 – 2020
- SRA International, 2008, Solar Power Analysis and Design Specifications
- Resurse web
- <http://indesen.ats.com.ro>
- <http://www.weatheronline.co.uk>
- www.green-report.ro
- <http://www.construction21.org>
- <http://pvwatts.nrel.gov>
- <http://solargis.com>
- <http://re.jrc.ec.europa.eu>
- <http://www.nrel.gov>
- <http://www.parc-fotovoltaic.ro/>
- <http://www.transselectrica.ro>
- <http://gisgeography.com>
- <http://physics.ucsd.edu>
- <http://solareis.anl.gov>
- <http://desktop.arcgis.com>
- <http://www.anre.ro>