energiewinning door landbouwproduktie



Dr.ir. R. Rabbinge

Vakgroep Theoretische Teeltkunde
Landbouwhogeschool Wageningen

In dit artikel wordt een onvolledig overzicht gegeven van verschillende rendementsberekeningen en wordt ingegaan op de perspectieven voor 'energy farming' onder Nederlandse omstandigheden. De conclusies laten weinig ruimte voor optimisme.

Aangemoedigd door het alom heersende besef dat alternatieven voor de huidige energievoorziening dringend nodig zijn, duiken op vele plaatsen in de wereld initiatieven op om tot 'energy farming' te komen. In de Verenigde Staten is al enig onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van energiewinning door en uit landbouwproduktie; op bescheiden schaal (voor Amerikaanse begrippen) maakt men er inmiddels met overheidssubsidies gebruik van 'energy farming'-systemen. Brazilië heeft een beleid ingezet waarbij op grote schaal suikerrietverbouw onder andere ten behoeve van gasohol produktie voor auto's plaatsvindt en ook in Frankrijk is onlangs de eerste fabriek die alcohol uit maiszetmeel fabriceert geopend die de energiebehoefte van de Franse automobilist ten dele moet bevredigen.
Hoe realistisch is echter een dergelijk beleid? Welk perspectief biedt een dergelijke 'innovatie' op korte en langere termijn?

fondsenergie of stroomenergie

Het principe van agrificatie (het benutten van landbouwprodukten voor de energievoorziening in plaats van voor voedselvoorziening) is al oud. Hout, plantevezels en mest worden al sinds onheuglijke tijden door de mens voor huisvlijt, verwarming en industrie gebruikt. Hout en mest zijn van oudsher als brandstof gebruikt en diverse systemen van biogasproduktie werden in vele delen van de wereld ontwikkeld. Zo wordt in delen van China de mest van varkens en kippen opgeslagen in kelders onder het huis om te vergisten. Het biogas (voornamelijk methaan) wordt gebruikt voor verwarming en om op te koken; de uitgewerkte mest wordt over het bouwland verspreid. Deze systemen maken gebruik van stroomenergie die de zon gratis levert. In vrijwel de hele wereld wordt van stroomenergie (zon, wind, water-energie) gebruik gemaakt, maar het aandeel in de totale energievoorziening is ook bij maximale benutting van alle nu beschikbare middelen voor winning van stroomenergie zeer gering (Beek, 1980).
Vrijwel de gehele energievoorziening in de wereld vindt plaats uit fossiele

Produktie van grote hoeveelheden aardappelen vergt nogal wat grondbewerking en toevoer van kunstmest.





Dr. R. Rabbinge

energie, dus fondsenergie (Beek, 1980). Hoewel er ook andere mogelijkheden zijn, zoals kernenergie (kweekreactoren), lijkt fossiele energie voor de komende decennia de belangrijkste energiebron. Kolen, turf, bruinsteen en olie of gas worden voor dit doel benut. De hoeveelheden energie die jaarlijks worden gebruikt zijn onvoorstelbaar groot en de vormen waarin zeer verscheiden. Dit maakt discussies over deze zaken zo moeilijk. Om dit te illustreren het volgende: de voormalige LSEO (Landelijke Stuurgroep Energie Onderzoek) berekende dat uit het organisch afval van Nederland (dit is al het door Nederlanders en hun huisdieren vervaardigde organische afval) dat maximaal 45 miljoen ton per jaar bedraagt, 10^9 m^3 methaangas kan worden geproduceerd. Een onvoorstelbare hoeveelheid. Toch is deze 1 miljard m^3 gas klein vergeleken bij het huidige aardgasverbruik in Nederland dat ongeveer 45 miljard m^3 per jaar bedraagt. Gebruik van methaangisting is daarmee niet zinloos, integendeel, maar het moet *niet* worden gezien als een alternatief voor de fondsenergie uit aardgas. We komen daar later op terug.

Agrificatie wordt nu wederom door verschillende belangengroepen en organisaties in de wereld gepropageerd. Onderzoek naar de mogelijkheden van agrificatie vindt op grote schaal plaats waarbij vooral de omzetting van biomassa voor energiewinning door middel van industriële processen wordt bekeken. Alle grote energiemaatschappijen hebben wel onderzoek en proeffabrieken waar gasificatie van biomassa plaatsvindt. De regering van de Verenigde Staten heeft onder druk van de boerenorganisaties en omwille van politieke doeleinden (graanboycot van Rusland, onafhankelijkheid van olie-importen) op grote schaal gelden beschikbaar gesteld voor gasoholproduktie uit graanoverschotten. Inmiddels zijn mede als gevolg van een veranderde buitenlandse politiek van de VS de belemmeringen voor graanexport naar Rusland opgeheven. Deze export vindt nu weer op grote schaal plaats, waardoor de noodzaak om afzetmogelijkheden voor overschotten te vinden enigszins is verminderd.

In Brazilië vindt verbouw van suikerriet onder andere plaats ten behoeve van energieproduktie; de verwerking van deze grondstof tot alcohol gebeurt daar reeds op industriële schaal en wordt krachtig gestimuleerd. Ook voor andere gewassen is onderzoek in gang gezet om tot alcoholwinning te komen. De ombouw van auto's om op alcohol te rijden heeft al op grote schaal plaatsgevonden en de ontwikkeling van speciale motoren is door de overheid gefinancierd. Hoewel er nu al berichten in de pers verschijnen dat het ambitieuze programma van de Braziliaanse overheid schipbreuk lijkt te leiden (NRC, 1 juli, 1981, Kater na alcoholfeest in Brazilië) zijn de bakens nog lang niet verzet. De argumentatie voor een dergelijk beleid komt immers vooral voort uit een behoefte aan verbreding van het aantal energiedragers teneinde het risico van onzekere energievoorziening door politieke labiliteit in het Midden-Oosten te verminderen en de exorbitante schuldenlast van Brazilië die vooral door olie-import wordt veroorzaakt, te verkleinen. Ook in Frankrijk worden deze politieke redenen als argument voor energiewinning uit landbouwprodukten genoemd. Door het voorzien in eigen energieproduktie worden immers deviezen bespaard die anders zouden moeten worden besteed voor de aankoop van olie. Een niet onbelangrijk nevenargument is de verwerking van overschotten van landbouwprodukten.

Voor Nederland wordt ook met de gedachte van agrificatie gespeeld. Bij diverse gelegenheden heeft de voorzitter van het landbouwschap, Ir. D. Luteijn gezegd wel iets te voelen voor diversificatie van het produktenpakket van de landbouw. De produktie van energie door middel van landbouw zou daarbij een van de mogelijkheden zijn. De in financiële nood gekomen zetmeelproducenten en hun ondernemingsraden hebben in het verleden zo'n gedachte gepropageerd om de overschotten te verminderen en de continuïteit van de onderneming zeker te stellen. Daarnaast werd er vanuit gegaan dat aankoop van zetmeel (mais) op de wereldmarkt voor dit doel rendabel zou zijn.

Ook een brainstorm-groep van de Shell speelt met de gedachte van agrificatie in Nederland en denkt daarbij aan teelt van bossen met een 4-jarige rotatie. Versnippering, pelletisering en gasificatie zouden de industriële processen zijn die de in de Markerwaard te telen bossen als beginprodukt hebben. Kortom er wordt veel over de voorziening van energie met behulp van biomassa gepraat en waarschijnlijk is het probleem van een goede energiepolitiek niet het tekort maar het teveel aan fantasie.

Dat zal in dit artikel blijken. We zullen daartoe eerst een berekening over de vastlegging van energie door gewassen op de akker presenteren en vervolgens het economisch rendement bij verschillende omzettingen naar vloeibare of gasvormige energie bespreken. Vervolgens bespreken we de maatschappelijke aspecten van energieproduktie met behulp van landbouwsystemen. Tenslotte gaan we in op de perspectieven voor de Nederlandse landbouw.

energievastlegging door de groene plant

Van het door het gewas geabsorbeerde licht wordt slechts een klein deel voor de vastlegging van CO_2 gebruikt. Het merendeel van de geabsorbeerde energie wordt benut voor verdamping of weer in de vorm van langgolvige straling uitgezonden; slechts een klein deel wordt omgezet in chemische energie. De vastlegging van zonne-energie door de groene plant vindt plaats door een proces dat we fotosynthese noemen. Door de chloroplas-

tabel I. Aardappelen voor energieproduktie. Van 1 hectare verkrijgt men:

40 000 kg fabrieksaardappelen	waarvan	17% zetmeel
6 800 kg zetmeel	waarbij	1,1 kg glucose/kg zetmeel
7 480 kg glucose ($C_6H_{12}O_6$)	waarvan	0,51 kg alcohol/kg glucose
3 815 kg alcohol (C_2H_5OH) 4829 l	aangezien	29.7 G Joule/ton alcohol
113.3 G Joule	waarbij	46,9 G Joule/ton benzine
2 415 kg benzine	en omdat	0,67 g benzine/cm³
3 605 l benzine	dus	
36 000 km autorijden		

1 KJ	= 1 000	Joule
1 MJ	= 1 000 000	Joule
1 GJ	= 1 000 000 000	Joule
1 TJ	= 1 000 000 000 000	Joule
1 PJ	= 1 000 000 000 000 000	Joule

ten die zich in de cellen van de groene plant bevinden wordt zonne-energie vastgelegd die wordt gebruikt om CO_2 uit de lucht te binden en suikers te vormen. Voor ieder CO_2 molecuul dat wordt gebonden zijn 8 quanta licht nodig.

$CO_2 + H_2O$ + lichtenergie $\rightarrow CH_2 + O_2$

De suikers worden hier voor de eenvoud als CH_2O weergegeven. Per Joule zichtbaar licht die wordt geabsorbeerd door het chlorofyl kan ongeveer $11\text{-}14\times10^{-6}$ g CO_2 worden vastgelegd. De assimilatiesnelheid van een gesloten gewas in Nederland bedraagt in het groeiseizoen gemiddeld 500 kg CO_2/ha/dag, (Goudriaan en Van Laar, 1978). Dit komt overeen met een produktie van 340 kg CH_2O/ha/dag zoals we uit bovenstaande reactievergelijking afleiden op basis van de atoomgewichten van C, H en O. Van de bij de assimilatie geproduceerde suikers gaat een deel weer verloren door ademhalingsprocessen. Ademhaling die ten dele nodig is om het aanwezige materiaal in stand te houden (onderhoudsademhaling) en ten dele samengaat met de vorming van nieuw structureel plantmateriaal uit de bij de fotosynthese gevormde suikers (groeiademhaling). Ongeveer 40% van de vastgelegde suikers gaat weer verloren bij deze ademhalingsprocessen, zodat de netto toename in droge stof $340\text{-}0{,}40 \times 340 = 200$ kg/ha/dag bedraagt. De verbrandingswaarde van deze droge stof is circa 20 MJ/kg, zodat het rendement van deze vastlegging van energie 4 000/70 000 = 6% van het zichtbaar licht en dus 3% van de totale globale straling bedraagt. De groeisnelheid van 200 kg/ha/dag is een goede vuistregel en wordt gerealiseerd door een gewas dat het grondoppervlak volledig bedekt en niet te lijden heeft van water of nutriëntengebrek. Deze potentiële groeisnelheid bereikt een gewas maar een deel van het jaar. Onder Nederlandse omstandigheden kunnen deze groeisnelheden grofweg van begin mei tot eind september worden gerealiseerd. In het overige deel van het jaar zijn de potentiële groeisnelheden veel lager als gevolg van de veel geringere stralingsintensiteit, de kortere dagen en de lage temperatuur. Een gewas dat maximaal de ingestraalde energie wil benutten moet daarom gedurende een zo lang mogelijke periode een volledige bedekking van het grondoppervlak als eigenschap hebben. Onder proefomstandigheden zijn zo bij aardappelen opbrengsten van 100 ton aardappelen per ha of ruim 20 000 kg droge stof aan knollen per ha bereikt. De opbrengsten in de praktijk liggen echter veel lager ten gevolge van watertekorten, niet-optimale nutriëntenvoorziening, onkruiden, ziekten, plagen. Zo wordt met fabrieksaardappelen in de praktijk een opbrengst aan vers knolgewicht gemiddeld 40 ton per ha bereikt. Ook suikerbieten gebruiken een groot deel van het seizoen, hoewel hier door vervroeging nog wel enige winst te behalen is. Opbrengsten van 60 ton vers gewicht aan bieten of 12 000 kg droge stof per ha zijn voor dit gewas geen uitzondering. Nog hogere opbrengsten worden gerealiseerd door gewassen die de C_4-weg gebruiken bij de vastlegging van het CO_2. Bij suikerriet zijn potentiële groeisnelheden van 400 kg droge stof per ha per dag gemeten en zijn recordoogsten van 120 ton droge stof per ha per jaar behaald. Dit zijn opbrengsten die alleen bij gewassen onder zeer goede omstandigheden kunnen worden bereikt en zijn in feite aanzienlijk hoger dan de opbrengsten die doorgaans in de huidige suikerrietcultuur worden gerealiseerd welke circa 12 ton droge stof per ha per jaar bedragen. Bovendien uiten C_4-gewassen hun potenties alleen bij hoge temperaturen en moeten dus in de warme streken worden verbouwd. De mogelijkheden om door veredeling de efficiency van gewassen te vergroten of om andere gewastypen te gebruiken (zoals algen en kokosnoten) zijn niet erg groot en daar hoeft op korte termijn dan ook niet veel van te worden verwacht.

energetisch rendement

Om wat meer inzicht te krijgen in het energetisch rendement van landbouwsystemen voor de energieproduktie, kan met bovenstaande gegevens een simpel rekensommetje worden uitgevoerd, dat duidelijk maakt dat de netto energieproduktie beperkt is. We illustreren dit aan het akkerbouwgewas dat voor Nederlandse omstandigheden wordt gepropageerd als de grondstof voor bio-energie: aardappelen. Dit gewas levert in Nederland gemiddeld zoals boven beschreven tot een produktie van vers knolgewicht van 40 ton per ha, wat overeenkomt met ongeveer 6800 kilogram zetmeel per ha. Met behulp van optimaal verlopende enzymatische omzetting kan dit aan alcohol ongeveer 3500 kilogram per ha opleveren (zie tabel I), ofwel 110 GJ energie (Bruin, 1980).

Op zichzelf is dat een respectabele hoeveelheid alcohol. Maar het bete-

kent toch maar een geringe opbrengst, als we ons realiseren hoeveel alcohol er moet worden verbrand om deze produktie mogelijk te maken. Produktie van grote hoeveelheden aardappelen vergt namelijk nogal wat bewerking en toevoer van kunstmest. Voor de omzetting van zetmeel naar alcohol is nog meer energie nodig.

Als we aannemen dat we met grond te maken hebben, die goed wordt bewerkt en die op de juiste wijze in een vruchtwisselingsschema is opgenomen, dan is voor iedere hectare aardappelen minimaal 250 kilogram N-kunstmest nodig. De produktie langs technische weg van één kilogram N-kunstmest vergt evenwel 45 MJ aan energie. De verbrandingswaarde van alcohol bedraagt 27 GJ per ton, zodat alleen al 417 kilogram per ha aan alcohol (= ca. 9%) nodig is voor de kunstmestvoorziening. Op diverse plaatsen zijn berekeningen verricht voor het totale verbruik aan energie op de akker voor de verbouw van gewassen. Een richtgetal dat veel gebruikt wordt voor aardappelen is 50 GJ per ha (Lange et al., 1975) waarvan dus ongeveer een vierde nodig is voor de kunstmestvoorziening. Verbetering van de processen die nodig zijn om de kunstmest te fabriceren en optimalisatie van teeltmaatregelen hebben de laatste jaren de energiebehoefte op het landbouwbedrijf iets verminderd.

Netto is de produktie van energie op de akker dus positief; 110 GJ – 50 GJ = 60 GJ. Echter, de omzetting van zetmeel in alcohol vraagt zoveel energie dat deze positieve balans teniet wordt gedaan. Dit wordt veroorzaakt door de energieslurpende destillatieprocessen.

In tabel IIa is de energiebalans samengevat voor de alcoholproduktie met aardappelen. De grote energiekosten zitten niet op het landbouwbedrijf maar bij de industriële verwerking van de biomassa. Verbetering van deze industriële processen wordt door technologen wel mogelijk geacht door energiebesparende maatregelen (cascade-destillatiekolommen, warmtekrachtkoppeling) tijdens de produktie (tabel IIb) en terugwinning van energie uit afvalwater (tabel IIc). Echt lonend wordt deze technologische verbetering pas als overgegaan zou kunnen worden op andere technieken zoals vergassing of gebruik omgekeerde osmose met behulp van bio-membranen. Daarin zit voor de lange termijn kennelijk enig perspectief. Het energieverbruik in de fabriek gaat dan drastisch omlaag. Of en wanneer deze technieken op industriële schaal kunnen worden toegepast is nog niet duidelijk. De bio-membraantechniek is energetisch gesproken zeer goedkoop omdat de dure verdampingsprocessen vrijwel achterwege kunnen blijven. Voor vergassing voorspelt een Amerikaanse studie met medewerking van alle grote energieproducenten in een optimistische kijk op de toekomst dat wanneer methanol wordt gemaakt uit mais langs fysisch-chemische weg, dus vergassing van de biomassa tot koolstof, koolmonoxyde en waterstof en vervolgens synthese tot methanol er van de totale gewonnen energie in de vorm van alcohol 50% nodig is voor de totale produktiekosten. Het is evenwel weinig zinvol om na vergassing van de biomassa een bij de synthese relatief veel energievragend produkt als ethanol of methanol te maken. Het is in dat geval beter om dit gasmengsel ('synthesized gas') als begin-schakel voor diverse andere produkten te gebruiken. In beginsel kan dit omdat de gasproduktie gerekend over de hele keten van verbouw tot eindprodukt wel een positieve balans heeft. Op de-

tabel IIa. Energiekosten van alcoholproduktie met aardappelen

kosten	GJ/t
op het landbouwbedrijf (50 GJ/ha)	13
in de fabriek (conventionele technologie)	30
bij afvalverwerking in de fabriek	– 3,4
totaal	39,6
netto opbrengst	
verbrandingswarmte van alcohol	26,7 (onderwaarde)
energiekosten voor alcoholproduktie	39,6
opbrengst aan energie	– 12,9

tabel IIb.

kosten		GJ/t
op het landbouwbedrijf	10	(bij zeer zuinig energiebeleid op het landbouwbedrijf)
in de fabriek	15	(moderne energiebesparende technologie)
bij afvalverwerking	– 3,4	
	21,6	
verbrandingswarmte	26,7	
opbrengst aan energie	+ 4,9	

tabel IIc.

afvalverwerking van de fabriek anaërobe vergisting	10 t afvalwater per ton alcohol 5% vaste stof → 500 kg vaste stof per ton alcohol 0,6 m³ gas per kg vaste stof → 300 m³ gas per ton alcohol 70% CH_4 → 210 m³ CH_4; 31,7 MJ per m³ = 6.7 GJ per ton alcohol netto opbrengst ca. 50% → 3,4 GJ per ton alcohol

tabel III. Houtproduktie voor energievoorziening

Populierenbos mer een 4-jarige omloop, op goede grond met goede bemesting	
verse opbrengst per oogst	100 ton per ha 4-jarige rotatie
verse opbrengst per jaar	25 ton per ha 40% vocht
opbrengst in droge stof per jaar	15 ton per ha energie-inhoud 19 MJ per kg
opbrengst in G Joule per jaar	285 GJ per ha 0,786 GJ per ha per dag
	0.0325 GJ per ha per uur = 32,5 MJ per ha per uur
	1 MJ = 0,2773 kWh opbrengst in vermogen:
	9,002 kW per ha omzettingsefficiëntie naar electriciteit 0,3
opbrengst in electrisch vermogen	3 kw per ha
voor een electriciteitscentrale van 500 MW is daarom nodig:	
	500 × 1000/3 = 166,666 ha populierenbos

ze wijze kan de landbouw wellicht een bijdrage leveren als grondstofproducent voor de chemische industrie, hetgeen natuurlijk in feite al jarenlang op andere wijzen het geval is.
Nu kan men stellen dat bij deze beschouwing voor wat betreft het landbouwkundig gedeelte van energie-intensieve produktiemethoden is uitgegaan en dat voor de industriële verwerking verouderde enzymatische methoden zijn gehanteerd. Maar wat betreft het eerste is het rendement in termen van energie bij minder energie-intensieve produktiewijzen nauwelijks groter. Bij produktieniveaus die het potentiële opbrengstniveau benaderen is het fossiele energiegebruik, ook als er zuinig met input factoren is omgesprongen, doorgaans hoger dan bij de lage produktieniveaus die zonder inzet van fossiele energie en met inzet van veel mankracht worden gerealiseerd. De gedachte aan vervanging van energie-inzet door arbeid is gespeend van iedere realiteitszin, zeker indien het gaat om toepassing onder Nederlandse omstandigheden. (Energie is nog steeds goedkoper dan arbeid).
Wat betreft de industriële verwerking lijken de genoemde methoden nog niet voldoende ontwikkeld en bieden zeker op korte termijn onvoldoende perspectief.

alcohol- en methaangisting van afval

Nu hoeven degenen die het over energieproduktie uit landbouwprodukten hebben niet te doelen op de produktie van brandstof voor motoren. Het kan hun ook gaan om rechtstreekse verbranding van landbouwprodukten of om het gebruik van afval van landbouwkundige produktie.
Wat dit laatste betreft zijn de perspectieven aanmerkelijk gunstiger dan voor de zojuist besproken brandstofproduktie (alcoholproduktie) uit daartoe geteelde landbouwgewassen. Alcoholproduktie uit afvalprodukten is al sinds jaar en dag praktijk bij de gist- en spiritusfabrieken. Melasse, het restant bij de suikerproduktie, wordt omgezet in alcohol (3 kg melasse voor 1 kg alcohol) en indien de zetmeelfabrikanten de moeilijk te verwerken zetmeelfractie voor hetzelfde doel wensen te gebruiken is er wellicht sprake van een nuttige activiteit. Mogelijk zelfs van een lucratieve onderneming. De door verschillende instanties aangedragen onderzoekvoorstellen waarin gepleit wordt voor een betere benutting van deze moeilijk te verwerken zetmeelfractie verdienen daarom aandacht.
Anders wordt het als het nevenprodukt hoofdprodukt dreigt te worden want dan wordt het paard achter de wagen gespannen.
Bij de verbouw van voedergewassen komt een zekere hoeveelheid afvalprodukt vrij. En zeker bij de veehouderij en in vele verwerkingsprocessen van landbouwprodukten ontstaan afvalprodukten die energetisch bijzonder waardevol kunnen zijn. Zodra dit ook financieel zo is, is de toename van het aantal methaan-vergistingsinstallaties bij veehouderijbedrijven, industrieën en afvalwaterzuiveringsinstallaties toe te juichen. Voor de overheid valt daarbij nog heel wat stimulerend en initiërend werk te doen.

bosbouw voor energiewinning

De teelt van brandhout wordt door sommigen ook als een redelijke energievoorziening gepresenteerd. In het Landbouwkundig Tijdschrift verscheen hierover in 1978 een artikel, waarin deze optie niet erg rooskleurig lijkt (Landbouwkundig Tijdschrift, 91 no. 3, p. 55). Ook recente berekeningen van de samenwerkende electriciteitsproducenten zijn niet erg gunstig (Energie in Nederland SVEN, 1981).
Goed producerende Nederlandse bossen – bijvoorbeeld een populierenbos – leveren 40 m³ hout per ha 's jaarlijks. Dit is 15 ton droge stof (of ca. 285 GJ per jaar). Bij veredeling van deze energievorm kan weer aan gasificatie worden gedacht, maar is ook omzetting naar electriciteit mogelijk. Bij omzetting in electriciteit levert ons dit hout een electrische stroom van ongeveer 3 kW per ha op (tabel III).
Voor het in bedrijf houden van een centrale ter grootte van de centrale van Borssele of Nijmegen (500 MW) is circa 170 000 ha nodig, dus een oppervlak ter grootte van de gezamenlijke IJsselmeerpolders. Daarbij wordt uitgegaan van goede grond, met goede bemesting en goede verzorging. Zijn de produktieomstandigheden minder gunstig dan is veel meer grond nodig. Een 'gewoon' bos levert 4 m³ per ha per jaar, dit is 1,5 ton droge stof. In dat geval is dus bij benadering 2 miljoen ha nodig (of ongeveer het hele Nederlandse cultuurareaal) om een centrale

ter grootte van Borssele draaiende te houden.
De kosten voor deze vorm van elektriciteitsproduktie in termen van energie bedragen voor de produktie in het houtbedrijf en voor transport naar de centrale circa 50 GJ per ha per jaar. Dit is dus in termen van elektriciteit

$$\frac{50 \times 0{,}3}{365 \times 24 \times 3600} = 0{,}48 \text{ kW/ha}$$

De nettoproduktie aan electriciteit bedraagt dus tussen de 2,0 en 2,22 kW elektrische stroom per ha. Dit is kWh 18 000-19 000 kWh per jaar. De brandstofkosten van de centrales bedragen op dit moment circa 9 cent per kWh. De bruto-opbrengst voor de leverantie van hout aan de poort van de centrale bedraagt derhalve f 1600,– – f 1800,– per hectare. Hier is geen droog brood mee te verdienen, maar bosbouw ten behoeve van electriciteit is wel veel voordeliger dan akkerbouw ten behoeve van alcohol.
Afgezien van het ruimtebeslag dat deze produktie met zich brengt is het economisch rendement zo laag dat het een bijzonder onaantrekkelijke gedachte is om daartoe op grote schaal over te gaan. Anders ligt het wellicht bij kleinschalige toepassing van de benutting van hout dat als nevenprodukt beschikbaar komt in vele houtproduktiebedrijven en van al bestaande houtwallen.

tabel IV. Suikerriet voor energieproduktie

voordelen
1. lange groeiperiode, hoge assimilatie waardoor de opbrengst tweemaal zo hoog is als bij aardappels onder vergelijkbare produktie-omstandigheden;
2. veel arbeid nodig voor produktie, weinig machines waardoor de energiekosten per hectare laag zijn;
3. gebruik van uitgeperste rietstengels bij ondervuring van destillatie-installaties waardoor energiekosten in fabriek driemaal zo laag als bij andere gewassen zijn.

energie-balans	GJ per ton geproduceerde alcohol
kosten op landbouwbedrijf (20 GJ per ha)	5
kosten in de fabriek	+ 9
totale kosten	14
verbrandingswaarde van alcohol	27
netto opbrengst	13

opbrengst van suikerriet
8000 kg alcohol per ha 8 × 13 = 104 GJ per ha;
dit komt overeen met 3300 liter benzine per ha of 33 000 km per ha

waarom in andere landen wel energieproduktie van de akker

Toch vindt er in diverse delen van de wereld energieproduktie op de akker plaats. De produktie van alcohol door onder andere suikerrietverbouw in Brazilië vindt op grote schaal plaats en heeft een indrukwekkende invloed op de betalingsbalans van dit land. De oorzaak hiervan is enerzijds gelegen in de produktiemogelijkheden en -wijze in Brazilië, anderzijds in de sociale structuur van dit snel industrialiserende ontwikkelingsland. Zo blijken de opbrengsten van suikerriet in droge stof per ha in vergelijking met aardappelen tweemaal zo hoog. Bij vergelijkbare omstandigheden. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de hogere assimilatiesnelheid (C_4-plant) en het langere groeiseizoen. Bovendien is er relatief veel arbeid en weinig fossiele energie nodig voor produktie en kunnen de uitgeperste rietstengels gebruikt worden voor ondervuring van de energie-slurpende destillatiekolommen. In tabel IV is de vergelijking van suikerriet voor energieproduktie met die van aardappelen gegeven. Deze gegevens zijn afkomstig van een studie van de genoemde regeringscommissie van de VS. De lage beloning van de arbeiders die de suikerrietplantage in stand houden maakt deze produktiewijze mogelijk. Daarom is er in Brazilië dank zij de grote sociale tegenstellingen in dit land 'energy farming' mogelijk. Dit komt overeen met de historische tendens tot verbouw van handelsgewassen teneinde meer deviezen het land binnen te laten komen. Als de sociale situatie van dit land verandert dan zal, aangezien de netto produktie van energie in vergelijking met de bruto produktie zeer gering is, de uitkomst in geld onder zeer zware druk komen te staan. Mogelijk ligt deze situatie anders indien aan andere energie-produktiesystemen wordt gedacht, zoals die van hout met daaraan gekoppeld gasificatie. De dusdoende geproduceerde gassen zijn ook voor andere dan energiedoeleinden bruikbaar.
Daarom ligt hier wellicht nog een gebied voor nader onderzoek. Voor Nederlandse omstandigheden is dit evenwel een uitgesloten mogelijkheid. De produktie van bulkprodukten heeft de Nederlandse landbouw nooit veel opgeleverd en de ingeslagen richting van specialisatie naar hoogwaardige produkten en produktvernieuwing is een beleidslijn die bepaald geen windeieren heeft opgeleverd.

literatuur

Beek, W.J.: Groene basischemie is (te) kostbaar, in: *Zonne-energie en groene grondstoffen* SMO Boek 13. Stichting Maatschappij en Onderneming, Scheveningen 1980, p. 27-46.
Bruin, S.: Biomass as a source of energy. Lezing uitgesproken op de 13e Internationale TNO Conferentie 'Biotechnology, a hidden past, a shining future'. Rotterdam, 27-28 maart 1980.
Jenkins, D.M., McClure, T.A. and Reddy, T.S.: Net energy analysis of alcohol fuels. American Petroleum Institute Publication no. 4312, November 1979.
Lange, J.M.: De energie-huishouding in de Nederlandse landbouw. Publ. nr. 12, IMAG, Wageningen 1975.
Goudriaan, J. and van Laar, H.H.: Calculations of daily totals of the gross CO_2-assimilation of leaf canopies. *Neth. J. agric, Sci. 26,* (1978): 373-382.