

Cursul 12

Biocombustibili. Impactul producerii de biocombustibili asupra solului. Dezechilibre produse de subprodusele rezultate la fabricarea biocombustibililor. Creșterea emisiilor de gaze cu efect de sera din sol datorită extinderii producției de biocombustibili. Sisteme integrate de producere de biocombustibili, refacerea solurilor și reducerea emisiilor de gaze cu efect de sera din sol

Biocombustibilii sunt combustibili pentru transport sub formă lichidă sau gazoasă, produși din biomasă. Biomasa este partea biodegradabilă din produse, deșeuri și reziduuri din agricultură (inclusiv substanțe vegetale și animale), sectorul forestier și industria aferentă și parte din deșeurile industriale și municipale;

Conform reglementarilor existente numai produsele prezentate mai jos pot fi considerate ca biocombustibili:

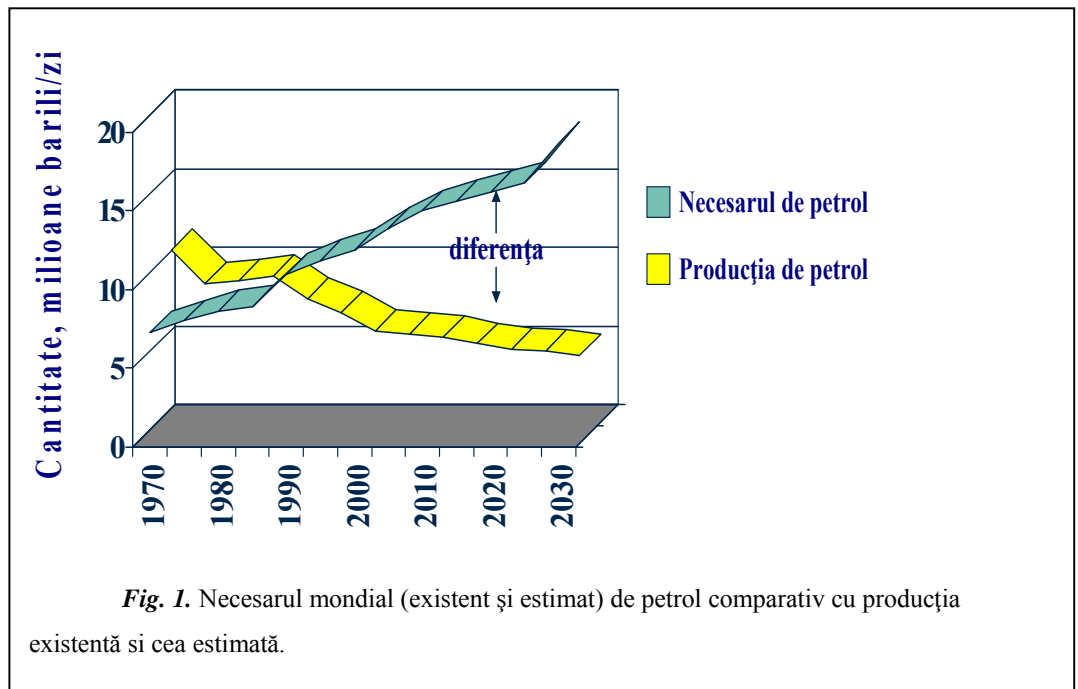
- (a) "bioetanolul": etanol produs prin fermentație din biomasă și/sau din partea biodegradabilă a deșeurilor;
- (b) "biodiesel": un metil-ester produs prin transesterificare din ulei vegetal sau animal, de calitate dieselului;
- (c) "biogaz": un combustibil gazos rezultat din biomasă și/sau din partea biodegradabilă a deșeurilor care poate fi purificat la calitatea gazului (natural) pur,
- (d) "biometanol": metanol produs prin fermentație din biomasă și/sau din partea biodegradabilă a deșeurilor;
- (e) "biodimetiler": dimetilester produs din biomasă,
- (f) "bio-ETBE (etil-terțio-butil-ester)": ETBE este produs pe bază de bioetanol. Procentul în volum de bio-ETBE socotit ca biocombustibil este de 47%;
- (g) "bio-MTBE (metil-terțio-butil-eter)": un combustibil pe bază de biometanol. Procentul în volum de bio-MTBE socotit ca biocombustibil este de 36%;
- (h) "biocombustibilii sintetici": hidrocarburi sintetice sau amestecuri de hidrocarburi sintetice care au fost produse din biomasă;
- (i) "biohidrogen": hidrogen extras din biomasă și/sau din partea biodegradabilă a deșeurilor, pentru a fi folosit ca biocombustibil
- (j) "ulei vegetal crud"; ulei vegetal produs din culturile oleaginoase, prin presare, extracție sau proceduri comparabile, brut sau rafinat, dar nemodificat chimic, atunci când este compatibil cu motoarele la care este folosit și când este conform cerințelor normelor privind noxele.

Sistemul cel mai utilizat pentru propulsarea mijloacelor de transport este motorul cu ardere internă. Motoarele cu ardere internă cu piston sunt cele mai folosite pentru mijloacele de transport terestre și utilizează în prezent drept carburant hidrocarburi petroliere. În funcție de tipul motorului carburanții sunt: benzina pentru motoarele cu aprindere prin scânteie (Otto), respectiv motorina pentru motoarele cu aprindere prin compresie (Diesel).

Un dezavantaj major al motoarelor cu ardere internă este dependența acestora de resursele limitate de hidrocarburi. Studiile efectuate în acest domeniu au demonstrat că, o dată cu dezvoltarea transportului auto bazat pe motoarele cu ardere internă, a crescut și necesitatea producerii unei cantități mai mari de carburanți din hidrocarburi. Din păcate resursele de petrol, pe care se bazează obținerea carburanților auto, sunt limitate. O comparație între necesarul de produse petroliere și producția acestora pentru următorii ani este prezentată în figura 1. Dacă producția de carburanți petrolieri prezintă o pantă descendentă de-a lungul timpului, nu același lucru se observă la necesarul de petrol, care crește odată cu dezvoltarea permanentă a societății. Diferența dintre cererea de petrol dictată de dezvoltarea, în principal, a transporturilor auto, și disponibilul împușinat datorită declinului producției trebuie acoperită din alte surse, iar biocombustibilii reprezintă una din aceste surse. Principalul avantaj al biocombustibililor este compatibilitatea lor cu soluțiile tehnice larg utilizate actual și cu infrastructura existentă (de fabricare, transport și distribuție).

Biocombustibili sunt de asemenea neutri din punct de vedere al efectului de seră. Se spune despre un combustibil că este neutru atunci când nu se produce un surplus de CO₂ în atmosfera prin arderea lui. Biocombustibilii sunt neutri pentru că la arderea lor se eliberează în atmosfera cantitatea echivalentă de bioxid de carbon care a fost fixată fotosintetic de plante când s-a produs materia primă vegetală din care s-au obținut biocombustibilii.

Extinderea producerii și utilizării biocombustibililor nu se datorează numai aspectelor legate de reducerea efectului artificial de seră. Există și aspecte ale producerii și utilizării biocombustibililor care sunt mai puțin evidente la o analiză superficială. Prețul petrolului, excedentele agricole, volatilitatea zonei Orientului Mijlociu (principal zona exportatoare de petrol), atitudinea Rusiei (principalul furnizor de gaze naturale) și dependența (de risipă) de energie au determinat guvernele europene (și ale celorlalte state industrializate) să stimuleze producerea și utilizarea de biocombustibili.



Principali biocombustibili care sunt larg utilizați în prezent sunt uleiul crud (pentru motoarele diesel neperfecționate, de pe autocamioane și tractoare); biodieselul (pentru motoarele diesel cu rampă comună sau cu pompă duză); bioetanolul (pentru motoare Otto sau pentru amestecul cu motorină sub formă de E-diesel); biometanolul (pentru motoare Otto și pentru producerea de biodiesel).

În fig. 2 este prezentată diagrama obținerii acestor biocombustibili.

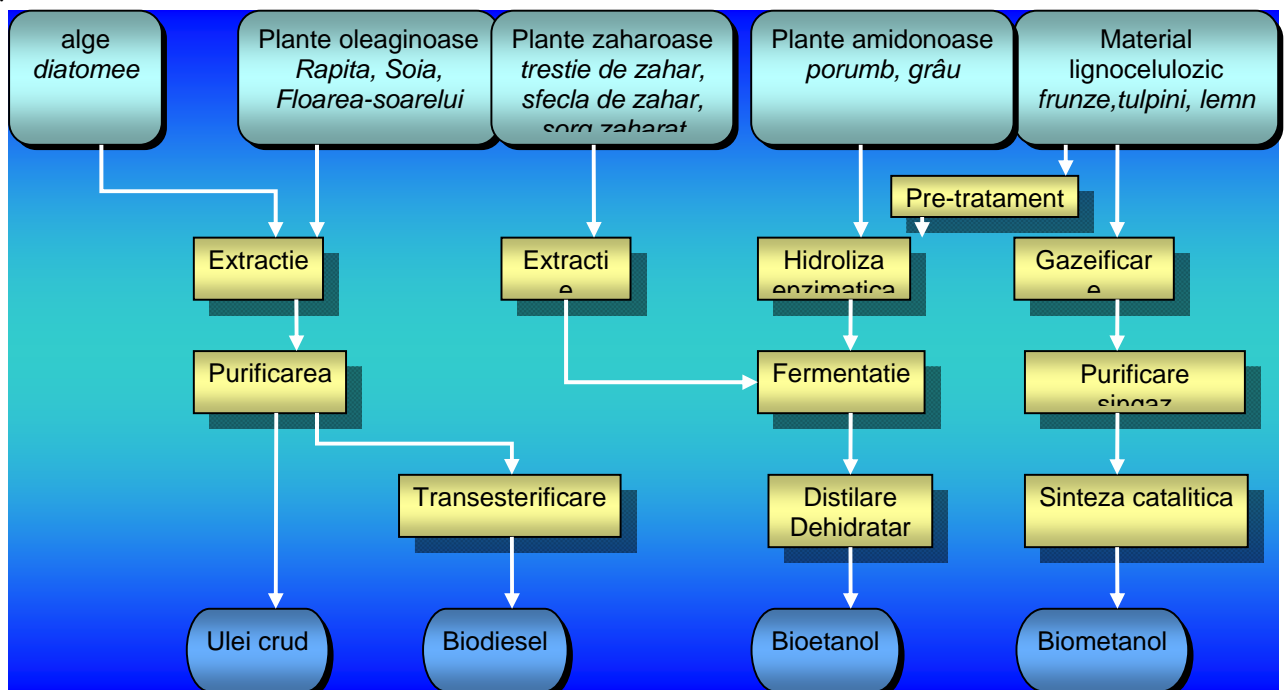
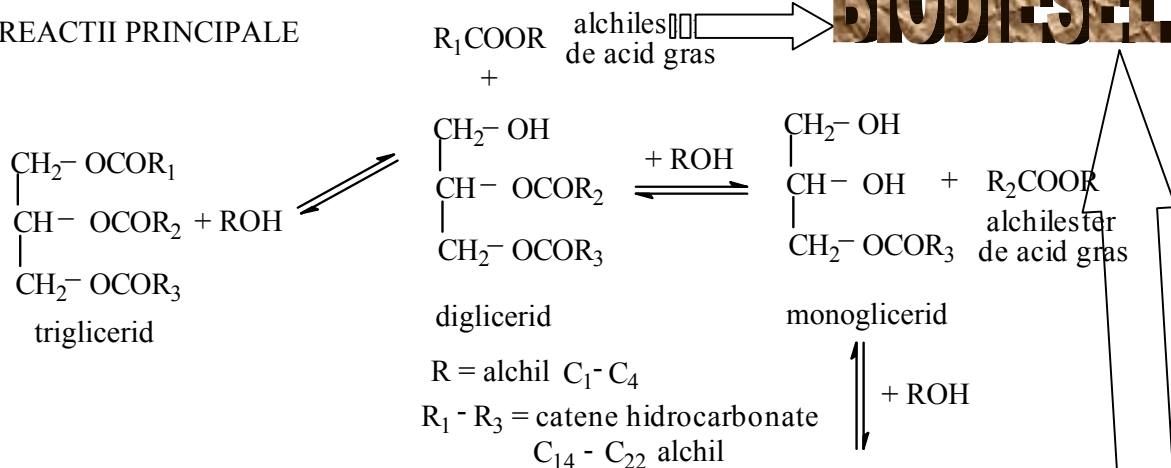


Fig.2. Diagrama obținerii principalilor biocombustibili.

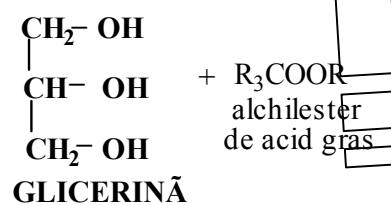
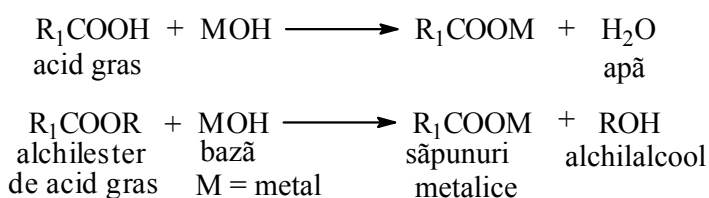
Biodieselul este un amestec de esteri metilici ai uleiurilor vegetale, care se obține printr-o serie de reacții de transesterificare. În general esterii acizilor grași se pot obține prin tehnologii de derivatizare chimică (esterificarea directă a acizilor grași rezultați ca subproduse la fabricarea săpunurilor sau rafinarea uleiurilor vegetale brute) sau prin semisinteză (prin alcooliza trigliceridelor naturale prezente în uleiuri vegetale și grăsimi animale). În cazul utilizării tehnologiilor de semisinteză, esterii acizilor grași se pot obține printr-un proces necostisitor și eficient din gliceride cu conținut mare de acizi grași. Sinteza acestora implică reacția de trans-esterificare a trigliceridelor conținute în surse de origine animală sau vegetală cu alcooli C₁-C₄, obținându-se alchilesteri C₁-C₄ și glicerină brută ca subprodus. Reacțiile de alcooliza (metanoliza) a trigliceridelor pentru producerea de biodiesel sunt prezentate mai jos.

ALCOOLIZA TRIGLICERIDELOR

A) REACTII PRINCIPALE



B) REACTII SECUNDARE



BIODIESEL

În reacția de transesterificare de mai sus se pot utiliza o mare varietate de catalizatori cum ar fi: catalizatori acizi, enzime, săruri metalice sau catalizatori alcalini. Se preferă catalizatorii alcalini ca hidroxizii de sodiu sau de potasiu sau alcoxizi, datorită faptului că sunt eficienți, se separă ușor din produsul de reacție și sunt compatibili cu sistemele tehnologice convenționale.

Glicerina brută rezultată din procesul de transesterificare se poate acidula, degresa și usca parțial sau complet. Calitatea glicerinei se poate îmbunătăți prin distilare cu vapori, distilare la vid, decolorare pe cărbune etc. Procedeele sunt însă costisitoare și energofage (din apele glicerinoase se elimină apa prin fierbere). Producerea de glicerină la fabricarea biodieselului a dezechilibrat deja piața de glicerol datorită excedentului introdus pe piață. Sunt necesare noi utilizări pentru glicerină pentru a limita efectele dezechilibrului produs pe piață datorită producerii de biodiesel.

Cercetările privind obținerea combustibilului biodiesel s-au axat în principal pe transesterificare grăsimilor cu metanol, utilizarea etanolului pentru producerea de biodiesel prin transesterificare fiind puțin studiată. Din punct de vedere al normelor de securitate a muncii și pentru mediu etanolul este mult mai convenabil decât metanolul. Metanolul este foarte toxic, nu produce scânteie vizibilă atunci când arde, este 100% miscibil cu apa și penetrează pielea cu ușurință, generând probleme grave pentru organisme și mediu.

Etanolul prezintă în plus avantajul că se poate utiliza pentru a produce prin transesterificare un biodiesel prin utilizarea exclusivă a resurselor naturale regenerabile și a tehnologiilor biochimice.

Bioetanolul se obține prin distilarea fermentatului unor zaharuri simple (glucoza, maltoza, rafinoză). Aceste zaharuri simple se obțin din:

- plante zaharifere (sfeclă-de-zahăr; trestie de zahăr; sorg-zaharat);
- plante amidonoase (porumb, grâu, cartof);
- material lignocelulozic (biomasa reziduală).

Amidonul și materialul lignocelulozic (de fapt hemiceluloze și celuloze) se transformă în zaharuri simple prin procedee de degradare (hidroliză) enzimatică (fig.3).

Soluția de zaharuri fermentescibile se tratează cu drojdie-de-bere (sau, în tehnologiile avansate cu bacterii *Zygomonas mobilis*) și se lasă la fermentat. Fermentația alcoolică durează 2-3 zile în cazul drojdiilor, câteva ore în cazul bacteriilor. Vasele în care se produce fermentația trebuie răcite, deoarece prin fermentarea fiecărui kg de zahăr fermentescibil se degajă

133 kcal. Bioxidul de carbon format in acest timp poate fi colectat în gazometre (și ar trebui colectat pentru că altfel contribuie negativ la efectul de seră).

Prin fermentația alcoolică se produce un lichid, numit plămădă, care conține până la 18 % alcool, restul fiind apă, cantitatea mici de glicerină, alcoolii propilic, butilic, amilic etc. Acest lichid este supus unei prime distilări, în urma căreia rezulta etanolul brut, de 90 % concentrație. Reziduul de la distilare se numește borhot și este folosit ca furaj, deoarece conține proteine, grăsimi etc. Alcoolul brut este supus rectificării, în coloană de rectificare, obținându-se ca produs de distilare un alcool de 95,6 %, iar ca reziduu de distilare glicerina și fuzelul, un lichid uleios, format din alcoolii superiori (propilic, butilic, amilic).

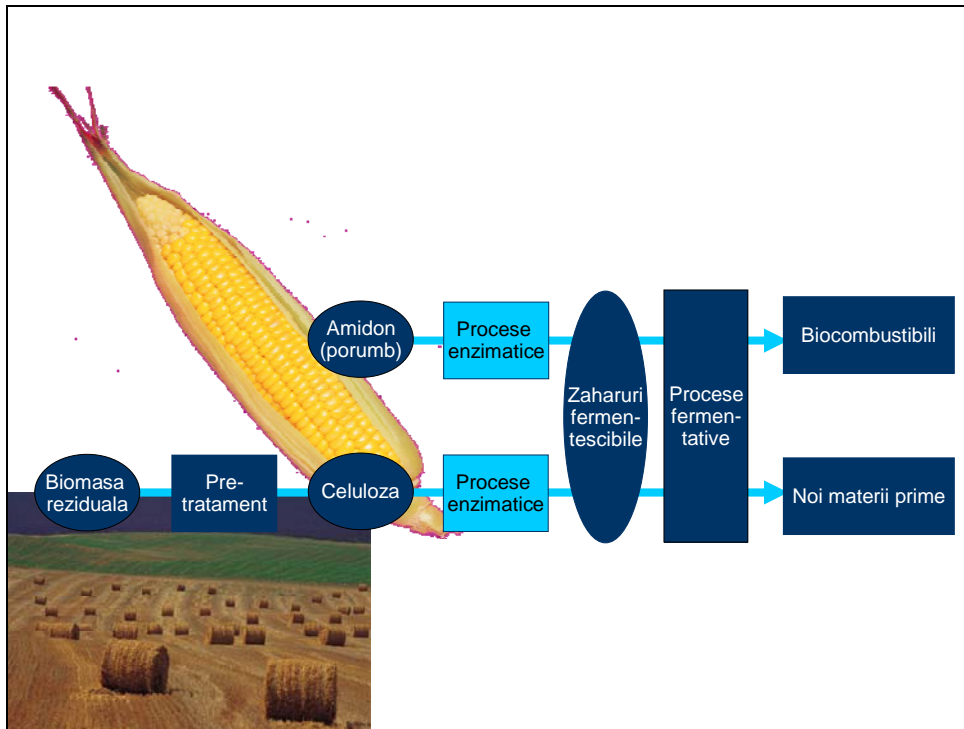


Fig. 3. Producerea de zaharuri fermentescibile și fermentarea lor prin hidroliza enzimatică.

Alcoolul de 95,6 % este un amestec azeotrop, cu punct de fierbere 78,15°C; de aceea, pentru obținerea unui alcool pur (alcool absolut, necesar pentru a fi utilizat ca bioetanol) nu se poate recurge la încă o distilare (pentru ca azeotropul distila ca o substanță pură), ci se aplică metode speciale de deshidratare (de exemplu tratarea cu substanțe care se combină cu ușurință cu apa - ca oxidul de calciu, sulfat de calciu calcinat etc.) urmată de distilare.

Producerea biocombustibililor implică un lanț întreg, care pornește cu fermierul care cultivă planta energetică și sfârșește la pompa de combustibil. În lume principalele țări producătoare de biocombustibili sunt: Brazilia (bioetanol din trestie de zahăr); SUA (bioetanol din porumb); China (bioetanol din sorg); Uniunea Europeană (biodiesel din rapiță). În fig. 4 sunt prezentate principalele zone producătoare de biocombustibili

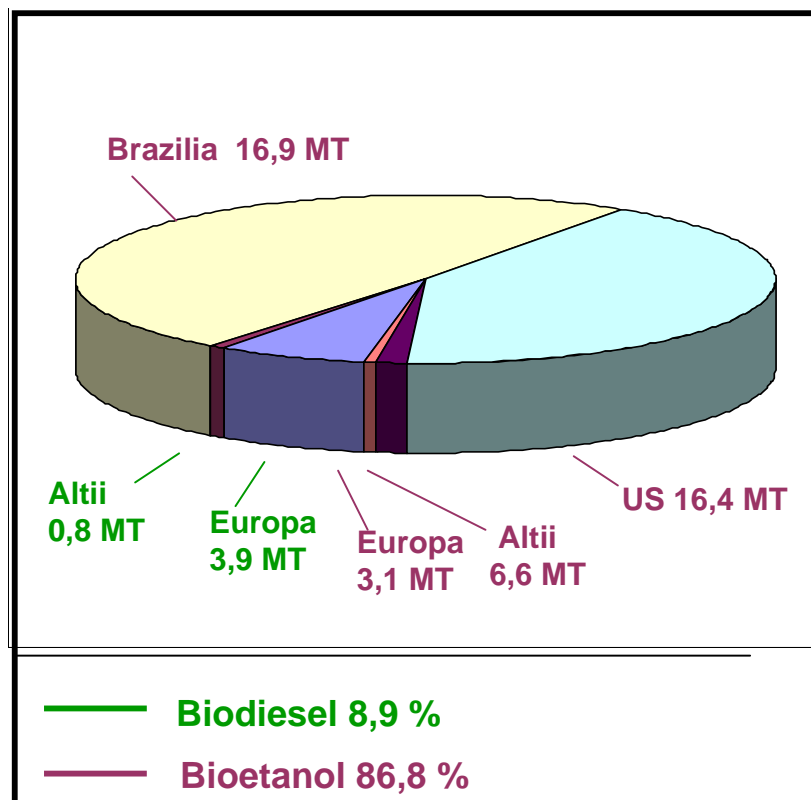


Fig. 4. Principalele țări producătoare de biocombustibili.

Principalele culturi energetice pentru România sunt rapița, floarea-soarelui (cu conținut ridicat de acid oleic), sorgul zaharat și porumbul.

Dintre plantele de cultură de mai sus condițiile cele mai favorabile le au în România floarea-soarelui (*Helianthus annuus L.*) și porumbul (*Zea mays L.*) Floarea-soarelui însă produce un ulei alimentar cu o bună acceptanță în rândul populației, iar excedentul de semințe își găsește rapid valorificarea pe piețele externe. Porumbul are de asemenea multe alte întrebuințări, iar interesul pentru producerea de bioetanol este mic atât în rândul producătorilor de combustibili cât și al agricultorilor. Considerente fiscale (nivelul ridicat de accizare al alcoolului, lipsa unor structuri eficiente de colectare a veniturilor statului) fac ca bioetanoul să nu beneficieze încă de nici un fel de facilități fiscale – ceea ce reduce din start interesul pentru acest biocombustibil.

Oricum planta cea mai convenabilă pentru producerea de bioetanol în condițiile României este sorgul zaharat. Sorgul zaharat este cultivat în ultimii 25 de ani numai experimental în România.

Sorgul zaharat este o plantă anuală asemănătoare cu porumbul, foarte rezistentă la secetă, cu un ciclu vegetativ rapid, cu exigențe mult mai reduse pentru îngrășăminte în comparație cu porumbul.

Principalele argumente în sprijinul extinderii cultivării și industrializării integrale a sorgului zaharat în România sunt:

- Eficientizarea suprafețelor extinse de teren agricol neexploatate sau ineficiente prin culturi masive de sorg și crearea de noi locuri de muncă;
- Cultivarea sorgului poate produce cantități foarte mari de biomasă (80-120 t/ha) cu conținut de 15-30% zahăr (5-7 t zahăr/ha), materie primă regenerabilă pentru industria chimică, petrochimică, agricultură, industria alimentară, farmaceutică și altele.
- Prin industrializarea totală a sorgului se pot obține: bioetanol (biocombustibil pentru mijloace de transport, utilaje agricole mobile și fixe), sirop, oțet și alcool alimentar, celuloză și hârtie, acid acetic și etilenă, fibre naturale, proteine vegetale, furaje pentru zootehnie, etc.;
- Biocarburantul produs din sorg este ecologic, contribuind la reducerea emisiilor de bioxid de carbon, principalul responsabil pentru efectul de seră suferit de atmosfera terestră în ultima perioadă de timp;

- Tehnologiile industriale pot utiliza instalații existente sau puțin adaptate din industria chimică, nu produc deșeuri toxice sau reziduuri neutilizabile.

Conform estimărilor tehnico-economice, în România s-ar putea produce bioetanol din sorg zaharat prin tehnologiile convenționale, la un preț total mai mic de 200 euro pe tonă, inclusiv taxe vamale, costul transportului, comisioane, etc., preț concurențial pe piața europeană, în cazul obținerii unei producții de circa 5 tone etanol la hectar. Împreună cu producția de ulei de rapiță, estimată la o tonă la hectar, cele două tipuri de biocombustibil completează spectrul necesarului energetic al fermelor agricole, cele două specii de plante fiind complementare în asolamentul culturilor agricole.

Reziduul sau pulpa (bagasa) rămasă după extracția sucului dulce din tulpini conține celuloză în proporție de circa 31-35% și o serie de alte glucide convertibile în bioetanol după hidroliză enzimatică cu enzime specifice (fig.3).

Bagasa de sorg se poate folosi și la obținerea de celuloză. Celuloza obținută din sorg este de calitate asemănătoare cu cea din lemnul de foioase (specii inferioare) destinate producției de celuloză. Producția de celuloză albită la hectarul de sorg zaharat este mai ieftină și de 2,5-3 ori mai mare decât cea obișnuită de pe un hectar de pădure.

Uniunea Europeană este însă o zonă cu preponderență a biodieselului. Pentru biodiesel cultura de bază este rapița. Pe plan mondial, în anul 2004, suprafața cultivată cu rapiță a fost de 27.558 mii ha, pe plan european de 857 mii ha, iar în țara noastră suprafețele cultivate cu rapiță au fost de 83 mii ha.

Producția medie de sămânță a crescut în perioada 1990-2000 de la 1368 la 1543 kg/ha pe plan mondial, de la 2779 la 2935 kg/ha în Europa și de la 916 la 1338 kg/ha în țara noastră.

Producția mondială de rapiță este în creștere, după rapoartele FAO au fost obținute 36 de milioane de tone în sezonul 2003-2004 și 46 milioane tone în 2004-2005.

Extinderea culturii de rapiță a fost determinată pe de o parte de progresele înregistrate în ameliorarea acestei specii și de avantajele economice, iar pe de alta de factorul ecologic ce limitează suprafețele cultivate cu plante oleaginoase clasice, soia și floarea soarelui, fapt ce a impus atragerea în cultură a altor specii cu conținut bogat în lipide și proteine, din cadrul cărora rapița (*Brassica napus*, var. *oleifera*) a cunoscut cea mai largă răspândire. Suprafața cultivată cu rapiță în Europa (2004) este de aprox. 4,5 milioane hectare, reprezentând un sfert din producția mondială și se estimează la 4,63 milioane hectare pentru 2005 – 2006. Deși va fi cultivată o suprafață mai mare, producția de semințe de rapiță destinată fabricării uleiului va fi mai mică datorită creșterii cererii de biodiesel.

În România rapița s-a cultivat pe suprafețe mai mari înainte de primul război mondial și între cele două războaie mondiale. Astfel, în anul 1913, ea a ocupat 80,38 mii ha, iar în anul 1930 cca. 77,32 mii ha. Cultura de rapiță prezintă următoarele particularități în România.

Zone de favorabilitate:

- zona foarte favorabilă (zff): partea de vest și de est a țării, Podișul Transilvaniei și zonele colinare adăpostite;
- zona favorabilă (zf): partea de sud a țării, în condiții de irigare.

Perioada de vegetație și de campanie:

- perioada de vegetație – 270 - 300 zile;
- perioada de semănare- 5-15 septembrie, pentru sudul țării ; 1-10 septembrie, pentru rest (pentru rapița de primăvara, semănatul se face timpuriu, în prima urgență);
- perioada recoltării – se recoltează în două moduri :a) recoltarea în două faze, tăierea plantelor în faza de coacere în pârga – lăsarea până la uscare completă- treierare cu combina , la o umiditate de 12-14%.

Evoluția suprafețelor cultivate (fig.5) rapiță denotă un interes crescut al fermierilor români pentru această cultură. Deși riscul compromiterii culturii în iernile fără zăpadă și cu geruri puternice (cum s-a întâmplat și ianuarie 2006) este foarte mare, cererea din ce în ce mai crescută a determinat creșterea suprafețelor cultivate cu rapiță în România.

Este de așteptat ca suprafețele cultivate cu rapiță să se extindă și mai mult în viitor și din această perspectivă este necesară o evaluarea corespunzătoare a impactului produs de această extindere asupra mediului în general și asupra solului, în special.

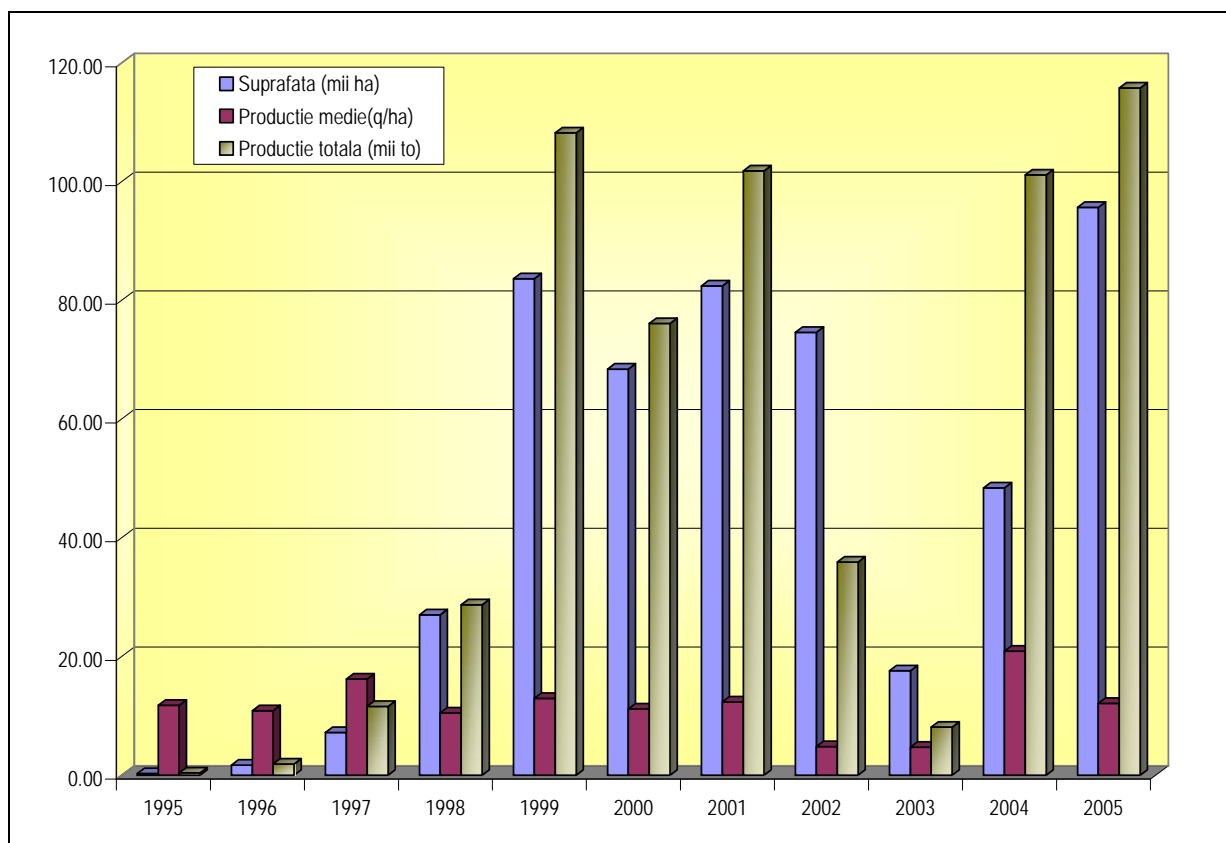


Fig.5. Dinamica suprafețelor cultivate cu rapiță în ultimii 10 ani în România.

Impactul producerii de biocombustibili asupra solului. Producerea de biocombustibili nu este o activitate care prezintă numai efecte pozitive. Un exemplu deja menționat este cel al dezechilibrării piețelor agro-alimentare și ale produselor derivate. Producerea de bioetanol din sfeclă de zahăr de către Brazilia a determinat o creștere ușoară a prețului zahărului. Mult mai grav este impactul produs de utilizarea porumbului de către SUA pentru producerea de bioetanol, impact care a dus la reducerea rezervei mondiale de cereale și la reapariția spectrului foametei.

În afara de dezechilibrarea piețelor tradiționale ale produselor agricole și a derivatelor lor, unul dintre efectele negative cele mai pregătite este asupra solului datorită:

- Posibilele practici de monocultură rezultate din cultivarea plantelor energetice, periculoase pentru viitorul utilizării terenului agricol (mai ales sub aspectul epuizării solului și al protecției plantelor);
- Poluarea rezultată din utilizarea în exces a fertilizanților și pesticidelor pentru o cultură non-alimentară, în care nu se aplică restricțiile de randament agricol și de contaminare impuse culturilor alimentare;
- Excesul de co/sub-produse care ar putea genera probleme de poluare a solului.

Evaluarea riscurilor pentru sol a diferitelor culturi energetice pentru România este prezentată în tab.1. Se remarcă faptul că porumbul este o cultură cu impact negativ asupra solului și că pentru filiera bioetanol este recomandabilă utilizarea sorgului zaharat.

Tab.1. Evaluarea riscurilor pentru sol al diferitelor culturi pentru biocombustibili.

	Alte cereale	Graminee cultivate	Trifoi, lucerna	Sorg zaharat	Grâu	Floarea soarelui	Sfecla de zahar	Cartofi	Porumb
Eroziune	A	A	A	A	A	B/C	C	C	C
Compactare sol	A	A/B	A/B	B	A	A	C	C	B
Spălarea nutrienților din ape suprafața	A	B	B	A	A	A/B	B	B	C
Levigare	A	B	B	A	A	A/B	B/C	B/C	C

nurienti acvifere									
Poluare cu pesticide	A	A	A	B/C	A	B	B	B	C
Deficit de apa în sol	A	A	A	A	B	B	B	C	A/B
Risc de incendii	---	C	---	A	---	---	---	---	---
Riscuri privind biodiversitatea	B	B/C	B	B	B/C	A/B	B	B/C	C
Riscul practicilor monoculturale	B	A	A	C	C	(B/C)	B	A/B	C

A este risc scăzut, C este risc ridicat

Dezechilibre produse de subprodusele rezultate la fabricarea biocombustibililor.

La fabricarea biocombustibililor rezultă următoarele produse secundare:

Biodiesel din rapiță:

- glicerină;
- șroturi de rapiță

Bioetanol din sorg zaharat

- bagasa de sorg (tulpini de sorg stoarse de zahăr);
- drojdie de fermentație / borhot

Bioetanol din porumb

- borhot de porumb
- drojdie de fermentație

Aplicarea Directivei 2003/30/EC (publicată în Official Journal of the European Union, L 123/42, din 17.05.2003) la nivelul României implică un necesar de circa 400.000 tone de biodiesel – necesar care generează concomitent peste 200.000 tone de glicerină și peste 500.000 tone de șroturi de rapiță. Șroturile de rapiță nu pot fi folosite în proporții mari în hrana animalelor (conțin tioglicozizi goitrogeni și urme de acid erucic cardiotoxic), iar glicerina, deși este un produs valoros, nu are utilizări care să acopere toată cantitatea (care va fi produsă).

Soluția tehnologică clasică de recuperare a glicerinei presupune distilarea apei la presiune normală, urmată de distilarea glicerinei sub vid și purificarea finală prin filtrare. Pe o instalație Crown Iron Works (recunoscută ca fiind una dintre cele mai eficiente) consumurile de abur sunt de 612 kg abur 6 bar pentru 450 kg glicerina farmaceutică și 45 kg glicerină sub-standard. Costurile energetice (la o căldură specifică de 2257kJ/kg abur și 35700 kJ/Nm³ de gaz metan) se mențin sub valoarea de 1000 lei, adică sub 2.5% din valoarea de piață a produsului. Creșterea previzibilă a costurilor energiei (practic dublarea lor) va menține costurile energetice sub valoarea de 5% din valoarea de piață, menținând procedeul viabil din punct de vedere economic. Problema nu este însă cea a costurilor energetice a recuperării glicerinei. O instalație de tipul celei menționate costă milioane de euro și este furnizată după 12-18 luni de la lansarea comenzii ferme - pentru a recupera un produs care este oricum excedentar în Uniunea Europeană!

Producerea în România a circa 500 milioane de tone de bioetanol din sorg zaharat va genera peste 1 milion tone de bagasa. Folosirea bagasei ca sursa de hrana pentru rumegătoare nu este foarte recomandată pentru ca bagasa de sorg zaharat favorizează producerea de metan (gaz cu efect de seră mai pronunțat decât bioxidul de carbon).

Sunt necesare noi abordări, care să permită noi utilizări ale acestor sub-produse rezultate de la fabricarea biodieselului.

Glicerina brută / apele glicerinoase rezultate de la fabricarea biodieselului poate intra în componența unor amelioratori de sol (împreună cu hidroxid de sodiu și acid acetic, sau catalizator și acid citric) care se aplică prin pulverizare pe soluri. Acest tip de produs ajută la dezvoltarea plantelor, reducând agresivitatea solurilor acide și stimulând dezvoltarea microorganismelor benefice (de ex. fixatori de azot). De asemenea regenerează solul, facilitează absorbția substanțelor nutritive în țesuturile plantelor și contribuie la sporirea recoltelor. Tratamentul solurilor nisipoase cu un astfel de ameliorator pe bază de glicerină brută, urmat de irigarea acestuia, permite retenția umidității timp îndelungat. Compoziția funcționează ca un tampon acido-bazic, menținând balanța pH-ului din sol. Este prevenită astfel spălarea ionilor metalici care trebuie reținuți în sol până la absorbția de către rădăcini și translocarea lor spre părțile aeriene ale plantelor..

Apele glicerinoase pot fi utilizate și ca adjuvant la aplicarea produselor agrochimice condiționate ca pulberi de prăfuit și în special a pesticidelor granulate, transformând ingredientele active solide sub formă de pulberi în particule fine, lipicioase, foarte adecvate pentru aplicări de refacere a structurii solului.

Tot ca agent antiprăfuire, pentru limitarea efectelor de dispersie pe parcursul aplicării, intră în compoziția unor fertilizanților anorganici generatori de praf (de exemplu DSF – *disintegrating sulfur fertilizer*), fără a interveni în procesul util de eliberare gradată a agentului activ (sulf, fosfat de amoniu, fosfat de calciu, nitrat de amoniu, nitrat de potasiu, clorură de potasiu, sulfați de potasiu).

Valorificarea optimă (din punct de vedere a protecției solului) a surplusului de biomasă rezultată din culturile tehnice folosite pentru producerea de biocombustibili este compostarea lor și utilizarea compostului ca ameliorator de sol.

Compostarea este definită în general ca un proces de descompunere prin oxidare biologică a constituenților organici din deșeuri, practic de orice natură, în condiții controlate. Deoarece compostarea este un proces biologic de descompunere a materiei organice, necesită condiții speciale, în particular, determinate de valori optime ale temperaturii, umiditate, aerare, pH și raport C/N, necesare asigurării unei activități biologice optime în diferitele stadii ale procesului.

Principalii produși ai procesului de compostare aerobă sunt: dioxidul de carbon, apa, diferiți ioni minerali și materie organică stabilizată, denumită humus sau compost.

Procesul decurge în două faze distincte: (1) *mineralizarea* și (2) *humificarea*. Mineralizarea este un proces foarte intens care implică degradarea substraturilor organice ușor fermentabile, cum ar fi glucide, aminoacizi, etc. Degradarea este însoțită de o intensă activitate microbiană prin care se produce căldură, dioxid de carbon și apă, ca și reziduuri organice parțial transformate și stabilizate.

Când fracția organică este consumată, unele celule se descompun prin autooxidare pentru a furniza energie celulelor rămase. În timpul primei faze a compostării este necesară furnizarea unei cantități suficiente de oxigen (5-15%) pentru a permite atât un bun start al transformării microbiene, cât și creșterea temperaturii, necesară menținerii condițiilor igienice de biodegradare a materialului organic.

Procesul de transformarea a substanțelor organice este completat în a doua fază a compostării - cea termofilă, care se desfășoară în condiții mai puțin oxidative, care permit formarea substanțelor cu caracter de humus și eliminarea compostului toxic mai dens, format eventual în prima fază. În cea de-a doua fază a compostării este preferat un proces mai puțin oxidativ pentru a evita mineralizarea excesivă a substratului organic.

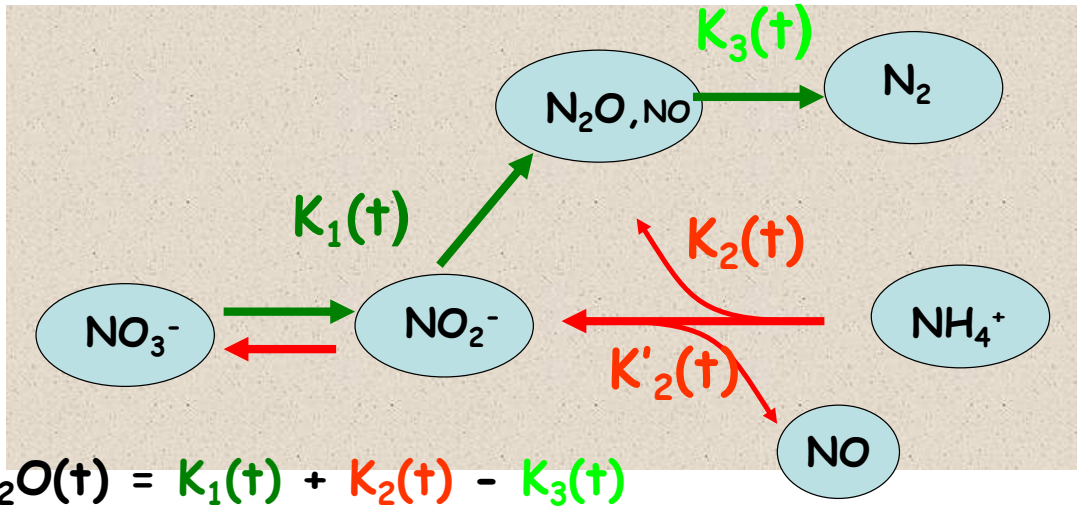
În decursul fazei de maturare, necesarul de oxigen este mai redus (5%), deoarece procesul biologic devine foarte slab și are ca efect reducerea temperaturii.

Se realizează astfel, prin procesul de compostare controlată, reciclarea materiei organice și reducerea volumului deșeurilor solide.

Creșterea emisiilor de gaze cu efect de sera din sol datorită extinderii producției de biocombustibili.

Utilizarea composturilor rezultate din resturile vegetale ale culturilor tehnice folosite pentru fabricarea biocombustibililor trebuie analizată și sub aspectul producerii de gaze cu efect de seră.

Oricum culturile energetice / pentru biocombustibili determină și o creștere a gazelor cu efect de seră din agricultură. Aceste culturi tehnice produc și ele gaze de seră și în special protoxid de azot. Mecanismele prin care se produc emisii de protoxid de azot din sol sunt prezentate în fig. 6.



$$N_2O(t) = K_1(t) + K_2(t) - K_3(t)$$

$$NO(t) = K'_2(t)$$

Fig. 6. Procese biologice implicate în producerea protoxidului de azot din sol.

Tab.2 Producerea de gaze cu efect de seră de către diferitele culturi tehnice utilizate pentru biocombustibili.

Biocombustibil	Emisii GHG (kg CO ₂ equiv/GJ)			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
Ester metilic din rapița	25	0.69	15	40.7
Etanol din sfecla	34	0.32	5.6	39.9
Etanol din boabe de grâu	24	0.69	3.7	28.4
Etanol din paie de grâu	0	- 0.59	13.3	12.7
Ulei de rapița crud	15	0.49	14.3	29.8

În tab. 2 sunt prezentate emisiile cu gaze cu efect de seră de către diferitele culturi tehnice utilizate pentru biocombustibili. Aceste date pot duce la o reanaliză a emisiilor nete de gaze cu efect de seră prin fabricarea diferitelor biocombustibili, din diferite surse.

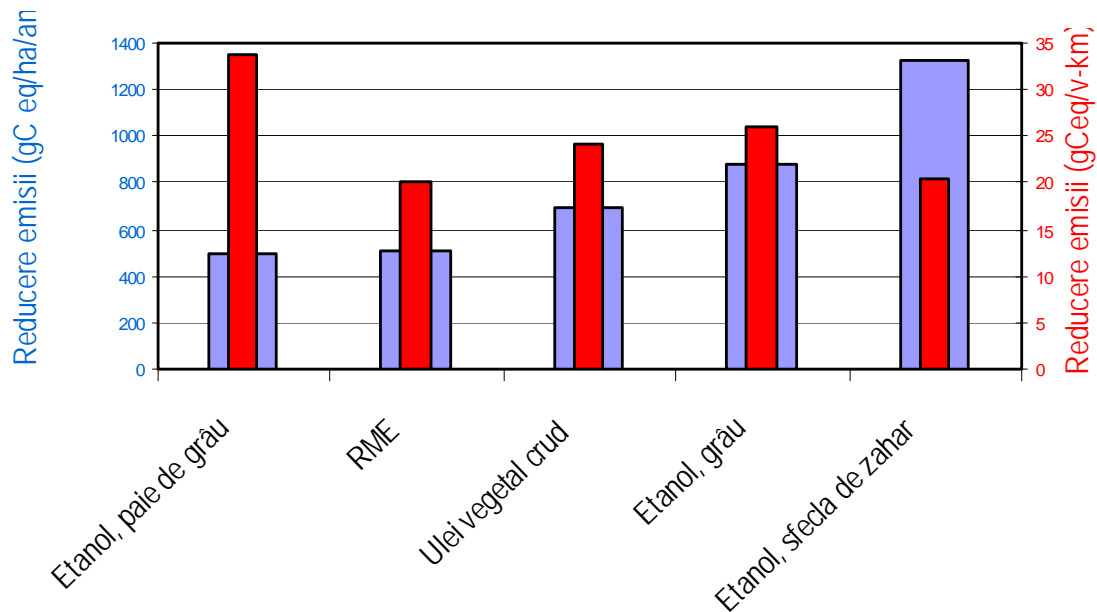


Fig.7. Reducerea de emisii de gaze cu efect de seră pentru diferitele tipuri de biocombustibili. Roșu – în funcție de eficiența globală de producere; albastru – în funcție de capacitatea culturii de fixare de CO₂. În afara de aceste aspecte care țin de eficiența globală a producerii de biocombustibili mai trebuie luate în considerare și aspectele care țin de valoarea EroEI a biocombustibililor (ERoEI = How much Energy is Returned on Energy Invested = Câtă energie obții din energia investită?)

Pentru a extrage un baril de petrol, al prelucra și al transporta acolo unde este nevoie de el se folosește între a șaizecea parte și a zecea parte din energia acelu baril. Cu alte cuvinte ca să extragi, să prelucreezi și să transporti 10 barili de petrol consumi între 0,17 și 1 baril de petrol. Estimările precaute ale ERoEI pentru energia cu care funcționează economia noastră actuală sunt mult peste 10:1 (cu o mare parte a economiei funcționând în jurul lui 30:1).

La determinarea EroEI cad cele mai multe alternative energetice după o simplă examinare. Hidrogenul comercial e un bun exemplu despre cum să consumi mai multă energie decât produci. Sursa cea mai comună pentru hidrogen este gazul natural. Gazul natural este tratat cu abur. Aburul este obținut prin fierberea apei folosind și mai mult gaz natural, petrol, cărbune. Prin ardere producătoare de bioxid de carbon cu efect de seră! Bunul simț spune că hidrogenul comercial produs din gaze naturale nu este o soluție de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră.

Biocombustibilii au un ERoEI mic (cu excepția biodieselului din alge – a se vedea și tab.3). Dacă se ia în calcul și eficiența motoarelor (TTW – tank to wheel) atunci eficiența energetică a biodieselului din alge se aproprie de cea a benzinei.

Tab.3. Valorile EroEI pentru biocombustibili.

	WTT	TTW	WTW
Benzina	10	0.3	3.0
Biodiesel din rapița	3.2	0.45	1.44
Biodiesel din uleiuri alimentare uzate	5	0.45	2.25
Biodiesel din alge	>5	0.45	>2.25
Bioetanol din amidon de porumb	1.34	0.3	0.402
Bioetanol celuloza (iarba grasa)	2.2	0.3	0.66
Hidrogen din gaz natural	0.528	0.405	0.214

WTW – eficiența producerii și distribuirii; TTW – eficiența motorului cu ardere internă; WTW; eficiența de producere, distribuire și utilizare.

in cazul combustibililor trebuie luate în considerare și mărimea suprafețelor care trebuie cultivate. 1 ha de rapiță produce circa 1 tona de biodiesel. Un camion pentru un singur drum București-Timișoara (550 km la 25 litri/100 km) consumă 137,5 litri de motorină. Un singur drum, un singur TIR = 0,137 ha cultivate timp de un an!

Din motivele prezentate mai sus (impact negativ asupra mediului și în special asupra solului, intensificarea producerii de gaze cu efect de seră din sol) soluțiile optime din punct de vedere ecologic sunt sistemele integrate, în care sunt urmărite concomitent producerea de biocombustibili, refacerea solurilor și reducerea emisiilor de gaze cu efect de sera din sol.

Sisteme integrate de producere de biocombustibili, refacerea solurilor și reducerea emisiilor de gaze cu efect de sera din sol.

In fig. 8 este prezentat un prim tip de sistem integrat de fabricare de biocombustibili, reducere de gaze cu efect de seră și refacerea solurilor. Acest sistem se bazează pe (bio)conversia multiplă a co-produselor rezultate de la fabricarea biocombustibililor și implică:

- (i) un procedeu de utilizare a bagasei de sorg pentru producerea de bagasa comestibilă lignocelulozică;
- (ii) un bioproces de conversie a substratului pentru cultivarea ciupercilor in amelioratori de sol cu etichetă ecologică;
- (iii) o instalație nou creată pentru producerea amelioratorilor de sol ;
- (iv) bioproduse cu eliberare controlată pe baza tulpinilor biologic active de *Bacillus subtilis* și *Trichoderma viride*;
- (v) cultivarea microorganismelor pe medii avand ca sursa de carbon apa glicerinoase;
- (vi) un proces inovativ de condiționare a produselor biologice prin coacervare;
- (vii) biopesticide pe baza tulpinilor active de *Bacillus subtilis*, *Burkholderia cepacia*, *Trichoderma viride* rezultate de la (v) procesul de cultivare a microorganismului pe medii cu pe apa glicerinoasa;
- (viii) condiționare pe bagasa de sorg sterilizata prin iradiere gamma;
- (ix) biofertilizanti pe baza de *Rhizobium* spp., *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum* spp. rezultați de la procesul de cultivare al microorganismelor pe medii cu apa glicerinoasa și (vii) condiționare pe bagasa de sorg sterilizata prin iradiere gamma;
- (x) un bioinsecticid volatil produs printr-un proces de extracție a glucozinolatilor de la șroturi de rapiță.

In fig. 9 este prezentat un alt proces integrat de fabricare a biocombustibililor, din care rezultă inclusiv amelioratori de sol. Procedeul implică un proces biochimic, de solubilizare a carbohidraților din biomasă și procedee termochimic, de distilare uscată și de gazeifiere a materialelor vegetale care nu sunt hidrolizabile enzimatic. Din procesul de distilare uscată rezultă un cărbune vegetal cu proprietăți foarte bune de absorbție, care este folosit pentru absorbția gazelor poluante (NOx și SOx) emise de termocentrale (cu generarea unui fertilizant N-S cu eliberare controlată).

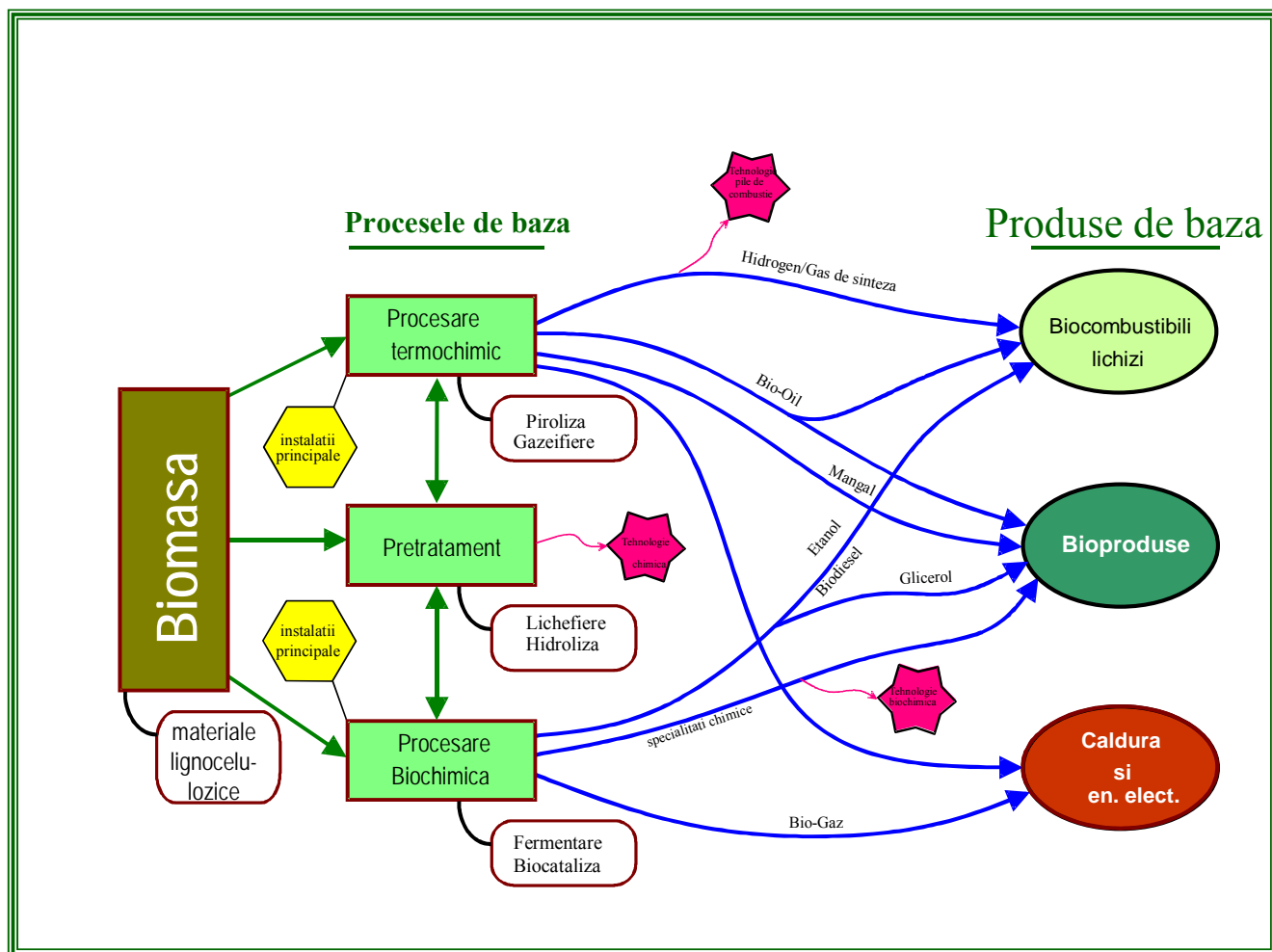


Fig. 9. Ciclu integrat de conversie biochimică și termochimică a materialului vegetal în biocombustibili, amelioratori de sol, căldură și energie electrică.

De menționat că subprodusele rezultate la distilarea bioetanolului fabricat din fermentarea zaharurilor hidrolizate din biomasa sunt și ele valorificate, prin producerea de biogaz și de compost.

Ultimele tipuri de sisteme integrate care vor fi prezente aici sunt cele care iau în considerare fixarea de către alge a bioxidului de carbon în vederea producerii de biodiesel, biopesticide și amelioratori de sol.

În perioada anilor '80, Departamentul Energiei al SUA a finanțat considerabil activități de C-D din "Programul speciilor acvatice", pentru producerea de carburanți din cianobacterii sau din microalge (biodiesel) pe scară mare, în sisteme consacrate. Acest efort a culminat cu o operarea unei instalații pilot pe 0,2 ha în Roswell, New Mexico, când s-a demonstrat capacitatea tulpinilor selectate de alge/cianobacterii de a fixa foarte eficient CO_2 în bazine joase agitate de roți cu pale. În timpul anilor '90, Japonia a sponsorizat RITE (Cercetări pentru Tehnologii Inovative ale Pământului), fiind făcut un foarte mare efort de C-D privind cianobacteriile / microalgele utilizate pentru fixarea CO_2 din gazele de ardere de la termocentrale și reducerea GHG, cu accentul pe folosirea fotobioreactoarelor închise cu diferite modele, în special din fibra optică și producerea unor produse secundare cu valoare mare. În final s-a dovedit că bazinele deschise (majoritatea de tipul celor joase agitate de roți cu pale) constituie o metodă de producție cu cost mai eficient decât fotobioreactoarele. Europa este de asemenea o parte din eforturile de cercetare a diminuării impactului GHG prin fixare cu cianobacterii / microalge. Se vor prezenta aici câteva exemple. EniTecnologie (Italia) a dezvoltat în 2005 un sistem pilot pentru utilizarea CO_2 fosil emis de la o termocentrală NGCC pentru a produce biomasa cianobacteriana. În cadrul rețelei EUREKA, proiectul BIOFIX E3650, Institutul de Microbiologie de la Academia Cehă de Științe, Institutul pentru Cercetarea Carburanților de la Praga și Institutul pentru Procesarea Cerealelor, departamentul Alge din Germania au început, pe 1 ianuarie 2006, un proiect pentru utilizarea CO_2 din gazele de ardere pentru creșterea recoltei produse de microalge. Un

studiu de fezabilitate a început recent (in vara anului 2005) la Universitatea Internațională Bremen. Proiectul va investiga perspectiva dezvoltării unui sistem fotosintetic pe scara largă pentru controlul gazelor de sera. Scopul este utilizarea cianobacteriilor ca secheștranti naturali pentru emisiile de CO₂ de la o termocentrală pe cărbune EON Ruhrgas de 350 MW la Bremen.

Toate aceste noi cercetări sunt menite să dezvolte noi căi de fixare (eficientă și sigură pentru mediu) a bioxidului de carbon, în paralel cu producerea de biocombustibili.