

ENERGIE OP DE MARKE



G.J. Koskamp

O.J.H. van der Laan


N. Middelkoop

F.C. van der Schans

CENTRUM VOOR LANDBOUW EN MILIEU

UTRECHT, MAART 2000

CLM 448 - 2000



Welke duurzame energiebronnen zijn toe te passen op De Marke, proefbedrijf voor melkveehouderij en milieu? We hebben het energieverbruik van De Marke geanalyseerd en stellen maatregelen voor verdere energiebesparing voor. De Marke realiseert haar doelstellingen voor energiegebruik en broeikasgassen.

Energieproductie uit wind en biogas is rendabel. Zonne-energie is met de huidige energieprijzen en technieken financieel niet aantrekkelijk. Biogas uit mest vermindert de uitstoot van kool-dioxide en methaan, beperkt het gebruik van kunstmest en kan de nitraatuitspoeling verminderen. Het plaatsen van een hoge mast om windenergie te benutten staat in de Achterhoek ter discussie.

landbouw / energie / mestvergisting / biogas / zonne-energie / windenergie

ISBN: 90-5634-121-9

VOORWOORD

Zoals bij veel onderzoeksaspecten is ook bij energie de vraag hoe ver De Marke voor de muziek wil uitlopen. Buiten de landbouw krijgen ontwikkeling en totstandkoming van duurzame energiebronnen vrij veel aandacht terwijl de aandacht van de landbouw op dit moment meer gericht is op het mestbeleid. Toch presenteren we hier mogelijkheden voor energiebesparing en -productie op een melkveebedrijf. Niet alleen omdat het uit financieel oogpunt aantrekkelijk is, maar ook omdat we als landbouw een taak hebben om op alle fronten te werken aan duurzaamheid. Hoe groot is onze milieugebruiksruimte en kunnen we deze verruimen door bijvoorbeeld in het geval van energie niet alleen te gebruiken maar ook te leveren?

Voor u ligt een studie waarmee we aan willen geven dat het voor de melkveehouderij mogelijk is om meer dan alleen melk te produceren. Een kijkje in de wereld van de energie; wat kunnen wind, zon en biogas voor ons betekenen. Deze rapportage geeft een goed beeld van de mogelijkheden.

Onderdelen van het rapport zijn in conceptvorm voorgelegd aan de begeleidingscommissie van De Marke. Op deze plaats bedank ik alle betrokkenen voor hun inbreng.

In de loop van 2000 maken we definitieve keuzes en werken we meer concrete plannen uit voor een biogasinstallatie en een windmolen voor De Marke.

Utrecht, februari 2000

Gerjo Koskamp

INHOUD

Voorwoord	
Inhoud	
1 Inleiding	1
2 Huidige situatie energie en broeikasgassen	3
2.1 Doelen en uitgangspunten	3
2.2 Resultaten 1993 t/m 1998	4
2.3 Energiebesparende maatregelen	7
2.4 Conclusies en aanbevelingen	8
3 Duurzame energiebronnen	11
3.1 Inleiding	11
3.2 Mest	11
3.2.1 Stand der techniek	12
3.2.2 Toepasbaarheid	15
3.2.3 Economische aspecten	21
3.2.4 Wet- en regelgeving	25
3.2.5 Conclusies en aanbevelingen	26
3.3 Zon	27
3.3.1 Van zonlicht naar elektriciteit	28
3.4 Wind	31
3.4.1 Stand der techniek	32
3.4.2 Toepasbaarheid	33
3.4.3 Wet- en regelgeving	35
3.4.4 Conclusies en aanbevelingen	35
3.5 Stimuleringsmaatregelen	36
Bronnen	39
Bijlage 1 Resultaten van de energiemetlat van De Marke van 1993 t/m 1998	43
Bijlage 2 Energieverbruik diverse reinigingssystemen De Marke	45

1 INLEIDING

De Marke, Proefbedrijf voor Melkveehouderij en Milieu, ontwikkelt sinds 1992 een bedrijfs-systeem voor grondgebonden melkveehouderij. Dit systeem moet voldoen aan de toekomstige stringente milieunormen ten aanzien van mineralen en systeemvreemde stoffen (chemische middelen die op het bedrijf gebruikt worden), met daarbij een zo rendabel mogelijke bedrijfsvoering, behoud van bodemvruchtbaarheid en rekening houdend met andere maatschappelijke doelen.

Het bedrijf heeft een oppervlakte van ongeveer 55 hectare droge zandgrond met een melk-quotum van circa 655.0000 kg melk, 12.000 kg melk per hectare.

Van alle milieuaspecten krijgen mineralenverliezen de meeste nadruk. Voorts heeft De Marke zich ten doel gesteld om 33% minder energie te verbruiken ten opzichte van een gemiddeld melkveebedrijf in 1995. Daarnaast wil De Marke de mogelijkheden van duurzame energie-productie verkennen (Biewinga e.a. 1996).

Deze studie analyseert het energieverbruik en de productie van broeikasgassen in de afgelopen jaren en inventariseert de technische en economische perspectieven en de haalbaarheid van de productie van alternatieve energie op De Marke binnen de huidige wet- en regelgeving.

We beschrijven de volgende vormen van alternatieve energie:

- energie uit biogas;
- zonne-energie;
- windenergie.

Per energievorm inventariseren we het perspectief (technisch en economisch rendement), de toepasbaarheid (inpassing in bedrijfssysteem De Marke) en de haalbaarheid (wet- en regelgeving, financiering en maatschappelijke acceptatie).

Perspectief

Om het perspectief te beoordelen moeten we inzicht hebben in het energieverbruik van De Marke, het melkveebedrijf en de bijbehorende bedrijfswoningen. Een ander element van het perspectief van alternatieve energievormen is het technisch en economisch rendement. De laatste jaren zijn verschillende technieken verder ontwikkeld waardoor het technisch rendement, en vaak ook het economisch rendement, zijn verbeterd. We denken bijvoorbeeld aan grotere windmolens die kunnen profiteren van hogere windlagen, introductie van brandstofcellen (voor het omzetten van biogas in elektriciteit), verbeterde technieken voor het vergisten van mest en verbeterde, mogelijk goedkopere, zonnepanelen. Het economisch rendement hangt sterk af van de kosten van alternatieve energieproductie, de kosten van de energie die kan worden uitgespaard en de opbrengst van de gewonnen energie bij verkoop aan energiemaatschappijen.

Toepasbaarheid

We bekijken of technieken toepasbaar zijn op De Marke. Daarbij zullen we suggesties doen om eventuele knelpunten het hoofd te bieden. De nadruk zal hierbij sterk liggen op de technische

haalbaarheid. Mocht blijken dat aanzienlijke aanpassingen aan het bedrijfssysteem dan wel aan de bedrijfsvoering noodzakelijk zijn, dan nemen we deze mee in de analyse van het economisch perspectief.

Haalbaarheid

De haalbaarheid van alternatieve energiewinning op De Marke hangt naast van techniek en economie sterk af van de wetgeving. We zullen kijken of er bezwaren zijn vanuit gemeente en/of provincie tegen installaties voor alternatieve energie. De meeste bezwaren zijn te verwachten tegen windenergie (ruimte en geluid).

In hoofdstuk 2 analyseren we het energieverbruik van het bedrijf over de periode '93 tot en met '98. We vergelijken de resultaten met de doelstellingen voor energie en broeikasgassen en stellen maatregelen voor die leiden tot een lager energieverbruik.

In hoofdstuk 3 inventariseren we de nieuwste ontwikkelingen op het gebied van wind-, zonne- en 'mest'energie door het raadplegen van deskundigen en literatuur. Daarnaast verkennen we de mogelijkheden om alternatieve energie toe te passen. Uiteraard inventariseren we de wet- en regelgeving waaraan de installaties die in aanmerking komen voor De Marke, moeten voldoen en geven we een overzicht van stimuleringsmaatregelen, subsidieregelingen e.d. om de productie van duurzame energie te stimuleren.

2 HUIDIGE SITUATIE ENERGIE EN BROEIKASGASSEN

2.1 Doelen en uitgangspunten

In de tweede fase heeft De Marke zijn doelstellingen aangescherpt ten opzichte van de eerste fase (Biewinga e.a. 1996). In de tweede fase moet de bedrijfsvoering ook voldoen aan normen voor alle onderdelen van 'energie en broeikasgassen'. Het betreft secundaire normen, dat wil zeggen dat de normen zo mogelijk moeten worden gehaald, maar dat ze ook tegen normen van andere thema's kunnen worden afgewogen. Dit in tegenstelling tot primaire normen die zonder meer moeten worden gehaald. De normen voor nitraatuitspoeling en ammoniakemissie zijn voorbeelden van primaire normen. De normen voor energie en broeikasgassen zijn gebaseerd op overheidsnota's en luiden als volgt:

- secundaire norm voor fossiele energie en emissie van CO₂: het directe en indirecte energieverbruik per kg meetmelk en de bijbehorende CO₂-emissie moet met 33% worden verminderd ten opzichte van 1995. *Derde Energienota* (1996): verbetering van de energie-efficiëntie met 33% in periode 1995-2020);
- secundaire norm voor methaan: 8% reductie van de methaanemissie per kg meetmelk ten opzichte van 1990. *Nota Klimaatverandering* (1991);
- een primaire norm voor de N₂O-emissie: de norm van 40% reductie van de N₂O-emissie per ha ten opzichte van 1990 blijft gelden. Op grond van *Nota Klimaatverandering* (1991). Daarnaast gelden er verdergaande streefwaarden voor het verminderen van broeikasgasemissies. Deze zijn: ca. 60% minder CO₂-emissie, 20% minder CH₄-emissie en 80% minder N₂O-emissie ten opzichte van respectievelijk de jaren 1995, 1990 en 1990.

Om de landelijke doelstelling van 33% vermindering van het energieverbruik te vertalen naar bedrijfsniveau gebruiken we de cijfers van Bleumink e.a. (1997). Bleumink e.a. (1997) hebben de referentiewaarden voor energieverbruik van gespecialiseerde melkveebedrijven berekend op basis van het LEI-boekhoudnet (Welten 1994). Dit betreft de boekjaren 1989/'90 - 1991/'92). Het referentiejaar moet echter niet 1990 maar 1995 zijn. Uit een combinatie van de cijfers van *Landbouw, milieu en economie* (Poppe e.a. 1994a; Poppe e.a. 1994b; Poppe e.a. 1995; Brouwer e.a. 1996; Brouwer e.a. 1997) en *Land- en tuinbouwcijfers 1997* (1998) blijkt dat het directe energieverbruik (per 100 kg melk) van rundveebedrijven tussen 1990 en 1995 niet structureel is veranderd. *Landbouw, Milieu en Economie* geeft geen cijfers over het indirecte energieverbruik. Uit *Land- en tuinbouwcijfers 1997* (1998) blijkt dat het verbruik van kunstmest en krachtvoer in de rundveehouderij nauwelijks is veranderd (5% toename krachtvoer en 5% afname van kunstmest). Daarom wijzigen we de referentiewaarde voor zowel directe als indirecte energie niet.

Voor de doelstellingen van de methaan- (CH₄) en lachgasemissie (N₂O) is het referentiejaar hetzelfde gebleven als voor de eerste fase doelstellingen van De Marke. De referentiewaarden, de waarden ten opzichte waarvan een reductie moet worden bereikt, zijn respectievelijk 2,3 kg CH₄ per 100 kg meetmelk en 5,1 kg N₂O-N per ha per jaar. Om ook het totaal aan broeikasgassen te kunnen vergelijken, berekenen we ook de CO₂-equivalenten per 100 kg meetmelk. Hiertoe rekenen we het energieverbruik, de methaanemissie en de lachgasemissie om naar CO₂-equivalenten per 100 kg meetmelk. Bij de normstelling gaan we uit van 685.000 kg

meetmelk en 55 ha, omdat dit het uitgangspunt was toen de normen voor de eerste fase zijn opgesteld.

In tabel 2.1 zijn de verschillende referentiewaarden en de normen voor De Marke vermeld.

Tabel 2.1 Referentiewaarden voor de normstelling en de normen voor energieverbruik en broeikasgasemissie van De Marke

	referentie	norm	CO ₂ -equivalent	
			referentie	norm
ENERGIE	<u>MJ per 100 kg meetmelk</u>		<u>CO₂-eq per 100 kg meetmelk</u>	
directe energie	115	77	7,5	5,0
indirecte energie	490	327	31,9	21,2
totaal energie	605	404	39,4	26,2
METHAAN	<u>kg CH₄ per 100 kg meetmelk</u>		<u>CO₂-eq per 100 kg meetmelk</u>	
methaanemissie	2,3	2,1	48,3	44,4
LACHGAS	<u>kg N₂O-N per ha</u>		<u>CO₂-eq per 100 kg meetmelk</u>	
lachgasemissie	5,1	3,1	18,7	11,2
TOTAAL				
totaal broeikasgassen			106,4	81,8

De streefwaarden gaan veel verder; uitgedrukt in CO₂-equivalenten per 100 kg meetmelk zijn voor energieverbruik, methaan- en lachgasemissie respectievelijk 15,8; 38,6 en 3,7.

2.2 Resultaten 1993 t/m 1998

Het energieverbruik van De Marke is vastgelegd met de energiemeetlat, die door het CLM is ontwikkeld¹. Hiermee wordt het directe en indirecte energieverbruik berekend, maar ook de emissie van de broeikasgassen CO₂, CH₄ en N₂O.

De gemiddelde resultaten over de boekjaren 1993/'94 t/m 1998/'99 staan in tabel 2.2. In bijlage 1 geven we de onderliggende gegevens voor deze tabel. In beide tabellen is het energieverbruik en de methaanemissie met de verkorte versie van de energiemeetlat berekend en de lachgasemissie met de uitgebreide versie.

¹ De genoemde energienormen zijn gebaseerd op de verkorte versie van de energiemeetlat. Tussen de verkorte en de uitgebreide versie van de energiemeetlat zitten enkele verschillen. Behalve dat de verschillende onderdelen in de uitgebreide versie nauwkeuriger worden berekend, bevat de uitgebreide versie ook meer posten, zoals de aankoop van vee, transport van mest en afschrijving van machines en gebouwen. Door deze extra posten valt het energieverbruik bij de uitgebreide versie iets hoger uit. Daarom hebben we voor De Marke ook de score volgens de verkorte versie van de energiemeetlat berekend. Dat maakt het mogelijk de cijfers te vergelijken met de normen in tabel 2.1 en eventueel met cijfers van andere bedrijven, die ook de verkorte versie van de energieboekhouding hebben gebruikt.

De methaanemissie is eveneens met de verkorte versie van de energiemeetlat berekend, omdat de uitgebreide versie de methaanemissie van het jongvee en uit de mestkelder nog niet meeneemt.

De lachgasemissie is berekend met de uitgebreide versie van de energieboekhouding, omdat de berekening van deze emissies in de verkorte versie veel onnauwkeuriger is.

Tabel 2.2 Gemiddeld jaarlijks energieverbruik en broeikasgasemissie van De Marke over de boekjaren 1993/'94 t/m 1998/'99

	norm	gerealiseerd	CO ₂ -equivalent	
			norm	gerealiseerd
ENERGIE	<u>MJ/100 kg meetmelk</u>		<u>CO₂-eq per 100 kg meetmelk</u>	
directe energie	77	91	5,0	5,9
indirecte energie	327	229	21,2	14,9
totaal energie	404	320	26,2	20,8
METHAAN	<u>kg CH₄ per 100 kg meetmelk</u>		<u>CO₂-eq per 100 kg meetmelk</u>	
methaanemissie	2,1	1,8	44,4	37,7
LACHGAS	<u>kg N₂O-N per 100 kg ha</u>		<u>CO₂-eq per 100 kg meetmelk</u>	
lachgasemissie	3,1	1,2	11,2	4,3
TOTAAL				
totaal broeikasgassen			81,8	62,8

Directe energie

Het directe energieverbruik bestaat vooral uit elektriciteitsverbruik en het verbruik van dieselolie (bijlage 1).

Vanaf begin 1995 wordt op De Marke dagelijks de ammoniakemissie gemeten. Dit vergt ca. 15 MJ per 100 kg melk per jaar. We hebben dit verbruik niet meegenomen in tabel 2.2 en tabel 2.3. Met een direct energieverbruik van 91 MJ per 100 kg melk overschrijdt De Marke ruimschoots de norm voor directe energie (77 MJ per 100 kg melk).

Het elektriciteitsverbruik wordt onder andere veroorzaakt door de beregeningspomp. Vergelijking over de jaren 1993 t/m 1997 lijkt aan te geven dat de fluctuaties in het elektriciteitsverbruik voor een flink deel zijn te verklaren door het aantal beregeningsuren (tabel 2.3). Zonder berekening zou De Marke de doelstelling voor directe energie waarschijnlijk halen.

Tabel 2.3 Elektriciteitsverbruik en berekening op De Marke van 1993 t/m 1997

jaar	elektriciteitsverbruik (MJ/100 kg melk)	berekening (MJ/100 kg melk)
1993	37	2,9
1994	41	14,0
1995	54	21,6
1996	47	16,2
1997	43	10,2

Het dieselverbruik fluctueert ook over de jaren, zie bijlage 1. Na 1996 is een daling zichtbaar. Dat komt overeen met het beleid van de laatste jaren om de loonwerker meer in te schakelen. In de beginjaren maaide De Marke het gras zelf, maar sinds 1997 doet de loonwerker dit.

Het aardgasverbruik fluctueert ook. In het boekjaar 1995/'96 was dit erg hoog en het jaar ervoor erg laag. Mogelijk komt dit deels door de strenge winter van 1995/'96. Het aardgas wordt benut voor verwarming van water en verwarming van het kantoortje in de stal en in mindere mate ook van het tanklokaal en de melkstal.

Ten opzichte van de Koeien&Kansen-boeren is het directe energieverbruik van De Marke niet hoog. Het verbruik op De Marke is vergelijkbaar met het gemiddelde van de K&K-boeren, dat op 108 MJ per 100 kg melk ligt. Vier van de twaalf K&K-boeren verbruiken minder directe energie dan De Marke.

Indirect energieverbruik

De norm voor indirect energieverbruik wordt wel gehaald. Bij het indirecte energieverbruik is de grootste post het krachtvoer. Het krachtvoerterbruik is erg laag op De Marke (1.500 kg per melkkoe), vergelijkbaar met dat van biologische bedrijven; De Marke zou maximaal ca. 2.000 kg per melkkoe mogen gebruiken.

Ook het kunstmestverbruik is laag, bijna de helft van het gemiddelde van de K&K-boeren. De Marke zit 40 kg onder het advies (Reijneveld e.a. 1999).

Opvallend is het hoge energieverbruik door loonwerk op De Marke. Het personeel voert zelf slechts enkele werkzaamheden met de tractor uit: kunstmest strooien, schudden en wiersen, (vanaf 1999 niet meer) en voeren. De loonwerker neemt het drijfmest uitrijden, ploegen, zaaien, maaien (vanaf 1997) en inkuilen voor z'n rekening. De mechanische onkruidbestrijding gebeurt door het personeel en de chemische onkruidbestrijding doet de loonwerker. Gebruik van de voermengwagen (vanaf 1995) kost veel diesel. Ook als we het dieserverbruik en het loonwerk tezamen berekenen komt De Marke nog erg hoog uit in vergelijking met de K&K-boeren. Voor een deel komt het vele loonwerk door het onderzoek dat op De Marke wordt uitgevoerd. Voor een ander deel komt het door het teeltsysteem van De Marke. Het teeltsysteem van De Marke houdt grofweg in dat er op de huiskavels drie jaar gras wordt verbouwd en daarna drie jaar maïs; op de veldkavel betreft het drie jaar gras en vijf jaar maïs; een klein deel is permanent grasland, hoewel dat ook allemaal niet ouder is dan zeven jaar. Het vele omploegen en inzaaien vergt extra energie. De Marke heeft relatief veel bouwland: 45% tot 50%. Een deel van de maïs wordt geoogst als maïskolvenschroot (mks). Dit spaart krachtvoer uit, maar de oogst van mks vergt veel meer energie dan de oogst van snijmaïs. Ook mechanische onkruidbestrijding kost energie. Op De Marke past men in de maïs een combinatie van mechanische en chemische onkruidbestrijding toe.

De meeste K&K-bedrijven hebben een teeltsysteem waarbij grasland minder snel vernieuwd wordt. Alleen het biologische bedrijf van Bennie Bomers heeft een vergelijkbare teeltwijze als De Marke en de onkruidbestrijding gebeurt geheel mechanisch. Dat bedrijf is sterk gemechaniseerd en voert bijna al het machinewerk zelf uit. Het dieserverbruik is daardoor hoog, maar de combinatie van dieserverbruik en loonwerk niet. Deze ligt lager dan op De Marke.

De indirecte energie in ruwvoer betreft alleen de aan- en verkoop van ruwvoer en de voorraadverschillen; net als bij de mineralenboekhouding. Op De Marke wordt zo min mogelijk voer aan- en verkocht. De fluctuaties die we zien in de getallen voor indirecte energie van ruwvoer weerspiegelen met name de fluctuaties in voorraad. Een toename van de voorraad aan ruwvoer verlaagt het energieverbruik voor deze post. Voor het totale energieverbruik is dit alleen gunstig als dit gerealiseerd is zonder extra aankoop van ruwvoer of zonder extra kunstmest.

Totale energieverbruik

Uiteindelijk draait het om het totale energieverbruik. Want alleen kijken naar direct of indirect energieverbruik geeft een scheef beeld. Zo is het voor het directe energieverbruik gunstig om veel door de loonwerker te laten doen, maar voor het indirecte energieverbruik is dit ongunstig.

Het totale energieverbruik (320 MJ per 100 kg meetmelk) zit ruim onder de norm. De streefwaarde wordt nog niet gehaald. De Marke heeft een lager energieverbruik dan het gemiddelde van de K&K-bedrijven. Twee K&K-bedrijven hebben een lager energieverbruik dan De Marke (Aarts e.a. [in voorbereiding]).

Broeikasgassen

De broeikasgassen zijn CO₂, CH₄ en N₂O. De norm voor de totale emissie van broeikasgassen is 82 CO₂-equivalenten per 100 kg meetmelk. Met 63 CO₂-equivalenten per 100 kg meetmelk haalt De Marke de norm ruim; de streefwaarde wordt bijna gehaald.

De resultaten voor het broeikasgas CO₂ zijn (uiteraard) vergelijkbaar met het energieverbruik in MJ per 100 kg meetmelk, omdat het alleen een omrekening betreft, zowel van de normen als van de resultaten.

De Marke blijft onder de norm voor de methaan- en lachgasemissie. Voor methaan wordt zelfs voldaan aan de streefwaarde. De lachgasemissie voldoet bijna aan de streefwaarde. Bij de berekeningen (met de verkorte versie) is de methaanemissie gebaseerd op het aantal dieren en de mestproductie in de stalperiode. Dat is een onderschatting, omdat er ook in de weideperiode methaanemissie uit de mestopslag plaatsvindt. Op De Marke belandt ook in de weideperiode veel mest in de stal. Ook wanneer de emissie uit de mestopslag in de zomerperiode wordt meegerekend blijft De Marke nog onder de norm. Bij de berekeningen gaat de energiemeetlat ervan uit dat de mest weinig wordt gemixed. Op De Marke gebeurt dit juist wel regelmatig. Dat zou een onderschatting van de methaanemissie kunnen opleveren. Met de uitgebreide versie van de energiemeetlat is het tot nu toe alleen mogelijk om de methaanemissie van de melkkoeien te berekenen. Deze komt goed overeen met de methaanemissie van de melkkoeien berekend met de verkorte versie van de energiemeetlat. In de stalperiode van 1996/'97 is de methaanemissie van de ligboxenstal gemeten door het Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR) (Kant & Blanken 1998). Zij registreerden een methaanemissie van 19 kg CH₄ per koe per maand. Aangenomen dat er alleen emissie plaatsvindt als de koeien op stal staan, komt dit ongeveer overeen met 2,1 kg CH₄ per 100 kg meetmelk. Dit komt goed overeen met de waarden berekend met de energiemeetlat.

De lachgasemissie is laag door het lage bemestingsniveau op De Marke. Ook is de droge zandgrond van De Marke gunstig voor een lage lachgasemissie. Lachgas komt namelijk vrij in de bodem bij een hoog vochtgehalte, een hoog minerale-stikstofgehalte en een hoog organischestofgehalte. Op De Marke zijn deze alle drie niet hoog.

2.3 Energiebesparende maatregelen

Mogelijke verbeteringen kunnen we opsporen door naar drie aspecten van het energieverbruik te kijken:

- welke energieposten zijn het grootst?
- welke energieposten fluctueren sterk over de jaren?
- welke posten liggen op De Marke hoger dan op vergelijkbare bedrijven?

Hiervoor moeten we de verschillende energieposten uitsplitsen; dit hebben we gedaan in bijlage 1.

Direct energieverbruik

De norm (en ook de streefwaarde) voor het directe energieverbruik wordt niet gehaald. Daarom zijn nog extra maatregelen nodig.

Het elektriciteitsverbruik kan op De Marke waarschijnlijk niet veel verder omlaag. Maatregelen als spaarlampen, warmtepomp en voorcoeler zijn al bij de bouw van De Marke genomen. Onderzoek met het programma Warm Water en Energie (WWE) (zie bijlage 2) geeft aan dat nog iets te verdienen is door het water na de warmtepomp niet verder te verwarmen of als verder verwarmen toch nodig is om dit te doen met een hoge-temperatuur-warmtepomp. Waar nog wel energie mee kan worden bespaard, is met een regelsysteem waarmee het toerental van de vacuümpomp wordt afgestemd op het luchtverbruik van de installatie. Metingen van het Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR) (Klungel & De Koning 1999) geven aan dat hiermee ongeveer 3.000 kWh kan worden bespaard. Dit is ruim 6% van het elektriciteitsverbruik van De Marke. Een frequentieregelaar is niet toepasbaar op de huidige vacuümpomp van De Marke. Er moet dan een nieuwe pomp worden gekocht. Dat is voor De Marke financieel niet rendabel, maar het is wel goed om energiemaatregelen te demonstreren. Minder beregenen is een optie. De Marke beregent al niet meer dan noodzakelijk is, maar wellicht is het energetisch aantrekkelijk om niet te beregenen en de opbrengstderving te compenseren door voeraankoop. Of dit zo is, kan alleen met een uitgebreide berekening worden vastgesteld.

Economisch lijkt het aantrekkelijk om niet te beregenen. Uit mineralenoogpunt is dit waarschijnlijk ongunstig. Een studie naar het effect op verschillende (milieu)thema's is wenselijk. Hierbij moeten dan alle aspecten van berekening worden meegenomen, dus bijvoorbeeld ook het aanbod van voldoende weidegras.

Het dieselverbruik verlagen door meer werk aan de loonwerker uit te besteden betekent verschuiven van direct naar indirect energieverbruik. Afstappen van het wisselbouwsysteem vermindert wel het dieselverbruik, maar is ongunstig voor de mineralenbenutting. Iets minder rigoureuus is het verlengen van de graslandperiode binnen het wisselbouwsysteem. De voorgenomen teelt van triticale heeft zowel op energie en mineralen als op bestrijdingsmiddelen invloed. Hoe dat precies uitwerkt, zou nader onderzocht moeten worden. We verwachten een positief effect van de teelt van triticale op het verbruik van energie en bestrijdingsmiddelen.

Aanpassing van de gewassen zou ook het energieverbruik kunnen terugdringen. De oogst van mks kost bijvoorbeeld meer energie dan de oogst van snijmaïs. Maar door mks te telen hoeft De Marke minder krachtvoer aan te kopen. Mogelijk is het (energetisch) aantrekkelijker om snijmaïs te verkopen en krachtvoer aan te kopen. Misschien zijn er nog meer gewassen die met minder energieverbruik zijn te telen, maar die moeten dan wel een goede mineralenefficiëntie hebben bij de teelt en de vervoeding aan de melkkoeien. Het is interessant om na te gaan of andere gewassen dan de huidige het energieverbruik kunnen verlagen en tegelijkertijd een gunstig effect hebben op andere thema's als mineralen en bestrijdingsmiddelen.

Tot slot is gebruik van biogas uit mest een optie om het directe energieverbruik te verlagen (zie hoofdstuk 3).

Indirect energieverbruik

De norm voor het indirecte energieverbruik wordt ruimschoots gehaald, maar de streefwaarde nog niet. Daarom zijn nog extra maatregelen gewenst, mits ze geen negatieve invloed hebben op andere milieuthema's, waarvan de normen nog niet worden gehaald.

De grootste post bij het indirecte energieverbruik is krachtvoer. Getracht wordt nog zuiniger met krachtvoer om te gaan. Zoals gezegd is het krachtvoergebruik op De Marke erg laag ten opzichte van andere bedrijven. Maar vergeleken met de prognose bij de start van De Marke is het verbruik (in kg N) tweemaal zo hoog. Omdat ook het stikstofoverschot nog verder omlaag moet, zal het krachtvoerverbruik een punt van aandacht blijven. Ook varieert het krachtvoerverbruik over de jaren door de wisselende kwaliteit van het ruwvoer.

Het kunstmestverbruik op De Marke is al laag in vergelijking met andere bedrijven. Wel zou het nog verder omlaag kunnen door het klaveraandeel in het grasland te verhogen. Een klaveraandeel van meer dan 50% is niet aan te bevelen, omdat de stikstofuitspoeling dan toeneemt (Schils 1994). Dit onderzoek is echter uitgevoerd op kleigrond. Mogelijk dat op zandgrond de uitspoeling bij een lager klaverpercentage al toeneemt. Onderzoek naar uitspoeling onder klaver op zandgrond is gewenst.

Besparing op loonwerk is mogelijk, maar of dit een positief effect heeft op het totale energieverbruik is lastig te zeggen, omdat het dieselverbruik en het wagenpark dan toenemen. Het energetisch optimum van loonwerk ten opzichte van eigen arbeid is moeilijk te bepalen.

2.4 Conclusies en aanbevelingen

- De Marke voldoet niet aan de doelstelling voor direct energieverbruik, maar ruimschoots aan die voor indirect energieverbruik en ook aan die voor het totale energieverbruik.
- De methaanemissie blijft onder de norm en de lachgasemissie blijft ruim onder de norm.
- Het directe energieverbruik kan ruim 6% omlaag door de huidige vacuümpomp te vervangen door een pomp met frequentieregelaar.
- Het directe energieverbruik kan misschien nog iets worden teruggedrongen door het warme water afkomstig van de warmtepomp niet verder te verwarmen of door het gebruik van een hoge-temperatuur-warmtepomp.
- Het indirecte energieverbruik zal nog iets afnemen, omdat De Marke nog maatregelen moet nemen om het stikstofoverschot tot de norm te verlagen.

- Het is wenselijk om studies te verrichten naar:
 - het effect van niet beregenen op milieuthema's, economie en bedrijfszekerheid;
 - de vergelijking tussen maïs telen en krachtvoer aankopen met het oog op het energieverbruik;
 - het effect van de teelt van triticale en andere gewassen op bestrijdingsmiddelengebruik, mineralenverlies en energieverbruik.

3 DUURZAME ENERGIEBRONNEN

3.1 Inleiding

Bij de verbranding van fossiele energiebronnen, zoals aardgas, olie en steenkool, komt kool-dioxide vrij. Kooldioxide is een van de gassen die het broeikaseffect veroorzaken. Wereldwijd, het meest recent op de klimaatconferentie in Kyoto (1997), zijn afspraken gemaakt om de emissie van de broeikasgassen terug te dringen. Binnen de EU is afgesproken dat Nederland de uitstoot van broeikasgassen met 6% moet verminderen. Dit betekent dat de bijdrage van duurzame energie aan de Nederlandse energievoorziening moet toenemen en dat het gebruik van fossiele energie moet worden beperkt. De overheid streeft ernaar om het aandeel van duurzaam geproduceerde energie te verhogen naar 3% in 2000. Daarna moet de bijdrage van duurzame energie nog verder groeien naar circa 10% in het 2020.

Er zijn veel duurzame energiebronnen, zoals warmtepompen, bio-energie, thermische zonne-energie, fotovoltaïsche zonne-energie², waterkracht, windenergie en aardwarmte. In deze studie beperken we ons voor De Marke tot bio-energie (mestvergisting), fotovoltaïsche zonne-energie en windenergie. We brengen de huidige stand van zaken en de korte-termijnverwachtingen voor de techniek van deze duurzame energiebronnen in beeld. Daarna gaan we in op de perspectieven van deze energiebronnen voor De Marke en de wijze waarop deze technieken eventueel kunnen worden toegepast. Ten slotte schetsen we de meest relevante wet- en regelgeving omtrent deze energiebronnen indien we zouden willen overgaan tot plaatsing van een installatie op De Marke.

3.2 Mest

Biogasproductie kan een bron van duurzame energie op De Marke zijn. Door op het bedrijf geproduceerde mest onder zuurstofarme condities te vergisten ontstaan methaangas (CH₄) en koolstofdioxide (CO₂). Deze gassen kunnen als energiebron worden benut.

Als de mest van het bedrijf wordt afgevoerd en centraal in combinatie met ander organisch materiaal (bv. GFT, bermgras of slachtafval) wordt vergist, wordt het proces covergisting genoemd. (Co)vergisting kan bij verschillende temperaturen plaatsvinden, maar is het meest toegepast bij 30° à 40° C (mesofiele vergisting, dat wil zeggen vergisting bij ‘middelmatige’ warmte). Een gedeelte van het biogas wordt aangewend om de vergister te verwarmen tot de procestemperatuur.

Het geproduceerde biogas kan worden benut door het op te werken tot aardgas en als zodanig te gebruiken. Het kan worden omgezet tot elektriciteit en warmte door verbranding in een WKK-installatie (WKK = warmte-krachtkoppeling) of omzetting in een brandstofcel. De brandstofcel zet het gas om tot elektriciteit en warmte bij een beter rendement voor elektriciteit.

² Fotovoltaïsche zonne-energie is de directe opwekking van elektriciteit uit licht.

Mestvergisting wordt momenteel nauwelijks toegepast in Nederland, maar is toch niet onbekend. Een recente toepassing was de collectieve mestvergisting in Deersum (Van Diemen e.a. 1992). Als onderdeel van het Energieproject Deersum moest de vergister samen met windenergie een dorp op milieuvriendelijke wijze van elektriciteit en warmte voorzien. De vergister werkte met rundveemest van acht veebedrijven uit de directe omgeving. Hoewel de installatie goed functioneerde in termen van de doorgevoerde hoeveelheid mest, gasproductie en elektriciteitsproductie is het project in 1995 stopgezet, na ernstige technische problemen en aanvoertekorten. Het gewenste GFT voor covergisting met een hogere energieproductie mochten de akkerbouwers uit een nabijgelegen gemeente niet leveren vanwege een composteringverplichting (*Deersum kan niet meer leven van mest* 1995).

In Duitsland, Denemarken, Zwitserland en enkele andere landen wordt op ruimere schaal mestvergisting toegepast, zowel op bedrijfsniveau en als in coöperatief verband. De aanzet tot de productie van biogas heeft in deze landen - anders dan in Nederland - wel geleid tot een grootschaliger gebruik van mestvergisting. Voor een gedeelte is dit te danken aan de wet- en regelgeving in Denemarken (Holm-Nielson 1993) die een hoge stikstofefficiëntie eiste. De techniek van mestvergisting levert een fermentaat (vergiste mest) dat bijdraagt aan de betere benutting van stikstof uit dierlijke mest. Hogere energieprijzen (ten opzichte van de Nederlandse situatie: aardgas) en subsidie voor de productie van 'groene stroom' hebben bovendien de economische haalbaarheid van mestvergistingsinstallaties in deze landen gunstig beïnvloed en verdere ontwikkeling van mestvergisting gestimuleerd.

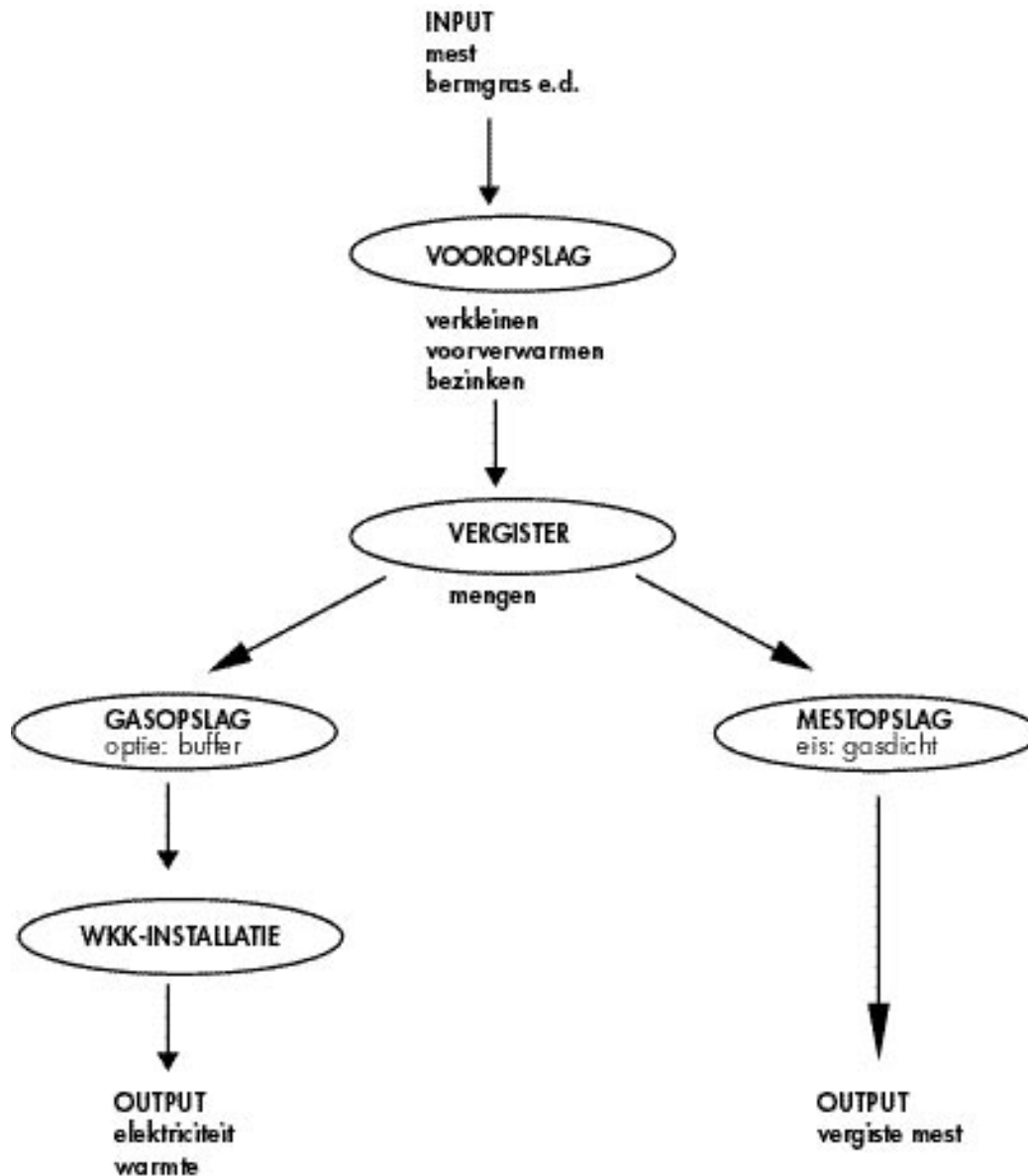
Een belangrijke milieuwinst van mestvergisting als energiebron die fossiele brandstof vervangt, is de hoeveelheid vermeden CO₂. Toepassing van mestvergisting beperkt bovendien de emissie van de broeikasgassen methaan (CH₄) en lachgas (N₂O). Het relatieve aandeel van de rundveehouderij in de emissie van methaan (Van Bergen & Biewinga 1991) bedraagt 18% van de totale bijdrage aan het broeikaseffect uit de Nederlandse landbouw. De emissie van methaan uit de opslag en bij de aanwending is voor een belangrijk deel te ondervangen door toepassing van mestvergisting.

3.2.1 Stand der techniek

In deze paragraaf beschrijven we de ontwikkeling van de techniek van mestvergistingsinstallaties.

Er zijn verschillende uitvoeringen van mestvergistingsinstallaties. Wenselijk is een flexibele installatie waarin op eenvoudige wijze verschillende soorten voeding kunnen worden verwerkt. Mogelijke voeding is agri-organisch afval zoals bermgras of geteelde biomassa.

Bij het opzetten van een mestvergister op De Marke is het van belang een goede vergelijking te maken met installaties van dezelfde omvang in het buitenland.



Schematische voorstelling van de vergister en de WKK-installatie

In het algemeen is de schaal van de vergistingsinstallatie bepalend voor het vergistervolume en het reactortype en de vraag of de installatie op regionaal of op bedrijfsniveau wordt ingezet. Uit de verschillende typen heeft zich voor de vergisting van rundermest een vorm ontwikkeld die relatief eenvoudig werkt en een behoorlijke gasopbrengst heeft. Een propstroomvergister met mesofiele vergisting en benutting van het biogas in een WKK-installatie is gemeengoed geworden.

Verderop in deze paragraaf beschrijven we de stand der techniek per fase van de productie van energie uit biogas.

Mest

Als voeding voor de vergister wordt verse mest gebruikt. Eventueel wordt de mest nog voorbereid door zand en grovere delen te laten bezinken. Deze delen uit de mest kunnen bij voortdurende beweging in de vergister door de schurende werking schade toebrengen.

Bij het gebruiken van andere organische stoffen (stromest en bermgras) moeten we deze materialen door versnipperen of kneuzen voorbereiden.

Vergister

De mest vergist gedurende een bepaalde periode in een vergistingstank bij een temperatuur van 30° tot 40° C. De verblijftijd varieert van 15 tot 24 dagen afhankelijk van de procestemperatuur en het type vergister.

De nieuw te vergisten mest moet op procestemperatuur worden gebracht en de warmteafgifte naar de omgeving wordt opgevangen. Door de vergistingstank goed te isoleren en een warmtewisselaar tussen in- en uitgang te plaatsen wordt dit warmteverlies beperkt. Een gedeelte van de biogasproductie wordt benut om de vergister te verwarmen. Hiertoe kan de restwarmte die vrijkomt bij de omzetting van biogas naar elektriciteit in de WKK-installatie of brandstofcel worden gebruikt.

Het gelijkmatig mengen van de vergistende mest kan met een in hoogte verstelbare dompelmixer. Meest gebruikelijk is de toepassing van een schoepenrad of een vijzel-mengmechanisme. Daarnaast zijn er vergisters die de mest mengen door gebruik te maken van de opwaartse kracht van het ontsnappende biogas zoals de BIMA-vergister in Nistelrode (Goossens 1988).

De gasproductie hangt af van de gebruikte voeding van de vergister. Bij vergisting van rundermest is vooral het droge-stofgehalte, de versheid van de mest en de opslag van de mest voordat het de vergister bereikt bepalend.

Een richtwaarde voor de biogasproductie uit rundermest met 9% ds is 18 tot 24 m³ biogas per m³ mest. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR) (Nijssen e.a. 1997) gaat in haar berekeningen aan mestvergisting uit van mest met 6,7% organische stof, per m³ mest 18 m³ biogasproductie met een energie-inhoud van 23 MJ per m³. Het biogas is samengesteld uit methaan (50-70%), koolstofdioxide (49-29%) en andere gassen in lage gehalten. Belangrijke factoren die de gaskwaliteit beïnvloeden zijn de temperatuur van het vergistingsproces en de samenstelling van de voeding.

Voor De Marke gaan we uit van een gaskwaliteit van 62% methaan. Uit vergelijking met andere rundermestvergisters blijkt dit voor een stabiel opererende mesofiele propstroomvergister een haalbare gaskwaliteit.

Toevoegingen aan de mest van agri-organische reststoffen kunnen de opbrengst aanzienlijk verhogen. Voorwaarde is dat het droge-stofgehalte niet hoger is dan 15% in verband met het mengen van de vergistende massa. De stabiliteit van het proces (continuïteit in samenstelling van het biogas) neemt af bij gasproducties boven de 40 m³ per m³ substraat.

Het geproduceerde gasmengsel bevat een gedeelte zwavel als H₂S-gas (ca. 1%). Ontzwaveling is noodzakelijk voor het behoud van de apparatuur omdat het zwavelgas bij verbranding in combinatie met vocht het zeer corrosieve zwavelzuur vormt. Ongezuiverd verbranden heeft daarnaast de emissie van SO₂-gas tot gevolg.

Als we continu een geringe hoeveelheid lucht in de vergister toelaten, vindt bacteriële omzetting naar elementair zwavel plaats, wat in het fermentaat wordt gebonden. Het gehalte aan H₂S in het biogas is teruggebracht tot minder dan een tiende deel en bedraagt circa 100 ppm. In deze concentratie kan het gas zonder problemen worden omgezet in een WKK-installatie. In enkele gevallen wordt met een aquariumpomp zo'n 4% lucht toegelaten, wat een afdoende remedie blijkt.

Gasopslag en verwerking

Voordat het biogas wordt benut, wordt het opgevangen in een reservoir. Het meest algemeen toegepast is conversie door verbranding in een WKK-installatie. Bij warmte-krachtkoppeling is een maximaal rendement van 35% in de omzetting van gas naar elektriciteit mogelijk. In een praktische toepassing bij een belasting van de WKK-installatie op 70% van het vermogen is een elektrisch rendement van 27-30% te verwachten.

Met het inzetten van een brandstofcel (BC) zou beter aan de vraag naar elektriciteit worden voldaan. De omzetting naar elektrische energie met een brandstofcel heeft een rendement van maximaal 55%. Nadelen zijn dat toepassingen van de brandstofcel erg nieuw zijn, dat

aanschafprijzen hoger liggen en dat op langere termijn de kosten een onbekende factor zijn, zeker voor vermogensomzetting groter dan enkele kW's. Bovendien is onbekend welke eisen een brandstofcel stelt aan de zuiverheid van het biogas. Enkele typen brandstofcel zijn gevoelig voor verontreiniging met H₂S, zodat het gas eerst moet worden gezuiverd. Dit kan eenvoudig met toevoeging van een kleine hoeveelheid lucht tot een aanvaardbaar niveau van 100 ppm.

Qua onderhoud en bedrijfszekerheid is het gebruik van een brandstofcel nog niet praktijkrijp. Mogelijk maakt het gebruik van een brandstofcel onder laboratoriumomstandigheden bij het IMAG de toepassing op De Marke toegankelijker.

In deze studie gaan we uit van het gebruik van warmte-krachtkoppeling voor de conversie van biogas naar elektriciteit en warmte.

Fermentaats

Door rundermest te vergisten tot fermentaats verandert de samenstelling van de mest. In het fermentaats is een groter gedeelte van de totale stikstof beschikbaar als minerale stikstof (NH₄-N). Gewassen kunnen dit minerale stikstof gemakkelijker opnemen. Zo is een gedeelte van de stikstofgift uit kunstmest te vervangen.

Het fermentaats heeft een aanzienlijk lagere stankemissie dan onvergiste mest, wat de smakeikbaarheid van het gras ten goede komt en de voederopname bevordert. Daarnaast is de mest homogener van samenstelling zodat het gelijkmatiger in de bodem infiltreert en het minder aan het gras blijft plakken (Gijsman & Hamwijk 1986). De vraag is echter of dit laatste aspect in de Nederlandse situatie bij zodebemesting wel relevant is.

Hoewel het buiten het kader van rundermest-vergisting op De Marke valt, zijn er goede mogelijkheden om biogasproductie en de vergistertrap te gebruiken in mestverwerking. De biogasproductie kan worden aangewend om het fermentaats in te dampen.

Bepaalde soorten mestverwerking zijn beter uitvoerbaar met vergiste mest. Te denken valt aan scheidingstechnieken. Mestvergisting als onderdeel van een installatie om varkensmest te verwerken zal worden toegepast in het mestverwerkingsproject van Mestac (mestafzetcoöperatie Oost-Brabant) in Nuenen mits er een vergunning voor de bouw wordt afgegeven.

De Deense Biorek-installatie heeft een hoog rendement mede doordat alle onderdelen van de fractie groter dan 1 mm worden uitgefilterd. Deze deeltjes dragen namelijk weinig bij aan de biogasproductie, maar ze vergroten de kans op storingen. De uitstroom van de vergister bestaat uit water en daarin opgeloste zouten. Alle andere deeltjes uit de uitstroom worden door ultrafiltratie (membranen) afgescheiden en teruggelid naar de reactor. Voor dit gedeelte gaat de verblijftijd naar oneindig, hetgeen het rendement verhoogt. De vergister produceert 20 m³ biogas (62% CH₄) per m³ varkensmest.

De vergistertrap levert de energie voor de indikking van de waterige stikstofrijke fractie. Andere eindproducten zijn compost en loosbaar water.

Voor de opslag van het fermentaats zijn geen bijzondere aanpassingen nodig op voorwaarde dat de opslag voldoet aan de huidige wet- en regelgeving.

De vraag is of uit het fermentaats ammoniakgas vrijkomt. Naar verwachting neemt de emissie van ammoniak toe bij benutting op het veld. Het fermentaats heeft een iets hogere pH-waarde, waardoor het evenwicht tussen ammonium en ammoniakgas verschuift naar de gaskant. Dit wordt versterkt door het hogere gehalte minerale stikstof (NH₄-N) in het fermentaats. Toediening op het veld behoort zo emissiearm mogelijk te geschieden.

3.2.2 Toepasbaarheid

Wat zijn de mogelijkheden en knelpunten bij het opzetten van een biogasinstallatie op De Marke? We behandelen de verschillende stappen om van het uitgangsmateriaal (de mest) te komen tot benutbare energie.

Om uit de beschikbare technieken een vergistingsinstallatie te ontwerpen hanteren we de volgende eisen:

- de installatie is eenvoudig toepasbaar op De Marke en op andere melkveebedrijven in Nederland;
- de installatie heeft een hoge bedrijfszekerheid, vergt weinig onderhoud en heeft een lange levensduur;
- het rendement van de vergisting is hoog;
- er zijn hooguit geringe aanpassingen in de bedrijfsvoering noodzakelijk;
- de installatie kan ook vaste mest, bermmaaisel en beheersgras vergisten.

Deze voorwaarden betekenen dat we bij het ontwerpen van de vergistingsinstallatie zoeken naar bewezen en succesvolle technieken.

Het ontwerpen van een mestvergister op deze schaal lijkt vooral een verhaal van leren van andermans fouten. In Deersum ging de vergistingstank doorroesten; we zullen daarom voor de vergistingstank in ieder geval een bezinkinstallatie voor zand, e.d. plaatsen, zodat deze grove delen niet in de vergistertank komen.

Voorts moeten we een beeld hebben van:

- de hoeveelheid te vergisten mest en andere organische materialen op De Marke;
- de biogasproductie;
- op welke wijze we de biogasproductie gaan benutten.

Mestproductie

De ca. 110 grootvee-eenheden op De Marke produceren per jaar ruwweg 3.000 m³ mest. In de periode '92-'96 paste De Marke als beweidingssysteem 'beperkt weiden' toe, vanaf '96 tot heden siëstabeweiding.

Door de siëstabeweiding zijn de koeien twee maal per dag binnen na het grazen in de wei en komt een groot gedeelte van de mest in de opslag terecht.

De gemiddelde mestproductie die in de opslag terechtkomt, en de samenstelling is weergegeven in tabel 3.1

Tabel 3.1 Hoeveelheid en samenstelling van de geproduceerde mest op De Marke

	mest- productie (m ³)	mestsamenstelling (in kg/ton mest)						
		droge stof	organische stof	N _t	N _{min}	N _{org}	P ₂ O ₅	pH
bepert weiden '92-'96	2.589	72	54	3,70	1,9	1,7	1,1	
omgerekend 9% droge stof	2.074	90	68	4,62	2,4	2,1	1,4	
siëstabeweiding '96-'99	2.610	72	56	3,4	1,7	1,7	1,0	
siëstabeweiding 1999	2.610	72	57	3,4	1,8	1,7	1,0	7,3

Bronnen: Hilhorst (1999); Van der Schans e.a. (1999).

De gegevens over 1999 zijn representatief voor de actuele bedrijfsvoering en dienen als uitgangspunt voor verdere berekeningen.

In vergelijkingen aan de hand van Nijssen e.a. (1997) is het van belang te weten hoe de mestproductie op De Marke zich verhoudt tot bedrijven van gelijke omvang waar met 'summer-feeding' alle geproduceerde mest in opslag terechtkomt. Verder is dit gegeven relevant bij het

doorrekenen van de invloed van fermentaat als meststof op de emissie van ammoniak en de nitraatuitspoeling.

We willen ook de ruige mest uit de kalverstal, bermgras en ander organisch materiaal als voeding van de vergister gebruiken.

Mestopslag

De beschikbare mestopslag is weergegeven in tabel 3.2 en bedraagt in totaal 1.990 m³:

Tabel 3.2 Beschikbare mestopslagcapaciteit op De Marke

opslag	capaciteit (m ³)	beschrijving
mestsilo De Marke	1.400	diameter 20 m, gem. hoogte 5 m
mestkelder ligboxenstal	490	
jongveestal	100	3 mestkelders
TOTAAL	1.990	

Bij langdurige opslag van mest (100 dagen of langer) kan spontane vergisting en methaanemissie optreden. Bij lage temperaturen komt dit proces echter maar moeizaam op gang. Deze beperkte ongewenste emissie kan worden vermeden door de verse mest binnen 100 dagen te vergisten. De huidige mestopvang op De Marke is relatief emissiearm (Koskamp 1999). Bij onderzoek is geen aantoonbare emissie waargenomen. Volgens het rekenmodel bij de energie-meetlat voor de melkveehouderij (Hanegraaf e.a. 1996) is bij spontane koude vergisting uit opslag een emissie van 2,2 kg of 3,1 m³ methaan per m³ normaal. De Marke heeft derhalve bij een mestproductie van 2.600 ton per jaar een methaanemissie uit mestopslag van 5.720 kg of 8.060 m³ methaangas.

Bij de opslag van vergiste mest moet rekening worden gehouden met een verhoogde ammoniakemissie. Dit is te verklaren uit een verhoogd gehalte aan ammonium, een lichte verschuiving van de zuurgraad naar het basisch gebied en het wegvallen van de CO₂-druk die in de vergister het ammonium in oplossing houdt. De vergiste mest zou gasdicht moeten worden opgeslagen om de ammoniakemissie uit de opslag te beperken. Vervolgens moet de methode van aanwending afgestemd zijn op het hogere gehalte mineraal stikstof in de vergiste mest om uitwijking als ammoniakgas te beperken.

Volume van de vergister

De dagelijkse mestproductie bedraagt $(2.600 : 365 =) 7,1 \text{ m}^3$ mest. Gemiddeld verblijft de mest 21 dagen in de opslag. Het volume van de vergister moet dan minimaal $21 * 7,1 = 149,1 \text{ m}^3$ bedragen om dit te kunnen bergen.

Daarnaast moeten ruige mest en bermgras mee vergist kunnen worden. Het volume aan ruige mest is ca. twee kruiwagens per week, 300 liter = 0,3 m³. Over een periode van 21 dagen komt dit op 0,9 m³. Per jaar is er ca. 15 m³ ruige mest beschikbaar.

Bermgras levert jaarlijks een bijdrage van ca. 4.000 kg te vergisten materiaal met een volume van 12 m³.

Extra vergistervolume om het organisch materiaal van De Marke te vergisten is volgens deze berekeningen niet nodig. De vergister moet voldoende capaciteit hebben om een eventuele toename in de aanvoer van organisch materiaal op te vangen.

Een ruime dimensionering van de vergister maakt een langere verblijftijd van de mest in de

vergister mogelijk waardoor de vergistingstemperatuur omlaag kan. Een lagere vergistingstemperatuur vergt minder energie en leidt tot minder warmteverlies. Een verblijftijd van 30 dagen bij een temperatuur van ca. 30° C benadert de biogasproductie van de genoemde procesomstandigheden. Het benodigde vergistervolume bedraagt dan $30 * 7,1 = 213 \text{ m}^3$.

Een flexibele opzet van de vergister in de gekozen procesparameters maakt het mogelijk onderzoek te verrichten aan biogasproductie, gaskwaliteit, processtabiliteit, etc. Dit past uitstekend bij het karakter van De Marke. Een berekening van de meerkosten van een iets ruimer gedimensioneerde vergister kan worden gemaakt met de rekenmodellen in §3.2.3.

We gaan uit van een vergister met een volume van 250 m^3 met een vulgraad van 70%.

Energieproductie

Met de energieproductie van de vergister bedoelen we de energie-inhoud, of wel de verbrandingswaarde van het geproduceerde biogas.

Bij het berekenen van de biogasproductie gaan we zoveel mogelijk uit van het basisscenario uit Nijssen (1997). Aanvullende berekeningen moeten overeenkomen met de gedachte achter dit scenario.

Uitgaande van siëstabeweiding is er voor vergisting 2.600 m^3 runderdrijfmest beschikbaar. In een gangbare vergistingsinstallatie (mesofiel, 37° C) is de netto-gasproductie 18 m^3 biogas per m^3 mest. Het CH₄-gehalte bedraagt 62% met een calorische waarde van 22 MJ.

De dagproductie van de vergister ($7,1 \text{ m}^3$ mest * 18 m^3 biogas/ m^3 mest) bedraagt 128 m^3 biogas. Omgerekend naar aardgas betekent dit $(128 * 22 / 31,8) = 88 \text{ m}^3$ aardgasequivalenten (a.e.). De energie-inhoud van deze dagproductie is 2.811 MJ of 781 kWh.

Energie uit overige organische afvalfen

De gewasopbrengst van natuurelementen op De Marke in 1998 bedroeg 4.172 kg (ca. 12 m^3) droge stof (Guldmond e.a. 1998). Meevergisten van dit materiaal zou bij een productie van 80 m^3 biogas per m^3 materiaal (Nijssen e.a. 1997) een bijdrage van 960 m^3 biogas (62% methaan) kunnen leveren.

In het *Biogas Handbuch* (Wellinger e.a. 1991) wordt een opbrengst uit gras aangegeven van $0,55 \text{ m}^3$ biogas per kg organische stof. De massa droge stof kunnen we globaal omrekenen naar organische stof in de verhouding 3:2. De biogasbijdrage van natuurelementen is nu ca. 1.500 m^3 .

Omdat de hoeveelheid te vergisten materiaal gering is en het verschil in gasopbrengst in literaturopgaves sterk varieert, laten we dit in de verdere berekeningen buiten beschouwing.

Warmtevraag vergister

Bij mesofiele vergisting moet de mest verwarmd worden tot 37° C. Om deze bedrijfstemperatuur te bewaren moeten de warmteverliezen naar de omgeving worden gecompenseerd. De gemiddelde temperatuur van de mest uit opslag is 13° C (Van Nes e.a. 1990). Verwarmen tot 37° C vraagt $(37 - 13 = 24) * 4,2 = 100,8 \text{ MJ}$ per m^3 mest. Dit is ca. 75% van de totale warmtevraag die dus 134 MJ per m^3 bedraagt.

De energie-inhoud van 18 m^3 biogas per m^3 mest is 396 MJ. Bij de conversie van het biogas in de WKK-installatie komt ca. 50% beschikbaar als warmte (198 MJ). Er resteert na de warmtevraag van de vergister $(198 - 134 =) 64 \text{ MJ}$. Deze warmte is voor 75% inzetbaar in de verwarming van kantine en kantoorruimten.

Aan warmte is inzetbaar $64 \text{ MJ} * 75\% = 48 \text{ MJ}$ per m^3 mest. Jaarlijks komt 2.600 m^3 mest * $48 = 124.800 \text{ MJ}$ met $31,8 \text{ MJ}$ per m^3 aardgas overeen met ca. 3.900 m^3 aardgasequivalenten. Dit is bijna de helft van de totale vraag naar aardgas op De Marke. Zie tabel 3.3.

Toepasbaarheid energie

In hoofdstuk 2 staat hoeveel elektriciteit en gas De Marke nodig heeft. Tabel 3.3 geeft dit nog eens weer.

Tabel 3.3 Het energieverbruik van De Marke in de periode 1993-1998

verbruik per jaar	MJ	kWh	m ³	MJ/dag	kWh/dag
<i>melkveestal</i>					
elektriciteit	171.000	47.500		4680	130
aardgas	57.500	16.000	1.809	158	44
totaal melkveestal	228.500	63.500		626	174
<i>kantoorruimten</i>					
elektriciteit	199.800	55.500		547	151
aardgas	168.540	46.800	5.300	462	128
totaal kantoorruimten	368.340	102.300		1.009	279
<i>melkveestal + kantoorruimte</i>					
elektriciteit	370.800	103.000		1.015	281
aardgas	226.040	62.800	7.109	620	172
totale energiebehoefte	596.840	165.800		1.635	454

De melkveestal van De Marke verbruikt veel elektriciteit (melkmachines, beregeningsinstallaties e.a.) vergeleken met het verbruik van aardgas (C.V.-bedrijfswoning, kantoor, warmwatervoorziening, reinigen melkinstallatie). Voor de kantoorruimten van De Marke is het verbruik van aardgas (warmte) beduidend groter.

De melkveestal op De Marke verbruikt per dag slechts 5 m³ aardgas-. Opgeteld bij de dagelijks gebruik van aardgas (14,5 m³) door de kantoorruimten kan de productie van biogas (bruto 88 m³ aardgasequivalent) ruimschoots aan de gezamenlijke aardgasbehoefte voldoen. De mogelijkheid om het biogas op te werken tot aardgas en aan het openbare gasnet te leveren is gezien de benodigde expertise en investering geen optie.

Hoewel de vergister continu biogas produceert, zou het efficiënt kunnen zijn de WKK-installatie alleen te gebruiken bij een piek in de elektriciteitsbehoefte en de overtollige warmte op te slaan of te distribueren. Dit heeft consequenties voor het vermogen van de toegepaste convertor en de investeringskosten. Bovendien is te verwachten dat de storingsgevoeligheid en de onderhoudskosten van de convertor bij niet-continu gebruik toenemen. Om deze afweging te kunnen maken is inzicht nodig in de elektriciteitsbehoefte over het etmaal.

Energie na conversie

Warmtekrachtkoppeling heeft een maximaal omzettingsrendement van ca. 85%. Helaas bedraagt het elektrisch rendement niet meer dan 35% en komt 50% beschikbaar als warmte. Deze verhouding verschuift naar ca. 30% elektrisch en 55% thermisch rendement als de gemiddelde belasting van de WKK-installatie 60 tot 80% bedraagt.

De omzetting van de dagelijkse productie van 128 m³ biogas (62% CH₄ heeft een calorische waarde 22 MJ per m³ biogas) in een WKK-installatie levert 2.816 MJ per dag. Aan elektriciteit komt beschikbaar 273 kWh_e (2.816 MJ per dag : 3,6 MJ per kWh = 782 kWh energie * 35% elektriciteit), aan warmte 391 kWh_{th} (782 kWh * 50% thermisch). In volcontinu bedrijf is er 273 kWh per 24 h = 11,4 kW elektrisch vermogen beschikbaar. Ter indicatie: bij 220 volt

is er 50 ampère beschikbaar. Voor de conversie van het biogas met de WKK-installatie zijn de resultaten weergegeven in tabel 3.4.

Tabel 3.4 De elektriciteit- en warmteopbrengst van biogasproductie

	Biogasproductie		(kWh)	elektriciteit (kWh _e)		warmte (kWh _{th})	
	(m ³)	(MJ)		WKK	N _e (%)	WKK	N _{th} (%)
per dag:	128	2.816	1.782	273	35	391	50
per jaar:	46.800	1,03*10 ⁶	2,86*10 ⁵	1,0*10 ⁵		1,4*10 ⁵	

N_e en N_{th} zijn de rendementen van de omzetting naar elektrische en thermische energie in de WKK-installatie.

Toepasbaarheid van het fermentaat

Tabel 3.5 geeft de samenstelling van rundermest voor en na vergisting. Uit de tabel moet af te leiden zijn dat het gehalte aan organische stof afneemt bij de vorming van methaan en CO₂. In vergelijkende kolommen 3 daalt het gehalte aan organische stof met 1,8% van 6,7 naar 4,9%. De geringe toename van de totale hoeveelheid stikstof zou verklaard kunnen worden uit binding van stikstofgas uit lucht.

De vergistingsprocessen waarmee de gegevens uit 3) en 4) verkregen zijn, werden uitgevoerd in laboratoriumvergisters.

Tabel 3.5 Samenstelling van vergiste en niet-vergiste rundermest

	RM	RM 1999 De Marke	RM	VM	RM	VM
bron	1)	2)	3)	3)	4)	4)
droge stof (%)	9,0	7,2	9,1	7,4	10,0	8,8
org. stof (%)	6,6	5,7	6,7	4,9		
N _{totaal} (kg/ton)	4,9	3,4	5,46	5,66	4,29	4,52
NH ₄ -N (kg/ton)	2,6	1,8	2,58	3,07	2,17	2,34
N _{org} (kg/ton)	2,3	1,7				
P ₂ O ₅ (kg/ton)	1,8	1,0	1,73	1,67		
K ₂ O (kg/ton)	6,8	5,1	6,31	6,90		
pH		7,3				

RM = niet-vergiste rundermest

VM = vergiste mest

1) *Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1998-1999* 1999

2) Hilhorst (1999)

3) Dubbelboer & Schelhaas (1990)

4) Gijsman & Hamwijk (1986)

Van belang voor de benutting van het fermentaat is de toename van het minerale stikstof met 0,49 en 0,17 kg per ton (tabel 3.5).

Op De Marke zou het fermentaat 442 tot 1.274 kg meer minerale stikstof op het veld brengen dan niet-vergiste rundermest. Per hectare is dit 8 tot 23 kg N-min.

Holm-Nielson (1993) constateert een toename van N-min ten opzichte van niet-vergiste rundermest van 20%. Als we dit doorrekenen voor 'De Marke RM 1999' is de toename 0,36 kg per ton. De totale toename aan N-min is 936 kg of 17 kg per ha.

Ammoniakemissie

Bij het aanwenden van het fermentaat zal de ammoniakemissie toenemen. Immers de ammoniumconcentratie in de mest is gestegen. Tevens zal de mest minder zuur zijn waardoor het chemisch evenwicht meer aan de ammoniakgas-kant ligt. De ammoniakemissie stijgt enigszins als de pH van het bodemoppervlak hoger dan 8,0 komt te liggen. Naar verwachting gaat de pH-waarde van het fermentaat naar 7,8. De bufferende werking van de bodem bepaalt na aanwending van de meststof de zuurgraad en indirect de emissie.

Het hogere gehalte ammonium en de hogere zuurgraad zijn beide emissieverhogende factoren. Emissiearm aanwenden is het devies (verplicht).

Uitspoelingsgevoeligheid

De minerale stikstof in runderdrijfmest bestaat geheel uit ammonium. Organisch gebonden stikstof komt voor een deel in het eerste jaar na aanwending vrij als de organische stof mineraliseert. Het verhoogde gehalte aan N-min in vergiste mest zou kunnen leiden tot meer uitspoeling in de vorm van nitraat naar grondwater. Dit doet zich vooral voor als de beschikbare minerale stikstof niet kort na aanwending wordt opgenomen door het gewas, bijvoorbeeld door een hoge mestgift. Het is dus zaak het gebruik van vergiste mest te corrigeren voor de gift van direct beschikbare stikstof uit kunstmest.

Anderzijds zal in het najaar minder stikstof beschikbaar komen uit mineralisatie van organische stof door een lager organische-stofgehalte in de vergiste mest. Dit vermindert de verliezen via nitraatemissie naar grondwater. Hier valt enige milieuwinst te boeken ten opzichte van niet-vergiste mest want de minerale stikstof wordt in het najaar in geringe mate door het gewas opgenomen.

De mineralenbenutting uit fermentaat lijkt optimaal als het in kleinere porties wordt aangevend en alleen dan als het gewas het zal opnemen.

Stikstofwerking vergiste mest

De mest van De Marke bevat gemiddeld 3,4 kg N_{totaal} per ton mest, waarvan 1,7 kg N_{min} (gehalte N_{min} van N_{totaal} = 50%). Na mesofiele vergisting zal de verwachte hoeveelheid N_{min} ca. 60% van N_{totaal} zijn. Uitgaande van de volgende werkingscoëfficiënten: N_{min} 90%, N_{org} 50% is onderstaande verhoging van de stikstofwerking te berekenen.

onvergiste mest: $(0,5 * 90\%) + (0,5 * 50\%) = 70\%$

vergiste mest: $(0,6 * 90\%) + (0,4 * 50\%) = 74\%$

Mesofiele vergisting levert theoretisch een verhoging van de stikstofwerking met ca. 6% op. Thermofiel vergisten zou het N_{min} kunnen verhogen tot 70% met een stikstofwerking van maar liefst 78% (Driegen 1999).

3.2.3 Economische aspecten

Het rekenmodel van Praktijkonderzoek Rundvee (PR) geeft een indicatie van de kosten van bouw en exploitatie van een vergistingsinstallatie (*Perpectieven mestvergisting op Nederlandse melkveebedrijven*).

De vergister is het meest rendabel als alle energie uit de biogasproductie wordt gebruikt om in de energiebehoefte van De Marke te voorzien.

Rekenregels kosten mestvergister

De kosten van een vergister voor 250 m³

installatie volgens rekenregels

$f\ 1.564,- - (f\ 4,06 * 250) = f\ 549,-$ investering (gulden per m³ vergister)

$f\ 549,- * 250\ m^3 = f\ 137.250,-$

De kosten van een complete mestvergistingsinstallatie worden geschat op $f\ 800,-$ per m³, ofwel $f\ 200.000,-$ (Van Nes e.a. 1990)

Berekening van de elektrische capaciteit

De hoeveelheid geproduceerd biogas	46.800 m ³
De energie-inhoud hiervan bedraagt	1.029.600 MJ = 286.000 kWh
Bedrijfstijd van de convertor	(353 * 24) = 8.472 uur
Brutocapaciteit van de installatie	286.000 / 8.472 = 33,75 kW
Elektrisch rendement van de WKK-installatie	35%
Benodigd vermogen van de WKK-installatie	33,75 * 35% = 11,8 kW _e

Als de convertor minder uren per dag stroom levert, bijvoorbeeld 16 uur in plaats van 24 uur, verandert het benodigde vermogen van de WKK-installatie naar 17,4 kW_e. Dit is een mogelijkheid om de geproduceerde energie optimaal aan te wenden tegen het hoge aankooptarief. De kosten van de WKK-installatie nemen toe met de stijging van de elektrische capaciteit. De vraag is in hoeverre de levensduur en onderhoudskosten veranderen bij deze vorm van benutting.

Kosten convertor

Een WKK-installatie met het genoemde vermogen kost $f\ 2.500,-$ per kW_e. In volcontinu bedrijf zijn de aanschafkosten van een WKK-installatie met 12 kW elektrisch vermogen ca. $f\ 30.000,-$. Een 18 kW WKK-installatie om de piekvraag op te vangen kost ca. $f\ 45.000,-$.

Vorbewerking, vooropslag en gasopslag

Het meevergisten van bermgras en ander organisch materiaal maakt een voorbewerking noodzakelijk. Het voedingsmateriaal moet worden versneden of versnipperd om de vloeibaarheid (verpompbaarheid) te vergroten en om het vergistingsrendement te verhogen..

Een vooropslag waarin de mest kan bezinken om zand en ander materiaal dat schade aan de vergister kan veroorzaken af te scheiden is wenselijk.

Voldoende gasopslag is een voorwaarde bij gebruik van de WKK-installatie in piekbedrijf zodat aan de hogere gasvraag van de convertor kan worden voldaan.

Totale kosten vergistingsinstallatie 250 m³

Kosten lopen uiteen van $f\ 250.000,-$ tot $f\ 300.000,-$ bij WKK-conversie.

De Biomass Technology Group (BTG) schat de kosten van een mestvergistingsinstallatie met warmte-krachtkoppeling en de mogelijkheid van het meevergisten van fijn bedrijfseigen organisch materiaal op $f\ 285.000,-$. Dit op basis van een recent door dit bedrijf geplaatste vergistingsinstallatie met een inhoud van 500 m³ en een 20 kW WKK-installatie.

Rentabiliteit

Groene stroom

De huidige prijs die het elektriciteitsbedrijf betaalt voor teruggeleverde elektriciteit bedraagt circa 11 cent per kWh.

Volgens Schoonwater van het energiedistributiebedrijf NUON is dit tarief opgebouwd uit een terugleververgoeding van 7 tot 8 cent per kWh en de premie uit de regulerende energie belasting (REB) van ca. 3,54 cent per kWh voor het jaar 2000. De REB of ecotax is een bestemmingsheffing waarvoor art. 36.O van de Wet belasting milieugrondslag aangeeft hoe de gelden kunnen worden doorgesluisd naar de producenten van duurzame energie.

Het certificaat 'groene label' voor duurzaam geproduceerde energie kan worden aangevraagd bij NUON. Elektriciteit uit biogas komt hiervoor volgens NUON in aanmerking. Het verkregen label kan ten gelde worden gemaakt op de vrije groene energiemarkt. Het label zou verkocht kunnen worden aan NUON tegen een prijs van 0 tot 5 cent per kWh.

Eerdere gesprekken tussen het CLM en de NUON leverden een indicatief groen label-tarief op voor De Marke van 15 cent. In verdere berekeningen hanteren we dit tarief als terugleverprijs. Als de liberalisering van de energiemarkt leidt tot concurrentie bij de inkoop van groene stroom, mag op termijn een beperkte stijging van de terugleverprijs van groene stroom worden verwacht doordat de marktwaarde van het groene label dan toeneemt.

Tabel 3.6 Gemiddelde energiebehoefte op De Marke tussen 1993 en 1998

verbruik per jaar	MJ	kWh	m ³	MJ / dag	kWh /dag	
<i>melkveestal + kantoorruimte</i>						
elektriciteit	370.800	103.000		1.015	281	
aardgas	226.040	62.800	7.109	620	172	
totale energiebehoefte	596.840	165.800		1.635	454	
<i>energieproductie uit biogas</i>						
energie-inhoud biogas	1.030.000	286.000		2.816	782	100%
WKK (kWhe)		100.000			273	35%
warmtevraag vergister	348.400			955		35%
inzetbaar voor verwarming			3.300		80	10%

De Marke koopt elektriciteit tegen een hoog tarief van f 0,29 (incl. REB) en tegen een laag tarief van f 0,15 (incl. REB). Het hoge tarief geldt van 07.00 tot 23.00 uur, het lage tarief van 23.00 tot 07.00 en van vrijdag 23.00 uur tot maandag 07.00 uur. Het hoog tarief geldt 80 uur en het lage tarief 88 uur per week. Als de WKK-installatie continu elektriciteit levert voor eigen gebruik is dit 48% tegen hoog tarief en 52% tegen laag tarief. De gemiddelde opbrengst komt bij volledige benutting op het bedrijf en een vlak energieverbruik op f 0,22 per kWh.

Hoewel de elektriciteitsproductie uit biogas (100.000 kWh per jaar) flink kleiner is dan de totale energievraag van De Marke (165.000 kWh per jaar), zal bij benadering 80% inzetbaar zijn op De Marke. De resterende 20% wordt teruggeleverd aan het elektriciteitsnet tegen f 0,15 per kWh.

De warmte die vrijkomt bij de conversie en die inzetbaar is voor verwarming, spaart aardgasgebruik uit tegen f 0,66 per m³.

Een verlaging van de kunstmestgift door de betere stikstofwerking van de vergiste mest (zie §3.2.2) leidt tot een besparing op de kosten van kunstmest van:
 400 tot 1.300 kg * f 1,10 / kg N = f 440,- tot f 1.430,-.

Indicatieve kosten- en batenberekening

<u>Investering</u>	
pompen en WKK-installatie	f 100.000,-
vergister en overige	f 200.000,-
	<hr/>
investering	f 300.000,-
minus subsidie 20%	f 60.000,-
	<hr/>
TOTAAL INVESTERING	f 240.000,-
<u>Baten</u>	
elektriciteit	
80.000 kWh * f 0,22	f 17.600,-
20.000 kWh * f 0,15	f 3.000,-
warmte (cv)	
3.300 m ³ * f 0,66	f 2.200,-
besparing kunstmestgebruik	f 900,-
	<hr/>
TOTALE BATEN	f 23.700,-
<u>Kosten</u>	
onderhoud	f 2.000,-
rente 5 % v. halve invest.	f 6.000,-
	<hr/>
TOTALE KOSTEN	f 8.000,-
SALDO VAN KOSTEN EN BATEN	f 15.700,-

Terugverdientijd: f 240.000,- / f 15.700,- per jaar = 15 jaar

Kosten- en baten berekening op basis van offertes

Een kosten- en batenberekening kan ook gemaakt worden aan de hand van twee globale opzetten voor een vergistingsinstallatie. Deze afweging wordt gemaakt tussen de mesofiele vergister van de Biomass Technology Group en de thermofiele vergister van Macos.

Beide vergisters worden in deze vergelijking gemodelleerd aan de hand van de voorwaarden uit §3.2.2.

Kosten en batenberekening volgens offerte

	BTG	Macos
<u>Investering</u>		
pompen en WKK-installatie	85.000,-	125.000,-
vergister en overige	200.000,-	300.000,-
	<hr/>	<hr/>
investering	285.000,-	425.000,-
minus subsidie 20%	57.000,-	85.000,-
	<hr/>	<hr/>
resterend	f 228.000,-	f 340.000,-
 <u>Baten</u>		
elektriciteit		
eigen gebruik	10.800,-	15.900,-
verkoop	2.500,-	5.400,-
warmte	2.200,-	1.000,-
besparing kunstmestgebruik	900,-	1.800,-
	<hr/>	<hr/>
TOTALE BATEN	f 16.400,-	f 24.100,-
 <u>Kosten</u>		
onderhoud	1.100,-	3.200,-
rentelast 5% v.halve invest.	5.700,-	8.500,-
	<hr/>	<hr/>
TOTALE KOSTEN	f 6.800,-	f 11.700,-
<u>Saldo</u>	f 9.600,-	f 12.400,-
terugverdientijd (jr)	24	27

De bedrijfseconomische prestaties van beide vergisters ontlopen elkaar nauwelijks. Dit geldt als de vergisters in de huidige bedrijfsvoering van De Marke worden ingezet. Hierbij moeten we wel aantekenen dat BTG de energieproductie uit mest conservatief inschat. De productie van de Macos thermofiele vergister ligt wat lager dan de opgegeven prestaties door een gebrek aan te vergisten organische stof.

3.2.4 Wet- en regelgeving

Om een mestvergistingsinstallatie te bouwen en in gebruik te nemen is een bouwvergunning en - op grond van de Wet Milieubeheer (Wm) - een milieuvergunning noodzakelijk. De milieuvergunning voor een installatie met een verwerkingscapaciteit tot 25.000 m³ wordt verleend door de gemeente.

Bij de start heeft De Marke een milieuvergunning verkregen. De aanvraag voor een nieuwe Wm-vergunning betekent dat de huidige milieuvergunning uit 1991 ter revisie komt te liggen. De milieuvergunning voor de mestvergistingsinstallatie zal bij de huidige vergunning worden ingevoegd.

Aanwending van het fermentaat dat alleen uit vergiste mest van het eigen bedrijf bestaat, is in overeenstemming met het Besluit gebruik dierlijke meststoffen (Bgdm). Het fermentaat wordt beschouwd als dierlijke meststof en moet volgens de richtlijnen worden aangewend. Het meevergisten van bedrijfseigen agri-organisch materiaal is in overeenstemming met deze richtlijnen.

Van belang voor de toepassing op grotere schaal is de houding van de provincie Gelderland tegenover installaties die een MER-plichtige omvang hebben. De vergistingsinstallatie op De Marke is niet MER-plichtig, installaties voor centrale (co-)vergisting met een verwerkingscapaciteit van 25.000 m³ per jaar of meer zijn wel MER-plichtig.

Voor het fermentaat van co-vergisting geldt dat producten met een bemestende waarde in aanmerking kunnen komen voor een ontheffing op gronde van het Bgdm.

Als het fermentaat onder BOOM (Besluit kwaliteit en gebruik overige organische meststoffen) valt, kunnen problemen ontstaan omdat BOOM strenge normen hanteert voor zware metalen; de samenstelling van met name varkensmest kan niet aan deze norm voldoen.

3.2.5 Conclusies en aanbevelingen

Landbouwkundige voordelen

Het fermentaat heeft een aantal landbouwkundige voordelen boven niet-vergiste mest namelijk een homogener samenstelling, minder stankemissie en vooral een hoger gehalte aan direct beschikbare minerale stikstof (NH₄-N). De zuurgraad van het fermentaat is bovendien neutraler. Bij aanwending is 60 tot 70% van de minerale stikstof direct beschikbaar als voedingsstof. Uit mineralisatie van de organisch gebonden stikstof zal derhalve minder minerale stikstof vrijkomen. In najaar en winter wordt dit niet meer benut; het nitraat spoelt uit.

Doordat voor de plant meer direct-opneembare stikstof beschikbaar is uit de dierlijke meststoffengift kan het fermentaat de kunstmestgift gedeeltelijk vervangen. Als de vergiste mest wordt benut op basis van de kwaliteit van de direct opneembare stikstof, kan de kunstmestgift verminderen.

Aanbevelingen

- Een proefopstelling waar op kleine schaal mest van De Marke wordt vergist, kan een goed inzicht geven in de samenstelling van de onvergiste mest en het fermentaat.
- De vergiste mest kan worden onderzocht op de veronderstelde verminderde aanwezigheid van onkruidzaden en ziektekiemen. Mogelijk resulteert dit in een lager gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Daarnaast kunnen lagere kosten het gevolg zijn, omdat er minder noodzaak tot graslandvernieuwing is.
- De landbouwkundige effecten van het gebruik van deze meststof kunnen worden onderzocht, bijvoorbeeld door gewasopbrengsten uit veldproeven te meten.
- Nader onderzoek kan worden verricht aan de methaan- en ammoniakemissie in opslag en bij aanwending. Hierbij kunnen verschillende methodes van aanwending worden beproefd om vast te stellen welke methode de hoogste stikstofefficiëntie heeft. Cruciaal lijkt het beperken van de ammoniakverliezen uit de ammoniumrijke oplossing.
- We veronderstellen dat vergiste mest met een homogene samenstelling en een lage viscositeit bij de huidige methode van aanwending (zelfrijdende zodenbemester) sneller in de bodem infiltreert; door geringer contact met lucht kan hierdoor de ammoniakemissie verminderen. Dit effect zou nader onderzocht kunnen worden.
- De nitraatuitspoeling zou gemonitord moeten worden om de veronderstelde geringere stikstofverliezen in de vorm van nitraat bij gebruik van vergiste mest daadwerkelijk vast te stellen.
- De invloed van vergiste mest met een lagere aanvoer van organische stof op de bodemvruchtbaarheid zou in beeld gebracht moeten worden.
- Ten aanzien van het vergistingsproces: de gasproductie moet worden geoptimaliseerd door variatie in procestemperatuur en verblijftijd.

Conclusie

De productie van biogas draagt bij aan de energiedoelstelling van De Marke. Bij optimale afstemming tussen energieproductie en energievraag kan tot 70% van het directe energiegebruik worden vervangen door de energie uit biogas. De elektriciteitsproductie is 100.000 kWh per jaar, waarvan ca. 80% is in te zetten om in de elektriciteitsvraag van 103.000 kWh te voorzien. De restwarmte van de WKK-installatie vervangt 3.300 m³ aardgas ofwel 46% van de totale aardgasbehoefte van De Marke.

Voor de vergisting van rundermest is een vergister ontwikkeld die relatief eenvoudig werkt en die een behoorlijke gasopbrengst heeft: een propstroomvergister met mesofiele vergisting en benutting van het biogas in een WKK-installatie.

De beschreven mesofiele mestvergister levert in bedrijfseconomische zin een aanvulling op het inkomen van De Marke. De verdiensten zijn niet opzienbarend, maar - uitgaande van een gematigd positief scenario - zeker redelijk te noemen. De terugverdientijd van 15 jaar is gebaseerd op ervaringen in het buitenland en komt overeen met de gemiddelde levensduur van de installatie.

Mesofiele mestvergisting kan zonder ingrijpende wijzigingen in de bedrijfsvoering op De Marke worden ingepast.

Vergiste mest bevat meer minerale stikstof dan niet-vergiste mest. Het fermentaat levert voor De Marke 17 kg N per ha. Bij optimale aanwending leidt deze mestkwaliteit tot een verbetering van de stikstofwerking. Als een deel van de kunstmestgift wordt vervangen door minerale stikstof uit vergiste mest zal dit de nitraatuitspoeling verminderen.

Bij mesofiele vergisting is het organische-stofgehalte van de mest na vergisting met ca. 25% gedaald; bij thermofiele vergisting met ca. 50%. Zonder vergisting zou meer organische stof in de bodem worden afgebroken als eerstejaarsfractie. Als er minder organische stof wordt aangewend bestaat het gevaar van uitloging van de bodem, want bij een lager organische-stofgehalte is de bodem minder goed in staat voedingsstoffen (tijdelijk) vast te houden zodat deze uitspoelen. Een lagere bodemvruchtbaarheid, geringer vochtleverend vermogen en slechtere bodemstructuur zijn het gevolg. De bodemsoort op De Marke (zandgrond met een laag organische-stofgehalte) is gevoelig voor uitloging.

Afhankelijk van de mate waarin de mest wordt vergist (qua hoeveelheid en organische-stofomzetting), zullen bepaalde landbouwkundige aspecten (zoals bemestende waarde) zich duidelijker manifesteren. De milieueffecten hiervan zijn beschreven maar nog niet in de praktijk getoetst.

Het past uitstekend bij de doelstellingen van De Marke om de voor- en nadelen van mestvergisting te onderzoeken.

3.3. Zon

Zonne-energie is in de vorm van thermische en elektrische (foto-voltaïsche) energie te benutten. Een voorbeeld van thermische zonne-energie is de zonneboiler. In nieuwe huizen wordt deze techniek vrij veel toegepast. Vanwege de relatief geringe behoefte aan warm water op De Marke is het niet zinvol om in deze studie de mogelijkheden van thermische zonne-energie (bijv. zonneboiler) te verkennen. Foto-voltaïsche zonne-energie wordt momenteel slechts in zeer beperkte mate toegepast, vooral vanwege de kosten van deze energiesoort. Ondanks de hoge kosten hebben we de mogelijkheden voor foto-voltaïsche zonne-energie voor De Marke verkend. Verderop gaan we uitgebreid op de kosten in.

3.3.1 Van zonlicht naar elektriciteit

De werking van een zonnecel berust op foto-voltaïsche omzetting: de omzetting van licht naar elektriciteit. Men gebruikt hiervoor de afkorting 'PV' van het Engelse *photovoltaic*.

De meest gebruikte zonnecel is gemaakt van twee verschillende lagen silicium. Het verschil tussen de twee lagen komt tot stand door kleine chemische toevoegingen. Tussen beide lagen ontstaat een spanningsverschil vergelijkbaar met de plus en de min van een batterij. Onder invloed van licht worden er extra elektronen in de zonnecel losgemaakt. Door een verbinding tussen beide lagen te maken, gaat er een elektrische stroom lopen. Voor het op gang komen van het foto-voltaïsche proces is niet per se felle zon nodig. Ook op een bewolkte dag kan een zonnecel elektriciteit leveren.

Zonnecellen zijn meestal 10 bij 10 cm of 12,5 bij 12,5 cm groot en worden aan elkaar gekoppeld in een zonnepaneel. Panelen met zonnecellen leveren gelijkspanning van 12 of 24 Volt. In zo'n paneel zijn de cellen tegen weer en wind bestand. Verscheidene zonnepanelen maken doorgaans deel uit van een compleet systeem, een zogenaamd PV-systeem. Andere componenten van een PV-systeem zijn kabels, regelapparatuur en een draagconstructie. De PV-systemen kunnen gebruikt worden voor autonome en aan het elektriciteitsnet gekoppelde toepassing.

Autonome PV-systemen

In autonome PV-systemen kan de gelijkstroom op twee manieren worden gebruikt. De stroom is direct te gebruiken door er elektrische apparaten op aan te sluiten. Een tweede mogelijkheid is de stroom op te slaan in een accu en pas later te gebruiken. De accu's moeten natuurlijk wel voldoende capaciteit hebben om een paar donkere dagen te overbruggen, met name in de wintermaanden. Deze 'stand-alone-systemen' worden gebruikt op plaatsen waar het elektriciteitsnet ontbreekt of waar een aansluiting te duur is. Een gangbaar voorbeeld van een 'stand-alone-systeem' met accu's is de drinkwatervoorziening voor weidend (rund-)vee.

Netgekoppelde PV-systemen

De netgekoppelde PV-systemen zijn aangesloten aan het elektriciteitsnet. De gelijkspanning wordt met een 'omvormer' omgezet naar de juiste spanning (220 volt wisselspanning). De geproduceerde elektriciteit die niet op het eigen bedrijf kan worden gebruikt, wordt afgegeven aan het elektriciteitsnet. Als er meer elektriciteit nodig is dan het PV-systeem produceert, dan wordt het tekort aangevuld vanuit het elektriciteitsnet.

Opbrengst

De opbrengst van een zonnepaneel hangt af van de hellingshoek van het paneel en de richting waarin het paneel staat. De opbrengst is optimaal als het paneel een hellingshoek heeft van 36° en gericht is op het zuiden, zie ook tabel 3.7.

Tabel 3.7 Opbrengst van een zonnepaneel

richting	hellingshoek	opbrengst
zuid	36°	100%
zuid	0°	87%
zuid	90°	74%
oost of west	36°	85%

Een gangbaar zonnepaneel van 1 m² heeft een piekvermogen van 100 watt. Het piekvermogen is het maximale vermogen dat bij maximale zon-instraling onder vastgestelde condities wordt geleverd. Een autonoom PV-systeem van 1 m² levert ongeveer 40 kWh per jaar. Een

netgekoppeld PV-systeem levert ongeveer 80 kWh per jaar. Het verschil in opbrengst tussen beide PV-systemen komt door het gebruik van de accu bij een autonoom systeem. Als de accu vol is, worden de zonnepanelen uitgeschakeld zodat er geen zonlicht meer omgezet wordt in elektriciteit.

Stand der techniek

We hebben twee aspecten van de techniek bekeken, namelijk de technische ontwikkelingen van de zonnecellen en de techniek gericht op de productiecapaciteit van zonnepanelen.

Technische ontwikkelingen

De techniek van zonnepanelen staat nog in de kinderschoenen. Hoewel het al aan het eind van de 19e eeuw mogelijk was om zonne-energie om te zetten in elektriciteit, heeft de ontwikkeling van zonnecellen en zonnepanelen pas de afgelopen twee decennia een grote vlucht genomen. De huidige productie van zonnepanelen vindt grotendeels plaats volgens de 'kristallijn-silicium' technologie. Deze technologie resulteert in grote starre panelen op basis van silicium. Een nieuwe techniek, de 'dunne-filmtechnologie', is sterk in ontwikkeling. Deze technologie gebruikt meestal ook silicium als basis, maar biedt de mogelijkheid om flexibele panelen te construeren, die op een rol kunnen worden gefabriceerd. Dit biedt grote voordelen voor productie, opslag, transport en installatie. Een ander belangrijk voordeel van de dunne-filmtechnologie is dat de flexibele panelen slechts 1/100ste deel van de silicium vereisen die wordt gebruikt in de kristallijn-silicium panelen. De kosten van silicium vormen 40 tot 60% van de totale kosten van een zonnepaneel. Besparing op het gebruik van silicium zorgt dus voor een belangrijke kostenbesparing.

De meeste producenten van zonnepanelen maken voornamelijk gebruik van de kristallijn-silicium technologie. De dunne-filmtechnologie leent zich namelijk nog onvoldoende voor grootschalige productie. Hier zal in de toekomst ongetwijfeld verandering in komen. Andere kansrijke technologieën voor de toekomst zijn dunne-filmtechnologieën die niet uitgaan van silicium als grondstof, maar die zijn gebaseerd op andere legeringen zoals koper-indiumdiselenide en galliumarsenide. Naar verwachting zullen deze technologieën elkaar in de loop van de tijd opvolgen. Een aantal technologieën zal naast elkaar blijven bestaan, mede omdat het toepassingsgebied van de technologieën verschillend kan zijn.

Op welk moment deze nieuwe technologieën zullen worden toegepast en in welke mate deze technologieën zullen bijdragen aan prijsverlaging en acceptatie van zonne-energie, is echter nog onduidelijk. Verwacht wordt dat de technische ontwikkeling aanzienlijk zal versnellen als het marktvolume toeneemt.

Omvang productiecapaciteit

De kosten voor zonne-energie zijn momenteel erg hoog in vergelijking met de prijs waarvoor de elektriciteitsdistributiebedrijven elektriciteit aanbieden. Zonne-energie kost circa f 1,34 per kWh terwijl de prijs van elektriciteit voor kleinverbruikers op circa f 0,29 per kWh ligt. De belangrijkste oorzaak voor de hoge kostprijs zijn de kosten van de zonnepanelen en de kosten voor installatie, 'omvormer' en bekabeling. Deze Balance-of-System-kosten (BOS-kosten) bedragen circa 35 à 40% van de totale kosten van een zonne-energie-installatie. Door allerlei subsidies en stimuleringsmaatregelen probeert de overheid zonne-energie aantrekkelijker te maken. Hierop gaan we in §3.3.2 nader in.

Uit enkele studies blijkt dat schaalvergroting de kosten van zonnepanelen aanzienlijk kan verminderen. Op dit moment is de capaciteit van de fabrieken die zonnepanelen produceren relatief gering, 5 tot 20 MW_{piek} (MWp). Dit zijn 50.000 tot 200.000 zonnepanelen per jaar. De totale wereldproductie aan zonnepanelen bedroeg in 1998 circa 150 MWp.

Een zeer veelbelovende studie is de MUSIC-FM studie. Deze studie is uitgevoerd in opdracht van de Europese Commissie door een groep Europese deskundigen onder leiding van Bruton van BP Solar (Langman & Van der Sman 1999). Zij gaan uit van een fabriek met een productiecapaciteit van 500 MWp, ruim driemaal de huidige wereldproductie. Ze hebben gepoogd om een blauwdruk te maken van een fabriek die op korte termijn daadwerkelijk kan worden

gerealiseerd. Hun conclusie is dat bij gebruikmaking van de beste, meest betrouwbare en beschikbare technieken de kostprijs van zonnepanelen (af fabriek) uitkomt op f 0,41 per Wp. Gebruik van dunne-filmtechniek kan ertoe leiden dat de kostprijs van een kristallijn-silicium paneel zelfs daalt naar f 0,32 per Wp. De huidige panelen kosten f 1,79 per Wp geleverd en wel. Ook de BOS-kosten kunnen naar verwachting aanzienlijk afnemen tot 35 à 40% van de huidige kosten. De kosten voor elektriciteit geproduceerd met dit soort zonnepanelen komt op circa f 0,37, hetgeen slechts 25% hoger is dan de huidige elektriciteitskosten voor kleinverbruikers.

Toepasbaarheid

De mogelijkheden om zonne-energie op De Marke toe te passen hangen af van de techniek en van het economisch rendement van de installatie. Er zijn goed werkende zonne-energiesystemen op de markt. Deze systemen kunnen zonder noemenswaardige aanpassingen van de stalconstructie op het dak van de ligboxenstal van De Marke worden geplaatst. Het dak is voor de helft gericht op het zuidwesten onder een helling van 26° . Hierdoor zal bijna 90% van de maximale opbrengst worden gerealiseerd.

Het dak van de ligboxenstal heeft een oppervlakte van bijna 2.000 m². Uitgaande van netto-investeringskosten (na aftrek van subsidies e.d.; zie hierna) van f 1.000,- per m², vergen zonnepanelen voor de zuidwest-helft van het dak een investering van circa f 1 miljoen.

Een zonnepaneel met een vermogen van 100 Wp kost inclusief BOS-kosten en BTW ruim f 1.600,-. Middels stimuleringsmaatregelen vanuit de overheid is een tegemoetkoming in de investeringskosten van bijna 20% te krijgen. De opbrengst van een zonnepaneel (uitgedrukt als uitgespaarde elektriciteit) over de gehele levensduur bedraagt circa 22% van het totale investeringsbedrag. Dit betekent dat bij de huidige prijzen per zonnepaneel van 1 m² een verlies wordt geleden van circa f 1.000,-. Bovenstaande bedragen gelden voor particulieren.

Bedrijven kunnen zonnepanelen mogelijk tegen een scherpere prijs inkopen en laten installeren. Daar staat tegenover dat niet kan worden uitgegaan van een besparingsopbrengst bij kleinverbruik maar van de werkelijke opbrengst bij levering aan een elektriciteitsdistributiebedrijf. Deze opbrengst is ongeveer 50% lager. Al met al betekent dit dat de productie van zonne-energie momenteel economische gezien niet lonend is. Overweegt men de productie van elektriciteit middels zonnepanelen dan zullen andere motieven een belangrijke rol moeten spelen.

Wet- en regelgeving

Er is vermoedelijk geen wet- en regelgeving die toepassing van zonnepanelen op het dak van een stal kan verhinderen.

Conclusies en aanbevelingen

- De productie van foto-voltaïsche zonne-energie staat nog in de kinderschoenen. De ontwikkeling in (de productie van) zonnepanelen is pas in de laatste decennia goed op gang gekomen.
- Nieuwe technologieën, bijvoorbeeld de dunne-filmtechnologie, kunnen ertoe bijdragen dat op termijn zonnepanelen flink goedkoper worden. Dit nieuwe type zonnepaneel heeft ook (economische) voordelen op het gebied van opslag, transport en installatie van zonnepanelen.
- Een fabriek met een capaciteit van 500 MWp, ruim driemaal de productiecapaciteit in de wereld in 1998, kan zonnepanelen produceren tegen een circa 75% lagere kostprijs. Door technische innovatie kunnen ook de BOS-kosten met circa 60% afnemen.
- Als nieuwe productietechnieken op voldoende grote schaal worden toegepast, zijn de kosten van zonne-energie in de nabije toekomst nog slechts 25% hoger dan de besparingsopbrengstprijs voor kleinverbruikers. Teruglevering van zonne-energie aan het elektriciteitsnet is vooralsnog niet rendabel.

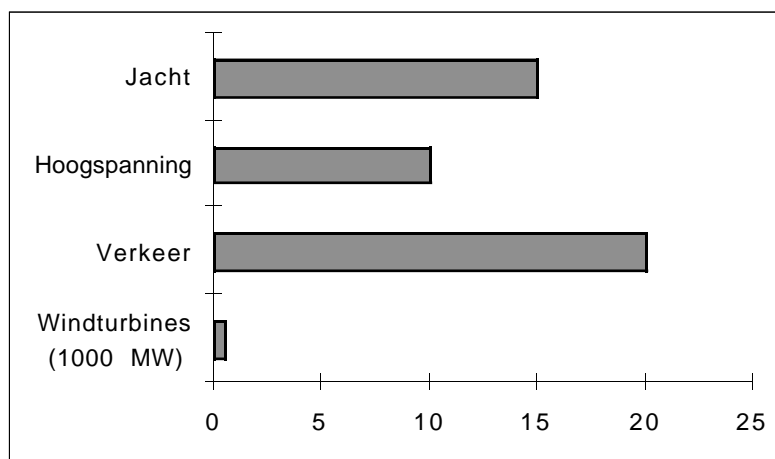
- Vraag en aanbod van zonnepanelen houden elkaar op een te hoog kostenniveau in evenwicht. De overheid kan deze vicieuze cirkel doorbreken door vraag, aanbod en/of innovatie te stimuleren.
 - Door verdere innovatie van zonnepanelen te stimuleren zal naar verwachting de kostprijs dalen. Een lagere kostprijs lokt een grotere vraag uit, die een grotere productiecapaciteit rechtvaardigt.
 - Door een grotere productiecapaciteit te stimuleren gaat de kostprijs omlaag. Deze lagere kostprijs heeft een grotere vraag tot gevolg. Meervraag en daarmee meer omzet stimuleren naar verwachting de verdere innovatie van zonnepanelen.
 - Het stimuleren van de vraag lokt meer productiecapaciteit uit. Door een grotere productiecapaciteit daalt de kostprijs waardoor de vraag toeneemt. Ondertussen neemt de omzet toe zodat de innovatie eveneens wordt geprikkeld.

3.4 Wind

In Nederland is relatief veel wind. Hierdoor zijn er goede mogelijkheden om windenergie te benutten met name langs de kust en het IJsselmeer. Op deze plaatsen staan dan ook de meeste windturbines opgesteld. Het opgestelde windvermogen in de zeven meest windrijke provincies bedroeg eind 1998 circa 360 MW. In de overige provincies (Drenthe, Overijssel, Gelderland, Utrecht en Limburg) stond slechts 4 MW opgesteld vermogen.

De hoeveelheid opgesteld vermogen blijft sterk achter bij de doelstelling van de overheid. In het jaar 2000 zou er 1.100 MW vermogen moeten zijn opgesteld. In 2020 moet dit zijn toegenomen tot 2.750 MW. Beleidsmatig is er dus een grote behoefte aan uitbreiding van de productiecapaciteit voor windenergie in Nederland.

In Flevoland, Friesland en Groningen zijn met name door het gunstige windaanbod en de (landschappelijke) ruimte een groot aantal windturbines geplaatst. Circa 25% van deze turbines staan op agrarische bedrijven. Daarbij moet opgemerkt dat de turbines op agrarische bedrijven gemiddeld een relatief klein vermogen hebben, 182 kW ten opzichte van 320 kW per windturbine buiten de agrarische sector.



Figuur 3.1 Doodsoorzaak van vogels
aantal dieren per jaar (x 100.000)

In sommige (delen van) provincies is de maatschappelijke bereidheid om windturbines te plaatsen de laatste jaren sterk afgenomen. Met name de inpassing in de landschappelijke omgeving speelt hierbij een rol. Daarnaast leiden geluid- en lichthinder (schittering van de rotorbladen) soms tot weerstand tegen het plaatsen van windturbines. Ook de effecten van

windturbines op de natuur, met name op (trek-)vogels, komen steeds nadrukkelijker in beeld. Het aantal vogels dat jaarlijks sterft door windturbines is overigens minder groot dan sommigen denken, zie figuur 3.1.

Doordat vooral de negatieve aspecten van windturbines onder de aandacht komen, is de laatste jaren het (gemeentelijke en provinciale) beleid geleidelijk gewijzigd. Tot voor enkele jaren was het vrij gemakkelijk om in de windrijke provincies een (solitaire) windturbine te plaatsen bij een agrarisch bedrijf. Nu moeten windturbines bij voorkeur in clusters geplaatst worden, op enige afstand van woningen en vogelrijke natuurgebieden. Meer recent speelt de spanning tussen de terughoudendere opstelling van gemeentelijke overheden en de nadrukkelijke wens van het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) om de capaciteit voor windenergie in Nederland de komende jaren sterk te vergroten.

3.4.1 Stand der techniek

De turbines uit de jaren tachtig hadden relatief weinig capaciteit. Tabel 3.8 geeft een overzicht van de ontwikkeling in grootte en capaciteit van de windturbines. De gemiddelde ashoogte van de windturbines is in 15 jaar toegenomen tot 100 meter. Daarbij zijn zowel de rotordiameter (van 30 tot 80 meter) als de capaciteit (van 100 tot 1.500 kW) fors toegenomen. De huidige windturbines, kunnen per turbine 800 tot 1.200 huishoudens van elektriciteit voorzien.

Tabel 3.8 Ontwikkeling van de grootte en capaciteit van windturbines

	1988	1998	geplande projecten
ashoogte (meter)	20	60 - 70	80 - 100
rotordiameter (meter)	30	50	60 - 80
capaciteit (kilowatt)	100	750	1.000 - 1.500

De belangrijkste ontwikkeling in windturbines is dus de toename van de capaciteit door een grotere ashoogte en rotordiameter. Dit heeft consequenties voor de krachten die op met name de rotor(-bladen) worden uitgeoefend. Een belangrijk deel van de technische ontwikkeling was gericht op een verbetering van de kwaliteit, met name de sterkte, van de rotorbladen.

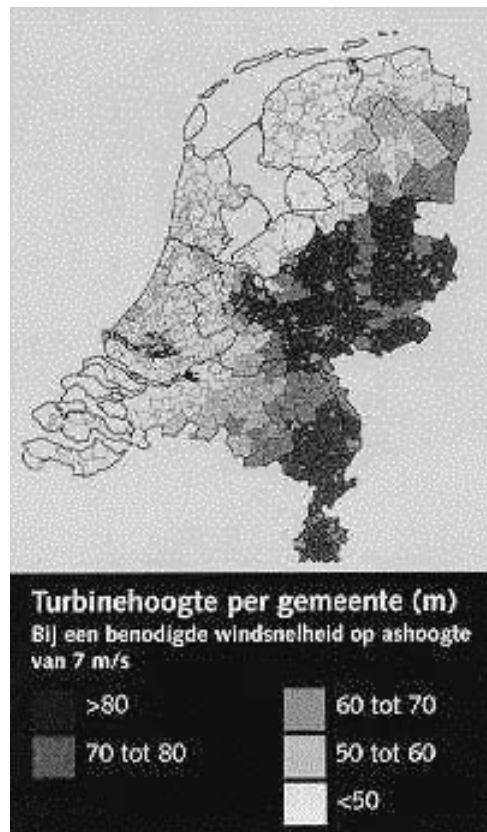
Ook de geluid- en lichthinder van windturbines zijn aangepakt. De geluidproductie van de turbines kan sterk verminderen door een 'tweetoeren-generator' toe te passen. Dit type generator kan zijn toerental aanpassen aan de windsnelheid. Dit leidt niet alleen tot minder geluid, maar ook tot een hogere energieopbrengst. Het probleem van de lichtschildering door de rotorbladen is verminderd door het toepassen van een matte lak en/of een speciale meekleurende coating. Ook worden in sommige windparken de kleur van de turbines met het oog op de landschappelijke inpassing aangepast.

Het binnenland biedt steeds betere kansen om windenergie op te wekken. Betere turbines, hogere ashoogten en grotere rotorbladen compenseren het mindere windaanbod in het binnenland en zorgen ervoor dat deze locaties evenveel vermogen kunnen opleveren als windrijke kustlocaties. Bij een ashoogte van 70 meter bijvoorbeeld, heeft een turbine op een binnenlandlocatie een vergelijkbare opbrengst als een windturbine van 50 meter hoog op een windrijke (kust)locatie.

Uit onderzoek blijkt dat bij gelijke ashoogte de opbrengst van een windturbine in een binnenlandlocatie tussen de 10 en 25% lager is dan de opbrengst op een gemiddelde windrijke locatie. Het vergroten van de ashoogte en/of van de rotordiameter van een windturbine vergroot de rentabiliteit aanzienlijk. Op binnenlandlocaties is het windaanbod zodanig dat met een ashoogte van ongeveer 70 meter een haalbare exploitatie mogelijk is. Een belangrijk voordeel van binnenlandlocaties is dat de infrastructuur van het elektriciteitsnet beter is. Hierdoor zijn minder ingrijpende aanpassingen aan het net nodig als een of meer windturbine(s) moeten worden ingepast.

3.4.2 Toepasbaarheid

Tot voor enkele jaren was De Marke niet in beeld als locatie voor de productie van windenergie. Grotere windturbines hebben het perspectief voor windenergie op De Marke drastisch gewijzigd. Als je maar ver genoeg de lucht ingaat, waait het zelfs in de Achterhoek voldoende. Figuur 3.2 geeft de hoogte aan waarop de wind een gemiddelde snelheid van 7 m per s heeft. Aan de kust is dit reeds op minder dan 50 meter hoogte. In het binnenland, waaronder grote delen van Gelderland, is een minimale ashoogte van de windturbine van 70 meter noodzakelijk.



Figuur 3.2 Minimale turbinehoogte: de hoogte waarop een gemiddelde windsnelheid van 7 m/s voorkomt

Er is een offerte aangevraagd voor een windturbine op De Marke met een minimale hoogte van 70 meter. Op basis van deze offerte hebben we het rendement van een windturbine globaal doorgerekend. Voor deze berekeningen hebben we verschillende aannames gedaan. Een overzicht van deze berekeningen staat in tabel 3.9.

De firma Lagerwey heeft twee offertes opgesteld. Eén voor een turbine die Lagerwey zelf produceert, en één van het merk Bonus die wordt geïmporteerd uit Denemarken. In de berekeningen zijn we uitgegaan van een investeringssubsidie van 10%. Aan het eind van dit hoofdstuk gaan we nader in op de verschillende stimuleringsregelingen.

Tabel 3.9 Economische kengetallen van twee windturbines

	Lagerwey LW 50/750	Bonus 1000 1MW
windturbine incl. plaatsing	f 1.650.000,-	f 2.060.000,-
overige kosten	f 200.000,-	f 250.000,-
subsidie stimuleringsregeling	- f 185.000,-	- f 231.000,-
totaal	f 1.665.000,-	f 2.079.000,-
opbrengsten per jaar		
productie (kWh)	1.752.000	2.190.000
prijs (cent/kWh)	15,5	15,5
totaal (gulden)	f 271.560,-	f 339.450,-
kosten per jaar (gulden)		
afschrijving (per jaar gedurende 10 jaar)	f 166.500,-	f 207.900,-
afschrijving (per jaar gedurende 15 jaar)	f 111.000,-	f 138.600,-
rente (5%)	f 41.625,-	f 51.975,-
onderhoud (volgens offerte)	f 2.600,-	f 2.601,-
overige kosten, incl. verzekering, OZB? (3%)	f 49.950,-	f 62.370,-
totaal (afschrijving in 10 jaar)	f 260.675,-	f 324.846,-
totaal (afschrijving in 15 jaar)	f 206.575,-	f 256.946,-
'netto-overschot' (afschrijving in 10 jaar)	f 10.885,-	f 14.604,-
'netto-overschot' (afschrijving in 15 jaar)	f 64.985,-	f 82.504,-

1 Uitgaande van een stimuleringsregeling waarbij 10% van de investeringskosten worden vergoed.

Naast de kosten voor de windturbine, inclusief de plaatsing, moet de infrastructuur aanwezig zijn voor de oprichting van de turbine en voor aansluiting op het elektriciteitsnet. Normaal rekent men met circa 80% van de kosten voor de (plaatsing van de) windturbine en 20% voor voorbereiding, infrastructuur en fundering. Op basis van deze verhouding zijn de overige kosten (excl. fundering) geschat op f 200.000,- en f 250.000,-. De totale kosten (excl. BTW en investeringssubsidie) voor de twee turbines zijn f 1,85 miljoen en f 2,3 miljoen.

Op basis van Van der Knijff (1999) zijn we uitgegaan van een opbrengstprijz van 15,5 cent per kWh (excl. BTW). Door liberalisering van de energiemarkt staat het de producent van (wind-) energie vrij om de elektriciteit aan een willekeurig energiedistributiebedrijf (edb) aan te bieden. Het is mogelijk dat door concurrentie en de verplichting om een minimale hoeveelheid groene stroom te verkopen, de edb's bereid zijn een hogere prijs voor de windenergie te betalen. Een lagere prijs kan overigens ook niet worden uitgesloten.

In het verleden, bij windturbines met minder capaciteit, was het aantrekkelijk om in de eigen elektriciteitsbehoefte te voorzien door op het bedrijf geproduceerde windenergie. Voor De Marke met een elektriciteitsverbruik van circa 40.000 tot 50.000 kWh per jaar, betekent dit een bedrag van f 4.000,- tot f 5.000,- uitgaande van een prijsverschil tussen geleverde en afgenomen elektriciteit van 10 cent per kWh. Het is de vraag of deze extra opbrengst opweegt tegen de aanvullende installatiekosten die nodig zijn om op het bedrijf geproduceerde elektriciteit te kunnen gebruiken. In het geval van De Marke is het verbruik van elektriciteit iets hoger dan gemiddeld door de niet aan het bedrijf gerelateerde activiteiten als onderzoek en voorlichting. Hierdoor is het perspectief om aan het eigen bedrijf terug te leveren iets groter.

De technische levensduur van windturbines wordt geschat op circa 15 jaar. Bij berekeningen van het rendement is het gebruikelijk om uit te gaan van een economische levensduur van 10 jaar. Beide afschrijvingsperioden zijn doorgerekend. Uitgegaan is van 5% rente, onderhoud voor de eerste 10 jaar volgens offerte en 3% overige kosten (verzekeringen, Onroerende Zaak Belasting (OZB) en dergelijke). Of windturbines onder de OZB vallen, is overigens niet

duidelijk. Sommige gemeenten doen het wel, in andere gemeenten valt een windturbine onder de noemer 'installaties' waardoor geen OZB verschuldigd is.

3.4.3 Wet- en regelgeving

De gemeente Hengelo moet een bouw- en een milieuvergunning verstrekken voor het plaatsen van een windturbine. Uit contacten met de gemeente blijkt een positieve instelling om over deze plannen mee te denken en daarvoor ruimte te creëren. Ook blijkt dat de gemeente Hengelo in Gelderland niet voorop loopt met beleid met betrekking tot windenergie. Dit is niet verwonderlijk gezien de ligging van Hengelo in een relatief windarm gebied met een kleinschalig coullisenlandschap. De volgende aspecten spelen een rol.

De gemeente Hengelo heeft nog geen onderzoek naar de mogelijkheden van windenergie laten uitvoeren. Zodoende is niet bekend of er in Hengelo locaties zijn die kansrijk zijn voor de productie van windenergie.

Het bestemmingsplan voor het buitengebied van de gemeente Hengelo biedt vooralsnog geen ruimte voor windturbines. Aanpassingen van het bestemmingsplan die passen in het Gelderse Streekplan) zijn dus nodig. Het Gelderse Streekplan biedt echter nog weinig aanknopingspunten voor windenergie. Er worden slechts enkele algemene opmerkingen over de openheid van het landschap genoemd. Op dit moment werkt de provincie Gelderland aan nieuw beleid voor windenergie in Gelderland. Gemeenten zijn benaderd om mee te denken met initiatiefnemers. In het voorjaar van 2000 zal dit beleid worden vastgesteld. Dan is er duidelijkheid over de mogelijkheden voor windenergie in de gemeente Hengelo en meer specifiek op De Marke.

Voor de gemeente Hengelo weegt de landschappelijke inpassing van een windturbine bijzonder zwaar. Deze beoordeling in het kader van welstand vindt plaats door het Gelders Genootschap. Een vertegenwoordiger van deze organisatie heeft op De Marke rondgekeken. Op basis van zijn bevindingen en de ervaringen elders (in Gelderland) met windturbines, zal hij aan de gemeente rapporteren.

De Gelderse Milieufederatie (GMF) heeft recent een rapport uitgebracht met hun visie op windenergie (*Een frisse wind in Gelderland 1999*). Volgens de GMF moeten windturbines zoveel mogelijk in clusters worden opgesteld in de nabijheid van bestaande infrastructuur. Hierbij denkt de GMF aan wegen (o.a. A1, A2, A12, A15 en A50), spoorwegen (o.a. Betuwelijn), bedrijventerreinen (o.a. Knooppunt Arnhem - Nijmegen, Zutphen, Zevenaar) en centra van glastuinbouw (Huissen). Plaatsing van solitaire windturbines en windturbines in de nabijheid van de EHS en/of andere natuurgevoelige gebieden (bijvoorbeeld pleisterplaatsen van vogels) wijzen zij af.

3.4.4 Conclusies en aanbevelingen

- Door technische ontwikkelingen zijn er windturbines op de markt die de productie van windenergie in het binnenland rendabel maken. Voor De Marke is dit een windturbine van minimaal 70 meter met een capaciteit van circa 750 kW.
- Door technische ontwikkelingen is een windturbine op De Marke economisch haalbaar. De fiscale constructie waarbinnen een windturbine wordt ingepast is van belang voor de mogelijkheden om van de verschillende stimuleringsmaatregelen gebruik te kunnen maken. De veranderende organisatorische omgeving van De Marke - intrede in het WUR (Wageningen Universiteit en Researchcentrum) op enige termijn - speelt hierbij een belangrijke rol.
- Vanuit het oogpunt van ruimtelijke ordening zijn de mogelijkheden om op De Marke een windturbine te plaatsen onzeker. Het Bestemmingsplan en het Streekplan zijn niet op deze activiteit toegesneden. Weliswaar staan de gemeente en de provincie (redelijk) positief tegenover windenergie in het algemeen, maar men is terughoudend in het verlenen van vergunningen voor solitaire windturbines. Op dit moment is de provincie bezig met nieuw beleid op dit terrein. In het voorjaar van 2000 zal duidelijk zijn of een windturbine past in het ruimtelijk beleid rondom De Marke.

- Het Gelders Genootschap, die de welstandsbeoordelingen voor de gemeente Hengelo uitvoert en de Gelderse Milieufederatie hebben een kritische houding tegenover windturbines. Beide organisaties hechten sterk aan een goede landschappelijk inpassing van windturbines. Overleg met deze organisaties is gewenst om te kijken of De Marke tegemoet kan komen aan de bezwaren.
- De Marke moet de ontwikkelingen in het ruimtelijke-orderingsbeleid de komende maanden nauwlettend volgen. Daarnaast is het belangrijk om frequent overleg te voeren met gemeente en provincie en hen de perspectieven van dit initiatief voor te houden.

Stappenplan Windenergie

Het volgende stappenplan behelst de plaatsing en het gebruik van een windturbine op De Marke.

1. Onderzoek mogelijke locaties.
2. Onderzoek de financiële haalbaarheid van een of meer locaties.
3. Inventariseer de eisen voor het krijgen van vergunningen.
4. Vraag de vereiste vergunningen aan.
5. Voer de vereiste bouwactiviteiten uit om de windturbine te plaatsen.
6. Beheer de windturbines.

In deze studie zijn we met name ingegaan op stap 1 en 2, en ten dele op punt 3. Uit ons onderzoek naar de mogelijkheden voor de productie van duurzame energie op De Marke is duidelijk geworden dat er een windturbine op De Marke moet komen. De gemeente heeft daarbij aangegeven dat het niet noodzakelijk is om de turbine op het bestaande bouwblok te plaatsen. Als omwille van de landschappelijke inpassing en/of om (geluid)hinder te voorkomen plaatsing op een locatie buiten de bestaande bebouwing gewenst is, is dit bespreekbaar.

De vraag of een windturbine financieel haalbaar is, kunnen we positief beantwoorden. Zonder gedetailleerde berekeningen aan een windturbine op De Marke kunnen we stellen dat De Marke een rendabele locatie voor het benutten van windenergie is. Mocht De Marke besluiten om tot plaatsing over te gaan dan moet een bedrijfsplan voor de windturbine worden opgesteld. In het bedrijfsplan moeten alle kosten en opbrengsten en de mogelijkheden van de stimuleringsmaatregelen aan de orde komen. Leveranciers van windturbines zijn bereid om tegen geringe kosten een dergelijk bedrijfsplan op te stellen en de aanvraag van vergunningen te verzorgen.

Het verkrijgen van vergunningen voor een windturbine op De Marke is naar verwachting een langdurig proces. Zowel gemeente als provincie willen meewerken en -denken. Maar de terughoudendheid van enkele andere organisaties betekent dat niet op voorhand op succes kan worden gerekend.

3.5 Stimuleringsmaatregelen

Er bestaat een groot aantal maatregelen en regelingen die de productie van duurzame energie stimuleren. We bespreken zes regelingen.

Regeling Vervroegde Afschrijving Milieu-investeringen Landbouw (TAMIL)

De VAMIL-regeling biedt ondernemers de mogelijkheid om bepaalde investeringen op een willekeurig tijdstip (het meest geschikte moment) fiscaal af te schrijven, waardoor de ondernemer kan profiteren van rente- en liquiditeitsvoordelen. Deze regeling staat alleen open voor ondernemers die onder de inkomstenbelasting vallen en van wie de installatie voor het opwekken van duurzame energie deel uitmaakt van het ondernemingsvermogen. In sommige gevallen oordeelt de fiscus dat de ondernemer niet voor de VAMIL-regeling in aanmerking komt omdat de betreffende installatie c.q. activiteit niet binnen de bedrijfsvoering past.

Energie-investeringsaftrek (EIA)

De energie-investeringsaftrek (EIA) biedt ondernemers de mogelijkheid om voor bepaalde investeringen een percentage (minimaal 40%) van het investeringsbedrag af te trekken van de fiscale winst over het kalenderjaar waarin de investering heeft plaatsgevonden. Dit is een eenmalige aftrek die ertoe leidt dat minder belasting betaald hoeft te worden. De EIA-regeling staat alleen open voor ondernemers die onder de inkomstenbelasting vallen en van wie de installatie voor het opwekken van duurzame energie deel uitmaakt van het ondernemingsvermogen. De fiscus heeft soms dezelfde bezwaren tegen de EIA-regeling als tegen de VAMIL-regeling.

Subsidieregeling energievoorziening in de non-profit- en bijzondere sectoren

Deze subsidieregeling is de opvolger van de Subsidieregeling energie-investeringen in non-profitsectoren. Deze regeling is in 1998 van kracht geworden en verleent aan non-profitinstellingen en aan particulieren (agrariërs) die niet in aanmerking komen voor de VAMIL- en EIA-regeling een subsidie op een investering in duurzame energie. In de praktijk betekent dit dat agrarische ondernemers circa 20% subsidie op de investeringen in een windturbine kunnen krijgen.

Regulerende Energiebelasting (REB)

De regulerende energiebelasting (REB) is een heffing voor kleinverbruikers op onder andere aardgas en elektriciteit. De REB wordt via het elektriciteitsdistributiebedrijf (edb) in rekening gebracht aan afnemers van onder andere aardgas en elektriciteit en afgedragen aan de belastingdienst. Een belangrijke uitzondering is gemaakt voor duurzaam opgewekte energie. Daarom heet de REB in de volksmond wel 'ecotax'. Het edb is niet verplicht om de REB op duurzaam opgewekte energie af te dragen aan de belastingdienst zolang het financieel voordeel ten goede komt aan de producenten van duurzaam opgewekte energie.

Groen beleggen

Boeren die investeren in duurzame energie kunnen geld lenen van groene fondsen. Over het algemeen berekent een groen fonds een rente die ongeveer 1%-punt lager is dan bij een normale financiering.

Groene labels

De mogelijkheden voor het opwekken van duurzame energie zijn in Nederland niet overal hetzelfde. Zo is windenergie in de kuststrook aanzienlijk goedkoper dan in het binnenland. Voor het winnen en benutten van dunningshout (bio-energie) is de aanwezigheid van bossen of grote parken een voorwaarde. Om als afzonderlijk energiebedrijf toch aan de taakstelling voor duurzame energie te kunnen voldoen, kan duurzame energie worden verhandeld in de vorm van zogenaamde groene labels. Een energiebedrijf dat zelf niet voldoende duurzame energie kan opwekken om aan de taakstelling te voldoen, kan duurzame energie inkopen. Dat kan bij een ander energiebedrijf, maar ook bij particuliere producenten van duurzame energie. De taakstelling voor de energiebedrijven zorgt voor schaarste op de 'groen-labelmarkt'. Producenten kunnen daardoor een hogere prijs bedingen voor deze labels.

De Marke maakt deel uit van de 'Stichting Beheer Proefbedrijven'. Deze stichting heeft geen winstoogmerk en wordt deels door overheid en bedrijfsleven gefinancierd. Door deze bijzondere positie kan De Marke gebruik maken van enkele van de hierboven genoemde subsidieregelingen. Waarschijnlijk wordt het Dierlijk Praktijkonderzoek, inclusief De Marke, in 2000 in Wageningen Universiteit en Research centrum (WUR) opgenomen. Dit kan de juridische positie van De Marke veranderen waardoor De Marke wellicht voor andere stimuleringsregelingen in aanmerking komt. Mocht De Marke willen overgaan tot plaatsing van een windturbine, dan is een nadere verkenning van de stimuleringsregelingen nodig. Afhankelijk van welke regeling toepasbaar is, kunnen de jaarlijkse kosten aanzienlijk (tot meer dan 20%) verminderen.

BRONNEN

Aarts, H.F.M., A. Beltman, D.J. den Boer, P.J. Galama, G. Koskamp, G.J. Monteny & C.K. de Vries *Koeien & Kansen Nulsituatie* [In voorbereiding].

Bergen, J.A.M. van & E.E. Biewinga 1991. *Landbouw en broeikas-effect - Een aanpak voor het beperken van de bijdrage van land- en tuinbouwbedrijven* Centrum voor Landbouw en Milieu, Utrecht.

Biewinga, E. E., H.F.M. Aarts, G.J. Hilhorst, F.C. van der Schans & C.K. de Vries 1996 *Duurzame melkveehouderij - Doelstellingen, bedrijf en onderzoek in de tweede fase van De Marke*. De Marke, Hengelo (Gld).

Bleumink, J.A., G.J. Koskamp & O.G. Lagendijk 1997. *Milieudoelen voor landbouwbedrijven in Hummelo en Keppel - Overheidsbeleid op bedrijfsniveau*. Centrum voor Landbouw en Milieu, Utrecht.

Brouwer, F.M., C.H.G. Daatselaar, J.P.P.J. Welten & J.H.M. Wijnands 1996. *Landbouw, milieu en economie editie 1996*. DLO-Landbouw-Economisch Instituut, Den Haag.

Brouwer, F.M., W.H.M. Baltussen & C.H.G. Daatselaar 1997. *Landbouw, milieu en economie editie 1997*. DLO-Landbouw-Economisch Instituut, Den Haag.

Deersum kan niet meer leven van mest. de Volkskrant, oktober/november 1995.

Derde Energienota 1996. Sdu Uitgevers, Den Haag

Diemen, F. van, R. Poppen & G.J. Zanstra 1992. *4 jaar collectieve mestvergisting in Deersum*. Publicatie in het Nationaal Onderzoeksprogramma Hergebruik van afvalstoffen nr 9236. Centrum voor energiebesparing en schone technologie, Delft.

Driegen, J. 1999. Directeur Macos BV, Swifterbant (Fl), persoonlijke mededeling.

Dubbelboer & Schelhaas 1990 'Vergelijkend onderzoek naar de waarde van vergiste en onvergiste runderdrijfmest'. In: *Kwantitatieve en kwalitatieve aspecten van mestvergisting in Nederland* 1990. Nationaal Onderzoeksprogramma Hergebruik van afvalstoffen, NOH-publicatie, Centrum voor Energiebesparing en Schone Technologie, Delft.

Duurzame Energie 1999. Informatie van de Internet-site 'www.duurzame-energie.nl'.

Een frisse wind in Gelderland 1999. Gelderse Milieufederatie, Arnhem.

Gijsman, A. & E. Hamwijk 1986. *Vergelijkend onderzoek naar de bemestende waarde en gebruiksmogelijkheden van drijfmest en gegiste mest op een rundveehouderij*. Eindrapport van het 'gegiste-mestproject' van de Rijksuniversiteit Utrecht, Utrecht.

Goossens, W. 1988. *Anaerobe vergisting varkensdrijfmest onderzoek BIMA-vergister te Nistelrode*. Stuurgroep Mestproblematiek Noord-Brabant, Den Bosch.

Guldmond, J.A., R.H.E.M. Geerts & K. Sikkema 1998. *Natuur op De Marke*. Centrum voor Landbouw en Milieu, Utrecht.

- Hanegraaf, M.C. & J.A.M. van Bergen 1996. *Ervaringen met de energiemeetlat veehouderij - Evaluatie van ontwikkeling en toetsing*. Centrum voor Landbouw en Milieu, Utrecht.
- Hilhorst, G.J. 1999. Onderzoeker op De Marke, Hengelo (Gld) persoonlijke mededeling.
- Holm-Nielson, J.B. 1993. *Joint Biogas Plant* agricultural advantages - circulation of N, P and K. Danish Energy Agency, Copenhagen.
- Kant, P. & K. Blanken 1998. *Methaanemissie uit de ligboxenstal van De Marke*. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, Lelystad.
- Klungel, G. & K. de Koning 1999. Melkend energie besparen. In: *Praktijkonderzoek*, jg. 12, nr. 6, p. 9-11.
- Knijff, A. van der 1999. *Windenergie in de agrarische sector; Meewind of tegenwind?* DLO-Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO), Den Haag.
- Koskamp, G.J. 1999. *Ammoniakemissie uit de meststalo van proefbedrijf De Marke* Centrum voor Landbouw en Milieu, Utrecht. Niet gepubliceerd.
- Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1998-1999* 1999. Praktijkonderzoek Rundvee, Lelystad.
- Land- en tuinbouwcijfers 1997*. 1998. DLO-Landbouw-Economisch Instituut, Den Haag/Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg.
- Langman, M. & M. van der Sman 1999. *Zonne-energie: van eeuwige belofte tot concurrerend alternatief*. KPMG Bureau voor Economische Argumentatie, Hoofddorp.
- Middelkoop, N., S.T. Buijze & E.E. Biewinga 1997. *Naar een optimale inzet van dierlijke mest*. Centrum voor Landbouw en Milieu, Utrecht.
- Nes, W.J. van, F.M.P. van Diemen & A.H.H.M. Schomaker 1990. *Mestvergisting in Nederland. Tien jaar kennis en ervaring in de praktijk*. Nationaal Onderzoeksprogramma Hergebruik van afvalstoffen / Centrum voor energiebesparing en schone technologie, Delft.
- Nijssen, J.M.A., S.J.F. Antuma & A.T.J. van Scheppingen 1997. *Perspectieven mestvergisting op Nederlandse Melkveebedrijven*. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, Lelystad.
- Nota Klimaatverandering* 1991. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag.
- Poppe, K.J., F.M. Brouwer, M. Mulder & J.P.P.J. Welten 1994a. *Landbouw, milieu en economie Gegevens over 1990 en 1991*. DLO-Landbouw-Economisch Instituut, Den Haag.
- Poppe, K.J., F.M. Brouwer, J.P.P.J. Welten & J.H.M. Wijnands 1994b. *Landbouw, milieu en economie editie 1994*. DLO-Landbouw-Economisch Instituut, Den Haag.
- Poppe, K.J., F.M. Brouwer, J.P.P.J. Welten & J.H.M. Wijnands 1995. *Landbouw, milieu en economie editie 1995*. DLO-Landbouw-Economisch Instituut, Den Haag.
- Realisatie windenergie projecten* 1999. Informatiecentrum Duurzame Energie, Arnhem.
- Reijneveld, J.A., H.F.M. Aarts & J. Oenema 1999. *Stikstofbestedingsadvies voor grasland in de praktijk*. In: Meststoffen 1999. Nutriënten Management Instituut, Wageningen.
- Schans, F.C. van der, G.J. Hilhorst, N. Middelkoop, E.E. Biewinga, T. van der Putten & J. Ketelaars 1999.

Ammoniakemissie op De Marke: overzicht en perspectieven. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, Lelystad / De Marke, Hengelo (Gld).

Schils, R.L.M. 1994. 'Nitrate Losses from Grazed Grass and Grass/clover Pastures on Clay Soil'. In: T.A. van Dijk & R. Pothoven. *Meststoffen*. Nutriënten Management Instituut, Wageningen.

Wellinger, A., U. Baserga, W. Edelmann, K. Egger & B. Seiler 1991 *Biogas-Handbuch*. Verlag Wirz, Aarau (D).

Welten, J.P.P.J. 1994. *Monitoring van het energieverbruik in de veehouderij 1991/92*. DLO-Landbouw-Economisch Instituut, Den Haag.

Zuylen, E.J. van, C. Bakker, R.E.T. van Roosmalen & J.P. Coelingh 1998. *Mogelijkheden voor windturbines in het binnenland*. Ecofys, Utrecht.

BIJLAGE 1 Resultaten van de energiemetlat van De Marke van 1993 t/m 1998

Tabel B1 Meerjarig overzicht van het energieverbruik op De Marke

<i>Bedrijfsgegevens</i>	gemiddelde '93-'98	1993	1994	1995	1996	1997	1998
grondsoort	zand	zand	zand	zand	zand	zand	zand
ha gras	31	31	35	34	29	27	32
ha maïs	25	25	22	22	27	29	23
stikstofoverschot (kg/ha)	148	141	198	165	117	151	117
meetmelkproductie (kg)	694.167	698.000	713.000	687.000	704.000	666.000	697.000
<i>Energieverbruik (in MJ/100 kg meetmelk)</i>							
<u>Directe energie</u>							
elektriciteit	71	59	65	96	71	67	69
aardgas	8	8	7	11	9	8	9
propaan	0	0	0	0	0	0	0
diesel	27	28	28	25	30	25	23
<i>subtotaal directe energie</i>	106	95	100	132	110	100	101
<u>Indirecte energie</u>							
krachtvoer	107	101	87	102	116	109	126
vochtig krachtvoer	0	0	0	1	1	1	1
ruwvoer	15	11	23	27	13	0	15
N-kunstmest	21	19	30	28	16	26	6
loonwerk	57	50	66	63	53	58	52
overige	29	29	28	29	28	30	29
<i>subtotaal indirecte energie</i>	229	211	234	249	227	224	229
Totaal bedrijf energie	335	306	333	381	337	324	329
<i>CO₂-emissie (in kg CO₂/100 kg meetmelk)</i>							
energieverbruik	21,8	20	22	25	22	21	21
direct energieverbruik	6,9	6,2	6,5	8,6	7,1	6,5	6,5
indirect energieverbruik	14,9	13,7	15,2	16,2	14,8	14,5	14,9
methaanemissie	37,7	38	40	27	36	38	37
lachgasemissie	4,3	3	6	5	4	5	4
Totaal bedrijf CO₂	63,9	61	67	67	61	64	62

Het elektriciteitsverbruik in tabel B1 is nog niet gecorrigeerd voor het verbruik voor het ammoniakonderzoek.

Bijlage 2 Energieverbruik diverse reinigingssystemen

De Marke

Het energieverbruik van diverse reinigingssystemen op De Marke.

Met behulp van WWE is een aantal varianten voor De Marke doorgerekend, te weten:

1. Standaard (MARS): met warmtepomp, elektrisch doorverwarmen in boiler
2. Warmtepomp (MARSW): alleen warmtepompwater, niet doorverwarmd
3. Voorraadreiniging (MARSV): met warmtepomp en voorraadreiniging, elektrisch verwarmd
4. Standaard gas zonder warmtepomp (MARSG): zonder warmtepomp, doorverwarmen in boiler met gas
5. Standaard met gas (MARSGW): met warmtepomp, doorverwarmen in boiler met gas
6. HTWP: verwarmen van water met een hoge temperatuur warmtepomp (HTWP); kan niet met WWE worden doorgerekend. Hiervoor is bij benadering aangegeven in de tekst, wat daarvan de energetische en economische resultaten zijn.

Verder is voor alle varianten aangenomen dat afvalwater wordt afgevoerd naar de mestput, naspelwater wordt hergebruikt voor hoge druk schoonspuiten melkstal. Bij de jaarkosten in de onderstaande tabel zijn de kosten voor het verwijderen van afvalwater buiten beschouwing gelaten.

Tabel b1 geeft een korte samenvatting van de resultaten. Duidelijk is dat als je kijkt naar het energieverbruik en de kosten, de optie met warmtepomp zonder doorverwarmen de meest gunstige is. Dit is voor De Marke ook een aantal jaren uitgetest, met goed resultaat. Hierbij werd zelfs de KKM-norm t.a.v. eindtemperatuur hoofdreiniging gehaald, namelijk 40 °C of hoger.

Het is natuurlijk ook logisch dat dit de goedkoopste oplossing is, er is geen extra energie nodig voor doorverwarmen, iets wat in de praktijk nagenoeg altijd wordt gedaan.

De zuivelindustrie is sinds jaar en dag terughoudend over dit systeem van alleen warmteterugwinningwater gebruiken. Om meer zekerheden in te bouwen, wordt geadviseerd het water altijd door te verwarmen.

Tabel B1. Jaar- en energiekosten en energieverbruik voor alternatieve systemen voor De Marke

	jaarkosten (f)	energiekosten (f)	energieverbruik (MJ)	elektriciteit (kWh)	gasverbruik (m ³)
standaard elek + wp	7.299	3.326	116.684	13.412	0
warmtepomp	6.440	2.530	88.740	10.200	0
voorraad + wp	7.127	3.555	124.706	14.334	0
standaard gas	6.965	3.329	132.015	9.000	1.663
standaard gas + wp	6.959	2.769	100.465	10.200	363
HTWP	7.940	2.670	93.960	10.800	0

jaarkosten: apparatuur + energie + water + reinigingsmiddelen - besparing privé wtw

elektriciteit: 8,7 MJ/kWh

aardgas: 32,3 MJ/m³

Als het warmteterugwinningswater toch wordt doorverwarmd, dan is een HTWP energetisch het beste alternatief. Dit systeem is echter nog niet praktijkrijp. Dit zou dan uitgeprobeerd moeten worden. Hierbij kan dan minder/geen water meer privé worden gebruikt.

Praktijkonderzoek Veehouderij

Grea Wolters

28 oktober 1999

Deze publicatie (CLM 448 -2000) kunt u telefonisch of schriftelijk bestellen bij het CLM. Tel. (030) 244 13 01, fax (030) 244 13 18 of e-mail clm@clm.nl
Postbus 10015, 3505 AA Utrecht. De kosten zijn f 20,-
Op verzoek zenden wij een volledig overzicht van onze publicaties.

Redactie: Kees Klaver

Lay-out: Conny Groenendijk

Druk- / kopieerwerk:

Eerste druk: 300 ex.

