



De Telen met toekomst Energie- en klimaatmeetlat

Methodiek en rekenregels

H.F.M. Mombarg, A. Kool, W.J. Corré &
J.W.A. Langeveld & W. Sukkel

De Telen met toekomst Energie- en klimaatmeetlat

Methodiek en rekenregels

H.F.M. Mombarg, A. Kool, W.J. Corré J.W.A. Langeveld & W. Sukkel



Telen met toekomst

Colofon

Uitgever:

Plant Research International B.V.

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Tel. : 0317 - 47 70 00
Fax : 0317 - 41 80 94
E-mail : post@plant.wag-ur.nl
Internet : <http://www.plant.wageningen-ur.nl>

© 2003 Wageningen, Plant Research International B.V.

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 Plant Research International B.V.

In 'Telen met toekomst' werken agrarische ondernemers samen met Wageningen UR (Praktijkonderzoek Plant & Omgeving en Plant Research International B.V.) en DLV Adviesgroep nv aan duurzame bedrijfssystemen voor akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt, bloembollen en boomteelt.

Informatie over Telen met toekomst

DLV Adviesgroep nv
Telefoon: (0317) 49 16 12
Fax: (0317) 46 04 00
Postbus 7001, 6700 CA WAGENINGEN
E-mail: info@telenmettoekomst.nl
Internet: www.telenmettoekomst.nl

Inhoudsopgave

	pagina
1. Beschrijving van de Telen met toekomst energie- en klimaatmeetlat	1
1.1 Doel	1
1.2 Middel	1
1.3 Keuzes en begrenzingen van de meetlat	1
2. Inputfactoren en rekenregels direct en indirect energieverbruik	5
2.1 Elektriciteit	5
2.2 Aardgas	6
2.3 Propaan	6
2.4 Diesel	7
2.5 Zaadgoed	7
2.6 Plantgoed	8
2.7 Organische mest	9
2.8 Kunstmest	9
2.9 Pesticiden	11
2.10 Plastics	12
2.11 Andere materialen	12
2.12 Loonwerk	13
2.13 Machines	13
2.14 Arbeid	14
2.15 Bewaring	15
3. Inputfactoren en rekenregels lachgasemissie	21
3.1 Rekenregels op bedrijfsniveau (niveau 1)	21
3.2 Managementmaatregelen om de N ₂ O emissie te beperken/sturen (niveau 2)	22
Literatuur	25

1. Beschrijving van de Telen met toekomst energie- en klimaatmeetlat

1.1 Doel

Het onderdeel energieverbruik op agrarische bedrijven binnen Telen met toekomst kent twee doelen:

- a. Het inzichtelijk maken van het energieverbruik en emissie van broeikasgassen op agrarische bedrijven.
- b. Het kunnen sturen in het energiemanagement van de ondernemer.

1.2 Middel

De Telen met toekomst energie en klimaatmeetlat.

Deze energie- en klimaatmeetlat meet het directe energieverbruik, het indirecte energieverbruik en de lachgasemissie op agrarische bedrijven.

Om de genoemde doelen te kunnen realiseren kent de Telen met toekomst energie en klimaatmeetlat twee niveaus, namelijk:

- a. Het eerste niveau is het algemeen inzichtelijk bedrijfsniveau waarin voor alle posten wordt aangegeven wat het energieverbruik (direct en indirect) en de lachgasemissie op het agrarische bedrijf is. Deze worden omgerekend naar CO₂-equivalenten. Het totaal aantal CO₂-equivalenten per bedrijf is eenvoudig te berekenen door alle posten bij elkaar op te tellen.
- b. Het tweede niveau is het management niveau. Op dit niveau kan een agrarisch ondernemer inzicht krijgen in verschuivingen in het totale energiegebruik en de lachgasemissie door het nemen van management beslissingen. Zo kan een ondernemer besluiten geen folie meer te gebruiken, te gaan schoffelen in plaats van chemisch te bestrijden, een andere bewaringsmethode of bemestingsmethode toe te passen. Hiervoor worden alle posten verdeeld in modules die het energieverbruik gedetailleerder in kaart brengen. Deze modules zijn onderling uitwisselbaar. Dit betekent dat een verandering in energieverbruik of lachgasemissie binnen de ene module kan leiden tot een verandering van het energieverbruik of lachgasemissie binnen een andere module; de zogenaamde uitruilwaarden. Op deze manier kan in het energiemanagement van de ondernemer worden gestuurd.

1.3 Keuzes en begrenzingen van de meetlat

Werkelijke waarden energieverbruik en modelmatige benadering

Binnen een agrarische onderneming is het verbruik van directe energie zoals diesel, gas en elektriciteit bekend. In de meetlat wordt dan ook uitgegaan van deze werkelijke waarden. Deze worden omgerekend naar CO₂ equivalenten.

Bovendien zijn voor de indirecte energieposten de gebruikte hoeveelheden bekend zoals het gebruikte zaad- en plantgoed, de organische mest, de gebruikte kunstmest, de gebruikte pesticiden, plastics, loonwerk en de gebruikte productiemiddelen. Ook zijn voor de berekening van de lachgasemissie de posten zoals de gebruikte hoeveelheid kunstmest, de aangewende hoeveelheid organische mest en het gebruik van vlinderbloemigen bekend. De meetlat hanteert ook hier de werkelijke waarden, maar zal deze modelmatig omrekenen naar het energieverbruik in CO₂ equivalenten.

Door sturing in het energiemanagement zullen de diverse posten veranderen. Deze verandering wordt modelmatig doorberekend. Echter, de uitkomsten van deze modelmatige benadering zullen zeer dicht bij de werkelijke waarden moeten liggen. Er is voor een modelmatige benadering gekozen omdat er anders vele factoren zijn die een en ander nodeloos compliceren.

Energiesoorten

Het energieverbruik bestaat uit de energie die gebruikt wordt voor de productie van de betreffende energiesoort. Dit laatste is de som van de Aufbereitungsenergie (de energie die nodig is om uit ruwe energie te winnen en te verwerken tot energiedragers) en de Produktionsenergie (de energie die nodig is om vanuit de energiedragers het product te maken + de energie-inhoud van het product zelf). In de meeste gevallen bestaan de gevonden waarden uit de som van de Aufbereitungsenergie en de Produktionsenergie. De meeste berekende energiewaarden zijn hier op gebaseerd. Indien dit niet zo is, is dit vermeld.

Direct- en indirect energieverbruik en lachgasemissie

Sturing in het energiemanagement heeft vaak invloed op zowel het directe als het indirecte energieverbruik. Zo heeft een beslissing van de ondernemer om geen chemische bestrijding tegen het onkruid toe te passen, maar te schoffelen invloed op de posten diesilverbruik (direct), pesticiden (indirect), productiemiddelen (indirect) en eventueel loonwerk (indirect). De meetlat zal daarom het directe en het indirecte energieverbruik samenvoegen tot het totale energieverbruik.

Dit geldt ook voor de lachgasemissie. De beslissing van de ondernemer de mest anders te gaan toedienen heeft invloed op het directe diesilverbruik, de machines (indirect) en de lachgasemissie.

Energieverbruik en lachgasemissie per bedrijf en per handeling (per hectare)

Om te kunnen sturen in het energiemanagement van de ondernemer is het meten op alleen bedrijfsniveau onvoldoende. Een ondernemer wil keuzes kunnen maken tussen bijvoorbeeld het chemisch bestrijden van onkruid of schoffelen. De meetlat moet de impact van beide methoden op het energieverbruik (direct en indirect) kunnen meten (uitruilwaarden). Om deze methoden goed te kunnen vergelijken moet het aantal hectare waarop de bewerkingmethode wordt toegepast bekend zijn. Daarom wordt in de modules niet alleen het energieverbruik en lachgasemissie per bedrijf, maar ook per hectare gemeten.

Uniformiteit van de berekende CO₂-equivalenten

Directe en indirecte energie.

Het is belangrijk dat de berekende waarden in CO₂ equivalenten per energiedrager per productie middel binnen de Tmt energie- en klimaatmeetlat op dezelfde manier zijn berekend. De Tmt Energie en Klimaatmeetlat hanteert de hoeveelheid energie die verbruikt wordt op de bedrijven. Dit is de hoeveelheid energie die verbruikt wordt door het gebruik van brandstoffen inclusief de productie van deze energiedragers.

Het is dus belangrijk om alle verbruikte energiedragers op een bedrijf te kennen (direct en indirect). Voor het diesilverbruik is dit eenvoudig; namelijk diesel. Echter, voor het kunstmestverbruik is dit ingewikkelder. Uit literatuurstudie volgt: elektriciteit, kolen, olie en aardgas.

De hoeveelheid CO₂ die wordt geproduceerd ten behoeve van een gelijke hoeveelheid benutbare energie is gebaseerd op het gebruik van energie en de productie van de energiedragers.

Zij bedraagt voor de energiedragers (Zonneveld, 1991 en Van Bergen & Biewinga, 1992):

Elektriciteit:	0,068 kg CO ₂ per MJ
Aardgas:	0,056 kg CO ₂ per MJ
Propaan:	0,064 kg CO ₂ per MJ
Huisbrandolie:	0,074 kg CO ₂ per MJ
Dieselolie:	0,074 kg CO ₂ per MJ
Steenkool:	0,094 kg CO ₂ per MJ

Lachgasemissie

De meetlat wordt pas zinvol als ook andere broeikasgassen uit de landbouw worden meegenomen. Bovendien mag terugdringing van het energieverbruik niet leiden tot een toename van de emissies van broeikasgassen (afwenteling).

Naast het broeikasgas kooldioxide (CO₂) is in de akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt, boomteelt en bloembollenteelt lachgas (N₂O) een belangrijk broeikasgas.

De volgende omrekeningsfactor wordt gehanteerd:

$$1 \text{ kg N}_2\text{O} = 310 \text{ kg CO}_2\text{-equivalenten}$$

N₂O-emissies vanuit de landbouw worden veroorzaakt door biologische processen in de bodem. N₂O-productie vindt voornamelijk plaats ten gevolge van nitrificatie en ten gevolge van denitrificatie (Denier van der Gon, 1989).

Nitrificatie is de oxidatie van ammonium (NH₄⁺) tot nitriet (NO₂⁻) of nitraat (NO₃⁻). Onder bepaalde omstandigheden wordt het geproduceerde NO₂⁻ omgezet in N₂O. Nitrificatie kan alleen plaatsvinden bij aanwezigheid van voldoende zuurstof. De N₂O-emissie bij nitrificatie neemt in het algemeen toe bij een hogere pH, een hoger organisch stofgehalte, de temperatuur, het vochtgehalte en de hoeveelheid nitrificeerbare stikstof.

Denitrificatie is een microbiële reductie van nitraat (NO₃⁻) of nitriet (NO₂⁻) tot stikstofgas (N₂) en/of distikstofoxyde (N₂O).

Aangenomen wordt dat op de Nederlandse landbouwgronden N₂O-productie door denitrificatie duidelijk belangrijker is dan die door nitrificatie. De hoeveelheid N₂O is afhankelijk van de mate waarin denitrificatie optreedt en van de verhouding waarin N₂ en N₂O worden geproduceerd.

Vergelijking tussen (groepen) bedrijven

Om verschillende systemen te kunnen vergelijken moet er gemeten worden per kg product of per Euro opbrengsten. Allerlei posten op bedrijfsniveau moeten dan toegeschreven worden aan het gewas. Hiervoor is zeer veel informatie nodig wat in het kader van de eenvoud van de meetlat niet wenselijk is. De resultaten tussen de bedrijven zijn waarschijnlijk zeer verschillend waardoor het niet zinvol is om individuele bedrijven met elkaar te vergelijken. Vergelijking tussen bedrijven kan in dit geval alleen op macroniveau (groepen bedrijven).

Bewaring

Sommige bedrijven bewaren het geogoste product zelf, andere bedrijven bewaren het product bij een collega bedrijf of bij bijvoorbeeld de veiling. Een vergelijking tussen het energieverbruik van bedrijven waarbij bewaring is meegerekend is daarom onmogelijk. Indien bewaring als energiepost in een meetlat wordt meegenomen dan zal deze post apart vermeld moeten worden. Dit kan omdat keuzes in bewaringsmethoden alleen impact hebben op het energieverbruik tijdens de bewaring.

Binnen het VEGINECO-project is het veld als begrenzing van het systeem genomen. Dit betekent dat posten als bewaring, transport en bewerking van het product niet zijn meegenomen. Bovendien vormt de post bewaring meestal een aanzienlijk deel van het totale energieverbruik op bedrijven en keuzes hierin hebben vaak veel meer impact dan keuzes bij andere posten. De post bewaring zal uit zeer veel modules bestaan (die allen uitgezocht moeten worden) zoals het type koeling en de snelheid van koeling die allen impact hebben op het energieverbruik. Het PPO-AGV heeft vanwege deze laatstgenoemde redenen de voorkeur bewaring niet op te nemen.

Indien bewaring niet wordt meegenomen dient men zich te bedenken dat teeltkeuzes impact kunnen hebben op het energieverbruik tijdens de bewaring. Het kan blijken dat het midden op de dag oogsten van sla het meest optimaal is in het energieverbruik tijdens de teelt. Vervolgens blijkt dat de bewaring veel meer energie vraagt om het product te koelen, terwijl je dit buiten het systeem had gehouden.

Het wel of niet opnemen van bewaring kan ook een grote invloed hebben op het (eventuele) afrekenen van bedrijven/sectoren op het energieverbruik. In dit geval is het de vraag of je de bewaring moet toerekenen aan bedrijven of aan de agrarische productiekolom.

Om een goed inzicht te krijgen het energieverbruik op bedrijfsniveau neemt de Telen met toekomst energie- en klimaatmeetlat de post bewaring op het eerste niveau wel op. Bewaring kan immers een grote post voor het energieverbruik vormen. Echter, vanwege de vaak zeer gedetailleerde en specialis-tische kennis die nodig is over de verschillende methoden, technieken e.d. die bovendien aan (snelle) verandering onderhevig is zal de meetlat niet op de besparingsmogelijkheden ingaan (niveau 2). Voor verdere gedetailleerde informatie verwijst de meetlat naar de installateurs.

Het tweede niveau binnen de post bewaring wordt voor de bollenteelt wel meegenomen. Bewaring vormt hier, in tegenstelling tot de overige sectoren, een integraal onderdeel van de teeltcyclus. De uit het onderzoek voortkomende belangrijkste besparingsmogelijkheden worden hier aangegeven. Voor overige gedetailleerde informatie verwijst de meetlat naar de installateurs.

2. Inputfactoren en rekenregels direct en indirect energieverbruik

Dit hoofdstuk beschrijft alle inputfactoren en rekenregels waarmee op bedrijfsniveau (niveau 1) het directe in indirecte energieverbruik bepaald kunnen worden. Daarna worden een aantal managementmaatregelen gegeven (niveau 2) waarmee de teler de CO₂-emissie kan sturen. Voor elke post zijn vaak meerdere methoden bekend. In dit rapport staan alle uit de literatuur gevonden berekeningswijzen vermeld. Uit deze verschillende berekeningswijzen wordt in principe telkens de meest recente methode gekozen. We gaan ervan uit dat de meest recente informatie de beste informatie is. Indien in de literatuur verschillende omrekeningsfactoren naar de energiedragers worden genoemd zijn al deze waarden vermeld. Ook hier kiezen we in principe voor de meest recente omrekeningsfactor.

2.1 Elektriciteit

Niveau 1

Hanegraaf (1996) geeft de volgende rekenregel: Het totale elektriciteitsverbruik per bedrijf (MJ/jaar) = (365/dagen registratieperiode * (eindstanden meters hoog en laag tarief (kWh) – beginstanden meters hoog en laag tarief (kWh)) – privé-verbruik woonhuizen) * 10,0MJ/kWh. Deze omrekeningsfactor is gebaseerd op zowel de productie van, als het gebruik van elektriciteit.

De correctie voor het privé-verbruik (kWh) per woonhuis bedraagt (Basisonderzoek Elektriciteitsverbruik Kleinverbruikers 1992):

Aantal personen	Jaarverbruik (kWh)
1	1800
2	2580
3	3160
4	3550
5 en meer	3705

Indien een bedrijf een windmolen heeft wordt er elektriciteit opgewekt, waardoor er minder of geen elektriciteit nodig is. Bovendien kan een dergelijk bedrijf energie leveren aan het net. Dit verlaagt het aantal geproduceerde kilogrammen CO₂.

Omrekeningsfactor naar CO₂ equivalenten:

De omrekeningsfactor voor de hoeveelheid CO₂ die vrijkomt bij de productie en het gebruik van elektriciteit is 0,068 kg CO₂ per MJ (Zonneveld, 1991 en Van Bergen & Biewinga, 1992).

Niveau 2

Dit niveau wordt alleen gebruikt indien er bewaring en/of beregening op het bedrijf aanwezig is. Op dit niveau kan de ondernemer bepalen of hij andere bewaarstechnieken gaat toepassen. Voor de bollenteelt zijn verschillende opties aangegeven. Voor de andere teelten wordt verwezen naar de leverancier.

Hiervoor wordt het elektriciteitsverbruik opgesplitst in de volgende modules:

- Elektriciteitsgebruik door bewaring.
- Elektriciteitsverbruik door beregening (elektrische pomp) per m³ water.
- Overig elektriciteitsgebruik (door de rest van het bedrijf).

Bij dit niveau gaan we uit van dezelfde omrekeningsfactor naar CO₂-equivalenten als bij niveau 1.

2.2 Aardgas

Niveau 1

Hanegraaf (1996) geeft de volgende rekenregel voor het aardgasverbruik: Het totale aardgasverbruik per bedrijf (MJ/jaar) = (365/dagen registratieperiode * (eindstand meter (m³) – beginstand meter (m³)) – privé-verbruik woonhuizen (m³)) * 32,3 MJ/m³. Melman *et al.* (1994) hanteert 36,7 MJ/m³.

Deze omrekeningsfactoren zijn gebaseerd op zowel de productie van, als het gebruik van aardgas.

De correctie voor het privé-verbruik bedraagt (Basisonderzoek Aardgasverbruik Kleinverbruikers BAK 2000):

CV

	Bouwjaar	Aardgas (m ³)
Vrijstaand huis	vóór 1945	2405
	1945 tot 1981	2725
	1981 – later	1835

Warm water 375

Koken 65

Omrekeningsfactor naar CO₂ equivalenten:

De omrekeningsfactor voor de hoeveelheid CO₂ die vrijkomt bij de productie en het gebruik van aardgas is 0,056 kg CO₂ per MJ (Zonneveld, 1991 en Van Bergen & Biewinga, 1992).

Niveau 2

Dit niveau wordt alleen gebruikt indien er bewaring op het bedrijf aanwezig is. Op dit niveau kan de ondernemer bepalen of hij andere bewaarstechnieken gaat toepassen. Voor de bollenteelt zijn verschillende opties aangegeven. Voor de andere teelten wordt verwezen naar de leverancier.

Hiervoor wordt het aardgasverbruik opgesplitst in de volgende modules:

- Aardgasverbruik door bewaring.
- Overig aardgasverbruik (door de rest van het bedrijf).

Bij dit niveau gaan we uit van dezelfde omrekeningsfactor naar CO₂-equivalenten als bij niveau 1.

2.3 Propaan

Niveau 1

Hanegraaf (1996) geeft de volgende rekenregel voor het propaanverbruik. Het totale propaanverbruik per bedrijf (MJ/jaar) = (365/dagen registratieperiode * (totaal leveranties(l) + beginvoorraad (l) – eindvoorraad (l) – privé-verbruik woonhuizen (l))) * 26,7 MJ/l. Ook Melman *et al.* (1994) hanteert 26,7 MJ/l. Deze omrekeningsfactoren zijn gebaseerd op zowel de productie van, als het gebruik van propaan.

Omrekeningsfactor naar CO₂ equivalenten:

De omrekeningsfactoren voor de hoeveelheid CO₂ die vrijkomt bij de productie en het gebruik van propaan is 0,064 kg CO₂ per MJ (Zonneveld, 1991 en Van Bergen & Biewinga, 1992).

Niveau 2

Het propaanverbruik wordt niet onderverdeeld naar verschillende modules.

2.4 Diesel

Niveau 1

Hanegraaf (1996) geeft de volgende rekenregel voor het diesilverbruik: Het totale diesilverbruik per bedrijf (MJ/jaar) = (totaal leveranties (l) + beginvoorraad (l) – eindvoorraad (l)) *40,5 MJ/l. Deze omrekeningsfactor is gebaseerd op zowel de productie van, als het gebruik van diesel. Volgens Gaillard (1997) is de Produktionsenergie van diesel 42,8 MJ/kg en de som van de Aufbereitungs- en Produktionsenergie van diesel 50,5 MJ/kg.

Omrekeningsfactor naar CO₂ equivalenten:

De omrekeningsfactoren voor de hoeveelheid CO₂ die vrijkomt bij de productie en het gebruik van diesel is 0,074 kg CO₂ per MJ (Zonneveld, 1991 en Van Bergen & Biewinga, 1992).

Niveau 2

Op dit niveau kan de ondernemer bepalen of hij andere mechanische teelthandelingen gaat toepassen.

Het diesilverbruik wordt opgesplitst in de volgende modules, deze zijn in de meeste gevallen afgestemd op een machinebreedte die gebruikelijk is in de akkerbouw (Sukkel, 2002):

- Diesilverbruik door schoffelen 4,5 liter diesel/hectare
- Diesilverbruik door strooien kunstmest 1,3 liter diesel/hectare
- Diesilverbruik door eggen 2,2 liter diesel/hectare
- Diesilverbruik door chemische bestrijding 1,1 liter diesel/hectare

- Diesilverbruik chemische bestrijding boomteelt
- Diesilverbruik schoffelen boomteelt

Het verschil in diesilverbruik wordt begin volgend jaar door PPO-bomen geleverd. PPO-bomen kan niet eerder tijd vrijmaken om hieraan te werken (Guiking, 2002)

- Overig diesilverbruik (door de overige landbewerkingsmethoden; deze zijn onafhankelijk van managementbeslissingen). wel afhankelijk, bijvoorbeeld ploegdiepte, en keuze van soort ploeg (bijv. ecoploeg)

Indien mogelijk is het verstandig bij lichte werkzaamheden zoveel mogelijk lichte tractoren in te zetten. Verder valt door zuinig rijgedrag (bijv. snel doorschakelen naar een hogere versnelling) diesel te besparen.

Bij dit niveau gaan we uit van dezelfde omrekeningsfactor naar CO₂-equivalenten als bij niveau 1.

2.5 Zaadgoed

De impact op het totale energieverbruik van deze post is relatief gering. Daarom wordt er geen nuanceering in gewastype aangebracht. Bepaalde type zaden zoals gecoate of gepilleerde zaden vergen tijdens de productie wel extra energie. Gegevens hierover zijn niet voorhanden.

Niveau 1

Methode 1

De energiebehoefte voor de productie van 1 kg zaadgoed is 7,5 MJ (Bonny, 1993).

Methode 2

Gaillard (1997) geeft ook een energiewaarde voor 1 kg zaadgoed, nl. 14,8 MJ. Dit is de som van de Aufbereitungs- en de Produktionsenergie. Melman *et al.*, 1994 geeft voor zaad van granen een energiewaarde van 3,6 MJ/kg. Voor knollen meldt hij de waarde 1,6 MJ/kg.

Er kunnen 2 omrekeningsfactoren worden gehanteerd:

De omrekeningsfactor voor de hoeveelheid CO₂ die vrijkomt om zaadgoed te produceren is 0,056 kg CO₂ per MJ (Zonneveld, 1991 en Van Bergen & Biewinga, 1992). Het uitgangspunt hierbij is dat voor de productie van zaadgoed aardgas wordt verbruikt.

De omrekeningsfactor voor de hoeveelheid CO₂ die vrijkomt om zaadgoed te produceren is 0,074 kg CO₂ per MJ (Gaillard, 1997) (voor omrekening naar CO₂-equivalenten: Zonneveld, 1991 en Van Bergen & Biewinga, 1992). Het uitgangspunt hierbij is dat voor de productie van zaadgoed 15% elektriciteit, 21% kolen, 45% olie en 19% aardgas wordt verbruikt.

Niveau 2

Het zaadgoedverbruik wordt niet onderverdeeld naar verschillende modules. Immers, veranderingen in zaadgoedverbruik heeft nauwelijks impact op het totale energieverbruik. Bovendien is zaadgoedverbruik een afzetgestuurde beslissing.

2.6 Plantgoed

Er zijn een aantal kengetallen voor de opkweek van plantgoed bekend. De basis hiervan is nogal wankel omdat deze gebaseerd zijn op de opkweek van plantmateriaal in kassen voor potplanten. Deze zijn voor groentegewassen gecorrigeerd voor de lengte van de opkweekperiode. Hieruit blijkt dat (verwarmde) plantenopkweek een belangrijke energieverbruiker kan zijn.

Niveau 1

Sukkel (2002) heeft deze berekend:

Hij baseert dit op Melman *et al.* (1994); De energie-inhoudnormen Akker- en tuinbouw (1994) van TNO. Deze zijn gebaseerd op potplanten.

Plantgoed uit verwarmde kassen: 640 MJ/1000 planten

Plantgoed uit onverwarmde kassen/tunnels: 145 MJ/1000 planten

De omrekeningsfactor voor de hoeveelheid CO₂ die vrijkomt om plantgoed te produceren is 0,056 kg CO₂ per MJ (Zonneveld, 1991 en Van Bergen & Biewinga, 1992). Het uitgangspunt hierbij is dat voor de productie van plantgoed aardgas wordt verbruikt.

Niveau 2

Het plantgoedverbruik wordt niet onderverdeeld naar verschillende modules. Immers, de teler heeft nauwelijks invloed op het energieverbruik tijdens de opkweek van plantgoed. Bovendien is plantgoedgebruik een afzetgestuurde beslissing.

2.7 Organische mest

Niveau 1

Organische mest wordt meestal niet gewaardeerd in energie. Echter, het transport en de toediening van organische mest wordt wel gewaardeerd in energieverbruik.

In het model wordt de gemiddelde vervoersafstanden meegenomen. Deze is voor de diverse typen mest (drijfmest, vaste mest en compost) verschillend.

Voor drijfmest wordt uitgegaan van een retour transportafstand van 15 km per trekker, voor vaste mest 20 km per trekker. Voor compost wordt uitgegaan van een retourafstand van 100 km per vrachtauto (Sukkel, 2002).

Energiebehoefte transport 20 kuub drijfmest:	6 liter diesel
Energiebehoefte transport 20 ton vaste mest:	8 liter diesel
Energiebehoefte transport 20 ton compost (benadering):	75 liter diesel

De omrekeningsfactor voor de hoeveelheid CO₂ die vrijkomt bij het transport van organische mest is 0,074 kg CO₂ per MJ (Zonneveld, 1991 en Van Bergen & Biewinga, 1992). Het uitgangspunt hierbij is dat voor het transport van mest diesel wordt verbruikt.

Niveau 2

Op dit niveau kan de ondernemer bepalen welk type mest hij gaat toepassen.

Bij dit niveau gaan we uit van dezelfde omrekeningsfactor naar CO₂-equivalenten als bij niveau 1.

2.8 Kunstmest

Er zijn data bekend voor de productie van kunstmest, onderverdeeld in N, P₂O₅ en K₂O. Het produceren van mengmeststoffen zoals kalk(ammon)salpeter kost extra energie. Waarschijnlijk is deze extra benodigde energie niet groot en is het daarom niet zinvol deze mee te nemen. Dit moet gecheckt worden. Bovendien moeten de vermelde waarden met de industrie gecheckt worden; de genoemde waarden zijn echter wel de meest recente en omvatten de productie, verpakking en het transport en niet de toepassing (strooien).

Voor de meetlat wordt alleen het totaal aantal gebruikte kilogrammen N, P₂O₅ en K₂O meegenomen.

Niveau 1

Methode 1

In Stout (1992a) worden door Mudahar & Hignett (1981, 1982) de volgende schattingen gemaakt van de gemiddelde directe en indirecte energiebehoefte voor de productie van kunstmest in de vorm van N, P₂O₅ en K₂O wereldwijd, uitgedrukt in Megajoules per kg nutriënt:

<u>Nutriënt</u>	<u>Productie</u>	<u>Verpakking en transport van grondstoffen en product en toepassing (strooien)</u>	<u>Totaal</u>
N	69,54	8,59	78,13
P ₂ O ₅	7,70	9,75	17,45
K ₂ O	6,38	7,32	13,70

Sinds 1980 is de energie efficiëntie bij de productie van kunstmest sterk toegenomen. Daarom geven de volgende methoden veel lagere energiewaarden.

Methode 2

Brand en Melman (1993) vermelden voor de Nederlandse landbouw de volgende energiewaarden::

de energiebehoefte voor de productie van 1 kg N:	38,9 MJ
de energiebehoefte productie van 1 kg P ₂ O ₅ :	4,3 MJ
de energiebehoefte voor de productie van 1 kg K ₂ O:	2,6 MJ

De omrekeningsfactor voor de hoeveelheid CO₂ die vrijkomt bij de kunstmestproductie is 0,056 kg CO₂ per MJ (Zonneveld, 1991 en Van Bergen & Biewinga, 1992). Het uitgangspunt hierbij is dat voor kunstmestproductie aardgas wordt verbruikt.

Methode 3

Gaillard (1997) maakt onderscheid in de energie tussen verschillende mengmestsoorten. Eventueel kan deze gebruikt worden om te verfijnen. De gemiddelde waarden voor de energie (som Aufbereitungs- en Produktionsenergie) van N, P₂O₅ en K₂O zijn:

N	56,1 MJ/kg N
P ₂ O ₅	29,1 MJ/kg P
K ₂ O	11,6 MJ/kg K ₂ O

Binnen VEGINECO wordt er alleen gerekend met waarden voor de afzonderlijke nutriënten (N, P en K) en niet met waarden voor mengmeststoffen.

De omrekeningsfactoren voor de hoeveelheid CO₂ die vrijkomt bij de kunstmestproductie zijn voor:

N:	0,062 kg CO ₂ per MJ,
P ₂ O ₅ :	0,073 kg CO ₂ per MJ,
K ₂ O:	0,057 kg CO ₂ per MJ.

(Gaillard, 1997 (voor omrekening naar CO₂-equivalenten: Zonneveld, 1991 en Van Bergen & Biewinga, 1992).

Het uitgangspunt is dat voor de vervaardiging van N 1,2% elektriciteit, 9,6% kolen, 12,1% olie en 77,1% aardgas wordt verbruikt.

Het uitgangspunt is dat voor de vervaardiging van P₂O₅ 15,1% elektriciteit, 77,4% olie, 6,1% diesel en 1,4% aardgas wordt verbruikt.

Het uitgangspunt is dat voor de vervaardiging van K₂O 2,2% elektriciteit, 5% diesel 92,8% aardgas wordt verbruikt.

Niveau 2

Op dit niveau kan de ondernemer bepalen of, hoeveel en welk type kunstmest hij gaat toepassen. Indien de ondernemer geen of minder kunstmest gaat gebruiken zal het kunstmest ook niet gestrooid hoeven te worden. Hierdoor neemt ook het dieselgebruik af. Verder kan de ondernemen een keus maken tussen dierlijke mest en kunstmest.

Bij dit niveau gaan we uit van dezelfde omrekeningsfactoren naar CO₂-equivalenten als bij niveau 1.

2.9 Pesticiden

In de meetlat wordt onderscheid gemaakt tussen fungiciden, herbiciden en insecticiden. Hierbij moet opgemerkt worden dat de verschillen in energiegebruik bij de productie van diverse insecticiden veel groter is dan tussen de drie typen pesticiden. Echter, de meetlat maakt geen onderverdeling in diverse insecticiden omdat de gegevens niet aanwezig zijn en omdat de input van pesticiden op het totale energieverbruik vrij klein is.

Niveau 1

Methode 1

Het totale energieverbruik voor grondstoffen (indirect) en productie (direct) voor pesticiden is voor (Stout, 1992a en 1992b):

Herbiciden: 239 MJ per kg actieve stof
 Fungiciden: 184 MJ per kg actieve stof
 Insecticiden: 92 MJ per kg actieve stof.

De energie die nodig is voor het formuleren, verpakken en transport van pesticiden is voor (Stout (1992a en 1992b)):

Herbiciden: 10-30 MJ per kg geformuleerd product
 Fungiciden: 2 MJ per kg geformuleerd product
 Insecticiden: 1 MJ per kg geformuleerd product

De totale energiewaarden worden berekend op ongeveer (Stout, 1992a en 1992b):

350 MJ per kg actieve stof voor herbiciden,
 300 MJ per kg actieve stof voor fungiciden en
 200 MJ per kg actieve stof voor insecticiden.

Nieuwe waarden zijn niet te krijgen omdat de industrie niet bereid is de processchema's voor de nieuwe generatie middelen beschikbaar te stellen.

De omrekeningsfactor voor de hoeveelheid CO₂ die vrijkomt om pesticiden te produceren is 0,067 kg CO₂ per MJ (Zonneveld, 1991 en Van Bergen & Biewinga, 1992). Het uitgangspunt hierbij is dat voor de productie van plastics 40% aardgas en 60% aardolie wordt verbruikt.

Methode 2

Gaillard (1997) geeft voor verschillende herbiciden, fungiciden en insecticiden de energiewaarden (som Aufbereitungs- en Produktionsenergie). Er is een grote variatie binnen herbiciden, fungiciden en insecticiden. De gemiddelde waarden per groep pesticiden zijn voor:

Herbiciden: 267,5 MJ per kg actieve stof
 Fungiciden: 176,0 MJ per kg actieve stof
 Insecticiden: 217,4 MJ per kg actieve stof

De omrekeningsfactor voor de hoeveelheid CO₂ die vrijkomt om pesticiden te produceren is 0,068 kg CO₂ per MJ (Gaillard, 1997 (voor omrekening naar CO₂-equivalenten: Zonneveld, 1991 en Van Bergen & Biewinga, 1992).

Het uitgangspunt hierbij is dat voor de productie van pesticiden 12% elektriciteit, 1% kolen, 58% olie en 29% aardgas wordt verbruikt. Er is hier geen rekening gehouden tussen verschillen tussen fungiciden, herbiciden en insecticiden. Immers, de verhoudingen tussen de grondstoffen om deze te produceren verschillen onderling niet veel.

Niveau 2

Op dit niveau kan de ondernemer bepalen of hij minder pesticiden gaat gebruiken. In dit geval zal hij meer moeten schoffelen, waardoor het dieselgebruik toeneemt. Bovendien kan het zijn dat hij dan een schoffelmachine moet kopen. In dat geval stijgt het energiegebruik door de post machines. De meetlat geeft al de bijbehorende energiewaarden weer.

Bij dit niveau gaan we uit van dezelfde omrekeningsfactoren naar CO₂-equivalenten als bij niveau 1.

2.10 Plastics

Plastics zijn opgebouwd uit twee soorten energie, namelijk:

- De energie die nodig was om het product te produceren.
- De energie-inhoud van het product.

Om de meetlat te vereenvoudigen gaat we ervan uit dat het product wordt hergebruikt. Dit betekent dat er niet wordt gerekend met de energie-inhoud van het product.

Bovendien is het van belang hoe lang een ondernemer een bepaald materiaal gebruikt. Indien dit meerdere jaren is wordt de hoeveelheid energie gedeeld door het aantal jaren.

Niveau 1

De totale energie van 1 kg polyethyleen is 87,0 MJ (Gaillard, 1997).

De omrekeningsfactor voor de hoeveelheid CO₂ die vrijkomt om plastics te produceren is 0,067 kg CO₂ per MJ (Zonneveld, 1991 en Van Bergen & Biewinga, 1992). Het uitgangspunt hierbij is dat voor de productie van plastics 40% aardgas en 60% aardolie wordt verbruikt.

Niveau 2

Op dit niveau kan de ondernemer bepalen of hij minder plastics gaat gebruiken.

Bij dit niveau gaan we uit van dezelfde omrekeningsfactor naar CO₂-equivalenten als bij niveau 1.

2.11 Andere materialen

Hieronder wordt hout, metaal (spijkers e.d.) verstaan. Het is zeer moeilijk van deze materialen de energiewaarden te achterhalen. Daarnaast is registratie van de gebruikte hoeveelheid zeer tijdrovend en kan waarschijnlijk op weinig begrip van de ondernemer rekenen. Daarom worden deze materialen niet opgenomen in de Telen met toekomst energie- en klimaatmeetlat.

2.12 Loonwerk

Voor het energieverbruik per Euro is een vrij ruwe benadering bekend. Hierbij geldt wanneer de loonwerker een grotere machine gebruikt, hij zwaarder werk levert. Dit resulteert in een hoger gebruik van diesel en een grotere afschrijving per uur. Bovendien worden de kosten voor de loonwerker door de ondernemer geregistreerd en niet het aantal uren. Omdat de meetlat het energieverbruik per bedrijf en per hectare meet en niet per gewas wordt er niet uitgesplitst naar allerlei typen bewerkingen.

De productiemiddelen die de loonwerker gebruikt, zoals meststoffen, zaaizaad en bestrijdingsmiddelen, zijn niet bij deze post inbegrepen. Deze posten komen terug bij de overige productiemiddelen en moeten dus van de rekeningen voor loonwerk worden afgetrokken.

Niveau 1

Het energieverbruik voor loonwerk (MJ) is: (kosten loonwerk (f) – vergoeding voor zelf verricht loonwerk (f) * 4,8 MJ/ f) (Hanegraaf, 1996).

In euro's is dit:

kosten loonwerk (€) – vergoedingen voor zelf verricht loonwerk (€) * 2,2 MJ/€.

De omrekeningsfactor voor de hoeveelheid CO₂ die vrijkomt bij loonwerk is 0,074 kg CO₂ per MJ. (Zonneveld, 1991 en Van Bergen & Biewinga, 1992). Hierbij is het uitgangspunt dat voor loonwerk dieselolie wordt verbruikt.

Niveau 2

Loonwerk kent geen niveau 2. Door minder loonwerk zullen de zelf te verrichten landbewerkingen toenemen. We gaan er vanuit dat dit per saldo niets zal uitmaken.

2.13 Machines

Niveau 1

Methode 1

De meetlat neemt de energiewaarde per kg gewicht mee. Hierbij wordt een standaard afschrijvingsduur van 10 jaar genomen.

De energiewaarde voor machines en werktuigen is 109 MJ/kg gewicht. Dit is berekend voor de gehele levensduur van een machine. Hier wordt doorgaans 10 jaar voor genomen. Voor het energieverbruik per jaar moet dus door 10 gedeeld worden. De energiewaarde is opgebouwd uit 62,8 MJ voor de productie van staal, 8,4 MJ voor de assemblage en 37,7 MJ voor onderhoud en reparatie (Stout, 1992b).

De omrekeningsfactor voor de hoeveelheid CO₂ die vrijkomt bij de productie, assemblage en onderhoud van trekkers en werktuigen is 0,067 kg CO₂ per MJ (Zonneveld, 1991 en Van Bergen & Biewinga, 1992). Het uitgangspunt is dat hiervoor 40% aardgas en 60% aardolie wordt gebruikt.

Methode 2

Hanegraaf (1996) hanteert voor trekkers en werktuigen de volgende formule: Energieverbruik trekkers en werktuigen (MJ) = afschrijvingen (f) * 4,4 MJ/ f .

In Euro's is dit: Energieverbruik trekkers en werktuigen (MJ) = afschrijvingen (€) * 2,0 MJ/€.

De omrekeningsfactor voor de hoeveelheid CO₂ die vrijkomt bij de productie, assemblage en onderhoud van trekkers en werktuigen is 0,067 kg CO₂ per MJ (Zonneveld, 1991 en Van Bergen & Biewinga, 1992). Het uitgangspunt is dat hiervoor 40% aardgas en 60% aardolie wordt gebruikt.

Methode 3

Gaillard (1997) komt tot de volgende energiewaarden voor machines en werktuigen (som Aufbereitungs- en Produktionsenergie):

Kleine tractoren (bijv. tweewielaandrijving, 41 kW)	206,3 MJ/kg
Grote tractoren (bijv. vierwielaandrijving, 50 kW)	176,8 MJ/kg
Andere rijdende werktuigen	163,4 MJ/kg
Bodembewerkingswerktuigen	150,8 MJ/kg
Andere werktuigen	139,1 MJ/kg

Deze waarden zijn berekend voor de gehele levensduur van een machine (Gaillard, 1997). Hier wordt doorgaans 10 jaar voor genomen. Voor het energieverbruik per jaar moet dus door 10 gedeeld worden. Binnen het VEGINECO project wordt een levensduur van 10 tot 20 jaar genomen, een gemiddelde afschrijvingsduur van 12 jaar is daarom meer gerechtvaardigd.

De omrekeningsfactor voor het energieverbruik van trekkers en werktuigen in MJ naar CO₂-productie is 0,069 kg CO₂ per MJ ((Gaillard, 1997 (voor omrekening naar CO₂-equivalenten: Zonneveld, 1991 en Van Bergen & Biewinga, 1992)).

Het uitgangspunt is dat voor de vervaardiging van grondstoffen, productie van machines, onderhoud en transport 56,5% elektriciteit, 30,3% olie, 4,1% diesel en 9,2% aardgas wordt verbruikt.

Niveau 2

Op dit niveau kan de ondernemer bepalen of hij meer of minder machines gaat gebruiken. Het kan zijn dat hij dan een schoffelmachine moet kopen wanneer hij minder pesticiden gaat gebruiken. In dat geval stijgt het energiegebruik door de post machines.

Bij dit niveau gaan we uit van dezelfde omrekeningsfactoren naar CO₂-equivalenten als bij niveau 1.

2.14 Arbeid

De directe menselijke energie die nodig is om een bepaalde handeling te verrichten is 0.6 MJ/uur (Stout, 1992b). Dasselaar & Pothoven (1994) laten dierlijke en menselijke arbeid in hun studie buiten beschouwing. De meetlat neemt de arbeid niet mee omdat enerzijds het aandeel op het totale energieverbruik zeer klein is en het moeilijk en tijdrovend is het aantal uren in te schatten voor een bepaalde handeling.

2.15 Bewaring

De meetlat neemt alléén voor de bloembollenteelt de bewaring mee. Bewaring is hier immers een integraal onderdeel van de teelt en een belangrijke energieverbruiker.

Allereerst worden richtgetallen gegeven voor het energieverbruik tijdens het bewaren van bloembollen. De praktijkwaarden bij de Telen met toekomst bloembollenbedrijven kunnen hiermee worden vergeleken. Daarna wordt ingegaan op verschillende besparingsmogelijkheden.

Energieverbruik bewaring bloembollen

Het energieverbruik in de bloembollensector is gebaseerd op berekeningen aan de hand van ventilatienormen voor het drogen en bewaren van bollen (Elderman *et al.*, 1994). Hierbij is geen differentiatie gemaakt naar het soort bolgewas, hoewel per gewas de verschillen in ventilatie en temperatuur bij de diverse behandelingsstappen substantieel kunnen zijn. In deze studie wordt uitgegaan van 193.729 ton plantgoed en 193.729 ton leverbaar. Dit correspondeert met 17.000 ha teeltoppervlak.

Het energieverbruik is omgerekend naar direct energieverbruik*), uitgaande van een rendement van 35% voor elektriciteitsvoorziening en distributie. Dit is een conservatieve aanname, 40% is een meer correct cijfer. Voor het drogen is gerekend met het ongeschoond veldgewas (plantgoed en leverbaar) en per abuis ook voor het bewaren. Voor het bewaren bij de teler zou evenwel gerekend moeten worden met alleen plantgoed, zijnde 50% van de totale opbrengst. Na correctie ontstaat de Tabel 1:

Tabel 1. *Energieverbruik tijdens verschillende handelingen bij bloembollen.*

	Energie per ton product (MJ/ton)	Energie per ha (m3 per jaar)	Totaal energie (PJ/jr)
Drogen (pg en lb)	400	130	0,077
Bewaren (pg)	5600	1812	1,08
Preparatie en broei (lb)	13000	360	2,60
Transport binnen- en buitenland (lb)	300-370		0,40
Totaal			4,16

pg = plantgoed

lb = leverbaar

De totale benodigde energie voor drogen en bewaren is 1,16 PJ/jr. Dus per hectare is op een bollen-teeltbedrijf gemiddeld $1,16 \text{ PJ}/17.000\text{ha} = 68 \text{ GJ/ha}$ nodig. Dit is globaal in lijn met gegevens voor teeltbedrijven.

De energie voor preparatie en het broeien van leverbaar is geraamd op 13.000 MJ/ton. Niet duidelijk is welke gewassen en behandelingen hier zijn beschouwd (waarschijnlijk geen lelies) en of rekening is gehouden met het feit dat slechts een klein deel van het leverbaar binnen Nederland wordt afgebroeid en de rest op plaats van bestemming.

*) Directe energie = ingezette brandstof in elektriciteitsvoorziening. Het gemiddeld e rendement van de Nederlandse centrales (mix van aardgas, kolen en uranium) bedroeg anno 1991 41%, het rendement van de elektriciteitsdistributie 95%, dus per saldo een rendement van 39%.

Elderman *et al.* (1994) geeft in hoofdstuk 6 een grafiek met het aardgasverbruik voor de gewassen: tulp, hyacint, gladiool, iris, lelie en narcis voor teelt- en broeierijbedrijven. Hieronder volgen de richtgetallen voor de teeltbedrijven (Tabel 2). Tabel 3 geeft de gehanteerde energie-eenheden.

Tabel 2. Richtgetallen voor de teeltbedrijven. Ketelrendement: 100%.

Warmte	lb/pg*)	fust**)		Tulp	Hyacint	Gladiool	Iris	Lelie	Narcis
Drogen	lb+pg	gb/pk	m ³ /ha/jr	203	243	420	162	0	162
Verwarmen	lb	gb/pk	m ³ /ha/jr	194	540	1333	584	0	0
Verwarmen	pg	gb/pk	m ³ /ha/jr	1846	3230	1174	139	0	0
Elektra									
Drogen	lb+pg	gb/pk	KWh/ha/jr	300	360	720	240	0	240
Ventilatie	lb	gb	KWh/ha/jr	391	725	3262	1212	1318	0
Ventilatie	lb	pk	KWh/ha/jr	725	1814	3526	2264	0	0
Koeling	lb	-	KWh/ha/jr	0	0	2425	0	2293	0
Ventilatie	pg	gb	KWh/ha/jr	1739	1424	3262	655	0	0
Ventilatie	pg	pk	KWh/ha/jr	3150	3270	3526	1224	270	0
Koeling	pg	-	KWh/ha/jr	0	0	2304	0	673	0

*) lb = leverbaar

pg = plantgoed

**) gb = gaasbak

pk = palletkist

Tabel 3. De gehanteerde eenheden energie.

MJ	10 ⁶ J
GJ	10 ⁹ J
PJ	10 ¹⁵ J
1 kWh	3,6 MJ
1 m ³ aardgas	35,17 MJ (bovenwaarde)
1 liter dieselolie	35,8 MJ

Belangrijkste besparingsmogelijkheden

Verminderde ventilatie bij de bewaring van tulpenbollen door toepassing van EB-01 (Gude & Dijkema, 2001).

Probleem

Zure bollen produceren ethyleen. De schadedrempel voor ethyleen in de bewaarcel is erg laag: 0.1 ml per m³. Als de ethyleenconcentratie deze drempel overschrijdt zijn de volgende schadelijke effecten te verwachten:

- Bloemverdroging
- Verklistering
- Gommen
- Toename in ademhaling

Om ophoping van ethyleen en daarmee eventuele schade te voorkomen wordt extreem geventileerd: 100 m³ lucht per m³ bollen per uur. Deze lucht moet eerst op temperatuur gebracht worden. Daardoor kost dit ventileren zeer veel energie (35% van het totale energieverbruik in de tulpenteelt).

Oplossing

Door een eenvoudige begassing met EB-01 worden tulpenbollen voor 12 dagen ongevoelig voor ethyleen. Herhaling van de behandeling om de 12 dagen maakt de bollen voor langere tijd ongevoelig.

Door toepassing van EB-01 hoeft niet meer geventileerd te worden om ethyleen te verwijderen. Naar schatting kan de ventilatie dan met 75% verminderd worden. De overblijvende 25% is meer dan voldoende voor aan- en afvoer van zuurstof, koolzuurgas en waterdamp.

Vermindering van de ventilatie met 90% is eventueel ook mogelijk. De vraag is of er dan nog voldoende afvoer van waterdamp is (Gude, 2002).

De procedures voor toelating van EB-01 zijn gestart. Het middel zal op de markt worden gebracht door Pokon & Chrysal.

Energiezuinige bewaring van tulpenbollen: veilige ethyleenniveaus voor bloemkwaliteit en voor plantgoed (De Wild, 2001)

Probleem

De huidige ventilatie bij tulpenbollen is er op gericht op 0.1 ppm ethyleen of hoger te voorkomen. De schadedrempel van 0.1 ppm ethyleen is gebaseerd op onderzoek uit het verleden met onder andere de cultivar Apeldoorn. Onduidelijk was of deze schadedrempel geldt voor alle cultivars gedurende het gehele bewaarperiode.

De schadedrempel voor ethyleen voor de economisch belangrijke cultivars Christmas Marvel, Leen van der Mark, Monte Carlo, Negrita, Prominence, White dream en Yokohama zijn onderzocht. Een hogere schadedrempel van bijvoorbeeld 0,3 ppm in plaats van 0,1 ppm tijdens een bepaalde periode kan al een aanzienlijke reductie in ventilatie en dus besparing in energiekosten opleveren.

Oplossing

0,3 ppm ethyleen gedurende de laatste 3 weken van de geteste bewaarduur was m.b.t. de bloemkwaliteit veilig voor de cultivars Apeldoorn, Leen v.d. Mark, Negrita, Yokohama, Monte Carlo en Prominence. Voor plantgoed was 1,0 ppm gedurende de laatste 3 weken van de geteste bewaarduur veilig bij de cultivars Yokohama, Monte Carlo en Prominence.

Opmerking: er is meer kennis m.b.t. de tulpencultivars nodig. Bovendien is het cultivarafhankelijk verminderen van de ventilatievoud lastig voor de bedrijfsvoering.

Energiebesparen bij bewaren in kuubskisten. Voorstellen tot verbetering

(Van Loon *et al.*, 2001)

Probleem

In de ventilatiebehoefte bij bewaring van bloembollen in gestapelde palletkisten is een hoge veiligheidsfactor ingebouwd. Alle bollen dienen immers goed geventileerd te worden; 'dode hoeken' e.d. dienen voorkomen te worden.

Uit simulatieberekeningen blijkt dat de schuine wand en de rechthoekige instroomopeningen drukverlies geven.

Oplossing

Schuine balk onderin de kuubskist: andere oplossing voor verdeling stroming en plaatsing ventilator mogelijk? Verwacht effect: 20-30%.

Instreamopeningen: afschuining geeft minder drukval en dus energiebesparing (ventilatorvermogen).

Verwacht effect: 10-30%.

Huidige stand van zaken: berekend en beperkt experimenteel beproefd. Nog experimentele toetsing, daarna praktijkintroduktie.

Energiebesparing bij drogen in kuubskisten (Van Loon *et al.*, 2001)

Probleem

Drogen van bollen in kuubskisten door verwarmde lucht kost relatief veel energie.

Oplossing

Door het drogen met buitenlucht neemt het energieverbruik sterk af. Zo is het rendement van drogen van bollen bij een buitenluchttemperatuur van 20 °C 5,1 keer zo groot als drogen met verwarmde lucht van 25 °C en 5,5 keer zo groot als drogen met verwarmde lucht van 30 °C.

Energiebesparing bij heetstook hyacint (Bruijn, 2001)

Probleem

Hyacinten worden heetgestookt bij een relatief hoge ventilatie van rond de 160 m³ buitenlucht per m³ bollen per uur. De noodzaak hiervan is nooit goed wetenschappelijk vastgesteld. Tot nu toe werd aangenomen dat veel buitenlucht nodig is om de luchtvochtigheid laag te houden en daardoor de kans op heetstookschade te verminderen.

Oplossing

De ventilatievoud bij de heetstook van hyacint kan met 50% worden teruggebracht. In proefcellen met 50% minder ventilatie was de verhoging van de RV slechts 2-4%, en is nooit boven de 30% gekomen. Er is geen schade waargenomen.

Het huidige advies is 160 m³ buitenlucht en 1.000 m³ circulatielucht per m³ per uur en het energieverbruik bedraagt 50.000 kWh per ha. Bij halvering van de hoeveelheid buitenlucht daalt het energieverbruik naar 28.000 kWh per ha. Een besparing van rond de 45%.

Drogen en bewaren met dor de zon opgewarmde kaslucht (Wiersma, 2001)

Probleem

Het drogen van bollen kost veel energie. In de meerjarenafpraak energie is er afgesproken dat de sector in 2004 4% van de energie moet betrekken uit duurzame energie.

Oplossing

Drogen van bollen kan met in de kas opgewarmde lucht. In de meeste situaties worden de kassen in de zomermaanden niet gebruikt voor de broeierij, maar vaak voor opslagruimte of verwerkingsruimte. Op dit soort bedrijven kan ook in deze periode de van nature opgewarmde en drogere lucht heel goed ingezet worden voor het drogen en bewaren van bloembollen. Met name bij nieuwbouw kan er optimaal gebruik worden gemaakt van deze duurzame energiebron.

Uit berekeningen (oogstgemiddelde tulpen, hyacinten en narcissen) blijkt dat er ongeveer 400 m² glas nodig is voor het drogen van 1 hectare bollen.

Bij het drogen lijken besparingen haalbaar van gemiddeld ongeveer 350 m³ aardgas per ha. Deze besparing zijn vooral interessant met de komst van een vrije energiemarkt, omdat er gedurende het drogen altijd een piekbelasting in het gasverbruik zit.

Het drogen van de bollen duurt slechts één dag, het nadrogen en bewaren is echter een traject van enkele maanden. De besparingen op het gasverbruik zijn hier dan ook veel groter en kunnen oplopen tot rond de 700 m³ per hectare. De totale energiebesparing (drogen en bewaring) kan dus oplopen tot circa 1000 m³ per hectare.

Zonnedak (Ecofys, 2001)

Probleem

Het drogen en bewaren van bloembollen kost veel energie.

Oplossing

De zonnecollector bespaart 30 tot 50% van de benodigde warmte voor de heetstook van hyacinten. Door bovendien gebruik te maken van frequentieregelde ventilatoren wordt nog een 55% aan elektriciteit bespaard.

3. Inputfactoren en rekenregels lachgasemissie

Dit hoofdstuk beschrijft de inputfactoren en de rekenregels waarmee op bedrijfsniveau (niveau 1) de lachgas (N₂O) emissies bepaald kunnen worden. Daarna worden een aantal managementmaatregelen gegeven (niveau 2) waarmee de teler de N₂O-emissie kan sturen. Deze maatregelen hebben vooral via verlaging van de N-bemesting een reducerende invloed op de N₂O-emissie.

3.1 Rekenregels op bedrijfsniveau (niveau 1)

Uit onderzoek van Velthof & Oenema (1997) zijn emissiefactoren afgeleid. Deze staan in Tabel 4.

Tabel 4. Emissiefactoren voor lachgas voor landbouwgrond op zand en klei in Nederland.

Bron	Emissiefactor
Emissie uit onbemeste grond	0,9 kg N per ha per jaar
Kunstmest	1%
Organische mest oppervlakkig	0,3%
Organische mest emissiearm	0,5%
N gebonden door vlinderbloemigen	0,5%

Deze emissiefactoren dienen als basis voor rekenregels om de N₂O-emissie in de energie- en klimaatmeetlat voor Telen met toekomst te bepalen. De rekenregels voor de lachgas (N₂O) emissie (in kg N₂O per ha) voor de energie en klimaatmeetlat van Telen met toekomst zijn dan als volgt:

Constante:

- Emissie uit onbemeste grond per ha = 1,41 kg N₂O/ha

Variabelen:

- Kg N/ha uit kunstmest * 0,0157
- Kg N/ha uit organische mest oppervlakkig toegediend * 0,0047
- Kg N/ha uit organische mest emissiearm toegediend * 0,0079
- Kg N/ha gebonden door vlinderbloemige* 0,0079

Als voorbeeld nemen we een bedrijf op zandgrond waar gemiddeld per ha 200 kg N met kunstmest en 150 kg N uit organische mest (emissiearm) is toegediend. Dit bedrijf heeft dan een N₂O-emissie van $1,41 + (200 * 0,0157) + (150 * 0,0079) = 5,7$ kg N₂O per ha.

Als we dit willen uitdrukken in kg's CO₂ eq. dan dient dit getal nog vermenigvuldigt te worden met factor 310. 5,7 kg N₂O per ha komt dan overeen met 1779 kg CO₂ eq. per ha.

3.2 Managementmaatregelen om de N₂O emissie te beperken/sturen (niveau 2)

In de bovenstaande rekenregels wordt onderscheid gemaakt in de stikstof die wordt toegediend via dierlijke mest, kunstmest en via stikstofbinding. Door in de rekenregels alleen met deze factoren rekening te houden zou de boer alleen op deze punten kunnen sturen op de N₂O-emissie.

Voor een managementinstrument is het zinvol om meerdere factoren te hebben waarop een boer kan sturen. Voor opname in het managementinstrument moeten dergelijke factoren een effect hebben op de N₂O-emissie. Voor dit laatste zijn een aantal managementmaatregelen geïnventariseerd uit de serie lachgas-rapporten van Alterra (Velthof e.a., 2000 en Velthof & Kuikman, 2000).

Hieronder volgen de belangrijkste maatregelen. Hierbij worden alleen die maatregelen weergegeven die neutraal tot groot scoren op de kostenefficiëntie. Dit zijn maatregelen die kostenneutraal zijn of geld opleveren. Hiervan behandelen we afzonderlijk het effect op de N₂O-emissie.

- Geen najaarstoediening dierlijke mest
- Voor zandgrond: uitstellen grondbewerking tot voorjaar
- Wintergewassen
- Afvoeren van gewasresten
- Efficiëntere toedieningstechnieken
- Deling van N-giften

Deze maatregelen hebben doorgaans een effect op de jaarlijkse N-gift en op de emissiefactor van N₂O. De mate waarin deze emissiefactor wordt beïnvloed door een dergelijke maatregel is echter allerm minst met zekerheid vast te stellen. Velthof e.a. (2000) en Velthof & Kuikman (2000) geven bij alle maatregelen aan dat de verandering van de emissiefactor een globale schatting is en nadere onderbouwing en experimenteel onderzoek gewenst is.

Omdat de onderbouwing van reductie in N₂O-emissie door een verandering in de emissiefactor onvoldoende onderbouwd is nemen we deze niet mee in het effect van de genoemde maatregelen.

Het effect van deze maatregelen op de jaarlijkse N-gift nemen we wel mee. Immers een verandering in de jaarlijkse N-gift kan voldoende onderbouwd worden doorvertaald in een effect op de N₂O-emissie (zie hierboven). Voor de genoemde managementmaatregelen worden dus het verlagende effect op de N-gift en daarmee het reducerende effect wat van deze maatregel verwacht kan worden beschreven.

De te verwachten reductie bij het nemen van de maatregel geldt alléén voor de percelen waar de maatregelen nu nog niet wordt toegepast. Verder is de te verwachten reductie weergegeven op perceelsniveau. Dus als die maatregel op dat hele perceel wordt toegepast. Op bedrijfsniveau is het vaak zo dat die maatregel alleen voor een bepaald deel van het bouwplan van toepassing is. Bijvoorbeeld najaarstoediening dierlijke mest wordt vaak alleen na graan toegepast en kan dus alleen daar verplaatst worden naar voorjaar. Om op bedrijfsniveau het effect op N₂O-emissie te berekenen dienen dan de reducties op perceelsniveau omgerekend te worden naar ratio van het totaaloppervlak.

Geen najaarstoediening dierlijke mest

Velthof & Kuikman (2000) gaan uit van een besparing op de N-bemesting van 50 kg N per ha bij het uitstellen van de najaarstoediening van dierlijke mest tot het volgende voorjaar.

De besparing op N-gift door deze maatregel is geen vast getal maar is afhankelijk van de najaarstoediening van dierlijke mest. Hoe hoger de gift die je in het najaar vervangt door een voorjaarsgift hoe hoger de besparing. Als regel kunnen we uitgaan dat bij vervanging van najaarstoediening door voorjaarstoediening de N-werking van dezelfde hoeveelheid dierlijke mest toeneemt met 40% (van 20%- 60%) (Van Dijk, 2002). Die extra N-werking vervangt dan kunstmestgift in het voorjaar.

De rekenregel voor deze maatregel is dan dat 40% van de hoeveelheid N in najaar met dierlijke mest gegeven, kan worden bespaard op N-kunstmest indien voorjaarstoediening wordt toegepast.

Voorbeeld: een teler gebruikt 150 kg N/ha uit varkensdrijfmest na graan in het najaar. Hij stelt deze najaarsgift uit tot het voorjaar. Hiermee bespaard hij $150 * 40\% = 60$ kg N/ha op de kunstmestgift. Dit is gelijk aan $60 * 0,0157 = 0,9$ kg N₂O/ha = 292 kg CO₂ eq./ha.

Knelpunt bij deze maatregel is dat kleigrond in het voorjaar vaak onvoldoende draagkrachtig is voor toediening van dierlijke mest en dit extra mestopslag vergt omdat veehouders juist in het najaar veel mest afzetten.

Voor zandgrond: uitstellen grondbewerking tot voorjaar

De hoofdgrondbewerking (ploegen etc.) wordt in de praktijk op zandgrond in het voorjaar al breed toegepast. Voor kleigrond is dit geen optie omdat in het voorjaar de bodem onvoldoende draagkrachtig is voor grondbewerking.

Indien een teler op zandgrond de hoofdgrondbewerking in het najaar verschuift naar het voorjaar levert dit een besparing op van 10 kg N per ha op (Velthof & Kuikman, 2000).

Wintergewassen/vanggewassen

Velthof & Kuikman (2000) noemen een gemiddelde besparing van 35 kg N per ha bij toepassing van wintergewassen. Hierbij gaan ze uit van een gewas dat in het voorjaar wordt ondergewerkt en geen N-bemesting krijgt. NMI geeft in de Praktijkgids Bemesting (2000) de stikstoflevering (dus korting op N-gift) van vanggewassen afhankelijk of deze zwaar of licht ontwikkeld zijn, in het voor- of najaar zijn ondergewerkt, wel of niet vlinderbloemig zijn en of er al dan niet op N-min. bemest wordt. Voor al deze variaties schommelt de korting op de N-gift van 5 tot 60 kg N per ha. Volgens Van Dijk (2002) worden in de praktijk met name de niet-vlinderbloemige toegepast als vanggewas. Voor berekening van de besparing in de praktijk (bij gebruik van niet vlinderbloemigen) op de N-gift wordt volgens Van Dijk (2002) alleen onderscheid gemaakt in zwaar en lichte ontwikkeling. Bij zware ontwikkeling is de besparing 30-40 kg N/ha en bij lichte ontwikkeling 15-20 kg N/ha. Deze getallen stemmen overeen met de kortingen in de Praktijkgids Bemesting (2000).

Afvoeren gewasresten

Het afvoeren van gewasresten beperkt de N₂O-emissie die optreedt als gewasresten op het land blijven liggen. Deze gewasresten kunnen blijvend worden afgevoerd of worden gecomposteerd en daarna weer als meststof op het land worden toegediend. Indien het eerste het geval is dan is een extra N-bemesting nodig omdat de N-levering uit gewasresten is weggenomen. Het is dan maar de vraag wat de winst is in N₂O-reductie en of er wel een reductie is en geen extra emissie.

Wanneer de gewasresten worden gecomposteerd en weer op het land gebracht is er volgens Velthof & Kuikman (2000) een reductie in N₂O-emissie te verwachten. Zij baseren dat op het feit dat de emissie bij compostering lager is dan wanneer de gewasresten op het land blijven. Zij merken daar echter wel bij op dat de onderbouwing hiervoor zeer mager is en verder onderzoek dus gewenst is. In dit geval zou een reductie in kunstmestgift mogelijk kunnen zijn omdat er minder N als N₂O verloren gaat. Echter, de onderbouwing is daarvoor zwak. Corré (2002) meldt dat dit hooguit in de orde van 1% van de stikstofinhoud van de gewasresten is en dus niet meetbaar op de N bemesting. Hij stelt wel de vraag of de bemestende werking van gecomposteerde gewasresten misschien beter is dan van achter gebleven gewasresten.

Beide scenario's van afvoer van gewasresten bieden onvoldoende basis om een reductie in N₂O emissie te veronderstellen als managementmaatregel.

Efficiëntere toedieningstechnieken

Als voorbeelden noemen Velthof e.a. (2000) rijenbemesting, fertigatie, precisiebemesting, langzaamwerkende meststoffen en Cultan of depotbemesting. Velthof e.a. (2000) gaan voor deze technieken uit van een verlaging van de N-kunstmestgift van 5%. In de praktijk geldt echter in de eerste plaats dat niet alle technieken voor alle gewassen toepasbaar zijn en dat de technieken verschillende efficiëntiewinsten behalen bij verschillende gewassen. Volgens Van Dijk (2002) kan alleen bij maïs bij het gebruik van rijenbemesting vrij duidelijk gezegd worden dat hier de winst 20% verlaging van de N-gift is. Voor andere technieken en gewassen is onvoldoende winst haalbaar of zijn resultaten te wisselend om daar een goed algemeen beeld voor te kunnen geven.

Deling van N-giften/NBS (stikstof bijmest systeem)

Velthof e.a. (2000) gaan voor deze maatregel uit van een verlaging van de N-kunstmestgift van 10%. Volgens Van Dijk (2002) kan ook bij gewassen waar dit kan worden toegepast worden uitgegaan van 10% verlaging van de N-kunstmestgift. Indien er het voorgaande jaar ook gewas aanwezig was kan t.g.v. de mineralisatie van dit gewas uitgegaan worden van 20% verlaging van de N-gift. Verdere verfijning is moeilijk omdat uit proeven blijkt dat er een grote spreiding is.

Tabel 5 geeft een overzicht van de verlaging op de N-kunstmestgift en de daarbij te verwachten reductie op de N₂O-emissie zowel in kg N₂O als in CO₂ equivalenten per ha.

Tabel 5. Overzicht van de verlaging op de N-kunstmestgift en de daarbij te verwachten reductie op de N₂O-emissie.

	Besparing N-gift	Reductie N ₂ O emissie	
	Kg N/ha	Kg N ₂ O/ha	Kg CO ₂ (eq./ha)
Geen najaarstoediening dierlijke mest	Najaarsgift in kg N/ha*40%=A	A*0,0157=B	B*310
<i>Voor zandgrond: uitstellen grondbewerking tot voorjaar</i>	10	0,2	49
<i>Wintergewassen/vangewassen</i> Velthof & Kuikman (2000)	35	0,5	170
Zware ontwikkeling	35	0,3	170
Lichte ontwikkeling	17,5	0,5	85
Efficiëntere toedieningstechnieken, alleen rijenbemesting maïs	N-gift maïs*20%=C	C*0,0157=D	D*310
Deling van N-giften/NBS	Ngift Gewas*10%=E Bij voorgewas: Ngift Gewas*20%=	E*0,0157=F	F*310

Literatuur

- Basisonderzoek Elektriciteitsverbruik Kleinverbruikers, 1992.
Energiened, Arnhem.
- Basisonderzoek Aardgasverbruik Kleinverbruikers, 2000.
Energiened, Arnhem.
- Bergen, J.A.M. van & E.E. Biewinga, 1992.
Landbouw en broeikas-effect – Een aanpak voor het beperken van de bijdrage van land- en tuinbouwbedrijven. Centrum voor Landbouw en Milieu, Utrecht.
- Bonny, S.
Is agriculture using more and more energy? A French case study, *Agric. Systems* 43, 51-56.
- Brand, R.A. & A.G. Melman, 1993.
Energie-inhoudnormen voor de veehouderij, deel 1 en 2. TNO Milieu en Energie, Apeldoorn.
- Bruijn, I., 2001.
Informatiebrochure kennismarkten energie bloembollen. Stuurgroep Meerjarenaafpraak Energie.
- Corré, W., 2002.
Plant Research International, Wageningen. Schriftelijke mededeling.
- Dasselaar, A. & R. Pothoven, 1994.
Energieverbruik in de Nederlandse landbouw: vergelijking van verschillende bemestingsstrategieën. NMI, Wageningen. 85 p.
- Denier van de Gon, H.A.C., 1989.
De bijdrage van de bodem aan de Nederlandse N₂O-productie. Rapportnr. 728803002.
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Bilthoven.
- Dijk, W. van, 2002.
Mondelinge mededeling. PPO, Lelystad.
- Ecofys, 2001.
Informatiebrochure kennismarkten energie bloembollen. Stuurgroep Meerjarenaafpraak Energie.
- Elderman *et al.*, 1994.
Inventarisatie energiegebruik en besparingspotentieel bloembollensector. Landbouwschap en Novem.
- Gude, H. & M. Dijkema, 2001.
Informatiebrochure kennismarkten energie bloembollen. Stuurgroep Meerjarenaafpraak Energie.
- Gude, 2002.
PPO-bloembollen, Lisse. Mondelinge mededeling.
- Guiking, F.C.T., 2002.
PPO-bomen, Boskoop. Mondelinge mededeling.
- Gaillard, G., 1997.
Umweltinventar der Landwirtschaftlichen Inputs im Pflanzenbau. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Tänikon TG.
- Hanegraaf, M.C., J.A.M van Bergen, E.E. Biewinga & J. van Miltenburg, 1996.
Ervaringen met de energiemetlat veehouderij; cijfers, methodiek en rekenregels. Centrum voor Landbouw en Milieu, Utrecht.
- Loon, W. van *et al.*, 2001.
Informatiebrochure kennismarkten energie bloembollen. Stuurgroep Meerjarenaafpraak Energie.
- Melman *et al.*, 1994.
Energie-inhoudnormen Akker- en tuinbouw, TNO. Bewerkt door W. Sukkel, PPO-AGV, Lelystad.
- Praktijkids Bemesting, 2000.
NMI, Wageningen.

Proc., C., 1986.

Energieverbruik in de Nederlandse akkerbouw en veehouderij (1982). IVEM-rapport nr. 17. Interfacultaire Vakgroep Energie en Milieukunde, Rijksuniversiteit Groningen. 97 p.

Stokkers, R., 1998.

Energieparameters voor de beoordeling van landbouwsystemen. PPO-AGV, Lelystad.

Stout, B.A. (ed.), 1992a.

Energy in World Agriculture. Volume 2: Helsel, Z.R. (ed.) Energy in plant nutrition and pest control. Elsevier, Amsterdam.

Stout, B.A. (ed.), 1992b.

Energy in World Agriculture. Volume 6: Fluck, R.C.(ed.) Energy in farm production. Elsevier, Amsterdam.

Velthof, G.L., M.H. de Haan, R.L.M. Schils, G.J. Monteny, A. van den Pol-Dasselaar & P.J. Kuikman, 2000.

Beperking van lachgasemissie uit bemeste landbouwgronden. Alterra-rapport 114.2, Wageningen.

Velthof, G.L. & P.J. Kuikman, 2000.

Beperking van lachgasemissie gewasresten. Alterra-rapport 114.3, Wageningen.

Wiersma, P., 2001.

Informatiebrochure kennismarkten energie bloembollen. Stuurgroep Meerjarenaafpraak Energie.

Wild, H. de, 2001.

Informatiebrochure kennismarkten energie bloembollen. Stuurgroep Meerjarenaafpraak Energie.

Zonneveld, E.A. 1991.

Emissiefactoren van kooldioxide en CO₂-uitworp door het stoken van fossiele brandstoffen, 1975-1989. In: Kwartaalbericht milieu, jg. 1991, nr. 1, p. 25-26.-



Onderzoek en rapportage voor Telen met toekomst zijn uitgevoerd door het CLM

