

## 1 Inleiding

Energie wordt bij het vervaardigen van vrijwel alle producten gebruikt, waarbij - althans voor de Westerse wereld - aardolie en aardgas de belangrijkste energiedragers zijn. De voorraden hiervan zijn echter zo gering dat reeds in deze eeuw de vraag naar olie en gas het aanbod zal kunnen gaan overtreffen. Dit zal prijsstijgingen van de energiedragers tot gevolg hebben en dus ook van de producten.

Bovenstaande geldt wanneer men tracht te voldoen aan de vraag naar energiedragers. Het is echter ook mogelijk dat de energie-exporterende landen - vrijwillig of gedwongen - de export (tijdelijk) verminderen. In dat geval zullen vraag en aanbod veel eerder uiteenlopen dan het gevolg zou zijn bij uitputting. Het gevolg zal echter hetzelfde zijn: prijsstijgingen van de energiedragers. Voorbeelden hiervan zijn:

- de energiecrisis (uitsluitend voor de energie-importerende landen) in het begin van de zeventiger jaren als gevolg van een vermindering van de export door een aantal olie-exporterende landen.
- de terugval van de olie-uitvoer van Iran dit jaar (een gevolg van de onlusten aldaar).

Omdat de vraag en het aanbod van energiedragers reeds op korte termijn sterk uiteen kunnen gaan lopen is het vooral voor landen die energie importeren van belang na te gaan welke soorten en hoeveelheden energie er binnen de verschillende productieprocessen worden verbruikt. Dit om tijdens een - al dan niet "echte" - energiecrisis een

## Summary on page 104

juiste besluitvorming te bevorderen. Voor deze landen is het evenzeer van belang na te gaan welke alternatieve energiebronnen er in eigen land zijn en hoeveel energie deze bronnen kunnen leveren.

Dit artikel heeft ten doel enige van de energetische aspecten van de bosbouw te belichten. De voornaamste hiervan zijn:

- de hoeveelheid energie die het huidige Nederlandse opgaande bos kan leveren (zie 2)
- de hoeveelheid energie die nodig is voor: de werkzaamheden in het bos (zie 3.1)
- de hoeveelheid energie die nodig is voor het afstandstransport van het geogoste spilhout met schors (zie 3.2)

## 2 De energie in het huidige Nederlandse opgaande bos

De hoeveelheid energie die het Nederlandse opgaande bos continue zou kunnen leveren, kan worden bepaald uit de jaarlijkse bijgroei en de energie in de gehanteerde eenheid voor de bijgroei. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt tussen het oogsten van uitsluitend het spilhout met schors (zie 2.1) en het oogsten van de totale biomassa (zie 2.2)

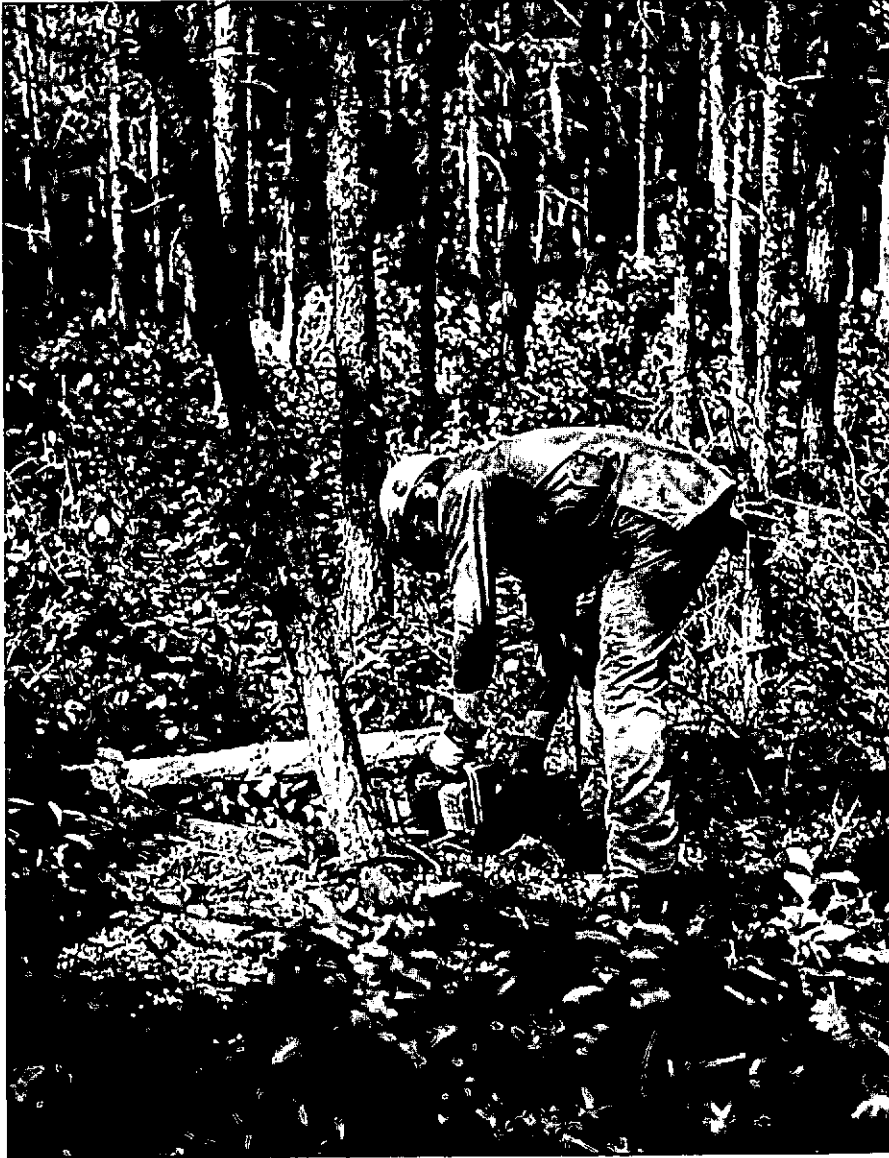
### 2.1 De energetische waarde van de jaarlijkse spilhoutbijgroei

De jaarlijkse bijgroei aan spilhout met schors in het huidige Nederlandse opgaande bos (in het vervolg aangeduid met spilhout in m<sup>3</sup> m.s.) bedraagt 1.230.000 m<sup>3</sup>. De energetische waarde van 1 m<sup>3</sup> m.s. bedraagt - voor vers geveld hout in Nederland - 7,7 × 10<sup>3</sup> MJ (gem. 450 kg ovendroge massa per m<sup>3</sup> m.s. maal een nuttige energie (van de vers gevelde massa) van 17 MJ per kg ovendroge massa m.s.) De energetische waarde van de jaarlijkse spilhoutbijgroei in m<sup>3</sup> m.s. wordt dan 0,94 × 10<sup>10</sup> MJ. Deze hoeveelheid is in vergelijking met onze huidige energieconsumptie zeer gering; nl. 0,34% van de in 1976 ge-

<sup>1)</sup> dit artikel is een samenvatting van de scriptie: "Energie en energieconsumptie in het huidige Nederlandse opgaande produktiebos"; Interne rapporten Nr. 1, 1978, Vakgroep Bosbouwtechniek van de Landbouwhogeschool te Wageningen.

Het onderwerp wordt uitgebreider belicht in de ter perse zijnde publikatie van de Stichting "Toekomstbeeld der techniek": "Bos en hout voor onze toekomst".

<sup>2)</sup> de auteur was ten tijde van het onderzoek medewerker van de Vakgroep Bosbouwtechniek van de Landbouwhogeschool.



Vellen met de motorzaag, toegepast in de huidige methode.  
*Motorsaw felling, present method.*

Foto: De Dorschkamp.

consumeerde energie van  $280 \times 10^{10}$  MJ.

Door bijvoorbeeld winddroging kan het vochtgehalte (zonder energetische kosten) worden verlaagd en stijgt de energetische waarde van de bijgroei.<sup>1)</sup> Ovendroog hout m.s. heeft een energetische waarde van ca. 19 MJ/kg (dus ongeveer 10 % meer dan vers geveld hout). Omdat winddroging echter niet zal kunnen leiden tot oven-droog hout, zal winddroging van vers geveld hout slechts een geringe energie-winst geven.

De hiervoor genoemde opbrengsten gelden wan-

neer al het spilhout m.s. zou worden verbrand, maar het hout wordt momenteel - in hoofdzaak - niet ge-teeld voor dit doel. Echter veel van de uit hout ge-maakte producten zouden ook na hun eerste ge-bruik nog kunnen worden verbrand. Het verzamelen van dit afval zal echter - vooral financieel - een groot struikelblok zijn voor de aanwending in deze zin. Energetisch gezien zal het wel lonend zijn.

## 2.2 De energetische waarde van de totale bijgroei van de biomassa

Behalve het spilhout m.s. lenen ook de overige delen van een boom: wortels, loof en takken, zich voor ver-branding. Nu weegt de totale biomassa ca. 40 %

<sup>1)</sup> Energie nodig voor het verdampen van het in de massa aanwezige water wordt afgetrokken van de energie in oven-droog hout.

meer dan alleen het gewicht van het spilhout m.s.

Uitgaande van eenzelfde hoeveelheid energie per gewichtshoeveelheid als bij spilhout m.s. geeft deze methode - althans voorlopig - een jaarlijkse opbrengst voor de vers gevelde massa van  $1,32 \times 10^{10}$  MJ. Ten opzichte van de huidige energieconsumptie is dit nog steeds een geringe hoeveelheid, nl. ca. 0,46 %. Hierbij moet echter worden bedacht dat wanneer de totale consumptie van energie daalt, het percentage dat het Nederlandse bos daaraan kan leveren automatisch stijgt.

NB. Uit bosbouwkundig oogpunt is het verwijderen van de wortels, maar vooral van het loof en de takken ongewenst, omdat met deze delen een aanzienlijke hoeveelheid mineralen en humusvormende materialen, die voor de ontwikkeling van het bos van groot belang worden geacht, verloren zou gaan. Zowel het onttrekken als de daarmee gepaard gaande activiteiten zullen veelal leiden tot een verslechtering van de groeiplaats en daardoor tot een geringere bijgroei van het bos in de daarop volgende generaties, c.q. jaren. Op deze wijze zou de huidige grotere opbrengst - op langere termijn bekeken - teniet worden gedaan door de erop volgende daling van de bijgroei.

Hoewel het Nederlandse bos in de huidige energieconsumptie geen rol van enige betekenis kan vervullen, kan dit lokaal geheel anders liggen. Hout zou voor bepaalde bedrijven een aanzienlijk deel van de benodigde energie kunnen leveren. Uit financiële overwegingen zou daarbij het eerst gedacht moeten worden aan bedrijven:

- die zelf een grote hoeveelheid afval produceren
- waarvoor de afvoer van het huidige afval geld kost
- die continue energie nodig hebben (omdat het onmogelijk is het verbrandingsproces voor korte tijd stil te leggen)

Uit financiële overwegingen zal de orde van grootte van een verbrandingsinstallatie tenminste ca. 1 m<sup>3</sup>/ uur moeten zijn. Dit betekent - door het benodigde vrijwel continue karakter van de verbranding - minimaal ca. 5000 m<sup>3</sup> afval per jaar.

### 3 De energieconsumptie in de bosbouw

Alle handelingen, die in het bos worden verricht, vergen energie. De soort en de verbruikte hoeveelheden energie hangen af van de toegepaste methoden. De hoeveelheid energie die in het bos wordt verbruikt komt in 3.1 aan de orde, de verbruikte energie bij het afstandstransport (dus buiten het bos) in 3.2, terwijl de energie in kunstmest in 3.3 wordt belicht.

#### 3.1 De energieconsumptie in het bos

De berekeningen van de energieconsumptie in het bos zijn uitgevoerd voor de in tabel 1 genoemde boomsoorten. Voor elke boomsoort is uitgegaan van de gemiddelde boniteit en de gemiddelde omloop die kan worden bereikt c.q. wordt gehanteerd, in opstanden die momenteel worden aangelegd. Voor populier zijn twee veel toegepaste omlopen onderzocht: een korte omloop van 16 jaar en een lange omloop van 31 jaar. Verder is bij populier aangenomen dat de gehanteerde boniteit met en zonder bemesting kan worden bereikt. Met bemesting houdt in dat kan worden uitgegaan van minder goede gronden. De bemesting bestaat - indien toegepast - uit 312 kg kalkammonsalpeter (KAS) per omloop per ha.

Voor het berekenen van het energieverbruik in het bos zijn twee werkmethoden onderzocht: de huidige methode en de machinale methode. Dit om ook de in gang zijnde mechanisatie in de bosbouw op zijn energieverbruik te kunnen beoordelen.

De huidige methode omvat: het aanleggen en verzorgen voornamelijk in handwerk (inclusief motorzaag e.d.), het vellen en snoeien en korten met behulp van de motorzaag en de afvoer uit de opstand met behulp van landbouwtractoren. Bij de machinale methode zijn de werkzaamheden zo veel mogelijk gemechaniseerd, waarbij bovendien - indien mogelijk - specifieke bosbouwmachines, zoals een veller en een forwarder worden gebruikt. In de bijlage zijn de gehanteerde werkmethoden uitgewerkt.

De voornaamste resultaten zijn in tabel 1 samengevat. Het transport van het rondhout uit en buiten het bos, de verplaatsing van mens en machines buiten het bos en de energie besteed aan de teelt van het plantsoen zijn daarbij niet in beschouwing genomen. Volgens een onderzoek van M. A. Nieuwenhuizen, scriptie van de Vakgroep Bosbouwtechniek LH: "Energieconsumptie bij het kweken van plantsoen voor bosaanleg" bedraagt de energie in het benodigde plantsoen gemiddeld 3% (1-7%) voor naaldboomsoorten en 1% voor populier van de in tabel 1, kolom 1, weergegeven bedragen. Het energieverbruik blijkt zich ruwweg te verdubbelen bij overschakeling van de huidige op de machinale methode. Alleen de categorie populier-bemest geeft een geringere stijging te zien. Dit is het gevolg van de voor beide methoden gelijke hoeveelheid energie in de kunstmest.

Opvallend is dat het aandeel van de in het bos verbruikte brandstof (= directe energie) bij de machinale methode geringer is dan bij de huidige methode. Dit komt doordat de produktie, het onderhoud en

Tabel 1 Energie en uren nodig voor de teelt\*) en de oogst in het gemiddelde Nederlandse opgaande bos; uitkomsten per ha

Table 1 Energy and hours spent during establishment (without raising stock), tending and harvesting in the average Dutch high forest; results pro ha

boomsoort (tree species)	methode (method)**	fossiele energie per omloop, in GJ (fossil energy pro rotation in GJ)	fossiele energie per geoogste m <sup>3</sup> m.s., in MJ (fossil energy pro m <sup>3</sup> o.b., in MJ)	energie in liters dieselolie-equivalent (equal to the energy in gasoil in liters)	aandeel direct verbruikte energie, in % (share directly used energy, in %)	indien populier onbemest (poplar not fertilized)	werkplektijd per omloop, in uren (time expenditure pro rotation, in hours)	menselijke energie per omloop, in MJ (human energy pro rotation, in MJ)	menselijke energie in % van de fossiele energie (human energy in % of the fossil energy)
lariks (larch)	huidig	30,1	108	(2,9)	80 %		494	428	1,4 %
	machinaal	60,4	208	(5,6)	65 %		190	99	0,2 %
douglas (Douglas fir)	huidig	44,8	70	(1,9)	80 %		640	559	1,2 %
	machinaal	99,4	154	(4,1)	65 %		268	124	0,1 %
Cors. den (Cors. pine)	huidig	44,5	81	(2,2)	80 %		625	553	1,3 %
	machinaal	101,2	184	(4,9)	65 %		225	69	0,1 %
groveden (Scots pine)	huidig	29,3	92	(2,5)	80 %		461	412	1,4 %
	machinaal	62,0	197	(5,3)	65 %		142	49	0,1 %
populier, 16 j. bemest (poplar, 16 yr. fertilized)	huidig	30,0	160	(4,3)	50 %	(70 %)	273	239	0,8 %
	machinaal	53,9	288	(7,7)	50 %	(60 %)	140	90	0,2 %
populier, 31 j. bemest (poplar, 31 yr. fertilized)	huidig	43,8	116	(3,1)	55 %	(70 %)	374	318	0,7 %
	machinaal	68,6	182	(4,9)	55 %	(60 %)	209	134	0,2 %
Indien populier niet bemest de bedragen verminderen met: (if poplar not fertilized deduct:)		-8,7	-47 <sup>a)</sup> -23 <sup>b)</sup>	(-1,3) <sup>a)</sup> (-0,6) <sup>b)</sup>			-14	-14	

a) korte omloop (short rotation)

b) lange omloop (long rotation)

\*) zonder de energie en de uren verbruikt bij de teelt van het benodigde plantsoen

\*\*\*) huidig = present, machinaal = mechanized

de reparatie van de meer ingewikkelde en zwaardere machine (= indirecte energie) veel meer energie vergt. Een uitzondering hierop is de categorie populier bemest: hier is geen sprake van een duidelijke tendens. Dit wordt veroorzaakt doordat de constante, vrijwel geheel indirecte energie voor kunstmest in beide methoden procentueel zwaarder weegt bij de minder energie-intensieve huidige methode (en dus

de tendens bij afwezigheid van bemesting tegenwerkt). De richting van de ontwikkeling zal - bij bemesting - afhangen van de omvang van de bemesting en de mate van mechanisatie.

Tabel 1 geeft verder duidelijk weer dat de korte omloop bij populier - uit energetisch oogpunt (MJ/m<sup>3</sup> m.s.) - ongunstig is in vergelijking met de lange omloop. Dit wordt veroorzaakt doordat de ongeveer ge-

lijke hoeveelheid energie, die nodig is voor de aanleg en verzorging, bij de korte omloop over minder m<sup>3</sup> moet worden verdeeld.

Verder valt op dat de hoeveelheid arbeid, die in het bos wordt verricht, bij de mechanisatie sterk afneemt. Voor de machinale methoden is bij naaldbos ca. 60 % minder arbeid nodig, voor populier is dit 40-60 %. De machinale methode vergt echter aanzienlijk meer arbeid buiten het bos, o.a. bij de fabricage, het onderhoud en de reparatie van de grotere en meer ingewikkelde machines.

De laatste kolom van tabel 1 toont aan dat de boven basaal bestede menselijke energie gering is in vergelijking met de bestede fossiele energie, nl. minder dan 1½ %. Hierbij mag niet worden vergeten dat de produktie van het voedsel – nodig voor de menselijke energie – ook fossiele energie vergt. Hiervoor worden bedragen van ca. acht keer de bestede menselijke energie genoemd. Brengt men deze "fossiel-menselijke" energie voor de bosbouw in rekening, dan worden de bedragen bij de huidige methode van redelijk belang: ca. 10% van de bestede fossiele energie. Voor de machinale methode blijft ook deze fossiel-menselijke energie gering: nl. minder dan 1½% van de fossiele energie. Deze fossiel-menselijke energie moet men, naar mijn mening, aan de bosbouw toerekenen, omdat deze daar nuttig wordt aangewend. Bovendien maakt het de optelling van fossiele en menselijke energie mogelijk, daar beide in fossiele energie worden uitgedrukt.

Tabel 2 geeft de verdeling van de energie uit tabel

1 over de onderdelen: aanleg, verzorging en oogst. Hierbij valt op dat de oogst een groot deel vergt: voor de naaldboomsoorten zelfs meer dan 80%. Voor populier speelt de aanleg – in sommige gevallen – ook een belangrijke rol, waarbij de betekenis toeneemt bij:

- het toedienen van meststof in de aanlegfase
- het afnemen van de opbrengst (c.q. bijgroei), omdat de aanlegkosten dan moeten worden verdeeld over een geringer aantal m<sup>3</sup> (korte versus lange omloop)
- afname van de mechanisatie, daar bij mechanisatie de aanleg weinig verandert.

Met behulp van de in tabel 1 gegeven energetische waarden per m<sup>3</sup> m.s. kan een schatting worden gemaakt van het totale energieverbruik voor de in beschouwing genomen onderdelen. Wanneer wordt uitgegaan van een oogst van 1.000.000 m<sup>3</sup> m.s. (80 % van de spilhoutbijgroei) en een energieconsumptie van resp. 90 MJ/m<sup>3</sup> m.s. en 180 MJ/m<sup>3</sup> m.s. voor de huidige en de machinale methode, dan bedraagt de energie-consumptie per jaar resp.  $0,9 \times 10^8$  MJ en  $1,8 \times 10^8$  MJ. Dit is resp. 0,003 % en 0,006 % van de energieconsumptie in 1976. Aangezien de oogst in het Nederlandse bos over het algemeen nog achter blijft bij de oogstbare bijgroei van 1.000.000 m<sup>3</sup> m.s. en de oogst bovendien nog veelal plaats vindt via de huidige methode, zal het energieverbruik per jaar ca. 0,003% van de totale energieconsumptie bedragen.



Gemechaniseerd snoeien en korten.  
*Mechanized limbing and bucking.*  
Foto: De Dorschkamp.

Tabel 2 De procentuele verdeling van de fossiele energie - uit tabel 1, kolom 1 - over aanleg, verzorging en oogst.

Table 2 The fossil energy - Table 1, column 1 - divided over establishment, tending and harvesting, in %

boomsoort, methode ( <i>tree species, method</i> )	aanleg (inkl. terrein-voorbereiding) ( <i>establishment</i> )	verzorging (inkl. on-derhoud boswegen) ( <i>tending, incl. the maintenance of forest roads</i> )	oogst ( <i>harvest</i> )
lariks, huidig ( <i>larch, present</i> )	3	7	90
lariks, machinaal ( <i>larch, mechanized</i> )	5	5	90
douglas, huidig ( <i>Douglas fir, present</i> )	2	7	91
douglas, machinaal ( <i>Douglas fir, mechanized</i> )	3	4	93
Corsicaanse den, huidig ( <i>Corsican pine, present</i> )	3	8	89
Corsicaanse den, machinaal ( <i>Corsican pine, mechanized</i> )	6	6	88
groveden, huidig ( <i>Scots pine, present</i> )	3	13	84
groveden, machinaal ( <i>Scots pine, mechanized</i> )	9	10	81
populier, 16 j., huidig, onbemest ( <i>poplar, 16 yr., present, not fertilized</i> )	14	8	78
populier, 16 j., machinaal, onbemest ( <i>poplar, 16 yr., mechanized, not fertilized</i> )	16	3	81
populier, 16 j., huidig, bemest ( <i>poplar, 16 yr., present, fertilized</i> )	40	5	55
populier, 16 j., machinaal, bemest ( <i>poplar, 16 yr., mechanized, fertilized</i> )	30	2	68
populier, 31 j., huidig, onbemest ( <i>poplar, 31 yr., present, not fertilized</i> )	8	6	86
populier, 31 j., machinaal, onbemest ( <i>poplar, 31 yr., mechanized, not fertilized</i> )	7	3	90
populier, 31 j., huidig, bemest ( <i>poplar, 31 yr., present, fertilized</i> )	27	5	81
populier, 31 j., machinaal, bemest ( <i>poplar, 31 yr., mechanized, fertilized</i> )	19	3	78

### 3.2 De energieconsumptie bij het afstandstransport van het rondhout

Bij het afstandstransport van het rondhout is aangenomen dat een retourrit gemiddeld 300 km draagt, de netto lading 30 ton en het gewicht de beperkende factor is bij het transport. Aangezien het energieverbruik bij de gekozen omstandigheden - per rondrit - gelijk is, zal de energieconsumptie per m<sup>3</sup> m.s. toenemen naarmate een m<sup>3</sup> meer weegt. De berekende consumptie varieert tussen 173 en 224

MJ/m<sup>3</sup> m.s. De hoogste waarde is die voor populier en de laagste die voor groveden. Dat de populier - met de laagste volumieke massa per m<sup>3</sup> - de hoogste energetische kosten per m<sup>3</sup> heeft wordt veroorzaakt door het aanzienlijk hogere percentage water in de populier.

Van de bestede fossiele energie is 75 % directe energie (brandstof). De fossiel-menselijke energie en de menselijke energie zijn - ten opzichte van de fossiele energie - geheel te verwaarlozen (beide minder dan ½ %).

Met deze gegevens kan een schatting worden gemaakt van het energieverbruik gedurende een jaar. De gemiddelde hoeveelheid energie besteed per m<sup>3</sup> m.s. bedraagt ca. 180 MJ/m<sup>3</sup> m.s. en is gelijk aan de hoeveelheid energie bij de machinale methode in het bos. Dit betekent dat het afstandstransport van 1.000.000 m<sup>3</sup> m.s. ook ca.  $1,8 \times 10^8$  MJ/jaar vergt of 0,006 % van de in 1976 totaal geconsumeerde hoeveelheid energie.

Het afstandstransport en de werkzaamheden in het bos vergen tesamen momenteel dus ca. 0,01 % van de totale Nederlandse energieconsumptie. Uit de vergelijking van het aantal arbeidsuren voor het transport en het aantal arbeidsuren voor de werkzaamheden in het bos blijkt dat het transport gemiddeld 80 uur per ha per omloop vergt en de arbeid in het bos gemiddeld ca. 560 uur bij de huidige methode en gemiddeld ca. 210 uur bij de machinale methode. Hierbij valt op dat bij overschakeling van de huidige op de machinale methode in het bos het aandeel van het afstandstransport in het totaal relatief sterk stijgt, nl. van 12 naar 28 %.

### 3.3 De bemesting: energiekosten versus energieopbrengst

In 3.1 (tabel 1) is reeds gebleken dat de toegepaste KAS meststof de benodigde hoeveelheid fossiele energie sterk doet toenemen. De hoge energetische kosten van de meststof komen vrijwel geheel voor rekening van de stikstofcomponent. Eén kg zuivere stikstof vergt ca. 80 MJ. Met inachtneming van alle overige handelingen resulteert dit in ca. 85 MJ/kg zuivere stikstof. 312 kg KAS bevat ca. 100 kg zuivere stikstof, zodat de aan deze hoeveelheid bestede energie ca. 8500 MJ bedraagt. Hoeveel extra bijgroei is er per omloop en per ha nodig om deze energetische kosten te compenseren? In 2.1 is berekend dat 1 m<sup>3</sup> spilhout m.s. een energetische waarde heeft van ca. 8.000 MJ, dat wil dus zeggen dat 1 m<sup>3</sup> m.s. de energetische kosten van de bemesting compenseert. Aangezien bij de kunstmest alle energetische kosten in rekening zijn gebracht moet, aan de opbrengtzijde, de netto energetische opbrengst na verbranding worden bekeken. Zelfs wanneer er van wordt uitgegaan dat 50% van de energie nodig is voor alle handelingen voor en tijdens de verbranding, dan nog bedraagt de compenserende bijgroei per omloop per ha slechts 2 m<sup>3</sup>. Dit is een zeer geringe hoeveelheid wanneer men bedenkt dat de omloop enige tot meerdere tientallen jaren bedraagt. De overige kunstmeststoffen, zoals P en K, zijn veel minder energie-intensief. Dit betekent dat bemesting met deze meststoffen - energetisch gezien - vrijwel altijd ook positief zal uitvallen.

## 4 De energieproductie versus de energieconsumptie

Uit de resultaten van 2.1 en 3.1 + 3.2 kan - voor de onderzochte onderdelen - worden berekend hoeveel energie het bos meer oplevert dan er in is gestopt. 2.1 geeft de energetische waarde voor de totale spilhoutbijgroei: ca.  $1,0 \times 10^{10}$  MJ/jaar. Hiervan wordt (zie 3.1) ca. 80 % of 1.000.000 m<sup>3</sup> m.s. geogst. De energetische waarde van de geogste spilhoutmassa m.s. bedraagt dus ca.  $0,8 \times 10^{10}$  MJ/jaar. Uit 3.1 en 3.2 kan worden berekend dat de werkzaamheden in het bos en het afstandstransport tesamen resp. ca.  $2,8 \times 10^8$  MJ/jaar en ca.  $3,7 \times 10^8$  MJ/jaar vergen voor de huidige en de machinale methode in het bos.

Uit de vergelijking van de hoeveelheid energie in het geogste hout (de energieproductie) en de bestede energie in het bos en het afstandstransport tesamen (de energieconsumptie) blijkt dat het bos ca. 30 x zoveel energie produceert als bij de huidige methode + afstandstransport geconsumeerd wordt. Voor de machinale methode is dit ca. 20 x zoveel. Iedere toegevoegde behandeling doet deze verhouding verslechteren. Zo zullen bijvoorbeeld het geschikt maken van het rondhout voor verbranding en de verbrandingsinstallatie zelf ook energie vergen, terwijl de uiteindelijke verbranding ook geen 100 % rendement zal opleveren.

## 5 Het rendement van de zonne-energie

Uit de energie, die op een ha bos valt - gemiddeld ca.  $31,5 \times 10^{12}$  MJ/jaar - en de energetische waarde van de oogstbare bijgroei per ha per jaar, kan het rendement waarmee het ingestraalde zonlicht in oogstbare energie wordt omgezet, worden berekend. Daar de instraling "vast" ligt zal het rendement variëren met de geogste hoeveelheid per ha - dus met de bijgroei - en toenemen naarmate een groter deel van de biomassa-bijgroei wordt geogst. De gemiddelde bijgroei in het huidige Nederlandse opgaande bos bedraagt ca. 5,7 m<sup>3</sup> spilhout m.s./jaar. Hiervan wordt momenteel ca. 80 % of 4,6 m<sup>3</sup>/jaar geogst. Bij het oogsten van de totale biomassa wordt de waarde ca. 140 % van de spilhoutbijgroei. Met de in 2.1 gegeven gemiddelde energetische waarde voor 1 m<sup>3</sup> m.s. kunnen de rendementen worden berekend. Deze zijn voor de massa in natte (vers gevelde) toestand:

voor de totale biomassa	0,20 %
de totale spilhoutbijgroei	0,14 %
het momenteel geogste deel van de spilhoutbijgroei	0,11 %



Voordat verbranding van de biomassa mogelijk is zal deze eerst verspaand moeten worden.  
*Before burning of the biomass chipping is necessary.*  
 Foto: De Dorschkamp.

Voor de massa in ovdroge toestand moeten deze percentages met 0,02 % worden verhoogd. Het rendement waarmee het bos het zonlicht in oogstbare energie omzet is dus gemiddeld gering. Hierbij moet echter worden bedacht dat het huidige Nederlandse opgaande bos over het algemeen op de voor de houtteelt minder goede gronden staat en dat de boomsoortensamenstelling zich in de volgende generaties ten gunste van meer producerende boomsoorten kan wijzigen (bijvoorbeeld meer douglas en/of Corsicaanse den in plaats van groveden).

## 6 Conclusies

Uit het voorgaande kan worden geconcludeerd dat:

- het huidige Nederlandse opgaande bos aan de huidige energieconsumptie geen bijdrage van enige betekenis kan leveren (minder dan 0,50%)
- het Nederlandse opgaande bos voor de teelt, de oogst en het afstandstransport ca. 0,01 % van de huidige Nederlandse energieconsumptie vergt
- de energetische waarde van de huidige houtoogst met schors 20-30 maal de bestede energie gedurende de teelt, de oogst en het afstandstransport bedraagt
- de mechanisatie van de werkzaamheden in het bos het energieverbruik aanzienlijk doet toenemen
- de oogst bij de niet bemeste opstanden het overgrote deel van de energie vergt
- de toepassing van (stikstof)kunstmest een aanzienlijke hoeveelheid energie vergt, doch uit energetisch oogpunt vrijwel altijd lonend is
- het energieverbruik tijdens het afstandstransport in dezelfde orde van grootte ligt als het energieverbruik nodig voor de teelt en oogst

- het rendement waarmee het invallende zonlicht wordt gebruikt in het huidige Nederlandse opgaande bos minder dan gemiddeld 0,25 % bedraagt; voor het momenteel geogste deel gemiddeld slechts ca. 0,12 %.

## Literatuur

- Aardema, J. W., Energieproductie en energieconsumptie in het huidige nederlandse opgaande produktiebos; Interne rapporten nr. 1, 1978 vakgroep Bosbouwtechniek Landbouwhogeschool, Wageningen.
- Keays, J. L., Complete tree utilization, part I-IV, 1971.
- Leach, G. Energy and food production, 1975.
- L'activité agricole et l'énergie; Etudes du CNEEMA no. 408, 1975.
- Mededeling Staatsbosbeheer, afd. Projectvoorbereiding en Statistiek, Utrecht.
- Nieuwenhuizen, M. A., Energieconsumptie bij het kweken van plantsoen voor bosaanleg. Scriptie Vakgroep Bosbouwtechniek LH, Wageningen.
- Statistisch zakboek 1977, CBS, 1977
- Vries, D. A., de, Radiation at Wageningen; med. Landbouwhogeschool 55 no. 6, 1955.



## Bijlage

Gehanteerde werkmethode bij huidige teelt en oogstsystemen en de machinale methode, gegevens per omloop.

### NAALDBOSSEN:

#### Algemeen:

herbebossing van een naaldboskapvlakte  
onderhoud boswegen met behulp van een trekker

#### aanleg

lariks	3000 st/ha, 3 jr. plantsoen; omloop 36 jr. vanaf kiemjaar
douglas	3000 st/ha, 3 jr. plantsoen; omloop 60 jr. vanaf kiemjaar
Corsicaanse den	4500 st/ha, 3 jr. plantsoen; omloop 69 jr. vanaf kiemjaar
groveden	4500 st/ha, 2 jr. plantsoen; omloop 72 jr. vanaf kiemjaar

#### Huidige methode:

kapafval op rillen in handwerk;  
planten in handkracht;  
onkruidbestrijding met bosmaaiër (2 x);  
oogst met motorzaag;  
stapelen in handwerk;  
afvoer dunningen (langhout) met trekker;  
afvoer kaalslag met trekker + kraan + wagen

#### machinale methode:

##### algemeen:

kapafval machinaal op rillen  
chemische onkruidbestrijding

##### oogst: dunningen:

vellen met veller;  
snoeien en eventueel korten met snoeier/kortner;  
afvoer dunningen (langhout) met landbouwtrekker;  
afvoer dunningen-sortiment met forwarder  
kaalslag: oogsten met oogstmachine;  
afvoer sortiment door forwarder

##### bijzonder:

planten: lariks en douglas: in handkracht  
Corsicaanse den en groveden: machinaal  
zuiveren: lariks en douglas: motorboogzaag (selectief);  
Corsicaanse den en groveden: klepelmaaier (systematisch)

### POPULIER

#### algemeen: herbebossing van een kapvlakte;

onderhoud bosweg met behulp van een trekker;  
bemesting (indien toegepast) 312 kalkammonsalpeter/ha;  
per plant een plastic stamvoetbeschermer van 60 cm hoog;  
aanleg: 625 st/ha, eenjarig stek; (omloop kort 16 jr. vanaf stek);  
aanleg: 625 st/ha, eenjarig stek (omloop lang 31 jr. vanaf stek);  
snoei, in 4 keer tot 8 m bij populier lange omloop (in handwerk)

huidige methode: kapafval in handwerk op rillen, uitsluitend korte omloop  
onkruidbestrijding: plantspiegelgewijs met bosmaaiër, 3 x;  
oogst met motorzaag;

afvoer sortiment: door landbouwtrekker + kraan + wagen

machinale methode: kapafval op rillen met trekker; uitsluitend korte omloop  
chemische onkruidbestrijding: plantspiegelgewijs, 3 x;  
oogst door oogstmachine; afvoer sortiment door forwarder

## Summary

The present Dutch high forest can produce only a small percentage of the total Dutch energy consumption. Harvesting an amount equal to the bole increment - approx.  $1.230.000 \text{ m}^3$  o.b. - results in an energy content of  $0,94 \times 10^{10} \text{ MJ/yr.}$  (mass in wet condition). This is 0,34% of the Dutch energy consumption in 1976. Harvesting the total biomass will increase the values given by about 40%, but will have a negative influence in the future due to deterioration of the site.

Table 1 gives the amount of energy and hours spent during establishment, tending and harvesting. The figures for raising stock and transport of men and machinery outside the forest area are not included.

Two working methods have been investigated: a) the present method: establishment and tending by hand, including powersaw, etc, and harvesting with powersaw and agricultural tractor with crane, b) the mechanized method: as little as possible handwork and harvesting mainly with specific forestry machines.

The table shows that changing from the present to the mechanized method roughly doubles the energy consumption. An exception is the (artificial) fertilized poplar, due to the equally high indirect energy (mainly for producing the fertilizer in both methods). Table 1 also shows that the percentage directly used energy (fuel) drops when changing from the present to the mechanized method. This means that when only directly used fuel is taken into account the mechanized method is favourable.

That the changing from the present to the mechanized method reduces the needed labour hours for softwood considerably, with more than 60% is also shown in Table 1. Outside the forest the needed hours will increase due to the more hours spent on manufacturing, maintenance and repairing the heavier and more complicated machinery. The human energy spent above the basal metabolism is very small compared to the spent fossile energy (Table 1 final column). But producing the necessary food to feed mankind, also fossile fuel has been used, about 8 J energy to 1 J human food. This "fossil-human energy" has - to my opinion - to be taken into account because of the real use in forestry. This fossile-human energy plays - in the present method - a fairly important role: approx. 10% of the spent fossile energy. For the mechanized method this is only 1-2%.

Nowadays about 80% of the bole is harvested, or

$1.000.000 \text{ m}^3$  o.b. of the above given increment. With an average fossile energy consumption of approx.  $0,9 \times 10^3 \text{ MJ/m}^3$  o.b. and  $1,8 \times 10^2 \text{ MJ/m}^3$  o.b. for the present and the mechanized method respectively, the total energy spent pro year in the forest is approx.  $0,9 \times 10^6 \text{ MJ}$  and  $1,8 \times 10^6 \text{ MJ}$ . Resp. 0,003% and 0,006% of the total Dutch energy consumption (1976).

Table 2 divides the fossil energy (Table 1, column 1) over establishment, tending and harvesting. Harvesting consumes the vast majority in not fertilized stands. When fertilizer is applied the establishment also plays an important role due to the high - indirect - energy in the applied nitrogen fertilizer (an equivalent of approx. 100 kg/pure nitrogen pro ha and rotation). The role of the fertilizer increases with shortening the rotation and decreasing the total spent energy (present versus mechanized method).

Hauling the felled wood - 30 ton netto load, 300 km roundtrip - consumes about the same amount of energy as the mechanized method in the forest:  $1,8 \times 10^2 \text{ MJ/m}^3$  o.b. equal to  $1,8 \times 10^6 \text{ MJ/yr.}$  The (fossil-) human energy spent can be neglected compared to the spent fossile energy. The spent fossil energy is about 75% directly used, the rest is indirectly used, used during manufacturing, repairing and maintenance of the truck.

In 2.3 the extra increment necessary to equal the total energy spent for the nitrogen fertilizer, equivalent to 100 kg pure nitrogen pro ha and rotation, has been investigated. Because 1 kg nitrogen contains 85 MJ the total energy spent is 8500 MJ. On the other hand  $1 \text{ m}^3$  of wood contains about 8000 MJ, 50 % of which will - roughly - be "profit" after burning (the other part of the energy will be spent on handling and burning and while the burning itself will only be effective for less than 100%).

The extra increment for the given fertilizer will so be about  $2 \text{ m}^3$  pro ha and rotation. This is a very small amount compared to the (long) rotation. Comparing the energy in the harvested wood with the fossile energy spent during establishment, tending harvesting and hauling, the production is approx. 20 and 30 times the consumed fossil energy for resp. the mechanized and the present method in the forest (hauling in both methods the same). Every added handling or treatment and finally a less than 100% effective burning, will reduce the favourable values given.

Finally it has been calculated that on the average only 0,11 % of the incoming solar radiation seems to be fixed in the 80% harvested bole with bark. Harvesting the total biomass will increase this value to 0,20%. For oven-dry wood the given values have to be

increased with 0,02 %.

*To all the given figures one should bear in mind that the Dutch high forest is - generally - situated on poor forest land and consists mainly of first and second generation forest. The present tree species: Scots pine, larch and spruce could be exchanged for Douglas fir and Corsican pine (with a higher production) in the future.*

---

## Boekbespreking

### **Kaartencatalogus van de Stichting voor Bodemkartering. Eerste editie, 1978.**

Het gebruik van door de Stichting voor Bodemkartering vervaardigde kaarten is thans niet meer weg te denken bij vraagstukken van bodemgebruik en bodembestemming. Sinds de opname van de oudste door de Stiboka vervaardigde bodemkaart, nl. die van de "Bommelerwaard boven de Meidijk" in 1943 zijn grote aantallen kaarten vervaardigd. Dus hebben deze een algemeen karakter en beslaan geheel Nederland, in schaal variërend tussen 1:1.000.000 (Globale bodemkaart) tot 1:50.000 (Bodemkaart van Nederland). Deze kaarten zijn algemeen bekend en hun toepassing is een normale handelwijze geworden.

Minder bekend is dat door de Stiboka een groot aantal karteringen is uitgevoerd in opdracht en voor studiedoeleinden. Deze kaarten hebben betrekking op opnamen van gebieden variërend van een perceel van slechts enkele hectares tot een gebied als Westelijk Zeeuws-Vlaanderen met een oppervlakte van bijna 20.000 ha. Weliswaar zijn deze kaarten vervaardigd met een vaak beperkter doel dan de verschillende bodemkaarten van Nederland, maar zij blijken vaak veel informatie te bevatten die ook voor anderen dan de directe opdrachtgevers van belang is.

Het is daarom een goede gedachte van de Stiboka geweest, een catalogus samen te stellen van alle door haar vervaardigde kaarten tot 1978. Deze catalogus vermeldt per provincie alle opdracht- en studiekarteringen in de volgorde van oud naar jong. Als ingang tot de catalogus fungeert een overzichtskaart (schaal 1:500.000) die als losse bijlage is opgeno-

men en waarop alle gekarteerde gebieden zijn aangegeven met het projectnummer waaronder ze op de Stiboka behoorden. Over de bruikbaarheid van deze methode kan men van mening verschillen omdat men eerder geneigd is de benodigde kaarten op te zoeken via de naam van het betreffende gebied dan via de leeftijd. Een groot bezwaar is dit echter niet, het hanteren van de catalogus biedt geen grote problemen.

De catalogus wordt uitgegeven en verkocht door het Centrum voor Landbouwpublicaties en Landbouwdocumentatie, Postbus 4, 6700 AA Wageningen (tel. 08370-19146). Rapporten, publicaties en de bijbehorende kaarten zijn te leen of te koop bij de Stichting voor Bodemkartering, Afdeling Opdrachten, Postbus 98, 6700 AB Wageningen (tel. 08370-19100, toestel 560), een aantal ervan bij het Centrum voor Landbouwpublicaties en Landbouwdocumentatie. Kopieën van opdracht-karteringen worden tegen bepaalde voorwaarden verstrekt.

Tenslotte nog twee opmerkingen:

- Men hoede zich voor de misvatting dat de meeste door de Stiboka vervaardigde kaarten vooral voor landbouwkundig gebruik zijn bestemd en dat dit zijn weerslag in de kaarten heeft gevonden; de Stiboka heeft zich er altijd juist op toegelegd kaarten te vervaardigen die voor een zo groot mogelijk publiek bruikbare informatie bevatten.
- Elke kartering wordt afgesloten met een serie kaarten en een erbij behorend rapport: rapport en kaarten behoren bij elkaar; wie voor een bepaald doel een kaart aanvraagt, vrage eveneens het erbij behorende rapport aan; het gebruik van kaarten zonder toelichting kan alleen maar nadelige gevolgen hebben.

J. van den Burg