

Energieverbruik en energieproductie op griendbedrijf Y 66

Energy use and energy production in the willow coppice project Y 66

W. Boxsem
Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad

Inleiding

Een van de mogelijkheden om onafhankelijk te worden van fossiele energiedragers zoals olie, steenkool en aardgas, is het benutten van de chemische energie die is opgeslagen in biomassa. Op griendbedrijf Y 66 in Oostelijk Flevoland, gesticht aan het eind van de jaren 60 door de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders voor de produktie van rijshoutbossen ten behoeve van dijkkenbouw, produceren de grienden in een twee- tot driejarige produktiecyclus een niet onaanzienlijke biomassa (figuur 1). Deze biomassa kan worden omgezet in houtchips, welke daarna kunnen worden gebruikt voor verwarmingsdoeleinden. Voor griendbedrijf Y 66 is nu nagegaan hoe de energiebalans er voor de oogstseizoenen 1978/1979 tot en met 1980/1981 uitziet. Aan de ene kant is bepaald wat het totale energieverbruik is; aan de andere kant is vastgesteld hoeveel energie in de geoogste biomassa – bossen rijshout – aanwezig is. Heel globaal wordt daarna nog enige aandacht geschonken aan de bedrijfseconomische aspecten van deze vorm van energieproductie.

Energieverbruik

Energie in arbeid

De energie die de mens gebruikt kan worden verdeeld in:

- de energie nodig voor het verrichten van de levensfuncties;
- de energie beschikbaar voor inspanning i.c. arbeid.

Voor zware handarbeid wordt gerekend met 8 MJ/uur, voor lichte handarbeid met 4 MJ/uur en voor machinale arbeid met 2 MJ/uur (Aardema, 1979). Op griendbedrijf Y 66 bestaat het merendeel van de werkzaamheden uit machinale arbeid. Dit is de reden dat gerekend is met het getal van 2 MJ/uur.

Energie in machines

Voor de machines op griendbedrijf Y 66 is berekend wat het indirecte en directe energieverbruik is.

Het indirecte energieverbruik is enerzijds gekoppeld

Summary

The willow coppice fields in project Y 66, established in the late 1960s for the production of bundles of osiers, produces large amounts of biomass (Figure 1). The energy used and the energy produced by the project have been calculated for 3 seasons (Tables 3, 4 and 5). The energy production of the willow coppice fields is useful. The energy ratio E_r is approximately 10 (Table 6). However, the energy production from project Y 66 is not economic (Table 7). The calculated cost price per unit energy is much higher than the consumer price of Groningen natural gas.

aan het gewicht van de machine. Als normgetal is hiervoor aangehouden 90 MJ/kg (Leach, 1975). Anderzijds is er indirect energieverbruik in de vorm van reparatie en onderhoud. Dit is berekend als percentage van de energie, die is besteed aan de produktie en verkoop. De percentages zijn zo goed mogelijk geschat aan de hand van het bestede aantal manuren voor reparatie en onderhoud. De totale indirecte energie wordt afgeschreven over de economische levensduur van de machines.

Het directe energieverbruik wordt bepaald door het brandstofverbruik. Dit brandstofverbruik is afhankelijk voor het motorvermogen, het deel van het motorvermogen dat wordt verbruikt en het specifieke brandstofverbruik.

Voor de bepaling van het totale energieverbruik op griendbedrijf Y 66 is gerekend met de volgende getallen:

trekkers	300 MJ/draai-uur
griendoogstmachine	100 MJ/draai-uur
chipper	1950 MJ/draai-uur
overige machines	30 MJ/draai-uur

Energie in verbruiksmiddelen

De belangrijkste verbruiksmaterialen op griendbedrijf Y 66 zijn kunstmest (kalkammonsalpeter met 26% zuivere stikstof) en bestrijdingsmiddelen, met name voor de onkruidbestrijding. De energetische waarde van N-

Tabel 1 Gewerkte uren op griendbedrijf Y 66 gedurende 3 seizoenen
 Table 1 Worked hours in the willow coppice project Y 66 for 3 seasons

seizoen season	1978/1979			1979/1980		
	oogst harvest	onderhoud maintenance	algemeen werk general work	oogst harvest	onderhoud maintenance	algemeen werk general work
arbeid/labour	12.429	1.130	1.649	12.848	1.811	1.689
trekkers/tractors	921	249	135	953	812	112
chipper/chipper	130			145		
oogstmachine harvesting machine	466			410		
overige machines other machines	866	249	159	1.196	797	86
ge oogste oppervlakte in ha/harvested area in ha	53			54		
oppervlakte in onderhoud in ha/area in maintenance in ha		124			124	

Tabel 2 Gebruikte hoeveelheden kunstmest en bestrijdingsmiddelen in kg op griendbedrijf Y 66 gedurende 3 seizoenen
 Table 2 Used quantity of fertilizers and pesticides in kg in the willow coppice project Y 66 for 3 seasons

seizoen/season	1978/1979	1979/1980	1980/1981
kunstmest/fertilizers	16.025	13.270	13.538
bestrijdingsmiddelen pesticides	3.185	2.218	4.151

meststoffen is hoog, hoewel de stikstofmeststoffenindustrie tegenwoordig N-meststoffen produceert met een aanzienlijk lagere energetische waarde. In 1975 werden nog getallen genoemd van 85 MJ/kg zuivere stikstof, thans worden ook getallen genoemd van 52 MJ/kg. In de energieberekeningen is echter nog gerekend met het getal van 85 MJ/kg zuivere stikstof. Voor 1 kg kalkammonsalpeter komt dit dan neer op een energetische waarde van 22 MJ/kg.

De energetische waarde van bestrijdingsmiddelen

loopt enorm uiteen en hangt nauw samen met de fabricagewijze. Er zijn slechts enkele onderzoekers die gedetailleerde informatie geven op dit gebied (Green, 1979 en Nalewaja, 1980). De getallen die zij noemen lopen uiteen van 80 MJ/kg tot 460 MJ/kg effectieve stof. Voor de bestrijdingsmiddelen op griendbedrijf Y 66 is gerekend met het getal van 100 MJ/kg.

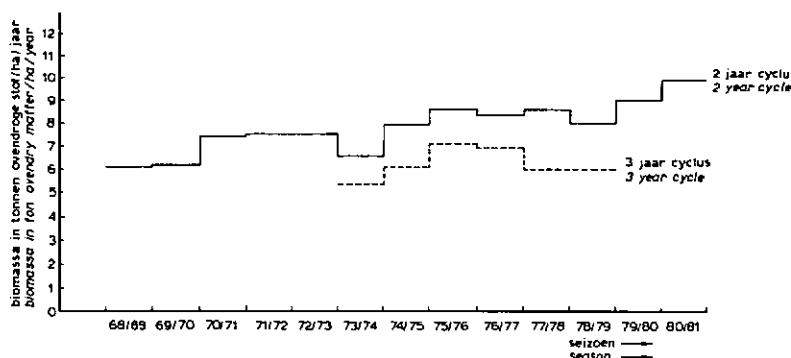
Energie in loonwerk

Een deel van de oogstwerkzaamheden op griendbedrijf Y 66 is uitbesteed aan loonwerkers. Helaas bestaat er geen eenvoudige rekenregel die aangeeft met hoeveel MJ per gulden loonwerk moet worden berekend. De beste benadering die thans mogelijk is bestaat uit het schatten hoeveel manuren, trekkeruren en werktuiguren nodig zouden zijn als het werk zelf zou zijn uitgevoerd en deze geschatte uren vermenigvuldigen met de energetische getallen, die al bepaald zijn.

Tabel 3 Energieverbruik op griendbedrijf Y 66 gedurende 3 seizoenen in GJ
 Table 3 Energyuse in the willow coppice project Y 66 for 3 seasons in GJ

seizoen/season	1978/1979				1979/1980			
	oogst harvest	onderhoud maintenance	algemeen werk general work	totaal total	oogst harvest	onderhoud maintenance	algemeen werk general work	totaal total
arbeid/labour	27	2	4	33	28	4	4	36
trekkers/tractors	304	82	44	430	315	268	37	620
chipper/chipper	279			279	311			311
oogstmachine harvest machine	51			51	45			45
overige machines other machines	29	8	5	42	40	26	3	69
kunstmest/fertilizer		388		388		321		321
bestrijdingsmiddelen pesticides		350		350		244		244
totaal/total	690	830	53	1.573	739	863	44	1.646

1980/1981		
oogst harvest	onderhoud maintenance	algemeen werk general work
232	537	783
181	198	51
205		
640		
029	173	66
70		
	124	



Figuur 1 Geproduceerde biomassa op griendbedrijf Y66 tijdens de 2- resp. 3-jarige productiecyclus.

Figure 1 Produced biomass in the willow coppice project Y66 during the 2- and 3-year production cycle.

Energie in werkzaamheden op griendbedrijf Y 66

Uitgangspunt voor de bepaling van het energieverbruik vormt het gewerkte aantal uren op griendbedrijf Y 66 (Boxsem, 1980) (tabel 1). Hierbij is correctie doorgevoerd, namelijk in plaats van transport van rijshout van griendbedrijf Y 66 naar Lelystad-Haven is aangenomen dat bij de doelstelling energieproductie de bossen rijshout worden verspaand tot houtchips met behulp van een chipper.

De aanzienlijke daling van het gewerkte aantal uren in 1980/1981 vergeleken met de voorgaande seizoenen hangt samen met:

- a andere oogstorganisatie, waardoor minder arbeidskrachten nodig waren;
- b de overdracht van het griendbedrijf van de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders aan Rijkswaterstaat, Dienst Zuiderzeeweken. Veel werkzaamheden zijn uitbesteed en het toezicht kon daardoor aanzienlijk worden vermindert.

Het hoge aantal man- en machine-uren voor het on-

derhoud van de ontwatering in het seizoen 1979/1980 hangt nauw samen met het noodzakelijke herstel van de drainage, waarin een groot aantal man- en machine-uren is gaan zitten. Tijdens het onderhoud zijn aanzienlijke hoeveelheden kunstmest en bestrijdingsmiddelen gebruikt (tabel 2).

Door vermenigvuldiging van het gewerkte aantal man- en machine-uren en de gebruikte hoeveelheden verbruiksmiddelen met de eerder bepaalde energetische waarden ontstaat inzicht in het energieverbruik van de werkzaamheden op griendbedrijf Y 66. Bij de berekening is toeslag opgevoerd van 10% voor algemeen transport en mogelijk niet in rekening gebracht energieverbruik van werkzaamheden (tabel 3).

Uit de berekeningen blijkt dat het energieverbruik van de productiefactor arbeid te verwaarlozen is vergeleken met de overige productiefactoren. Een en ander is nog eens grafisch weergegeven in figuur 2, waarbij tevens een onderscheid is gemaakt in indirect en direct energieverbruik bij de trekkers en chipper.

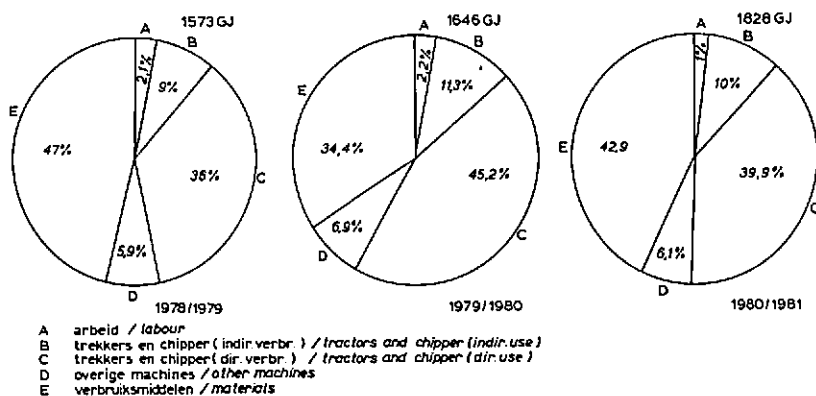
Uit figuur 2 valt ook op te maken dat het directe energieverbruik van de trekkers en chipper ca. 40% uitmaakt van het totale energieverbruik in een seizoen. De verbruiksmiddelen namen eveneens ca. 40% van het totale energieverbruik.

Van de werkzaamheden op griendbedrijf Y 66 neemt de griendoogst tussen de 45 en 50% van het totale energieverbruik in een oogstseizoen voor zijn rekening (figuur 3).

Bij het onderhoud wordt het grootste energieverbruik opgesoupeerd door de bemesting en bestrijding, samen ca. 40% van het totale energieverbruik.

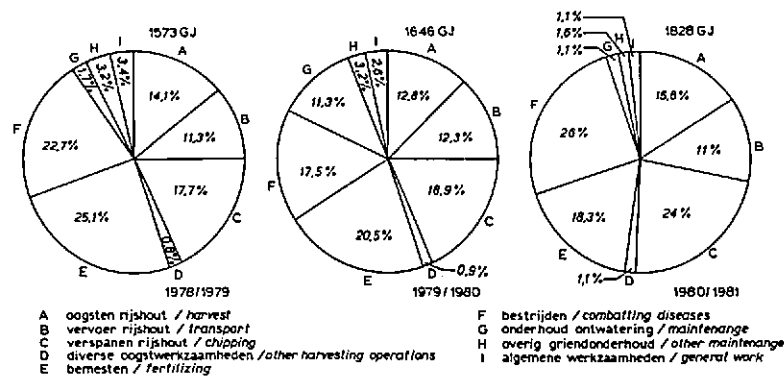
Voor een zinvolle energie-analyse en het opstellen van een redelijk betrouwbare energiebalans is het noodzakelijk te kijken naar het totale energieverbruik per ha gedurende de twee- c.q. driejarige productiecyclus op het griendbedrijf (tabel 4).

1980/1981			
oogst harvest	onderhoud maintenance	algemeen werk general work	totaal total
16	1	2	19
390	65	17	1.072
440			440
70			70
34	6	2	42
	328		328
	457		457
950	857	21	1.828



Figuur 2 Energieverbruik productiemiddelen op griendbedrijf Y66 gedurende 3 seizoenen.

Figure 2 Energy use production factor in the willow coppice project Y66 for 3 seasons.



Figuur 3 Energieverbruik werkzaamheden op griendbedrijf Y66 gedurende 3 seizoenen.

Figure 3 Energy use operations in the willow coppice project Y66 for 3 seasons.

Tabel 4 Totaal energieverbruik in GJ/ha tijdens de twee- en driejarige productiecyclus op griendbedrijf Y 66 gedurende 3 oogstseizoenen

Table 4 Total energy use in GJ/ha during the 2- and 3-year production cycle in the willow coppice project Y 66 for 3 seasons

seizoen/season	1978/1979	1979/1980	1980/1981
produktiecyclus production cycle	2 jaar 2 years	3 jaar 3 years	2 jaar 2 years
omschrijving description			
oogst/harvest	13	13	13
onderhoud maintenance	13	19	14
algemene werkzaamheden general work	1	1	1
totaal/total	27	33	28

Energie-opbrengst op griendbedrijf Y 66

De energie-opbrengst van de geogoste bossen rijshout is bepaald met de volgende formule:

$$E = A \times G \times DS \times VW$$

Hierin is:

E = de energie-opbrengst in GJ/ha

A = het geogoste aantal bossen rijshout per ha

G = het gewicht van 1 bos rijshout (bepaald op 19,7 kg/bos)

DS = het drogestofgehalte van rijshout (bepaald op 46,9% van het vers gewicht)

VW = de verbrandingswaarde (energiewaarde) van oven-droge houtchips (bepaald op 18,7 CJ/ton oven-droge stof).

De oogstresultaten op griendbedrijf Y 66 en de berekende energetische waarde zijn samengevat in tabel 5.

Tabel 5 Energieproductie op griendbedrijf Y 66 gedurende drie oogstseizoenen

Table 5 Energy production in the willow coppice project Y 66 for 3 seasons

seizoen/season	1978/1979	1979/1980	1981/1981
productiecyclus production cycle	2 jaar 2 years	3 jaar 3 years	2 jaar 2 years
geogoste oppervlakte in ha harvested area in ha	31	22	54
geogoste aantal bossen harvested bundles aantal bossen per ha number of bundles per ha	53.100	42.840	106.380
energieproductie in GJ/ha energy production in GJ/ha	1.735	1.906	1.965
	300	329	340
	371		

Tabel 6 Energieratio E_r voor de twee- en driejarige productiecyclus op griendbedrijf Y 66 voor drie seizoenen

Table 6 Energy ratio E_r for the 2- and 3-year production cycle in the willow coppice project Y 66 for 3 seasons

seizoen/season	1978/1979	1979/1980	1980/1981
productiecyclus production cycle	2 jaar 2 years	3 jaar 3 years	2 jaar 2 years
energieproductie in GJ/ha energy production in GJ/ha	300	329	340
energieverbruik in GJ/ha energy use in GJ/ha	27	33	28
energiesratio E_r energy ratio E_r	11,1	10,0	12,1
			13,3

Tabel 7 Bedrijfseconomische kostprijs voor energieproductie op griendbedrijf Y 66 gedurende 3 seizoenen. Prijspeil januari 1982.

Table 7 Economic costprice for energy production in the willow coppice project Y 66 for 3 seasons. Price level January 1982.

seizoen/season	1978/1979	1979/1980	1980/1981
productiecyclus production cycle	2 jaar 2 years	3 jaar 3 years	2 jaar 2 years
netto energieproductie in GJ/ha nett energy production in GJ/ha	273	296	312
kostprijs per ha costprice per ha	13.500	13.500	13.500
kostprijs energie per GJ costprice energy per GJ	48.50	44.75	42.45
			38.60

Energiebalans

Een maatstaf voor de energiebalans op griendbedrijf Y 66 vormt de energieratio E_r , die als volgt wordt gedefinieerd:

$$E_r = \frac{\text{totale energieproductie in GJ/ha}}{\text{totale energieverbruik in GJ/ha}}$$

Indien

$E_r > 1$ is de energiebalans positief, d.w.z. de energieproductie is hoger dan het energieverbruik van de productiefactoren arbeid, machines en verbruiksmiddelen.
 $E_r < 1$ is de energiebalans negatief, d.w.z. de energieproductie is lager dan het energieverbruik van de productiefactoren arbeid, machines en verbruiksmiddelen.
 $E_r = 1$ is de energiebalans in evenwicht.

Voor de 3 beschouwde oogstseizoenen is deze energieratio E_r berekend (tabel 6).

Uit de berekening van de energieratio's blijkt dat het vanuit energetisch standpunt bezien zeer lonend is de bossen rijshout om te zetten in houtchips, welke kunnen worden gebruikt voor verwarmingsdoeleinden.

Energie en economie

Bedrijfseconomische berekeningen hebben geleerd dat de kostprijs van de geoogste bossen rijshout ca. f 15.000,- per ha bedraagt op commerciële basis inclusief transport over een afstand van ca. 35 km. De transportkosten bedragen ca. f 2.500,- per ha zodat de kostprijs voor de geoogste bossen rijshout, exclusief transport, ca. f 12.500,- per ha bedragen. (Boxsem, 1980).

Gebracht op prijspeil 1982 betekent dit een kostprijs van f 13.500 per ha. Met behulp van dit globale getal en de netto energieproductie (= energieproductie - energieverbruik) is zeer globaal te benaderen, wat de kostprijs van de geproduceerde energie in de vorm van houtchips is op griendbedrijf Y 66 (tabel 7).

De prijs van het Groningse aardgas bedraagt thans f 0,55 per m³. De energetische waarde van 1.000 m³ bedraagt ca. 32 GJ, zodat de consumentenprijs voor het Groningse aardgas dan neerkomt op f 17,20 per GJ. Bedrijfseconomisch gezien is het daarom niet zinvol de bossen rijshout van het griendbedrijf om te zetten in houtchips voor verwarmingsdoeleinden.

Het is overigens zeer de vraag of de huidige bedrijfsvoering van het griendbedrijf de meest geschikte is voor het doel: energieproductie. Zo is het ook de vraag of de gebruikte wilgeklonen (*Salix alba*, kat 7-4 en *Salix alba*, grauw 128) de meest geschikte houtsoorten zijn. Nader onderzoek naar de gewenste bedrijfsvoering en oogstorganisatie, alsmede naar geschikte houtsoorten is dringend gewenst. In Zweden en Canada gebeurt al het een en ander op dit gebied (Mattson/Nil-

son, 1981) en ook in Nederland (Van der Meiden/Kolster, 1980).

Samenvattend kan worden geconcludeerd:

- Uit energetisch standpunt bezien is de omzetting van het geoogste rijshout van griendbedrijf Y 66 zinvol. Tegenover een globale energieproductie van ca. 330 GJ/ha staat een energieverbruik van ca. 28,5 GJ/ha. Van het totale energieverbruik nemen de trekkers en de verbruiksmiddelen samen meer dan 90% voor hun rekening. De produktiefactor arbeid is te verwaarlozen.
- Uit bedrijfseconomisch standpunt bezien is de omzetting van het geoogste rijshout van griendbedrijf Y 66 niet zinvol. De kostprijs bedraagt globaal genomen ca. f 43,- per GJ, terwijl de consumentenprijs van het Groningse aardgas f 17,20 per GJ bedraagt. Het is echter de vraag of de huidige bedrijfsvoering en oogstorganisatie de meest geëigende is voor het doel: energieproductie via biomassa. Hetzelfde moet worden afgevraagd voor de gebruikte wilgeklonen.

Literatuur

- Aardema, J. W. 1979. Energie in het huidige Nederlandse opgaande bos. *Nederlands Bosbouw Tijdschrift* 51 (4): 95-105.
- Boxsem, W. 1980. Bedrijfsresultaten griendbedrijf Y 66 over de seizoenen 1976/1977 t/m 1979/1980. RIJP-rapport 1980-37 Abo.
- Green, M. B. 1979. The energy balance of pesticide use. *Biologist* 26 (3): 123-126.
- Leach, G. 1975. Energy and food production.
- Mattson, J. E., en P. O. Nilsson. 1981. Proceedings of the International Conference "Harvesting and utilization of wood for energy purposes". Information from Project Forestry Energy, no. 19. Swedish University of Agricultural Sciences. Garpenberg.
- Meiden, H. A. van der, en H. W. Kolster. 1980. Biomass production with poplar. In: Proceedings 1st E.C. Conference "Energy from Biomass", Brighton, England, 1980.
- Nalewaja, J. D. 1980. Energy returns from weed control. In: Proceedings of Western Society of Weed science, volume 33.