

# Bosbouw en energieproductie

*De Forestry Energy Meeting  
gehouden in september 1980 in Jönköping, Zweden*

W. Boxsem<sup>1)</sup> en N. A. Leek<sup>2)</sup>

## 1 Inleiding

Op aarde is ongeveer een derde gedeelte van de landoppervlakte bedekt met bossen. Deze bossen hebben een grote invloed op ons leefklimaat, zowel in materiële als in immateriële zin.

Al duizenden jaren gebruikt de mens het bos op vele manieren. Het belangrijkste produkt uit onze bossen is het hout. Dit hout kan worden gebruikt als brandhout maar kan ook worden verwerkt tot allerhande produkten. De betekenis van brandhout is gedurende de laatste honderd jaar afgenomen. Dit geldt voor de westerse landen, maar niet voor de ontwikkelingslanden: 80% van de jaarlijkse houtkap wordt in deze landen gebruikt als brandhout; in de westerse landen is dit slechts 8%.

Sinds de oliecrisis, in de winter van 1973/1974, bestaat in de westerse landen weer een toenemende belangstelling voor alternatieve energiebronnen. Hierbij kan worden gedacht aan de mogelijke toepassingen van zonne-energie, windenergie, geothermische energie, getijde-energie, maar ook bio-energie. Onder bio-energie moet dan worden verstaan de energie afkomstig van biologische systemen in zijn algemeenheid. Voorbeelden zijn: de toepassing van biogasinstallaties, stroverbrandingsinstallaties, de produktie van alcohol, maar ook de vollediger benutting van de produktiemogelijkheden van het bos.

Bij de huidige bosexploitatiesystemen blijft ongeveer 40% van de totale produktie aan biomassa (biomassa = hout + takken + bladeren + wortels) in het bos achter. Het gaat hierbij vooral om kapafval in de vorm van toppen, takken en stobben. Daarnaast spelen de niet rendabele dunningen en zuiveringen een niet te verwaarlozen rol. De energetische waarde van de totale jaarlijkse bijgroei in de bossen op aarde is enorm hoog, ca. 1.265 EJ (1 EJ =  $10^{18}$  joules). Het totale energieverbruik bedraagt thans 243 EJ (Von Droste, 1979). Op wereldschaal bezien kan de biomassa van de bossen dus worden beschouwd als een hoopvolle,

zich steeds vernieuwende energiebron. De uiteindelijke bijdrage aan het energieverbruik in de wereld zal echter lager zijn dan wat hierboven is aangegeven. Dit wordt onder andere veroorzaakt door de toegankelijkheid van de bossen, de transportmogelijkheden en de gevoerde bospolitiek in de verschillende landen. Niettemin vormt de biomassa in het bos – opgevat als energiebron – een enorme uitdaging voor het onderzoek. Vanaf 1973/1974 zijn in een groot aantal landen onderzoeksprogramma's gestart waarbij vele aspecten met betrekking tot biomassa als energiebron worden onderzocht. Energie-bosbouw is dan ook een onderzoeksterrein dat in landen als Canada, Finland, de Verenigde Staten en Zweden enorme belangstelling geniet.

De eerste onderzoeksresultaten van de verschillende onderzoeksprogramma's op het gebied van energie-bosbouw zijn gepresenteerd op een internationale bijeenkomst, die van 26 september tot en met 3 oktober 1980 in Zweden is gehouden. Deze bijeenkomst viel uiteen in drie delen:

- een internationaal bosbouw energie symposium te Jönköping;
- een aantal velddemonstraties;
- een bosbouw energie workshop te Garpenberg.

De bijeenkomst was georganiseerd en werd ondersteund door: het IEA (International Energy Agency), met name het Forestry Energy Programme, de IUFRO (International Union of Forestry Research Organizations), de Zweedse Universiteit voor Landbouwwetenschappen, de ELMIA en de Nationale Raad voor Ontwikkeling van Energiebronnen in Zweden.

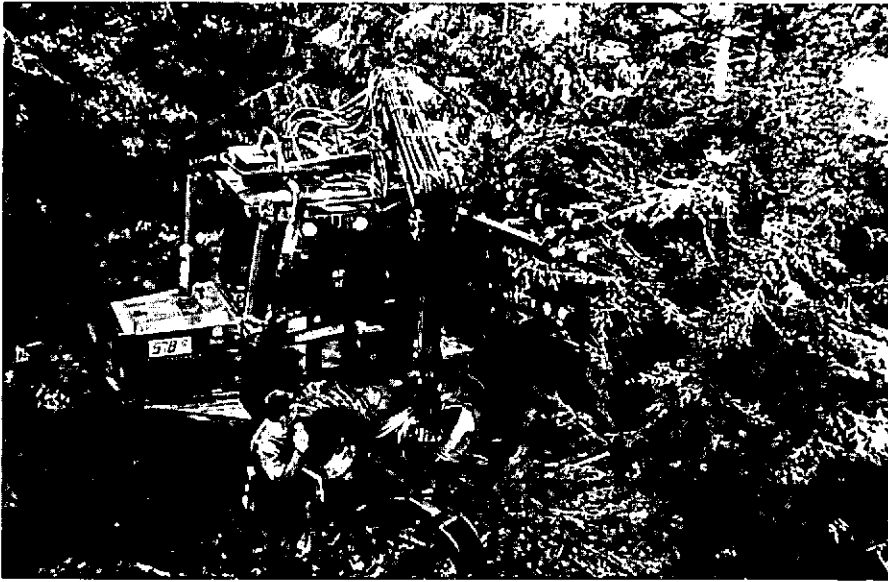
Vanuit Nederland is deze bijeenkomst onder meer bijgewoond door de beide schrijvers van deze beschouwingen. Na enkele inleidende hoofdstukken over het congres wordt in het één na laatste hoofdstuk ingegaan op de (on)mogelijkheden van bosbouw en energieproductie in Nederland.

## 2 Hout; een reproduceerbare energiebron

Hout uit het bos kan rechtstreeks worden verbrand. Van de jaarlijkse houtkap vindt in de westerse landen op deze manier 8% zijn eindbestemming. De overige

<sup>1)</sup> Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad

<sup>2)</sup> Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De Dorschkamp", Wageningen



De Brunett uitdraagtrekker rijdt dunningsbomen uit met een maximale lengte van 5,5 m. De bomen zijn geveld door een Makeri-veller-concentreerder en op 5,5 gekort door de grijpzaag van de Brunett.

92% wordt verwerkt in zagerijen, papier- en kartonindustrieën, spaanplaatindustrieën en dergelijke. In de ontwikkelingslanden vindt daarentegen 80% van het gekapte hout zijn eindbestemming als brandhout. In de meeste gevallen wordt het hout gebruikt om het eten te koken. Dit koken op open vuren is niet erg efficiënt. Van de 18-20 MJ/kg droog hout komt slechts 2-10% nuttig in de kookpot terecht. Met een goede houtoven is echter een rendement van 40% te bereiken. Grote industriële fornuizen met goede isolatie, warmtewisselaars en primaire plus secundaire verbrandingszones komen zelfs tot een rendement van 90%.

Het is ook mogelijk hout door middel van chemische processen om te zetten in gasvormige of vloeibare brandstoffen. Dit kan in principe ook met het houtafval, dat thans in het bos en bij de fabrieken achterblijft. Het gaat hierbij onder andere om de volgende processen (Zerbe, 1980):

a *pyrolyse* (houtverkoling, houtvergassing), waarbij hout onder afsluiting van lucht wordt verhit. Naast houtskool ontstaan hierbij een groot aantal gasvormige producten, onder andere ethaan, methaan, koolmonoxide en kooldioxide. Uit de condenseerbare gassen kunnen producten worden gewonnen als methanol, aceton, azijnzuur en teer. Met name in de USA en in Noorwegen is de laatste jaren intensief onderzoek verricht naar het houtverkolingsproces. De aandacht richt zich hierbij vooral op rendementsverbetering van het proces. In Noorwegen bleek dat kleine transportabele houtverkolingsinstallaties een rendement hadden van 40-60%. Grotere installaties halen een rendement van 80%. In navolging op eerdere experimentele installaties wordt nu in Elverum een relatief grote installatie gebouwd, die uiteindelijk 0,36 EJ/jaar moet gaan pro-

duceren. De centrale eenheid bij deze installatie, die gecombineerd met een houtzagerij en houtsorteerbedrijf wordt gebouwd, is het pyrolyse reactorvat, dat in de eerste plaats houtskool moet produceren dat kan worden gebruikt voor de verwarming van gebouwen en als grondstof voor industriële doeleinden. De energiebron wordt gevormd door kapafval uit het bos en houtafval van de zagerij. Naast gebruik als brandstof vindt houtskool ook toepassing in de metallurgische industrie.

b *hydrolyse* (houtversuikering), waarbij door middel van bewerking met zuren of enzymen hexosen en pentosen uit de cellulose ketens in het hout worden vrijgemaakt. Uit deze producten kunnen met verschillende vervolprocessen, zoals fermentatie, dehydratering, hydrolyse, hydrogenering en kristallisatie een groot aantal eindproducten worden vervaardigd. De belangrijkste eindproducten in verband met energieproblematiek zijn de alcoholen. Thans bestaan met name in Brazilië, de Sovjet Unie en Zwitserland fabrieken waar uit hout ethanol wordt bereid. Deze ethanol bereiding kan ook plaatsvinden door fermentatie van suikers afkomstig van pulpafval. In de USA en Zwitserland zijn enkele fabrieken die op deze basis werken.

De meeste onderzoeksprogramma's die thans bezig zijn, richten zich op verbetering van de hierboven genoemde processen, waarbij in de eerste plaats wordt gedacht aan rendementsverbetering. De meeste processen en thans bekende technieken zijn gebaseerd op tamelijk homogene en nauwelijks verontreinigde grondstoffen. Thans richt het onderzoek zich echter ook op minder homogene grondstoffen. De gedachten gaan hierbij uit naar: kapafval uit bossen, stobben,

houtafval van zagerijen, stro en andere organische afvalstoffen.

In het kader van hergebruik van materialen wordt zelfs nagegaan of uit huis- en industrieafval energiewinning mogelijk is. Te denken valt hierbij aan verbetering en verfijning van de bovengenoemde processen, maar ook aan vuilverbrandingsinstallaties, waarbij de vrijgekomen warmte nuttig kan worden gebruikt voor plaatselijke verwarmingsdoeleinden.

Naast de directe en indirecte vormen van hout als energiebron, die tot nu toe zijn vermeld, moet ook worden gewezen op de mogelijkheden hout en houtafval in de meest ruime zin te verspanen (verchippen) met verspaners tot houtchips. Deze houtchips kunnen dan in silo's worden opgeslagen, die vervolgens door middel van een of ander continu transportsysteem zijn verbonden met (hout)verbrandingsovens. Op deze wijze is het veelal mogelijk de verbrandingsovens van een regelmatige brandstoftoevoer te voorzien, waardoor weer een efficiëntere verbranding mogelijk is. Wanneer de volledige biomassa uit het bos wordt verwijderd en/of wordt verspaand tot boomchips ontstaan een aantal problemen, die vooral de laatste jaren nader onderzocht zijn:

### 1 Verlies van voedingsstoffen

Bij de traditionele houtoogst, waarbij alleen het economisch verkoopbare gedeelte van de stam wordt geoogst, blijft een groot deel van de biomassa als kapafval in het bos achter. De in dit kapafval aanwezige voedingsstoffen worden na afbraak door de micro-organismen weer in de voedselkringloop opgenomen. Door de totale biomassa uit het bos te verwijderen (verspaning, afvoer takken, stobben) wordt het bestaande ecologische evenwicht in het bos doorbroken. Met name in Duitsland en Zweden wordt hier intensief aandacht aan geschonken. In Zweden bestaat de indruk dat vooral de N-kringloop een belangrijke rol speelt. Het uiteindelijk effect van de afvoer van biomassa lijkt echter afhankelijk te zijn van de houtsoorten en de standplaats. In Zweden wordt ook gewerkt aan een terreinclassificatie, waarin wordt aangegeven op welke terreinen kapafval kan worden geoogst. In West-Duitsland wordt onderzocht of het mogelijk is, de asresten van de schorsverbranding bij grote papier- en pulpfabrieken weer terug te brengen naar het bos. De voedingswaarde van deze asresten is niet onaanzienlijk (tabel 1).

Ook in Finland wordt er aan gedacht de as terug te voeren naar de landbouwgronden of naar het bos. Op dit moment wordt jaarlijks 80.000 ton as geproduceerd ten gevolge van verbranding van hout en veen. De verwachting is dat dit in 1990 zal zijn gestegen tot 250.000 ton. Er zijn thans reeds diverse technieken ontwikkeld voor het terugbrengen van as naar het bos.

Tabel 1 Voedingselementen in asresten van verbrande schors van fijnspar in mg/100 g ODS\*) gewicht.

omschrijving	gewicht
P	534,6
K	1.700,0
Ca	571,1
Mg	1.000,0
N %	0,04
pH - H <sub>2</sub> O	12,6
pH - KCl	12,5

Bron: Dietz, 1980.

\*) ODS = Ovendrogestof

### 2 Opslagproblemen

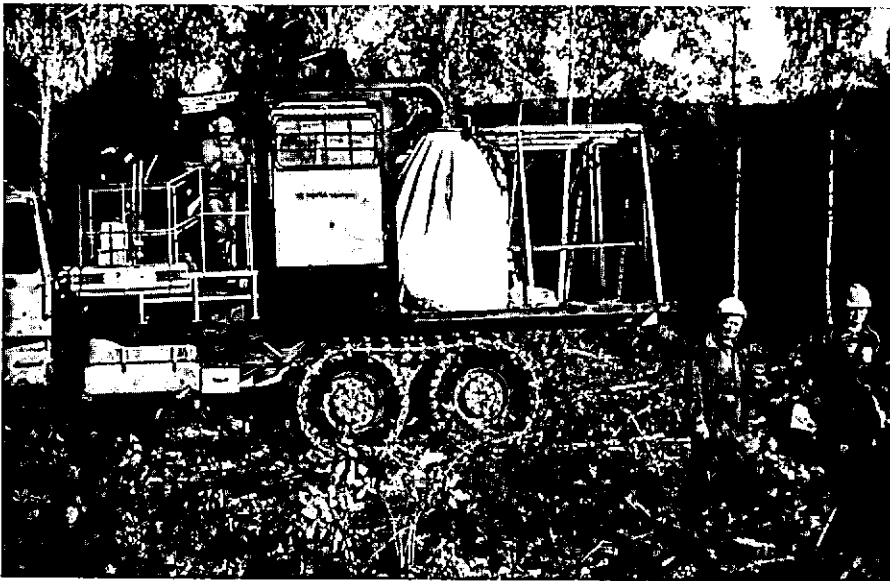
In Canada, Finland, Noorwegen en Zweden wordt het kapafval uit de bossen als een belangrijke energiebron beschouwd. De verbrandingswaarde van dit kapafval hangt sterk af van het vochtgehalte. Dit vochtgehalte hangt af van enerzijds natuurlijke droging en anderzijds van de waterabsorptie. Langdurige opslag leidt tot houtontleding en dus tot materiaalverlies. Daarom is de wijze van opslag enorm belangrijk. Vooral in Zweden wordt veel onderzoek verricht naar de verschillende opslagmethoden. De belangrijkste zijn:

- verzamelen van onverwerkt kapafval tot stapels, op het kaalkapterrein;
- stapels vormen van onverwerkt kapafval langs de weg of op het terrein van de houtverwerkende industrie;
- samengeperst en gebundeld ("baled") kapafval opslaan op het kaalkapterrein langs de weg of op het terrein van de houtverwerkende industrie;
- verspaand ("chipped") en versnipperd kapafval opslaan in stapels op het terrein van de houtverwerkende industrie.

Uit tot nu toe verricht onderzoek valt af te leiden dat door het verzamelen van onverwerkt kapafval tot stapels op het kaalkapterrein in een periode van 6 maanden gedurende de zomer het vochtgehalte kan worden teruggebracht van 50% tot 25-30% (vers gewicht). Deze verlaging van het vochtgehalte geeft een verhoging van de verbrandingswaarde van 10-15%.

De overige opslagmethoden geven niet hetzelfde resultaat:

- opslag buiten gedurende de winter in Zweden leidt tot absorptie van water, veroorzaakt door ijs en sneeuw.
- opslag van verspaand afval (chips) veroorzaakt materiaalverlies met als nevengevolg warmteproductie (broei). Dit laatste zou echter mogelijk gebruikt kunnen worden om de chips te drogen.



Een geheel nieuw systeem van Poma voor weinig waardevolle kaatslagen van gemengd loofhout. Op een uitdraagtrekker zijn een verspaanmachine en een zakkeninstallatie geplaatst. De zakken, gevuld met 3 m<sup>3</sup> spaanders, worden op het terrein gelost en met een aangepaste uitdraagtrekker naar een truck gereden. De zakken worden direct gelegegd en gaan retour naar de Poma.

### 3 Houtproductie voor energiedoelinden

Het hout voor energiedoelinden komt natuurlijk in de eerste plaats uit bestaande bossen en beplantingen. Een andere belangrijke bron is die, waar door verwerking afval ontstaat. Deze bronnen noemen we de *traditionele energiebronnen*. Het is ook mogelijk energieplantages aan te leggen met gewassen, die in zeer korte omlopen worden geteeld (*energy farming*). Deze bronnen noemen we de *nieuwe energiebronnen*.

#### 3.1 Traditionele energiebronnen

De traditionele energiebronnen omvatten hout dat afkomstig is van:

- onrendabele dunningen en zuiveringen in het bos;
- achterblijvend kapafval, zoals takken, toppen, stobben e.d.;
- afval van de houtverwerkende industrie: schors, zaagsel, zaagrestanten;
- zuiveringen in stads- en recreatieparken en landschapselementen;
- bouwafval.

Het gaat hierbij vaak om aanzienlijke hoeveelheden. Zo blijkt in de Verenigde Staten 544 miljoen ton ODS hout niet te worden gebruikt. Wanneer hiervan 50% economisch winbaar is als energiebrandstof betekent dit een jaarlijkse energiebijdrage van ca. 5,4 EJ. Deze hoeveelheid te zamen met de huidige 1,4 EJ, die thans uit het houtafval wordt geproduceerd kan ca. 8% dekken van de huidige energiebehoefte in de VS, welke zoals bekend de hoogste ter wereld is (Buckman, 1980).

In Canada wordt jaarlijks 219 miljoen ton ODS aan biomassa geproduceerd, welke niet wordt gebruikt. Deze biomassa vertegenwoordigt een energetische waarde van ca. 4,3 EJ, of wel ca. 50% van het huidige Canadese energieverbruik (Reed/Overend, 1980). In Groot Brittannië wordt geschat dat van de 3,2 miljoen ton ODS aan biomassa, die van het kapafval afkomstig is, in het jaar 2000 c.a., 1,52 miljoen ton ODS bruikbaar is om de energiebehoefte te dekken. Deze biomassa vertegenwoordigt een energetische waarde van ca. 0,028 EJ; dit is ca. 1% van het huidige energieverbruik in Groot Brittannië (Mitchell, 1980).

In Finland wordt al sinds mensenheugenis houtafval gebruikt voor verbrandingsdoelinden. Verwacht wordt dat de totale produktie hiervan wordt opgevoerd van 3,2 miljoen ton ODS in 1979 tot 7 à 9 miljoen ton ODS in het jaar 2000. Dit lijkt een niet onrealistische doelstelling gezien de thans aanwezige grote massa onverkoopbaar hout met kleine diameters. In dit verband kan worden opgemerkt dat de totale biomassa van de jaarlijkse houtkap in Finland ca. 40 miljoen ton ODS bedraagt. Meer dan 40% hiervan of wel 17 miljoen ton ODS bestaat uit onverkoopbare takken, stobben, toppen en stammen met kleine diameters (Hakkila, 1980).

In de Zweedse bossen wordt jaarlijks ca. 60 miljoen ton ODS aan biomassa geproduceerd. Hiervan wordt ca. 35 miljoen ton ODS geogst aan verkoopbaar hout, zodat ca. 25 miljoen ton ODS aan biomassa in het bos achterblijft. Deze biomassa komt overeen met ca. 8 miljoen ton olie-equivalenten, of wel ca. 25% van het Zweedse oliegebruik in 1980 (Söderberg, 1980).

De papierindustrie in Zweden stond aanvankelijk nogal gereserveerd tegenover het gebruik van hout voor energie, vanwege te verwachten concurrentie met

het papierhout. Op dit moment ligt de waarde van hout voor pulp hoger dan voor energie. Voor energie wordt in de eerste plaats gedacht aan het kapafval (7-11 miljoen m<sup>3</sup>/jaar) en het surplus aan loofhout (5-7 miljoen m<sup>3</sup>/jaar). Alleen in afgelegen streken, ver van de papierfabrieken, zal papierhout voor energie worden aangewend. De verwachting is dat tegen 1985 de papierindustrie 2,5-3 miljoen m<sup>3</sup> per jaar aan houtafval zal gebruiken voor energieopwekking.

Bij gebruik van energiehout wordt in de eerste plaats gedacht aan lokale consumptie door boeren. Er zijn in Zweden ca. 100 verbrandingsinstallaties bij boeren geplaatst, waarbij de overheid 50% van de aanschaf subsidieert. Gezien het bulkachtige karakter van hout zal er zich geen markt ontwikkelen voor particulier gebruik, wel voor de papierindustrie en voor wijkverwarming. Transportafstanden dienen wel zo kort mogelijk gehouden te worden. Wat betreft de energie-input is een hoge laadfactor bij het transport veel belangrijker dan de wijze van verkleinen (Jones, 1980). Uit onderzoek in de Verenigde Staten bleek de extra energie, benodigd om energie uit houtafval te produceren, erg gering. Een input van 0,0067 tot 0,0304 BTU (= British Thermal Unit) was nodig voor 1 BTU output. Gebruik van afval blijkt energetisch erg efficiënt (Walbridge, 1980).

### 3.2 Nieuwe energiebronnen

Naast de min of meer traditionele energiebronnen zoals het houtafval van de houtverwerkende industrie en het kapafval in de bossen, is het ook mogelijk speciale energieplantages aan te leggen van snelgroeien- de houtsoorten. De bedoeling van deze energieplantages is om in een relatief korte tijd (2-6 jaar) een zo groot mogelijke biomassa te produceren, welke dan wordt verwerkt tot houtchips, die in (hout)verbran-

dingsovens kunnen worden verbrand. In landen als Canada, Groot-Brittannië, Ierland en Zweden zijn met betrekking tot deze problematiek onderzoeksprojecten gestart. In Ierland houdt het lopende onderzoeksprogramma (1976-1980) zich bezig met een groot aantal teelttechnische aspecten, waarbij onder andere aandacht wordt geschonken aan de houtsoortenkeus en de oogstmethodeken. In de komende onderzoeksperiode 1979-1983 zal een demonstratieproject worden opgezet, waarbij onder meer een 5 MW-energiecentrale zal worden gebouwd, die o.a. gevoed zal worden met biomassa afkomstig van hakhoutcultures. Aangenomen wordt dat deze hakhoutcultures 12 ton ODS/ha/jaar kunnen produceren (Healy, 1980). In Groot-Brittannië wordt aangenomen dat de biomassaproductie van snelgroeien- de houtsoorten uiteenloopt van 4 ton ODS/ha/jaar tot 20 ton ODS/ha/jaar (tabel 2).

Op grond van deze cijfers wordt geschat dat in 2000 in totaal 12,5-20 miljoen ton ODS kan worden geproduceerd, wat overeenkomt met een energetische waarde van 0,23-0,37 EJ. Deze biomassaproductie zal dan worden gerealiseerd op een oppervlakte van 1,5 miljoen ha, waarvan 1,0 miljoen is gelegen in heuvel- en bergachtige gebieden (Mitchell, 1980).

Het verst gevorderd met het onderzoek naar de mogelijkheden van energieplantages zijn de onderzoekers in Zweden. De eerste serie proefwaarnemingen laten productiecijfers zien die door veel onderzoekers als niet realistisch worden beschouwd. Genoemd zijn getallen van 25-32 ton ODS/ha/jaar (Siren, 1980). Tijdens de discussie stelde Siren dat het veredelingsonderzoek tot nu vooral was gericht op kwaliteitsproductie en niet op droge stof productie. De eerste serie proefwaarnemingen worden nu op uitgebreide schaal herhaald. Hiertoe is in 1980 in Finnmosen (Midden Zweden) gestart met een grote veldproef op een terrein van 80 ha. Verondersteld wordt dat in Finnmosen in

Tabel 2 Geschatte biomassaproductie van enkele snelgroeien- de houtsoorten in Groot Brittannië in ton ODS/ha/jaar.

oogstmethode	houtsoort	productie	
		laagland	hoogland
hakhoutstelsel (bovengrondse delen)	populier	20	
	wilg	15	
	Nothofagus	10	
	els/esdoorn	6	
	tamme kastanje	4	
hele boomstelsel (alle bovengrondse delen plus wortels)	Nothofagus	14	6
	douglas	11	6
	Corsicaanse den	9	5
	sitkaspar	9	5
	es	8	
	berk	9	7
	Japane lariks	8	7

Bron: Mitchell, 1980.

het landelijk district van Surahamma een biomassa-productie mogelijk is van 12 ton ODS/ha/jaar.

De oogst van dergelijke energieplantages vertegenwoordigt – uitgaande van het gegeven dat de olie 1000 Skr/ton kostte in 1980 – een bruto waarde van 5000 Skr/ha per jaar.

De rentabiliteitsstudies van het project laten bij 4% rente een positief resultaat zien, maar bij 10% rente een negatief resultaat. In de herfst van 1980 heeft in Finnmosen de grondbewerking plaatsgevonden, terwijl in het voorjaar van 1981 30.000 wilgenstekken per ha zullen worden geplant. De rijafstand varieert tussen de 0,70 en 1,00 m. De afstand in de rij varieert van 0,30-0,70 m. Na twee jaar zal de eerste oogst plaatsvinden, dat wil zeggen in de winter van 1983/1984. Uit de eerste onderzoeken op het terrein te Finnmosen is gebleken, dat het eerste seizoen een bemesting noodzakelijk is van 100 kg N, 28 kg P en 115 kg K per ha plus een geringe hoeveelheid micro-elementen. De meststof kan op twee manieren worden toegediend:

- a twee keer per seizoen door het strooien van meststofkorrels;
- b regelmatig via een automatisch werkend sproei-systeem.

Voorlopige berekeningen hebben aangetoond dat, wil de zaak bedrijfseconomisch gezien uitkomen, de totale energieproductie volgens systeem b 50% hoger dient te zijn dan volgens systeem a. In Zweden heeft een terreininventarisatie aangetoond dat er 3 miljoen ha land beschikbaar is, waarop in principe energieplantages kunnen worden aangelegd. Uit de eerste onderzoeken valt ook af te leiden dat per ha en per jaar een biomassa kan worden geproduceerd die overeenkomt met 7-10 ton olie-equivalenten (Söderberg, 1980).

## 4 Oogst en transport van energiehout

### 4.1 *Energiehout uit bestaande bossen en beplantingen*

De huidige oogstechnieken zijn gebaseerd op het oogsten van stamhout. Kroon en stob worden achtergelaten in het bos. Door de sterk gestegen energieprijzen is de belangstelling voor dit materiaal als brandhout zeer sterk toegenomen. Er zet zich dan ook een versterkte invoering door van die houtoogstsystemen, waarbij de boom (eventueel met stob) in zijn geheel wordt geoogst. Was de aandacht aanvankelijk vooral gericht op het verspanen van bomen in het bos, door de moeilijke afzet van boomchips aan de papierindustrie wordt nu gezocht naar andere mogelijkheden. Centraal daarbij staat de gedachte om zo weinig mogelijk in het bos te doen en de bewerkingen te concentreren op centrale verwerkingsplaatsen. Veel belangstelling

bestaat dan nu ook voor het snoeien van bomen in bundels in speciale bundelsnoeiers of in schiltrommels. Het stamhout wordt gebruikt voor papierfabricage.

Gaat het om erg dun hout, dan kan de boom in zijn geheel worden verspaand, vanwege het geringe aandeel papierhout.

Naast de boommethode zijn er diverse systemen ontwikkeld om de biomassa te oogsten, die na conventionele oogst in het bos achterblijft. Een groot probleem met dit materiaal is de heterogene samenstelling en de lage dichtheid, waardoor transport en laden en lossen worden bemoeilijkt.

### *Oogst van bomen of boomgedeelten*

In Zweden worden op grote schaal proefnemingen gedaan met de oogst en het transport van boomgedeelten uit vroege dunningen. De bomen worden naar het dunningspad gesleept en daar gekort in lengten van 5 à 6 m met een in de houtgriper ingebouwde kettingzaag en met de uitdraagtrekker naar de bosweg gereden. Dit materiaal moet worden verdicht van ongeveer 220 kg/m<sup>3</sup> naar 320 kg/m<sup>3</sup>. Dit kan worden bereikt door de boomgedeelten voor het laden samen te drukken en in bundels te binden of door de lading op de truck samen te drukken. Twee Zweedse fabrikanten hebben voor de laatste werkwijze speciale hulpmiddelen ontwikkeld die ook op de demonstraties werden getoond. De resultaten hiervan zijn veelbelovend. Worden bomen van eindvellingen in hun volle lengte naar een centrale gebracht dan blijkt het moeilijk om vrachten boven de 25 ton samen te stellen. Dit komt met name door de grote weerstand van oudere kronen, vooral bij dennen.

Het transport van ongesnoeide bomen geeft echter geen onoverkomelijke technische problemen. Ook in andere landen zijn reeds ervaringen opgedaan. Blijven de transportafstanden kort dan is de invloed van de lading van minder grote invloed op de totale systeemkosten.

### *Oogst van kapafval*

Er zijn reeds diverse ervaringen opgedaan met het verspanen en uitrijden van kapafval. Het kapafval wordt of op de kapvlakte verspaand of langs de bosweg. In het laatste geval wordt het kapafval met uitdraagtrekkers naar de bosweg gereden.

Dergelijke systemen, waarbij de chips met containertrucks direct naar de fabriek worden vervoerd, zijn technisch zeer goed mogelijk en geven de laagste transportkosten, maar ze zijn tegelijkertijd erg gevoelig voor storingen. Het is een zaak van planning en organisatie om transport en verspanen in het bos goed op

elkaar af te stemmen. Ervaringen tot nu toe opgedaan in Zweden wijzen erop dat verspanen in het bos tot hogere kosten leidt dan centraal verspanen. Verspanen van kapafval in het bos kan wel plaatsvinden

- bij aanmaak van chips voor privé gebruik;
- bij grootschalige productie indien opslag van chips vermeden kan worden.

Bij centraal verkleinen kan ook van andere verbrijzelingsstechnieken dan het verspanen gebruik worden gemaakt (onder andere „crushers” en hamermolens). Om energie te besparen blijkt de wijze van verkleinen veel minder belangrijk te zijn dan het zo goed mogelijk benutten van de laadcapaciteit van de trucks.

Wordt kapafval centraal verkleind, dan moet worden gezocht naar methoden om het materiaal te verdichten. Dit kan door het persen van balen of door speciale apparatuur op de truck. In de Verenigde Staten is een balenpers voor kapafval ontwikkeld. Deze pers kan op verschillende manieren worden ingepast in de conventionele langhoutmethode. Berekeningen geven aan dat het persen van kapafval in balen van ca. 550 kg in de USA economisch haalbaar is. Een groot voordeel is dat de balen met conventionele rondhout trucks kunnen worden vervoerd.

In Zweden wordt onderzoek gedaan op de mogelijkheden om het kapafval in de trucks te verdichten. Het kapafval weegt ca. 150-200 kg/m<sup>3</sup>. Verdubbeling van de dichtheid wordt haalbaar geacht.

#### Oogst van stobben

Stobben worden thans in Zweden geoogst voor pulpchips. De oogst vindt plaats met speciale machines na conventionele kaalkap. Oogst van de stob tijdens het vellen biedt economisch betere perspectieven. Transport van de stobben naar centrale schoonmaak- en verwerkingsinstallaties blijft problematisch vanwege de grote hoeveelheid verontreinigingen en de grote moeilijkheden om dit voor transport te verwijderen.

#### 4.2 Energieplantages

Speciaal voor energieplantages wordt thans voornamelijk in Canada, Groot-Brittannië, Ierland en Zweden gezocht naar nieuwe oogstmethoden. Vooral de Zweedse onderzoekers zijn hierin al ver gevorderd. Na een uitgebreide studie door de Ergonomi Design Gruppen A.B., waarbij verschillende mogelijke machineontwerpen uitvoerig zijn bestudeerd is een oogstmachine verder uitgewerkt (figuur 1) (Crafoord, 1980). Deze oogstmachine bestaat uit een basismachine, de Lundberg 341 met een motorvermogen van 47 kW, en een totaal gewicht van 2.740 kg. Op deze basismachine is voorop een velelement gemonteerd, bestaande uit 2 x 2 cirkelzagen. Na het afzagen worden de

scheuten verzameld in bundels welke vervolgens boven op de machine worden gebracht. Boven, c.q. achter op de basismachine bevindt zich een bundel/afkortmechanisme, dat de scheuten samenbundelt en afkort op standaardlengten van ca. 4 m. Deze bundels worden op het veld gedeponneerd en later door een kraanwagen op een truck geladen, welke de bundels dan naar hun eindbestemming vervoert. Behalve het vormen van bundels is het in principe ook mogelijk de scheuten op het terrein te verspanen en deze „chips” in grote containers te blazen, welke dan worden afgevoerd naar hun eindbestemming. Deze methode van oogstverwerking is echter niet verder ontwikkeld, wat vooral is terug te voeren op de zeer zware chippers die dan het terrein op moeten. Dit is gezien de vaak drassige en moeilijk toegankelijke terreinen onmogelijk.

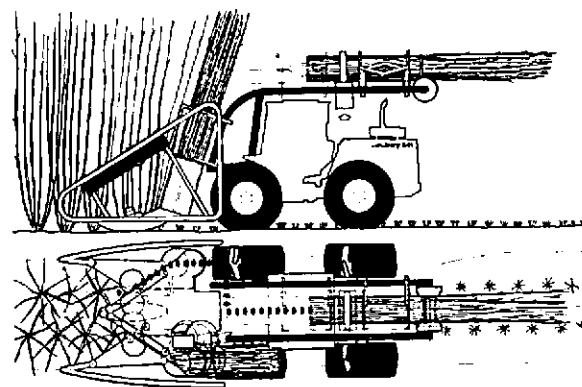
Na deze uitvoerige voorstudies heeft het ingenieursbureau SIKOB uit Zweden een prototype oogstmachine (figuur 1) gebouwd, waarmee nog deze winter de eerste veldproeven zullen worden genomen, mogelijk zelfs in de IJsselmeerpolders.

#### 5 Bosbouw en energieproductie, ook in Nederland?

In de eerste plaats moet worden gesteld dat hout en/of houtafval in de totale energievoorziening van ons land slechts een beperkte bijdrage zal kunnen leveren. Zou de totale Nederlandse houtoogst van ca. 1 miljoen m<sup>3</sup> per jaar voor energiedoeleinden worden aangewend, dan levert dit minder dan 1% van het huidige verbruik (Aardema, 1978). We gaan dan voorbij aan de veel hoogwaardiger toepassingen, die hout in onze samenleving kent.

##### 5.1 Brandhout uit bestaande bossen en beplantingen

Brandhout is tot op heden veelal een luxe-artikel, gebruikt voor het stoken van de open haard. Er is wel een



Figuur 1 Principe voor oogstmachine voor het oogsten van energiehout.

duidelijke kentering merkbaar naar het gebruik van haardkachels, waarmee een duidelijk hoger rendement wordt verkregen. In de houtbe- en verwerkende industrie wordt houtafval op bescheiden schaal voor energiedoeleinden gebruikt. Door de sterk gestegen energieprijzen is het gebruik van hout en houtafval als brandhout sterk in de belangstelling komen te staan. Ter indicatie volgen hier enige cijfers: 1 m<sup>3</sup> loofhout (bij 15 à 20% vochtgehalte, zijnde luchtdroog<sup>1</sup>) heeft een verbrandingswaarde gelijk aan 230 liter stookolie, voor 1 m<sup>3</sup> naaldhout is dit 150 liter (Denninger, 1980). Bij de huidige gebruikersprijs van f 0,70 per liter stookolie is de stookwaarde van 1 m<sup>3</sup> loofhout ca. f 160,— en van 1 m<sup>3</sup> naaldhout ca. f 100,—. Tegenover deze theoretische opbrengst staan de kosten van oogst, transport, eventuele verdere bewerking (korten, kloven of verspanen), opslag en bediening van de ketel. Het in ons land geogste hout heeft veelal hoogwaardiger toepassingen dan brandhout. Gezien de hoogte van de stookwaarde van loofhout is het denkbaar dat brandhoutgebruik kan concurreren met de minst opbrengende loofhoutsortimenten. Voor het naaldhout ligt dit anders. Gebruik als brandhout lijkt pas zinvol, indien geen andere kostendekkende aanwendingsmogelijkheden bestaan (Ebert, 1980).

Hout, waarvoor geen bestemming is, komt het meest voor brandhout in aanmerking. Het gaat dan om houtafval bij de houtbe- en verwerkende bedrijven, houtafval in huisvuil, sloophout en om hout uit bossen en beplantingen, dat nu niet wordt geogst. In feite betreft het allemaal afvalhout. Vooral daar, waar hoge kosten voor destructie of afvoer worden gemaakt, is het gebruik als brandhout aantrekkelijk. Wat is er nu in ons land aan houtafval beschikbaar voor energie? De hoeveelheid *houtafval* bij houtverwerkende bedrijven wordt geschat op ca. 200.000 m<sup>3</sup> per jaar (Regionaal hout, 1980). Menig bedrijf zou geheel of voor een belangrijk deel in zijn energiebehoefte kunnen voorzien door verbranding van het afvalhout.

Wat betreft het Nederlandse bos schatten wij dat er per jaar ca. 25 à 30.000 m<sup>3</sup> vrij kan komen uit *onrendabele dunningen* en dat er ca. 150 à 200.000 m<sup>3</sup> aan kapafval in het bos achterblijft (dunningen én kaalslagen). Oogst van het kapafval zal in ons land niet direct plaatsvinden, zowel vanwege technische als biologische problemen. Het oogsten van kapafval op kaalslagen betekent een extra onttrekking van voedingsstoffen, wat vooral op arme standplaatsen problemen kan opleveren. Toepassing van de boommethode (het gehele bovengrondse gedeelte van de boom wordt geogst) in de eerste dunningen lijkt meer perspectieven te bieden. Op deze wijze kunnen de oogstkosten

worden verlaagd, zodat deze maatregelen mogelijk weer kostendekkend kunnen worden uitgevoerd. Moeilijk is te schatten hoeveel hout er vrijkomt uit *houtwallen*, *landschappelijke* en *stedelijke beplantingen*, *wegbeplantingen*, etc. Er is namelijk weinig bekend over oppervlakten en over de productie van dit soort beplantingen. Indien het hout uit deze veelal kleinschalige beplantingen als brandhout kan worden gebruikt, dan hebben deze beplantingen opnieuw een productiefunctie gekregen, waarmee het onderhoud voor de toekomst wordt verlicht. Onderzoek is nodig naar de productie van bestaande beplantingen en naar de mogelijkheden van productieverhoging door toepassing van andere houtsoorten.

Vanwege de hoge transportkosten van hout en vooral van houtafval moeten de transportafstanden worden beperkt. De brandstof dient eigenlijk ter plaatse beschikbaar te zijn, zodat de gebruiker zelf het hout kan oogsten, transporteren en eventueel bewerken. Voor het gebruik van brandhout komen dan ook boerenbedrijven, recreatiebedrijven, plantsoendiensten en dergelijke het meest in aanmerking.

Naast de eerdergenoemde belangstelling voor haardkachels komen er nu ook steeds meer verbrandingsinstallaties, die op de bestaande c.v.-systemen kunnen worden aangesloten. Deze installaties hebben een beduidend hogere capaciteit dan haardkachels. Het gaat om rondhoutgestookte ketels (de zogenaamde alles- of afvalbranders) en om speciaal voor houtspaanders ontworpen installaties, die aan bestaande olieketels worden gekoppeld. De laatste installaties zijn veelal afkomstig uit Scandinavië. Een andere toepassing, waarbij naast warmte ook elektriciteit wordt geproduceerd, is de houtgasgenerator. Ook hiervoor is hernieuwde belangstelling. Verschillende prototypen met klein vermogen zijn thans in ontwikkeling.

## 5.2 *Energieplantages met snelgroeiende houtsoorten*

Het gaat hier om een teeltsysteem, dat vergelijkbaar is met ons huidige griendbedrijf. De teelt is gericht op maximale biomassa met snelgroeiende houtsoorten in korte omlopen (één tot zes jaar). De wilgengrienden in de Flevopolders leveren op dit moment, als producent van rijshout, 16-20 ton/ha/jaar aan biomassa. Dit is ongeveer 6 tot 9 ton ODS/ha/jaar. Deze opbrengsten liggen lager dan internationaal voor mogelijk wordt gehouden. Opbrengsten van 10-15 ton ODS/ha/jaar worden voor West-Europa realistisch genoemd (Healy, 1980; Mitchell, 1980). Om meer inzicht te verkrijgen in de productiemogelijkheden van energieplantages in ons land zijn door de afdeling Groei- en Opbrengst van "De Dorschkamp" in 1980 proeven gestart met diverse populiereklonen. Nagegaan wordt wat de maximaal haalbare opbrengsten zijn op zeer goede landbouwgronden.

<sup>1</sup>) Dit vochtgehalte wordt bereikt na minstens één jaar drogen in een goed doorluchte ruimte. Na één zomerperiode drogen komt het vochtgehalte op ca. 30%, waarbij de verbrandingswaarde 15% lager is.



Uit een studie van de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders blijkt dat de griendien in de Flevopolder een positieve energiebalans vertonen (Boxsem, 1981). De verhouding tussen energieproductie tot energieverbruik bedraagt 10 tot 13. De jaarlijks geproduceerde biomassa vertegenwoordigt een energetische waarde van ca. 130.000 MJ/ha of wel ca. 3 ton olie-equivalenten per ha. Bij het huidige beheers- en oogststelsel is echter de kostprijs van het rijshout per GJ ten opzichte van de traditionele energiedragers gas en olie veel te hoog.

Gezien de positieve energiebalans is het denkbaar dat hout grootschalig wordt geteeld voor bijvoorbeeld de opwekking van elektriciteit. Door Rabbinge is berekend dat de brandstofkosten van deze stroom per kWh tweemaal zo hoog zijn als de kosten van elektriciteit, die met fossiele brandstof is opgewekt. Er worden tevens zeer forse aanspraken op landbouwgrond gemaakt: voor een 500 MW-centrale is ca. 200.000 hectare goede landbouwgrond vereist! (Rabbinge, 1980). Een andere toepassing waar veel over wordt gesproken, is de productie van vloeibare brandstoffen (ethanol of methanol) uit hout of andere landbouwproducten. De meeste gewassen tonen al dit productieproces een negatieve energiebalans. Alleen bij suikerriet en cassave is deze positief bij de huidige standaardtechnieken (Bruin, 1980). Het produceren van hout voor deze toepassing is dus niet interessant.

Grootschalige toepassingen van "energy farming" lijken in ons land, mede gezien de grote druk op landbouwgrond, dan ook nauwelijks realistisch. Voor kleinschalige toepassingen, bij voorbeeld enige hectares voor eigen energievoorziening (brandhout), biedt het telen van hout in korte omlopen meer perspectieven. Nader onderzoek is hier gewenst.

## 6 Conclusies

Sinds de oliecrisis van 1973/1974 is de belangstelling voor het bos als mogelijke energieproducent enorm toegenomen. Uit de voordrachten gehouden op de Forestry Energy Meeting bleek dat veel landen onderzoekprogramma's zijn gestart om de mogelijke bijdrage van de bosbouw aan het energievraagstuk te bestuderen.

Dit onderzoek is enerzijds gericht op het verkrijgen van een betere benutting van de productie van het bos door meer biomassa te oogsten, anderzijds op het ontwikkelen van teeltsystemen waarbij met snelgroeiende houtsoorten in korte omlopen hoge producties worden verkregen. Opbrengsten van 10-15 ton droge stof per hectare per jaar worden voor deze teeltsystemen in West-Europa realistisch genoemd.

Als brandstof kan hout op velerlei manieren worden toegepast. Voor ons land lijkt de directe verbranding het meest interessant. Eén m<sup>3</sup> loofhout (bij een vochtgehalte van ca. 15%) heeft dezelfde verbrandingswaarde als 230 liter stookolie, voor één m<sup>3</sup> naaldhout is dit 150 liter.

Mogelijkheden lijken vooral aanwezig bij kleinschalige toepassingen, waarbij hout uit stedelijke en landschappelijke beplantingen en uit onrendabele dunningen als brandhout wordt gebruikt. Mogelijk kunnen ook enige hectares energieplantage hiertoe worden gerekend. Voor het verbranden van hout zijn de laatste jaren zeer gespecialiseerde apparaten op de markt gebracht, die op bestaande c.v.-installaties kunnen worden aangesloten. Hierbij is veel aandacht besteed aan het bedieningsgemak.

Grootschalige toepassing van houtproducerende energieplantages voor de opwekking van elektriciteit of



De Finse TT 1000 Tu verspaanmachine.

de produktie van vloeibare brandstoffen lijken voor ons land nauwelijks realistisch. Wel zou de toekomst van het griendbedrijf in ons land meer verzekerd kunnen zijn, indien deze bedrijven om te vormen zijn van rijs-houtproducent tot energieproducent.

Gerichte praktijkproeven zijn nodig om de verschillende installaties te beoordelen. Verder is onderzoek nodig naar de produktiemogelijkheden en naar aangepaste beheers- en oogstmethoden van bestaande beplantingen en energieplantages.

#### Literatuur

Aardema, J. W. 1978. Energieproductie en energieconsumptie in het huidige Nederlandse opgaande productiebos. Intern Rapport Vakgroep Bosbouwtechniek LH, Wageningen, nr. 1.

Boxsem, W. 1981. Griendbedrijf Y 66: producent van rijshout of producent van energie? Werkdocument R.I.J.P. 1981-22 Abo.

Bruin, J. 1980. Perspectieven voor nieuwe industriële toepassingen voor akkerbouwprodukten? Bedrijfsontwikkeling 11 (12): 1156-1159.

Crafoord e.a. 1980. Energiskogs hantering. Ergonomic Design Gruppen AB.

Denninger, W. 1980. Hackschnitzel aus Abfallhölzern – das Brennholz der Zukunft. Forsttechnische Informationen 32 (12): 81-87.

Droste, B. von. 1979. Biomass for energy. Biological and sociological basic for rational use of forest resource for energy and organics. M.A.B. Committee USA, Forest Service.

Ebert, H. P. 1980. Wann lohnt es sich für den Waldbesitzer, Heizholz aufzuarbeiten? Allgemeine Forstzeitschrift 35 (48): 1348-1350.

Klein Vademecum voor de energie. 1980. Algemene Energie Raad.

Proceedings International Forestry Energy Meeting 1980 met onder meer bijdragen van: Robert Buckman – Recovery of wood for energy; Jerry Healy – Energy from biomass in Ireland; Gustaf Siren – Present stage of energy forestry research in Sweden; Thomas Walbridge – An alternative to whole tree chipping for the recovery of logging residues; Pentti Hakkila – Harvesting of residual wood for energy in Finland; John Zerbe – Developments in conversion technology; Peter Dietz – Waste from centralized conversion as source of energy; Lena Söderberg – Forest biomass for energy in Sweden; Paul Mitchell – Forest biomass for energy in the United Kingdom; Mats Nylinder – Drying and storing of forest residuals; Keith Jones – Energy requirements of producing fuels from harvesting residues.

Proceedings of working meeting Promises and potential of short-rotation forestry in Sweden, 1976.

Rabbinge, R. 1980. Energiewinning door innovatieve landbouwproductie. SPIL 20: 15-18.

Wood for fuel. 1980. International review on possible impacts on forest industry. International Symposium Beyer Foundation IVA, mei 1980, Stockholm met bijdragen van o.a. Reed/Overend – Forests and energy in Canada.

Regionaal hout; een onderzoek naar de huidige en toekomstige beschikbaarheid van rondhout en houtafval afkomstig uit Nederland en aangrenzende gebieden. 1980. Adviesbureau Arnhem, Arnhem.