

MELKVEEHOUDERIJ, BRON VAN DUURZAME ENERGIE

ENERGY DAIRY 2025

Courage

COLOFON

Energy Dairy 2025

Melkveehouderij, bron van duurzame energie

Drs. P.M. Leltz (Syncera Milieu)

Dr. J.M. Vroom (Syncera Milieu)

Met bijdragen van:

Dr.ir. R. Schils (Wageningen Universiteit en Research, Animal Sciences Group)

Dr.ir. J. Van Liere (Van Liere Management B.V.)

Ing. C.K. de Vries (Courage)

Vormgeving: Imagro BV

Fotografie: C.K. de Vries / Imagro BV / Hans Sas fotografie

Courage is een initiatief van LTO en NZO
en heeft een alliantie met InnovatieNetwerk



VOORWOORD

ENERGY DAIRY 2025

Er gloort een nieuw perspectief voor de melkveesector in Nederland. Naast producent van hoogwaardige voedingsmiddelen en beheerder van de groene ruimte ontpopt de sector zich als leverancier van duurzame energie. Het is een rol die de sector op het lijf geschreven lijkt. De hoeveelheid zonne-energie die de sector 'opvangt' is enorm. Slechts een fractie daarvan komt in het huidige model terecht in melk en vlees. Een kleine verbetering in de benutting kan al tot spectaculaire resultaten leiden. De melkveehouders zelf zijn de eersten die de kans zien en hem proberen te grijpen. Biogas is booming. In 2006 wordt er voor ca. € 100 miljoen in geïnvesteerd. Het lijkt nog maar het begin van een in potentie enorme ontwikkeling. In snel tempo ontwikkelen zich nieuwe technieken die nieuwe energiebronnen ontsluiten en de benutting van bestaande sterk verbeteren. In dit rapport schetsen we een perspectief voor de lange termijn. Het geeft een breed beeld van bekende, in ontwikkeling zijnde en nog te ontwikkelen technieken. Per saldo zou de sector op termijn in de energievoorziening van honderdduizenden huishoudens kunnen voorzien en een substantiële bijdrage kunnen leveren aan de realisatie van de nationale Kyoto-doelstelling. Het verschaft de sector een volstrekt nieuwe positie in onze samenleving: multi-leverancier van primaire levensbehoeften.

Het perspectief voor de sector lijkt het grootst bij de ontwikkeling van decentrale energiesystemen. In het ontwikkelen van slimme verbindingen met aanpalende sectoren zoals de glastuinbouw liggen grote kansen. Melkveebedrijven zouden de spin kunnen worden in regionale energiewebs.

Maar die positie verwerft de sector niet vanzelf. De ontwikkelingen gaan snel. Overheden agenderen, subsidiëren en stimuleren. En in de energiewereld zijn grote en machtige spelers actief. Wil de sector in die wereld een kansrijke positie verwerven dan moet er voortvarend, snel en intelligent worden gehandeld. Courage wil met dit rapport daartoe inspireren. Samen met InnovatieNetwerk werken wij, als uitvloeisel van deze visie aan een aantal concrete uitvoeringsgerichte projecten met vooralsnog het zwaartepunt bij organisatorische en institutionele innovatie. Nieuwe coalities, een zelfstandige positie in de markt en stimuleren van innovatief ondernemerschap zijn onze speerpunten. De melkveesector staat voor de uitdaging deze grote kans te grijpen. Courage heeft de ambitie daaraan een concrete bijdrage te leveren.

S.J. Schenk
Voorzitter Courage

SAMENVATTING

DE MELKVEEHOUDERIJ IS DE 'GROOTSTE GRONDBEZITTER' VAN NEDERLAND. WAT BETREFT DUURZAME ENERGIE BIEDT DIT HET VOLGENDE PERSPECTIEF: **ZON:** DE SECTOR IS DE GROOTSTE 'ZONNECOLLECTOR' VAN ONS LAND **BIOMASSA:** DE SECTOR KAN EEN SLEUTELPOSITIE INNEMEN BIJ HET BENUTTEN VAN ENERGIE UIT BIOMASSA (WAARONDER MEST) **WIND:** DE SECTOR HEEFT RUIMTE VOOR INPASSING VAN WINDTURBINES

Deze omstandigheden bieden de melkveehouderij een unieke uitgangspositie voor het produceren van duurzame, vernieuwbare energie. Tal van nieuwe technieken voor duurzame energieproductie zijn in ontwikkeling. Zowel de landelijke, als Europese overheid kennen steeds meer prioriteit toe aan stimulering van duurzame energieproductie. De mondiale energieproblematiek lijkt de komende jaren te groeien. Het energieverbruik in Azië stijgt exponentieel. De VS gaan fors investeren in duurzame energie. Het juiste momentum lijkt aanwezig om de Nederlandse melkveehouderij als energieleverende sector op de kaart te zetten.

Tegelijk heeft de sector te maken met toenemende onzekerheid over het perspectief van de melkproductie en heeft de schaalvergroten, zich rationaliserende sector behoefte aan een nieuwe maatschappelijke verankering. Dat laatste kan gestalte krijgen door een sleutelrol te spelen in regionale energiewebs en door substantieel bij te dragen aan het realiseren van de landelijke Kyoto-doelstelling.

De branche draagt nu nog bij aan het klimaatprobleem door de emissie van het broeikasgas methaan en door direct en vooral indirect energieverbruik. Die bijdrage aan het probleem kan op termijn worden omgezet in een bijdrage aan de oplossing door de kansen

voor duurzame energieproductie ten volle te benutten. In deze rapportage schetsen we een lange termijn perspectief (2025) en beperken we ons dus niet tot korte termijn problemen. Het rapport maakt bovendien geen keuzes voor de best beschikbare technieken op de korte termijn. Doelstelling van de rapportage is het opstarten van discussie, netwerkactiviteiten en praktijkexperimenten, zodat de branche stappen zet naar de toekomst.

Het melkveebedrijf in 2025

Om een lange termijn perspectief voor energie in de melkveehouderij op te kunnen stellen moet men eerst een beeld ontwikkelen van de bedrijfsvoering in de toekomst.

Aan de hand van toekomstscenario's die door Shell zijn ontwikkeld is een modelbedrijf voor 2025 beschouwd. Binnen de scenario's is sprake van drie dominante krachten, vanuit respectievelijk de markt, de maatschappij en de overheid. Het modelbedrijf van de toekomst ontstaat binnen een mengvorm van deze drie krachten. Het bedrijf is enerzijds grootschalig en marktgericht en heeft anderzijds verantwoordelijkheden voor het duurzame beheer van het landelijk gebied. Ten einde vervolgens het energiepotentieel van het modelbedrijf door te kunnen rekenen zijn eerst de bedrijfsvoering en de koolstof- en energiebalansen doorgerekend. Hierbij is uitgegaan van een modelbedrijf van 500 koeien en 250 ha grond.

Energiepotentieel

Het theoretische energiepotentieel is enorm. Alleen al de zoninstraling op het areaal van de melkveehouderij omvat dagelijks gemiddeld 33 miljard kWh. Slechts een klein deel van deze energie wordt binnen de bedrijfsvoering omgezet in melk en vlees. Uitdaging is dit enorme energiepotentieel beter te benutten om zo de sector tot een netto energieleverancier te ontwikkelen. Hiermee wordt niet alleen het bedrijfseconomische perspectief van melkveebedrijven vergroot maar ook de maatschappelijke positie versterkt.

Binnen de bedrijfsvoering zijn de volgende energiestromen voor benutting aanwezig:

Energie uit mest

Methaanemissie door het dier

Warmte-emissie door het dier

Energie uit gewassen

Vanwege de beschikbare dak- en terreinoppervlakte tevens te beschouwen:

Windenergie

Zonne-energie

Deze energiestromen zijn doorgerekend om het energiepotentieel te bepalen. Uitgangspunt daarbij is geweest dat de veestapel vergelijkbaar is met de huidige situatie, ca. 1,4 miljoen koeien. Tevens is zoveel mogelijk uitgegaan van nieuwe, nog uit te ontwikkelen technieken, om discussie over innovatie en nieuwe stalconcepten te bevorderen.

Tevens zijn inschattingen gemaakt voor het toekomstige systeemrendement en de penetratiegraad van technieken op het melkveebedrijf. Vervolgens is het energiepotentieel berekend op een netto productie van bijna 57 PJ aan duurzame energie in 2025. Dit komt overeen met 70% van de nationale duurzame energieproductie (zon, wind, biomassa) in 2005. Met deze energieproductie voorziet de melkveehouderij in 2025 in de volledige energiebehoefte (gas en stroom) van 480.000 huishoudens plus nog eens in de aardgasbehoefte van 150.000 huishoudens. Door co-vergisting van biomassastromen van buiten de sector kan de energieproductie nog aanmerkelijk stijgen. Het potentieel is uitgedrukt in 'aantal huishoudens' om een beeld te kunnen geven van de orde grootte van de energielevering. Maar het kan uiteraard ook gaan om levering aan naastgelegen glastuinbouw, kantoren, industrie en aan transport.

De geschatte energieproductie komt overeen met een netto reductie van de broeikasgas-emissie van ca. 6.400 kton CO₂-equivalenten. De sector compenseert in dit scenario haar huidige directe bijdrage aan het broeikas-effect van 5300 kton dus ruimschoots. Ter oriëntatie: de reductie komt overeen met 16% van de nationale Kyoto-doelstelling voor 2010 (40.000 kton reductie).

Regionale energiewebs

Door toepassing van de energiesystemen kan het melkveebedrijf een plaats innemen in een lokaal of regionaal energienetwerk van gebruikers en leveranciers. Binnen het energienetwerk zijn meerdere aanbieders en afnemers van energiedragers zoals warmte- en koude, elektriciteit, methaan en biodiesel opgenomen. Een server regelt vraag en aanbod van de verschillende (energie)producten. De regionale energiewebs vormen een belangrijke reactie op de steeds verdergaande centralisatie en internationalisering van onze energieopwekking.

De webs zijn minder kwetsbaar voor uitval, en maken de samenleving minder afhankelijk van mondiale conflicten en politieke situaties.

Projectideeën

Courage werkt aan de uitwerking van een aantal projectideeën. De ideeën zijn ondermeer afkomstig uit de in december 2005 gehouden workshop met ondernemers uit de agro-energiesector. De voorstellen zijn vooral organisatorisch en institutioneel van aard. Dat ligt ook voor de hand. Aan de technische vernieuwing van energiesystemen wordt door het bedrijfsleven en onderzoeksinstituten, zowel nationaal als internationaal hard gewerkt. Nu de ontwikkeling van met name mest- en co-vergisting zich in de melkveesector stormachtig ontwikkelen, is er vooral behoefte aan het ontwikkelen van effectieve begeleidende kaders voor kennisontwikkeling, maatschappelijke positionering en vermarkting. De projectideeën zijn:

1. Oprichting van een energiemarktplaats voor de collectieve vermarkting van biogas en biogasstroom om langs die weg een marktpositie op te bouwen. Het verdient overweging om de marktplaats gezamenlijk met de glastuinbouw te ontwikkelen, gezien de parallele belangen.
2. Een 'Agro-energiekamer' waarin alle belanghebbende partijen (ondernemers, wetenschappers, technische adviesbureaus, beleidsdeskundigen etc.) de krachten bundelen om de ontwikkeling van de agro-energieproductie te stimuleren en te faciliteren. De kamer wordt geïnitieerd door ondernemers; zij nodigen deelnemers uit en bepalen de inhoudelijke koers. De kamer wordt voorgezeten door een autoriteit op het terrein van duurzame ontwikkeling.
3. Ontwikkeling van een Energie-innovatiefonds. Doel: het ondersteunen van de ontwikkeling van nieuwe technieken en ondernemingen op het terrein van de agro-energieproductie. Het fonds verschaft risicodragend kapitaal en wil deze nieuwe ontwikkeling in een stroomversnelling brengen. De in internationaal verband opgelopen achterstand moet worden omgezet in een voorsprong.
4. Ontwikkelen van een visie voor een energetisch duurzame zuivelkolom. Welke technische mogelijkheden zijn er om de door de melkveesector opgewekte energie tot waarde te brengen in de eigen (zuivel)kolom. De zuivelsector kan zich hiermee verder profileren als een duurzame en groene sector.

ENERGY DAIRY 2025



INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	
Samenvatting	4
1 Inleiding	8
2 Doorkijk naar 2025	10
2.1 Trilemma scenario	10
2.2 Het sluiten van kringlopen	13
2.3 Energiekringlopen	16
2.4 Bruikbaarheid van stromen	18
3 Energietechnieken	20
3.1 Energie uit mest	20
3.2 Methaanwinning uit stallucht	24
3.3 Metabole warmteterugwinning uit stallucht	26
3.4 PV-systemen	28
3.5 Windenergie	30
3.6 Energiegewassen	31
3.7 Decentrale energiesystemen en het energienetwerk	33
4 Duurzame energieproductie en emissiereductie	36
4.1 Deelname aan innovatie	36
4.2 Milieuaspect: broeikasgasemissies	36
4.3 Duurzame energieproductie en emissiereductie op bedrijfsniveau	37
4.4 Duurzame energieproductie en emissiereductie op brancheniveau	38
4.5 Economische aspecten	39
5 Vervolgstappen	40
5.1 Stappen nemen	40
5.2 Projectideeën	40
6 Referenties	42

INLEIDING

DE MELKVEEHOUDERIJ ONDER DRUK

1



DE NEDERLANDSE MELKVEESECTOR STAAT ONDER DRUK. LIBERALISERING VAN DE ZUIVELMARKT LEIDT NAAR VERWACHTING TOT EEN DALING VAN HET BESTEEDBAAR INKOMEN VAN DE MELKVEEHOUDE- R. HET AANTAL BEDRIJVEN ZAL FORS AFNEMEN. DE MAATSCHAPPELIJKE CONTEXT WAARIN BEDRIJVEN MOETEN OPEREREN WORDT COMPLEXER DOOR SCHERPERE EISEN AAN PRODUCTVEILIG- HEID EN OMGEVINGSKWALITEIT. DE SECTOR KAN REKENEN OP VEEL MAATSCHAPPELIJKE WAARDE- RING, MAAR EEN TOEKOMST IS ALLERMINST VANZELFSPREKEND. VERNIEUWING IS NODIG VOOR HET BEHOUDEN VAN PERSPECTIEF.

Courage, de stichting voor innovatie in de melkveehouderij, wil een bijdrage leveren aan een sterke positie van de melkveehouderij door het ontwikkelen van grensverleggende vernieuwingen. Het gaat Courage om het verleggen van grenzen, om baanbrekende concepten, om ingrijpende vernieuwingen en om nieuwe coalities [Courage, 2004].

Kansen voor duurzame energie

Energie is momenteel een 'hot item', ook in de agrarische sector. Liberalisering van de energiemarkt, stijgende energieprijzen en zorg om het broeikas-effect creëren nieuwe kansen voor de melkveehouderij. Nieuwe technieken voor mestvergisting, methaan- winning, gebruik van metabole warmte, integratie van energie- systemen met andere sectoren zoals de tuinbouw en nieuwe

perspectieven voor decentrale energiewebs bieden perspectief voor de toekomst. De melkveehouderij is met 1.240.000 ha de 'grootste grondbezitter' van Nederland. Op dit grondgebied straalt gemiddeld **per dag** 119.040.000.000 MJ (= 33 miljard kWh) zonne- energie in. Binnen de melkveehouderij zijn randvoorwaarden voor het oogsten van deze energie aanwezig. Te denken valt aan gewas- productie, mestproductie, beschikbare dakoppervlakte van stallen voor energiepanelen en ruimte voor windturbines.

Het zonlicht dat op het land valt zorgt voor een aanzienlijke energieaanvoer. Van deze instraling wordt een gering deel (0,7%) vastgelegd in het gewas, dat vervolgens als voedsel dient voor het melkvee. De omzetting van het gewas naar melk en vlees vindt plaats met een efficiency van ca. 18%, zodat het totaalrendement slechts 0,12% is. Er is dus ruimte voor verbetering!

Aan het vastleggen van zonne-energie in het gewas kan de melk- veehouder weinig veranderen, behalve geschikte gewassen verbou- wen. Van alle in het gewas vastgelegde energie wordt 82% niet direct benut. Is het mogelijk voor de melkveehouderij om een deel van deze 'onbenutte' energie te oogsten? Is het mogelijk voor bedrijven om netto leverancier van duurzame energie te worden en zo een nieuw economisch product te gaan voeren? Deze centrale vraag roept een aantal subvragen op:

Biedt de bedrijfsvoering voldoende energetisch potentieel om een energieleverancier te worden?

Vertegenwoordigt dit energetische potentieel ook een significant economisch potentieel?

Welke energietechnieken zijn kansrijk voor de branche?

Zijn de technieken op praktische wijze in de bedrijfsvoering in te passen?

Welke consequenties leveren de technieken op voor dierenwelzijn en de nutriëntenhuishouding?

Aan welke partijen kan met deze technieken energie worden geleverd?

Welke paden dient de branche in te slaan om de kansen te benutten?

Concepten

Het rapport is niet bedoeld om keuzes mogelijk te maken voor de best beschikbare technieken op de korte termijn. Doelstelling van de rapportage is het opstarten van discussie, netwerkactiviteiten en praktijkexperimenten, zodat de branche stappen zet naar de toekomst. Hiertoe is een perspectief naar 2025 gehanteerd, om te voorkomen dat de discussie zich beperkt tot korte termijn problemen. Om dezelfde reden is in de beschouwing gekozen voor een aantal technieken dat nog niet is uitontwikkeld. Hierbij brengen deze niet conventionele technieken bovendien de nodige discussie mee over de bedrijfsvoering van het melkveebedrijf in de toekomst, zoals stalconcepten en de plaats en functie van het bedrijf binnen een energienetwerk.

Proces

In 2005 heeft Courage de discussie over energie voor de branche gestart. In het tweede kwartaal 2005 is een concept-rapportage opgesteld waarin het energiepotentieel van de branche wordt geschetst. Aansluitend op de concept-rapportage is in het derde kwartaal een workshop georganiseerd met specialisten. Courage heeft in december 2005 een workshop georganiseerd onder boeren

die energieprojecten zijn aangegaan. Door R. Schils (Wageningen Universiteit & Researchcentrum) is eind 2005 een studie verricht naar de energie- en koolstofketens op het melkveebedrijf. De resultaten van de workshops en de studie zijn opgenomen in deze rapportage. Als senior adviseur is J. van Liere Management bij het project betrokken. In de opstartfase is H. Huizing van InnovatieNetwerk als adviseur bij het project betrokken geweest.

Leeswijzer

Het volgende hoofdstuk omschrijft het modelbedrijf anno 2025 aan de hand van toekomstscenario's. Vervolgens wordt de energiebalans van het modelbedrijf besproken. In hoofdstuk 3 komen energietechnieken aan de orde. Hoofdstuk 4 omschrijft enerzijds de milieubelasting van de branche in de vorm van broeikasgasemissie, en anderzijds de kansen voor duurzame energieproductie en energie als economisch product. In hoofdstuk 5 komen de stappen aan de orde die de branche op korte termijn kan zetten. Hoofdstuk 6 komt terug op de vragen die zijn gesteld in deze inleiding.

DOORKIJK NAAR 2025

DE KOMENDE TWEE DECENNIA ONDERGAAT DE NEDERLANDSE MELKVEEHOUDERIJ NAAR VERWACHTING GROTE VERANDERINGEN. ER ZIJN SCHATTINGEN DAT IN 2025 MINDER DAN DE HELFT VAN HET HUIDIGE AANTAL MELKVEEBEDRIJVEN NOG ZAL BESTAAN. ZIJ HEBBEN ZICH DAARBIJ IN VERSCHILLENDE RICHTINGEN ONTWIKKELD: EEN DEEL ZAL ZICH RICHTEN OP SCHAALVERGROTING. EEN ANDER DEEL ZAL ZICH RICHTEN OP DE ONTWIKKELING VAN NIEUWE PRODUCTEN EN DIENSTEN. VOOR HET PERSPECTIEF VAN BEIDE ONTWIKKELINGSRICHTINGEN IS INNOVATIE HET SLEUTELWOORD. VERTOONDE DE SECTOR IN HET VERLEDEN NOG TEKENEN VAN EENVORMIGHEID, ONDER INVLOED VAN LIBERALISATIE, INDIVIDUALISERING EN VERSTEDELIJKING, IS DE TOEKOMST AAN INDIVIDUELE ONDERNEMERS DIE UNIEKE KANSEN ZIEN EN DIE WETEN TE VERZILVEREN.

2



In het startdocument van Courage worden voor de melkveesector twee dominante ontwikkelingsrichtingen beschreven. Aan de ene kant het grootschalige gespecialiseerde melkveebedrijf, de 'veel-melkers'. Aan de andere kant het kleinschalige melkveebedrijf met verschillende vormen van verbreding, de 'omgevingsmelkers'.

De toekomstige veelmelkers en omgevingsmelkers hebben met elkaar gemeen dat de kwaliteit van het ondernemerschap de belangrijkste succesfactor is. Vakmanschap wordt overruled door ondernemerschap. Strategisch inzicht, pro-actief handelen, besluitvaardigheid, sociale vaardigheden, zakelijkheid, flexibiliteit en vernieuwingsdrang kenmerken het beperkte aantal resterende ondernemers in de melkveehouderij in 2025 [Courage, 2004].

2.1

Trilemma scenario

Wat is de positie van de melkveehouderij in 2025 en welke rol kan de sector dan spelen als leverancier van duurzame energie? Voor de beantwoording van deze vraag is een visie op de toekomst van belang. Shell hanteert toekomstscenario's ten behoeve van dergelijke vragen. Deze scenario's zijn ook bruikbaar voor de melkveehouderij, en in deze paragraaf uitgewerkt. Daarbij is de verwachting dat geen enkel scenario exact uitkomt. De waarde van de scenario's is dat de krachten en ontwikkelingen binnen de samenleving helder worden. De melkveehouderij kan aan de hand van dit inzicht acties en paden uitzetten. Hierbij is het van belang om de ontwikkelingen en krachten steeds te blijven volgen, en de inzichten waar nodig bij te stellen.

Shell onderscheidt in het scenario drie krachten die de einduitkomst beïnvloeden. Dit zijn:
marktkrachten met als driver efficiency, maatschappelijke krachten met als driver sociale cohesie & duurzaamheid en overheidskrachten met als driver stabiliteit en veiligheid

Onzeker is in welke verhoudingen de drie krachten, markt, maatschappij en overheid, zich in de toekomst gaan manifesteren. In haar toekomstbeeld werkt Shell drie scenario's uit waarbij telkens een van

de drie krachten domineert. We hebben die scenario's doorgetrokken naar de melkveehouderij.

Scenario A betreft de dominantie van de marktkrachten. In dit scenario is er een wereld met harde concurrentie voor de laagste kosten, het grootste marktaandeel en de beste efficiency. Op het gebied van energie is er dominantie van een zeer beperkt aantal wereldspelers die de prijzen beheren en beheersen en deze niet verder laten stijgen dan gewenst om de fossiele brandstofstromen te laten voortbestaan. Zolang er geen logistieke problemen van enige omvang zijn, "garanderen" de wereldspelers voldoende toevoer van fossiele brandstof. Er is weinig ruimte voor kleine spelers anders dan wanneer deze een gespecialiseerd product voeren.

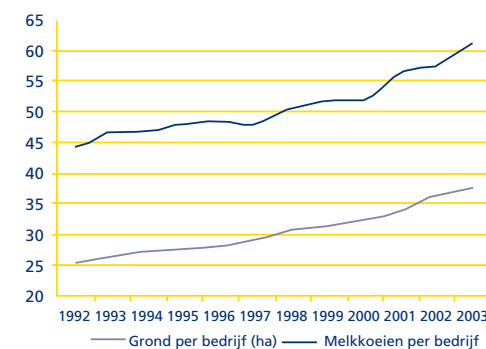
Melkveehouders overleven in de mondiale concurrentieslag door efficiënte grootschalige melkproductie tegen de laagste kostprijs. Voor enkelingen zijn er kansen in de kleine niches die voor de multinationale zuivelverwerkers niet interessant zijn. Op de markt van duurzame energie worden de melkveehouders in dit scenario door de grote energiemaatschappijen alleen getolereerd binnen de dominantie van de fossiele energie. Zij houden duurzame energie kunstmatig duur. Gecentraliseerde, grootschalige mestvergiftiging en mega-windturbines zijn de enige opties die in dit scenario levensvatbaar zijn.

Binnen scenario B gaan de maatschappelijke krachten overheersen. Hierbij ontstaat er een ander beeld. Beleving wint aan waarde ten opzichte van commercie. De behoefte aan sociale cohesie, menselijke warmte en duurzaamheid leidt tot nieuwe kansen voor de ontwikkeling van duurzame energie uit landbouw en veeteelt. Er komt ruimte voor kleinschalige innovatieve energieprojecten. Decentrale energieopwekking in Energie-WEB verband wint aan populariteit vanuit het inherente maatschappelijke besef dat we niet langer op de oude voet kunnen doorgaan. Duurzame energie mag wat kosten, want de aarde en de kwaliteit van het leven staan op het spel. De burger zal geneigd zijn meer te willen betalen voor scharrelenergie en de ecowatt komt in zicht. Local for local gaat ook gelden voor energie. 'Power to the people' krijgt een nieuwe betekenis. De melkveehouderij wordt als grootste grondbezitter van Nederland een multifunctionele exploitant van zonne-energie. Van de 33 miljard kWh¹ die dagelijks als zoninstraling op het land valt wordt naast melk en vlees een veelheid aan energieproducten

benut: elektriciteit, gas, transportbrandstoffen. Zakelijke verbanden worden opgericht om gebruik te maken van de energie instraling op het land. Een collectief van 'cultuurlandondernemers' richt de N.V. tot Exploitatie van Solaire Influx in Nederland (N.V. ESIN) op, bestaande uit een aantal B.V.'s zoals "Melk en Vlees", "Duurzame Energie van Agrarisch Land (DEAL)" en Vloeibare Energie Producten (VEP). Tanken bij de boer wordt gewoon. Zowel up-front van de koe als downstream kan duurzame energie gewonnen worden uit biomassa of door directe conversie van fotonen. De melkveehouder wordt manager van de ESIN maatschappij. Hiertoe bouwt hij zijn bedrijf doelgericht om tot spin in het regionale energieweb.

Binnen scenario C gaan de overheidskrachten overheersen. Wanneer door globalisatie de spanningen en bedreigingen tussen rijk en arm, religieus en seculier of tussen blank, geel en zwart toenemen, ontstaat een toenemende kans op conflicten, oorlogen, terrorisme en aanslagen. Het gevolg is een steeds sterkere invloed van overheidskrachten die met protectiemaatregelen, wet- en regelgeving en observatie/registratie een George Orwell wereld scheppen. Het platteland is een veilig toevluchtsoord voor mensen met toenemende onveiligheidsgevoelens en de waardering voor veiligheid, voedsel en vrede zal sterk stijgen. Door interruptie van aanvoer van energie (opblazen van tankers, hoogspanningsleidingen en gasleidingen) kunnen zelfs de machtige olie- en gasmaatschappijen de levering niet meer garanderen. Het logistieke apparaat wordt ernstig verstoord of stort in. Door interruptie van de toevoerlijnen stijgen energieprijzen explosief. Energie uit biomassa wordt lucratief. Zo zeer zelfs dat energieteelt gaat concurreren met voedselproductie waardoor de spanningen tussen rijk en arm nog verder toenemen. Lokale productie van voedsel en energie zal hoger worden gewaardeerd dan ooit tevoren. Hier liggen kansen voor de landbouw en veeteelt zoals geschetst onder B maar ook voor de productie van de allernoodzakelijkste voedingsmiddelen waar de mensheid om vraagt. Landbouw wordt gekoesterd als multi-leverancier van primaire levensbehoeften. Anders dan onder B is deze ontwikkeling meer ad-hoc.

Het aantal melkveehouderijen in Nederland is de laatste tien jaar met 35% afgenomen en bedraagt 24.407 in 2005. Er zijn in november 2005 ca. 1,421.000 miljoen melken kalfkoeien. Gemiddeld komt het aantal melk- en kalfkoeien per bedrijf daarmee uit op 60 stuks. De gemiddelde bedrijfs-grootte is het afgelopen decennium met ca. 10 ha per bedrijf toegenomen tot ca. 38 ha. De mutatie van het aantal melkveebedrijven bedroeg in de periode 1990-2005 ca -4% per jaar en naar verwachting van het CBS in het komende decennium iets meer (-4,2% per jaar) waardoor het aantal bedrijven in 2015 zou komen op 15.235 stuks. Het LEI verwacht in 2015 ca 1.109.000 melkkoeien zodat bij ongewijzigd beleid gemiddeld 73 koeien per bedrijf te verwachten zijn in dat jaar. Extrapolatie naar 2025 zou ca 10.000 melkveebedrijven betekenen met globaal elk 100 koeien.



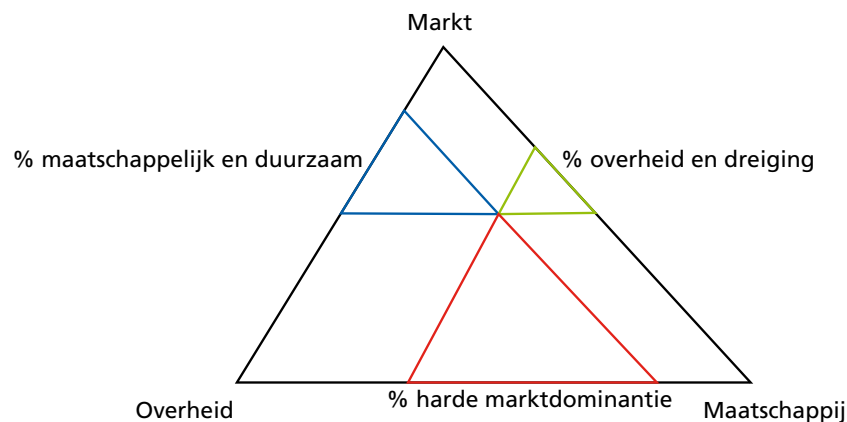
Bron: CBS

¹ Dagelijks 2,7 kWh/m² en 1,24 miljoen Ha

Welke van de drie drijvende krachten krijgt de overhand in 2025? Niemand kan dat met zekerheid voorspellen. Zelden is het één dominante ontwikkeling, meestal een mix van ontwikkelingen. Er ontstaat een balans tussen de geschetste krachten. Men kan de krachten in een driehoek weergeven. De verwachte toekomstige situatie wordt tussen de krachten weergegeven met een punt. Wanneer we door de punt lijnen trekken parallel aan de zijden van de driehoek, is het aandeel van elk van de krachten af te lezen op de tegenoverliggende zijde.

Het lijkt op dit moment het meest aannemelijk dat tot 2025 de marktdominantie van de grote spelers nog een belangrijke, zo niet overheersende rol zal blijven spelen. Maar de drive naar duurzaamheid en decentralisatie zal toenemen omdat de kwetsbaarheid van de levering en het transport van de wereld-energiestromen steeds vaker zal worden aangetoond. Bovendien nemen de maatschappelijke krachten en daarmee de druk voor de realisatie van een duurzamer maatschappij toe. Het lijkt verstandig nu reeds te werken aan de ontwikkeling van een goed concept voor een duurzame melkveehouderij op basis van het ESIN-principe. Immers, in de huidige veehouderij wordt slechts 0,12% van alle zonne-energie effectief benut. En slechts 18% van de energie die de koeien consumeren oogsten we in de vorm van melk en vlees. Dit betekent dat in theorie het melkveebedrijf nog grote bronnen van duurzame energie herbergt. De uitdaging is die bronnen op te sporen en zo goed mogelijk te benutten.

Figuur 2: mogelijk aandeel van de drie drijvende krachten in het toekomstmodel voor 2025.



Figuur 2 geeft deze uitgangspunten grafisch weer. Dit leidt tot de volgende toelichting. Door de harde concurrerende marktwerking wordt het melkveebedrijf enerzijds een gestroomlijnde onderneming van honderden en in sommige regio's zelfs duizenden koeien, waar voor de laagst mogelijke kostprijs melk wordt geproduceerd. De kleinschalige productie van zuivelspecialiteiten op de boerderij of in kleine coöperaties blijft een beperkte niche.

Tegelijkertijd zorgen maatschappelijke krachten met een inherente drive naar een duurzame samenleving ervoor dat de melkveehouderij de positie krijgt van duurzame beheerder van het landelijk gebied. Hierbij is het benutten en exploiteren van de kansen voor energie een voorname functie. De branche kan daarbij alle opties tot energiewinning in energieweb verband benutten. Dit betekent, naast melk- en vleesproductie, energieproductie uit mest en andere biomassa, uit zon- en wind, uit aardwarmte, uit stallucht (warmte en methaan) en uit reststromen van natuurbeheer en voedingsmiddelenindustrie. Ook het leveren van grondstoffen aan de chemische industrie behoort tot de mogelijkheden. Langs al deze routes kan de melkveesector op nationaal niveau belangrijk gaan bijdragen aan de energetische efficiëntie en reductie van de emissie van broeikasgassen.

Voor een aantal energietechnieken, zoals warmteterugwinning geldt dat kleinschalige bedrijven niet dezelfde mogelijkheden hebben als grootschalige bedrijven. Vereiste schaalgrootte en transportafstanden voor energie zijn hierbij de beperkende factoren. Voor een aantal andere technieken, zoals energiewinning uit mest en participatie in windparken geldt dat het kleinschalige bedrijf door deelname aan samenwerkingsverbanden voldoende bronnen kan bundelen voor energiewinning. Voor het opstellen van een energieperspectief voor 2025 kan men uitgaan van een grootschalig bedrijf, of een samenwerkingsverband van kleinere bedrijven hetgeen een vergelijkbare schaal oplevert.

Het modelbedrijf in 2025

In deze rapportage projecteren we het perspectief op een fictief modelbedrijf. Dit bedrijf wordt geïntegreerd binnen een regionaal energienet. De schaalgrootte van het bedrijf of het samenwerkingsverband van kleinere bedrijven is gemiddeld 500 koeien met een melkproductie van 4,75 miljoen kg per jaar en 250 ha (175 ha gras en 75 ha mais). De melkveehouderij heeft ruimte voor windturbines en beschikbaar dakoppervlak voor zonnepanelen. De warmte in de stallen kan mogelijk worden hergebruikt. Indien de methaanemissie van koeien kan worden opgevangen wordt er een waardevol economisch product. De mest kan worden omgezet door vergisting of andere technieken in brandstoffen en/of grondstoffen. Energiegewassen kunnen worden verbouwd en nieuwe technieken kunnen overige reststromen een nuttige toepassing geven. Om een inschatting te kunnen maken van de voor benutting kansrijke energiestromen beschouwen we in de volgende paragrafen de massa- en energiestromen op het melkveebedrijf.

2.2

Het sluiten van kringlopen

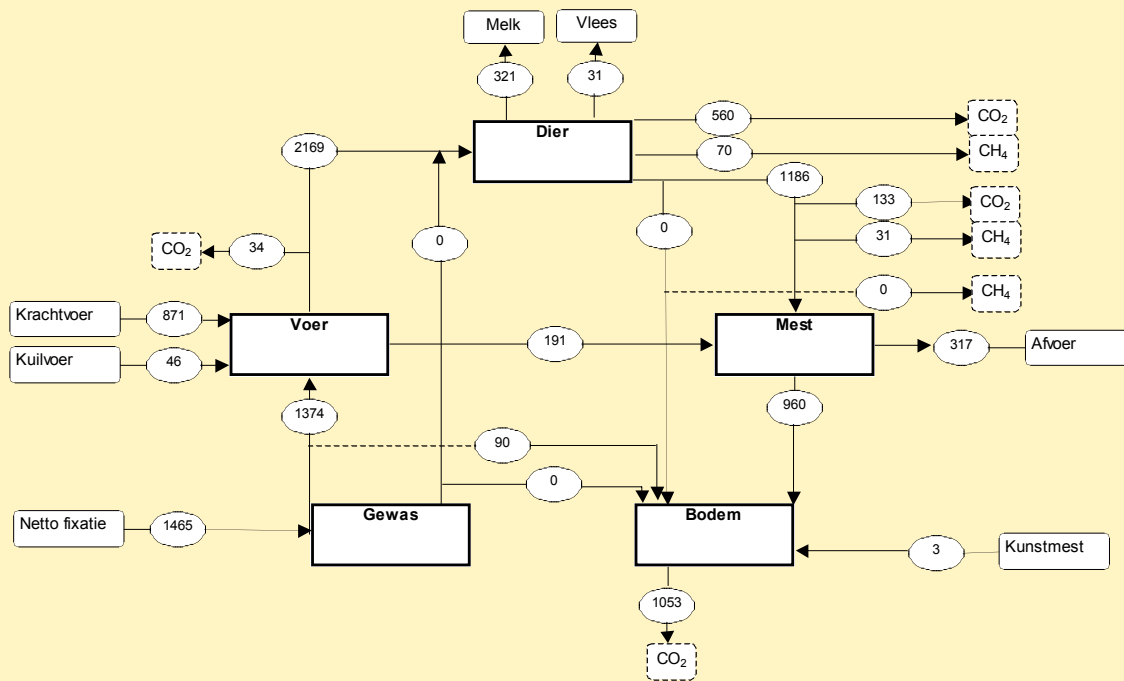
In de inleiding is aan de orde geweest dat slechts 18% van de ingevoerde energie (gewas, voer) wordt omgezet in vlees en melk. Om een beeld te krijgen van de omvang en beschikbaarheid van energiestromen op het melkveebedrijf heeft Wageningen Universiteit en Research (WUR) de koolstof- en energiebalansen voor een grootschalig melkveebedrijf met 500 koeien doorgerekend. De berekeningen voor één bedrijf met 500 koeien gelden in grote lijnen ook voor 5 bedrijven met 100 koeien of 2 bedrijven met 250 koeien. Voor wat betreft de stikstof-, koolstof en energiekringlopen zullen er slechts geringe schaalverschillen zijn. Echter de kosten voor gebouwen, voeropslag, mestopslag, mechanisatie en administratie zullen op kleinere bedrijven naar verhouding hoger zijn.

Het doorgerekende bedrijf is een gespecialiseerd grootschalig melkveebedrijf in 2025. Het bedrijf produceert 4,75 miljoen kg melk met 500 koeien op 250 ha cultuurgrond (Tabel 1). De hele veestapel staat jaarrond op stal.



Tabel 1: Bedrijfskenmerken van het modelbedrijf

	Modelbedrijf
Oppervlakte (ha)	250
- Grasland	175
- Mais	75
Veestapel (n)	
- Melkkoeien	500
- Pinken	194
- Kalveren	204
Melkproductie (kg/koe/jaar)	9500
Vet (%)	4.33
Eiwit (%)	3.43



Figuur 3: Koolstofkringloop op bedrijfsniveau (x1000 kg C)

Het basisbedrijf is doorgerekend met behulp van BedrijfsBegrotingsProgramma Rundveehouderij (BBPR), waarna de stofstromen zijn beschreven volgens Schils et al. (2005). De berekening met BBPR leverde de volgende kengetallen: (i) stofstromen, uitgedrukt in kg product, (ii) direct en indirect energieverbruik, uitgedrukt in MJ, en (iii) stikstofstromen, uitgedrukt in kg N. Ten behoeve van de koolstof- en energiestromen op het bedrijf zijn aanvullende data verzameld over koolstofgehalten en verbrandingswaarde van diverse stofstromen. De belangrijkste uitgangspunten zijn vermeld in Tabel 2.

Tabel 2: De koolstof- en energie-inhoud van enkele stoffen

	Koolstof (g/kg)	Energie (MJ/kg)
Melk	676	3.3
Vlees	230	12
Krachtvoer	400	17
Ruwvoer*	440	18.5
Drijfmest	70	1.7
KAS	25	10
Triple-P	0	2
Kali-40	0	1

* per kg droge stof

Vervolgens zijn de resultaten uit de BBPR-uitvoer en de aanvullende data samengebracht in een integrale berekening. De stofstromen zijn niet voor alle componenten (dier, mest, bodem, gewas en voer) volledig in balans. Bij sommige componenten worden alle in- en uitgaande stromen via afzonderlijke rekenregels berekend waardoor er een verschil overblijft tussen de som van alle in- en uitvoer. Bij andere componenten is één stroom berekend als de sluitpost waardoor de component zelf volledig in balans is.

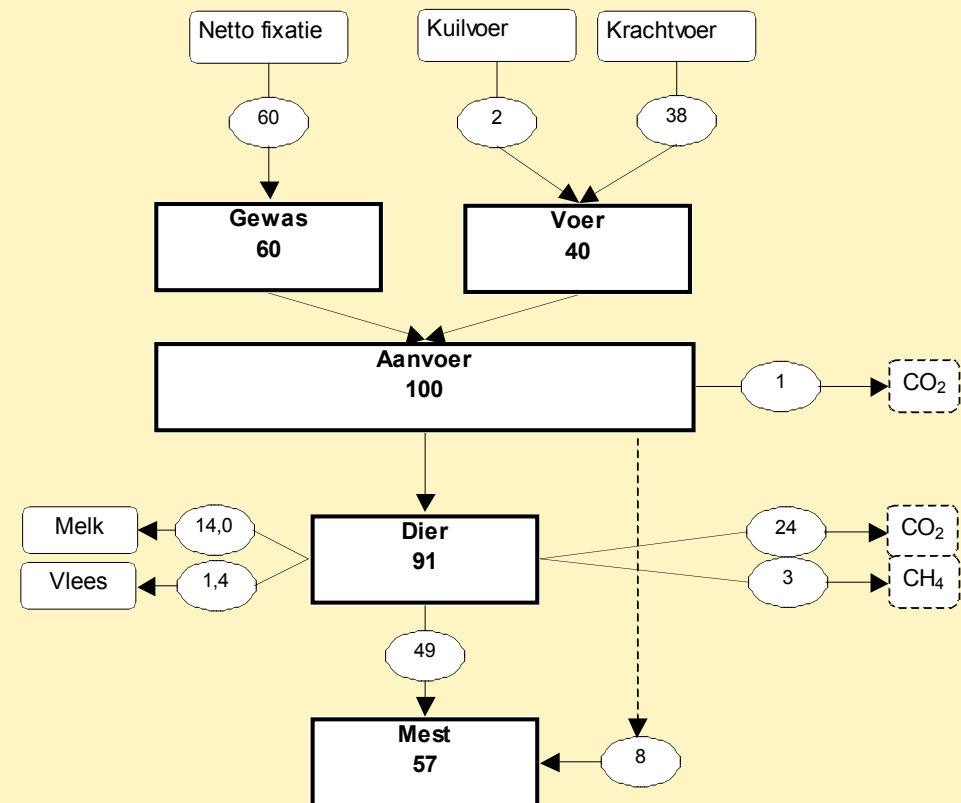
In de vereenvoudigde stroomdiagrammen is deze 'on nauwkeurigheid' bij de component voer weggewerkt door de verliezen uit de kuilopslag en de verliezen naar de mestopslag te verlagen zodat de voercomponent in balans is.

Resultaten

In de afgelopen decennia is het mestbeleid van grote invloed geweest op de ontwikkeling van de melkveehouderij. Op de bedrijven zijn maatregelen genomen om de verliezen aan stikstof en fosfaat drastisch te verlagen. Het sluiten van kringlopen op bedrijfsniveau stond daarin vaak centraal.

Koolstof

Op het basisbedrijf wordt jaarlijks netto 1465 ton koolstof vastgelegd in het gewas. De bruto vastlegging is een factor 2 à 3 keer groter, maar die gaat grotendeels via ademhaling weer verloren als CO₂. Naast fotosynthese is de aankoop van voer (917 ton) de grootste aanvoerpost. Van de totale aanvoer wordt ongeveer 15% vastgelegd in melk en vlees. Ongeveer de helft van de aangevoerde koolstof komt via het dier terecht in de mest. Daarnaast komt nog bijna 7% van de koolstof in de mest via vervoederingsverliezen.



Figuur 4: Koolstofstroom op koeniveau (%), totale aanvoer = 100%

2.3

Energiekringlopen

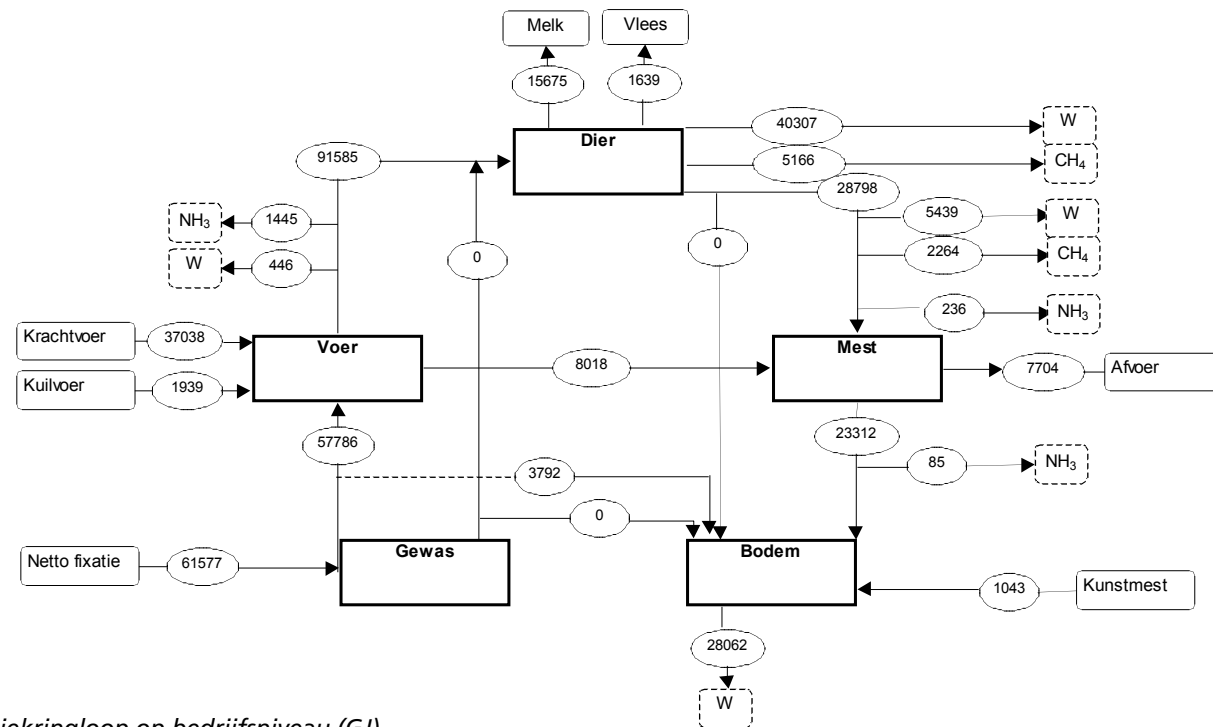
Sibma en Ennik (1988) en Sibma (1987) gaan voor Nederlands gras- en maisland uit van een bruto fotosynthese van respectievelijk 850 en 500 GJ per ha per jaar. In de bovengrondse oogstbare delen wordt bij gras 28% en bij mais 51% vastgelegd, oftewel 238 en 255 GJ per ha per jaar. In deze studie zijn voor gras en mais respectievelijk 250 en 280 GJ per ha per jaar berekend.

Voor het modelbedrijf is de totale energie aanvoer via fotosynthese daarmee 62 TJ (1TeraJoule = 1000 GigaJoule). Via het aankopen van voer wordt 39 TJ aangevoerd zodat de totale energieaanvoer 101 TJ is. Hiervan wordt slechts 18% vastgelegd in melk en vlees.

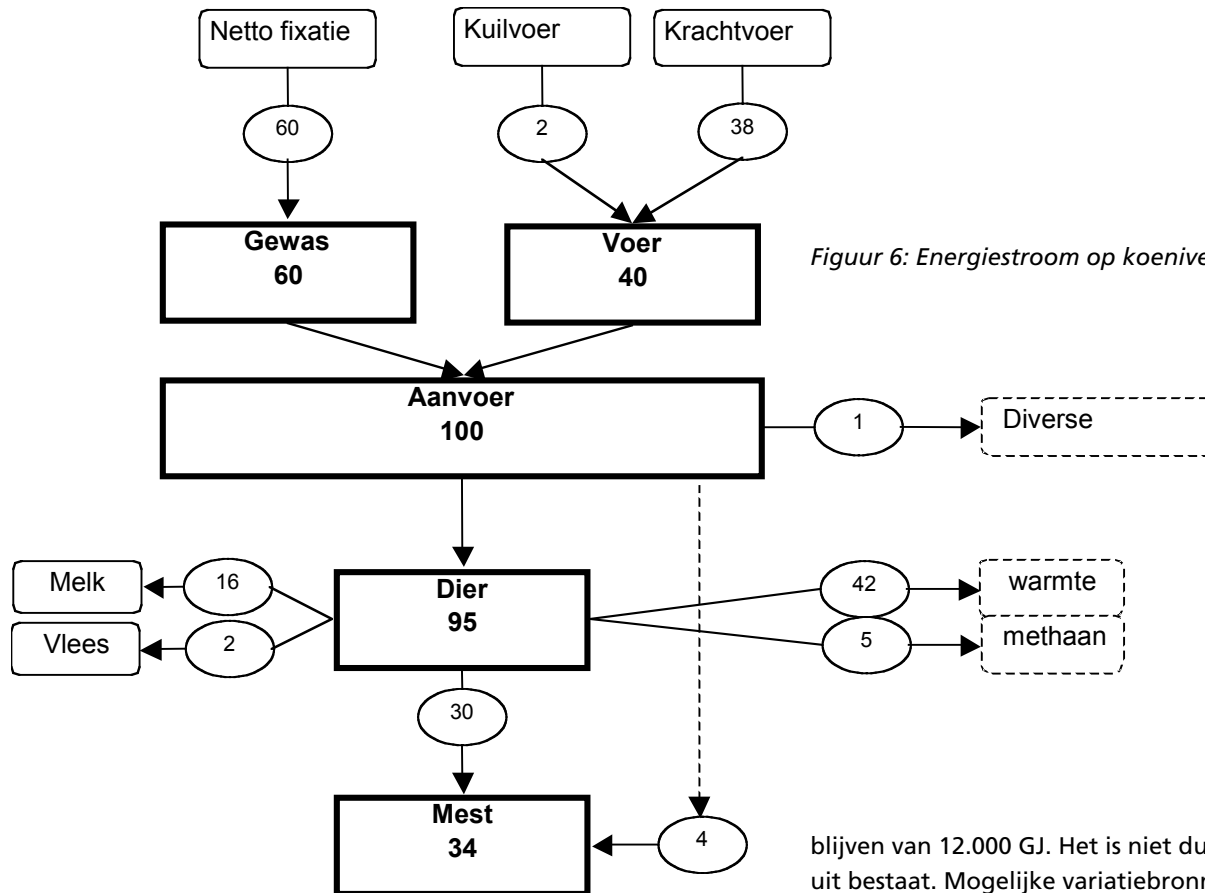
Ongeveer 50% van de energie gaat verloren als warmte en methaan, terwijl ruim een derde van de energie in de mest aanwezig is.

Indien we uitgaan van een instraling van zonne-energie van 9,7 MJ/m²/dag dan is de jaarlijkse instraling per ha gelijk aan 35.405 GJ. Voor het bedrijf van 250 ha komt dat overeen met 8.851 TJ. Van deze zonne-energie wordt 62 TJ vastgelegd in het gewas, oftewel 0,7%. Als de omzetting in vlees en melk vervolgens met een efficiency van 18% plaatsvindt is de totale ketenefficiency ongeveer 0,12%. In werkelijkheid zal de efficiency nog iets lager zijn omdat het onwaarschijnlijk is dat het aangekochte voer dezelfde efficiency heeft als het gewas van eigen grond.

Als we de energiekringlopen op bedrijfs- en koeniveau voor het modelbedrijf opstellen, zijn de beelden als figuur 5 en 6.



Figuur 5: Energiekringloop op bedrijfsniveau (GJ)



Figuur 6: Energiestroom op koeniveau (%), totale aanvoer = 100%



Onvolkomenheden in de balans

Met behulp van het ANIPRO rekenmodel van het voormalige IMAG kan de warmteproductie van de veestapel worden berekend. Hierbij worden de volgende uitgangspunten genomen: Gemiddelde staltemperatuur 13,4 °C, dagelijkse melkproductie 26 kg met 4,3% vet, koegewicht 685 kg, pinkgewicht 410 kg, kalfgewicht 175 kg. De totale warmteproductie per koe, pink en kalf is respectievelijk 1359, 738 en 371 W. Voor de hele veestapel komt dat overeen met 28.300 GJ. Hiervan is 25% latente warmte en 75% voelbare warmte. De voelbare warmte (21.000 GJ) is potentieel bruikbaar.

De warmteproductie van de veestapel (40.000 GJ) is berekend als sluitpost. Indien we dit vergelijken met de 'berekende' warmteproductie (28.300 GJ), dan blijkt er een onverklaard verschil over te

blijven van 12.000 GJ. Het is niet duidelijk waar dat verschil precies uit bestaat. Mogelijke variatiebronnen zijn: de onzekerheid van methaan is 25%, dit kan ruim 1000 GJ verklaren. De energiewaarde van het voer kan licht overschat zijn. Een alternatieve berekening van de voederwaarde laat zien dat het ruwvoer 18,3 MJ/kg ds bevat tegenover 18,5 MJ/kg ds in deze berekening, en het krachtvoer 16,3 MJ/kg ds tegenover 17 MJ/kg ds. Dit kan een verschil van ca. 2000 GJ verklaren.

De energie-inhoud van mest heeft een grote invloed op de uitkomsten. Indien deze hoger blijkt te zijn, bijvoorbeeld 10%, zal het verschil verminderen met bijna 3000 GJ.

Een eerdere studie van Snijders kwam op de volgende verdeling van de totale voeropname. Melk en vlees 17%, methaan 7%, mest 34% en warmte 42%. Deze verdeling komt redelijk overeen met de hier gevonden verdeling, maar geeft geen verklaring voor de geconstateerde discrepantie.

Een belangrijke opmerking geldt hierbij ten aanzien van de verhouding latente en voelbare warmte. In de Anipro berekening is deze op 25/75 gesteld, deze verhouding zal echter variëren aan de hand van factoren zoals omgevingstemperatuur, luchtvochtigheid en luchtsnelheid. De geproduceerde warmte wordt door drie mechanismen aan de omgeving afgestaan: straling, convectie en verdamping. Deze mechanismen worden sterk beïnvloed door omgevingsfactoren.

Omdat warmte een sluitpost in de balans vormt, kan de gevonden discrepantie ook (voor een deel) wijzen op onvolkomenheden ten aanzien van de andere posten. De melkproductie kan bijvoorbeeld lager zijn, en de mest en CH₄ productie hoger. Om een impuls te geven aan de beoogde discussie over het toekomstbeeld van energieopwekking in de melkveehouderij kan echter voldoende indicatie van het energiepotentieel worden gegeven.

In deze rapportage wordt het potentieel voor energieopwekking door de branche berekend. Aan dit potentieel draagt ook warmte-terugwinning bij met circa 2%. Ten behoeve van deze berekening is uitgegaan van een kental voor voelbare warmte van melkvee, uit een notitie van CIGR (1994, het ontwerp van melkveestallen). Dit kental komt goed overeen met een in het kader van dit project gemaakte berekening van de stralings- en convectieverliezen.

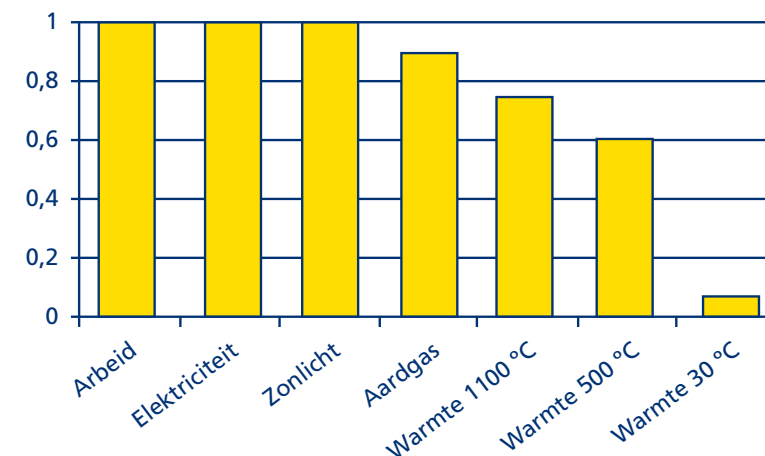
2.4

Bruikbaarheid van stromen: exergie

Ten aanzien van het bovenstaande overzicht van energiestromen kan worden opgemerkt dat energie zich op verschillende manieren kan manifesteren. Bruikbaarheid van de energiestromen is voor de benutting van kansen van groot belang. Als maat voor de bruikbaarheid wordt het begrip exergie gehanteerd.

Exergie is het deel van de energie dat kan worden omgezet in technische arbeid door een hoeveelheid stof naar omgevingscondities (omgevingsdruk en -temperatuur) te brengen. Elektrische energie en zonlicht zijn voorbeelden van een energievorm waarvan de exergie maximaal is, dat wil dus zeggen dat de energie volledig kan worden omgezet in arbeid. Met elektriciteit kan men bijvoorbeeld zware vrachten optillen, extreem hoge temperaturen opwekken en

Nederland droogpompen. Restwarmte op 30 graden Celsius is een voorbeeld van een energievorm met een lage exergiewaarde. Zelfs als er een grote hoeveelheid van beschikbaar is, kan deze slechts zeer beperkt worden benut, men kan er nog geen ei in koken.



Het terugwinnen van warmte levert 42% op van de ingaande energie. Omdat het op ons modelbedrijf om een grote energiestroom gaat (42 % van de door de koe opgenomen energie, fig.6), worden de mogelijkheden voor benutting in het vervolg van deze rapportage uitgewerkt. Vanwege de lage exergiewaarde is dat geen eenvoudige zaak. De nuttige toepassing is afhankelijk van de ontwikkeling van speciale hoog rendement systemen op het gebied van warmtewisselaars, warmtepompen en lage temperatuursverwarmingssystemen.

Een extra complicatie is dat warmte van lage temperatuur moeilijk is op te slaan en slecht te transporteren. Een idee is daarom om niet de warmte maar de warmtebron naar de applicatie te brengen. Dit zal verderop in het document worden uitgewerkt.

Ter illustratie van de waarde van de energieproducten: een veestapel van 500 melkkoeien op 250 ha grond produceert 28.300 GJ laagwaardige metabole warmte en 5400 GJ laagwaardige mestwarmte per jaar, totaal 33.700 GJ per jaar. Maar met een lichaamstemperatuur van ca 39 C (312 graden Kelvin) heeft deze warmte maar een hele lage exergiekwaliteit: $1 - (288/312) = 0.077$. De exergieinhoud is dus $33.700 \text{ GJ} \times 0,077 = 2592$ exergie-eenheden. Ter vergelijking: de 7.520 GJ per jaar afgegeven methaan heeft een exergiewaarde van 0,92 zodat we op $7520 \times 0.92 = 6918$ exergie-eenheden komen en dat is ruim 2,5x zo veel! Met methaan kan men hogere temperaturen opwekken (vlamtemperatuur maximaal 2800 graden Celsius) en motoren aandrijven. Methaan is tevens als grondstof toepasbaar in de chemische industrie, bijvoorbeeld voor het maken van synthetische benzines (GTL). In de toekomst kan waarschijnlijk met behulp van een brandstofcel op efficiënte wijze rechtstreeks elektriciteit en warmte worden opgewekt uit methaan.

Eenderde van de energie die de veestapel in gaat komt terecht in de mest. Mest heeft een goede energieinhoud per kg en is relatief gemakkelijk op te slaan en te transporteren. Technieken voor mestvergisting zijn reeds beschikbaar. Nieuwe technieken voor omzetting van mest in bruikbare energiedragers zoals methaan en waterstof zijn in ontwikkeling.

Mest heeft een redelijk goede exergiewaarde. Bij het ontleden of omzetten van mest komen bovendien stoffen vrij die toepasbaar zijn in de chemische industrie, bijvoorbeeld bij de productie van kunstmest. Randvoorwaarde hierbij is dat voldoende mest beschikbaar blijft voor de bemesting van het land.

Met de vermelde eigenschappen vormt mest een energiestroom die op korte termijn grootschalig door de branche als energieproduct vermarkt kan worden. Mest is dus niet zozeer onderdeel van het probleem maar een onderdeel van de oplossing voor de melkveehouderij.



Op basis van de energiebalans en een beschouwing van de exergie-eigenschappen worden de volgende energiestromen in deze rapportage nader beschouwd:

- Energie uit mest
- Methaanemissie door het dier
- Warmte emissie door het dier
- Energie uit gewassen

De toepasbaarheid van deze energiestromen wordt in het volgende hoofdstuk uitgewerkt aan de hand van de huidige en toekomstige technieken. Hierbij worden vanwege de beschikbare dak- en terreinoppervlakten tevens de niet bedrijfsgebonden technieken voor zonne- en windenergie beschouwd.

ENERGIETECHNIEKEN



IN DIT HOOFDSTUK WORDT BENUTTING VAN DE VOLGENDE STROMEN TOEGELICHT:
ENERGIE UIT MEST
METHAANWINNING UIT DE STAL
WARMTEWINNING UIT DE STAL
BENUTTING VAN ZONNE-ENERGIE EN WINDENERGIE
ENERGIEGEWASSEN

Per stroom worden steeds enkele technieken besproken. Zoals in de inleiding is benadrukt, is waar mogelijk gekozen voor nieuwe, veelal nog uit te ontwikkelen technieken. Reden hiervoor is dat deze rapportage beoogt om discussie, netwerkactiviteiten en innovatieve praktijkexperimenten op te starten, zodat de branche stappen zet naar de toekomst. Bovendien bieden de nieuwe technieken de nodige discussie over de bedrijfsvoering van het melkveebedrijf in de toekomst zoals stalconcepten en de functie van het bedrijf binnen een regionaal energienetwerk. Aansluitend op de toelichting van de technieken wordt per stroom het energiepotentieel kwantitatief beschouwd.

3.1

Energie uit mest

Anaërobe vergisting van mest op boerderijschaal neemt de komende jaren een grote vlucht. Bij de vergisting van mest onder gecontroleerde condities wordt biogas geproduceerd. Het gebruik van co-vergistingsmaterialen (bijvoorbeeld gras, voederresten, energiegewassen, reststromen uit de voedingsmiddelenindustrie) verhogen de opbrengst van de installatie aanzienlijk.

(Co-)vergisting van mest op het eigen bedrijf staat momenteel volop in de belangstelling. Mestvergisting is het bewaren van mest in een (opgewarmde) gesloten ruimte waarbij door omzetting onder invloed van bacteriën biogas en warmte vrijkomen. Co-vergisting is het winnen van biogas en warmte uit een mengsel van mest en organische restproducten. Dit biogas (CH_4 en CO_2) kan worden gebruikt in een WKK-installatie voor de opwekking van warmte en elektriciteit (co-generatie), voor de opwekking van elektriciteit, warmte en water (tri-generatie) of van meerdere producten (multi-generatie).

Vergisting is robuust, eenvoudig en betrouwbaar. Bij mesofiele vergisting verloopt het vergistingsproces bij een temperatuur van 30 tot 38 °C. Gemiddeld wordt 30 tot 60% van de vergistbare fractie van het afval omgezet in biogas. Bij deze omzetting ontstaat er biogas bestaande uit ca 65% methaan en 35% CO_2 met kleine hoeveelheden ammoniak en waterstofsulfide.

Thermofiele vergisting vindt plaats bij hogere temperaturen van 50-55 °C, waarna mest nog kan worden gepasteuriseerd op

70 °C om ziekteverwekkende bacteriën te doden. Het voordeel van deze techniek is dat de restanten vanwege de pasteurisatie veilig kunnen worden verplaatst en zelfs verhandeld.

Thermofiele mestvergisting in Denemarken

In de nabijheid van het Deense plaatsje Hashøj wordt mest van veertien varkenshouderijen en drie rundveebedrijven ingezameld. De mest wordt vermengd met maximaal 25% organisch afval, waaronder slachtafval en alcoholen. De gemengde mest wordt in drie achtereenvolgende warmtewisselaars opgewarmd tot 70 °C. Op deze temperatuur wordt de mest minimaal een uur bewaard in een pasteurisatietank, waardoor het zonder gevaar voor ziekteverspreiding naderhand kan worden getransporteerd en uitgereden over het land. Na de pasteurisatie wordt de mest weer afgekoeld tot 36 °C met verse mest die de pasteurisatietank ingaat.

De mest gaat vervolgens naar een vergistingstank, waar mesofiele anaërobe bacteriën de organische stof in de mest en in de bijgevoegde stoffen afbreken. Hierdoor ontstaat biogas, een mengsel van methaan en kooldioxide.

Dit groene gas wordt in Hashøj vanuit een gashouder via een leiding van 1,8 km lengte naar de warmtekrachtcentrale van deze plaats gevoerd. In de warmtekrachtcentrale staan twee gasmotoren. De kleinste gasmotor, die een generator van 750 kW vermogen aandrijft, draait continue op het biogas. De grootste motor, met een vermogen van 2,5 MW, is onlangs voorzien van een speciaal regelsysteem om met een variabel mengsel van aardgas en biogas te kunnen draaien. Door deze mengregeling kan men nu alle vrijkomende biogas volledig benutten en hoeft er geen gas afgefakkeld te worden.

De elektriciteit van de gasmotor gaat naar het elektriciteitsnet, de warmte van de gasmotoren wordt gebruikt voor het regionale warmtenet. Met behulp van een warmtebuffer kan men een overschot aan warmte tijdelijk opslaan. Het thermofiele proces is complexer dan mesofiele vergisting, maar geschikter omdat je gepasteuriseerde restanten van de mest zonder problemen kunt verplaatsen of uitrijden naar het land en zo de humus op peil kunt houden.

Conversietechnieken biogas

Biogas wordt nu algemeen in WKK's toegepast. Het gas fungeert daarbij als brandstof in een verbrandingsmotor, deze drijft een generator aan die elektriciteit maakt. De vrijkomende warmte kan worden opgevangen voor nuttige toepassing, bijvoorbeeld voor verwarming van kassen. In het geval van kassen kan tevens de vrijkomende CO₂ en luchtvochtigheid nuttig worden toegepast. De technieken zijn reeds uitontwikkeld en praktijkprojecten voor levering aan kassen worden op korte termijn uitgevoerd.

Nieuwe technieken worden ontwikkeld om biogas door gasreiniging (en evt. methanisering en gasconditionering) geschikt te maken voor bijmenging in het aardgasnet of andere toepassingen zoals bijvoorbeeld in motoren van transport- en landbouwvoertuigen. Tevens worden brandstofcellen ontwikkeld die "ruwere" gastromen dan alleen waterstof aankunnen, de zgn. hoge temperatuur brandstofcellen. In deze brandstofcellen kan het biogas met een veel hogere energetische efficiëntie direct worden omgezet in elektriciteit en warmte (afhankelijk van de techniek na gasreiniging).



Alternatieven voor vergisting

De volgende technieken zijn in ontwikkeling voor de productie van brandstof uit natte biomassastromen:

Tabel 3: Technieken voor productie van brandstof uit natte biomassastromen

Techniek	Eigenschappen	Status 2005	Toepasbaar op melkveebedrijf
Biochemische routes			
Mesofiele vergisting naar CH ₄	Beperkte omzetting, goed bruikbare restfractie voor grondverbetering	Commercieel	Zeer geschikt
Thermofiele vergisting met pasteurisatie naar CH ₄	Beperkte omzetting, restfractie goed bruikbaar en verhandelbaar	Pilot, geslaagd	Zeer geschikt
Donker fermentatie, gevolgd door methaan fermentatie (CH ₄ en H ₂ productie) of fotofermentatie (H ₂)	Lage efficiency. Fotofermentatie: kostbare fotobioreactor nodig.	Laboratorium / pilot	Mogelijk, lage efficiency
Directe fotobiologische omzetting	Werkt met water, zonlicht, enzymen. Geen biomassa nodig.	Laboratorium / praktisch niet haalbaar	Nee
Indirecte fotobiologische omzetting	Via algen H ₂ produceren, geen biomassa nodig.	Laboratorium / pilot	Nee
Thermochemische routes			
Hoge temperatuur vergassing (>1250 °C)	Voorafgegaan door pyrolyse stap, minder geschikt voor natte biomassavoeding, afvoer van as is een probleem in reactorontwerp.	Laboratorium / pilot	Minder geschikt
Medium temperatuur vergassing (750 – 950 °C)	Lage omzetting van C, probleem met teervorming.	Laboratorium / pilot	Minder geschikt
Vergassing in superkritiek water (SCW, 500-700 °C)	Zeer schone en efficiënte techniek, vrijwel volledige afbraak. Neerslag van zouten vormt probleem. CO ₂ is geconcentreerd af te vangen.	Laboratorium / pilot	Potentieel geschikt



Mest wordt momenteel ook als biomassa in elektriciteitscentrales mee verbrand, waarbij nieuwe technieken worden ontwikkeld om uit restfracties stoffen te winnen voor kunstmestproductie. Ook zijn pyrolyse processen in opkomst. De toekomst zal ons nog meer nieuwe technieken brengen. De technieken zullen zich moeten bewijzen in opbrengst, economie en bedrijfsvoering. In deze paragraaf komen (vanwege de aard van de koemest) nieuwe technieken aan de orde die vooral geschikt zijn voor waterige biomassastromen. Die nieuwe technieken zijn in volle ontwikkeling en kunnen het op lange termijn mogelijk maken om mest direct om te zetten in geconcentreerde methaan of zelfs waterstof. Het toepassen van waterstof in branders, verbrandingsmotoren of brandstofcellen is een uitermate schone manier om warmte en elektriciteit te maken of voertuigen aan te drijven.

Voorbeeld fasering technieken

	2005	2010	2015	2025
Mestvergisting	Biogas in WKK	Bijmenging biogas in aardgas	Biogas in hoge temp. brandstofcellen	
Nieuwe technieken				Directe omzetting van biomassa in waterstof

Om de discussie over nieuwe technieken te voeden wordt een nog te ontwikkelen techniek met een potentieel hoge opbrengst toegelicht: vergassing in superkritiek water. Deze techniek is bij uitstek geschikt voor natte biomassastromen en heeft een zeer hoge omzettingsefficiëntie. TNO heeft reeds een compacte SCW installatie staan van ca. 10 kW. Het energetisch rendement van het proces op deze eerste installatie is 70%. Een voordeel van deze techniek dat deze "mee kan groeien" in de transitie naar een waterstofeconomie omdat de samenstelling van het productgas kan worden verschoven van (in eerste instantie) een groot aandeel methaan naar een groot aandeel waterstofgas in de toekomst.

Waterstof uit mest

Het vergassingsproces in superkritiek water vindt typisch plaats bij een druk van circa 300 bar en een temperatuur van 600 - 650 °C. Onder deze condities neemt het water actief deel aan de chemische reacties. In het SCW proces wordt de biomassa volledig vergast waarbij uitsluitend bruikbare en schone restproducten overblijven. Het geproduceerde gas is zeer schoon en bevat voornamelijk een CH₄/H₂-mengsel. Afhankelijk van de procesomstandigheden (temperatuur, druk) kan de verhouding waarin CH₄ en waterstof worden geproduceerd worden gestuurd. In tegenstelling tot andere technieken wordt de gasfase niet verdund met stikstof. De gasen komen in het proces onder hoge druk (300 bar) vrij. Voor het CH₄/H₂ mengsel kan daardoor (dure) gascompressie uitgespaard worden voor transport of opslag van het

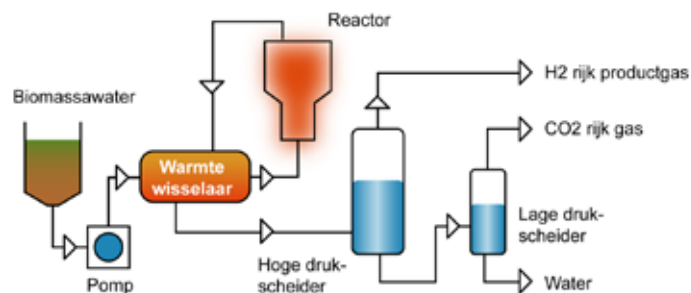
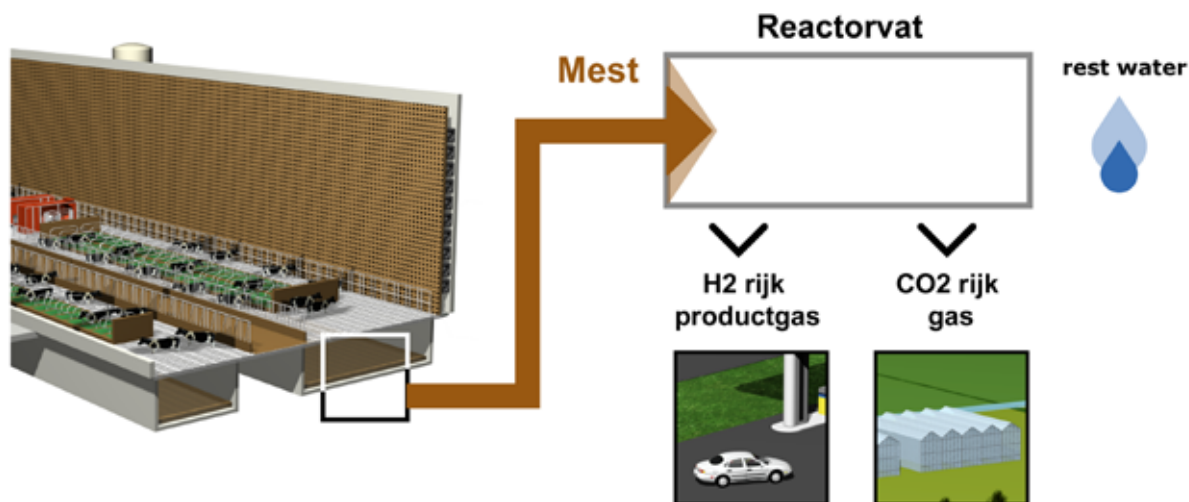
gas. Bijvoorbeeld in Amsterdam wordt H₂ op 350 bar opgeslagen voor gebruik in stadsbussen.

Het afbreken van de mest kan ook nadelen hebben voor de melkveehouderij. Bij vergisting heeft het residu uitstekende eigenschappen om het land te bemesten. Bij SCW is nog niet veel bekend over de bemestende waarde van de residuen.

Bij het proces komen op het moment dat de mest onder hoge druk wordt gebracht mineralen vrij. Dit verschijnsel vormt nu nog een technisch probleem door het neerslaan van zouten. Het vrijkomen van mineralen en andere elementen onder hoge druk en de geconcentreerde stoffen in het afvalwater biedt voor de toekomst wellicht mogelijkheden voor terugwinning als meststof voor kunstmest of winning van andere nuttige stoffen voor de chemische industrie.

Het proces van superkritisch vergassen is technologisch dermate geavanceerd dat toepassing op regioniveau in coöperatief verband meer voor de hand ligt dan toepassing op bedrijfsniveau. Met betrekking tot de CO₂ balans wordt door toepassing van het SCW proces in feite gedeeltelijk een dubbele winst geboekt: bij de voederproductie voor het melkvee wordt CO₂ aan de atmosfeer onttrokken en bij de verwerking van de mest in het SCW proces wordt de nog aanwezige koolstof geconverteerd naar geconcentreerde CO₂. Deze CO₂ kan technisch eenvoudig worden gescheiden van de overige reactieproducten en bijvoorbeeld in de glastuinbouw worden hergebruikt.

Superkritische vergassing



Kwantitatieve beschouwing Energie uit mest

Bij een deel van de bedrijven zal in 2025 nog anaërobe mestvergisting worden toegepast. De opbrengst aan energie zal in 2025 naar verwachting hoger zijn door verbeteringen van bestaande technieken en ontwikkeling van nieuwe technieken. Op grond van de energiebalans van het melkveebedrijf uit de WUR berekeningen volgt dat uit mest 23.053² GJ beschikbaar is. Verwerken van deze mest met behulp van nieuwe technieken levert bij een omzettingsefficiëntie van circa 70%, en een geschat eigen energieverbruik van de installatie van 20% voor pompen en cetera, voor een bedrijf met 500 koeien jaarlijks circa 15.000 GJ aan CH₄/H₂³.

² De genoemde waarde volgt uit de rekensom 28.728 GJ minus 5.439 GJ warmte en 236 GJ NH₃.

³ Dit zou ca. 9 TJ zijn bij de huidige stand der techniek van mestvergisting.

Hierbij is uitgegaan van een mestproductie per koe van 28 ton per jaar en een organisch stofgehalte (o.s.) van de mest van circa 7%. De mogelijkheden van co-vergisting van biomassastromen van buiten het bedrijf zijn hier buiten beschouwing gelaten. Daarmee zou de energieproductie nog aanmerkelijk verhoogd kunnen worden.

Voor het modelbedrijf betekent deze energieopbrengst een jaarlijkse CO₂ reductie van ongeveer 0,8 kton. Daarnaast kan de CO₂ die in het proces vrijkomt eenvoudig worden afgescheiden en in de bodem opgeslagen of aan glastuinbouw geleverd. Dit levert een verdere reductie van 1,0 kton CO₂ per bedrijf. In totaal wordt door de verwerking van mest met nieuwe technieken op een bedrijf met 500 koeien maximaal een reductie van 1,8 kton CO₂ gerealiseerd.

3.2

Methaanwinning uit stallucht

Algemeen

Met mestvergisting en eventueel vergassen van mest, beperken we de emissie van methaan uit mest aanzienlijk. Maar zoals uit fig. 3 blijkt, komt (zonder vergisting) slechts 30% van de methaan vrij uit mest en 70% uit de bek van de koe (oprispingen bij herkauwen). Die 70% vermengt zich dus met de stallucht. Het reduceren van die emissie door aangepaste voeding blijkt slechts beperkt mogelijk, mede vanwege de relatie met gezondheid en welzijn van de koe (gezonde voeding). Zijn er nu mogelijkheden denkbaar om deze relatief grote emissie van methaan in de stal te benutten?

Op de toekomstige grootschalige melkveebedrijven zullen de koeien een groot deel van het jaar, of zelfs het hele jaar op stal staan. Voor de gezondheid en welzijn van het vee is het belangrijk om te zorgen voor een optimaal stalklimaat. Uitgangspunt hierbij is een ruime aanvoer van natuurlijke, verse lucht.

In de varkenshouderij lopen een aantal proefprojecten voor de ontwikkeling van een gesloten stalconcept. In de praktijkexperimenten is aangetoond dat het gesloten stalconcept een aantal zeer interessante mogelijkheden biedt voor terugwinning van energie en beperking van emissie. In huidige ontwerpen kan al meer dan 75% van de door de varkens geproduceerde metabole warmte worden teruggewonnen. Wat betreft de emissies wordt in de proefprojecten al meer dan de helft van het geproduceerde

methaan en meer dan 90% van de geproduceerde ammoniak en geur afgevangen [WUR, 2004].

Een gesloten stalsysteem ligt, zoals hiervoor aangegeven, voor melkvee niet voor de hand. Is er een ander stalsysteem denkbaar, met een open, natuurlijke ventilatie, waarbij het afvangen van methaan eveneens mogelijk is?

Technische beschrijving

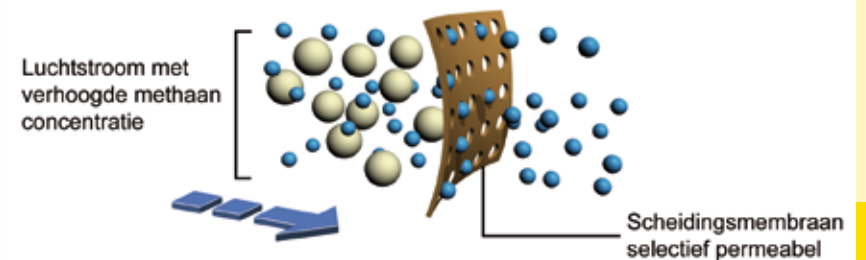
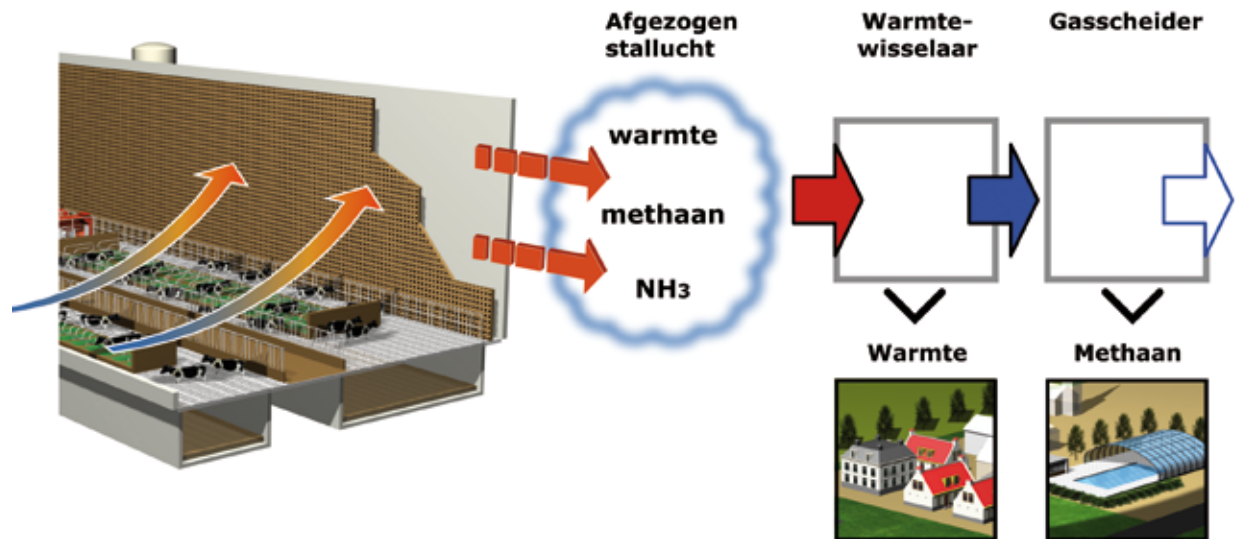
Als denk- en ontwikkelingsmodel presenteren we hier een stalconcept met open aanvoer en geforceerde afvoer van lucht. De stal is aan de voorzijde open. De afvoer van lucht vindt kunstmatig plaats via de achterwand, bijvoorbeeld door permeabele wanden en geforceerde onderdruk in de achterliggende kanalen. Door de grote oppervlakten van de wanden ontstaan geen hinderlijk hoge luchtsnelheden.

De afgezogen lucht uit de stal bevat ondermeer methaan uit de pensfermentatie en mest en andere gassen waaronder bijvoorbeeld ammoniak (NH_3). Het behandelen van de stallucht biedt de mogelijkheid om methaan uit de luchtstroom terug te winnen en nuttig te gebruiken als energiebron. Het afvangen van het methaan betekent tevens een belangrijke reductie van de emissie van dit (relatief sterke) broeikasgas

De terugwinning van methaan uit de ventilatielucht kan plaatsvinden door middel van gasscheiding met membranen. Hierbij wordt de luchtstroom gescheiden in een 'schone' luchtstroom met een sterk verlaagde methaanconcentratie en een verder te behandelen luchtstroom met een sterk verhoogde methaanconcentratie. Hiervoor is het principe van de membraanscheiding geschikt. De luchtstroom wordt hierbij langs een membraan geleid dat selectief permeabel is voor methaanmoleculen. De druk aan de andere kant van het membraan wordt sterk verlaagd. Hierdoor passeren de methaanmoleculen uit de luchtstroom het membraan en wordt aan de andere kant van het membraan een gasstroom gevormd met een hoge methaanconcentratie. Door deze behandelingsstap in een aantal gasscheidingsunits te herhalen kan de methaanconcentratie zover worden verhoogd dat het resulterende productgas geschikt is om in een brandstofcel elektriciteit en warmte op te wekken.

Tevens kunnen met dergelijke technieken verontreinigingen en geur worden verwijderd, waardoor vestiging naast natuur- en woongebieden mogelijk is.

Gasscheiding



De ontwikkeling van scheidingsmembranen is in volle gang. De verwachting is dat de techniek in 2025 zover is ontwikkeld en de kostprijs van dergelijke membranen zover is gedaald, dat de terugwinning van methaan met deze techniek voor een grootschalig melkveebedrijf economisch rendabel is.

Voor kleinschalige melkveebedrijven en bedrijven die veel weidegang toepassen zal de techniek niet haalbaar zijn gezien de grote investeringen in stalsystemen. Ook het toepassen van een centrale installatie voor een cluster van kleinschalige melkveebedrijven ligt niet voor de hand.

Kwantitatieve beschouwing

De jaarlijkse methaanproductie uit pensfermentatie en mest bedraagt per koe circa 150 kg. In het meest optimale geval kan in het geschetste stalconcept circa 90% van de geproduceerde methaan worden afgevangen. Door verliezen via het open dak en bijvoorbeeld een weidegang van de koeien gedurende een gedeelte van het jaar, zal in de praktijk minder kunnen worden teruggewonnen. In de gehanteerde variant is daarom uitgegaan van terugwinning van 50% van de uitgestoten methaan.

De energie-inhoud van de afgevangen methaan bedraagt 3,7 TJ voor het modelbedrijf. Het gewonnen methaan kan in de toekomst in een brandstofcel in elektriciteit en warmte worden omgezet en levert daarmee in het optimale geval voldoende energie (warmte en elektriciteit) voor circa 40 huishoudens.

Mogelijk nog belangrijker dan deze energieopwekking is de verminderde broeikasgasemissie. Per bedrijf bedraagt de totale CO₂ reductie circa 1,5 kton CO₂-equivalenten, bijna evenveel als door duurzame energieopwekking uit mest.

Huishoudens als maat voor het energiepotentieel

Eerder is aangegeven dat het energiepotentieel wordt uitgedrukt in het aantal huishoudens, om de lezer een indruk te geven van de orde grootte. We willen voorkomen dat de berekeningen alleen begrijpelijk zijn voor energiespecialisten.

Echter, binnen een regionaal energienet zullen de energiestromen waarschijnlijk eerder aan bedrijven worden gekoppeld, bijvoorbeeld aan glastuinbouw of tankstations. Ook is het begrip verbonden met het huidige energieverbruik van huishoudens en dus niet aan het toekomstige verbruik. Ten slotte kan worden opgemerkt dat toekomstige technieken voor het omzetten naar bruikbare energie in volle ontwikkeling zijn, bijvoorbeeld brandstofcellen en warmtepompen. Deze technieken zullen in 2025 een andere verhouding mogelijk maken tussen warmte- en elektriciteitsopwekking.

De volgende kentallen zijn hierbij aangehouden voor het jaarlijkse verbruik:

<i>Huishoudelijk elektriciteitsverbruik</i>	<i>3250</i>	<i>kWh</i>
<i>Huishoudelijk gasverbruik</i>	<i>2000</i>	<i>Nm³</i>

3.3

Metabole warmteterugwinning uit stallucht

Algemeen

Het stalconcept met geforceerde luchtafzuiging biedt naast de winning van methaan ook de mogelijkheid om de metabole warmte van de opgestalde koeien uit de ventilatielucht terug te winnen. Omdat in de melkveehouderij natuurlijke ventilatie uitgangspunt is, gaan we uit van aanvoer van verse buitenlucht via een open systeem. De aanvoer van verse lucht is tevens van belang om de metabole warmte af te voeren. Een koe produceert afhankelijk van de omgevingstemperatuur 600 - 1000 W aan (voelbare) thermische warmte [CIGR, 1994]. Daarnaast produceert zij nog eens 300 - 800 W aan verdampingswarmte. Een opstelling van 500 koeien is hiermee vergelijkbaar met een CV ketel voor een kantoorgebouw van circa 4.000 m³. De exergie is vanzelfsprekend aanzienlijk lager, de warmte in de afgevoerde lucht zal een relatief lage temperatuur hebben.



Toekomstige technieken

Nieuwe systemen voor warmtewisseling zijn in ontwikkeling. Een voorbeeld van een nieuw type warmtewisselaar is de Fine Wire Heat exchanger (Fiwihex) warmtewisselaar.

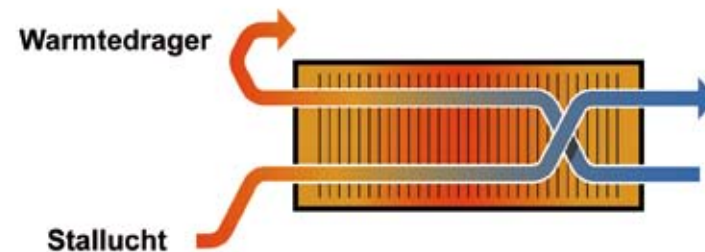
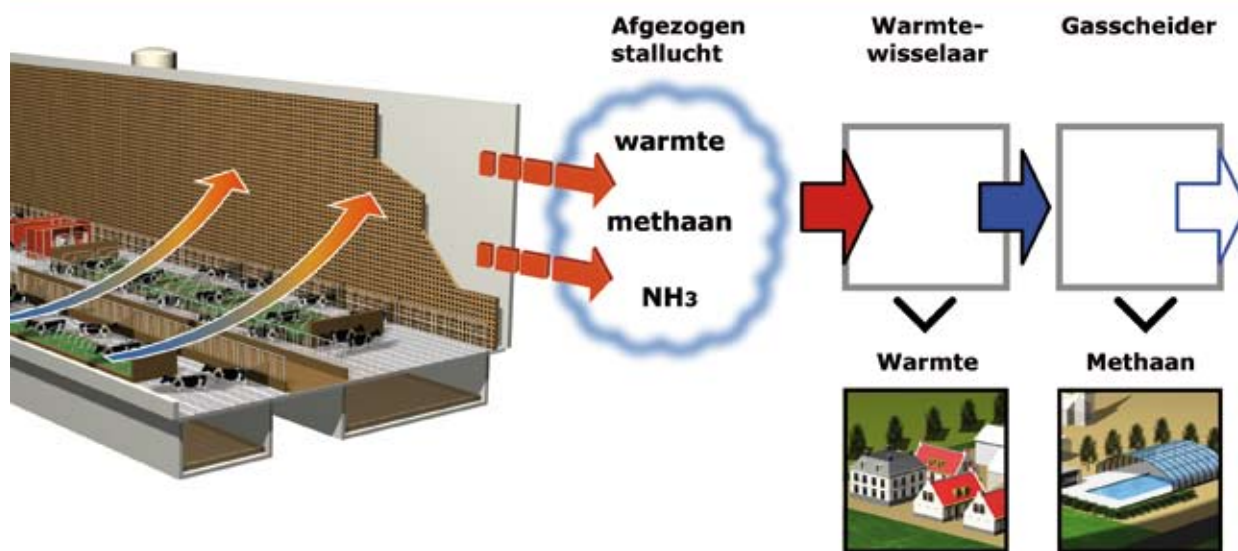
Dit type warmtewisselaars heeft een hoge efficiency en werkt reeds bij geringe temperatuursverschillen. Een dergelijk systeem wordt binnenkort beproefd in het concept van een energieleverende kas, waarvan het eerste exemplaar in aanbouw is in tuinbouwgebied Bergerden, nabij Huissen.

Het systeem kan reeds bij kleine temperatuursverschillen met een hoge efficiency warmte terugwinnen. De teruggewonnen warmte kan naar

behoefte met behulp van een warmtepomp worden opgewaardeerd naar een hoger temperatuurniveau. In een energieweb kan de warmte worden geleverd aan naastgelegen tuinbouwkassen of bedrijven.

De ontwikkeling van geschikte warmtepomptechnologie is voor een goede benutting van restwarmte uit stallen van belang. Dergelijke systemen staan onder grote belangstelling voor benutting van industriële restwarmte, zoals het thermo-akoestisch warmtepompstelsel. Met dit systeem kan over een groot temperatuurbereik worden gekoeld of verwarmd. Aan het systeem wordt gewerkt om het geschikt te maken voor lagere temperatuur restwarmte en om het rendement van het systeem te verbeteren (ECN, 11-2005).

Warmte terugwinning uit stallucht



Een kas op het staldak?

Wie heeft er behoefte aan laagwaardige warmte? Men kan denken aan pakhuizen, winkelcentra, zwembaden, kerken, kassen, loodsen, veilingen e.d in de wintertijd. In dit rijtje is de glastuinbouw interessant omdat die ook CO₂ en water uit de waterdamp en de gier kunnen gebruiken. Om de afnemer zo dicht mogelijk bij de warmteproductie te brengen kan men een kas op een goed geïsoleerde stal plaatsen.

Als 700 (equivalent) koeien 's winters 6 maanden binnenstaan in een stal van 1 ha dan is er in 6 maanden wintertijd ca 15.000 GJ per 10.000 m² beschikbaar, ofwel 1500 MJ/m². Een kas met enkelglas dakbedekking gebruikt in de 6 wintermaanden ca 1250 MJ/m² warmte en 350 MJ/m² voor additionele energiediensten. Met Lexan dakbedekking wordt dit ca 600 MJ/m² en met geavanceerde Lexan dakbedekking kan dit verder terug naar 420 MJ/m². Met 1500 MJ/m² beschikbaar zit de warmtelevering er dus in principe in.

Door het dak van de stal te laten bestaan uit de bodem van de kas (b.v. stalen platen afgewisseld met staalglasplaten voor licht-inval in de stal) ontstaat bodemverwarming in de kas. De stallucht kan via filters en CH₄ gasscheidingsmembranen gedoseerd in de kas worden gebracht. De mest kan in methaan/H₂ en CO₂ worden omgezet. Voor de kas is daarmee CO₂ beschikbaar, zowel uit de stallucht als uit de verwerking van mest en de verbranding van gewonnen methaan. Ook kan gewonnen energie, methaan en CO₂ gebruikt worden om aan een groter areaal glastuinbouw te leveren.

Uit de literatuur volgt dat de stallucht ter hoogte van de koe ca 15 °C zou mogen bedragen, rekening houdend met een goede melkproductie. Aan de hand van de verwachte warmteverliezen is de netto beschikbare warmte globaal berekend. De berekening geeft aan dat het nodig is om de kas van een verbeterd Lexandek te voorzien om tot een buitentemperatuur van -8 °C de kas voldoende te kunnen verwarmen. De plannen en concepten voor zo'n dek liggen gereed en zijn uitvoerbaar. Het lijkt dus een interessant denk- en ontwikkelingsmodel. (Van Liere, 2006)

Kwantitatieve beschouwing

De warmteafgifte van een melkkoe in rust bedraagt circa 900 W [CIGR, 2004]. In een optimaal scenario gaan wij er van uit dat deze warmte met de warmtewisselaar met een overall efficiency van 90% uit de ventilatielucht kan worden teruggewonnen. In dat geval levert dit een jaarlijkse energieopbrengst van circa 27 GJ/koe. Combinatie met warmteterugwinning uit de melk levert nog circa 5-10% hogere energieopbrengst. Ook hier geldt weer dat door warmteverliezen via het halfopen dak en een gedeeltelijke weidegang een efficiency van 50% waarschijnlijker is.

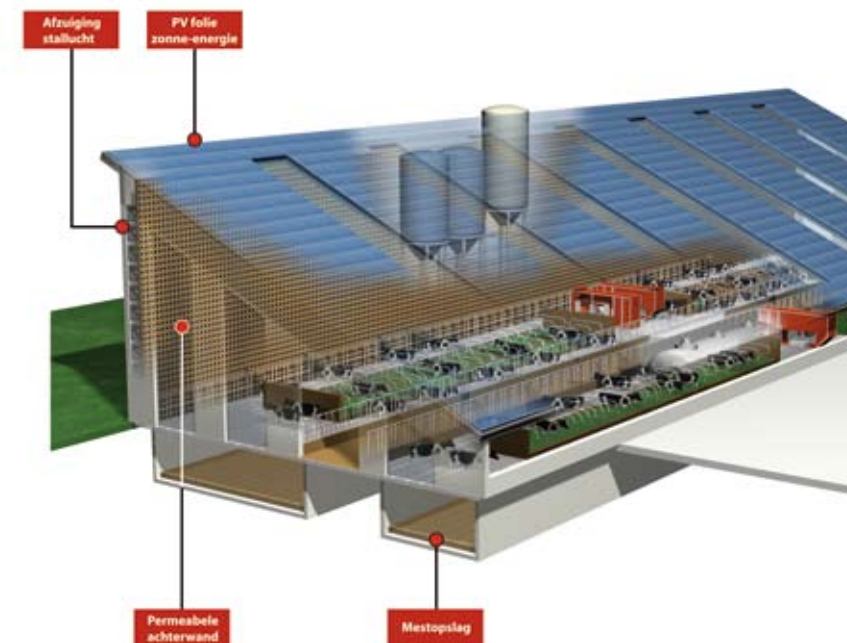
In het geval van 50% warmteterugwinning kunnen door een groot-schalig melkveebedrijf circa 117 huishoudens van warmte worden voorzien. De totale CO₂ reductie door toepassing van deze techniek komt voor het bedrijf daarmee op circa 0,4 kton CO₂-equivalenten.

3.4

Oogst van zonne-energie met PV-systemen

Algemeen

Een huidig PV-systeem bestaat uit panelen die gemaakt zijn van silicium en onder invloed van de zon stroom opwekken. Het huidige



rendement van zonnecellen is nog te laag en de kostprijs te hoog om zonnestroom in Nederland economisch aantrekkelijk te maken.

Wattpiek (Wp)

Een Wp (Wattpiek) is het vermogen dat opgewekt wordt bij optimale zonne-instraling. Een paneel van 100 Wp kan dus in het beste geval 100 Watt leveren. Over een heel jaar gezien levert een paneel van 100 Wp in Nederland ongeveer 80 kWh. Er zijn bronnen die verwachten dat het vermogen op de lange termijn toeneemt tot 200 - 300 Wp/m². In deze rapportage is er van uitgegaan dat de technologische ontwikkeling vooral een daling van de prijs voor PV systemen met zich mee brengt, en een constructief eenvoudige toepassing op daken.

Internationaal wordt ernaar gestreefd de opwekking van elektriciteit uit zonne-energie (PV) voor 2020 concurrerend te maken met elektriciteit uit fossiele brandstoffen. Om de hiervoor benodigde kostenreductie met minstens een factor 3 te bereiken, moeten PV-cellen en modules veel efficiënter geproduceerd worden. Veelbelovend is de ontwikkeling van PV-folie. Door het bedrijf Helianthos is een proces ontwikkeld voor de continue productie van zonnecellen. Dit is een 'roll to roll' proces. Het doel is een structurele verlaging van de productiekosten van zonnecellen. Op dit moment zijn de kosten van zonnecellen nog te hoog voor commerciële toepassingen waarbij elektriciteit geleverd wordt aan het openbare net. De kostprijs is momenteel circa € 0,30 per kWh. Verlaging tot circa € 0,20 is nodig om grootschalige toepassing in de toekomst mogelijk te maken. Helianthos ontwikkelt momenteel een tweede generatie zonnecellen waardoor de kWh prijs daalt tot ongeveer deze waarde. Verwacht wordt dat deze tweede generatie in 2008 beschikbaar komt.

"Haal meer uit je dak"

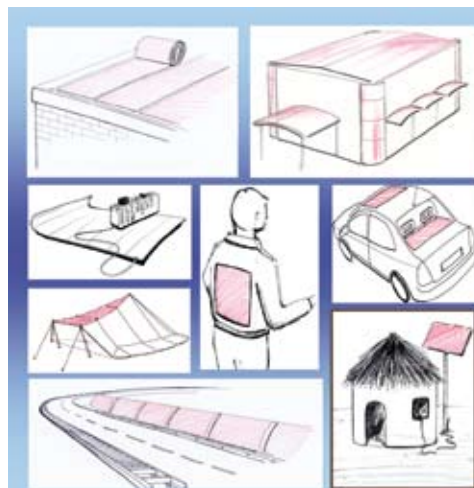
In 2002 werden bij varkensbedrijven als proef photo-voltaïsche zonnecellen gezet op daken van varkensstallen. In dit project is bij bedrijven het asbestdak verwijderd en vervangen door daken met zonne-energiesystemen. Hierbij kan het gaan om pv-panelen, zonnecollectoren of een combinatie. Uitgangsprincipe is dat door efficiëntie en schaalvoordelen dit zonnedak in deze constructie tegen eenzelfde prijs aangeboden kan worden als

voor renovatie van een asbestdak zonder energiedak door een individuele agrariër. Uit het proefproject bij 7 veehouders blijkt in januari 2003 dat er nog veel knelpunten zijn. De doorberekende technieken zijn nog niet erg rendabel en alleen voor specifieke sectoren interessant (bijvoorbeeld de vleeskalverhouderij) Ook de terugverdientijden zijn langer dan verwacht omdat de overheid de subsidies heeft verlaagd.

Het is interessant om te beseffen is dat we (elektrische) energie heel veel efficiënter kunnen winnen uit zonlicht via de directe photovoltage dan via de biomassa-route. Het omzettingsrendement bij biomassa is ca 0,75% (zon naar biomassa) en daarna in de biomassaketten nog eens ca 30% (biomassa naar elektriciteit), totaalrendement ca 0,25%. Zelfs de goedkoopste en allerslechtste zonnecellen hebben wel een rendement van 5% en dat is dus 20x zo goed!

Technische beschrijving

Vanwege de beperkte hoeveelheid beschikbare ruimte in Nederland is de integratie van PV-systemen in gebouwen van belang. Het dakoppervlak van agrarische bedrijfsgebouwen kan hier een bijdrage aan leveren. Met de verwachte prijsdaling richting 2025 zullen PV-systemen een rendabele optie worden voor de duurzame energieproductie door de melkveehouderij. Door toepassing van flexibele PV-folies is het bovendien mogelijk het gehele dak van de stal van PV-cellen te voorzien.



*Flexibele zonnecellen
Ontwerp:
Nuon-Helianthos*

Dunne-film cellen

Dunne-film cellen zoals amorf silicium en koper-indium-diselenide (CIS), worden steeds belangrijker vanwege de veel goedkopere productiemethoden gebaseerd op gasfase-depositietechnieken. De celrendementen zijn nu in de orde 6-10 %, maar kunnen nog aanzienlijk verbeterd worden. Vanwege de flexibele aard van de cellen, zijn polymeren en coatings bijzonder geschikt als omhullingmateriaal. Er kunnen nieuwe producten ontstaan zoals gebogen PV panelen bij gebruik van stijve polymeren en PV folies bij gebruik van flexibele polymeren of coatings. Fluorpolymeren komen in beeld bij zeer duurzame toepassingen, vele andere kunststoffen als de eisen minder hoog zijn. Continue depositie- en laminatietechnieken kunnen uiteindelijk tot zeer goedkope PV producten leiden [Bron: TNO]

Kwantitatieve beschouwing

Op het dak van het melkveebedrijf wordt PV-folie aangebracht met een opbrengst van 80 kWh/m². Het dak van het grootschalig bedrijf is circa 4.500 m² groot, hetgeen resulteert in een jaaropbrengst aan elektriciteit van circa 360.000 kWh. Ter oriëntatie: met deze opbrengst kunnen circa 110 huishoudens van duurzaam opgewekte elektriciteit worden voorzien. Door deze duurzaam opgewekte elektriciteit wordt een CO₂ reductie van 0,25 kton bereikt.

3.5

Windenergie

Algemeen

Grootschalige windenergie is een serieuze optie voor de landbouw. Bij diverse boerenbedrijven staan nu al windmolens met een rendabele exploitatie. Het verkrijgen van een vergunning is momenteel echter niet eenvoudig. Het plaatsen van solitaire windturbines wordt steeds meer aan banden gelegd. Vestigingskeuzes voor plaatsing van windturbines in de toekomst zijn:

- in grootschalige landschappen;
- aan de rand van open ruimten;
- niet in open landschap;
- niet in groene contourgebieden;
- aangesloten op energie-infrastructuur.

Binnen een bedrijvenpark met grootschalige melkveehouderij en aanverwante sectoren is inpassing van grootschalige windturbines een goede mogelijkheid voor de productie van duurzame energie..

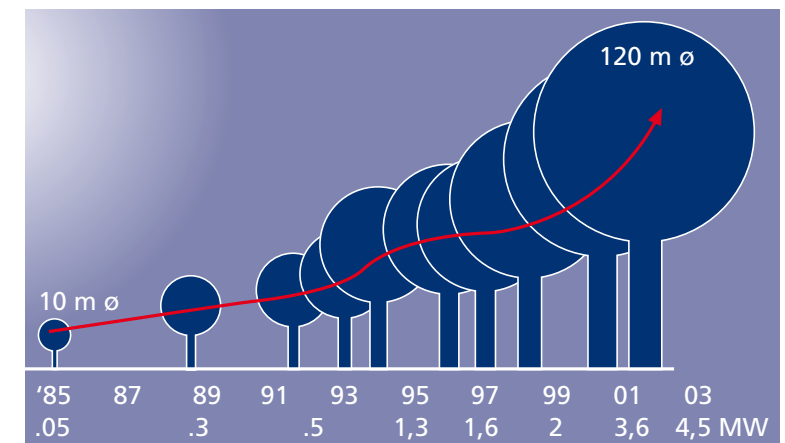
In relatie tot de perceel- en gebouwmvang en de meer recreatieve functie en inpassing van kleinere melkveebedrijven liggen grootschalige windturbines per bedrijf niet voor de hand. Alternatief vormt het plaatsen van enkele grootschalige windturbines per cluster van kleinschalige bedrijven, bij voorkeur in een lijnopstelling, of het plaatsen van kleinschalige windturbines. Deze turbines hebben nu nog een lagere opbrengst en een langere terugverdientijd dan grootschalige windturbines, maar ze leveren minder hinderaspecten zoals geluid en horizonvervuiling.

Grootschalige windturbines

Windenergie is reeds verregaand ontwikkeld. Toekomstige ontwikkelingen beperken zich met name tot de grootte en de vermogens van de turbines.

In 2003 betrof het gemiddelde vermogen van een windturbine in Nederland ongeveer 1,5 MW. Door een betere beheersing van vermogenslektronica, materiaaleigenschappen en het krachtenspel in de installatie is het gelukt om het vermogen van windturbines flink op te schalen.

Figuur 7: Technische ontwikkeling windturbines [Bron TU-Delft]



Het grootste prototype windturbine heeft een vermogen van 4,5 MW. Door opschaling is het mogelijk de kosten per eenheid geïnstalleerd vermogen sterk te reduceren. De grootste turbines zullen echter niet in het binnenland worden gebruikt maar in offshore windparken.

Kleinschalige windturbines

Kleinschalige turbines kunnen worden geïntegreerd in de agrarische bebouwing. In Nederland worden nu al kleinschalige turbines in de gebouwde omgeving toegepast. Kleinschalige turbines zijn goed inpasbaar in natuur- en landschap en leveren weinig geluidshinder en horizonvervuiling. Nadeel is de geringe opbrengst en de hoge kosten per kiloWatt. In de toekomst kunnen de kosten door zeer grootschalige productie van componenten wellicht worden teruggebracht.

Momenteel wordt op het agrarisch 'Praktijkcentrum Raalte' van Wageningen Universiteit onderzoek gedaan naar kleinschalige windturbines. Er is gekozen voor kleinschalige windturbines vanwege het korte vergunningetraject, de toepasbaarheid in het landschap en het testen van de laatste ontwikkelingen in dit segment. Het project richt zich voornamelijk op energiemonitoring en demonstratie. Daarnaast vinden enkele geluidsmetingen plaats en wordt gekeken naar de invloed van de windturbines op de omgeving, de bedrijfsvoering en de hinder in de stal. Ook een economische beschouwing maakt deel uit van het project. Daarbij worden de investerings- en onderhoudskosten en de opbrengsten van de molen met elkaar vergeleken. Niet alleen wordt onderzocht wat agrariërs binnen het eigen bedrijf met de windmolens kunnen doen, ook de mogelijkheid tot 'verkopen' aan een energiebedrijf als duurzame energie is onderwerp van studie.

Kwantitatieve beschouwing

De gemiddelde inschakelduur van grootschalige windturbines in Nederland bedroeg in 2005 ca 26%, ofwel $0,26 * 8760$ (uur/jaar) = 2277 uur/jaar. Een windturbine van 2 MW zal statistisch gemiddeld in Nederland derhalve 4.555.200 kWh produceren voor veehouders, gelegen aan de kust. Voor de meeste veeteeltbedrijven die meer landinwaarts liggen (zoals in de provincies Drenthe, Overijssel, Gelderland, Brabant en Limburg) geldt een lagere opbrengst, naar

schatting niet meer dan 3.500.000 kWh. Als de inschakelduur door technologie- en ontwerpverbetering de komende 20 jaar toeneemt met relatief 15%, dan worden deze getallen resp 5.237.000 kWh aan de kust en 4.025.000 kWh in het binnenland.

Kleinere windturbines (5-10 kW) staan op veel lagere masten en hebben anno 2005 een nog veel lagere inschakelduur. (zie tabel)

Masthoogte (m)	Landlocatie (uur/jaar)	Kustlocatie
10	1200	1900
25	1750	2300

Een 10 kW windturbine zal derhalve anno 2005 aan de kust maximaal 23.000 kWh/jaar produceren als dit apparaat op een relatief hoge mast staat. De meeste turbines landinwaarts zullen echter niet verder komen dan 12.000 tot 17.500 kWh/jaar. Door betere ontwerpen en verbeteringen in de technologie kan dit in 2025 oplopen naar ca 26.500 kWh aan de kust en 20.000 kWh in het binnenland. Een zeer beperkte participatie in grootschalige windturbines zal de opbrengst van kleine turbines al snel overstijgen. Om een netto energieleverancier te worden kunnen melkveebedrijven dus beter participeren in een lijnopstelling van grote windturbines. Om voorlichting te geven over duurzame energie is het plaatsen van kleinschalige windturbines vanzelfsprekend wel interessant. Overigens gaat de opbrengst in het bovenstaande uit van een windrijke locatie en toekomstige efficiënte turbines, met weinig uitval.

3.6

Energiegewassen

Naast de productie van voedsel en veevoer kan landbouwgrond ook voor energieteelt worden aangewend. De meningen over het perspectief van energieteelt zijn verdeeld. Grond is in Nederland duur en schaars en zal dus vooral voor hoogwaardige toepassingen worden ingezet. Of energieteelt daartoe behoort wordt door sommigen betwijfeld. Uit onderzoek blijkt het energiepotentieel van energieteelt in Nederland in principe veelbelovend te zijn. Het zullen echter vooral de economische randvoorwaarden zijn die bepalen welk aandeel daadwerkelijk voor energiewinning en/of biobrandstoffen wordt ingezet.



Concurrentie

Het gebruik van gewassen voor energietoepassingen kan gaan concurreren met de huidige toepassingen. Voor Nederland wordt met name concurrentie verwacht tussen de inzet van biomassa voor bio-brandstoffen en de inzet als veevoer. Bijvoorbeeld, indien de bioethanolindustrie met het prijsniveau van voerders tarwe kan concurreren, zal de import van veevoer toe moeten nemen. Hierbij zal tevens internationaal concurrentie optreden. In andere landen van de EU en in ontwikkelingslanden is er een veel groter potentieel voor het telen van energiegewassen. Het importeren van energiegewassen uit ontwikkelingslanden heeft echter ook zijn consequenties. Het kan leiden tot vernietiging van waardevolle natuurgebieden zoals de tropisch regenwouden. Bovendien kan stijging van lokale voedselprijzen er toe leiden dat de allerarmsten niet in staat zijn voldoende voedsel te kopen. Energieteelt voor de rijken wordt dan een pijnlijke concurrent van voedselproductie voor de armen. Het is daarom van belang om ook binnen Europa energieteelt te ontwikkelen.

Veelbelovende biobrandstoffen voor Nederland zijn:

- Ethanol uit suikerbieten, tarwe en reststromen;
- Bio-ETBE (bijmenging/additief voor benzine);
- Biodiesel uit koolzaad;
- Biodiesel uit biomassa reststromen.
- Ethanol uit cellulose (op termijn).

“Koolzaadproject in Overijssel van start”

31 maart 2005 - In april 2005 zaait loonwerker Volkerink uit Heino 18 hectare biologisch koolzaad in op percelen van vier agrarische bedrijven in Salland. Het is de start van een koolzaadproject in Overijssel, gecoördineerd door Stimuland. Het koolzaad wordt geteeld voor diverse toepassingen. Uit het koolzaad wordt olie geperst die kan worden gebruikt als dieselolie of spijsolie. De overblijvende schilfers zijn een eiwit- en energierijk voer voor varkens en koeien. Daarnaast levert koolzaad strooisel, honing, verbetering van de bodem en een fraai landschap. Met het inzaaien van zomerkoolzaad start Stimuland in maart 2005 met een demonstratieproject voor de teelt en diverse toepassingen van biologisch koolzaad. In het demonstratieproject van Stimuland draait het om de biologische kringloop, waarbij alle producten van de koolzaadteelt zo goed mogelijk worden benut.

De grondgebonden melkveehouderij kan worden gecombineerd met bijvoorbeeld teelt van koolzaad voor productie van koolzaadolie en veevoer voor de koeien. Het koolzaad heeft daarnaast ook een recreatieve functie als aantrekkelijk gewas in het landelijk gebied. Aan de hand van het energiegewas koolzaad, is het potentieel van energiegewassen voor de melkveehouderij doorgerekend.

President Bush stimuleert bio-ethanol uit cellulose

In zijn State of the Union in 2006 deed president Bush zijn ‘Advanced Energy Initiative’ uit de doeken. Dit initiatief moet de afhankelijkheid van Amerika van buitenlandse energiebronnen verminderen. De president heeft als nationaal doel gesteld om in 2025 meer dan 75% van de huidige olie-importen uit het Midden Oosten te vervangen. Nu allerlei nieuwe geavanceerde energietechnologieën in Amerika op het punt van doorbreken staan, is technologische vernieuwing, volgens de president, de beste weg om van de ‘verslaving aan buitenlandse olie’ af te komen. President Bush wil de ontwikkeling van inlandse vernieuwbare alternatieven voor benzine en diesel versnellen. De regering zal het onderzoek naar grensverleggende methoden voor het produceren van ethanol uit cellulose versnellen met als doel om deze bron van ethanol binnen 6 jaar praktijkrijp te maken. Om groter gebruik van ‘homegrown’ vernieuwbare brandstoffen in de Verenigde Staten te bewerkstelligen, moeten nieuwe technieken om brandstof (ethanol) te maken uit cellulose, nu nog een afvalstof, worden geperfectioneerd. Het budget van de president voor 2007 ondersteunt de ontwikkeling van ‘bio-based’ transportbrandstoffen van afvalproducten uit de landbouw zoals houtsnippers, plantenresten en stro. Onderzoekers stellen dat versnelling van het onderzoek ‘cellulose-ethanol’ economische concurrerend kan maken in 2012. Daarmee zou potentieel 30% van het huidige brandstofverbruik van de VS kunnen worden vervangen.

Technische ontwikkelingen

Van alle biobrandstoffen kent koolzaadolie het meest eenvoudige productieproces. In tegenstelling tot biodiesel en bio-ethanol kan de productie van koolzaadolie kleinschalig en op het landbouwbedrijf zelf gebeuren. Er zijn evenmin chemische behandelingen nodig in het productieproces. Zo kan worden voorzien in het eigen verbruik

van biobrandstoffen zonder afhankelijk te zijn van verwerking of distributie door andere bedrijven. Hierdoor blijft de totale winst van de productie van biobrandstoffen op het landbouwbedrijf.

Grootschalige technieken kunnen worden toegepast door inzameling en verwerken in centrales. Bestaande, elders toegepaste technieken zoals het grootschalig winnen van ethanol uit gewassen (Brazilië) staan in Europa in hernieuwde belangstelling. Nieuwe technieken worden ontwikkeld, bijvoorbeeld het door pyrolyse omzetten van maaisel en plantenresten in olie. De effectiviteit van de technieken is met name afhankelijk van de eigenschappen van het gewas. Opvallend is de belangstelling voor suikerbieten en graan als energiegewassen, waarmee energieopwekking, zoals hiervoor aangegeven, gaat concurreren met de toepassing van deze gewassen als voedsel.

Kwantitatieve beschouwing

De kwantitatieve beschouwing van energiegewassen is doorgerekend aan de hand van technieken met koolzaad. De teelt van koolzaad is een echt geïntegreerde productie. Het koolzaad kan geperst worden en levert voor 2/3 eiwitrijk veevoeder op dat geïmporteerd voer vervangt. Ca. 1/3 is koolzaadolie dat gebruikt of verkocht kan worden als transportbrandstof of in de voeding kan worden gebruikt. Ca 30% van de beschikbare energie van de koolzaadteelt zit in de olie, 28% zit in het schroot en 42% in het stro. Met een opbrengst van 3 tot 5 ton koolzaad per hectare kan gemiddeld rond de 1.400 liter puur plantaardige olie worden geperst. De overblijvende koolzaadkoek is eiwitrijk en kan dienen als veevoer. In Nederland is een potentieel voor 50.000-70.000 hectare koolzaad verdeeld over melkveebedrijven in 2025.

Dit betekent op bedrijfsniveau (modelbedrijf van 250 ha) ongeveer 20 hectare koolzaad met een productie van ca. 1000 GJ. De inzet van koolzaadolie levert daarmee per bedrijf een besparing van 0,055 ton CO₂-equivalenten.

3.7

Decentrale energiesystemen en het energienetwerk

Toepassing van de in de bovenstaande paragrafen geschetste energietechnieken leidt tot een ontwikkeling van decentrale

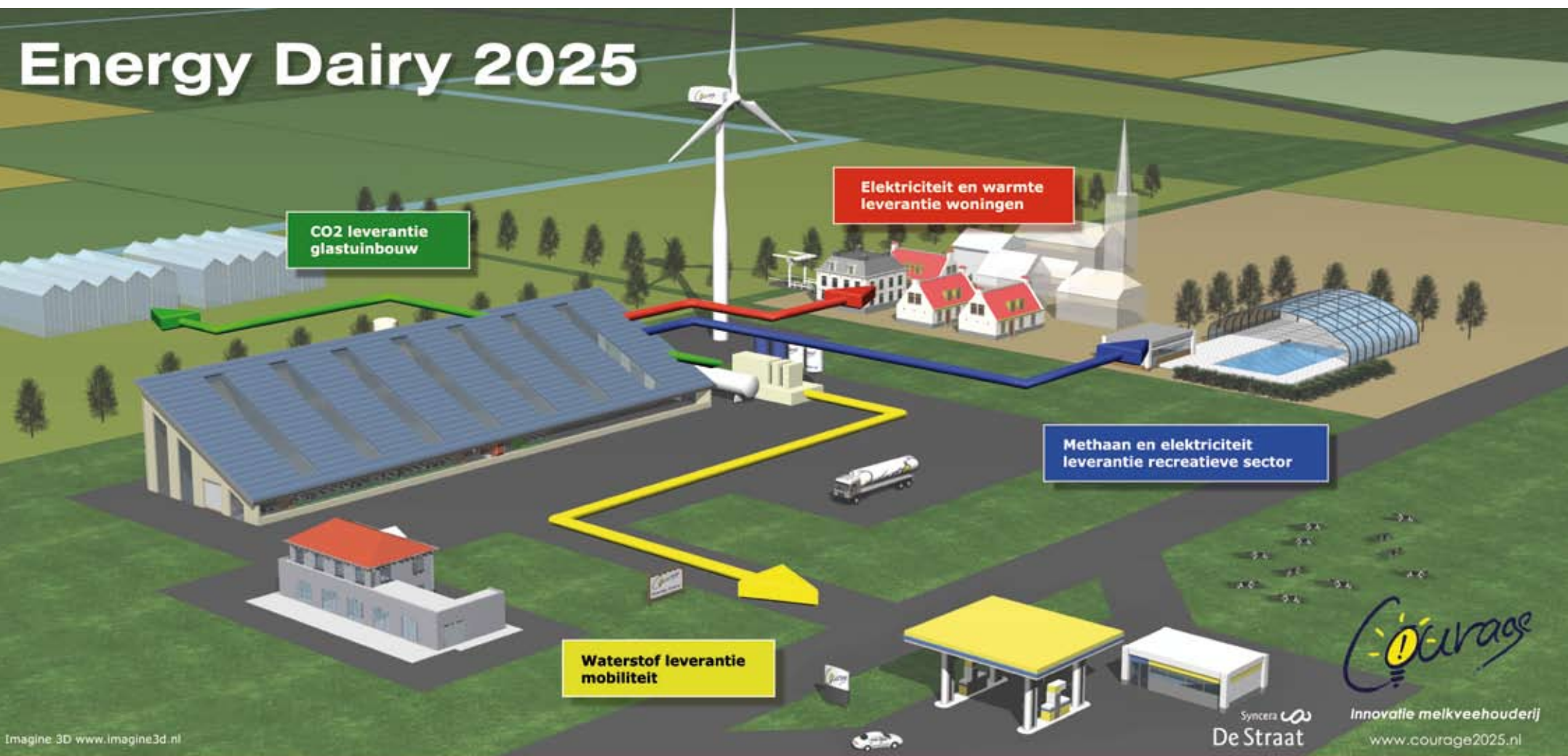
energiesystemen. De systemen kunnen een plaats krijgen in een lokaal of regionaal netwerk van gebruikers en leveranciers. Binnen het netwerk zijn meerdere aanbieders en afnemers opgenomen voor warmte- en koudetransport, CO₂-transport, elektriciteitstransport en energieopslagsystemen. Een server regelt vraag en aanbod van de verschillende (energie)producten. Zo kunnen binnen het regionale energienetwerk zowel laag- als hoogwaardige producten worden uitgewisseld. Hoogwaardige energieproducten zoals elektriciteit kunnen ook tussen energienetwerken onderling worden verhandeld.

Voordelen van decentrale energieopwekking

- 1. de restwarmte die vrijkomt, kunnen we veel eenvoudiger lokaal benutten;*
- 2. lokaal beschikbare biomassa hoeven we maar over korte afstand te transporteren;*
- 3. veel lokale installaties stabiliseren het net;*
- 4. de afschrijvingsduur is korter, zodat innovaties sneller de markt kunnen bereiken.*
- 5. het energiesysteem is minder kwetsbaar voor storingen en aanslagen.*



Energy Dairy 2025



Imagine 3D www.imagine3d.nl

Momenteel is er nog uitsluitend sprake van een centraal systeem: enkele grote centrales verzorgen de volledige elektriciteitsvoorziening, kleine centrales ondersteunen slechts bij het verbeteren van de kwaliteit van het elektriciteitsnet.

Door globalisering en liberalisering treedt er schaalvergroting op binnen het centrale systeem. Internationale energiebedrijven fuseren. In 2005 is in Nederland de import van energie met 19% gestegen. Door politieke crises werden in 2005 tevens de risico's door deze schaalvergroting duidelijk, met name de problemen rond de aardgaslevering vanuit Oost Europa.

Het decentrale systeem geldt als tegenbeweging. Omdat het qua opbouw een organische structuur heeft, is het minder kwetsbaar. Zo kan een uitvallend systeem makkelijk worden opgevangen door de buursystemen. In het systeem van decentrale opwekking kunnen duurzame energiesystemen goed worden ingepast.

De melkveehouderij in Nederland als een (netto) opwekker van energie sluit aan bij de decentralisatie van het energiesysteem, en verbindt deze beweging bovendien met de transitie naar duurzaamheid in de landbouw.

Het opereren in clusters heeft voor het boerenbedrijf als belangrijk voordeel een efficiënte agrologistiek. Bijvoorbeeld in de vorm van gezamenlijk voer bestellen en aanvoeren, in aan- en afvoer van dieren, in watermanagement en in verwerking van mest. Bedrijven worden geclusterd en activiteiten met elkaar verbonden. Het transport van mest wordt beperkt door het vestigen van clusters rondom mestverwerkingsinstallaties en het aansluiten op een systeem van buizentransport. Andere transportstromen worden geoptimaliseerd door het zoeken naar een optimale omvang van activiteiten. Het koppelen van transportstromen, inkoop en verwerking brengt ook economische voordelen met zich mee [Alterra, 2002].

Zeer grootschalige clustering kan leiden tot agro-businessparks. Melkveebedrijven zijn op een dergelijk bedrijventerrein in clusters van meerdere bedrijven gevestigd rond zuivelbedrijven, veevoederindustrie, glastuinbouw en voedingsmiddelenindustrie. Op zo'n grootschalige locatie kunnen diverse processen en energie- en productstromen zeer efficiënt worden gekoppeld en de transporten

beperkt. De clustering levert op het gebied van energie winst op bij het optimaal inzetten van hoogwaardige en laagwaardige energiestromen omdat voldoende vraag continu aanwezig is.

Het belang van regionale energienetwerken is hierboven reeds geschetst; het biedt een tegenwicht tegen de politieke en technische risico's van de schaalvergroting van het centrale systeem. Bovendien zijn verschillende energietechnieken te integreren, waardoor ook diverse soorten duurzame systemen kunnen worden ingezet. De opbrengst van zonnepanelen en windmolens is bijvoorbeeld afhankelijk van het weer. Gecombineerd met doseerbare duurzame energievormen zoals biobrandstoffen en omzetting van mest ontstaat een voorspelbaar en efficiënt energiesysteem.

De concepten Agro-businesspark en energieweb zijn ontwikkeld en beschreven door InnovatieNetwerk.

Het volgende hoofdstuk behandelt de potentiële netto energieopbrengst van het modelbedrijf en de branche in Nederland. Daarbij worden tevens de consequenties voor de broeikasgasemissies van de branche besproken.

4

DUURZAME ENERGIEPRODUCTIE EN EMISSIEREDUCTIE

4.1

Deelname aan innovatie

De technische systemen die in het vorige hoofdstuk zijn geschetst, zijn grotendeels nog in een ontwikkelingsstadium. De systemen zijn in meerdere bedrijfstakken toepasbaar, dus de mogelijkheden van prijsdaling door toename van de productieomvang is niet afhankelijk van de melkveesector alleen. Membraanscheiding voor methaanwinning kan bijvoorbeeld voor vele industriële partijen van belang zijn. Wel is

het van belang voor de melkveebranche om actief deel te nemen aan de ontwikkeling en toepassing van nieuwe energietechnieken. Technische kennis en ervaring met de toepassing van energiesystemen zijn van groot belang voor economisch succes in een competitieve markt. Om te zorgen dat de melkveehouderij zich in de transitie naar nieuwe duurzame energiesystemen op de markt van energieleveranciers kan positioneren is een actieve en praktijkgerichte opstelling noodzakelijk. Samenwerking met andere agro-sectoren, zoals de glastuinbouw kan hierbij het perspectief nog aanzienlijk vergroten.

4.2

Milieuaspect: broeikasgasemissies

Zoals we eerder zagen is de melkveehouderij de belangrijkste 'zonnecollector' van ons land. Er wordt veel CO₂ met behulp van zonlicht vastgelegd in gewassen, en via de gewassen in melk, vlees en mest. Helaas wordt er in de huidige systemen bij die omzettingen weer het nodige CO₂ en CH₄ geëmitteerd. In de reductie van deze emissies ligt een belangrijke kans om zowel de economische als ecologische duurzaamheid van de melkveehouderij te verbeteren.

Methaanemissie

De methaanemissie in de melkveehouderij komt vrij uit de maag van het rundvee (pensfermentatie) en uit mest. Pensfermentatie levert circa 80% van de methaanemissie door runderen. De methaanemissie in de melkveehouderij bedraagt zo'n 16% van de totale Nederlandse methaanuitstoot [CE, maart 2005]. De bijdrage door methaan aan het versterkte broeikas effect is per kg 21 maal sterker dan CO₂. De uitstoot van methaan door de melkveehouderij bedraagt circa 3 miljoen ton CO₂-equivalenten.

CO₂ emissie

De CO₂-emissie van de melkveehouderij die is gerelateerd aan het directe energieverbruik is relatief bescheiden en bedroeg in 2004 circa 0,3 miljoen ton [SenterNovem, 2004]. Hierbij is dus geen rekening gehouden met de emissie die het gevolg is van het energieverbruik bij de productie van kunstmest en krachtvoer (het zogenaamde indirecte energieverbruik). In totaal komt de huidige directe emissie van broeikasgassen door de melkveehouderij neer op circa 5,3 miljoen ton (Mton) CO₂-equivalenten.

CO₂-equivalenten

Om de invloed van de verschillende broeikasgassen te kunnen optellen, wordt gebruik gemaakt van de omrekening naar zogenaamde CO₂-equivalenten. Eén CO₂-equivalent staat gelijk aan het effect als broeikasgas dat de uitstoot van 1 kilogram CO₂ heeft. De uitstoot van 1 kilogram N₂O staat gelijk aan 310 CO₂-equivalenten en de uitstoot van 1 kilogram CH₄ aan 21 CO₂-equivalenten.



Het Nederlandse energiebeleid wordt sterk beïnvloed door internationale ontwikkelingen en afspraken, zoals bijvoorbeeld Europese regelgeving, het verdrag van Kyoto en de stijgende olieprijs. De doelstelling van het verdrag van Kyoto is om de emissie van CO₂ en andere broeikasgassen in 2010 met 6% terug te dringen ten opzichte van het referentiejaar 1990. Voor Nederland betekent dat volgens de huidige inzichten, verwoord in de Evaluatienota Klimaatbeleid, dat in totaal 40 miljoen ton CO₂-equivalente uitstoot van broeikasgassen zal moeten worden teruggedrongen. Daarnaast is de doelstelling van de overheid dat in het jaar 2020 10% van alle verbruikte energie in Nederland duurzaam opgewekt wordt. Als tussendoelstelling geldt 5% in 2010. Het behalen van deze doelstellingen is slechts een eerste stap in de verduurzaming van de Nederlandse energievoorziening.

4.3

Duurzame energieproductie en emissiereductie op bedrijfsniveau

Het totale energieverbruik op het modelbedrijf bedraagt 23.634 GJ, waarvan slechts 7% bestaat uit direct verbruik op het bedrijf. Op de

huidige bedrijven is het directe energieverbruik hoger (15-20% van het totaal). Het modelbedrijf heeft echter een intensievere bedrijfsvoering (20.800 kg melk/ha) waardoor veel voer wordt aangekocht.

Tabel 4: Het directe en indirecte energieverbruik (GJ) (Schils, 2006)

Direct energieverbruik	
- Diesel	556
- Electriciteit	1152
Subtotaal	1708
Indirect energieverbruik	
- Krachtvoer	13880
- Ruwvoer	280
- Bijproducten	
- Kunstmest	1100
- Loonwerk	4653
- Overige grond- en hulpstoffen	713
- Machines	697
- Onroerende goederen	602
Subtotaal	21926
Totale energieverbruik	23634
Per hectare	94
Per melkkoe	47
Per 100 kg melk	0,50

In tabel 5 zijn de energieproductie en -consumptie van het modelbedrijf en de bijbehorende CO₂ emissie en reductie weergegeven. Uit deze tabel blijkt dat het modelbedrijf met toepassing van alle genoemde duurzame energietechnieken een netto producent wordt van 70,4 TJ. Daarbij wordt meer dan de helft van de energie geleverd door de windturbine. De mogelijkheden van co-vergisting zijn hier nog buiten beschouwing gelaten. De totale netto broeikasgasreductie op het bedrijf door toepassing van de genoemde opties bedraagt ruim 7 kton CO₂-equivalenten.

Tabel 5: energieproductie en –vraag en (vermeden) CO₂-emissie van het modelbedrijf.

	DE-productie (TJ)	Ton vermeden CO ₂ -equivalenten
Duurzame energieproductie		
Energiewinning uit mest Teruggewonnen CO ₂ in proces	14,8	831 993
Afgevangen methaan Vermeden emissie methaan als broeikasgas	3,7	208 1.302
Terugwinning metabole warmte	7,3	415
Windenergie	43,2	3.223
Zonne-energie	3,2	242
Energiegewassen	1,0	55
Energievraag		
Energieverbruik direct	- 1,7	- 121
Energieverbruik indirect	-21,9	-789
Totaal netto op basis van direct energieverbruik	71,5	7.147
Netto rekening houdend met indirect energieverbruik	49,6	6.358

4.4

Duurzame energieproductie en emissiereductie op sectorniveau

Voor een inschatting van het energiepotentieel wordt er van uitgegaan dat de melkveestapel van 1.471.000 koeien in 2004 tevens representatief is voor 2025.

Potentieel van de sector

Om een inschatting te maken van het sectorpotentieel hebben we een inschatting gemaakt van de penetratiegraad van de verschillende geschetste opties in de sector. Deze inschatting is weergegeven in tabel 6.

Tabel 6: Scenario voor de penetratiegraad van de geschetste DE opties in de sector in 2025

Duurzame energieoptie	Toepassing in de sector
Energie uit mest	90%
Methaanterugwinning	10%
Warmteterugwinning	5%
Grootschalige windenergie	10%
Zonne-energie	50%
Energiegewassen (20 ha van 250 ha per bedrijf)	8%

Uitgaande van de hierboven geschetste penetratiegraad van de verschillende duurzame energieopties, is de energieproductie en de afname van emissie van broeikasgassen op sectorniveau berekend (zie tabel 8).



Tabel 7: Theoretisch netto duurzame energieproductie en reductie van broeikasgassen van de melkveesector in 2025

Totale melkveesector	Netto energie-productie (TJ)	Netto CO ₂ reductie (kton)
Gezamenlijke modelbedrijven (2.942 stuks, dit kunnen ook samenwerkingsverbanden zijn)	56.715	6.442
Idem, tevens rekening houdend met het indirecte energieverbruik (kunstmestfabricage etc.)	24.462	4.119

In totaal kan de melkveesector met de voorgestelde technieken en uitgaande van het in tabel 7 gekozen scenario voor de penetratiegraad van deze technieken een netto energieproducent worden van bijna 57 PJ aan duurzame energie. Dit is de energie die aan derden kan worden geleverd. De melkveehouderij kan daarmee in 2025 leverancier van duurzame energie zijn voor circa 480.000 huishoudens aan elektriciteit en 630.000 huishoudens aan warmte/brandstof, waarmee een netto reductie van de broeikasgas-emissie wordt gerealiseerd van ca. 6.400 kton. Ter vergelijking, de huidige emissie van CO₂ equivalenten van de melkveesector uitgaande van het directe energieverbruik bedraagt circa 5.300 kton. De sector compenseert in dit scenario haar directe energieverbruik dus ruimschoots.

4.5

Economische aspecten

De ontwikkeling van oliepijzen duidt op een energiecrisis. Eind juni 2005 komt de olieprijs uit boven de \$ 60 per barrel. Aan de oliepijzen zijn de aardgas- en elektriciteitspijzen gekoppeld. De stijgingen betekenen een aanzienlijke lastenverzwaring voor bedrijven en burgers. Energie wordt een steeds grotere uitgavenpost. Tegelijk worden we afhankelijker van energie door het gebruik van steeds meer geautomatiseerde systemen en transportmiddelen. Aan de hand van de energieopbrengst hebben is berekend wat voor een bedrijf de financiële opbrengst per techniek kan zijn.

De resultaten zijn opgenomen in onderstaande tabel.

Tabel 8: Opbrengst in € bij prijspeil 2006 van de opgewekte energie op het modelbedrijf, exclusief MEP vergoeding

Techniek	Opbrengst ⁴
Energie uit mest	€ 140.000
Methaanterugwinning	€ 35.000
Warmteterugwinning	€ 70.000
Windenergie grootschalig	€ 310.000
Zonne-energie (PV)	€ 23.500
Koolzaadolie	€ 9.250

In de tabel is geen rekening gehouden met de MEP-subsidie van 9,7 eurocent per kWh op duurzaam geproduceerde elektriciteit. In werkelijkheid zou de financiële vergoeding in 2006 dus nog aanzienlijk beter zijn. Welke financiële stimulans er in 2025 is voor duurzame energie, is vanzelfsprekend niet te voorspellen. In de berekeningen is voor de energieprijzen uitgegaan van levering aan kleinverbruikers, en van de tarieven die door VROM in mei 2005 zijn voorzien voor de komende jaren. De aardgasprijs wordt voor het leveringsdeel gesteld op € 0,30 en de elektriciteitsprijs voor het leveringsdeel op € 0,065. Het internationaal energieagentschap (IEA) verwacht voor de komende 20 jaar in grote lijnen geen prijsstijgingen buiten de inflatiecorrectie. Of de voorspelling van het IEA juist is, is moeilijk te zeggen. Daarvoor zijn er te veel internationale invloedsfactoren op politiek, technisch, sociaal maatschappelijk en zelfs etnisch en religieus gebied. Wel zijn er grote zorgen over de beschikbaarheid van energiedragers zoals olie in een eenvoudig winbare en goed te raffineren vorm. De economisch industriële ontwikkeling van China en India en de enorme energieconsumptie in de VS spelen hierbij een belangrijke rol. De verwachting is dat energie in de komende decennia in ieder geval niet goedkoper wordt.

Kanttekening

In de tabellen 5 t/m 8 is aangenomen dat het energie overschot volledig aan de 'buren' in het regionale energieweb kan worden geleverd. Wat betreft de laagwaardige warmte geldt hierbij als randvoorwaarde dat in korte afstand tot het bedrijf voldoende afnemers aanwezig moeten zijn.

4 Voor de orde van grootte: het modelbedrijf heeft de volgende begroting zonder de energietechnieken. De arbeidsopbrengst van het bedrijf bedraagt € 342.000. De totale opbrengsten, vooral uit de verkoop van melk en dieren, bedragen € 1.756.000. De directe en indirecte kosten bedragen respectievelijk € 593.000 en € 868.000.

VERVOLGSTAPPEN

5



DE MELKVEEHOUDERIJ IS DE 'GROOTSTE GRONDBEZITTER' VAN NEDERLAND. HIERDOOR HEEFT DE SECTOR EEN UNIEKE UITGANGSPOSITIE VOOR HET PRODUCEREN VAN DUURZAME ENERGIE UIT ZON, BIOMASSA EN WIND. TAL VAN NIEUWE TECHNIEKEN VOOR DUURZAME ENERGIEPRODUCTIE ZIJN IN ONTWIKKELING. ZOWEL DE LANDELIJKE, ALS EUROPESE OVERHEID KENNEN STEEDS MEER PRIORITEIT TOE AAN STIMULERING VAN DUURZAME ENERGIEPRODUCTIE. DE MONDIALE ENERGIEPROBLEMATIEK LIJKT DE KOMENDE JAREN TE GROEIEN. HET ENERGIEVERBRUIK IN AZIË STIJGT EXPONENTIEEL. DE VS GAAN FORS INVESTEREN IN DUURZAME ENERGIE. KORTOM: HET JUISTE MOMENTUM LIJKT AANWEZIG OM DE NEDERLANDSE MELKVEEHOUDERIJ ALS ENERGIELEVERENDE SECTOR OP DE KAART TE ZETTEN.

Tegelijkertijd heeft de sector te maken met toenemende onzekerheid over het perspectief van de melkproductie en heeft de schaalvergrotenende, zich rationaliserende sector behoefte aan een nieuwe maatschappelijke verankering. Dat laatste kan gestalte krijgen door een sleutelrol te spelen in regionale energiewebs en door substantieel bij te dragen aan het realiseren van de landelijke Kyoto-doelstelling.

5.1

Stappen nemen

Technische kennis en ervaring met de toepassing van energiesystemen zijn van groot belang voor economisch succes in een competitieve markt. Om te zorgen dat de melkveehouderij zich in de transitie naar andere energiesystemen aan de kant van de energieleveranciers kan opstellen is een actieve en ondernemende opstelling noodzakelijk. Als vervolg op deze verkenning is het van belang om de energietransitie voor de melkveehouderij actief te begeleiden en waar nodig te stimuleren. Het belangrijkste risico is dat de sector blijft steken in een rol van leverancier van laagwaardige grondstoffen en wordt ingehaald door andere sectoren en ontwikkelingen in het buitenland. Actie is nodig om de glorende kansen te benutten.

Coalitievorming

Coalities stimuleren en actief samenbrengen is van belang bij energietransities. Doel is om R&D bedrijven en kennisinstellingen, financiers, bedrijfsleven en agrarisch ondernemers, etc. bij elkaar te brengen. Het gaat er hierbij om de verschillende partijen vanuit hun afzonderlijke disciplines te laten nadenken over de kansen die de transitie biedt. Er zijn verschillende coalities denkbaar. Te denken valt aan het samenbrengen van geïnteresseerde boeren en leveranciers van DE-systemen, kennisuitwisseling van de branche met onderzoeksinstituten om de ontwikkeling van specifieke toepassingen te stimuleren zoals het superkritisch vergassen van koemest. Ook coalities met industrie, dienstensector en woongebieden zijn denkbaar.

Realisatie

De daadwerkelijke realisatie van systemen is van belang om kennis op te doen en de mogelijkheden te demonstreren. Niet in de laatste plaats zijn pilotprojecten van belang om de transitie een concreet karakter te geven, zodat de ontwikkelingen serieus worden genomen door de branche, beleidsmakers en investeerders.

5.2

Projectideeën

Tegen bovenstaande achtergrond werkt Courage aan de uitwerking van een aantal projectideeën. De ideeën zijn ondermeer afkomstig

uit de in december 2005 gehouden workshop met ondernemers uit de agro-energiesector. Enkele van de onderstaande ideeën worden inmiddels uitgewerkt. De projectideeën vormen uiteraard een momentopname. Een goed idee komt nooit te laat. De voorstellen zijn vooral organisatorisch en institutioneel van aard. Dat ligt ook voor de hand. Aan de technische vernieuwing van energiesystemen wordt door het bedrijfsleven en onderzoeksinstituten, zowel nationaal als internationaal hard gewerkt. Nu de ontwikkeling van met name mest- en co-vergisting zich in de melkveesector stormachtig ontwikkelen, is er vooral behoefte aan het ontwikkelen van effectieve begeleidende kaders voor kennisontwikkeling, maatschappelijke positionering en vermarkting. Ook het slim verbinden van de energieproductie met andere sectoren, het aangaan van nieuwe allianties lijkt een kansrijk terrein voor innovatie. De projectideeën zijn:

1. Oprichting van een energiemarktplaats voor de collectieve vermarkting van biogas en biogasstroom om langs die weg marktmacht op te bouwen. Doel: een krachtige positie innemen op de energiemarkt. De biogasstroom promoten en rechtstreekse verbindingen aangaan met afnemers. De marktplaats kan tevens een trefpunt zijn voor kennisuitwisseling tussen ondernemers die actief zijn op dit terrein. Het verdient overweging om de marktplaats gezamenlijk met de glastuinbouw te ontwikkelen, gezien de parallelle belangen.

2. Een 'Agro-energiekamer' waarin alle belanghebbende partijen (ondernemers, wetenschappers, technische adviesbureaus, beleidsdeskundigen etc.) de krachten bundelen om de ontwikkeling van de agro-energieproductie te stimuleren en te faciliteren. Aandachtsvelden zijn bijvoorbeeld het agenderen van onderzoek, het ontwikkelen van het ondernemerschap, marketing van het onderwerp en beleids- branche- en lobby-ontwikkeling. De kamer wordt geïnitieerd door ondernemers; zij nodigen deelnemers uit en bepalen de inhoudelijke koers. De kamer wordt voorgezeten door een gezaghebbend 'kopstuk' die de belangrijkste issues op het juiste niveau onder de aandacht kan brengen. Een voorbeeld voor de Agro-energiekamer kan het energie initiatief van de Arbeidsgruppe Nordrhein-Westfalen zijn.

3. Ontwikkeling van een Energie-innovatiefonds. Doel: het ondersteunen van de ontwikkeling van nieuwe technieken en ondernemingen op het terrein van de agro-energieproductie. Het fonds werkt intersectoraal en stimuleert intersectorale samenwer-

king op dit terrein en ondersteunt daarmee de ontwikkeling van decentrale energieopwekking en regionale energiewebs. Het fonds verschaft risicodragend kapitaal en wil deze nieuwe ontwikkeling in een stroomversnelling brengen. De in internationaal verband opgelopen achterstand moet worden omgezet in een voorsprong.

4. Ontwikkelen van een visie voor een energetisch duurzame zuivelkolom. Welke technische mogelijkheden zijn er om de door de melkveesector opgewekte energie tot waarde te brengen in de eigen (zuivel)kolom. De zuivelsector kan zich hiermee verder profileren als een duurzame en groene sector: RMO's die rijden op biogas, zuivelfabrieken die biogas, biogasstroom en de restwarmte van WKK's benutten. Is een dergelijke kolombenadering ook bedrijfseconomisch interessant? Zo ja, dan snijdt het mes aan twee kanten: imagoversterking en kostprijsreductie voor de industrie en een krachtige stimulans voor de primaire sector om zich tot een energieleverancier te ontwikkelen.



REFERENTIES

6

Alterra, 2002, Voorbeelden van Agribusinessparken, Alterra-rapport 594

Beld, van de, L. et al., 2004, vergassing in superkritiek water: status en toekomstperspectief voor Nederland.

Beld, van de, L. et al., 2004, Productie van SNG/CNG via vergassing van natte biomassa in superkritiek water.

CIGR, 1994, Het ontwerp van melkveestallen

De Vries, C. (red.) 2004, Courage, startdocument; innovatieagenda en impressie

Hemmes, K. et al., 2004, Vergassing van natte biomassa/reststromen in superkritiek water, voor de productie van "Groen Gas" (SNG), SNG/H2 mengsels, basis chemicaliën en puur H2.

Hemmes, K. et al., 2003, Bio-H2; Application potential of biomass related hydrogen production technologies to the Dutch energy infrastructure of 2020-2050

Huis in 't Veld, J.W.H., 2003, Methaanemissie uit natuurlijk geventileerde melkveestallen

IEA, International Energy Agency 2004, World Energy Outlook 2004

IMAG, 2003, Methaanemissie uit natuurlijk geventileerde stallen

Kool, A. et al., 2005, Realisatie van mestvergisting op de Marke, onderzoek en demonstratie

Larsen H. et al., 2004, Risø Energy report 3, Hydrogen and its competitors

Liere, J. van et al., 2004, Energie-WEB; Glastuinbouw in een duurzaam regionaal energienetwerk (InnovatieNetwerk Groene Ruimte en Agrocluster)

Ministerie van Economische Zaken, 2003, Transitie Biomassa

Ministerie van Economische Zaken, study long-term vision on Dutch Energy Supply 2050

Reith, J.H. et al., 2003, Status en perspectieven van biologische H2 en CH4 productie

Ruijgrok, W.J.A., 2002, Kas als energiebron.

Schans, F. van der et al., 2005, Naar een duurzame melkveehouderij

SenterNovem 2004, Uitgebreide energiestudie zuivelindustrie

SenterNovem 2003 (Novem en Ecofys), Biofuels in the Dutch market: a fact-finding study

Shell 2005, The Shell global scenarios to 2025; the future business environment: trends, trade-off and choices

Tijmensen, M.J.A. et al., 2002, Mestvergisting op boerderijschaal in bestaande opslagsystemen

Turkenburg, W.C. & C.A. Hendriks, 1999, Fossiele brandstoffen in een duurzame energievoorziening: de betekenis van CO2-verwijdering. Sectie NW&S. NW&S-99032, Universiteit Utrecht.

UNEP en RIVM 2003, Four scenarios for Europe, based on UNEP's 3rd Global Environment Outlook

VROM raad en AER, 2004, Energietransitie: Klimaat voor Nieuwe kansen

Wageningen UR Animal Science Group, R. Schils et al., 2005, diverse studies

Wielen P. van der, CE 2005, De onbetaalde rekening van de Nederlandse veeteelt

Courage heeft een alliantie met
InnovatieNetwerk



Courage is een initiatief van LTO en NZO





Courage is een initiatief van LTO en NZO
en heeft een alliantie met InnovatieNetwerk



Bezoek: Louis Braillelaan 80, 2719 EK Zoetermeer, tel. 079-343 03 06
Post: Postbus 165, 2700 AD Zoetermeer
E-mail: info@courage2025.nl
Internet: www.courage2025.nl