



Biomassa als grondstof voor bioraffinage

S. Dobbelaere

1. Mogelijke toepassingen van biomassa

Biomassa kent tal van toepassingen. Al eeuwenlang wordt het door de mens gebruikt als bron van voedsel, als voeder voor dieren, als bouw materiaal, als grondstof voor kleding en papier, ... Daarnaast wordt biomassa ook gebruikt voor de generatie van warmte en elektriciteit en meer recent voor het produceren van groene grondstoffen voor de chemie in zogenaamde bioraffinaderijen (zie verder).

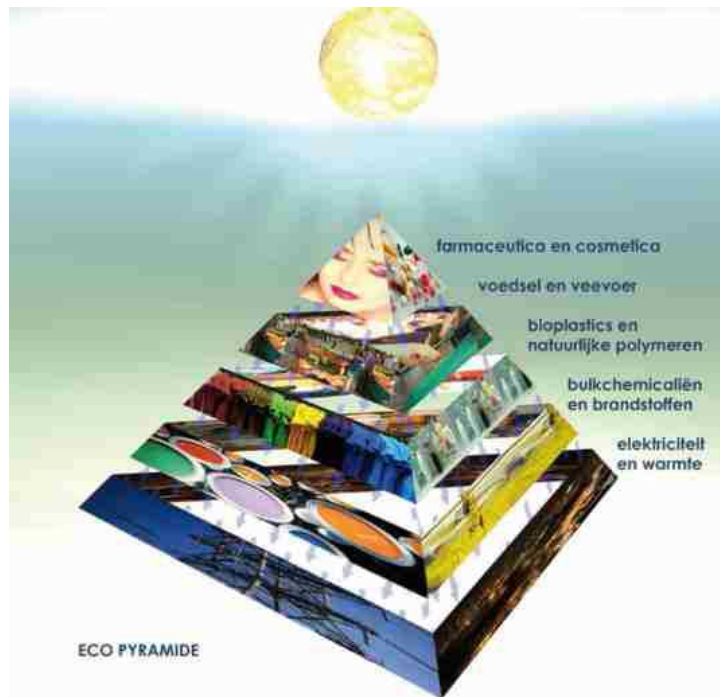
Deze verscheidenheid in gebruik van biomassa kan leiden tot concurrentie tussen verschillende toepassingen. Zo worden eerste generatie biobrandstoffen typisch geconfronteerd met concurrentie voor voedsel- en voedergewassen. De tweede generatie biobrandstoffen zal eerder concurreren met de directe toepassing van biomassa voor de productie van elektriciteit of warmte. Het onderscheid tussen deze toepassingen is daarbij niet altijd éénduidig. In sommige gevallen sluit het één het ander immers niet uit (bv. gebruik als materiaal en daarna recyclage of omzetting naar energie).

2. De Ecopiramide

Om het gebruik van biomassa te optimaliseren werd door Derksen *et al.* (2008) het concept van de ecopiramide ontwikkeld. De ecopiramide is een begrip uit de ecologie en heeft betrekking op de energie- en materiaalstromen binnen een ecosysteem. Toegepast op biomassa brengt de ecopiramide in beeld welke aspecten moeten worden afgewogen bij de inzet van biomassa en in welke volgorde de producten moeten worden benut. Centraal in de ecopiramide staat het begrip 'exergie'. Energie heeft een bepaalde kwaliteit – exergie – die aangeeft hoeveel arbeid er met die energie kan worden geleverd. Grondstoffen moeten daarom eerst worden omgezet in voor de mens nuttige producten of arbeid. Omzetten in laagwaardige warmte moet zo lang mogelijk worden uitgesteld. Niet in één keer alles verbranden, maar biomassa eerst gebruiken om er waardevolle producten en arbeid (electriciteit) uit te halen. Concreet betekent dit dat in de piramide het gebruik van biomassa voor voedsel en medicijnen voorop staat, gevolgd door materialen, chemische grondstoffen, transportbrandstoffen en arbeid (electriciteit) en tot slot warmte (zie figuur 1).

De vier flanken van de piramide staan voor integraal gebruik, hoogste opbrengst, optimaal exergierendement en maximale duurzaamheid. Ze benadrukken dat de maximale opbrengst wordt gerealiseerd door het stapsgewijs benutten (cascaderen) van de energie- en materiaalinhoud van biomassa. In de top van de piramide staan producten met het kleinste volume, de hoogste waarde, de meeste exergie en de minste milieu-impact. Naar beneden toe wordt de exergie gaandeweg omgezet in entropie – de orde slaat om in wanorde. Daarmee daalt de waarde van de producten, evenals de marges. Bovenin zijn de volumes gering, maar de marges hoog (bijvoorbeeld medicijnen). Onderin zijn de volumes groot maar de marges gering (bijvoorbeeld verwarming). Voedsel voor mens en dier hoort om ethische redenen bovenin de piramide. Ook het onttrekken van medicinale stoffen krijgt voorrang bij het gebruik van biomassa. De volgende stap is het waar mogelijk direct benutten van materialen en natuurlijke polymeren (zoals hout, zetmeel en cellulose), alvorens deze door vergisting of vergassing om te zetten in chemische grondstoffen voor kunststoffen en in

transportbrandstoffen. Pas dan moet de (rest)biomassa worden omgezet in 'duurzame' energie.



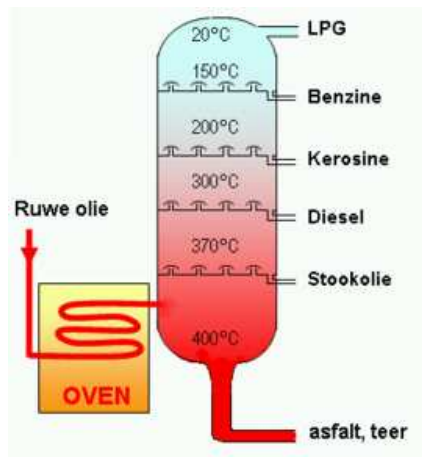
Figuur 1: De Ecopiramide (Derksen et al., 2008)

3. Het principe van bioraffinage

Bioraffinaderijen werken volgens het principe van de ecopiramide. De uitdaging van bioraffinage is om biologische grondstoffen zo efficiënt mogelijk om te zetten in bruikbare materialen, chemicaliën, voeding, veevoer en energie (brandstoffen, elektriciteit en/of warmte). Als het ruwe product volledig wordt benut, hoeft er niks te worden weggegooid. Het bioraffinage concept is analoog aan dat van de huidige petroleumraffinaderijen, die ook een brede waaier aan brandstoffen en producten produceren uitgaande van petroleum.

Petroleumraffinaderij

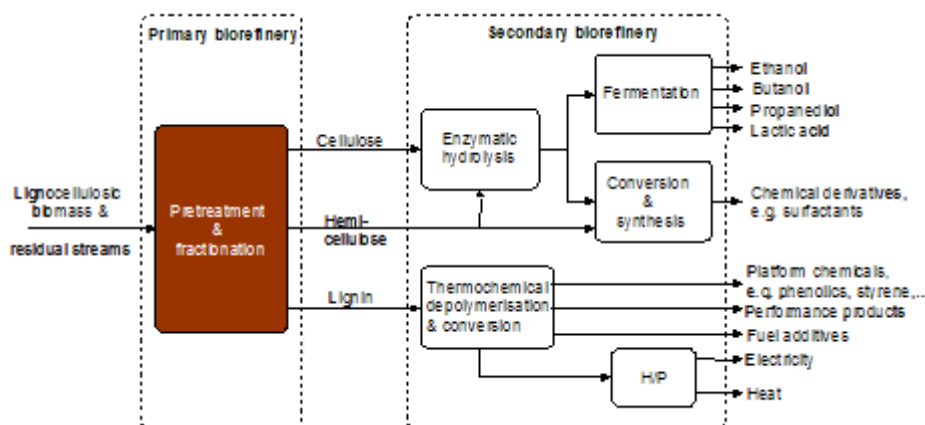
Ruwe aardolie, petroleum, bestaat uit een mengsel van verschillende organische koolwaterstoffen. In een petroleumraffinaderij worden eerst water en onzuiverheden uit de ruwe olie verwijderd. Daarna wordt de ruwe olie gedistilleerd in verscheidene fracties waaronder benzine, diesel, (straal)vliegtuigbrandstof, kerosine, nafta, vloeibaar gas, smeerolie, teer en asfalt (Figuur 2). Deze aardoliefracties worden vervolgens via petrochemische processen omgezet in diverse chemische producten. Met name de naftafractie, maar ook de aromatische verbindingen zoals toluen, vormen de basis van tal van grondstoffen voor chemische producten zoals monomeren voor de kunststofindustrie. Voorbeelden van producten uit de petrochemische industrie zijn o.a.: grondstoffen voor polymeren zoals polypropyleen en polyethyleen, grondstoffen voor de farmaceutische industrie, grondstoffen voor wasmiddelen, grondstoffen voor kunstvezels, grondstoffen voor synthetisch rubber, enz.



Figuur 2. Distillatietoren voor ruwe olie ([Klaas1978](#), [nl.wikipedia](#))

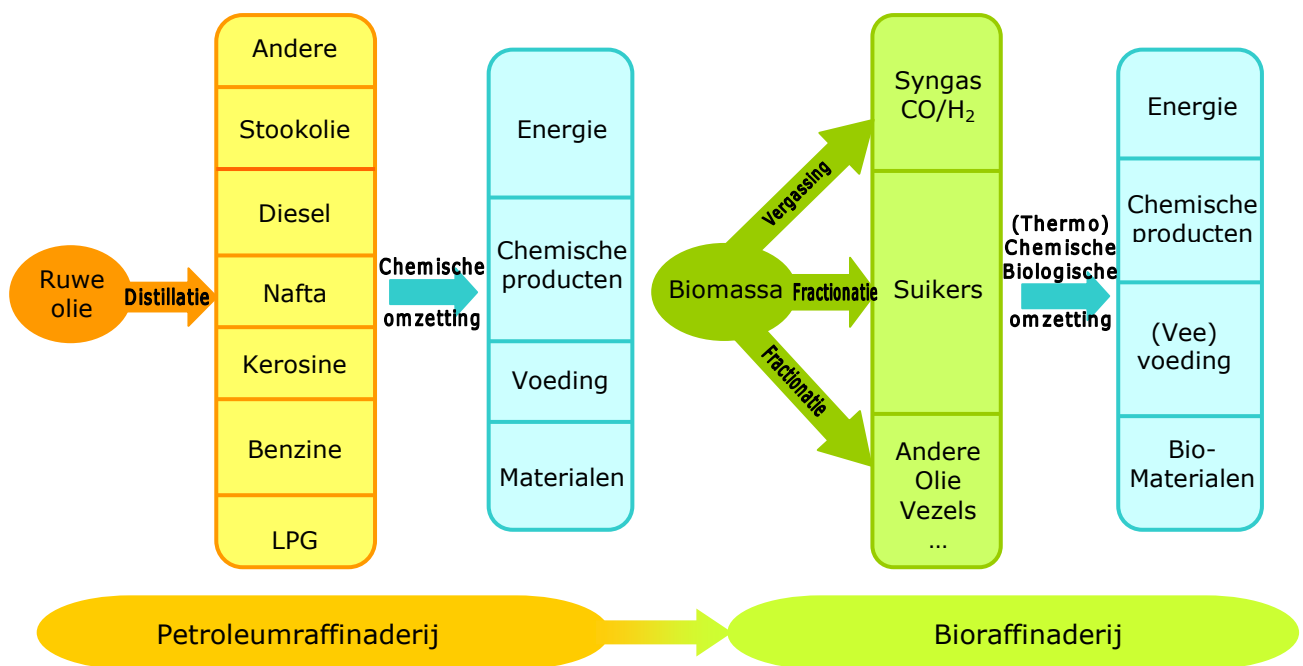
Bioraffinaderij

Bioraffinaderijen zijn grote fabriekscomplexen waar landbouwproducten worden verwerkt en omgezet tot een brede waaier aan eindproducten voor toepassingen in de voeding en niet-voeding. In een bioraffinaderij kunnen uit één enkele grondstof (bv. maïs) vele sterk verschillende producten worden geproduceerd, zoals chemische stoffen, biobrandstoffen, bioplastics, solventen, vitaminen, voedingsingrediënten, enz. Analog aan de petrochemie worden de grondstoffen gescheiden in de verschillende fracties (koolhydraten, eiwitten, vetten, vezels) via fysische en/of (thermo)chemische processen. De verschillende fracties dienen dan als basis voor de productie van allerlei stoffen en materialen zoals ethanol, biodiesel, glycerol, lipiden, oliën, citroenzuur, melkzuur, azijnzuur, methanol, isopropanol, vitaminen, suikers, eiwitpolymeren, enz. via biologische en/of (thermo)chemische processen. Een voorbeeld van een mogelijke bioraffinaderij wordt gegeven in Figuur 3.



Figuur 3. Weergave van een mogelijke bioraffinaderij op basis van lignocellulose houdende grondstof, met fractionering van biomassa (<http://www.ecn.nl/nl/units/bkm/biomassa-kolen/transportbrandstoffen-en-chemicalien/transportbrandstoffen/biomassavoorbehandeling-fractionering/>)

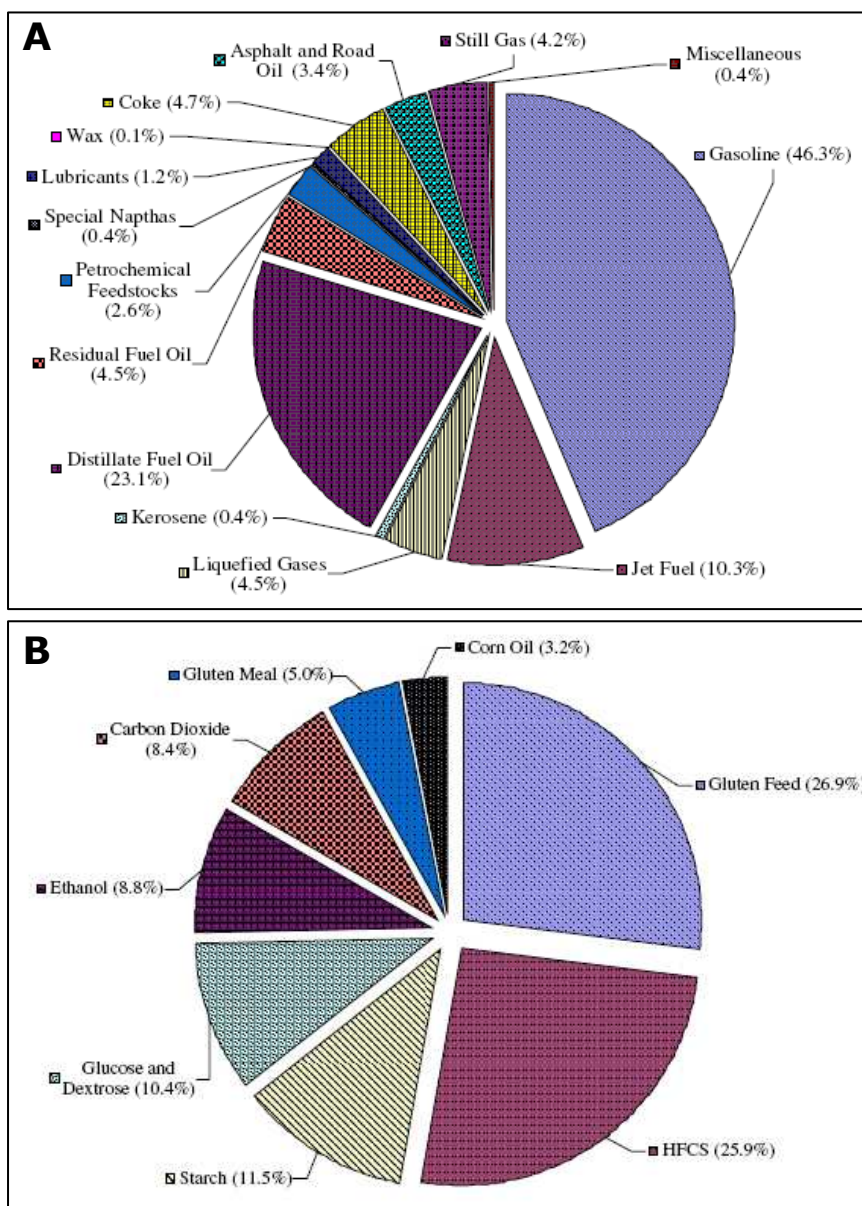
Figuur 4 geeft een schematisch overzicht van de gelijkenissen en verschillen tussen een petroleumraffinaderij en een bioraffinaderij. Zoals uit de vergelijking blijkt zijn de basisprincipes voor het gebruik van biomassa en petroleum dezelfde: opdeling in componenten, scheiding, opzuivering, omzetting, enz. Er is echter een principiële verschil tussen een petroleumraffinaderij en een bioraffinaderij. Een petroleumraffinaderij, die een waaier aan producten maakt op basis van petroleum, ontstond als een klassieke tak van de chemie. Een bioraffinaderij, die een stroom aan producten produceert op basis van biomassa als grondstof, ontstond uit de interactie van ingenieurstechnieken, chemie en biologie.



Figuur 4. Schematische vergelijking tussen een petroleumraffinaderij en een bioraffinaderij (aangepast van www.rite.or.jp/English/lab/pamphlet_biorefinery.html)

Bioraffinaderijen zijn niet nieuw maar bestaan reeds decennia lang. Voorbeelden zijn de suiker en zetmeelindustrie, de plantaardige olie industrie, de voedingsindustrie, de papierindustrie,... Sleutel tot succes is ook voor deze bedrijven diversificatie. Teneinde te kunnen concurreren met petroleumraffinaderijen is het voor bioraffinaderijen van belang om de grondstof zo optimaal mogelijk te benutten door een brede waaier aan biobaseerde producten te maken en zodoende de proceseconomie te optimaliseren. Als we kijken naar de succesformule voor petroleumraffinaderijen (Lynd, 2004), dan blijkt dat er op zijn minst één product op grote schaal moet geproduceerd worden teneinde de kosten te recupereren, bv. een biobrandstof of een bulkchemicalie, en verschillende daaraan gekoppelde producten met hoge toegevoegde waarde, bv. fijnchemicaliën, om de winstmarge te verhogen. Een petroleumraffinaderij kan bvb. zijn winstmarge aanzienlijk verbeteren door de coproductie van smeermiddelen. Teneinde de hoge biomassa kosten, die vaak meer dan de helft van de productiekosten bedragen, te kunnen compenseren en meer uit de grondstof te kunnen halen, is het voor bioraffinaderijen dan ook van belang om elke fractie zo goed mogelijk te valoriseren en naast een bulkproduct te diversifiëren in een reeks producten met hoge toegevoegde waarde.

Passen we het volledige ecopiramide concept toe op de beide raffinaderij-systemen, dan zien we dat vooral de bioraffinaderij hier goed in past, wat niet verwonderlijk is aangezien de ecopiramide werd ontworpen om het gebruik van biomassa te optimaliseren. Het gaat hierbij wel om een 'geïntegreerde' bioraffinaderij, die alle fracties van de grondstof zoveel mogelijk tracht te benutten door een waaier aan producten te maken in elk van de lagen van de piramide: farmaceutica en cosmetica, voeding en veevoeder, bioplastics en polymeren, bulkchemicaliën en brandstoffen, electriciteit en warmte. Het is duidelijk dat een bioraffinaderij die enkel biobrandstof produceert en de nevenproducten verkoopt als veevoeder of bulkchemicalie veel minder goed scoort volgens dit principe. Een olieraffinaderij zit ergens tussenin. Het zwaartepunt ligt daar vooral bij de brandstoffen, terwijl het segment (vee)voeding grotendeels ontbreekt. Ter illustratie hiervan wordt in onderstaande figuur een overzicht gegeven van de brede waaier aan producten die geproduceerd worden in een olieraffinaderij (Figuur 5A) en een bioraffinaderij op basis van maïs (Figuur 5B).



Figuur 5. (A) Opbrengsten van een petroleumraffinaderij op volumebasis, V.S., 2000; (B) Opbrengsten van een maïs bioraffinaderij op gewichtsbasis, V.S., 2001. (HFCS: High Fructose Corn Syrup) (Lynd et al., 2005).

Het concept van de ecopiramide is tevens in lijn met de eerder aangehaalde succesformule voor raffinaderijen: de productie van minimum één bulkproduct gekoppeld aan de productie van verschillende nevenproducten met grote toegevoegde waarde. Onderaan in de piramide staan inderdaad de bulkproducten, bovenaan de producten in kleine volumes maar het hoge toegevoegde waarde. Zowel de olieraffinaderij als de bioraffinaderij werken hiernaar toe door diversificatie van hun productportfolio.

4. De rol van de biobrandstoffen

De productie van biobrandstoffen uit biomassa kan gezien worden als een onderdeel van de ganse omschakeling naar de biogebaseerde economie, die erop gericht is onze maatschappij meer duurzaam te maken. Het is ook inherent verbonden met het bioraffinaderij-concept: het fractioneren van biomassa in verschillende componenten die – na eventuele verdere bewerking – afzonderlijk kunnen toegepast worden. Dit betekent dat alle waardevolle plantaardige componenten uit biomassa kostenefficiënt tot waarde worden gebracht, waarna eventuele reststromen worden omgezet in transportbrandstoffen, elektriciteit en warmte.

De ontwikkelingen op het gebied van de biobrandstoffen kunnen effecten hebben die de ontwikkeling rondom biomassa beïnvloeden. Zo is er qua technologie-ontwikkeling sprake van een win-win-situatie, aangezien bepaalde nieuwe productietechnologieën voor biobrandstoffen ook voor andere toepassingen kunnen gebruikt worden. De omvangrijke stroom van bijproducten van de bio-ethanol en biodieselproductie kan bovendien dienen als goedkope grondstof voor platformchemicaliën, intermediaire chemische verbindingen die op hun beurt kunnen dienen voor de fabricage van eindproducten (van den Born en Ros, 2006). Dit is sterk vergelijkbaar met de situatie in de petrochemie. De eerste petroleumraffinaderijen produceerden alleen maar brandstoffen zoals benzine en diesel. Later werden echter ook chemische producten geproduceerd uit de bijproducten en ontwikkelde zich een volledige chemische industrie rond de petroleumraffinaderijen. Dezelfde dynamiek geldt voor de biobrandstoffen, waar de valorisatie van nevenstromen eveneens belangrijk is om competitief te blijven.

5. Perspectieven

Voorlopig zijn de producten die uit biomassa vervaardigd worden nog (veel) duurder dan die gebaseerd op fossiele grondstoffen. Door de groeiende belangstelling voor alternatieven voor fossiele grondstoffen, is de verwachting dat meer partijen zich met productie en raffinage van biomassa gaan bezighouden. Hierdoor zullen nieuwe biomassawaardeketens (biomassa – raffinage – producten) ontstaan die concurrerend hun plaats in de markt zullen innemen.

ACKNOWLEDGEMENTS

Deze publicatie kadert in de uitvoering van het Technologische Dienstverleningsproject "Industriële Biotechnologie" (IWT project n° 080598) dat FlandersBio samen met Ghent Bio-Energy Valley en essenscia vlaanderen heeft opgezet.

REFERENTIES

- Derksen J.T.P., van Seventer E., Braber K.J., van Liere J. (2008). De Ecopyramide – Biomassa Beter Benutten. Rapportnr. 08.2.193, opgesteld in opdracht van InnovatieNetwerk, Utrecht, september 2008.
- Lynd, L.R. (2004). Biomass processing in response to sustainability & security challenges: a vision of what is possible, Presentation Biorefinica 2004 Osnabrück, Germany, September 27.
- Lynd L.R., Wyman C., Laser M., Johnson D. and Landucci R. (2005). Strategic Biorefinery Analysis: Review of Existing Biorefinery Examples - January 24, 2002 – July 1, 2002. Subcontract Report NREL/SR-510-34895.
- van den Born, G.J. and Ros J.P.M. (2006). Biograndstoffen voor de Chemische Industrie. Evaluatie van transitie op basis van systeemopties. Milieu- en Natuurplanbureau, MNP Rapport 500083005/2006.