

MIXURI DE ENERGII REGENERABILE PENTRU AGRICULTURA SUSTENABILĂ

Macedon MOLDOVAN

Universitatea „Transilvania“ din Braşov

Rezumat. Implementarea conceptelor de eficiență energetică și a sistemelor bazate pe surse regenerabile de energie sunt obligatorii pentru dezvoltarea durabilă și trebuie să acopere toate sectoarele economice majore: industrie, transport și agricultură. Până în prezent, consumul de energie în agricultură este semnificativ mai redus în comparație cu celelalte două sectoare. La nivel global, din cauza creșterii populației și implicit a nevoilor mai ridicate de hrană și apă, sunt estimate creșteri importante ale consumului de energie în agricultură. Lucrarea se concentrează pe problemele legate de dezvoltarea durabilă în mediul construit din domeniul agricol, prin dezvoltarea unui mix energetic optim specific locației de implementare. Sunt prezentate aspectele legate de sustenabilitate și fezabilitate pentru un studiu de caz referitor la asigurarea necesarului de energie pentru încălzirea unei sere; sunt investigate comparativ două mixuri energetice, bazate în principal pe sursele de energie regenerabile disponibile.

Cuvinte cheie: eficiență energetică, mix energetic optim, agricultură sustenabilă, sere, pompe de căldură, sisteme bazate pe biomasă.

Abstract. The implementation of energy efficiency and renewable energy systems are mandatory for sustainable development and must cover all major economic sectors: industry, transport and agriculture. Nowadays, energy demand in agriculture is significantly smaller than in the other two sectors. Globally, due to the population growth and consequently to the higher needs for food and water, important increases in energy demand in agriculture are expected. The paper focuses on the issues of sustainable development in the agricultural built environment, through the development of an optimal energy mix tailored for implementation site. Sustainability and feasibility aspects are presented in a case study on the covering of the energy demand for the heating of a greenhouse; two energy mixes are comparatively investigated, based mainly on available renewable sources of energy.

Keywords: energy efficiency, optimal energy mix, sustainable agriculture, heat pump, biomass system.

1. INTRODUCERE

Dezvoltarea durabilă a fost definită în 1987 de către comisia Brundtland ca fiind acel tip de evoluție care asigură îndeplinirea necesităților din prezent fără a compromite posibilitatea generațiilor viitoare de a-și îndeplini propriile necesități [[1]]. Scenariile legate de creșterea demografică estimează ca populația la nivel global urmează să atingă valoarea de 10 miliarde până în 2050 [[2], [3]], astfel, dezvoltarea durabilă reprezintă singura cale viabilă în viitor, prin implementare în toate sectoarele economiei: industrie, transport și agricultură. Energia este principala prioritate a secolului 21, urmată de apă, hrană, mediu, democrație și securitate/siguranță [[4]]. Chiar dacă în prezent ponderea consumului de energie în agricultură este mai mică în comparație cu celelalte sectoare,

problemele complexe cauzate de creșterea demografică în special pentru asigurarea hranei și a apei potabile vor duce la creșterea acestei ponderi.

Din punct de vedere al necesarului de energie, primele măsuri pentru asigurarea unei dezvoltări durabile trebuie să ia în considerare eficiența energetică. Directiva europeană 2009/28 impune Statelor Membre ale Uniunii Europene o țintă în ceea ce privește îmbunătățirea eficienței energetice cu cel puțin 20% până în 2020 [[5]]. Măsurile de eficiență energetică trebuie luate atât în direcția economisirii energiei cât și în utilizarea eficientă a acesteia. După aplicarea acestor măsuri, trebuie luată în considerare utilizarea surselor regenerabile de energie. În acest sens, directiva 20-20-20 stabilește, de asemenea până în 2020, un nivel mediu pentru UE de 20% în ceea ce privește ponderea surselor regenerabile de energie pentru acoperirea necesarului total de energie, [[5]]. La nivelul sectorului clădirilor, noi ținte au fost stabilite prin directiva europeană 2010/31: „Statele Membre se asigură că până la 31 decembrie 2020, toate clădirile noi vor fi clădiri al căror consum de energie este aproape egal cu zero, iar după 31 decembrie 2018, clădirile noi, ocupate și deținute de autoritățile publice, sunt clădiri al căror consum de energie este aproape egal cu zero [6]. Așa cum este definită în Directiva Europeană 2010/31, o clădire al cărei consum de energie este aproape egal cu zero înseamnă „o clădire cu o performanță energetică foarte ridicată” pentru care „necesarul de energie aproape egal cu zero sau foarte scăzut ar trebui să fie acoperit, într-o foarte mare măsură, cu energie din surse regenerabile, inclusiv cu energie din surse regenerabile produsă la fața locului sau în apropiere”. Pentru atingerea acestor ținte, mixuri energetice bazate pe surse regenerabile și convenționale de energie trebuie utilizate pe o perioadă de tranziție de cel puțin 15 ani.

Lucrarea abordează problemele legate de mixul energetic optim de surse regenerabile de energie necesar obținerii statutului de clădire cu consum de energie aproape egal cu zero pentru încălzirea unei sere agricole. Două mixuri energetice bazate pe sursele regenerabile de energie disponibile în zonă (energie geotermală și biomasă) sunt analizate comparativ din punct de vedere al fezabilității și al dezvoltării durabile, pe baza unui studiu de caz.

2. METODOLOGIE

Aplicația RETScreen 4 a fost utilizată pentru determinarea viabilității tehnico-economice a două mixuri de surse regenerabile de energie pentru încălzirea unei sere. Această aplicație are opt secțiuni: Date de intrare, Sarcină și rețea, Model energetic, Analiză cost, Analiză emisii, Analiză financiară, Analiză risc și Instrumente.

În prima secțiune, sunt introduse datele de intrare referitoare la proiect: locație (altitudine, latitudine și longitudine), date climatice (din baza de date a aplicației sau din măsurători proprii) și valorile impuse pentru temperatura de calcul pentru încălzire.

În secțiunea Sarcină și rețea se introduc date referitoare la clădirea investigată: suprafața încălzită, sarcina termică, tipul de energie folosită, eficiența de utilizare și costul acesteia.

În secțiunea Model energetic sunt introduse două mixuri de surse regenerabile de energie pentru încălzirea unei sere. Primul mix constă dintr-un sistem bazat pe o pompă de căldură sol-apă, pentru sarcina de bază, și un sistem utilizând biomasă - pentru sarcina de vârf. Al doilea mix analizat este alcătuit din două sisteme bazate pe biomasă, unul pentru sarcina de bază și al doilea pentru sarcina de vârf.

În secțiunea Analiză cost sunt evaluate atât costurile inițiale pentru implementarea proiectului (studiu de fezabilitate, dezvoltare, proiectare, sistem de încălzire, punere în funcțiune și instruire) cât și costurile anuale (cu combustibilul utilizat, de exploatare și de întreținere) urmate de estimarea economiilor anuale realizate.

În secțiunea Analiză emisii este definit factorul de emisii de gaze cu efect de seră pe baza tipului de combustibil utilizat în mixul energetic național și sunt estimate reducerile anuale de emisii de gaze cu efect de seră prin implementarea celor două mixuri energetice propuse.

În secțiunea Analiză financiară sunt luați în considerare parametrii financiari referitori la valoarea de indexare a costului combustibilului, la rata inflației și la durata de viață a produsului proiectat. Această secțiune generează un centralizator al costurilor și veniturilor aferente proiectului, viabilitatea financiară a proiectului (perioada de amortizare, rentabilitatea capitalurilor proprii, valoare actualizată netă, economii anuale pe durata de viață, raport cost-beneficiu) și o analiză a fluxului anual de numerar.

În secțiunea Analiză de risc sunt realizate o analiză de sensibilitate și o analiză de risc, rezultând impactul relativ al parametrilor analizați, sortați după impact și pondere.

3. REZULTATE ȘI DISCUȚII

Datele de intrare ale proiectului sunt introduse pentru o seră pentru plante situată în Otopeni, România (altitudine 90 m, latitudine 44.5° N, longitudine 26.2° E). Pentru această locație, datele climatice preluate din baza de date a aplicației sunt prezentate în tabelul 1. A fost luată în calcul o seră de mici dimensiuni (150 m²) cu o sarcină de încălzire de 266 W/m² [[7]]. Pentru aplicația studiată a fost considerat un sistem de încălzire bazat pe energie electrică cu o eficiență sezonieră medie de 90%. În aceste condiții rezultă un necesar anual de energie pentru încălzire de 78 MWh cu o sarcină de vârf de 39,9 kW. Corespunzător acestui necesar anual de energie, rezultă un necesar anual de energie electrică de 87 MWh și - luând în calcul prețul actual al energiei electrice la consumatorul final de 101,7 €/MWh, [[8]], rezultă un cost anual cu energia electrică de 8834 €.

Tabelul 1

Date climatice

Luna	Temperatură aer	Umiditate relativă	Radiație solară zilnică în plan orizontal	Viteza vântului	Temperatura pământului	Grade-zile încălzire	Grade-zile răcire
	°C	%	kWh/m ² /zi	m/s	°C	°C-zi	°C-zi
Ianuarie	-1,7	90,4%	1,40	2,9	-1.6	611	0
Februarie	-0,1	83,9%	2,29	3,2	0.3	507	0
Martie	5,0	75,3%	3,38	3,5	6.3	403	0
Aprilie	11,2	72,3%	4,66	3,5	13.3	204	36
Mai	17,0	69,1%	5,83	3,0	19.6	31	217
Iunie	20,4	71,5%	6,40	2,5	23.6	0	312
Iulie	22,4	68,1%	6,36	2,4	26.5	0	384
August	22,0	67,6%	5,66	2,3	26.3	0	372
Septembrie	17,2	73,6%	4,29	2,4	21.1	24	216
Octombrie	11,2	80,5%	2,87	2,4	14.1	211	37
Noiembrie	4,5	88,0%	1,49	2,7	5.7	405	0
Decembrie	-0,5	91,5%	1,11	3,0	-0.4	574	0
Anual	10,8	77,6%	3,82	2,8	13.0	2,969	1,575
Măsurat la [m]				10,0	0,0		

Sarcina medie lunară pentru încălzirea serei este reprezentată grafic în figura 1.

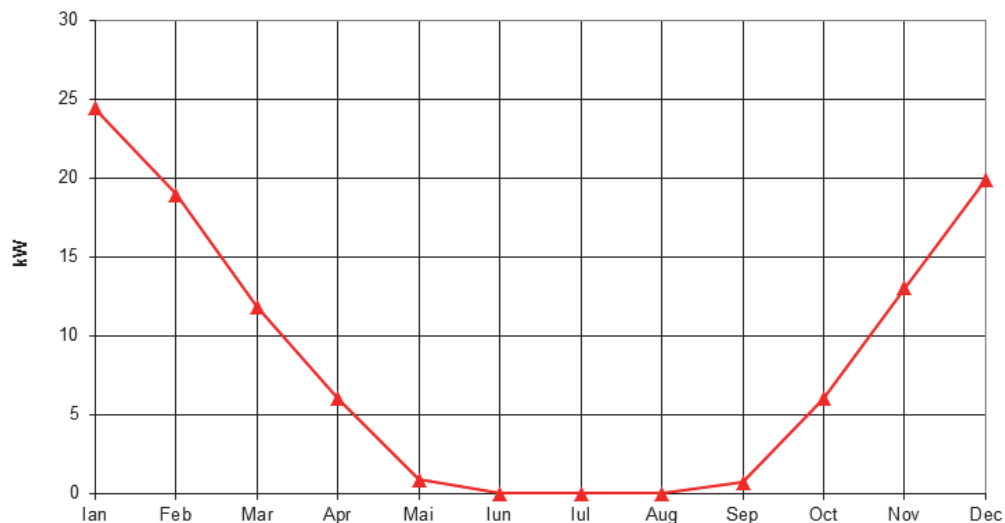
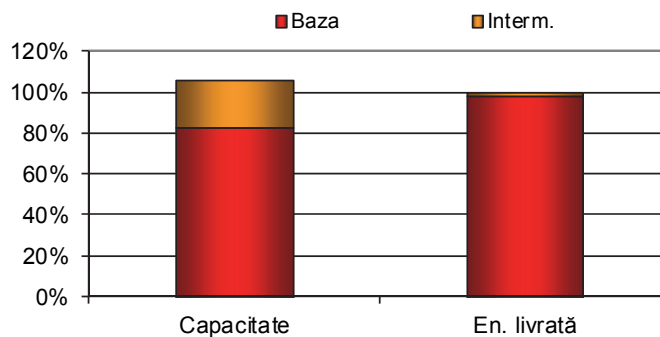


Fig. 1. Sarcina medie lunară de încălzire pentru cazul de referință.

Pentru primul mix energetic propus (Mix 1), sistemul de încălzire este alcătuit dintr-o pompă de căldură (capacitate: 33 kW și coeficient sezonier de performanță pentru sarcina de bază: 3) și un sistem bazat pe biomasă cu o capacitate de 9,2 kW și o eficiență sezonieră de 75% pentru acoperirea sarcinii de vârf.

Fig. 2. Mixul energetic propus și energia livrată pentru primul mix energetic propus.



Energia termică livrată anual de pompa de căldură (77 MWh) reprezintă 98,7% din necesarul total de energie pentru încălzire, diferența până la 78 MWh (1 MWh) respectiv 1,3% din total, fiind acoperit de sistemul bazat pe biomasă.

Pentru al doilea mix energetic propus (Mix 2), soluția propusă pentru încălzire constă din două sisteme bazate pe biomasă, fiecare cu o capacitate de 20 kW, având o eficiență sezonieră de 75%.

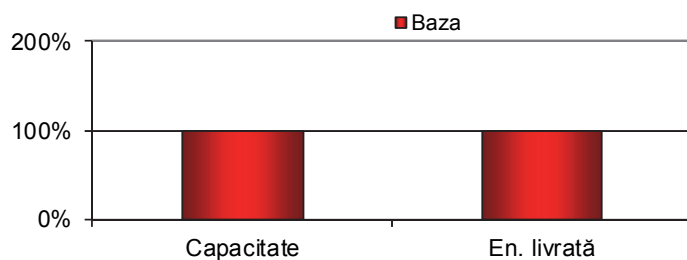


Fig. 3. Mixul energetic propus și energia livrată pentru al doilea mix energetic propus.

Întregul necesar de energie este acoperit prin sistemele bazate pe biomasă cu un consum de 19 t biomasă/an.

Valorile luate în calcul în secțiunea Analiză de cost sunt prezentate în tabelul 2 și tabelul 3.

Tabelul 2

Costurile inițiale pentru cele două mixuri energetice propuse

Costuri inițiale (€)	Mix 1	Mix 2
– Studiu de fezabilitate	200	200
– Dezvoltare	100	100
– Inginerie	200	200
– Sistem de încălzire		
- pompă de căldură	16500	0
- sistem bazat pe biomasă	920	4000
– Diverse		
- transport	100	100
- punere în funcțiune și instruire	200	200
- neprevăzute (1%)	182	48
Subtotal costuri inițiale	18402	4848

Tabelul 3

Costurile anuale pentru cele două mixuri energetice propuse

Costuri anuale (€)	Mix 1	Mix 2
– Exploatare și întreținere	500	500
– Neprevăzute (10%)	50	50
– Costul combustibilului		
- energie electrică	2617	
- biomasă	29	3038
Subtotal costuri anuale	2645	3588

Factorul de emisii de gaze cu efect de seră specific României este 0.482 t CO₂/MWh [[8]], calculat pe baza tipurilor de combustibili utilizați în mixul energetic național. Astfel, în cazul analizat, pentru un consum anual de energie electrică de 87 MWh rezultă 41,9 t CO₂ emisii de gaze cu efect de seră. Pentru primul mix propus, consumul de energie electrică se reduce la doar 26 MWh datorită coeficientului de performanță al pompei de căldură și 1 MWh din biomasă rezultând 12,4 t CO₂ emisii de gaze cu efect de seră. Pentru al doilea mix propus, consumul de energie din biomasă este de 104 MWh, din cauza eficienței sezoniere de 75%, rezultând 0,7 t CO₂ emisii de gaze cu efect de seră. Astfel, reducerea anuală a emisiilor de gaze cu efect de seră este de 29,2 t CO₂ pentru primul Mixul 1 și de 40,8 t CO₂ pentru Mixul 2, echivalent cu 12546 l, respectiv 17531 l de benzină neconsumați.

Pentru a dezvolta analiza financiară au fost luate în considerare o rată de creștere anuală a prețului combustibilului de 10%, o inflație de 5% și o durată de viață a serei de 10 ani, pentru ambele mixuri propuse. Economii anuale rezultate sunt de 9498 € pentru primul Mixul 1 propus și 9544 € pentru Mixul 2. Din aceste valori, 117 €/an respectiv 163 €/an sunt obținute în urma reducerii emisiilor de gaze cu efect de seră luând în calcul un preț mediu de 4 €/t CO₂. În aceste condiții, viabilitatea financiară a celor două mixuri energetice propuse este prezentată prin intermediul indicatorilor specifici în tabelul 4.

Tabelul 4

Viabilitatea financiară a celor două mixuri energetice propuse

Indicator financiar	UM	Mix 1	Mix 2
Perioadă de amortizare	ani	2,7	0,8
Valoare actualizată netă	€	84363	91640
Economii anuale	€/an	8436	9164
Raport cost-beneficiu		5,58	19,90

În figura 4 sunt prezentate fluxurile de numerar cumulate pentru primul mix energetic propus (a) și respectiv pentru Mixul 2 (b). Durata de amortizare a investiției rezultă la intersecția graficelor cu abscisa iar valoarea actualizată netă este obținută la sfârșitul perioadei de viață al serei.

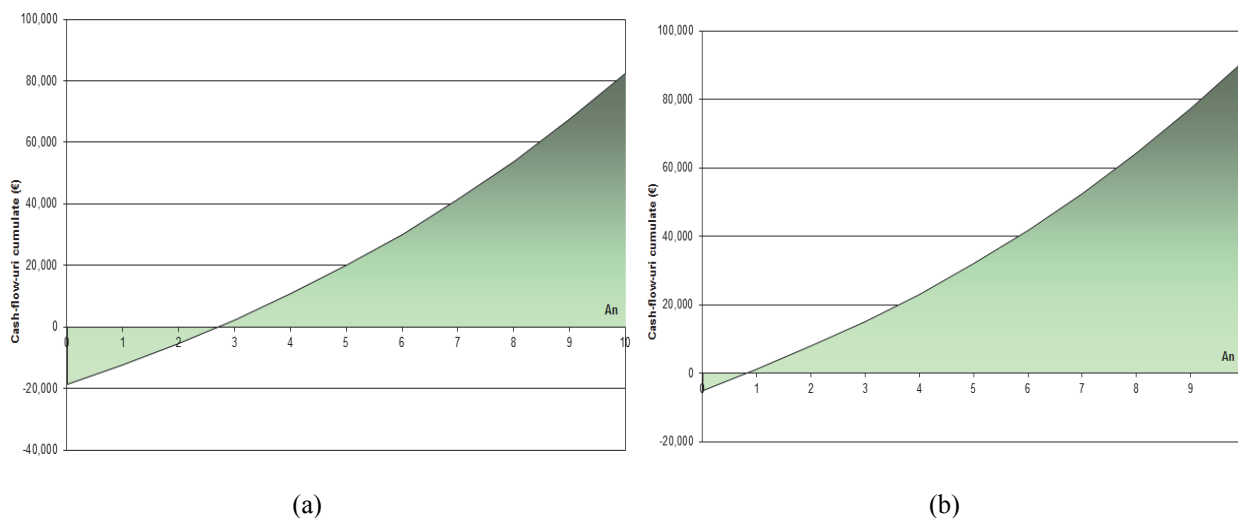


Fig. 4. Fluxurile de numerar cumulate pentru:
a – mixul 1; *b* – mixul 2.

4. CONCLUZII

Cu ajutorul aplicației RETScreen au fost analizate comparativ două mixuri energetice dezvoltate pentru a asigura necesarul de energie la încălzirea unei sere de mici dimensiuni (150 m²). Primul mix energetic propus este un sistem hibrid bazat pe o pompă de căldură pentru sarcina de bază și pe biomasă pentru sarcina de vârf. Al doilea mix energetic propus constă din două sisteme bazate pe biomasă, unul pentru sarcina de bază și al doilea pentru sarcina de vârf. Ambele surse regenerabile de energie considerate (energie geotermală și biomasă) au fost considerate disponibile în imediata apropiere a serei.

Luând în calcul prețurile actuale ale combustibililor, rata de creștere a preșurilor lor și rata inflației se poate concluziona că ambele mixuri energetice propuse în studiu sunt fezabile.

Sistemul bazat integral pe biomasă are o perioadă mai rapidă de amortizare (0,9 ani) în comparație cu sistemul hibrid bazat pe pompă de căldură și sistem pe biomasă (2,7 ani), considerând o durată totală de funcționare a serei de 10 ani. De asemenea, valoarea netă actualizată este cu 10% mai mare pentru al doilea mix, comparativ cu primul. Astfel la o primă analiză, Mixul 2 este mai

performant din punct de vedere tehnico-economic. Există câteva avantaje dar și o serie de dezavantaje ale acestuia. Uzual, exploatarea agricolă produc mari cantități de biomasă și astfel costurile cu combustibilul sunt legate doar de colectarea, uscarea și stocarea acestora. În proiectare trebuie însă ținut cont de necesitatea alimentării ritmice cu biomasă a sistemelor, cu precădere în perioada de iarnă-primăvară și asigurarea unui stoc corespunzător în această perioadă; un alt aspect este legat de posibilitățile limitate ale acestor sisteme pentru ajustare a cantității de energie termică produsă conform cu necesarul.

Primul mix energetic propus, sistemul hibrid bazat pe pompă de căldură și biomasă, poate reprezenta funcțional-aplicativ o soluție mai bună în condițiile în care se implementează local și o platformă fotovoltaică dimensionată astfel încât să furnizeze energia electrică necesară anual funcționării pompei de căldură, sistemul devenind astfel autonom din punct de vedere energetic. Costurile inițiale cresc dar, după trecerea perioadei de amortizare, costurile cu energia electrică vor fi nule. În același timp, statutul de clădire cu consum energetic aproape de zero poate fi obținut pentru sera analizată, așa cum se impune după 31 decembrie 2020 prin Directiva Europeană 2010/31.

Recunoaștere

Această lucrare a fost realizată în cadrul proiectului PNII, dezvoltat cu sprijinul ANCS- CNDI-UEFISCDI, Romania, proiect EST IN URBA, PN-II-PT-PCCA-2011-3.2-051.

Bibliografie

- [1] United Nations (1987), *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*, <http://www.un-documents.net/ocf-02.htm>
- [2] Smalley R. E. *Future Global Energy: Prosperity The Terawatt Challenge*, MRS Bulletin, vol. 30, 2005
- [3] Kanwar R., *21st Century Challenges and Opportunities in Agricultural Engineering*, Balkan Agricultural Engineering Review, vol. 14, 2009.
- [4] U. S. Department of Commerce, United States Census Bureau, *U.S. and World Population Clock*, available online at: <http://www.census.gov/popclock/>
- [5] The European Parliament and The Council of the European Union, Directive 2009/28/EC of The European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources, Official Journal of the European Union, L 140/16, 2009.
- [6] The European Parliament and The Council of the European Union, Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings, Official Journal of the European Union, L 153/13, 2010.
- [7] Murad E., Maican E., Biris S. S., Vladut V., *Heating greenhouses with TLUD biomass energy modules*, Balkan Agricultural Engineering Review, vol. 16, 2011.
- [8] European Commission, *Gas and electricity market statistics*, Eurostat Statistical Books, 2007.