

BIOMASA
SURSĂ ALTERNATIVĂ DE ENERGIE

**Lucrarea a fost realizată cu suportul financiar din Proiectul
„*OPTimization of BIOMass and Approach to Water conservation*”
(„OptiBioma-W”), Contract nr. 45/2012.**

Gheorghe Valentin ROMAN
(coordonator)

Viorel ION Lenuța Iuliana EPURE Adrian Gheorghe BĂȘA

BIOMASA
SURSĂ ALTERNATIVĂ DE ENERGIE



EDITURA UNIVERSITARĂ
București, 2016

Referent științific: Profesor univ. dr. Mihail AXINTE
Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară
„Ion Ionescu de la Brad” din Iași

Redactor: Gheorghe Iovan
Tehnoredactor: Ameluța Vișan
Coperta: Monica Balaban

Editură recunoscută de Consiliul Național al Cercetării Științifice (C.N.C.S.) și inclusă de Consiliul Național de Atestare a Titlurilor, Diplomelor și Certificatelor Universitare (C.N.A.T.D.C.U.) în categoria editurilor de prestigiu recunoscut.

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
ROMAN, GHEORGHE VALENTIN

BIOMASA. Sursă alternativă de energie / Gheorghe Valentin ROMAN (coord.),
Viorel ION, Lenuța Iuliana EPURE, Adrian Gheorghe BĂȘA. -
București : Editura Universitară, 2016
Conține bibliografie
ISBN 978-606-28-0506-7

I. ION, Viorel
II. EPURE, Lenuța Iuliana
III. BĂȘA, Adrian Gheorghe

620.97

DOI: (Digital Object Identifier): 10.5682/9786062805067

© Toate drepturile asupra acestei lucrări sunt rezervate, nicio parte din această lucrare nu poate fi copiată fără acordul Editurii Universitare

Copyright © 2016
Editura Universitară
Editor: Vasile Muscalu
B-dul. N. Bălcescu nr. 27-33, Sector 1, București
Tel.: 021 – 315.32.47 / 319.67.27
www.editurauniversitara.ro
e-mail: redactia@editurauniversitara.ro

Distribuție: tel.: 021-315.32.47 / 319.67.27 / 0744 EDITOR / 07217 CARTE
comenzi@editurauniversitara.ro
O.P. 15, C.P. 35, București
www.editurauniversitara.ro

PREFAȚĂ

Amplizarea și diversitatea problemelor cu care se confruntă lumea contemporană, între care pot fi menționate creșterile demografice și problemele alimentației, îndeosebi în țările în curs de dezvoltare, artificializarea exagerată a vieții, utilizarea excesivă a resurselor naturale și degradarea acestora, consumurile energetice ridicate pentru susținerea dezvoltării economice, inclusiv a agriculturii, și poluarea mediului au declanșat reacții repetate și tot mai alarmante din partea comunității internaționale.

Problemele energetice sunt una dintre temele care ocupă un loc central între preocupările și frământările prezentului, acestea devenind importante în actualitatea discuțiilor internaționale odată cu declanșarea crizei energetice din anii '70 ai sec. XX, când, într-un interval scurt de timp, prețurile petrolului pe piața internațională au crescut foarte mult, din dorința statelor producătoare de petrol de a beneficia mai mult de această resursă care în mod inevitabil se va epuiza în timp. Momentul a fost bine folosit de aceste state, dar acțiunea a declanșat o criză economică la nivel global, a creat neliniște și incertitudine și a arătat cât de dependente sunt economiile naționale de sursele de combustibili fosili și cât de vulnerabile sunt sub aspect energetic.

Reacția statelor dependente de combustibili fosili a fost destul de rapidă, au fost demarate cercetări și au fost finanțate inițiative pentru găsirea altor resurse de energie, fie identificarea altor surse de combustibili fosili - petrol și gaze naturale, fie studierea și dezvoltarea unor surse regenerabile de energie, a căror exploatare fusese considerată până atunci nerentabilă.

Progresele au fost spectaculoase. De exemplu, zăcămintele de petrol și gaze naturale din Marea Nordului au asigurat prosperitatea pentru țări cum este Norvegia. Dar, ne gândim mai ales la progresele spectaculoase înregistrate de utilizarea energiei solare și a vântului, a celei geotermale, a biomasei și a altor surse neconvenționale de energie.

Utilizarea energetică a biomasei are particularități distincte, deoarece biomasa este, prin tradiție, o sursă importantă de energie. Lemnul de foc, resturile vegetale și deșeurile organice sunt utilizate prin combustie pentru a produce energie termică și/sau electrică, sau sunt supuse proceselor de fermentare. Începând din anii de criză, utilizările energetice ale biomasei s-au amplificat și diversificat, pe de o parte prin atragerea în circuitul energetic a noi resurse și sporirea conținutului energetic al acestora, dar și prin perfecționarea instalațiilor de ardere, dezvoltarea unor tehnologii tot mai perfecționate de producere a unor biocarburanți cu mare eficiență energetică și mai ușor de utilizat. Au fost dezvoltate procedee de gazificare, piroliză, fermentare aerobă pentru obținerea de bioetanol și fermentare anaerobă pentru obținerea de biogaz, au fost dezvoltate tehnologii pentru extragerea și procesarea grăsimilor vegetale sau animale, în biocombustibili de tip biodiesel, iar industriile producătoare de mașini au dezvoltat echipamente de producere a biocombustibililor și mașini pentru utilizarea acestora.

În acest context se înscriu preocupările Colectivului de Fitotehnie de la Facultatea de Agricultură din București care a fost implicat în activitatea de cercetare-dezvoltare în acest domeniu începând cu anul 1981, când a fost angrenat în cercetările din cadrul Programului: „*Producerea de biomasă vegetală (fitomasă) utilizabilă în scopul obținerii de energie și de substanțe chimizabile*” (1981-1990, în colaborare cu Institutul de Cercetări pentru Cereale și Plante Tehnice Fundulea). În cursul acestei colaborări au fost efectuate cercetări în câmpurile experimentale de la Săftica, Moara Domnească, Slobozia Moară și în laboratorul de fitotehnie din cadrul facultății, la culturile de sorg zaharat, topinambur, porumb, sorg pentru boabe, floarea-soarelui, cartof, sfeclă de zahăr, iarbă de Sudan și hibridul sorg x Iarbă de Sudan, precum și la un sortiment de specii vegetale cu mare capacitate de producere a biomasei și de reală perspectivă pentru extinderea cultivării în scop energetic.

După anul 1990, preocupările colectivului în acest domeniu au continuat în cadrul unor proiecte cu finanțare internă și internațională. În acest sens, începând cu anul 1994, colectivul a fost inclus în echipe de cercetare la nivel european, prin participare la: Programul CEE-PECO-JOU2, proiectele „*Lessons of Denmark and Austria on the Energy Valorisation of Biomass*” („*Exemplele Danemarcei și Austriei privind valorificarea energetică a biomasei*”; 1993-1996), coordonat de Profesorul Spyros Kyritsis, de la Universitatea Agricolă din Atena, Grecia și „*Bioethanol production from Sweet-Sorghum*” („*Producerea de bioetanol din sorgul zaharat*”; 1993-1996), coordonat de Profesorul David O.Hall, de la King's College London, Marea Britanie; Programul CEE-RENA-ASAS, proiectul „*Study of a RE energy concept for towns in Eastern Europe taking into account the surrounding regions with high biomass potential*” („*Studiu asupra unui concept privind energiile regenerabile pentru orașele din Europa de Est luând în considerație regiunile învecinate cu potențial ridicat de biomasă*”; 1995-1996), coordonat de Profesorul Spyros Kyritsis; Programul CEE-INCO-FAIR, proiectul „*EC Biomass for Energy Strategy for Central and Eastern European Countries*” („*Strategia pentru Biomasă energetică a Comunității Europene pentru țările din Europa Centrală și de Est*”; 1997-1999), coordonat de Dr. Alec Hollingdale, de la Natural Resources Institute, University of Greenwich, Marea Britanie; Programul UE-FP5-TRAM, proiectul „*Clear Data for Clean Fuels*” („*VIEWLS*”) („*Date clare pentru combustibili curați*”; 2003-2005), coordonat de Eric van den Heuvel, Netherlands Agency for Sustainability and Innovation, Olanda.

Aceste colaborări au prilejuit informarea științifică la zi, contactul cu tematica de cercetare-dezvoltare care preocupă mediile academice și economice la nivel european și mondial, au asigurat colaborări, contacte și discuții cu colective de cercetare-dezvoltare performante, de mare prestigiu, din: Franța (INRA Grignon), Marea Britanie (King's College London; Natural Resources Institut, University of Greenwich); Grecia (Universitatea Agricolă din Atena; Universitatea Națională Tehnică din Atena); Olanda (Netherlands Agency for Sustainability and Innovation; University of Utrecht); Slovenia (Universitatea din Maribor) ș.a.

Preocupările privind biomasa energetică au continuat, s-au diversificat și au căpătat amploare în cadrul Proiectului „*OPTimization of BIOMass and Approach to Water conservation*” („OptiBioma-W”) (Contract nr. 45/2012), coordonat de Prof.dr.Viorel Ion, Colectivul de Fitotehnie din Facultatea de Agricultură București, care a abordat o tematică foarte diversă referitoare la tehnologiile de cultivare și productivitatea speciilor de interes sub aspect energetic pentru condițiile din România.

Autorii lucrării au fost angrenați la aceste cercetări, unii încă din anul 1981, alții au fost incluși în echipa de cercetare pe parcursul deceniilor care au urmat. Au fost elaborate lucrări de doctorat, proiecte de diplomă și lucrări de disertație, conținând datele obținute, rezultatele experimentale au fost comunicate la manifestări științifice din țară și din străinătate și au fost incluse în strategiile privind rezolvarea problemelor energetice la nivelul Uniunii Europene.

Lucrarea este redactată în cea mai mare măsură, pe baza rezultatelor experimentale proprii. Pe lângă datele obținute în experimentările în câmp și laborator, prezentate și comentate în detaliu, cu privire la speciile agricole ce prezintă interes în climatul temperat, au fost incluse informații și comentarii asupra unor culturi energetice de interes pentru alte zone climatice; totodată, au fost dezvoltate capitole asupra altor surse de biomasă energetică, cum sunt reziduurile agricole, biomasa forestieră, deșeuri municipale, menajere și industriale.

Rezultatele cercetărilor proprii și comentariile referitoare la sursele de biomasă energetică au fost încadrate în problematica mai largă referitoare la problemele energetice la nivel național, continental și global, biomasa, formarea acesteia și productivitatea diferitelor ecosisteme, tehnologiile de conversie a biomasei în energie și lucrarea se încheie cu comentarii asupra unor aspecte de mediu, economice, sociale și legislative în legătură cu utilizarea energetică a biomasei.

Autorii

CUPRINS

| | |
|---|----|
| PREFAȚĂ | 5 |
| INTRODUCERE | 15 |
| 1. Aspecte generale | 15 |
| 2. Provocări cu care se confruntă societatea umană | 17 |
| 2.1. Problemele demografice și asigurarea hranei | 17 |
| 2.2. Poluarea și schimbările climatice | 20 |
| 2.3. Preocupări pentru o dezvoltare durabilă | 21 |
| CAPITOLUL 1. ENERGIA, AGRICULTURA ȘI MEDIUL NATURAL . | 24 |
| 1.1. Fluxurile de energie în sistemele alimentare | 24 |
| 1.1.1. Fluxul de energie în societățile de vânzători-culegători | 24 |
| 1.1.2. Fluxul de energie în producția agricolă bazată pe puterea umană | 26 |
| 1.1.3. Fluxul de energie în producția agricolă bazată parțial pe puterea animalelor | 26 |
| 1.1.4. Fluxul de energie în producția agricolă mecanizată | 27 |
| 1.2. Sursele de energie | 29 |
| 1.2.1. Aspecte generale | 29 |
| 1.2.2. Sursele convenționale de energie | 29 |
| 1.2.2.1. <i>Caracteristicile surselor convenționale de energie</i> | 29 |
| 1.2.2.2. <i>Cărbunele</i> | 31 |
| 1.2.2.3. <i>Petrolul</i> | 32 |
| 1.2.2.4. <i>Gazul natural</i> | 32 |
| 1.2.2.5. <i>Producția de energie primară a României în context European</i> | 33 |
| 1.2.3. Sursele regenerabile de energie | 36 |
| 1.2.3.1. <i>Energia solară</i> | 36 |
| 1.2.3.2. <i>Energia apei (hidroenergia)</i> | 37 |
| 1.2.3.3. <i>Energia eoliană</i> | 39 |
| 1.2.3.4. <i>Energia geotermală</i> | 41 |
| 1.2.3.5. <i>Biomasa</i> | 42 |
| 1.2.3.6. <i>Energiile marine</i> | 44 |
| 1.2.3.7. <i>Energia nucleară</i> | 45 |
| 1.2.3.8. <i>Producția și consumul de energii regenerabile în România, în context european</i> | 46 |
| 1.3. Consumurile energetice, efectul de seră și schimbările climatice | 48 |
| 1.3.1. Despre efectul de seră | 48 |
| 1.3.2. Gazele cu efect de seră | 49 |

| | |
|---|------------|
| 1.3.3. Emisiile de gaze cu efect de seră și poluanți ai aerului din România, în context european..... | 52 |
| CAPITOLUL 2. ASPECTE GENERALE CU PRIVIRE LA BIOMASĂ.. | 55 |
| 2.1. Conceptul de biomasă..... | 55 |
| 2.2. Biomasă și ciclul carbonului..... | 57 |
| 2.3. Fotosinteza și producerea biomasei | 62 |
| 2.3.1. Aspecte generale privind fotosinteza | 62 |
| 2.3.2. Procesele fizice ale fotosintezei..... | 64 |
| 2.3.3. Factori de mediu care influențează fotosinteza..... | 65 |
| 2.3.4. Fotosinteza și acumularea biomasei | 69 |
| 2.4. Energia solară..... | 74 |
| 2.4.1. Generalități privind energia solară..... | 74 |
| 2.4.2. Interceptarea energiei solare | 79 |
| 2.5. Productivitatea ecosistemelor | 82 |
| 2.5.1. Generalități..... | 82 |
| 2.5.2. Producția de biomasă a diferitelor ecosisteme..... | 83 |
| CAPITOLUL 3. PROCEDEE DE CONVERSIE A BIOMASEI ÎN ENERGIE | 88 |
| 3.1. Generalități..... | 88 |
| 3.2. Procedee fizice de conversie..... | 90 |
| 3.2.1. Uscarea..... | 90 |
| 3.2.2. Compactarea (presarea) | 90 |
| 3.2.3. Extragerea uleiului vegetal și a altor materii cu utilizare energetică | 92 |
| 3.3. Procedee de conversie termochimică..... | 94 |
| 3.3.1. Combustia | 94 |
| 3.3.2. Gazificarea | 97 |
| 3.3.3. Piroliza | 98 |
| 3.4. Procedee biologice de conversie | 100 |
| 3.4.1. Producerea de bioetanol (fermentarea alcoolică)..... | 100 |
| 3.4.2. Producerea de biogaz (fermentarea anaerobă sau digestia)..... | 103 |
| 3.4.3. Biofotoliza..... | 107 |
| CAPITOLUL 4. CULTURI ENERGETICE | 108 |
| 4.1. Generalități..... | 108 |
| 4.2. Culturi agricole producătoare de amidon sau inulină | 111 |
| 4.2.1. Triticale (<i>Triticosecale</i> Wittm.) | 111 |
| 4.2.2. Porumbul (<i>Zea mays</i> L.) | 122 |
| 4.2.3. Sorgul (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench., sin. <i>S. vulgare</i> Pers.) ... | 139 |
| 4.2.4. Cartoful (<i>Solanum tuberosum</i> L.) | 151 |
| 4.2.5. Topinamburul (<i>Helianthus tuberosus</i> L.) | 167 |
| 4.2.6. Maniocul (<i>Manihot esculenta</i> Crantz.) | 183 |

| | |
|---|-----|
| 4.3. Culturi agricole producătoare de substanțe dulci..... | 191 |
| 4.3.1. Sfecla de zahăr (<i>Beta vulgaris</i> L., subsp. <i>vulgaris</i>)..... | 191 |
| 4.3.2. Sorgul zaharat (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench. var <i>saccharatum</i>)..... | 203 |
| 4.3.3. Trestia de zahăr (<i>Saccharum officinarum</i> L.)..... | 220 |
| 4.4. Culturi agricole producătoare de grăsimi | 228 |
| 4.4.1. Rapița (<i>Brassica napus</i> L., subsp. <i>oleifera</i> D.C..... | 228 |
| 4.4.2. Floarea-soarelui (<i>Helianthus annuus</i> L.) | 236 |
| 4.4.3. Camelina (<i>Camelina sativa</i> (L.) Crantz.)..... | 252 |
| 4.5. Culturi agricole lignocelulozice..... | 261 |
| 4.5.1. Iarba de Sudan (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench, var. <i>sudanense</i>) și Hibridul sorg x iarba de Sudan (<i>Sorghum bicolor</i> var. <i>eusorghum</i> x <i>Sorghum bicolor</i> var. <i>sudanense</i>) | 261 |
| 4.5.2. Miscanthus (<i>Miscanthus x giganteus</i>)..... | 270 |
| 4.5.3. Cardonul (<i>Cynara cardunculus</i> L.) | 279 |
| 4.5.4. Amaranthus (<i>Amaranthus</i> spp. L.)..... | 285 |
| 4.5.5. Plantații forestiere intensive | 296 |
| 4.5.5.1. <i>Salcia</i> (<i>Salix</i> spp.) | 296 |
| 4.5.5.2. <i>Plopul</i> (<i>Populus</i> spp.)..... | 305 |
| 4.6. Alte culturi energetice..... | 308 |
| 4.6.1. Speciile din genul <i>Polygonum</i> , fam. <i>Polygonaceae</i> | 308 |
| 4.6.2. <i>Silphium perforatum</i> L., fam. <i>Asteraceae</i> | 309 |
| 4.6.3. <i>Jatropha</i> (<i>Jatropha curcas</i> L.), fam. <i>Euphorbiaceae</i> | 312 |
| 4.6.4. <i>Jojoba</i> (<i>Simmondsia chinensis</i> (Link) C.K. Schneid), fam. <i>Simmondsiaceae</i> | 314 |
| 4.6.5. <i>Arundo donax</i> L., fam. <i>Poaceae</i> (<i>Gramineae</i>)..... | 315 |
| 4.6.6. Meiul perlat (<i>Pennisetum americanum</i> (L.) Leeke, sin. <i>P.glaucum</i> (L.) R.Br.), fam. <i>Poaceae</i> (<i>Gramineae</i>) | 317 |
| 4.6.7. <i>Panicum virgatum</i> L., fam. <i>Poaceae</i> (<i>Gramineae</i>)..... | 318 |
| 4.6.8. <i>Sida hermaphrodita</i> , fam. <i>Malvaceae</i> | 319 |
| 4.7. Specii vegetale acvatice | 321 |

CAPITOLUL 5. REZIDUURILE AGRICOLE ȘI UTILIZAREA LOR ENERGETICĂ.....

| | |
|---|-----|
| 5.1. Reziduurile agricole vegetale..... | 323 |
| 5.1.1. Generalități..... | 323 |
| 5.1.2. Resurse de reziduuri vegetale pe teritoriul României..... | 324 |
| 5.1.3. Reziduurile din cultura cerealelor păioase..... | 325 |
| 5.1.3.1. <i>Aspecte generale</i> | 325 |
| 5.1.3.2. <i>Producțiile de paie în România și valoarea lor energetică</i> | 329 |
| 5.1.4. Reziduurile din cultura porumbului | 334 |
| 5.1.5. Alte reziduuri agricole vegetale | 338 |
| 5.2. Reziduurile de la creșterea animalelor..... | 341 |

| | |
|---|------------|
| 5.2.1. Aspecte generale | 341 |
| 5.2.2. Potențialul energetic al reziduurilor animale | 343 |
| 5.2.3. Cantitățile de reziduuri de la creșterea animalelor în agricultura României și potențialul lor energetic | 344 |
| CAPITOLUL 6. VEGETAȚIA FORESTIERĂ ȘI PRODUCEREA ENERGIEI..... | 350 |
| 6.1. Aspecte generale | 350 |
| 6.2. Componentele biomasei speciilor forestiere și considerații asupra utilizării energetice | 352 |
| 6.2.1. Componentele biomasei forestiere..... | 352 |
| 6.2.2. Considerații asupra valorii energetice a biomasei forestiere | 354 |
| 6.3. Resursele forestiere ale României și potențialul lor energetic..... | 357 |
| 6.3.1. Resursele forestiere ale României în context european..... | 357 |
| 6.3.2. Fondul forestier | 358 |
| 6.3.3. Principalele specii forestiere din România, caracteristici și potențial energetic..... | 361 |
| 6.3.4. Evaluarea resurselor de biomasă forestieră în România și potențialul energetic..... | 363 |
| 6.3.5. Volumele de masă lemnoasă recoltate în România și destinațiile acestora..... | 366 |
| CAPITOLUL 7. DEȘEURILE ORGANICE MENAJERE, MUNICIPALE ȘI INDUSTRIALE ȘI PRODUCEREA ENERGIEI..... | 368 |
| 7.1. Generalități..... | 368 |
| 7.2. Deșeurile municipale și deșeurile menajere | 369 |
| 7.2.1. Organizarea colectării și epurării | 369 |
| 7.2.2. Clasificarea deșeurilor municipale și menajere și componența acestora..... | 370 |
| 7.2.2.1. <i>Deșeurile menajere</i> | 370 |
| 7.2.2.2. <i>Procedee de procesare și valorificare energetică a deșeurilor municipale și menajere</i> | 371 |
| 7.2.2.3. <i>Apele uzate comunale</i> | 374 |
| 7.3. Deșeurile industriale și potențialul lor energetic | 375 |
| 7.3.1. Generalități..... | 375 |
| 7.3.2. Deșeurile rezultate de la procesarea produselor agricole vegetale | 376 |
| 7.3.3. Deșeurile rezultate de la procesarea produselor agricole animale | 378 |
| 7.3.4. Deșeurile din industria celulozei și hârtiei..... | 379 |
| 7.3.5. Ape uzate industriale cu conținut de substanțe organice | 380 |
| 7.4. Resursele de deșeuri în România și potențialul energetic | 381 |
| 7.4.1. Situația deșeurilor produse în România, în context european | 381 |

| | |
|---|------------|
| 7.4.2. Organizarea procesării deșeurilor în România..... | 384 |
| 7.4.3. Evaluarea resurselor de deșeuri menajere din România și potențialul energetic..... | 385 |
| 7.4.3.1. <i>Rezultatele evaluărilor efectuate în anii 1995 – 1996...</i> | 385 |
| 7.4.3.2. <i>Rezultatele evaluărilor efectuate în anii 2005 – 2006...</i> | 387 |
| | |
| CAPITOLUL 8. ASPECTE DE MEDIU, ECONOMICE ȘI SOCIALE ÎN LEGĂTURĂ CU BIOMASA CA SURSĂ DE ENERGIE | 391 |
| 8.1. Aspecte de mediu..... | 391 |
| 8.1.1. Generalități..... | 391 |
| 8.1.2. Performanțele de mediu pentru bioetanol..... | 392 |
| 8.1.3. Performanțele de mediu pentru biodiesel | 394 |
| 8.1.4. Performanțele de mediu pentru combustia substanțelor lignocelulozice | 396 |
| 8.1.5. Performanțele de mediu pentru biogaz | 397 |
| 8.1.6. Performanțe ale culturilor energetice sub aspect ecologic | 399 |
| 8.2. Aspecte economice | 400 |
| 8.2.1. Costurile interne și externe ale biocombustibililor pentru transporturi..... | 400 |
| 8.2.2. Sistemele de producție agricolă și biomasa energetică..... | 402 |
| 8.2.3. Producția de biomasă energetică și rotația culturilor..... | 402 |
| 8.2.4. Alte aspecte economice..... | 403 |
| 8.3. Aspecte sociale..... | 404 |
| 8.3.1. Crearea și susținerea de locuri de muncă..... | 404 |
| 8.3.2. Biomasa energetică ca sursă de venituri pentru agricultori | 405 |
| 8.4. Legislația în legătură cu producerea și utilizarea energetică a biomasei | 406 |
| | |
| DILEMA „HRANĂ SAU ENERGIE” (în loc de Postfață)..... | 409 |
| | |
| BIBLIOGRAFIE..... | 412 |

INTRODUCERE

1. Aspecte generale

Criza energetică din anii '70 ai sec. XX a evidențiat în mod foarte clar legătura dintre prețurile energiei și creșterea economică, și aceasta a oferit argumente puternice pentru regândirea politicilor energetice naționale și internaționale. Sporirea utilizării la nivel național a energiei biomasei, alături de alte surse regenerabile de energie, a fost privită ca o cale de reducere a dependenței de combustibilii fosili importați, de diminuare a nesiguranței în aprovizionare și a incertitudinii date de fluctuațiile prețurilor energiei pe piața internațională.

Au urmat dezbateri ample, la nivel regional și global, au fost organizate conferințe, la care au fost încheiate acorduri și participanții și-au asumat responsabilități concrete, așa cum au fost în anul 1998, conferința internațională care s-a încheiat cu „*Protocolul de la Kyoto*” și, mai nou, documentele „*Conferinței ONU de la Paris privind schimbările climatice*”, în decembrie 2015, referitoare la dezvoltarea energiilor regenerabile și diminuarea folosirii combustibililor fosili, precum și reducerea emisiilor poluante, cu deosebire a gazelor cu efect de seră.

Sub aspect energetic, sarcina Uniunii Europene a fost de a crește ponderea surselor regenerabile de energie din consumul total de energie până la 12% în anul 2010; progrese au fost făcute în acest sens, dar acest obiectiv nu a fost atins. „*Business Action Plan*” al UE-28 a prevăzut ca utilizarea biomasei să crească la 80 Mtoe (tone echivalent petrol) în anul 2010, din care, în mod special, proporția propusă pentru biocombustibilii pentru transport (sector foarte poluant) să fie de 5,75% în anul 2010 și de 10% în anul 2020. Trebuie precizat că aceste obiective solicită creșteri ale producției de biomasă energetică în UE-28, dar o mare parte a biomasei va fi importată.

Mai târziu, utilizarea surselor regenerabile de energie și a energiei biomasei a devenit o măsură importantă în cadrul eforturilor de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră. Ca urmare, Uniunea Europeană (ca semnatară a „*Protocolului de la Kyoto*”) a decis să-și reducă emisiile de gaze cu efect de seră, în prima perioadă cu 8%, iar ceva mai târziu a fost luată decizia independentă a țărilor Uniunii Europene de a reduce emisiile lor cu cel puțin 20% până în anul 2020, comparativ cu anul de referință 1990. Mai mult decât atât, în ultimii ani, se discută că țările Uniunii Europene sunt dispuse să reducă emisiile lor de gaze cu efect de seră chiar cu până la 30% în anul 2020.

Una dintre țările care au luat foarte în serios angajamentele de la Kyoto a fost Germania, care, mai mult decât alte țări semnatară, și-a impus un obiectiv extrem de ambițios, și anume acela de a diminua emisiile de gaze cu efect de seră cu 21%. În acest scop, susținătorii energiei verzi din Germania au beneficiat de o asistență financiară masivă pentru activitățile de cercetare-dezvoltare, însoțită de o serie de măsuri financiare, suport și garanții de stat, credite pentru investiții, programe

regionale și locale specifice. Au fost demarate acțiuni de valorificare a unor noi resurse regenerabile de energie, foarte variate, așa cum este energia eoliană, pe apă și pe pământ, sau energiile fotovoltaică, solară și geotermală, energia biomasei și a deșeurilor municipale.

Aspectele ecologice pe care le prezintă noua politică energetică mondială își au originea în faptul că, cea mai importantă parte a noxelor emise anual în atmosferă de activitățile umane este datorată combustibililor fosili (estimate să ajungă la peste 22,5 miliarde tone de CO₂/an la nivel mondial) și deci, implicit, consumului de energie.

Prin comparație, tehnologiile energetice bazate pe resurse regenerabile produc mai puține deșeuri sau substanțe cu efect poluant care să contribuie la ploile acide sau la ceața („smogul”) urban sau să determine problemele de sănătate; totodată, acestea nu necesită costuri suplimentare pentru reducerea poluării sau pentru depozitarea și neutralizarea deșeurilor. Operatorii sistemelor energetice bazate pe resurse regenerabile nu trebuie să fie atât de preocupați de posibilele schimbări climatice la nivel global generate de CO₂ și de alte substanțe poluante emise în exces de sistemele lor. Sistemele energetice solar, eolian, hidro, geotermal sau cel bazat pe biomasă, nu generează CO₂ în atmosferă; mai mult decât atât, biomasa absoarbe CO₂ din atmosferă atunci când se regenerează și din acest motiv, întregul proces de producere a biomasei, utilizare și refacere a acesteia conduce la emisii globale de CO₂ apropiate de zero. Protecția mediului și necesitatea de a asigura o „dezvoltare durabilă” (conform „Declarației Conferinței de la Rio de Janeiro, cu privire la mediu și dezvoltare”, 1992) s-au dovedit a fi puncte de plecare pentru o reconsiderare a surselor regenerabile de energie și utilizarea acestora la scară industrială.

Aproximativ 87% din cererea mondială de energie primară comercială este, în prezent, acoperită de combustibilii fosili, iar emisiile de CO₂ pentru conversia acestora în energie reprezintă cauza principală pentru creșterea constantă a concentrației gazelor cu efect de seră în atmosferă. Utilizarea de biocombustibili proveniți din biomasă într-un ciclu închis al carbonului ca un înlocuitor pentru combustibilii fosili, este una dintre cele mai promițătoare căi pentru a stopa creșterea concentrației gazelor cu efect de seră, și în special a concentrației de CO₂; desigur, biomasa poate fi considerată un combustibil neutru sub aspectul bilanțului carbonului, cu condiția ca producerea de biomasă și utilizarea acesteia să fie făcute într-un mod durabil.

Rezultă deci că preocupările legate de mediu au readus în actualitate tehnologiile energetice regenerabile pe scena mondială a energiei. Trecerea de la combustibilii fosili (solizi, lichizi sau gazoși) la tehnologii și surse regenerabile de energie are ca principal impuls reducerea emisiilor de CO₂.

Trebuie menționate însă și posibilele dezavantaje ale producerii și utilizării energetice a biomasei: există unele riscuri de poluare a mediului, datorate tehnologiilor intensive de cultivare folosite pentru culturile agricole energetice; costurile tehnologiilor agricole intensive sunt relativ ridicate; costurile de procesare și conversie în biocombustibili sunt, de asemenea, ridicate; biomasa este un

produs sezonier; aceasta are o densitate energetică și fizică scăzută; adesea biomasa are o umiditate ridicată și necesită uneori uscare înainte de utilizarea energetică, ceea ce presupune consumuri energetice suplimentare; biomasa suferă o degradare destul de rapidă în timpul depozitării; de asemenea, producerea, recoltarea, transportul, stocarea, procesarea și utilizarea biomasei consumă multă energie. Aceste dezavantaje pot fi evitate în cazul în care sunt luate măsuri manageriale și sunt acordate subvenții, care trebuie să ia în considerare toți factorii implicați, inclusiv aspectele ecologice.

2. Provocări cu care se confruntă societatea umană

2.1. Problemele demografice și asigurarea hranei

„Creșterea populației este probabil variabila cea mai importantă în ecuația securității alimentare mondiale” a afirmat G. Dresrüsse (în *„Food Security and Innovation. Successes and Lessons learned”*, F. Heidhues și A. Fadini, 1996) (fig.1). În fiecare an, populația lumii crește cu o cifră echivalentă cu întreaga populație a Germaniei (90 mil. persoane), din care 84 mil. persoane se nasc în țările în curs de dezvoltare. „Aceasta înseamnă mai mult de 10.000 persoane în fiecare oră, egal de pildă cu numărul de studenți care urmează cursurile unei universități de dimensiuni medii din Germania”.

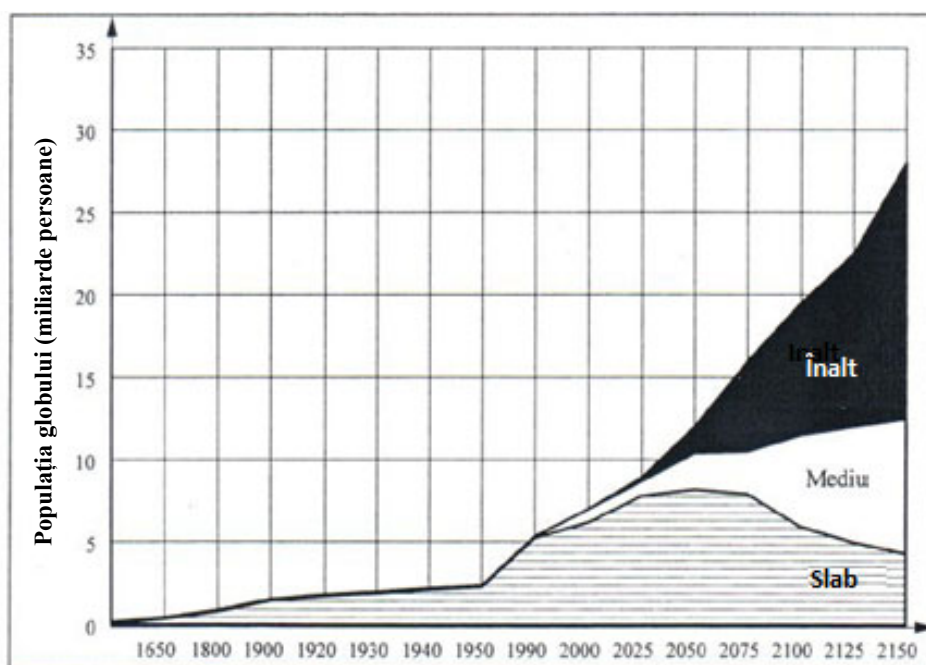


Figura 1. Creșterea populației globului în ultimii 500 de ani
(după G. Dresrüsse, citat de F. Heidhues, A. Fadini, 1996)

Populația umană s-a dezvoltat într-un ritm foarte accelerat în ultimii 2000 de ani, și îndeosebi în ultima sută de ani. Astfel, în octombrie 2011 populația mondială a depășit 7 miliarde și se estimează că va crește la peste 9 miliarde în anul 2050. În această perspectivă, în prezent există temeri foarte serioase asupra capacității de a produce suficientă hrană pentru populația umană, în creștere rapidă. De exemplu, încă din anul 1999 Organizația Mondială a Sănătății aprecia că 1,2 miliarde oameni sufereau de diferite forme de subnutriție sau malnutriție; mai nou, se estimează că între 0,8 și 1,1 miliarde persoane sunt afectate de malnutriție la nivel mondial.

Tabelul 1

Prognozarea tendințelor de subnutriție și malnutriție, pe regiuni (1996-2030)

(după Raportul FAO: „Towards 2015/2030”)

| Regiunea | În % din populație | | | Milioane persoane | | |
|-------------------------------------|--------------------|------|------|-------------------|------|------|
| | 1996-1998 | 2015 | 2030 | 1996-1998 | 2015 | 2030 |
| Africa Sub-sahariană | 34 | 22 | 15 | 186 | 184 | 165 |
| Oriental Apropiat și Africa de Nord | 10 | 8 | 6 | 36 | 38 | 35 |
| America Latină și zona Caraibelor | 11 | 7 | 5 | 55 | 45 | 32 |
| China și India | 16 | 7 | 3 | 348 | 195 | 98 |
| Restul Asiei și regiunea Pacific | 19 | 10 | 5 | 166 | 114 | 70 |
| Țări în curs de dezvoltare | 18 | 10 | 6 | 791 | 576 | 400 |

În a doua jumătate a sec. XX, cu deosebire după anul 1970, producția mondială de cereale - un indicator important în evaluarea resurselor de hrană - a reușit să crească mai repede decât populația mondială, deși în ultimul timp diferența între cele două rate de creștere a început să se diminueze (H.W.Singer, 1997). Într-un interval de circa 50 de ani, între 1950 și 2000, producția totală de cereale a crescut de la circa 650 mil. t la circa 2.000 mil. t (fig. 2). În același interval, cantitatea de cereale revenind pe locuitor a crescut de la 250 kg/an la aproape 350 kg/an, pentru a începe în ultimul timp să scadă chiar sub 300 kg/an. În țările dezvoltate economic și în zonele agricole fertile, consumurile depășesc considerabil acest nivel; astfel, consumul de cereale în SUA este de circa 800 kg/locuitor/an, iar în Europa Centrală și de Est, de circa 780 kg/locuitor și an.

În același sens, Lester R.Brown a arătat că (în anul 1993, în publicația FAO „Agriculture Towards 2010”), de la un ritm anual de creștere a producției de cereale de circa 3% între anii 1950 - 1984, acesta a scăzut sub 1%. În plus, a mai arătat că ar fi necesar de a menține un ritm de creștere de 2% a producției de cereale în timpul primului deceniu al sec. XXI.

Excepții de la aceste creșteri globale ale producțiilor de cereale au fost observate în Africa Sub-sahariană, unde producția a scăzut de la 135 kg/locuitor în 1970 la 114 kg/locuitor în 1980 și 112 kg/locuitor în 1990. În același sens, în America Latină și zona Caraibelor, producția de cereale pe locuitor a scăzut în intervalul 1980 - 1990 sub nivelul din 1960.

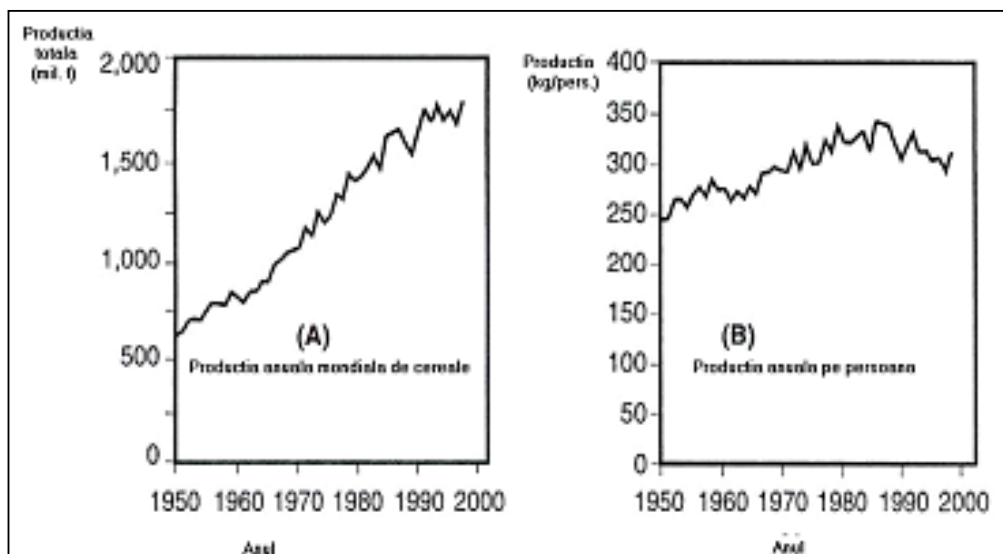


Figura 2. Evoluția producțiilor de cereale, total (a) și pe cap de locuitor (b)

În consecință, țările în curs de dezvoltare au devenit, în general, tot mai mult dependente de importuri pentru a-și asigura hrana. Este un proces și o realitate care explică multe dintre problemele cu care se confruntă societatea umană mondială, în ansamblul ei: *asigurarea hranei la nivel global și zonal; poluarea și schimbările climatice; inegalitatea în distribuirea resurselor; conflictele determinate de lupta pentru resurse, îndeosebi energie; situațiile conflictuale din diferite zone ale globului, mai ales în țări în curs de dezvoltare; emigrația spre zonele mai dezvoltate și, ca o consecință, tendințele anti-imigrație care se exprimă tot mai evident în Europa și America de Nord.*

Unii specialiști în probleme demografice consideră că a fost atinsă capacitatea globului terestru de a produce hrană pentru populație. Alții, evaluând resursele globale și progresele realizate de tehnologiile agricole, apreciază că există încă rezerve importante pentru îmbunătățirea recoltelor agricole, pentru susținerea creșterii demografice.

Pe de altă parte, există păreri autorizate care afirmă că, dacă ar fi posibilă o distribuire uniformă pe tot globul a hranei produse în prezent, ar fi asigurat necesarul de calorii pentru întreaga populație a planetei.

În ciuda progreselor obținute în a doua jumătate a sec. XX, sub aspectul productivității în agricultură și al creșterii economice, care au avut ca rezultat rezolvarea problemei securității alimentare pentru multe zone ale lumii, alte regiuni continuă să aibă probleme grave în legătura cu asigurarea hranei. Criza economică cu care se confruntă omenirea, începând din anii 2008 și 2009, a accentuat aceste aspecte negative, care tind să se agraveze. Iar problema hranei se află în strânsă legătură cu problema consumurilor energetice, solicită consumuri energetice mari

pentru a asigura eficiența activităților agricole, ceea ce conduce la unele consecințe accentuate negative asupra mediului.

2.2. Poluarea și schimbările climatice

Prin arderea combustibililor fosili și distrugerea pădurilor pentru a transforma suprafețele respective în terenuri agricole și suprafețe construite, activitatea umană a cauzat concentrarea dioxidului de carbon (CO_2) în atmosferă, cu o creștere de circa 25% de la revoluția industrială și această creștere continuă (Cyntia Rosenzweig și D. Hillel, 1998). În ciuda concentrației aparente de moment (numai 0,035%, adică o treime dintr-o zecime de 1%), CO_2 joacă un rol important în inhibarea emiterii de căldură radiativă de la Pământ. Alte așa-numite „gaze cu efect de seră” (acestea includ metan, oxizi de azot și o familie de gaze sintetice - clorofluorocarbon - care a apărut în atmosferă în ultimii 50 de ani), sunt prezente chiar în concentrații mici, contribuie în mod similar și tind să rețină căldură, care în mod normal este radiată în spațiu.

Dacă acumularea gazelor cu efect de seră în atmosferă va continua fără limită, o consecință obligatorie este, mai devreme sau mai târziu, încălzirea suprafeței Pământului. O asemenea tendință de încălzire poate afecta caracteristicile regionale ale precipitațiilor și evaporăției, procesele biologice ale fotosintezei și respirației, și chiar întregul regim termic și hidric care guvernează atât ecosistemele naturale cât și cele agricole.

S-a precizat că a furniza suficientă hrană pentru populația lumii a devenit mai dificil deoarece numărul locuitorilor a crescut și resursele de teren, apă și vegetație s-au degradat progresiv din cauza suprautilizării prelungite. Există în prezent însă îngrijorarea că dificultatea se va agrava în viitor prin procesul de încălzire globală, cu potențialul său de a afecta regimurile climatice ale unor regiuni întregi.

Variabilele climatice pot avea un impact semnificativ asupra producției agricole, deoarece căldura, lumina și apa sunt factori biofizici majori ai creșterii culturilor agricole. Un exemplu este, în România ultimelor decenii, succesiunea de 3 ani secetoși în intervalul 2001 - 2003 și anul secetos 2007, în care seceta a fost însoțită de temperaturi mai ridicate decât cele normale, care au afectat grav nivelul producțiilor agricole, iar țara noastră, din exportator a devenit importator de cereale pentru a-și acoperi consumul intern.

Pe de altă parte, în condițiile sporirii efectului de seră, sezoanele de creștere mai calde și mai lungi, în regiunile în care recoltele agricole sunt de obicei limitate din cauza condițiilor naturale, pot beneficia de o productivitate mai mare. Dacă acumularea dioxidului de carbon atmosferic se va produce fără modificări concomitente ale regimurilor de temperaturi și precipitații (ceea ce este discutabil), aceasta ar putea, din contră, să fie benefică pentru producția agricolă, deoarece CO_2 este un element esențial pentru procesul fundamental al fotosintezei.