



O ABORDARE GEOSPĂȚIALĂ PENTRU ANALIZAREA RESURSELOR PRINCIPALE DE ENERGIE PENTRU ZONELE IZOLATE DIN ROMÂNIA

Casiana Marcu^a, Loredana Crengăniș^b

^aGheorghe Asachi” Technical University of Iasi, Romania, email casiana.marcu@yahoo.com

^bGheorghe Asachi” Technical University of Iasi, Romania, email barganlro@yahoo.com

INFORMAȚII ARTICOL

Keywords:
zonă adecvată
sistem informațional
geografic
evaluare
multicriterială,
AHP

ABSTRACT

Sursele de energie regenerabile reprezintă o alternativă la combustibilii fosili precum cărbunele, petrolul și gazele. Poluarea generată de arderea combustibililor fosili pentru dezvoltarea industrială și caracterul limitat al resurselor energetice fosile impune necesitatea înlocuirii lor cu alte surse de energie.

Această lucrare constă într-o abordare științifică a potențialului surselor regenerabile de energie din zona centrală a României și analizează nevoile de ocupare și de calificare în domeniul energiei regenerabile.

În zilele noastre, o mare varietate de tehnologii oferă energie din surse regenerabile diferite, cum ar fi biomasă, vânt, soare, hidro și surse geotermale care au tehnologiile lor unice care transformă energia resursei într-o formă utilizabilă. România are rezerve semnificative de petrol și gaze, substanțiale depozite de cărbune și are o putere hidroelectrică mare instalată. Având în vedere potențialul semnificativ al surselor regenerabile de energie în România este rezonabil să le folosim pentru a dezvolta orașe și regiuni din România.

Un grad mai mare de utilizare solară, eoliană sau biomasă ca surse de încălzire, răcire și producție de energie electrică ar putea schimba conceptul de construcție al clădirii și ar trebui dezvoltate o serie de noi standarde.

Această lucrare propune un cadru analitic care ilustrează generarea de energie electrică și furnizarea de energie din surse regenerabile și compară proiecte alternative pe baza producției echivalente.

Introducere

În 2006, Ministerul Economiei a prezentat un inventar al satelor rurale fără energie electrică. Numărul total de sate/

așezări / gospodării neelectrificate (parțial + total) în mediul rural din România a fost:

- 2,025 localități (total 111 neelectrificate, 1,914 electrificate parțial)
- 41,376 gospodării

• Alba se numără printre județele cu cel mai mare număr de sate neelectrificate în România

Gospodăriile / așezările umane fără energie electrică (parțial sau total) întâlnim atât în zonele montane, cât și în zonele de dealuri și câmpii. Acest lucru permite soluții care abordează diferite tipuri de energie: solar, vânt și microhidro.

Energia regenerabilă reprezintă energia produsă dintr-o mare varietate de resurse, având capacitatea de a se reînnoi. Practic toate regiunile lumii au resurse regenerabile de un fel sau altul. Pe baza inventarului zonelor rurale fără energie electrică, acest proiect își propune să se ocupe de identificarea celei mai bune soluții pentru zonele izolate și prezintă o metodologie bazată pe un set de criterii fizice, geografice și de mediu, inclusiv topografice, radiație solară, capacitatea de energie eoliană, precipitații, utilizarea terenurilor și apropierea de infrastructură.

În cea de-a doua etapă, luând în considerare diferitele criterii de factor, se va obține o hartă a adecvării, pe baza procesului de ierarhie analitică și stabilirea greutății. În ultima etapă, se vor decide locurile optime pentru fiecare tip de surse regenerabile de energie și se va compara costul de implementare a fiecărui tip de energie.

Potențialul natural al României este favorizat de localizarea geografică și de condițiile meteorologice. România are: suprafețe mari de teren pentru construirea de centrale electrice eoliene și solare (PV) cu costuri relativ mai mici, în special pentru achiziționarea de terenuri; cel mai mare potențial eolian teoretic din SE Europei și cel de-al doilea cel mai mare pe întreg continentul (14 000 MW) (Ministerul Industriei, 2007), un potențial considerabil, neexploatat, de a dezvolta

parcuri eoliene offshore, în apele Mării Negre; un potențial relativ important al energiei solare, deoarece România se bucură de 210 de zile însorite pe an (300 de zile însorite în Spania, Italia, Grecia) (GISCO, 2012).

România este foarte bogată în resursele de apă. Dispozitivele hidroenergetice au fost, de asemenea, utilizate în mare măsură, în special în scopuri de măcinare. Mai mult de 150 de centrale hidroelectrice au fost construite începând din 1950. La sfârșitul anului 2001, România avea o capacitate totală instalată de hidrocentrale de 6011 MW.

Principalele zone potrivite pentru fermele eoliene din România sunt:

- Vârfurile montane,
- Coasta Mării Negre, Delta Dunării, partea de nord a Dobrogei,
- Podișul Bârlad, partea de est a Câmpiei Bărăganului, dealurile și granița de vest.

Zonele cele mai relevante de implementare a aplicațiilor solare sunt: zona Dobrogei, litoralul Mării Negre și Delta Dunării, Câmpia de Vest, regiunea Banatului și o parte a Transilvaniei și a zonelor de deal din Moldova.

Decision Support Systems (DSS) și Geographic Information Systems (GIS) tehnologii pentru estimarea potențialului RE

Geographic information system (GIS) bazat pe decision support systems (DSS), adesea cunoscut ca spatial decision support systems (SDSS), sunt o clasă de sisteme informatice în care tehnologiile GIS și DSS sunt aplicate pentru a ajuta factorii de decizie cu probleme care au o dimensiune spațială (Walsh, 1992). GIS oferă un nivel de funcționalitate dificil de realizat cu alte

pachete software; au capacități analitice puternice, date spațiale excepționale. Funcții de gestionare, stocare și recuperare și o serie de instrumente de vizualizare care îl face un instrument inestimabil pentru analiza potrivirii sitului (Malczewski, 2004; Marinoni, 2004).

Analiza multicriterială (AM), menționată și ca metodă de evaluare multicriterială, permite analiza unor compromisuri complexe și multidimensionale între alternativele de alegere, de exemplu locațiile sau analiza adecvării unei zone (Meng et al. 2011).

Practic, MCDM permite factorului de decizie să evalueze un set de alternative conform unor criterii conflictuale și incomensurabile. Un criteriu este un termen generic care poate fi constituit atât de atribute, cât și de obiective. Prin urmare, MCDM poate fi clasificat în două grupe: Multi-atributul decizional (MADM) și decizia multi-obiectivă (MODM) (Malczewski, 1999).

The Analytic Hierarchy Process

Analytic hierarchy process (AHP) a fost, de asemenea, utilizat pe scară largă în sectorul energetic pentru analiza multi-perspectivă. Literatura studiată evidențiază utilizarea AHP în sectorul energetic pentru formularea politicii energetice, planificarea energiei, selectarea centralei electrice, selectarea amplasamentului centralei electrice, alocarea resurselor de energie, planificarea integrată a resurselor, exploatarea energiei și dezvoltarea sistemelor de management energetic.

Metoda permite utilizatorilor să analizeze atât criterii calitative cât și cantitative pentru a genera ponderi importante ale criteriilor de decizie și pentru a măsura performanța relativă a

alternativelor în funcție de fiecare criteriu de decizie individuală. În partea de sus a ierarhiei este obiectivul, iar nivelul următor este compus din criterii selectate. Cel mai mic nivel constă în posibile alternative, iar la intermediari se află sub criterii.

Metoda comparațiilor pereche a fost dezvoltată de Saaty (1980) în contextul procesului de ierarhie analitică (AHP). Această metodă implică comparații pe perechi pentru a crea o matrice a raportului. Ca intrare, este necesar compararea perechilor parametrilor și produce greutățile relative ca ieșire.

Matricea de comparație este o matrice pătrată dimensională $n \times n$ $A = [a_{ij}]$. Elementele acestei matrice sunt rapoarte de pereche sau de importanță reciprocă între criteriile care sunt stabilite pe baza faptului că fiecare criteriu funcționează și cât de important este atingerea scopului final.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \frac{w_1}{w_2} \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} \dots & 1 \end{bmatrix}$$

A – matricea de comparație a perechilor,

w_1 – greutatea elementului 1,

w_2 - greutatea elementului 2,

w_n - greutatea elementului n.

Una dintre fazele metodei AHP este de a estima greutatea relativă. Pe baza matricei A cu elemente a_{ij} se stabilesc prioritățile criteriilor, subcriterii și alternativele.

Materiale și metode

Regiunea centrală este situată în partea centrală a României, în interiorul Munților Carpați, pe cursul râurilor Mureș și Olt.

Regiunea cuprinde 6 județe: Alba, Brașov, Covasna, Harghita, Mureș și Sibiu.

Prezența diferitelor forme de relief din zona centrală generează un potențial ridicat de energie regenerabilă. Potențialul resurselor regenerabile (eoliană, solară, geotermală și biomasă micro-hydropower) este strâns legată de particularitățile topografiei, climei, hidrografiei, solurilor și vegetației.

Munții Carpați din Transilvania, au un potențial de exploatare a resurselor energetice în special energia eoliană, biomasă și micro-hidrocentrale (din lemn) și Depresiunea Transilvaniei are un potențial ridicat de recuperare a energiei solare și biomasă (Muntean, 2012).

Achiziția datelor

Analiza acestui proiect a fost realizată în programul ArcGIS 10.2 (ESRI®). ArcGIS 10.2 (ESRI®) este o versiune completă a platformei ArcGIS. Acesta include funcționalități îmbunătățite, îmbunătățiri ale stabilității și un suport mai bun pentru conectivitate, securitate și pregătire în întreprindere. Acest software include extensii Spatial Analyst și Analyst 3D (ESRI, 2014). Modelele au fost construite folosind ArcGIS Model Builder, iar hărțile au fost create folosind ArcMap și exportate în format JPEG.

Datele utilizate pentru acest proiect: granițele zonei de studiu, zonele de așezare, drumurile, corpurile de apă, panta, rezervațiile naturale și aeroporturile au fost descărcate de pe un site open source (earth.unibuc.ro) (Vasile Crăciunescu et al, 2006).

Granița românească a fost digitizată după scara hărților topografice 1: 100 000 și actualizată prin măsurători GPS și imagini de satelit de înaltă rezoluție

(Vasile Crăciunescu, Stefan Constantinescu, 2007), iar granițele județului au fost digitizate după hărți topografice cu scala 1: 100 000 (Vasile Crăciunescu, 2007). Datele CLC2000 au fost reproiectate în sistemul de coordonate Stereographic 1970 și distribuite ca mozaic național și trapezoizi individuali, respectând divizarea hărților topografice 1: 100 000 (Vasile Crăciunescu).

Zonele protejate / parcurile naționale în conformitate cu siturile Natura 2000 au fost accesate pe site-ul Ministerului Mediului și Dezvoltării Durabile, unde au fost disponibile pentru descărcare (Ministry of Environment and Climate Change, 2012).

ASTER DEM a fost un produs secundar al senzorului ASTER care, la bordul satelitului TERRA, oferă imagini uimitoare ale Pământului cu 14 benzi diferite, variind de la ultraviolete la infraroșu și o rezoluție spațială îmbunătățită, o acuratețe orizontală și verticală sporită și o acoperire și detectare superioară a corpului de apă. ASTER GDEM V2 menține formatul GeoTIFF și aceeași structură de grilă ca V1, cu înregistrări de 30 de metri și placi de 1 x 1 grad.

Datele legate de vânt au fost furnizate de PreWind prin intermediul prof. Ricardo Tomé din Lisabona. Datele constau într-un model grid cu latura de 16 km în format .dat care include longitudinea, latitudinea, orografia și viteza medie a vântului pentru fiecare din cele 12 luni din 2013.

Datele solare au fost accesate de la from Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS).

Energia solară

Punctele pentru radiația solară au fost preluate de pe site-ul Institute for Energy and Transport (IET). Fiecare punct în parte are atribuit un fișier excel care conține un tabel cu valorile radiației solare pentru fiecare lună a anului ($\text{Wh/m}^2/\text{day}$). Pe baza acestor date se crează un fișier excel cu media pentru întreg anul. Utilizând acest tabel se va crea un fișier shapefile: "Add XY Data". Se creează o interpolare prin utilizarea noului fișier:

```
IDW (SPATIAL ANALYSTTOOLS >  
INTERPOLATION > IDW >  
ENVIRONMENTS > PROCESSING  
EXTEND > RASTER ANALYSIS.
```

Datele au fost tăiate folosind unealta **Clip Tool**.

Energia eoliană

Fișierul cu extensia .csv a fost importat în programul QGIS și salvat ca fișier punct cu extensia shapefile. După aceasta fișierul nou creat a fost introdus în ArcGIS și a fost georeferențiat. O hartă a vitezei medii a vântului pentru fiecare lună a fost făcută cu o interpolare utilizând funcția Spline din instrumentul Spatial Analyst Toolbox. Folosind Raster Calculator au fost create în Spatial Analyst hărțile pentru fiecare anotimp și o hartă anuală.

Hidroenergie

Aceste modele se bazează pe DEM, pe media lunară a precipitațiilor, și se calculează folosind tehnica de interpolare a ArcGIS Inverse Distance Weighted (IDW). Este aplicat pe DEM și umple arealele depresionare adânci cu scopul de a obține o suprafață plană.

Pentru a îndeplini acest obiectiv, au fost identificate, integrate și evaluate mai multe criterii. Abordarea utilizată, ca bază pentru identificarea unei zone adecvate pentru tipul principal de energie regenerabilă, a fost folosirea metodologiilor bazate pe analiza multi-criterială.

În acest studiu, locațiile adecvate pentru turbinele eoliene, centralele solare-fotovoltaice și hidrocentralele sunt identificate separat; atunci aceste situri prioritare sunt suprapuse pentru a obține locații fezabile pentru sistemele de energie regenerabilă.

Constrângeri spațiale

Pentru a stabili fezabilitatea locațiilor de amplasare a parcurilor eoliene, panourilor fotovoltaice, hidrocentrale au fost utilizate criterii bazate pe analiza literaturii de specialitate și a analizei actelor juridice, inclusiv a reglementărilor privind investițiile în zonele de protecție naturală, a pădurilor, protejarea monumentelor patrimoniului cultural, protecția apelor, normele de sănătate și siguranță ale omului și reglementările privind standardele tehnice ale rețelelor rutiere, feroviare și electrice.

Criteriile determinate și utilizate în studiile ulterioare includ:

- Localizarea zonelor de protecție naturală și a zonelor tampon ale acestora,
- Areele construite și zonele tampon ale acestora,
- Locația și distanța de la liniile electrice,
- Locația și distanța de la râuri și apele de suprafață,
- Localizarea pădurilor și zonele tampon ale acestora,
- Locația, standardele tehnice și distanța de la drumuri,

- Locația, standardele tehnice și distanța de la căile ferate,
- Panta,
- Zonele industriale,
- Aeroporturi.

Constrângerile spațiale au fost implementate prin comanda Buffer Tool din ArcGIS. Pentru a crea harta de constrângeri, a fost construit un model folosind Model Builder. Pentru fiecare strat, instrumentul buffer (zona tampon) a fost implementat și apoi toate straturile de acest tip au fost unite utilizând funcția Union. Toate zonele tampon unite au fost intersectate cu zona de studiu astfel încât

să rămână numai cele din arealul de interes. Zonele astfel create sunt zonele restricționate.

Criteriile factorilor găsite în literatura de specialitate constau în apropierea de drumuri, apropierea de zonele urbane, viteza vântului / clasa de energie eoliană, radiația solară, panta, conformația reliefului, tipul solului, utilizarea terenului, apropierea de rețeaua electrică, rutele de migrație a păsărilor, impactul zgomotului și altele. (Harrison, 2012)

Pe baza literaturii de specialitate, pentru acest tip de studiu, a fost determinat următorul tabel de constrângeri:

Table 1 – Criterii de constrângere

Date	Criterii de constrângere	Restricții
Economic Infrastructură	Zone urbane	1500 m
	Drumuri	1000 m
	Căi ferate	1000 m
	Aeroporturi	1500 m
Mediu, Importanță națională	Rezervații	
	Parcuri Naturale	
	Areale protejate	1000 m
	Situri speciale	
	Situri importante	
	Alte parcuri	

Harta constrângerilor poate fi văzută în Figura 1.

Standardizarea criteriilor

În această etapă, criteriile sunt plasate în funcții de minimizare sau maximizare. Indicatorii radiației solare au fost clasificați folosind intervale egale între valorile maxime și minime și sunt distribuite în intervale omogene.

Criteriile economice privind apropierea de drumurile, liniile electrice și zonele cu populație au fost criterii de minimizare.

Aceste hărți ale criteriilor au fost clasificate folosind intervale egale în cinci clase folosind intervale egale între valorile maxime și cele minime. Toate atributele de criterii clasificate au fost înregistrate într-o scară cu valori cuprinse între 0-4.

Unele straturi au fost intervale de distanță, unele au fost clase, unele au fost procente, iar cele mai multe straturi nu aveau exact cinci intervale sau clase de valori, deci a fost necesar să reclasificăm intervalele de valori ale criteriilor de intrare pentru a le suprapune.

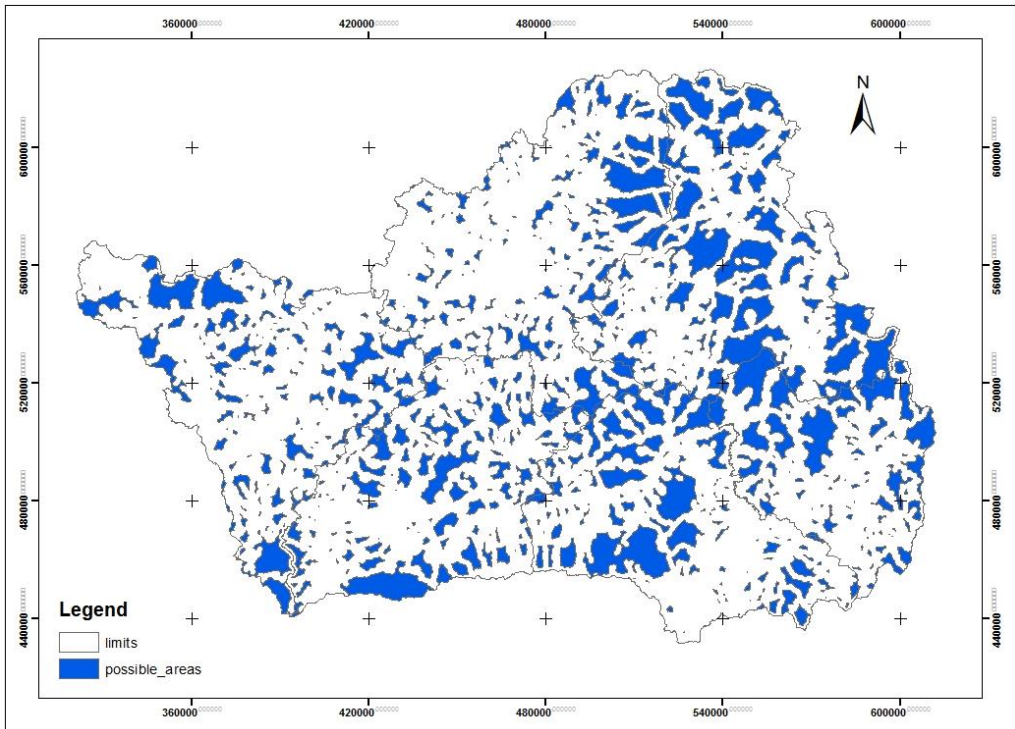


Figure 1. Harta constrângerilor

Selecția siturilor potențiale:

Energia solară

Prin selectarea poligoanelor cu o suprafață mai mare de 300 ha am exclus acele poligoane care sunt prea mici pentru o fermă solară.

Bazată pe această selecție au fost alese cele mai bune areale pentru instalarea unor panouri solare. Cel mai potrivit sit de amplasare a unei ferme eoliene poate fi observat în figura 2 și are 16866 ha.

Energia eoliana

Următorul pas a fost identificarea site-urilor optime prin combinarea hărții constrângerilor cu harta de arealelor potrivite amplasării de parcuri eoliene.

Prin selectarea poligoanelor cu suprafața mai mare de 400 ha, excludem toate poligoanele care sunt prea mici pentru fermele eoliene industriale. Rezultatele sunt prezentate în Figura 3.

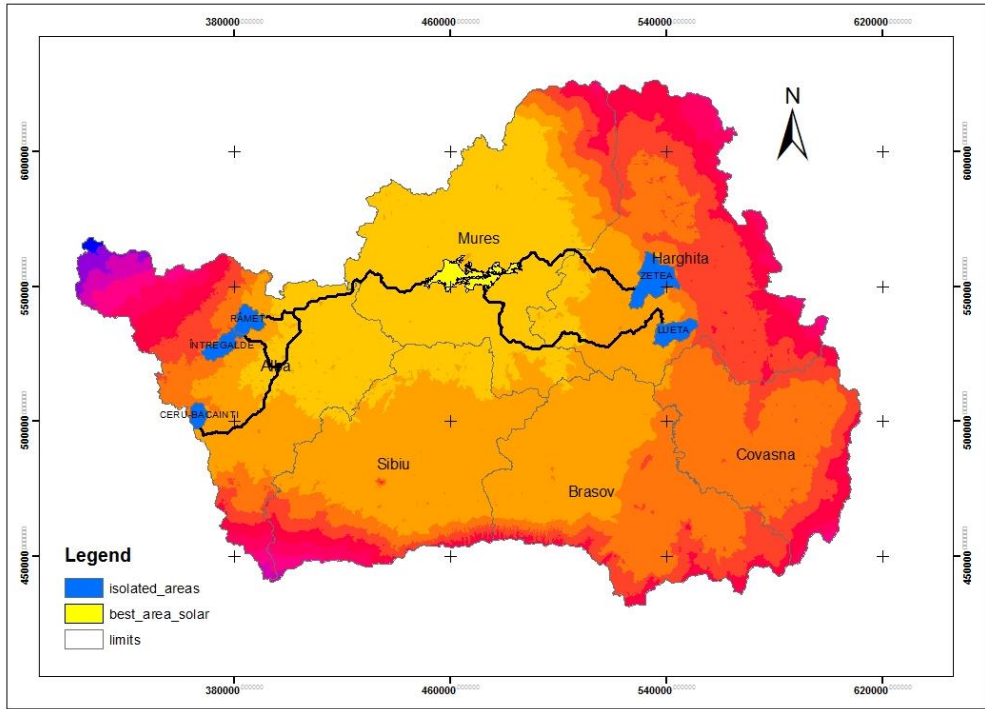


Figure 2. Cel mai bun areal pentru fermele solare

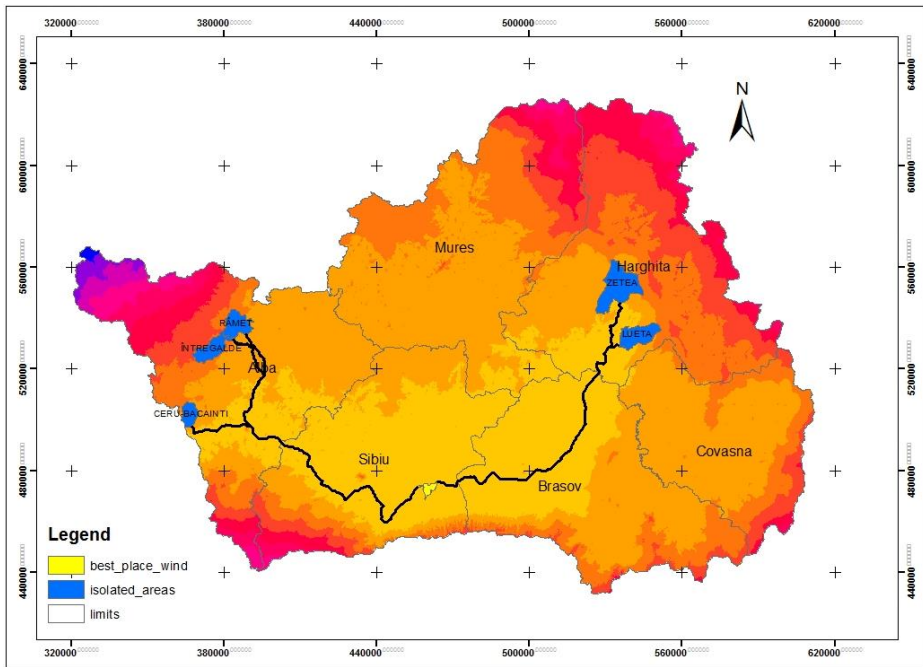


Figure 3. Cel mai bun areal pentru parcurile eoliene

Hydroenergia

Obiectivele acestui studiu au fost să identifice siturile potențiale pentru amplasarea micro hidrocentralelor din arealul de studiu, să dezvolte o metodă de localizare a potențialelor situri hidroelectrice de dimensiuni reduse în țările în curs de dezvoltare și să investigheze situația energetică rurală din regiunea centrală a României.

În general, segmentele de râuri care au o putere potențială mai mare de 10 MWh sunt adecvate pentru amplasarea unei micro hidrocentrale.

Cele mai mari surse de hidroenergie suplimentare se găsesc în combinația siturilor de mare putere, a locurilor de mare putere / joasă putere și a unei părți a siturilor cu potențial scăzut de putere și de putere redusă, reprezentând 90% din potențialul total de putere disponibil. Acest potențial ar putea fi realizat cu tehnologia convențională a turbinelor, dar probabil în configurații noi care să nu necesite îndiguiiri și care vor fi determinate de viitoarele cercetări și dezvoltări.

Cele mai bune zone pentru amplasarea hidrocentralelor pot fi observate în fig. 4.

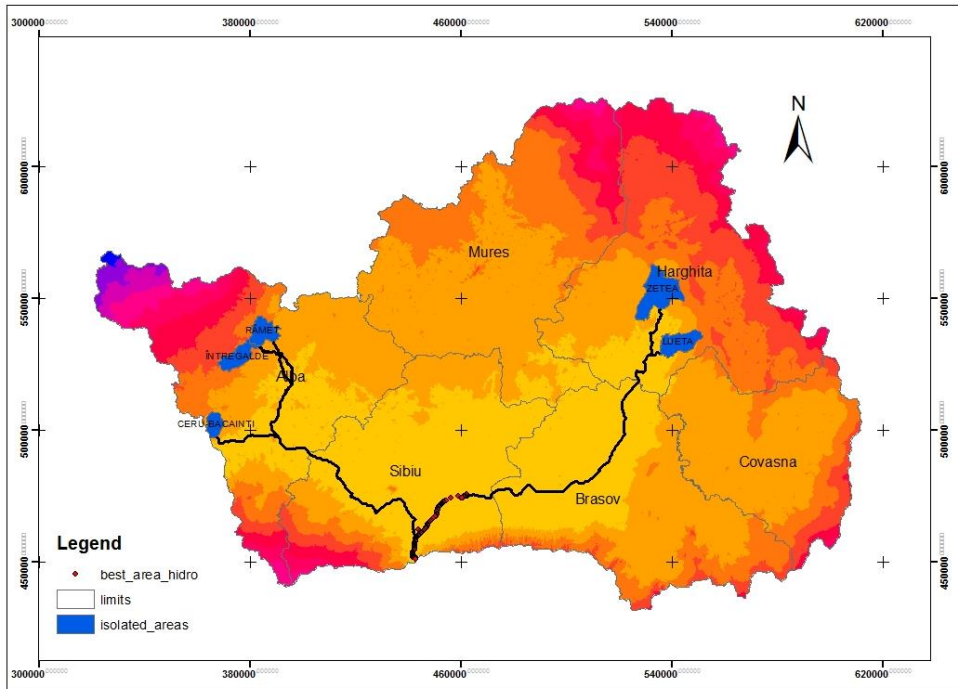


Figure 4. Cel mai bun areal pentru hidrocentrale

Rezultate și discuții

Scopul acestui studiu a fost de a identifica arealele cu cele mai potrivite pentru principalele resurse ale energiei

regenerabile: energiei solare, eoliene și hidroelectrice, a fost utilizat în acest scop un set riguros de criterii care să conducă la selectarea siturilor optime.

Această lucrare a analizat neajunsurile abordărilor anterioare în utilizarea GIS în domeniul energiei regenerabile, a extras provocări distincte din abordările anterioare și, în final, a definit o serie de căi viitoare de bază de cercetare pentru planificarea infrastructurii energetice bazate pe GIS, cu accent pe utilizarea energiei regenerabile.

Selectarea locurilor potrivite pentru fermele solare, eoliene și hidroenergetice din Regiunea Centrală a României se bazează pe o serie de factori interdependenți de geografie, climă și acoperire a terenurilor.

În urma acestui studiu a fost realizată o hartă a indicelui de pretabilitate cu numeroase situri potrivite pentru amplasarea de ferme solare, parcuri eoliene, hidrocentrale conectate la rețea.

Avantajele utilizării energiilor alternative sunt date de: îmbunătățirea calității vieții, crearea condițiilor optime pentru a trăi în zonele izolate prin adoptarea de soluții alternative de energie, creșterea atractivității acestora în zonă, creșterea ratei natalității ce reduce fenomenele de exod, depopulare, rata șomajului scade prin atragerea investitorilor.

BIBLIOGRAFIE

- Bakhtiar FEIZIZADEH and Eva Maria HASLAUER, GIS-based Procedures of Hydropower Potential for Tabriz Basin, Iran
- Borouhaki, S., & Malczewski, J. (2008). Implementing an extension of the analytical hierarchy process using ordered weighted averaging operators with fuzzy quantifiers in ArcGIS. *Computers & Geosciences*, 34, 399-410
- Balan I., Crenganis L. (2013) Measurements of the vertical deformations at the inclinometers in the right slope of the Cătămărăști reservoir dam, situated on Sitna river, Botoșani county, *Scientific papers Jurnal, Horticulture Series*, ISSN 2069-8275
- Center Regional Development Agency (2009). Analysis of Center's Main Resources and Possibilities for the Short and Medium Term Production of Energy, 7th FP Project: Renewable energy resources – a solution for a sustainable development of two European Regions (RenERg EuReg).
- Chen, Y., Yu, J., & Khan, S. (2010). Spatial sensitivity analysis of multi-criteria weights in GIS-based land suitability evaluation. *Environmental Modeling & Software*, 25, 1582-1591.
- Corine Land Cover 2000 - Copyright EEA, Copenhagen, 2007, <http://www.eea.europa.eu>
- Dorel Dusmanescu, Jean Andreia, Jonel Subic, 2014, Scenario for implementation of renewable energy sources in Romania.
- Eastman J R 1996 Uncertainty and decision risk in multicriteria
- Elliot, D. (2007) Sustainable Energy: Opportunities and Limitations, Palgrave Macmillan, Great Britain. Evaluation: implications for GIS software design. Proceedings, International Institute for Software Technology Expert Group Workshop on Software Technology for Agenda 21: Decision Support Systems Section 8
- Griffiths, J. C., & Dushenko, W. T. (2011). Effectiveness of GIS suitability mapping in predicting ecological impacts of proposed wind farm development on Aristazabal Island, BC. *Environment, Development and Sustainability*, 13, 957-991.

- Hala Adel Effat, Division of Environmental Studies and Land Use, National Authority for Remote Sensing and Space Sciences, NARSS, Cairo, Egypt, 22 August 2013, Article Link: <http://technical.cloud-journals.com/index.php/IJARSG/article/view/Tech-125> -Selection of Potential Sites for Solar Energy Farms in Ismailia Governorate, Egypt using SRTM and Multicriteria Analysis.
- Han W.J. and Tsay W.D. 1998, Formulation of Quality Strategy Using Analytic Hierarchy Process, Twenty Seven Annual Meeting of the Western Decision Science Institute, University of Northern Colorado, USA, pp. 580–583
- Hansen, H. (2005). GIS-based multi-criteria analysis of wind farm development. In H. Hauska, & H. Tveite (Ed.), *ScanGIS 2005: Proceedings of the 10th Scandinavian Research Conference on Geographical Information Science* (pp. 75-87). Department of Planning and Environment.
- Malczewski, J. (1999) GIS and multi-criteria decision analysis, John Wiley & Sons, New York.
- Malczewski, J. (2004). GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. *Progress in Planning*, 62, 3-65.
- Malczewski, J. (2006) GIS-based multi-criteria decision analysis: a survey of the literature.. *International Journal of Geographic Information Science*, 20 (7), 703-726.
- Maryam Kordi, (2008) Comparison of fuzzy and crisp analytic hierarchy process (AHP) methods for spatial multicriteria decision analysis in GIS
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *The Psychological Review*, 63(2), 81-97.
- Ministerul Mediului si Schimbarilor Climaticice, (2012) Arii natural protejate [Online] Available from: <http://www.mmediu.ro/beta/domenii/protectia-naturii-2/arii-naturale-protejate/> [Accessed: 20.05.2015]
- Nazli, Y.A. (2009) Gis-Based Site Selection Approach For Wind And Solar Energy Systems: A Case Study From Western Turkey
- Pohekar, S., & Ramachandran, M. (2004). Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8, 365-381.
- Prewind, Ricardo Tome (2014) rtome@fc.ul.pt
- Ramirez-Rosado, I., Garcia-Garrido, E., Fernandez-Jimenez, L., Zorzano-Santamaria, P., Monteiro, C., & Miranda, V. (2008). Promotion of new wind farms based on a decision support system. *Renewable Energy*, 33, 558-566.
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234-281.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9-26.
- Vasile Crăciunescu et. al, (2006) Download [Online] Available from: http://earth.unibuc.ro/index.php?s=download&c=dow_date [Accessed: 20.03.2015]
- Wikipedia, (2001) Energy in Romania [Online] Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/Energy_in_Romania [Accessed: 20.04.2015]
- WorldClim - Global Climate Data, Available from <http://worldclim.org/current> [Accessed: 15.05.2015]