



PROVOCĂRILE CULTURILOR ENERGETICE DE ARBORI CU CICLURI SCURTE DE PRODUCȚIE

Wilhelm Hollerbach^a, Florian Borlea^b

^aUniversitatea de Științele Vieții Timișoara, e-mail: wilhelm.hollerbach@rebina.ro

^bUniversitatea de Științele Vieții Timișoara, e-mail: fborlea@yahoo.com

REPERE

- Culturile energetice cu cicluri scurte sunt sustenabile cu condiția respectării unor limite în administrarea fertilizanților și utilizării terenurilor.
- Producerea și utilizarea peleților are amprentă pozitivă de carbon dacă distanțele de transport sunt mari.
- Sălciile energetice sunt adecvate culturilor cu cicluri scurte din punct de vedere al uscării naturale și cerințelor staționale

INFORMAȚII ARTICOL

Istoricul articolului:
Manuscris primit la: 10 Martie 2024

Primit în forma revizuită: 28 Martie 2024

Acceptat: 7 Aprilie 2024

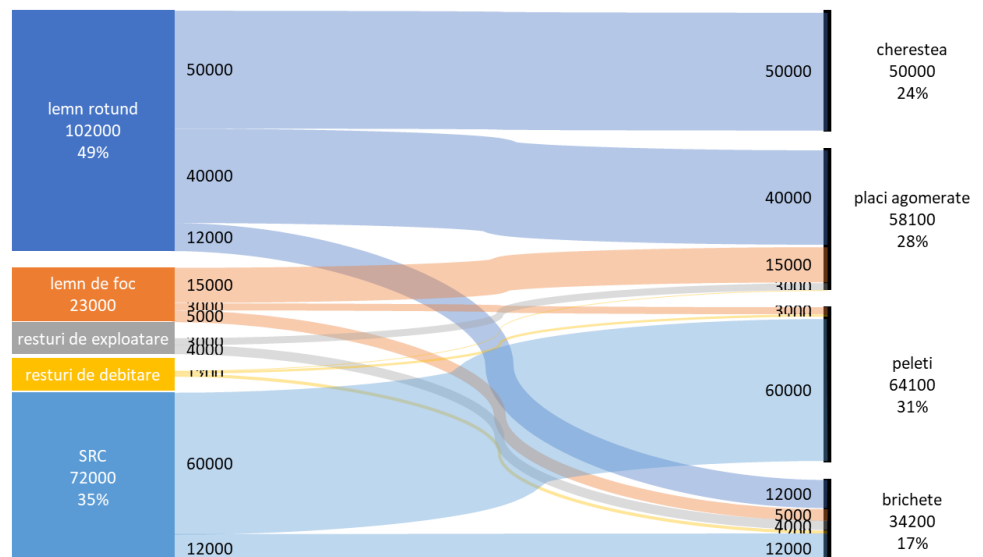
Număr de pagini: 14 pagini.

Tipul articolului:
Articol de sinteză

Cuvinte cheie:

biomasă
ciclu scurt de
producție
sălciilor energetice

REZUMAT GRAFIC



REZUMAT

Acest studiu bibliografic prezintă problematica utilizării speciilor cu potențial ridicat de a produce biomasă energetică. Obiectivul principal este acela de a evidenția potențialele dificultăți și riscuri în utilizarea pe scară largă a sălciilor energetice, în contextul politic, economic și de protecție a mediului din Uniunea Europeană. Sinteza include articole selectate ce au fost publicate în ultimii ani dar și articole mai vechi, referitoare la primii pași făcuți în direcția ameliorării unor sălcii pentru producția de biomasă. Aspectele vizate sunt următoarele: sustenabilitatea recoltelor; emisiile de gaze cu efect de seră, diversitatea speciilor și cultivarelor; impactul asupra utilizării terenurilor și acceptanța socială. Rezultatele subliniază diversitatea încă existentă în țările europene în acest domeniu și prezintă tendințele actuale din politicile europene care vor determina în viitorul apropiat locul biomasei în producția de energie verde.

1. INTRODUCERE

Conversia biomasei spre energia verde implică, într-o mare măsură, reconsiderarea folosințelor funciare, în sensul utilizării alocării unor suprafețe agricole culturilor energetice. Această folosință a început să fie recunoscută ca fiind una diferită de folosința agricolă sau folosința forestieră. Pe termen lung, se întrevede o mai mare flexibilizarea în gestionarea fondului funciar, în sensul posibilității de a schimba temporar o anumită folosință funciară pentru a acoperi o necesitate urgentă sau pentru a asigura pe termen lung aprovizionarea cu biomasă, provenită fie din pădure, fie din teren agricol. La nivel european cel puțin, biomasa reprezintă principalul mijloc de atingere a țintelor climatice privind emisiile de gaze cu efect de seră (GES) [1], cu numeroase provocări în ceea ce privește utilizare masei lemnoase oferite de păduri [2].

Conform [3], consumul brut total de energie al UE a scăzut de la 1226 Mtep în 2005, la 1162 Mtep în 2017. Ponderea biomasei agricole, a biomasei forestiere și a deșeurilor regenerabile (definite împreună drept "bioenergie") în ponderea consumului final de energie din UE, a crescut de la 5,9% în 2005 la 10,3% în 2017. Pentru comparație, consumul de bioenergie în UE a fost de aproape 120 Mtep (58%) în 2017, în timp ce celelalte surse de energii regenerabile, cum ar fi energia solară fotovoltaică, eoliană și hidroenergia, a fost de aproximativ 86 Mtep (42%).

Pe lângă ameliorarea sau îmbunătățirea genetică a speciilor, un alt factor cheie în articularea unor politici sustenabile de producere a biomasei este disponibilitatea unor terenuri adecvate pentru astfel de culturi, dar și posibilitatea administrării unor îngrășăminte minerale, pentru a asigura recolte constante, știută fiind preferința mediului de afaceri pentru producția de ulei și lemn de eucalipt [4], [5], o specie cu potențial economic superior plopilor și sălciilor energetice.

În sfârșit, o ultimă categorie de provocări sunt cele de ordin legislativ. În România cel puțin, dar și în alte țări, legislația abia ține pasul cu provocările mediului de afaceri, datorită unei inerente inerții și, în egală măsură, unor temeri ca nu cumva în spatele unui nou concept să apară breșe în modul de interpretare sustenabilității, breșe prin care să iasă din pădure lemn recoltat fără drept, în special din arii protejate [6].

Având în vedere cele prezentate anterior, scopul acestui studiu este acela de evidențierea și nuanțarea provocărilor actuale cărora trebuie să le facă față producătorii de biomasă energetică.

2. MATERIAL ȘI METODĂ

Studiul bibliografic s-a realizat cu ajutorul motoarelor de căutare <https://scholar.google.ro> și <https://www.scopus.com> folosind, în diverse combinații, următoarele cuvinte cheie: energetic biomass, forests, pellets, forest policy, forest strategy, precum și termenii echivalenți în limba română. Căutările s-au realizat separat, în limba engleză și în limba română, iar rezultatele s-au salvat într-o bibliotecă creată cu ajutorul platformei sursă deschisă zotero.org.

Literatura studiată a fost grupată în următoarele șase arii tematice, strâns legate de utilizarea biomasei în scop energetic: 1) sustenabilitatea pe termen lung a bioproducției de masă lemnoasă, 2) emisiile de CO₂, 3) logistica, 4) diversitatea intra și interspecifică a plantelor cultivate, 5) cadru legislativ și impactul asupra utilizării terenului și 6) acceptanța socială.

3. STUDIUL BIBLIOGRAFIC

3.1. Sustenabilitatea recoltelor și pieței de valorificare a biomasei

Conversia biomasei în energie se realizează pe două căi: termochimică, respectiv biochimică. La rândul ei, conversia termochimică se poate realiza prin: ardere directă, piroliză respectiv gazificare, în timp ce conversia biochimică circumscrie o gamă mult mai variată de procese de conversie, cunoscute sub denumirea generică de procese de bio-rafinare [7]. Articolele despre conversia biochimică nu face obiectul acestui studiu.

În contextul schimbării continue a structurii coșului energetic, sustenabilitatea utilizării biomasei se referă strict la continuitatea recoltelor, în condițiile păstrării unui control riguros asupra inputurilor. În condițiile în care biomasa lemnoasă poate proveni din diverse surse (plantații, păduri cultivate, arii naturale protejate) un aspect important al sustenabilității este evitarea defrișărilor necontrolate (schimbarea folosinței forestiere) sau a exploatării excesive, nu doar a resurselor forestiere ci și a celor agricole.

Potrivit unui amplu studiu făcut în urmă cu mai bine de două decenii, la nivel global [8], potențialului global al biomasei primare (în următorii 50 de ani) varia în limite foarte largi, între 33 și 1135 EJ/an, iar culturile energetice provenite din surplusul de terenuri agricole au cea mai mare contribuție potențială: între zero și 988 EJy/an. Factorii cruciali care determină disponibilitatea biomasei pentru energie sunt: (1) Cererea viitoare de alimente, determinată de creșterea populației și de regimul alimentar viitor; (2) Tipul de sisteme de producție alimentară care pot fi adoptate la nivel mondial în următorii 50 de ani; (3) Productivitatea culturilor forestiere și energetice; (4) Utilizarea materialelor biodegradabile; (5) Disponibilitatea terenurilor degradate; (6) Tipuri de utilizări alternative ale terenurilor (de exemplu, terenurile agricole excedentare utilizate pentru reîmpădurire). Așadar problema sustenabilității utilizării biomasei este mult mai complexă decât ne-a obișnuit managementul sustenabil al pădurilor.

În același context, trebuie discutată și aversiunea pe care o împărtășesc mulți silvicultori când este vorba de extinderea aplicării regimului crângului sau a crângului compus la alte specii, nu doar la salcâm și sălcii. Cadrul normativ românesc nu permite regenerarea vegetativă a altor specii în afara celor două specii amintite, în condițiile în care, în special în zona de deal, sunt o serie de mici proprietăți private pentru care crângul ar fi în continuare o soluție optimă, chiar și din perspectiva conservării potențialului genetic [9].

O primă observație ar fi aceea că riscul unor perturbații climatice reduce ciclurile de producție, ceea ce are drept consecință creșterea recoltelor de lemn planificate prin amenajament [10]. Deși schimbările climatice ar produce, indirect, o ofertă mai mare de lemn, politica forestieră a UE plasează problema biomasei în contextul politicii de reducere a emisiilor de GES, motiv pentru

Hollerbach & Borlea: Provocările culturilor energetice de arbori ...

care inventarele forestiere naționale au devenit adevărate instrumente de control a rezultatelor pe care politicile naționale le au în ceea ce privește emisiile nete de CO₂.

Un alt aspect al sustenabilității este măsura în care micii proprietari privați sunt dispuși să exploateze pădurea, în funcție de prețul oferit de piață. Având în vedere proporția mare a așa-numitelor păduri ne-industriale, este necesară evaluarea disponibilității acestor proprietari. Aguilar et al [11] au realizat un studiu bazat pe un model multinomial bayesian al cărui scop a fost analiza impactului pe care prețurile biomasei lemnoase îl au, în funcție de profilul demografic al proprietarilor de terenuri, dimensiunea parcelei, atitudinea față de recoltarea biomasei și obiectivele gestionării pădurilor. Rezultatul a fost interesant: eforturile de politică publică care vizează creșterea ofertei de biomasă lemnoasă din micile proprietăți ar putea fi mai eficiente dacă ar viza mai degrabă veniturile din lemn decât cele furnizate strict de biomasa lemnoasă.

Sustenabilitatea economică a plantațiilor a fost evaluată de [12] printr-o analiză a fluxurilor actualizate de numerar, a valorii actualizate nete, a ratei interne de rentabilitate și a indicelui de rentabilitate. Analiza cadrului juridic din UE, așa cum acesta este implementat în Polonia, a arătat că trecerea la culturi energetice cu cicluri scurte este împiedicată în principal de factori economici, inclusiv de prețul de vânzare scăzut al biomasei ca resursă energetică, precum și de costurile ridicate ale recoltării. În perioada analizată (din 2015 până în 2020), nu au existat forme suplimentare de sprijin juridic sau economic care să se adreseze direct producătorilor de biomasă lignoceluloza, cu excepția sprijinului standard din cadrul politicii agricole comune. Rezultatele acestui studiu oferă informații pentru factorii de decizie cu privire la oportunitățile și provocările întâmpinate în timpul dezvoltării plantațiilor de SRC.

Sustenabilitatea SRC depinde și de administrarea fertilizanților, în special a complexului NPK, atât la crearea culturii cât și pe durata ciclului de producție; de asemenea, se recomandă administrarea de săruri solubile cel puțin de Ca, Mg și Mn, întrucât s-au constatat diferențe semnificative dintre probele de sol recoltate din câmp agricol și cele recoltate din culturile energetice de plop instalate în nordul României [13].

3.2. Emisii de gaze cu efect de seră (GES)

Din această perspectivă, s-au studiat și sintetizat câteva studii recente ce se referă la emisiile nete de CO₂ echivalent. Un astfel de studiu a fost realizat cu ajutorul Modelului european de optimizare a sectorului forestier și agricol [14]. S-au avut în vedere trei scenarii, în care prețul carbonului rămâne la 20 €/t CO₂, crește la 50 €/t CO₂ sau crește la 110 €/t CO₂ până în 2040. Se pare că este necesar un preț al carbonului mai mare de 20 €/t CO₂ pentru a crește producția de energie pe bază de lemn. La prețuri mai mici de 50 EUR/t CO₂, lemnul energetic constă în principal în așchii forestiere, lemn reciclat, scoarță și lichior negru. La un preț al carbonului de 50 €/t CO₂, utilizarea lemnului pentru energie începe să concureze cu utilizarea lemnului în industria forestieră. La un preț de 110 €/t CO₂, aproximativ o treime din lemnul utilizat în producția de energie termică și electrică la scară largă ar fi, de asemenea, valorificabil ca materie primă în industria lemnului. Chiar și în acest caz, contribuția energiei pe bază de lemn la atingerea obiectivului UE în materie de reducere a emisiilor de GES este modestă, deoarece disponibilitatea lemnului limitează utilizarea sa sporită în producția de energie. Pragul de 110 €/t CO₂ are o

Hollerbach & Borlea: Provocările culturilor energetice de arbori ...

semnificație aparte deoarece de la un asemenea preț s-ar pune problema optimizării folosinței funciare, în sensul extinderii culturilor energetice în sectorul forestier, cu predilecție.

Torefierea peleților – tratarea termică a acestora la temperaturi de cca. 200 -300°C, la presiune normală dar în absența oxigenului – este o soluție de creștere nu doar a puterii calorice a peleților, dar și a rezistenței fizice a acestora, la transport și depozitare, prin scăderea conținutului de hemiceluloze [15]. În plus, această tehnologie permite recuperarea unei părți din energia încă liberă, stocată în deșeurile menajere [16, 17]. O altă soluție de îmbunătățire a puterii calorice și a rezistenței fizice a peleților este pre-tratarea cu abur a materiei prime supuse peletizării, fie că este vorba de rumeguș sau de tocătură provenită din alte surse, cum ar fi paiele și paleele cerealelor [18, 19].

Totuși, biomasa, spre deosebire de sursele neregenerabile de energie, prezintă o serie de neajunsuri care creează dificultăți în utilizarea sa pe scară largă ca sursă de energie. În comparație cu alți combustibili, cum ar fi cărbunele, biomasa are un conținut mai mare de oxigen, o putere calorică mai mică, o densitate aparentă mai mică, la care se adaugă o higroscopicitate ridicată [20]. Torefierea peleților crește riscul producerii unor explozii, din cauza temperaturilor mai ridicate la care este adus rumegușul [21, 22, 23].

3.3. Logistică și legislație

Producătorii de biomasă din România s-au confruntat de la bun început cu o problemă: valorificarea culturilor energetice de biomasă presupunea, conform legii, punerea în valoare a fiecărui arbore, ca și cum lemnul respectiv ar fi fost recoltat din pădure. Cu evidente costuri suplimentare, cum ar fi înregistrarea în SUMAL [24,25] și marcarea fiecărui fir și completarea documentelor de transport. Birocratizarea excesivă a sistemului de gestionare a pădurilor s-a produs pe fondul lipsei de încredere atât a statului în raport cu firmele de profil, cât și al firmelor de profil în raport cu statul [26].

Colectarea, transportul și prelucrarea biomasei sunt nu doar costisitoare, ci și consumatoare de energie, necesitând infrastructură adecvată și o logistică optimală. Tranziția energetică necesită un sistem juridic care să promoveze cele mai durabile forme de energie. Acest lucru necesită o abordare holistică, care să ia în considerare toate efectele producției de energie de-a lungul întregului lanț energetic. Totuși, la nivel european, din cauza numeroaselor grupuri de interes, nu poate fi vorba de o abordare holistică, nici a legislației, nici a logisticii [27]. Pentru a nu încărca prea mult amprenta de carbon a producției în sine, culturile de biomasă pentru producția de energie trebuie să fie în proximitatea unor centre de procesare superioară, fie sub formă de peleți (care să fie mai departe furnizații consumatorilor finali), fie prin ardere directă, în centrale termice.

La acestea se adaugă și problema depozitării și uscării biomasei recoltate. Totuși, utilizarea sălciilor energetice facilitează unele soluții eficiente din punct de vedere al consumului de energie: simpla expunere la vânt a biomasei recoltate duce la pierderea a circa 300 grame de apă pe kilogram, conform unor experimente derulate cu mult timp în urmă în Suedia [28].

Producerea și utilizarea peleților este în continuare un domeniu controversat din punct de vedere al amprentei de carbon pe toate etapele ciclului de viață, de la producerea materiei prime până la utilizarea finală. Astfel, în Japonia, Nishiguchi și Tabata [29] au realizat un studiu

Hollerbach & Borlea: Provocările culturilor energetice de arbori ...

comparativ privind utilizarea peleților pentru încălzire, în baza a două scenarii: utilizarea lemnului brut, nepelletizat (scenariul 1), respectiv producerea și furnizarea peleților. Analiza s-a realizat pentru o cantitate de 8,5 milioane tone lemn de foc, din perspectiva reducerii emisiilor de GES și a creării de locuri de muncă. Prin arderea directă a lemnului emisiile nete s-ar fi redus cu 13,7 mil. tone CO₂, comparativ cu cele rezultate din arderea peleților, de numai 375 mii tone echivalent CO₂. Producția de peleți va fi contribuit cu o creștere de 68% a locurilor de muncă, comparativ cu 11,48%, care ar fi necesarul suplimentar de manoperă în scenariul 1. Autorii recomandă, pentru zona montană, arderea directă a lemnului de foc, deoarece slaba accesibilitate a pădurilor ar face nerentabilă pelletizarea respectivei materii prime.

Cel puțin în România, principalele probleme identificate sunt 1) calitatea rumegușului ce ar fi disponibil de la procesatorii primari, și 2) aspectele de ordin logistic în ceea ce privește predictibilitatea ofertei de rumeguș.

O meta-analiză a datelor privind productivitățile diverselor tipuri de prese utilizate în industria peleților, coroborată cu randamentele de debitare, a arătat că suprafața de pădure ce ar trebuie să se afle la baza lanțului de aprovizionare a unei fabrici de peleți care să opereze eficient, pe termen lung, este de cca 35.000 ha [30]. Adică tot rumegușul obținut prin procesarea lemnului recoltat sustenabil de pe o asemenea suprafață de pădure trebuie să aprovizioneze un singur producător, pe un flux tehnologic cât mai simplu și cât mai puțin expus contaminării rumegușului cu corpuri străine (mici pietre, resturi metalice, nisip).

Principalele avantaje ale utilizării peleților constau în 1) posibilitatea automatizării complete a procesului de ardere, similar celui folosit în centralele pe gaze naturale și 2) puterea calorică mult superioară lemnului brut în condițiile în care conținutul de cenușă este în jur de 1%. Puterea calorică a peleților (21500 Mj/m³) este net superioară comparativ cu tocătura de lemn (5400 Mj/m³), în condițiile în care conținutul de cenușă este undeva la 1% [18, 31].

3.4. Diversitatea interspecifică și intraspecifică

Variatatea tipurilor de biomasă necesită adaptarea tehnologiilor de conversie energetică pentru a reduce costurile. Programele de ameliorare a speciilor forestiere în direcția producerii, în timp relativ scurt, a unor mari cantități de biomasă la hectare datează din anii șaptezeci ai secolului trecut [31] speciile preferate fiind plopul și sălciile.

Plopul are un areal foarte larg de vegetație și sunt folosiți din cele mai vechi timpuri în diverse forme asociate sau integrate în culturile agricole datorită în primul rând ușurinței cu care se pot propaga plopul pe cale vegetativă. și au creat plantații pentru satisfacerea nevoilor gospodărești. La sfârșitul secolului al XVIII-lea s-au introdus în Europa plopul negru american (*Populus deltoides* Marsh.) și în America plopul negru european (*Populus nigra* L.), rezultând în mod natural hibridi ai acestor specii, cu creșteri foarte rapide la vârste mici, revoluționând metodele de cultură a acestor specii și crearea de plantații specializate. Italia și Franța au valorificat industrial foarte mult plopul în producția de hârtie și ambalaje. La noi în țară, plopul hibrid a fost plantați în parcuri și aliniamente ca arbori ornamentali și apoi, între 1915 – 1950, în plantații specializate dar pe suprafețe mici. Culturile s-au extins apoi furnizând materie primă pentru fabricile de celuloză și hârtie, dar odată cu reducerea producției la noi în țară după 1990, majoritatea s-au desființat astfel

Hollerbach & Borlea: Provocările culturilor energetice de arbori ...

că, cu excepția Luncii și Deltei Dunării suprafețele cultivate cu plop în România sunt astăzi foarte mici.

Speciile de sălcii (*Salix sp.*) se adaptează cel mai bine la culturi cu rotație scurtă și au început să fie cultivate pentru producția de biomasă, în Suedia, după anul 1970, cu scopul de a reprezenta o alternativă la utilizarea combustibilii fosili la producția de energie. S-au inițiat atunci diverse cercetări în acest domeniu, pornind de la *Salix viminalis* ca specie de bază și fiind obținuți astăzi hibrizi și clone cu productivitate foarte mare de biomasă lemnoasă la hectar, cu o bună capacitate de adaptare la condiții pedo-climatice foarte variate, cu rezistență bună la ger, la secetă, la boli și dăunători (cele mai utilizate clone comerciale suedeze: Dimitrios, Doris, Jorr, Karin, Lisa, Torhild, Inger, Gudrun, Sven, Stina, Klara, Olof, Tora, Tordis), fapt ce a dus la extinderea acestor culturi energetice de salcie pe suprafețe însemnate în diverse țări din Europa (Suedia, Ungaria, Polonia, Danemarca, Slovenia). Un important criteriu pentru care au fost preferate aceste specii este plasticitatea genetică și ciclul scurt de ameliorare [6, 32,33]. În România s-au realizat unele culturi de salcie energetică în centrul țării și în vest și s-au făcut demersuri de înființare a acestor culturi în diverse regiuni. Rezultatele obținute în culturi comparative cu clone comerciale suedeze, proveniențe locale de *Salix viminalis* L. și între clone comerciale suedeze și clone comerciale românești au arătat că în condiții specifice din Vestul României, unele proveniențe locale și unele clone comerciale românești: RO 892, RO 1077, RO 1082, produse la INCDS Tulcea [34] au dovedit calități comparabile, uneori chiar superioare clonelor comerciale suedeze, considerate foarte productive în ce privește biomasa.

O altă specie cu potențial bun de producere a biomasei este salcâmul (*Robinia pseudacacia* L.), arbore ce provine din America de Nord și a ajuns în Europa (Franța), în 1601, fiind introdus ca specie ornamentală la noi, după anul 1883, fiind utilizat în culturi forestiere, în scopul fixării nisipurilor din lunca majoră a Dunării. Ulterior, specia a fost pe larg folosită pentru producerea de biomasă, nu doar în România cât și la nivelul continentului european. Salcâmul poate produce până la 14 tone biomasă an/ha [35], cu condiția unei concentrații a carbonaților mai mică de 5% și a unui pH mai mare de patru.

Cercetări privind salcâmul ca producător de biomasă s-au efectuat în SUA, Ungaria, Rusia, România și Bulgaria. La noi, grație regretatului cercetător Emil Bîrlănescu la Stațiunea INCSD Craiova s-a obținut, prin ameliorare, varietatea „Oltenica”, care are o creștere rapidă și viguroasă, și prezintă diferențe morfologice față de salcâmul comun [36]. De asemenea, SRC de plop pot fi o soluție, chiar în condițiile accesului redus la apa subterană [37].

În materie de ameliorare a speciilor folosite pentru producția de biomasă energetică este nevoie de o schimbare de paradigmă, în consonanță cu strategiile promovării bioeconomiei. În acest context, modul în care Uniunea Europeană abordează bioeconomia lasă de dorit, deoarece nu utilizează suficient de mult potențialul promovării în culturi intensive a organismelor modificate genetic, așa cum se întâmplă în SUA sau în alte regiuni ale globului [38].

3.5. Impactul asupra utilizării terenului

Utilizarea terenurilor pentru producția de biomasă poate intra în conflict cu alte nevoi, cum ar fi producția alimentară sau conservarea biodiversității. Un studiu ce a vizat optimizarea alocării folosințelor funciare, bazat pe decălire simulată, a arătat că cea mai bună soluție de optimizare este aceea care are drept obiectiv maximizarea gradului mediu de adecvare a fiecărei folosințe la cerințele utilizatorilor. Zona pilot a fost un district din Galicia [39]. Pentru a nu afecta siguranța alimentară, culturile energetice sunt instalate pe așa numitele terenuri marginale, ce se caracterizează, de obicei, printr-o productivitate scăzută și un randament economic redus sau prin constrângeri severe pentru cultivarea agricolă. Acestea sunt, de fapt, ecosisteme fragile, iar utilizarea lor prezintă riscuri pentru mediu.

Cartarea terenurilor marginale este un demers complex, întrucât trebuie evaluate atât productivitatea, cât și rezistența la eroziune. Kang et al [40] au folosit o abordare ierarhică, plecând de la o serie de indicatori agregați, pentru a ajunge la patru tipuri de „marginalitate” funciară: fizică, biologică, ecologică și economică. Terenurile productive din punct de vedere fizic sunt împărțite în terenuri marginale din punct de vedere biologic și terenuri productive din punct de vedere biologic. Terenurile marginale din punct de vedere biologic sunt zonele cu o producție biologică scăzută din cauza stresului biologic și a condițiilor naturale fragile sau dure, de exemplu, frigul, seceta, solurile cu pH ridicat sau scăzut, solurile saline.

În sfârșit, ultima etapă este cartarea terenurilor biologic productive în terenuri ecologic productive sau marginale din punct de vedere ecologic. Terenurile marginale din punct de vedere ecologic includ terenurile a căror utilizare prezintă riscuri potențiale considerabile sau daune considerabile pentru funcțiile ecologice sau de mediu, cum ar fi poluarea din surse nesemnificative (NPS), biodiversitatea, zonele umede etc. Aspectele economice reprezintă ultima considerație ca o constrângere în acest cadru.

În Australia, Ananda și Herath [41] au folosit metoda proceselor ierarhizate pentru a optimiza alocarea terenurilor, în raport cu opțiunile unei palete diverse de factori interesați, de la ecologiștii conservatori la fermieri și operatorii din turism.

În Europa, grație multiplelor facilități pe care le oferă o piață liberă a terenurilor și subvențiilor acordate prin diverse politici sectoriale, producția de peleți a crescut, dar nu într-o manieră sustenabilă, în sensul că o serie de investiții, finanțate din programele europene s-au dovedit nesustenabile din punct de vedere economic datorită unor prognoze prea încurajatoare privind oferta de materii prime sau din cauza unor probleme logistice de aprovizionare [42].

3.6. Acceptanța socială

Utilizarea biomasei ca sursă de energie are un potențial ridicat de a genera conflicte între factorii interesați din moment ce culturile energetice tind să ocupe suprafețe tot mai întinse de teren destinate culturilor agricole. În condițiile în care culturile cu cicluri scurte de producție nu sunt agreate explicit prin înseși politicile forestiere – orientate spre creșterea, nu spre reducerea

Hollerbach & Borlea: Provocările culturilor energetice de arbori ...

ciclurilor de producție și a vârstelor exploatabilității, singura soluție de compromis ar fi folosirea terenurilor agricole marginale, adică a acelor terenuri improprii oricărei utilizări în scop productiv.

Or, în asemenea condiții, sustenabilitatea producției de biomasă ar fi pusă sub semnul întrebării, întrucât astfel de culturi ar necesita inputuri suplimentare de îngrășăminte minerale și organice, inputuri ce ar veni cu propriile amprente de carbon, reducând astfel magnitudinea efectul de substituire a energiei provenite din arderea combustibililor fosili cu energia netă produsă din biomasă. Un studiu realizat în Bucovina, unde un mare procesator de lemn achiziționează terenuri agricole pentru a instala CSR de plop, a relevat faptul că 70% dintre proprietarii de terenuri agricole nu sunt de acord cu transformarea acestora în terenuri forestiere, în timp ce 50% din proprietari ar fi de acord cu împădurirea pe cale naturală a terenurilor marginale, eventual cu ajutor de la stat [43].

Silvicultura trebuie să producă lemn de calitate și în cantități predictibile pe termen lung, întrucât o modalitate cel puțin la fel de eficientă ca substituirea combustibililor fosili cu biomasă este înlocuirea actualelor materiale de construcții cu lemn sau cu materiale compozite ce au la bază lemnul. Potrivit unui studiu bazat pe predicțiile IPCC și baza de date a FAO privind producția de materiale de construcții bazate pe lemn, efectul de substituire va fi, în 2030, cu 33% mai mic decât s-a estimat inițial, iar în 2100 cu 96% [44].

Preocupările legate de impactul asupra mediului și a sănătății oamenilor necesită campanii de informare și implicare a publicului pentru a facilita acceptarea biomasei ca sursă de energie. Prima țară ce a făcut progrese remarcabile în această direcție este Suedia, ce a pus la punct tehnologii adecvate încă din anii 80 ai secolului trecut [45]. Chiar și așa, acceptanța socială este un alt factor cheie, încorporat cumva în tehnologie, ce depinde de impactul pe care culturile energetice îl au asupra peisajului [46, 47]. La aceasta se adaugă acordul publicului larg și, în egală măsură, acordul politicienilor și al celorlalți factori interesați implicați importanți, precum organizațiile de protecția mediului.

Pe lângă cultivarea unor specii cu creștere rapidă, biomasa energetică poate proveni și din resturile de exploatare, cunoscute sub denumirea de combustibil forestiere primar. Costul de producție al acestei biomase depinde de numărul fazelor intermediare dintre recoltarea din pădure a arborilor exploatabili și producția propriu-zisă de energie [48, 49]. La fel de adevărat este faptul că o cultură energetică ce necesită variate inputuri, poate afecta calitatea pânzei freatică, printr-un proces asemănător salinizării secundare ce s-a produs în terenurile agricole în secolul trecut [50]. În egală măsură, culturile energetice pot readuce în circuitul economic terenuri salinizate sau halde de cenușă de termocentrală. Aceste aspecte pot încuraja acceptanța socială pentru că, așa cum nota [41, 51], acceptanța socială nu este un bun sau un serviciu ce se oferă o singură dată, ci un proces, ce trebuie periodic reluat, în funcție de schimbările ce apar în mediu și societate.

4. CONCLUZII

Dezvoltarea de noi tehnologii pentru utilizarea biomasei ca sursă de energie, în perspectiva reducerii atât a emisiilor de GES cât și a costurilor, este esențială pentru a spori competitivitatea

Hollerbach & Borlea: Provocările culturilor energetice de arbori ...

acestui tip de energie, ce se dorește a fi complementară energiei verzi produse de sistemele eoliene și solare.

Odată adoptată noua strategie forestieră europeană, o serie de specialiști și politicieni s-au întrebat, pe bună dreptate, dacă noul document programatic va dicta politicile forestiere ale statelor membre prin intermediul indicatorilor silviculturii durabile. Cele două documente – strategia forestieră, pe de o parte, și Forest Europe, pe de altă parte – reflectă două procese foarte diferite. Setul pan-european de criterii și indicatori a fost elaborat în contextul Forest Europe, un proces informal al miniștrilor europeni responsabili pentru păduri și al CE. Documentele Forest Europe, deși sunt programatice, nu sunt obligatorii din punct de vedere juridic și se bazează pe consens.

Deși Forest Europe și-a asumat mai multe angajamente în ceea ce privește gestionarea durabilă a pădurilor, setul de indicatori în sine nu conține ținte și nici măcar obiective sau angajamente calitative pentru gestionarea durabilă a pădurilor, ci definește în mod sistematic indicatorii care ar trebui monitorizați pentru a evalua progresele înregistrate în direcția gestionării durabile a pădurilor. Cu alte cuvinte, Forest Europe asigură doar o platformă unitară din punct de vedere conceptual pentru evaluarea diferitelor sisteme de gestionare multifuncțională și durabilă a pădurilor. Cele 34 de criterii de gestionare durabilă a pădurilor au fost stabilite prin consensul reprezentanților celor 45 țări semnatare ale procesului paneuropean și au fost revizuite de două ori, pe când Strategia forestieră europeană a fost stabilită prin consultarea unui număr redus de factori interesați și este un mai degrabă un document politic, nu tehnic, cu toate dezavantajele ce decurg dintr-un asemenea statut.

Având în vedere progresele înregistrate în ameliorarea genetică a sălciilor energetice, este evident că plantațiile cu cicluri scurte de producție reprezintă o soluție viabilă, ceea ce nu exclude însă administrarea după câteva cicluri de producție a unor îngrășăminte chimice, ceea ce va crește, în final, amprenta de carbon, la fel cum s-a întâmplat cu pomii de crăciun cărora li s-au administrat cantități mari de azot, pentru scurtarea ciclurilor de producție [52] sau pentru a obține o valoare comercială mai mare a pomilor de iarnă [53].

Utilizarea biomasei lemnoase la producerea de energie prin conversie termo-chimică este îndelung testată și folosită pe scară largă în țări ale căror politici de mediu urmăresc reducerea emisiilor nete de GES, prin substituirea combustibililor fosili.

Aspectele logistice și utilizarea optimă a terenurilor constituie adevăratele provocări, în sensul că politicile de subvenționare a culturilor energetice pot reduce producția agricolă, ceea ce ridică probleme de etică a schimbării folosinței funciare.

Culturile cu cicluri scurte de producție, recomandate pe terenurile marginale din punct de vedere al productivității agricole, reprezintă o soluție fezabilă, doar că oferta unor terenuri adecvate acestor culturi este limitată. În aceste condiții, resturile de exploatare a lemnului pot fi considerate surse complementare de biomasă. Extragerea acestora din fondul forestier va reduce cu siguranță, pe termen lung, productivitatea terenurilor forestiere.

EXTENDED ABSTRACT – REZUMAT EXTINS***Title in English: The challenges of tree energy crops with short production cycles***

Introduction: The widespread use of energy crops with short production cycles (SRC) has entered the public agenda since the last century as a solution to the many challenges raised by the need to reduce greenhouse gas (GHG) emissions by replacing fossil fuels with alternative energy sources. Given that the sources of biomass are very diverse and their utilization has multiple consequences on the environment and society, it is necessary to study them in a systematic manner, in order to be able to detect the technological evolution trends of the so-called green energy.

Materials and method: The bibliographic study was carried out using Google and Scopus search engines, and the results were saved and managed in a Zotero bibliography. In total, 53 research and synthesis articles were studied, most of them published after the year 2000. In order to structure the analysis, six thematic areas were chosen, as follows: 1) sustainability, 2) greenhouse gas emissions (GHG), 3) logistics and legislation, 4) inter- and intraspecific biodiversity 5) impact on land use, 6) social acceptance.

Results and discussions: 1) Sustainability can be ensured if the fertilizers necessary to maintain the high productivity of short-cycle crops are managed responsibly, if energy willows, capable of drying naturally, are used, and if those energy crops do not endanger forest biodiversity by giving up to the conservation objectives of forest habitats and species. 2) GHG emissions can only be negative if the raw material supply chains of the pellet mills are shortened, if sawdust from timber cutting is used and if the pellet combustion is carried out in high-efficiency thermal centrals. The caloric value of pellets is at least three times higher than that of wood chips, but this comparative advantage disappears if the transport distances are long. 3) Legislation on biomass used for energy purposes does not keep up with technological progress because it imposes procedural standards similar to those used for the recovery of working wood. At least for Romania, marking each wire, as the forestry code provides for any tree, makes it difficult and increases the cost of applying the legal provisions. Also, storing and drying biomass raises special logistical problems, which require a holistic approach to them. From the point of view of biodiversity, after decades of testing poplars and acacias, the range of species and cultivars has significantly reduced, leaving only Euramerican willows and poplars as species of interest. 4) The genetic improvement of hybrid poplars and willows has been particularly successful in countries whose forestry policies have focused on increasing forest productivity by shortening production cycles. In Romania, the native willow varieties are better adapted to the pedoclimatic conditions than the Swedish ones, considered as a reference. Poplar crops with short production cycles are also; one of the main advantages of willows is the ability to dry naturally, which gives a comparative advantage in terms of sustainability and GHG emissions. 6) The social acceptance of energy crops is positive if marginal lands are used from the point of view of agricultural productivity, if this use does not compete with the agricultural one and if exploitation residues are also exploited for energy purposes.

Conclusions: The present study analyzed only the thermochemical conversion of woody biomass, not the biochemical one, which allows the utilization of a wider and more complex range of biomass sources to produce, mainly, liquid biofuels. The use of wood for energy purposes, as such or processed in the form of pellets, especially through the installation of SRC, allows the exploitation of marginal lands from the point of view of agricultural productivity, which leads to a more rational use of the land fund. However, the European forest strategy does not clearly highlight the role of energy crops in the wider context of sustainable land management, which justifies the fear that the forest will be seen as a passive carbon stock and a shelter for biodiversity rather than a source of energy and wood.

REFERINȚE

- [1] S. van Renssen, 2014: A bioeconomy to fight climate change, *Nature Climate Change*, vol. 4, nr. 11, Art. nr. 11, oct., doi: 10.1038/nclimate2419.

Hollerbach & Borlea: Provocările culturilor energetice de arbori ...

- [2] G. E. Kindermann, I. McCallum, S. Fritz, și M. Obersteiner, 2008: A global forest growing stock, biomass and carbon map based on FAO statistics, *Silva Fennica*, vol. 42, nr. 3, Art. nr. 3, doi: 10.14214/sf.244.
- [3] M. Banja, R. Sikkema, M. Jégard, V. Motola, și J.-F. Dallemand, 2019: Biomass for energy in the EU–The support framework, *Energy Policy*, vol. 131, pp. 215–228,
- [4] T. Locatelli *et al.*, 2016: Modelling wind risk to *Eucalyptus globulus* (Labill.) stands, *Forest Ecology and Management*, vol. 365, pp. 159–173, doi: 10.1016/j.foreco.12.035.2015
- [5] D. Rockwood, K. Reddy, E. Warrag, C. Comer, 1987: Development of *Eucalyptus amplifolia* for woody biomass production, *Australian forest research*, vol. 17, nr. 2, pp. 173–178.
- [6] R. White, 2017: Reparative justice, environmental crime and penalties for the powerful”, *Crime, Law and Social Change*, vol. 67, pp. 117–132.
- [7] L. Gouveia și P. C. Passarinho, 2017: Biomass conversion technologies: biological/biochemical conversion of biomass, *Biorefineries: Targeting Energy, High Value Products and Waste Valorisation*, pp. 99–111.
- [8] M. Hoogwijk, A. Faaij, R. van den Broek, G. Berndes, D. Gielen, W. Turkenburg, 2003: Exploration of the ranges of the global potential of biomass for energy, *Biomass and Bioenergy*, vol. 25, nr. 2, pp. 119–133, doi: 10.1016/S0961-9534(02)00191-5.
- [9] F. Popescu, D. Postolache, D. Pitar, 2015: Aspecte privind conservarea și managementul resurselor genetice forestiere din România, *Revista de Silvicultură și Cinegetică*, vol. 37, pp. 13–17.
- [10] L. H. R. Alvarez și E. Koskela, 2006: Does risk aversion accelerate optimal forest rotation under uncertainty?, *Journal of Forest Economics*, vol. 12, nr. 3, Art. nr. 3, dec, doi: 10.1016/j.jfe.2006.06.001.
- [11] F. X. Aguilar, Z. Cai, și A. W. D’Amato, 2014: Non-industrial private forest owner’s willingness-to-harvest: How higher timber prices influence woody biomass supply”, *Biomass and Bioenergy*, vol. 71, pp. 202–215, doi: 10.1016/j.biombioe.2014.10.006.
- [12] J. J. Zięty, E. Olba-Zięty, M. J. Stolarski, M. Krzykowski, M. Krzyżaniak, 2022: Legal Framework for the Sustainable Production of Short Rotation Coppice Biomass for Bioeconomy and Bioenergy”, *Energies*, vol. 15, nr. 4, p. 1370.
- [13] Alexei, S. Avăcăriței D. Dănilă I-C., Duduman, M. Rotaru Buzdugan, C., 2019: Studiu privind impactul culturilor de plop hibridi asupra proprietăților solului. Bucovina Forestieră, 19(1), pp: 19-29,
- [14] P. Lauri, P. Havlík, G. Kindermann, N. Forsell, H. Böttcher, M. Obersteiner, 2014: Woody biomass energy potential in 2050, *Energy Policy*, vol. 66, pp. 19–31, mar., doi: 10.1016/j.enpol.2013.11.033.
- [15] B. Ru, S. Wang, G. Dai, L. Zhang, 2015: Effect of Torrefaction on Biomass Physicochemical Characteristics and the Resulting Pyrolysis Behavior”, *Energy Fuels*, vol. 29, nr. 9, pp. 5865–5874, sep. 2015, doi: 10.1021/acs.energyfuels.5b01263.
- [16] K. A. Abdulyekeen, A. A. Umar, M. F. A. Patah, W. M. A. W. Daud, 2021: Torrefaction of biomass: Production of enhanced solid biofuel from municipal solid waste and other types of biomass, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 150, p. 111436, oct., doi: 10.1016/j.rser.2021.111436.
- [17] K. L. Iroba, O.-D. Baik, L. G. Tabil, 2017: Torrefaction of biomass from municipal solid waste fractions II: Grindability characteristics, higher heating value, pelletability and moisture adsorption, *Biomass and Bioenergy*, vol. 106, pp. 8–20, nov., doi: 10.1016/j.biombioe.2017.08.008.
- [18] P. S. Lam, „Steam explosion of biomass to produce durable wood pellets, 2011: Diss. University of British Columbia, 180 p.
- [19] Y. Tang, R. P. Chandra, S. Sokhansanj, J. N. Saddler, 2018: Influence of steam explosion processes on the durability and enzymatic digestibility of wood pellets, *Fuel*, vol. 211, pp. 87–94.
- [20] D. R. Nhuchhen, P. Basu, B. Acharya, 2014: A Comprehensive Review on Biomass Torrefaction, *Int. J. Renew. Energy Biofuels*, vol. 2014, pp. 1–56.
- [21] P. Abelha, M. Cieplik, M. Carbo, 2016: Explosivity properties of dusts from torrefied biomass pellets, *Chemical Engineering Transactions*, vol. 48, pp. 403–408.

Hollerbach & Borlea: Provocările culturilor energetice de arbori ...

- [22] P. Alizadeh, T. Dumonceaux, L. G. Tabil, E. Mupondwa, M. Soleimani, D. Cree, 2022: Steam Explosion Pre-Treatment of Sawdust for Biofuel Pellets, *Clean Technologies*, vol. 4, nr. 4, pp. 1175–1192.
- [23] J. Horváth, K. Balog, și D. Scarafilo, 2014: Hazards of Explosibility Dust from Wood Pellets, *Advanced materials research*, vol. 1001, pp. 324–329.
- [24] A.-C. Cozma și M. V. Achim, 2023: A SWOT Analysis on Illegal Logging and Corruption: Romania Case Study, în *"Economic and Financial Crime, Sustainability and Good Governance"*, Springer, pp. 53–72.
- [25] M. A. Dărău, A. Oprea, C. Ciontu, și G. Borlea, 2022: Recent trends of the wood market in Romania, *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 26 (2), pp: 20-24.
- [26] M.-C. Bălăcescu și Ș. Ungurean, 2022: Politica de contracarare a tăierilor ilegale de păduri din românia. Problema încrederii, *Psihologia Sociala*, 49, pp. 77–98.
- [27] R. A. Giljam, 2016: Towards a Holistic Approach in EU Biomass Regulation, *Journal of Environmental Law*, vol. 28, nr. 1, pp. 95–124, mar., doi: 10.1093/jel/eqv025.
- [28] J. K. Gígler, W. K. P. van Loon, J. V. van den Berg, C. Sonneveld, G. Meerdink, 2000: „Natural wind drying of willow stems”, *Biomass and Bioenergy*, vol. 19, nr. 3, pp. 153–163, sep., doi: 10.1016/S0961-9534(00)00029-5.
- [29] S. Nishiguchi și T. Tabata, 2016: Assessment of social, economic, and environmental aspects of woody biomass energy utilization: Direct burning and wood pellets, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 57, pp. 1279–1286, doi: 10.1016/j.rser.2015.12.213.
- [30] M. Drăgoi și S. Horodnic, 2010: Wood for energy, sustainable forestry and rural development, *Journal of horticulture, Forestry and biotechnology*, vol. III, pp. 79–84.
- [31] Y. Bajaj, 1986: Biotechnology of tree improvement for rapid propagation and biomass energy production”, în *Trees I*, Springer, pp. 1–23.
- [32] H. Heybroek, 1974: The development of forest tree breeding in the Netherlands, *The development of forest tree breeding in the Netherlands.*, pp. 30–39.
- [33] G. Namkoong și H. Kang, 1990: Quantitative genetics of forest trees, *Plant breeding reviews*, vol. 8, pp. 139–188.
- [34] C. Hernea, W. Hollerbach, D. Trava, M. Corneanu, 2015: The behaviour for SRC willow Inger in experimental trial Ghilad, Romania. *Buletin USAMV Horticulture*, 72(2), pp: 377-380; DOI: 10.15835/buasvmcn-hort:11657.
- [35] K. C. Straker, L. D. Quinn, T. B. Voigt, D. Lee, G. J. Kling, 2015: Black locust as a bioenergy feedstock: a review, *BioEnergy Research*, vol. 8, pp. 1117–1135.
- [36] B. Ruben T. A. Ioan, 2015: Some Aspects Regarding The Tillering Capacity In Two Acacia Varieties, *Analele Universității din Oradea, Fascicula: Protecția Mediului*, vol. 24, pp. 293–298.
- [37] A. Fuertes *et al.*, 2023: Assessing the potential of poplar short rotation plantations to contribute to a low-carbon bioeconomy under water-limited conditions, *Journal of Environmental Management*, vol. 347, p. 119062.
- [38] Popp, J *et al.*, 2021: Bioeconomy: Biomass and biomass-based energy supply and demand. *New Biotechnology* 60, pp 76-84, DOI 10.1016/j.nbt.2020.10.004.
- [39] I. Santé-Riveira, M. Boullón-Magán, R. Crecente-Maseda, D. Miranda-Barrós, 2008: Algorithm based on simulated annealing for land-use allocation, *Computers & Geosciences*, vol. 34, nr. 3, Art. nr. 3, mar. 2008, doi: 10.1016/j.cageo.2007.03.014.
- [40] S. Kang, W. Post, D. Wang, J. Nichols, V. Bandaru, și T., West, 2013: Hierarchical marginal land assessment for land use planning, *Land Use Policy*, vol. 30, nr. 1, Art. nr. 1, ian., doi: 10.1016/j.landusepol.2012.03.002.
- [41] J. Ananda G. Herath, 2003: The use of Analytic Hierarchy Process to incorporate stakeholder preferences into regional forest planning, *Forest policy and economics*, vol. 5 (1), pp: 13-26,,
- [42] Zambujal-Oliveira, J., Mouta-Lopes, M., Bangueses, R., 2021: Real options appraisal of forestry investments under information scarcity in biomass markets. *Resources Policy*, 84-101735 DOI 10.1016/j.resourpol.2020.101735.

Hollerbach & Borlea: Provocările culturilor energetice de arbori ...

- [43] Cosofret, VC, Ciurlă, C, Coslovschi MV, 2016: Percepții ale proprietarilor cu privire la conversia terenurilor agricole în plantații de plop cu ciclu scurt de producție. *Bucovina Forestieră* 16(1), pp: 59-71
- [44] P. Brunet-Navarro, H. Jochheim, G. Cardellini, K. Richter, și B. Muys, 2021: Climate mitigation by energy and material substitution of wood products has an expiry date, *Journal of Cleaner Production*, vol. 303, p. 127026.
- [45] L. Christersson, 1986: High technology biomass production by *Salix* clones on a sandy soil in southern Sweden, *Tree physiology*, vol. 2, nr. 1-2-3, pp. 261-272.
- [46] R. Wüstenhagen, M. Wolsink, M. J. Bürer, 2007: Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept", *Energy Policy*, vol. 35, nr. 5, Art. nr. 5, doi: 10.1016/j.enpol.2006.12.001.
- [47] M. Junginger, A. Faaij, R. Björheden, și W. C. Turkenburg, 2005: Technological learning and cost reductions in wood fuel supply chains in Sweden, *Biomass and Bioenergy*, vol. 29, nr. 6, Art. nr. 6, dec, doi: 10.1016/j.biombioe.2005.06.006.
- [48] P. Lamers și M. Junginger, 2013: The 'debt' is in the detail: A synthesis of recent temporal forest carbon analyses on woody biomass for energy, *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, vol. 7, nr. 4, pp. 373-385.
- [49] A. Singh, 2019: An overview of drainage and salinization problems of irrigated lands, *Irrigation and Drainage*, vol. 68, nr. 3, pp. 551-558.
- [50] B. A. Shindler, M. Brunson, G. H. Stankey, 2002: Social acceptability of forest conditions and management practices: A problem analysis, *USDA Forest Service - General Technical Report PNW*, nr. 537, Art. nr. 537, 2002.
- [51] B. Shindler, W. Brunson, Mark, A. C. Kristin, 2004: Social Acceptability in Forest and Range Management, în *Society and Natural Resources: A Summary of Knowledge*, M. Manfredo, J. Vaske, B. Bruyere, D. Field, și P. Browns, Ed., 2004, pp. 1-18.
- [52] D. E. Rothstein, 2005: Nitrogen management in a Fraser fir (*Abies fraseri* [Pursh] Poir.) Christmas tree plantation: effects of fertilization on tree performance and nitrogen leaching, *Forest Science*, vol. 51, nr. 2, pp. 175-184.
- [53] L. E. Hinesley, L. K. Snelling, C. R. Campbell, D. Roten, J. Hartzog, 2000: Nitrogen increases fresh weight and retail value of fraser fir Christmas trees, *HortScience*, vol. 35, nr. 5, pp. 860-862.