



# Brandstofverbruik in teeltsystemen met kerende en niet-kerende grondbewerking

Verslag van metingen op zandgrond op proefbedrijf Unifarm

G.D. Vermeulen, A.T. Nieuwenhuizen & B.R. Verwijs







# Brandstofverbruik in teeltsystemen met kerende en niet-kerende grondbewerking

Verslag van metingen op zandgrond op proefbedrijf Unifarm

G.D. Vermeulen, A.T. Nieuwenhuizen & B.R. Verwijs

© 2013 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Plant Research International. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Plant Research International, Agrosysteemkunde.

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Economische Zaken als onderdeel van het onderzoekprogramma 'Resource efficiency', thema 'Duurzame bodem', project 'Niet-kerende grondbewerking en controlled traffic in de praktijk' (BO-31.03-001-18).

Dit rapport is alleen digitaal verschenen en kan worden gedownload via Wageningen Yield: <http://library.wur.nl/way/>

## **Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Agrosysteemkunde**

Adres : Postbus 616, 6700 AP Wageningen  
: Wageningen Campus, Droevendaalsesteeg 1, Wageningen  
Tel. : 0317 – 48 63 21  
Fax : 0317 – 41 80 94  
E-mail : [info.pri@wur.nl](mailto:info.pri@wur.nl)  
Internet : [www.wageningenUR/nl/pri](http://www.wageningenUR/nl/pri)

# Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1. Inleiding	3
2. Materiaal en methode	5
2.1 Locaties en bodem	5
2.2 Definitie en bepaling van de werkdiepte	5
2.3 Beschrijving van de grondbewerkingsystemen	5
2.3.1 Biologisch proef- en leerbedrijf Droevendaal	5
2.3.2 Gangbaar bedrijf Nergena	6
2.4 Meting van het brandstofverbruik	8
3. Resultaten	11
4. Discussie	12
5. Conclusies en aanbevelingen	14
Referenties	16
Bijlage I. Wijze van bepaling brandstofverbruik voor verschillende bewerkingen	1 p.
Bijlage II. Gebruikte trekkers en werktuigen	1 p.



# Samenvatting

Een vaak gehoorde bewering is dat het energieverbruik bij niet-kerende grondbewerking (NKG) lager is dan bij ploegen. Het voorliggende onderzoek had tot doel om deze bewering te staven. Een moeilijkheid bij vergelijkend onderzoek naar het energieverbruik dat systemen voor niet-kerende grondbewerking (NKG) in Nederland nog niet gangbaar zijn, behalve op de lössgronden in Zuid Limburg, waar niet-kerende grondbewerking in principe verplicht is om watererosie te voorkomen. Op zand- en kleigronden zijn een aantal telers geheel of gedeeltelijk overgeschakeld op NKG. De meeste van deze telers zijn zoekende naar een NKG systeem dat past voor hun situatie, zodat nog niet gesproken kan worden over 'gangbare' systemen die representatief zijn voor NKG. Een andere moeilijkheid bij het onderzoek is dat ploegen en NKG op boerenbedrijven niet naast elkaar voorkomen. Er is daarom gekozen voor meting van het brandstofverbruik op onderzoeklokaties waar ploegsystemen en experimentele NKG systemen naast elkaar liggen. In dit verslag worden resultaten gerapporteerd van brandstofmetingen op een zandgrond op WUR-proefbedrijf Unifarm te Wageningen in 2013.

De systemen waarvoor het brandstofverbruik gemeten werd waren ploegen, ecoploegen en NKG in de biologische teelt van zomergraan (proefbedrijf Droevendaal) en ploegen en NKG in de gangbare teelt van suikerbieten (proefbedrijf Nergena). Aan de grondbewerkingssystemen werd invulling gegeven zoals die in de afgelopen jaren werd ontwikkeld door Unifarm. Voor de grondbewerkingen in de systemen werd het brandstofverbruik gemeten met een op de trekker gebouwd meetsysteem, dat continu het brandstofverbruik en, via preciese GPS, de locatie op het perceel nauwkeurig registreert. Hiermee kon voor de diverse bewerkingen het brandstofverbruik bepaald worden. In een aantal gevallen werd het brandstofverbruik op een andere wijze vastgesteld. Het onderzoek werd beperkt tot het netto brandstofverbruik, d.w.z. het verbruik exclusief keren op de kopakker, rusttijden, aan- en afvoer naar het perceel etc. Effecten van de onderzochte systemen op het (indirekte) energieverbruik voor de fabricage van gebruikte inputs werden in het onderzoek niet meegenomen.

Voor de grondbewerkingssystemen op biologische bedrijf was het brandstofverbruik het hoogst voor het ploegsysteem (59,5 l/ha), gevolgd door het ecoploegsysteem (56,8 l/ha) en het laagst voor het NKG systeem (56,1 l/ha). Het NKG systeem vraagt dus ca. 6% minder en het Ecoploegsysteem 4% minder brandstof dan het gangbare ploegsysteem. Op het gangbare proefbedrijf was het brandstofverbruik het hoogst voor het ploegsysteem 34,5 l/ha en het laagst voor het NKG systeem 25% minder (25,7 l/ha).

Het brandstofverbruik in de biologische systemen was duidelijk hoger dan in de gangbare systemen. De hoofdoorzaak daarvoor is dat in de biologische teelt groenbemesters geteeld werden. Extra brandstof is nodig voor de inzaai van groenbemesters in het najaar en voor het inwerken van groenbemesterresten in het voorjaar.

NKG telers in de praktijk bewerken de grond vaak dieper dan op de bedrijven Droevendaal en Nergena en zullen daarom waarschijnlijk minder brandstof besparen dan in dit onderzoek gevonden werd. Op kleigronden is toepassing van groenbemesters in het ploegsysteem vaak niet mogelijk, wat ook invloed zal hebben op de vergelijking van het energieverbruik van NKG- en ploegsystemen. Aanbevolen wordt om op meer bedrijven en onder verschillende omstandigheden het brandstofverbruik te meten om een indruk te krijgen van de besparing op brandstof die in de praktijk behaald kan worden door een overstap naar een NKG systeem.





# 1. Inleiding

Een vaak gehoorde bewering is dat het gebruik van brandstof voor de grondbewerkingen in een niet-kerend systeem lager is dan in een ploegsysteem. Om deze bewering te staven zijn metingen van het brandstofverbruik in beide systemen noodzakelijk. Een moeilijkheid bij dit onderzoek is dat systemen voor niet-kerende grondbewerking (NKG) in Nederland in veel streken niet gangbaar zijn. NKG komt vooral voor op de lössgronden in Zuid Limburg, waar niet-kerende grondbewerking in principe verplicht is om watererosie te voorkomen. Op zand- en kleigronden zijn een aantal telers geheel of gedeeltelijk overgeschakeld op NKG. De motieven daarvoor zijn verscheiden, zoals arbeidsbesparing, brandstofbesparing, het sparen van het bodemleven en het conserveren van organische stof. De laatste twee motieven spreken zeer aan bij biologische telers. Initiatieven om met NKG aan de gang te gaan komen daarom relatief veel voor op biologische bedrijven. De meeste van deze telers zijn zoekende naar een NKG systeem dat past voor hun situatie, zodat nog niet gesproken kan worden over 'gangbare' NKG systemen. Zo kan de werkdiepte die toegepast wordt aanzienlijk verschillen tussen NKG bedrijven. Een andere moeilijkheid bij het onderzoek is dat ploegen en NKG op boerenbedrijven niet naast elkaar voorkomen, waardoor vergelijking van de twee systemen op één praktijkbedrijf niet mogelijk is. Er is daarom gekozen voor meting van het brandstofverbruik op onderzoeklokaties waar ploegsystemen en experimentele NKG systemen naast elkaar liggen. In dit verslag worden resultaten gerapporteerd van brandstofmetingen op WUR-proefbedrijf Unifarm te Wageningen in 2013. Hierbij werd mede gebruik gemaakt van enkele eerdere, niet gepubliceerde metingen op deze locatie in 2010 (Correa Rosa, 2010). Dank gaat uit naar de bedrijfsleiders Andries Siepel en Joop van Westeneng voor de beschrijving van de grondbewerkingssystemen die op de proefbedrijven van Unifarm toegepast worden.



## 2. Materiaal en methode

### 2.1 Locaties en bodem

Om het brandstofverbruik van verschillende grondbewerkingssystemen te bepalen werden het verbruik gemeten op de proeflocaties Droevendaal en Nergena van proefbedrijf Unifarm van Wageningen UR.

Droevendaal is een proeflocatie voor de biologische teelt op zandgrond. Sinds 2011 is er een perceel (perceel 3) aangelegd, waarvan een deel geploegd, een deel ondiep geploegd (eco-ploeg) en een deel niet-kerend bewerkt wordt. In 2012 stond er graan op het perceel. In het najaar van 2012 werd een rogge-bladrammenas groenbemester ingezaaid en na de voorjaarsgrondbewerking werd in 2013 zomergerst gezaaid.

Nergena is een proeflocatie met gangbare teelt op zandgrond, waar sinds 2010 een deel van een perceel (Boskamp Zuid) niet meer geploegd wordt. Ook op Boskamp stond graan in 2012. In 2013 werden er bieten verbouwd.

Omdat een aantal najaarsbewerkingen op de bovengenoemde percelen niet konden worden gemeten omdat deze al uitgevoerd waren werd ook gebruik gemaakt van perceel 10 op Droevendaal, waar vaste zandgrond aanwezig was in een conditie vergelijkbaar met die in het najaar, na de oogst.

Gedurende de gehele periode dat het brandstofverbruik gemeten werd was de grond tamelijk droog.

### 2.2 Definitie en bepaling van de werkdiepte

De werkdiepte bij de verschillende bewerkingen werd vastgelegd door de trekkerchauffeurs. Bij ploegen gebeurde dit door meting van de werkdiepte bij de openliggende voor, d.w.z. ten opzichte van de vaste grond. Bij andere bewerkingen werd uit praktische overwegingen de diepte ten opzichte van de losgemaakte grond gemeten of geschat omdat de referentie van een vast maaiveld moeilijk te hanteren was. Omdat losse grond een ca. 20% groter specifiek volume heeft dan vaste grond kan deze verschillende wijze van meten een behoorlijke fout geven in een vergelijkende beoordeling van de diepte tot waar de grond bij verschillende systemen bewerkt wordt. In dit rapport zijn daarom de werkdieptes in principe allemaal teruggerekend tot grond in vaste toestand.

### 2.3 Beschrijving van de grondbewerkingssystemen

#### 2.3.1 Biologisch proef- en leerbedrijf Droevendaal

In het najaar, na de oogst van graan, worden 1 of twee ondiepe stoppelbewerkingen (5-10 cm diepte) uitgevoerd met een schijveneg (Figuur 5) of een vastetandcultivator met vleugelscharen (Figuur 6). Daarna wordt een groenbemester ingezaaid met een zaai-combinatie waarbij de grond 10-14 cm diep (12 cm losse grond, ter plaatse van de tanden 17 cm) bewerkt wordt door een vastetandcultivator (Figuur 9). Diep grondbewerken (woelen) vindt op Droevendaal niet plaats omdat men de daar voorkomende leemlagen in de ondergrond niet wil mengen met het zand van de bouwvoor.

De grondbewerkingen voor de teelt van zomergerst na graan zijn in Tabel 1 weergegeven voor de drie grondbewerkingssystemen die in de meerjarige proef op Droevendaal liggen. Omdat de grond in het voorjaar geploegd wordt, worden op dit bedrijf ook in het ploegsysteem groenbemesters toegepast. De uitgangssituatie in het voorjaar is daarom voor alle systemen een veld met een staande, al dan niet teruggevroren groenbemester.

Op Droevendaal wordt de vaste mest in de groenbemesterresten verspreid, waarna de groenbemesterresten en onkruiden ondergronds afgesneden en licht ingewerkt worden door middel van een bewerking met een schijveneg

(Figuur 5). Deze bewerking is noodzakelijk in verband met de inwerkplicht van de vaste mest. De werkdiepte blijft hierbij beperkt tot ca. 8 cm (10 cm losse grond). In het NKG systeem wordt een aantal dagen na het inwerken van de mest, vlak voor het zaaien een tweede keer bewerkt om gekiemde onkruidzaden in te werken. Bij ploegen en ecoploegen is dit niet nodig omdat het bij de hoofdgrondbewerking ondergewerkt wordt. Na het eggen worden de drie verschillende hoofdgrondbewerkingen uitgevoerd. Bij gangbaar ploegen (Figuur 1) wordt de grond kerend bewerkt tot ca. 27 cm diepte (32 cm losse grond) en bij ecoploegen (Figuur 2) tot ca. 17 cm diepte (20 cm losse grond). Bij de niet-kerende grondbewerking (NKG) wordt de grond tot ca. 12 cm diepte (15 cm losse grond) bewerkt met een vastetandcultivator met vleugelscharen. Bij de hoofdbewerking met de vleugelschaarcultivator (Figuren 3 en 4) is het de bedoeling om de grond volvelds op ca. 12 cm diepte te doorsnijden. Als de vleugelscharen van de cultivator slijtage vertonen kan het noodzakelijk zijn om de grond twee keer te bewerken om volvelds doorsnijding te bereiken. Om het aanwezige bodemvocht te benutten voor de kieming van het zaad wordt spoedig na de hoofdgrondbewerking een zaaibed gemaakt en zomergerst gezaaid. De zaaibedbereiding en het zaaien gebeurt met een zaaicombinatie waarin eerst de grond nogmaals bewerkt wordt door een langzaam lopende kopeg en direct daarna gezaaid (Figuur 7). Na zaai wordt de zomergerst een aantal keer gewiedegd, in 2013 vier keer.

Tabel 1. *Grondbewerkingen in de onderzochte grondbewerkingssystemen voor de biologische teelt van zomergerst na graan en een winterrogge - gele mosterd groenbemester.*

	Ploegen	Ecoploegen	Niet Kerend
<b>Najaar</b>			
Stoppelbewerking/ gehakseld stro inwerken	2 x Schijveneg of vleugelschaarcultivator (Lemken Smaragd), ca. 10 cm diep		
Zaaicombinatie voor groenbemester	Vastetandcultivator, 10-14 cm diep, + Vicon pneumatische zaaimachine		
<b>Voorjaar</b>			
Inwerken groenbemester/onkruid/vaste mest	Schijveneg, ca. 8 cm diep *)		
Inwerken gekiemd onkruid	-	-	Schijveneg, ca. 8 cm diep
Voornaamste grondbewerking	Ploeg, 4-schaar wentel, d = 27 cm	Ecoploeg, 7-schaar, rondgaand, d = 17 cm	Vleugelschaarcultivator (Lemken Smaragd), d = 12 cm
Zaaien van zomergerst	Zaaicombinatie: langzaam lopende kopeg + Rabe turbodrill		
Onkruidbestrijding	4 keer wieden		

\*) De werkdieptes zijn aangegeven als laagdikte in vaste grond. De laagdikte in losse grond is ca. 20% groter.

### 2.3.2 Gangbaar bedrijf Nergena

Voor de teelt van bieten na graan op een gangbaar bedrijf is in Tabel 2 een overzicht van de bewerkingen gegeven voor de twee toegepaste systemen: ploegen en niet-kerend. Op Nergena worden geen groenbemesters toegepast. Na de oogst in het najaar blijft het veld daarom in het algemeen onveranderd liggen tot aan het voorjaar. Echter, in tegenstelling tot op Droevendaal wordt op Nergena de bodem wel diep (50-60 cm) bewerkt als het echt nodig is, bijvoorbeeld om de verdichting onder aardappelspuitssporen op te heffen.

In het voorjaar wordt drijfmest toegediend met een getrokken bemester met uitschuifbare as (Schuitemaker). Hierdoor rijden de wielen van de bemester niet door het hetzelfde spoor dan de trekkerwielen. Op de bemester is een ondiep werkende schijveneg gemonteerd die de mest direct na de toediening inwerkt in de grond. De werkdiepte van de schijveneg is ongeveer 7 cm. Na de mesttoediening wordt de voornaamste grondbewerking uitgevoerd, waarin de twee toegepaste systemen verschillen. Bij het ploegen wordt de grond kerend bewerkt tot

ca. 27 cm diepte (32 cm losse grond) en bij niet-kerende grondbewerking (NKG) wordt de grond tot ca. 12 cm diepte (15 cm losse grond) met een vleugelschaarcultivator bewerkt, evenals bij de biologische teelt 1 tot 2 keer. Om het aanwezige bodemvocht te benutten voor de kieming van de bieten wordt z.s.m. na de voornaamste grondbewerking gezaaid. Voor het maken van een zaaibed wordt een zaaibedcombinatie gebruikt, waarmee een ca. 2 tot 4 cm diep zaaibed wordt gemaakt. Daarna worden de bieten gezaaid met een precisiezaaimachine. In de bieten werd niet geschoffeld.

Tabel 2. *Grondbewerkingen in de onderzochte grondbewerkingssystemen voor de gangbare teelt van suikerbieten na graan.*

	Ploegen	Niet Kerend
<b>Najaar</b>	Geen systematische grondbewerkingen	
<b>Voorjaar</b>		
Inwerken drijfmest	Schijveneg achter loonwerkmachine voor het toedienen van mest	
Voornaamste grondbewerking	Ploeg, 4-schaar wentel, d =27 cm	Vleugelschaarcultivator (Lemken Smaragd), 1-2 keer, 12 cm diep
Zaaibedbereiding	Zaaibedcombinatie (Kongskilde Germinator SP 4000)	
Bieten zaaien	Precisiezaaimachine	

*\*) De werkdieptes zijn aangegeven als laagdikte in vaste grond. De laagdikte in losse grond is ca. 20% groter.*



Figuur 1. *Ploegen, 4 schaar wentelploeg.*



Figuur 2. *Ecoploegen, 7 schaar wentelploeg.*



Figuur 3. *Niet-kerend, vastetandcultivator met vleugelscharen.*



Figuur 4. *Vastetandcultivator met vleugelscharen, bovengronds.*



*Figuur 5. Ondiepe bewerking op vaste grond met schijveneg.*



*Figuur 6. Ondiepe bewerking op vaste grond met vastetandcultivator met vleugelscharen.*



*Figuur 7. Zomertarwe zaaien met zaaicombinatie.*



*Figuur 8. Precisiezaai van bieten.*



*Figuur 9. Groenbemester zaaien met zaaicombinatie.*

## 2.4 Meting van het brandstofverbruik

Het brandstofverbruik voor een grondbewerking werd, waar mogelijk, gemeten met een systeem voor continue verbruiksmeting. Daartoe werd het meetsysteem opgebouwd op een Deutz Agrotion 115 trekker, waarmee de meeste bewerkingen konden worden uitgevoerd. Het meetsysteem bestaat uit een AIC-888 doorstroommeter (AIC Systems AG, Zwitserland), gemonteerd tussen de brandstoftank en de brandstofpomp, een RTK-DGPS plaatsbepalingssysteem en een notebook-datalogger. De doorstroom meter heeft een meetbereik van 1 tot 120 liter/uur met een meetnauwkeurigheid van 1% voor debieten groter dan 4 liter per uur en ca. 10% voor debieten van 1 tot 4 liter per uur. Het RTK plaatsbepalingssysteem heeft een nauwkeurigheid van ca. 2 cm. Het meetsysteem

registreert de tijd, het brandstofverbruik en de exacte positie van de trekker met een frequentie van 60 keer per minuut (1 Hz). Deze data geven een gedetailleerd beeld van de snelheid van de trekker en het brandstofverbruik op elke locatie in het veld. Er werd volstaan met de bepaling van het brandstofverbruik voor de hoofdtak in liter per hectare (netto verbruik), d.w.z. het verbruik op de akker, exclusief de kopeinden. In een aantal gevallen bleek de trekker op de rechte einden een tijdje stilgestaan te hebben. In de berekening van het brandstofverbruik per uur werd deze tijd niet meegenomen. Het werkelijke brandstofverbruik voor de bewerking zal in de praktijk hoger zijn doordat er nog toeslagen berekend moeten worden voor aan- en afkoppelen van het werktuig, transport naar en van het veld, het keren van de combinatie op de kopeinden en stilstand met draaiende motor. De grootte van de toeslagen zal o.a. afhangen van de vorm en grootte van het perceel en de afstand tot het erf. Voor de vergelijking van het verbruik bij verschillende grondbewerkingssystemen zal het netto verbruik echter een goed beeld geven.

Voor een aantal bewerkingen kon de Deutz trekker niet gebruikt worden en werd het bruto brandstofverbruik gemeten door het afvullen van de tank, voorafgaand aan de bewerking en na de bewerking. Uit het bruto brandstofverbruik werd het netto brandstofverbruik berekend door aftrek van het verbruik voor transport (totaal 2,4 km à 0,44 l diesel) en het verbruik voor keren op de kopakkers (totale toeslag geschat als 15% van het verbruik). In een enkel geval was het niet mogelijk om een meting te verrichten en werd het brandstofverbruik geschat op basis van literatuurgegevens.

Om het verschil in netto brandstofverbruik bij de verschillende grondbewerkingssystemen te onderzoeken werd voor alle in de systemen voorkomende grondbewerkingen het verbruik bepaald. Een overzicht van de bewerkingen die onderscheiden werden, de werktuigen die daarvoor gebruikt werden en de wijze waarop het brandstofverbruik bepaald werd is weergegeven in Bijlagen I en II.





### 3. Resultaten

Voor de bewerkingen die in de grondbewerkingssystemen op proefbedrijf Droevendaal en op proefbedrijf Nergena voorkomen is het netto brandstofverbruik weergegeven in respectievelijk de tabellen 3 en 4.

Tabel 3. Brandstofverbruik voor de grondbewerkingssystemen op biologisch proefbedrijf Droevendaal.

Bewerking	Werkdiepte *) (cm)	Werksnelheid (km/u)	Brandstofverbruik (l/ha)		
			Ploegen	Ecoploegen	NKG-vleugelschaar
1 <sup>e</sup> stoppelbewerking, schijveneg	8	6,7	6,2	6,2	6,2
2 <sup>e</sup> stoppelbewerking, vleugelschaarcultivator	12	7,3	6,0	6,0	6,0
Combinatie vastetandcultivator + zaaien groenbemester	14 **)	7,0	5,3	5,3	5,3
Inwerken groenbemester/vaste mest, 1e keer	8	6,7	6,2	6,2	6,2
Inwerken groenbemester/vaste mest, 2e keer	8	6,0	-	-	6,0
Risterploegen	27	6,7	15,5	-	-
Ecoploegen	17	5,3	-	13,0	-
Niet kerend bewerken (vleugelschaarcultivator, 1 keer)	12	6,0	-	-	7,6
Combinatie kopeggen +graan zaaien	-	5,0	8,6	8,4	7,2
Wiedeggen, 1 <sup>e</sup> keer	-	8	2,9	2,9	2,9
Wiedeggen, 2 <sup>e</sup> keer	-	8	2,9	2,9	2,9
Wiedeggen, 3 <sup>e</sup> keer	-	8	2,9	2,9	2,9
Wiedeggen, 4 <sup>e</sup> keer	-	8	2,9	2,9	2,9
Totaal			59,5	56,8	56,1

\*) De werkdieptes zijn steeds betrokken op de dikte van de grondlaag in vaste conditie.

\*\*\*) = grootste werkdiepte van de cultivatortanden.

Tabel 4. Brandstofverbruik voor de grondbewerkingssystemen op proefbedrijf Nergena met gangbare teelt.

Bewerking	Werkdiepte *) (cm)	Werksnelheid (km / u)	Brandstofverbruik (l/ha)	
			Ploegen	NKG-vleugelschaar
Inwerken drijfmest (schijveneg achter bemester)	7	-	6,0	6,0
Risterploegen	27	6,9	15,4	-
Niet-kerend bewerken (vleugelschaarcultivator, 1 keer)	12	7,9	-	6,6
Zaaibedbereiding met zaaibedcombinatie **)	ca. 3	10,5	9,3	9,3
Precisiezaaien **)	-	-	3,8	3,8
Totaal			34,5	25,7

\*) De werkdieptes zijn steeds betrokken op de dikte van de grondlaag in vaste conditie.

\*\*\*) Eén verbruiksmeting voor hele proefveld; eventuele verschillen tussen ploegen en NKG niet gemeten.

## 4. Discussie

De grondbewerkingssystemen op biologisch bedrijf Droevendaal verschillen vooral in het type hoofdgrondbewerking dat wordt toegepast. Het brandstofverbruik voor de hoofdgrondbewerking was het laagst voor NKG (7,6 l/ha) en het hoogst voor ploegen (15,5 l/ha). Ecoploegen vroeg iets minder brandstof (13,0 l/ha) dan Risterploegen. Hoewel het verbruik bij NKG het laagst was, voorziet het systeem bij NKG in een extra voorjaarsbewerking om het onkruid te bestrijden. Deze extra bewerking met de schijveneg vraagt 6 l/ha en daarmee komt het totale verbruik voor extra noodzakelijke bewerking plus hoofdgrondbewerking op 13,6 l/ha.

De overige bewerkingen op het biologische bedrijf verlopen in alle systemen op dezelfde wijze. Bij de start van het project werd verondersteld dat gelijke bewerkingen zullen leiden tot eenzelfde brandstofverbruik. Daarom werd het verbruik van deze bewerkingen niet in alle systemen gemeten. Doordat de brandstofmeter ook tijdens het werk afgelezen kan worden viel het de chauffeur echter op dat het brandstofverbruik van de zaaicombinatie na het ploegen vaak hoger was dan na NKG met de vleugeltandcultivator. Omdat er voor de zaaicombinatie waarnemingen beschikbaar waren die voor de drie systemen gesplitst konden worden zijn hiervoor per systeem verschillende brandstofverbruiken gerapporteerd. Het brandstofverbruik voor het zaaien van graan blijkt inderdaad het hoogst te zijn als op de geploegde grond gezaaid wordt en het laagst bij zaaien na NKG. Dit verschil wordt toegeschreven aan het verschil in rolweerstand van de trekker-zaaicombinatie; de rolweerstand zal op de geploegde, relatief losse grond aanzienlijk hoger zijn dan op de slecht relatief ondiep losgemaakte grond in het NKG systeem.

Als het verbruik van alle bewerkingen bij elkaar opgeteld wordt is het brandstofverbruik het hoogst voor het ploegsysteem (59,5 l/ha), gevolgd door het ecoploegsysteem (56,8 l/ha) en het laagst voor het NKG systeem (56,1 l/ha). Het NKG systeem dat op biologisch proef- en leerbedrijf Droevendaal wordt gebruikt vraagt dus circa 6% minder en het Ecoploeg systeem 4% minder brandstof dan het gangbare ploegsysteem.

De twee grondbewerkingssystemen op het gangbare bedrijf Nergena verschillen uitsluitend in het type hoofdgrondbewerking dat wordt toegepast. Het brandstofverbruik voor de hoofdgrondbewerking was het laagst voor NKG (6,6 l/ha) en het hoogst voor ploegen (15,4 l/ha). De overige bewerkingen zijn hetzelfde in de beide systemen. Voor deze bewerkingen werd het brandstofverbruik niet apart gemeten voor de twee systemen en werd gelijk verondersteld voor de twee systemen (Tabel 4). Het is echter waarschijnlijk dat, evenals bij de biologische systemen, het brandstofverbruik voor de zaaibedbereiding na ploegen wat hoger is dan na NKG.

Als het verbruik van alle bewerkingen bij elkaar opgeteld wordt is het brandstofverbruik voor het ploegsysteem 34,5 l/ha en voor het NKG systeem 25,7 l/ha. Het NKG systeem dat op het gangbare bedrijf Nergena wordt gebruikt vraagt dus ca. 25% minder brandstof dan het gangbare ploegsysteem.

Het brandstofverbruik voor de grondbewerking in de biologische systemen op Droevendaal ligt duidelijk hoger dan in de gangbare systemen op Nergena. De hoofdoorzaak daarvoor is dat op Droevendaal meer brandstof nodig is voor het maken van een zaaibed en de zaai van groenbemesters en voor het inwerken van de groenbemesterresten in het voorjaar, wat op Nergena niet gebeurt. Daartegenover staat dat door toepassing van groenbemesters o.a. minder indirecte energie verbruikt wordt door besparing op meststoffen (Pimentel *et al.*, 1983; Dalgaard *et al.*, 2001; Bos *et al.*, 2007). In dit onderzoek zijn dergelijke indirecte energie-effecten van de onderzochte systemen niet bestudeerd. Op kleigronden zijn groenbemesters in het ploegsysteem vaak niet mogelijk omdat deze gronden vóór de winter geploegd worden. Te verwachten is dat dit consequenties heeft voor de vergelijking van het energieverbruik bij ploegen en NKG.

Op zowel Droevendaal als op Nergena wordt NKG gecombineerd met ondieper werken. De geconstateerde vermindering van het brandstofverbruik bij NKG wordt waarschijnlijk voornamelijk veroorzaakt doordat ondieper gewerkt wordt en niet doordat niet-kerend in plaats van kerend bewerkt wordt. Uit eerder onderzoek (o.a. Vermeulen, 1975) blijkt namelijk dat het verschil in energieverbruik tussen kerend (risterploeg) en niet-kerend (vastetand-cultivator) bewerken bij dezelfde werkdiepte niet groot is. Veel telers die NKG toepassen passen ongeveer dezelfde diepte toe als voorheen voor het ploegen. Een aantal bewerken zelfs iets dieper om een aanwezige ploegzool te breken, met de verwachting dat dit na een aantal jaren niet meer nodig zal zijn. Daarom mag, althans voorlopig, verwacht worden

dat deze NKG telers niet de vermindering van het brandstofverbruik zullen halen die hier gerapporteerd wordt. Er zal op meer bedrijven en onder verschillende omstandigheden gemeten moeten worden om een indruk te krijgen van de besparing op brandstof die door een overstap naar een NKG systeem gerealiseerd wordt.

## 5. Conclusies en aanbevelingen

Voor de grondbewerkingssystemen die op biologisch proef- en leerbedrijf gebruikt worden is het brandstofverbruik het hoogst voor het ploegsysteem (59,5 l/ha), gevolgd door het ecoploegsysteem (56,8 l/ha) en het laagst voor het NKG systeem (56,1 l/ha). Het NKG systeem vraagt dus ca. 6% minder en het Ecoploegsysteem 4% minder brandstof dan het gangbare ploegsysteem.

Voor de grondbewerkingssystemen die op proefbedrijf Nergena gebruikt worden is het brandstofverbruik voor het ploegsysteem 34,5 l/ha en voor het NKG systeem 25% minder (25,7 l/ha).

Het brandstofverbruik in de biologische systemen op Droevendaal was duidelijk hoger dan in de gangbare systemen op Nergena. De hoofdoorzaak daarvoor is dat op Droevendaal brandstof nodig is voor de inzaai van groenbemesters in het najaar en voor het inwerken van groenbemesterresten in het voorjaar, wat op Nergena niet gebeurt.

NKG telers in de praktijk bewerken de grond vaak dieper dan op de bedrijven Droevendaal en Nergena en zullen daarom waarschijnlijk minder brandstof besparen dan in dit onderzoek. Op kleigronden is toepassing van groenbemesters in het ploegsysteem vaak niet mogelijk, wat ook invloed zal hebben op de vergelijking van het energieverbruik van NKG- en ploegsystemen. Aanbevolen wordt om op meer bedrijven en onder verschillende omstandigheden het brandstofverbruik te meten om een indruk te krijgen van de besparing op brandstof die in de praktijk behaald kan worden door een overstap naar een NKG systeem.



## Referenties

- Bos, J.F.F.P., J.J. de Haan, W. Sukkel & R.L.M. Schils, 2007.  
Comparing energy use and greenhouse gas emissions in organic and conventional farming systems in the Netherlands. 3rd QLIF Congress. Hohenheim, Germany.
- Correa Rosa, S., 2010.  
Assessment of energy requirements and subsequent C emissions associated with non-inversion tillage practises in the Netherlands. Wageningen University, Farm Technology Group, Thesis, 62 p. (not published).
- Dalgaard, T., N. Halberg & J.R. Porter, 2001.  
A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 87, 51-65.
- Pimentel, D., G. Beradi & S. Fast, 1983.  
Energy efficiency of farming systems: organic and conventional agriculture. *Agric. Ecosyst. Environ.* 9, 359-372.
- Vermeulen, G.D., 1975.  
Vermogensbehoefte bij de hoofdgrondbewerking. Wageningen, Landbouwhogeschool, Laboratorium voor Grondbewerking, Afstudeerscriptie, 35 p.







## Bijlage I.

### Wijze van bepaling brandstofverbruik voor verschillende bewerkingen

Nr.	BIOLOGISCH	Hoe	Waar
1	Stoppelbewerking schijveneg, ondiep, vaste grond (1e keer)	AIC 888 + RTK-DGPS*	Perceel 10
2	2 <sup>e</sup> stoppelbewerking met Smaragd; 10 cm diep	AIC 888 + RTK-DGPS*	Perceel 10
3	Zaaicombinatie voor groenbemester; Vicon met voorzet vastetandcultivator, 10 cm diep, tanden 14 cm diep	AIC 888 + RTK-DGPS*	Perceel 10
4	Ineggen groenbem./vaste mest met schijveneg, 1e keer	AIC 888 + RTK-DGPS*	Perceel 10
5	Ineggen groenbem./vaste mest met schijveneg, 2e keer	Schatting	-
6	Ploegen, 4 schaar wentel; 27 cm diep	AIC 888 + RTK-DGPS*	Perceel 3
7	Ecoploeg, 7 schaar rondgaand; 15-18 cm diep	AIC 888 + RTK-DGPS*	Perceel 3
8	Lemken Smaragd 10-15 cm diep 1e keer	AIC 888 + RTK-DGPS*	Perceel 3
9	Lemken Smaragd 10-15 cm diep 2e keer	(was niet nodig)	
10	Zaaicombinatie voor graan (Rabe) na ploegen	AIC 888 + RTK-DGPS*	Perceel 3
11	Zaaicombinatie voor graan (Rabe) na ecoploegen	AIC 888 + RTK-DGPS*	Perceel 3
12	Zaaicombinatie voor graan (Rabe) na niet-kerend	AIC 888 + RTK-DGPS*	Perceel 3
13	Treffler wiedeg, werkbreedte 9 meter	Schatting (Correa Rosa, 2010)	-
GANGBAAR			
13	Mesttoediening; injecteur met schijveneg (loonwerkmachine)	Schatting voor alleen eggen (zie # 10)	
14	Ploegen, 4 schaar wentel; 27 cm diep	AIC 888 + RTK-DGPS*	Boskamp/Loes emer
15	Niet kerend; Smaragd, 10-15 cm diep, 1e keer	AIC 888 + RTK-DGPS*	Boskamp
16	Niet kerend; Smaragd, 10-15 cm diep, 2e keer	(was niet nodig)	
17	Zaai-bedcombinatie Germinator Kongskilde SP4000	NH 135; tank afvullen	Boskamp
18	Bieten zaaien; Fendt 207 met precisiezaaimachine.	Fendt 207; tank afvullen	Boskamp

\* Doorstroommeter en GPS signaal, gelogd, opgebouwd op Deutz Agrotion 115 trekker.



## Bijlage II.

### Gebruikte trekkers en werktuigen

Trekker en werktuigen	Kenmerken
Deutz Agrotron 115 Profiline, 115 pk trekker	
Lemken 4-schaar wentelploeg	Type Vari-Opal 7, werkbreedte 1,80 m
Rumptstad 7-schaar wentelploeg, eco	Type RSP 2000, werkbreedte 2,10 m
Lemken vleugelschaarcultivator	Type Smaragd 7, 7 tanden, werkbreedte 3 m
Evers schijveneg	Type Skyros V300/51, offset, 24 schijven, werkbreedte 3 m
Vicon pneumatische zaaimachine met	Zelfbouw, werkbreedte 3,4 m
Rumptstad vaste tand voorzet-cultivator	
Rabe zaaimachine met Rabe voorzet-koepel	Rabe turbo-drill L300A, werkbreedte 3 m
New Holland 135, 135 pk trekker	
Kongskilde zaai- en bedcombinatie	Type Germinator SP 4000, werkbreedte 4 m
Fendt 207, 70 pk trekker	
Monosem precisiezaaimachine voor bieten	Type NG, werkbreedte 3 m
New Holland TN 65, 65 pk trekker	
Treffler wiedeeg	Type TS920/5, werkbreedte 9 meter.

