

Colofon:

Verantwoordelijke uitgever:

J. Van Liefferinge

Secretaris-generaal

Vlaamse overheid

Departement Landbouw en Visserij

Coördinatie en eindredactie:

Ivan Ryckaert, Koen Holmstock, Tsang Tsey Chow,

Redactie:

Greet Ghekiere, Kelly Mermuys, Loes Lysens, Bart Vleeschouwers, Koen Holmstock, Stijn Windey

Leescomité:

Alfons Anthonissen, Jan Winters, Johan De Schrijver, An Stroobandt, Veerle Campens, Nadine Dufait, Christa Schaut, Hans Hoes, Lieven Van Lieshout, Wim Buelens, Gert Luypaert, Peter De Middeleir

Vormgeving en druk: PEN bvba- Vosselaar

Beschikbaarheid:

Departement Landbouw en Visserij

Afdeling Duurzame Landbouwwontwikkeling

Mevr. Carine Van Eeckhoudt

WTC 3 - 12/53a

S. Bolivarlaan 30, 1000 Brussel

tel. 02 208 41 53

carine.vaneeckhoudt@lv.vlaanderen.be

Nieuw adres vanaf 1-3-2007

Ellipsgebouw, 6e verdieping, bus 40

Koning Albert II – laan, 35

1030 Brussel

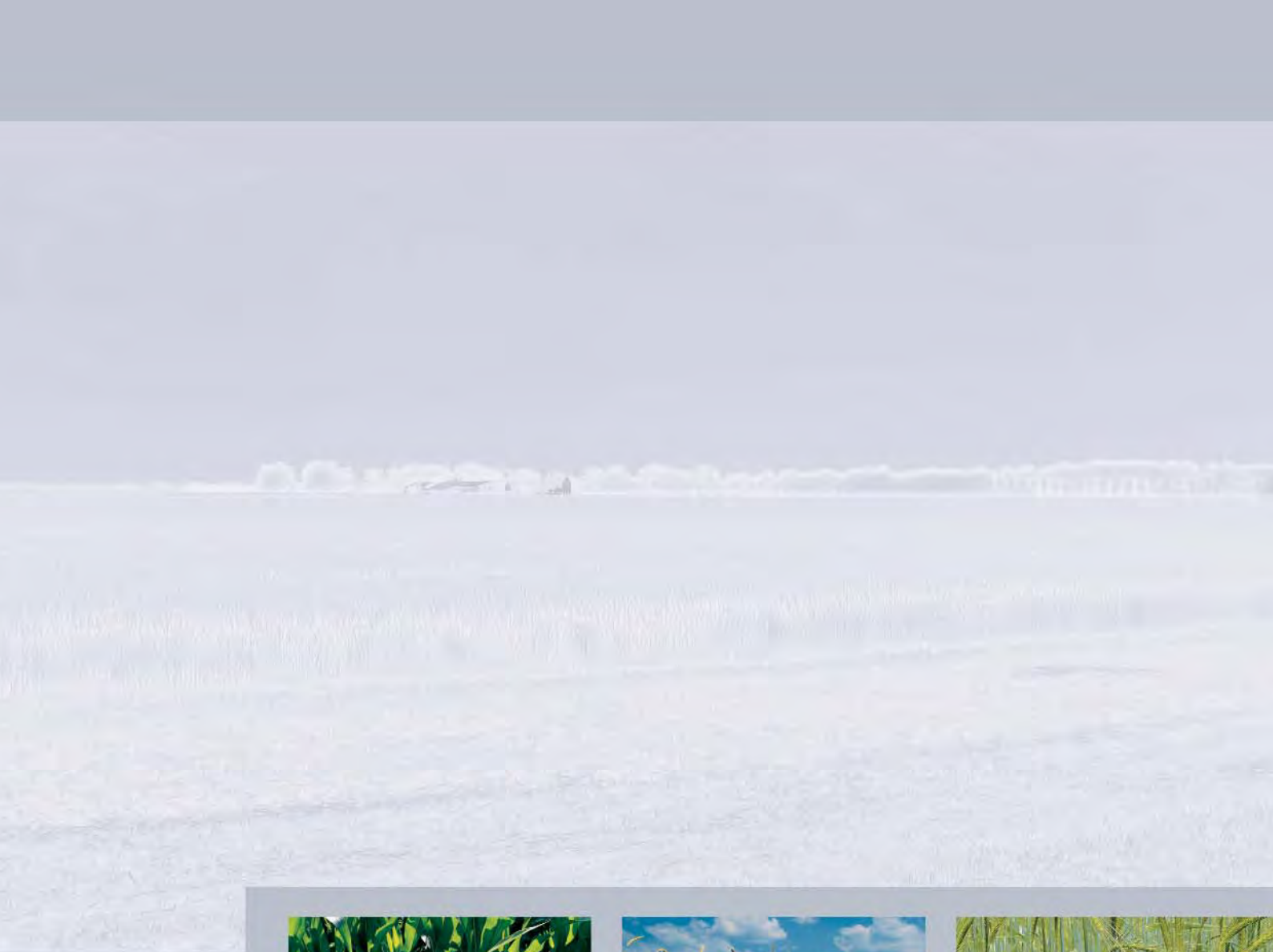
Steeds actuele adresinformatie: www.vlaanderen.be/landbouw

Brussel,

2006, eerste druk

Depotnummer: D/2006/3242/287

De auteurs stellen zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan door het gebruik van de vermelde gegevens. Informatie uit deze uitgave mag worden overgenomen mits bronvermelding.



Inhoudsopgave

1	Inleiding	6
2	Energieverbruik en uitstoot van broeikasgassen in Vlaanderen, een aantal cijfers. Beleid op Europees en Vlaams niveau	8
2.1	Vlaanderen is een intensieve energiegebruiker	8
2.2	Het aandeel van land- en tuinbouw in de Vlaamse broeikasgasuitstoot	10
2.3	Evolutie van de marktprijzen van fossiele brandstoffen	10
2.4	Naar een Europese energiestrategie	12
2.5	Noodzaak van een klimaatbeleid	12
2.6	Gevolgen van de klimaatveranderingen voor de land- en tuinbouw	13
2.7	De oplossing ... een wereldomvattend klimaatplan?	13
2.8	Maatregelen in de land- en tuinbouw	14
3	Rationeel en duurzaam energiegebruik	16
4	De verschillende vormen van alternatieve energie	20
4.1	Zonne-energie	20
4.1.1	Hoe werkt het systeem?	20
4.1.2	Wat kost het?	22
4.1.3	Wat brengt het op?	22
4.1.4	Welke vergunningen zijn nodig?	23
4.1.5	Welke premies en subsidies zijn mogelijk?	24
4.1.6	Enkele praktijkvoorbeelden	24
4.2	Windenergie?	26
4.2.1	Wat is windenergie?	26
4.2.2	Hoe werkt het systeem?	26
4.2.3	Wat kost het?	27
4.2.4	Wat brengt het op?	28
4.2.5	Welke vergunningen zijn nodig?	28
4.2.6	Welke premies en subsidies zijn mogelijk?	29
4.2.7	Enkele praktijkvoorbeelden	30
4.3	Waterkracht	30
4.3.1	Inleiding	30
4.3.2	Mogelijkheden voor energieproductie	31
4.3.3	Vergunning – Het stuwrecht	31
4.3.4	Nieuwe initiatieven	31
4.3.5	Meer informatie	31
4.4	Vaste biobrandstoffen	32
4.4.1	Inleiding en situering	32
4.4.2	Biobrandstoffen voor verwarming	32
4.4.3	Vergunningen	36
4.4.4	Subsidies	37
4.4.5	Knelpunten	37
4.5	Vloeibare biobrandstoffen	38
4.5.1	Wat zijn vloeibare biobrandstoffen?	38
4.5.2	Productie	38
4.5.3	Wat kost het?	39
4.5.4	Welke vergunningen zijn nodig?	39
4.5.5	Welke premies en subsidies zijn mogelijk?	39
4.5.6	Voorbeelden en meer informatie	40

4.6	Anaërobe vergisting	41
4.6.1	Wat is anaërobe vergisting?	41
4.6.2	De biogasinstallatie	41
4.6.3	De grondstoffen: mest en co-stromen	42
4.6.4	Systemen van vergisting: nat of droog	43
4.6.5	De dimensionering van de biogasinstallatie: een rekenvoorbeeld	44
4.6.6	Het management van een biogasinstallatie	44
4.6.7	Wat met het digistaat?	45
4.6.8	Kosten en opbrengsten	45
4.6.9	Welke vergunningen zijn nodig?	46
4.6.10	Welke premies en subsidies zijn mogelijk?	46
4.6.11	Voorbeelden uit de praktijk	47
5	Warmtekrachtkoppeling – WKK	48
5.1	Principe – werking	48
5.2	Besparing op het gebruik van primaire energie	49
5.3	Vlaamse overheid promoot warmtekrachtkoppeling	50
5.4	Extra exploitatiesteun voor de glastuinbouw	51
5.5	Aanvraag en vergunningen	52
5.6	Financiële ondersteuning door de overheid	52
5.7	Financiële analyse	53
5.8	Voorbeelden	53
5.9	Meer informatie	54
6	Warmtepomp	56
6.1	Principe	56
6.2	Werking	56
6.3	Rendabiliteit	58
6.4	Vergunningen – heffingen	60
6.5	Premies	60
6.6	Voorbeelden	60
6.7	Meer informatie	61
7	Koude/warmteopslag (KWO)	62
7.1	Principe en werking	62
7.2	Randvoorwaarden	62
7.3	Voorbeelden	62
7.4	Koude/warmteopslag via boorgatenergieopslag (BEO)-methode	63
7.5	Steunmaatregelen	64
7.6	Knelpunten	64
8	Besluit	66
9	Bijlagen	68
9.1	Moeilijke woorden en begrippen	68
9.2	Afkortingen	69
9.3	Symbolen, veelvoud en eenheden	70
9.4	Bronnen	71



Woord vooraf

Energie is belangrijk voor de economische welvaart en het welzijn van de bevolking. Zekerheid van energievoorziening tegen aanvaardbare prijzen is wereldwijd dan ook één van de strategische vraagstukken voor de beleidsinstanties voor de volgende decennia. Gedurende de laatste twee jaren zijn de prijzen van de fossiele brandstoffen nagenoeg verdubbeld. Een recordniveau werd bereikt in de loop van 2006 met een prijsniveau van 75 dollar per vat ruwe olie. Met een groeiende wereldbevolking, een stijging van het energieverbruik per persoon en dalende voorraden zal de prijs meer dan waarschijnlijk op een relatief hoog niveau blijven. Voldoende reden om ook in de land- en tuinbouwsector aandacht te besteden aan rationeel energieverbruik en de ontwikkeling van alternatieve vormen van energieproductie.

Naast het louter economisch gegeven moet er ook rekening gehouden worden met de ecologische effecten van het energieverbruik. De uitstoot van broeikasgassen zal onder controle moeten gehouden worden. Los van de bekende gevolgen door klimaatwijziging kan de land- en tuinbouwsector wereldwijd beschouwd worden als het eerste slachtoffer van de opwarming van de aarde. Meer extreme weersomstandigheden zoals droogte en overvloedige regen, het risico voor de ontwikkeling van nieuwe ziekten bij plant, dier en mens zijn ons niet meer onbekend en zullen een nadelige invloed hebben op het inkomen van land- en tuinbouw.

Het Kyoto-protocol beoogt een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen met 5,2% tegen 2012 in Vlaanderen. Land- en tuinbouw zijn zowat de beste leerling van de klas in Vlaanderen. In vergelijking met 1990 werd globaal nagenoeg 15% minder uitstoot van broeikasgassen gerealiseerd, bijna driemaal het opgelegde percentage voor Vlaanderen. De verminderde methaanuitstoot door reductie van de veestapel en meer rationeel energiegebruik in de glastuinbouw liggen aan de basis hiervan.

De land- en tuinbouwsector heeft in dit ganse verhaal ook heel wat kansen. Denken we maar aan de mogelijkheden op korte termijn van de ontwikkeling van de eerste generatie biobrandstoffen zoals biodiesel, bio-ethanol en pure plantaardige olie voor transportdoeleinden. Andere belangrijke facetten vormen de ontwikkeling van warmtekrachtkoppeling in de glastuinbouwsector, de productie van groene



stroom via co-vergisting van energiegewassen en mest afkomstig van de landbouw, naast het gebruik van andere reststromen. Dit resulteert niet alleen in bijkomende afzetmogelijkheden voor landbouwgrondstoffen maar ook in de productie van groene energie. Ook voor het gebruik van andere hernieuwbare energiebronnen zoals wind- en zonne-energie, de productie en het gebruik van korte-omloophout en andere vormen van biomassa heeft de sector potentie om een rol te spelen in het energievraagstuk.

De Vlaamse overheid ondersteunt financieel investeringen in energiebesparende technologie en het gebruik van hernieuwbare energietechnologie. Voor het beleidsdomein Landbouw en Visserij gebeurt dit in het kader van het Vlaams Landbouw investeringsfonds (VLIF). Ook aan de opvolging en onderzoek van nieuwe technologieën met mogelijke toepassingen in de land- en tuinbouw zal meer aandacht besteed worden. Ook zal in het kader van het nieuwe Programma voor Plattelandsontwikkeling voor de periode 2007-2013 een specifieke agro-milieumaatregel ingevoerd worden, in eerste instantie gericht op de productie van koolzaad met als bestemming 'pure plantaardige olie' voor energiegebruik.

Deze brochure, met verenigde inspanningen samengesteld, geeft een praktisch overzicht van een aantal toepassingen van rationeel energiegebruik en de productie van hernieuwbare energie in de agrarische sector.

Jules Van Liefferinge
Secretaris-generaal
Departement Landbouw en Visserij



1. Inleiding

De energieproblematiek is in verschillende opzichten actueel. De zekerheid tot bevoorrading en het prijsniveau zijn momenteel druk besproken onderwerpen. In onze energie-intensieve westerse maatschappij zal dit gegeven vermoedelijk ook een zorg blijven in de volgende decennia. Vandaag worden we geconfronteerd met een steeds groeiende energievraag op mondiaal vlak. Die vraag wordt hoofdzakelijk beantwoord door een stijgend aanbod van energie op basis van fossiele brandstoffen of kernenergie. Het wordt stilaan voor iedereen duidelijk dat dit tot problemen leidt op milieu- en economisch vlak. In de toekomst zal de energievraag en de energieproductie op een duurzamere wijze op elkaar moeten afgestemd worden. Dit zal een veelzijdige aanpak noodzakelijk maken.

Op het vlak van milieu zal gestreefd worden naar een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen (koolstofdioxide, methaan, lachgas, ...) en andere luchtvervuilende stoffen (stikstofoxides, zwaveldioxide, fijn stof, vluchtige organische stoffen, ...). Die stoffen beïnvloeden de luchtkwaliteit (kans op ozon, zure regen, ...) in negatieve zin en veroorzaken daarnaast zeer waarschijnlijk de opwarming van ons klimaat.

Ook de economische schade, op diverse domeinen, als gevolg van de mogelijke opwarming stemt tot nadenken. Tal van sectoren zoals de land- en tuinbouwsector, de toeristische sector, ... zijn bijzonder weersafhankelijk en daardoor extra gevoelig voor weersveranderingen. Plotse temperatuurveranderingen, overvloedige regen, overstromingen, stijging van het zeepeil, perioden van extreme droogte in gematigde gebieden, ontwikkeling van ziekten van mediterrane en tropische oorsprong bij mens, veestapel, plant ... zijn gevolgen die geen science-fiction meer zijn. Ze lijken regelmatig op te duiken en schade op economisch en menselijk vlak te veroorzaken.

De prijsstijgingen van olie en gas gedurende de afgelopen jaren zijn veroorzaakt door verschillende factoren. Geopolitieke elementen (politieke instabiliteit in het Midden-Oosten, Zuid-Amerika, ...), de stijging van de energievraag door opkomende economieën (China, India, ...), de dalende voorraden en stijgende exploitatiekosten zijn daarbij doorslaggevend. De prijsstijgingen hebben een negatieve invloed op onze economie en welvaart die sterk energieafhankelijk is.



Dit alles biedt echter ook perspectieven voor de ontwikkeling van nieuwe energiebesparende en hernieuwbare energietechnologieën. Op langere termijn zijn tweede generatie biobrandstoffen, waterstofproductie, brandstofcellen, kernfusie, ... zeker beloftevol maar vandaag evenwel nog niet praktijkrijp. Op korte en middellange termijn zijn de productie van de eerste generatie biobrandstoffen, biomassa, biogas en het gebruik van wind, aardwarmte, water en zon de meest aangewezen hernieuwbare energiebronnen. Dit vereist in de eerste plaats voor een deel de productie van organisch materiaal en grondstoffen die ondermeer aangeleverd kunnen worden door de landbouw.

Recente energiebesparende technieken of technologieën voor het gebruik van hernieuwbare energie zijn ook in de land- en tuinbouw zeker goed toepasbaar. M.b.t. hernieuwbare energie moet daarbij gedacht worden aan toepassingen gebruikt in de land- en tuinbouwsector voor de tractie van landbouwmachines (plantaardige olie, ...), voor verwarming van stallen en serres of de productie van groene energie op basis van zon, wind en water.

Deze brochure tracht dan ook een praktisch overzicht te geven van bestaande energiebesparende technieken en technologieën voor het gebruik van hernieuwbare energie die van toepassing kunnen zijn in de land- en tuinbouw. Deze uitgave richt zich in eerste instantie tot de landbouwsector.

Het is echter de bedoeling van het Departement om later een analoge brochure te publiceren gericht op de glastuinbouw. Een belangrijk vertrekpunt zullen de resultaten van de energie-enquête zijn die in de loop van 2006 werd gevoerd. Er zal zeker specifiek ingegaan worden op bestaande en nieuwe beloftevolle toepassingen rond energiebesparing en het gebruik van hernieuwbare energie in de glastuinbouwsector.



2. Energieverbruik en uitstoot van broeikasgassen in Vlaanderen, een aantal cijfers. Beleid op Europees en Vlaams niveau

2.1 Vlaanderen is een intensieve energiegebruiker

Vlaanderen is vanwege een aantal typische kenmerken o.a. de dichte bewoning, de aanwezigheid van industrie (chemie, ijzer en staal, voeding, ...) één van de meest energie-intensieve regio's van de Europese Unie.

Het energieverbruik werd in 2005 geschat op 1.620 PJ (peta joule of 10^{15} joule). De sectoren industrie, huishoudens, transport, diensten en landbouw staan in voor ruim de helft van het energiegebruik, de transformatiesector zoals de elektriciteitscentrales, de cokesfabrieken en de raffinaderijen voor 25%. Het gebruik van fossiele brandstoffen als basisgrondstof voor de productie van o.a. plastics bedraagt 15%. Het globale energieverbruik in de land- en tuinbouwsector wordt in 2005 geschat op 32 PJ waarvan tweederde wordt gebruikt voor serreverwarming.

De energie-intensiteit van de Vlaamse economie daalt echter voortdurend sinds 1998. Uitgedrukt in constante prijzen daalde de energie-intensiteit in 2005 met 1% t.o.v. 2004. De energie-intensiteit per éénheid BBP (MJ/euro) daalt constant wegens een verhoging van de energie-efficiëntie en de gestage ontwikkeling van de tertiaire sector (handel en diensten). Globaal werd er 6 PJ minder energie verbruikt in 2005 i.v.m. 2004, het beste globale resultaat sinds 1997.

Samenhangend met het energiegebruik (zie tabel 1) bedroeg de uitstoot van broeikasgassen (koolstofdioxide, methaan, lachgas, fluorhoudende koolwaterstoffen, ...) in Vlaanderen naar schatting 90,8 miljoen ton CO₂-eq in 2004. Dit betekent een stijging met ongeveer 3% t.o.v. het niveau van 1990 (88 miljoen ton CO₂-eq). Het aandeel van de uitstoot van koolstofdioxide, hoofdzakelijk gerelateerd aan het energieverbruik, bedraagt ongeveer 85%.



Tabel 1: Evolutie van de uitstoot van de verschillende broeikasgassen tussen 1990 en 2004

Broeikasgassen	1990 (kton CO ₂ -eq) ¹	2004 (kton CO ₂ -eq)	Evolutie 1990-2004 (%)
CO ₂ (koolstofdioxide)	67.893	77.369	14%
CH ₄ (methaan)	7.146	5.480	-23%
N ₂ O (lachgas)	7.972	6.872	-13,7%
PFK's, HFK's, SF ₆ (fluorverbindingen)	4.759	1.249	-73,8%
Totaal	87.771	90.970	3,6%

1 De uitstoothoeveelheden worden uitgedrukt in kton (1.000 ton) CO₂ -eq of equivalenten. Eén ton methaan veroorzaakt hetzelfde broeikaseffect als 21 ton koolstofdioxide.

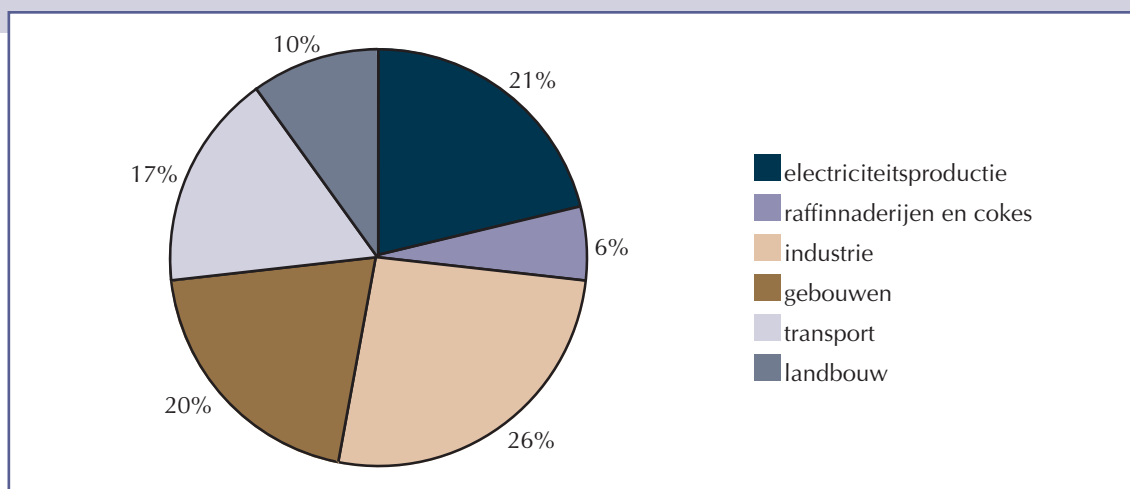
Bron: Vlaams Klimaatplan (VKP) 2006–2012

Indien Vlaanderen tegen het huidig tempo broeikasgassen zou blijven uitstoten, wordt geschat dat we in 2012 en zonder klimaatbeleid op een uitstoothoeveelheid van 105,6 miljoen ton CO₂-eq zouden uitkomen. Dit betekent een gevoelige stijging t.o.v. 1990, in plaats van de beoogde daling in het kader van het Kyoto-protocol.

2.2 Het aandeel van de land- en tuinbouw in de Vlaamse broeikasgasuitstoot

Het aandeel van de landbouw in de globale uitstoot van broeikasgassen bedraagt 10% zoals blijkt uit figuur 1.

Figuur 1: Procentueel aandeel van de sectoren in de uitstoot van broeikasgassen in 2004



Bron: VKP 2006-2012

De uitstoot in de land- en tuinbouwsector wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door de uitstoot van methaan (CH₄) via de veeteelt en van lachgas (N₂O) door de bemesting van de bodem. De energiege-relateerde uitstoot van de land- en tuinbouw bedraagt slechts 3% t.o.v. de globale energiege-relateerde uitstoot van alle sectoren. Binnen de land- en tuinbouwsector is het grootste deel afkomstig van de glas-tuinbouw, via de energie nodig voor de verwarming van de serres.

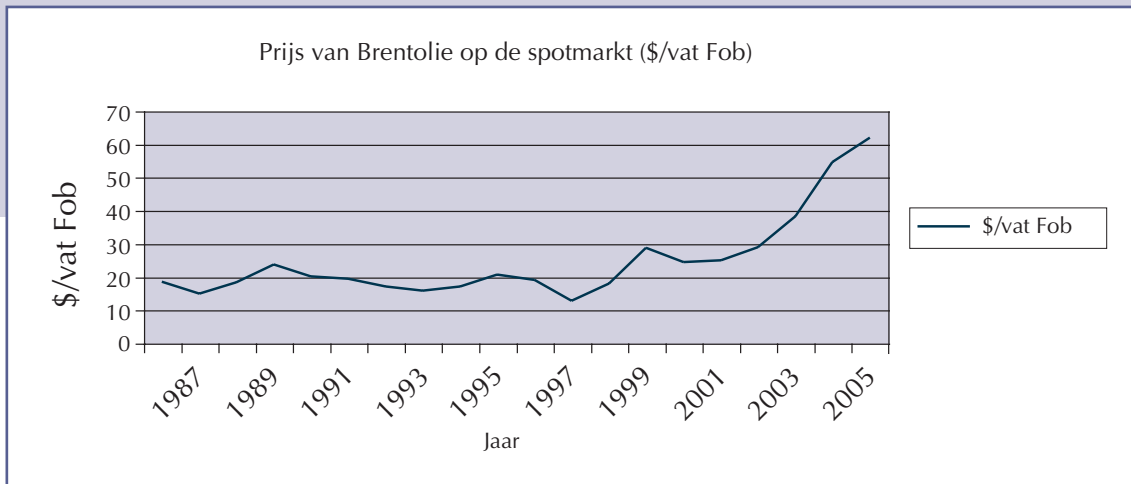
2.3 Evolutie van de marktprijzen van fossiele brandstoffen

De olietank op onze aardbol moet vandaag zowat halfleeg zijn. Op basis van de vandaag bekende voorraden en betrouwbare inschattingen van de reserves wordt volgens bepaalde bronnen geschat dat de tank in 2050 zo goed als leeg zal zijn als het huidige tempo van verbruik aangehouden wordt. In ieder geval worden de investeringen om olie op te halen alsmat groter, zoals vroeger steeds dieper moest gegraven worden in de steenkoolmijnen. Aangezien de oliemarkt wereldwijd in handen is van een handvol bedrijven zal dit natuurlijk zijn effect hebben op de prijs.

Snelgroeiende economieën zoals China en Indië in Zuid-Oost Azië en Brazilië in Zuid-Amerika zullen ook hun aandeel in het energieverbruik opeisen voor de productie van goederen voor een steeds maar uitdijende wereldmarkt en om de eigen levensstandaard te verbeteren.

Dit gegeven gekoppeld aan recente gebeurtenissen op geopolitiek vlak zoals de situatie in Iran, Irak, Libanon en Venezuela resulteerde de jongste jaren in een gevoelige stijging van de prijs voor fossiele brandstoffen. In 1997 bedroeg de prijs voor een vat Noordzee-olie (Brent) nog ongeveer 13 \$/ton. In 2006 werden maximale prijzen genoteerd tot nagenoeg \$75. De evolutie van de prijs voor ruwe olie wordt geïllustreerd in figuur 2.

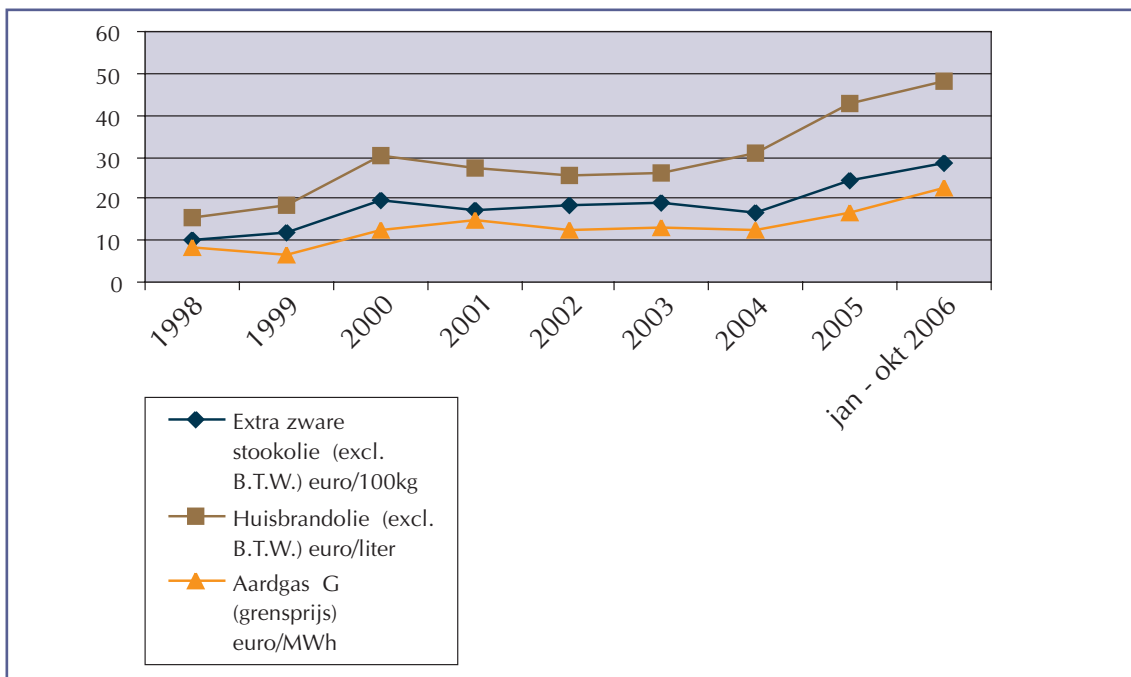
Figuur 2: Evolutie van de marktprijs in \$/vat van ruwe olie (Brent) in de periode 1987-2006 (tot september)



Bron: US Government Official Energy Statistics

Ook de aardgasprijs, al dan niet terecht gekoppeld aan de prijs van de ruwe olie met een vertraging van enkele maanden, volgt diezelfde evolutie zoals blijkt uit figuur 3.

Figuur 3: Evolutie van de prijzen voor aardgas, zware stookolie en lichte stookolie in België in de periode 1998-2006 (maand oktober)



Bron: Afdeling Monitoring & Studie

2.4 Naar een Europese energiestrategie

Door de toenemende spanning op de energiemarkten raakt men er stilaan van overtuigd dat door de overheden specifieke maatregelen genomen moeten worden rond energievoorziening en rationeel energiegebruik.

De Europese Commissie heeft met haar Groenboek: "Een Europese strategie voor duurzame, concurrerende en continu geleverde energie voor Europa" duidelijk aangegeven te werken aan een Europese energiestrategie. Het energiebeleid is gebaseerd op drie doelstellingen: duurzaamheid in gebruik en productie van energie, verhoging van het concurrentievermogen en zekerheid van energievoorziening. Dat deze strategie ook positieve gevolgen heeft op het vlak van milieu, onderzoek naar duurzame energietechnologie en tewerkstelling is mooi meegenomen.

In dit kader dient tegen 2010 in de Europese Unie de productie en ontwikkeling van hernieuwbare energie (biobrandstoffen, biomassa, wind, zon, water, ...) 12% uit te maken van de globale energievoorziening. Ook de introductie van en het onderzoek naar energiebesparende technologieën zoals warmtekrachtkoppeling, het gebruik van zuinigere auto's en toestellen,... krijgen speciale aandacht.

2.5 Noodzaak van een klimaatbeleid

Is de verandering van het klimaat, als gevolg van het almaar stijgende energieverbruik een hypothese of realiteit? Het antwoord op deze vraag tekent zich steeds duidelijker af.

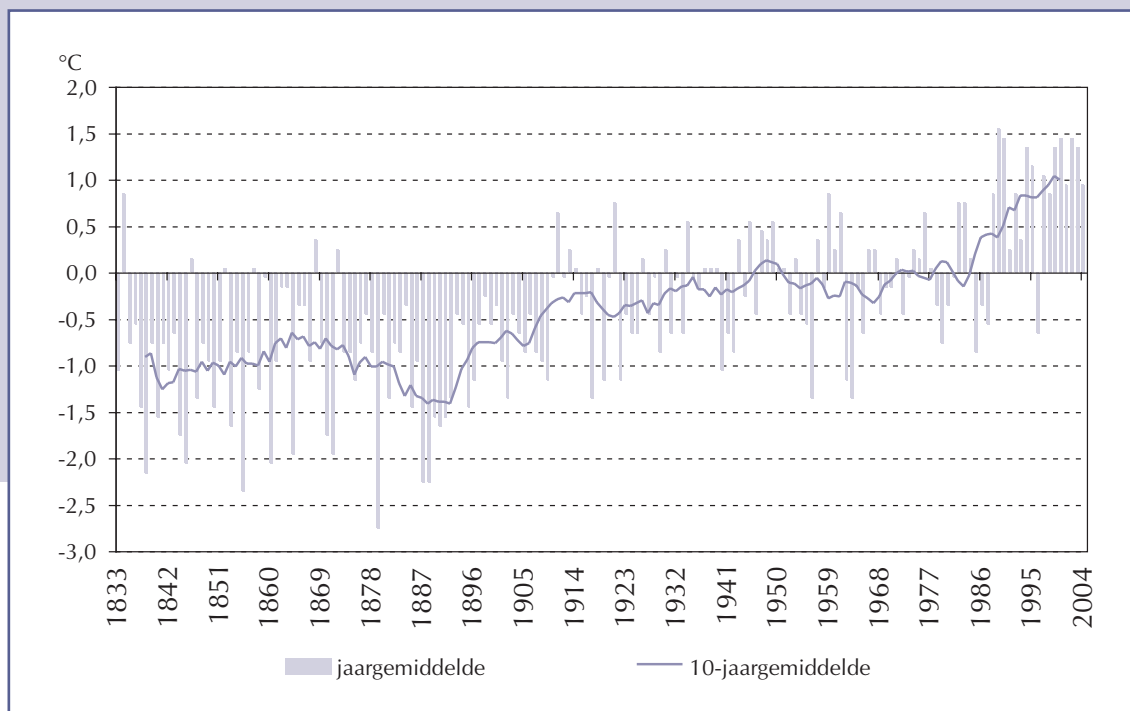
Het klimaat is een vrij complex systeem waarvan we nooit alle processen volledig zullen begrijpen. Eén zaak is echter wel duidelijk. Sinds de pre-industriële periode in onze Westerse maatschappij verandert ons klimaat snel ... , te snel eigenlijk volgens de indruk van wetenschappers, de publieke opinie en nu ook de beleidsmakers.

De stijgende concentratie van broeikasgassen wordt als voornaamste oorzaak van de opwarming van de aarde aangeduid. Sommige bronnen vrezen zelfs dat de opwarming een zichzelf versterkend proces is. Een temperatuurstijging zou dan geleidelijk ook extra broeikasgassen uit de bodem, onder andere door ontdooiing van de permafrost (permanent bevroren gebied aan de polen) en via droogzetting van moerassen, kunnen vrijmaken.

Volgens de Intergouvernementele Werkgroep (Intergovernmental Panel on Climate Change) van de Verenigde Naties is de aarde al 0,6°C warmer geworden sinds het begin van de twintigste eeuw als gevolg van de uitstoot van broeikasgassen. Indien het huidige tempo wordt aangehouden zal tegen het einde van de eeuw de gemiddelde temperatuur met 1,5°C à 5,8°C gestegen zijn sinds het begin van vorige eeuw, met alle gevolgen voor de economie en de ecosystemen over heel de aarde.

De stijgende temperatuur wordt trouwens ook in ons land geconstateerd zoals blijkt uit figuur 4.

Figuur 4: Verandering van de jaargemiddelde temperatuur in Ukkel



Bron: Vlaams Klimaatplan 2006–2012.

2.6 Gevolgen van de klimaatverandering voor de land- en tuinbouw

Een optimist zou voor onze contreien kunnen bedenken dat een stijgende CO₂-concentratie in combinatie met een gunstige temperatuursontwikkeling en watervoorziening de gewasproductie gunstig zal beïnvloeden. De realiteit is echter dikwijls anders. In de land- en tuinbouwsector zal steeds meer rekening gehouden moeten worden met de gevolgen van extreme weersinvloeden op het landbouwinkomen.

Extreme temperatuursveranderingen, overvloedige regen en overstromingen, extreme droogte, nieuwe ziekten van mediterrane en tropische oorsprong, ... zullen meer en meer ons deel worden. De zomers van 2003 en 2006 waren veelbetekend in dit opzicht. Op langere termijn moet bijvoorbeeld ook rekening gehouden worden met een stijging van het waterpeil van de oceanen, wat bijvoorbeeld ook gevolgen heeft voor de grondwaterstand en de verzilting in onze kustgebieden bijvoorbeeld.

2.7 De oplossing ... een wereldomvattend klimaatplan?

Met de ondertekening van het Protocol van Kyoto door 141 landen - met Rusland voorlopig als laatste belangrijke ondertekenaar - heeft de Europese Unie er zich toe verbonden om de uitstoot van broeikasgassen over de periode 2008-2012 met 8% te verminderen t.o.v. 1990. De bijdrage van België bestaat in een vermindering, over de periode 2008-2012, van de uitstoot van broeikasgassen met gemiddeld 7,5% ten opzichte van 1990. Vlaanderen moet instaan voor een daling met 5,2% over de periode 2008-2012 t.o.v. 1990. In absolute cijfers betekent dit dat de uitstoot per jaar in die periode beperkt moet worden tot 83,4 miljoen ton. Dit betekent een vermindering met 22,2 miljoen ton (- 20%) ten opzichte van een scenario zonder energie- en klimaatbeleid na eind 2001.

Het eerste Vlaams Klimaatsbeleidsplan werd opgesteld voor de periode 2002-2005. Een aantal initiatieven, al dan niet in uitvoering van Europese beleidsmaatregelen, werden opgestart. Dit plan vormde zowel procesmatig als inhoudelijk de basis voor de ontwikkeling van een tweede, uitgebreider klimaatplan.

Het tweede Vlaams Klimaatbeleidsplan 2006-2012 werd opgesteld na een breed consultatieproces met het middenveld (de 'Klimaatconferentie'). De stimulatie van de productie van groene stroom, van de inzet van biobrandstoffen en warmtekrachtkoppeling en rationeel energiegebruik zijn de voornaamste maatregelen die tegen eind 2012 in Vlaanderen moeten uitgevoerd worden.

De land- en tuinbouwsector moet volgens dit klimaatplan instaan voor een reductie van 978 kton. De totale uitstoot in deze sector zou daarmee uitkomen op 8,56 miljoen ton. Het effect van een verdere daling van de veestapel en meer rationeel energiegebruik in de glastuinbouw vormen daartoe de belangrijkste bijdrage.

Na de Kyotoperiode zou vanaf 2012 op wereldvlak naar een steeds belangrijkere vermindering van de uitstoot van broeikasgassen gestreefd moeten worden, waarbij dan ook wordt gesproken over een vermindering met tientallen procenten.

2.8 Maatregelen in de land- en tuinbouw

De land- en tuinbouw in Vlaanderen speelt in dit hele reductieverhaal slechts een beperkte rol. Bovendien is de land- en tuinbouw de enige sector waarvan de uitstoot van broeikasgassen sinds 1990 al gevoelig was gedaald. De daling van de veestapel en het rationeler energiegebruik in de glastuinbouw leverden daartoe de voornaamste bijdrage.

In het kader van het Vlaams Klimaatplan 2006-2012 werden voor de land- en tuinbouw een aantal concrete acties voorgesteld. De glastuinbouw heeft op het vlak van energiegebruik en CO₂-emissies het grootste aandeel binnen de sector. Energie is er tevens een belangrijke productiekost die rechtstreeks afhangt van de energieprijzen. Daarom werden een aantal maatregelen zoals stimulatie van warmtekrachtkoppeling, aanmoediging tot overschakeling op aardgas en andere duurzame energiebronnen, gerichte sensibilisering, ontwikkeling van een kenniscentrum specifiek gericht op de land- en tuinbouwsector, voorgesteld.

Andere accenten zijn de stimulatie van de productie van energieteelten (energiemaïs, korte omloop-hout, koolzaad, ...). Via demoprojecten en specifiek gerichte steun via het VLIF en het Programma Plattelandsontwikkeling worden er stimulansen gegeven voor hernieuwbare energie.

Meer informatie met betrekking tot het Vlaams Klimaatbeleidsplan 2006-2012 kan u vinden op volgende website: www.lne.be/publicaties.



3. Rationeel en duurzaam energiegebruik

De goedkoopste en minst vervuilende energie is de energie die je niet gebruikt.

Het energiegebruik wordt beïnvloed door verschillende factoren. De voornaamste daarvan zijn ondermeer het buitenklimaat, de correcte afstelling van verwarming- en andere installaties, het gebruik van energiebesparende technieken bij installaties en in gebouwen (isolatie, gebruik instraling zon, ...) , ... Niet zelden kan men nog ruim op de energiefactuur besparen zonder in te boeten op de kwaliteit van het productieproces of op het comfort voor mens, plant en dier. Vooraleer over te gaan tot nieuwe, meestal dure investeringen en alternatieve concepten is het nuttig om na te kijken of aan alle andere voorwaarden van rationeel energiegebruik is voldaan. Een aantal REG-tips in acht nemen, al dan niet met behulp van gespecialiseerde ondersteuning, beperken het gebruik van zowel fossiele brandstoffen als hernieuwbare energie in belangrijke mate.

Een goed inzicht in het energieverbruik op het bedrijf leidt tot een efficiënt energiegebruik en voorkomt verspilling.

Door middel van het opstellen van een energiebalans en het uitvoeren van een energie-audit krijgt men een duidelijk inzicht in de instroom (zonnearmte, verwarmingsinstallaties, warmte geproduceerd door machines, personen en dieren, ...) en uitstroom van energie (transmissieverliezen gerelateerd aan het isolatiepeil van een gebouw, ventilatieverliezen, lekken, belichting, verbruik motoren, koelcellen, afvoer warm water, ...). Het vergelijken van deze gegevens met gegevens van andere bedrijven of proefresultaten geeft een idee van de energievriendelijkheid van een gebouw, installatie of proces. Het is de eerste stap naar maatregelen om op een eenvoudige manier energie te besparen.



Vormgeving en inplanting van gebouwen, warmteproductie- en distributiesystemen.

Houd bij nieuwbouw van woning, bedrijfsgebouwen (stallen, serre, ...) of andere productie- en behandelingsinstallaties (bedoeld voor koeling, droging, verwarming, ...) van bij de aanvang rekening met elementen als vorm, inplanting en capaciteit om een optimaal energiegebruik te realiseren. De vormgeving van een gebouw is bijvoorbeeld van belang om een optimale warmteproductie en warmteverdeling te realiseren. De juiste inplanting van een gebouw (opvang zonnewarmte, aanleg plantenbuffer, ...) geeft je bijvoorbeeld mogelijkheden om te investeren in zonnepanelen of het scheppen van een microklimaat.

Maak maximaal gebruik van vloer-, muur-, en dakisolatie.

Goede isolatie van gebouwen (vloer, muur, dak) maar ook van verwarmingssystemen en buizen is in vele gevallen één van de meest aangewezen manieren om een forse energiebesparing te realiseren. Bij nieuwe gebouwen en bij vergunde renovatie van bestaande gebouwen dient vanaf 1 januari 2006 tevens voldaan te worden aan 'de energieprestatie regelgeving' waarvan isolatienormen een belangrijk onderdeel uitmaken.

Let op de capaciteit en energievriendelijkheid (energielabel) bij aankoop van toestellen en installaties (verwarming, tractie, koelmachines, aggregaten, ...).

‘Dure koop is goede koop’ is een veel gebruikt gezegde. Dikwijls zijn beter presterende installaties op energievak duurder bij aankoop maar de meerkosten worden al vlug gecompenseerd door verminderde uitgaven voor energie, zeker bij de huidige energieprijzen. Het gebruik van een energielabel (vb. HR-top en HR+ verwarmingsketels, A++-label, ...) geeft al een goed idee over de energieprestatie van een toestel of installatie.

Optimale dimensionering en onderhoud van de warmte-installatie.

Om een maximaal gebruiksrendement te realiseren verdient de onderlinge afstemming van het warmteverdeelstelsel (buizen, ...) en het vermogen van het warmteproductiesysteem (brander, ketel, ...) veel aandacht.

Introductie van (nieuwe) technologie op gebied van energiebesparing.

Op meerdere land- en tuinbouwbedrijven kan gebruik gemaakt worden van specifieke technieken voor energiebesparing (warmtekrachtkoppeling, recuperatie van restwarmte, ...). Dit vergt vaak een aanzienlijke investering die echter met de huidige energieprijzen binnen een aanvaardbare termijn kan terugverdiend worden. Bezin echter eer je begint en start met een haalbaarheidsstudie. Aangezien het hier meermaals dure investeringen betreft die aanvankelijk de financiële draagkracht van het individuele land- en tuinbouwbedrijf overstijgen is samenwerking met naburige bedrijven en professionele begeleiding dikwijls aan te raden. Bespreek dit trouwens met je financieel adviseur om de voor- en nadelen en kosten en opbrengsten ten opzichte van mekaar af te wegen.

Waar mogelijk verkies hernieuwbare energie of restwarmte boven het gebruik van aardgas, stookolie of steenkool.

Bij het gebruik van fossiele brandstoffen verdient aardgas de voorkeur op andere fossiele brandstoffen zoals zware stookolie of steenkool en in mindere mate ook op lichte stookolie. Aardgas is op alle vlakken milieuvriendelijker (bijna een derde minder CO₂-uitstoot en verminderde uitstoot van NO_x, SO₂, stof, ...). Verwarmingsinstallaties op aardgas zijn gemakkelijker in onderhoud en hebben een hoger gebruiksrendement. Aansluiting op het aardgasnet is voor land- en tuinbouwbedrijven echter niet altijd evident wegens de perifere ligging en de kostprijs voor de aansluiting.

Het gebruik van hernieuwbare grondstoffen en van restwarmte afkomstig van de industrie, van warmtekrachtkoppelinginstallaties beheerd door derden en van verbrandingsovens verdient de voorkeur op het gebruik van fossiele energie op een landbouw- of tuinbouwbedrijf en wordt door de Vlaamse overheid (zie verder) gesubsidieerd.

Ga op zoek naar financiële ondersteuning voor investeringen in duurzame energietechnologie of voor het gebruik van hernieuwbare energie.

Investeringen in energiebesparende en hernieuwbare energietechnologie vallen vaak duur uit en de financiële return manifesteert zich pas na een bepaalde periode. De overheid voorziet daarom in financiële middelen voor de overschakeling naar energievriendelijke technologieën. Dit gebeurt zowel door de federale overheid (investeringsaftrek), de Vlaamse overheid (VLIF-steun, ecologiesteun, premies uitgekeerd via de netbeheerders) als de lokale overheden (provincie, gemeente).

Meer informatie rond de energieprestatie-eisen voor gebouwen, energie besparen en de financiële ondersteuning voor energiebesparende en hernieuwbare energietechnologie door de overheid en de netbeheerders, is te vinden op de volgende website www.energiesparen.be. Ook bij de plaatselijke gemeente kan men terecht voor informatie over de steun voor energiebesparende acties.

Ingevolge het Vlaamse energie- en klimaatbeleidsplan kan de land- en tuinbouwsector sinds 2006 beroep doen op een energieconsulent specifiek gericht op de sector. Als individueel bedrijf kan men voor eerste lijnsadvies rond energieproblemen (energieaudit, energietechnologie, hernieuwbare energie...) steeds terecht bij de consulent. De contactpersoon is bereikbaar op volgend tel. 016 28 61 27 of e-mailadres inge.goessens@innovatiesteunpunt.be of energie@innovatiesteunpunt.be.



4. De verschillende vormen van alternatieve energie

4.1 Zonne-energie

Er bestaan twee verschillende systemen die gebruik maken van zonne-energie:

- zonthermische systemen leveren warm water;
- fotovoltaïsche systemen leveren elektriciteit (PV-systemen, afkorting van het Engelse photovoltaic).

Zonthermische systemen (zonneboiler)

Bij zonthermische systemen wordt zonne-energie omgezet in nuttige warmte. Het licht wordt via zwarte zonnecollectoren omgezet in warmte. Deze kan gebruikt worden voor de verwarming van sanitair water en vloer- of wandverwarming.

Fotovoltaïsche systemen

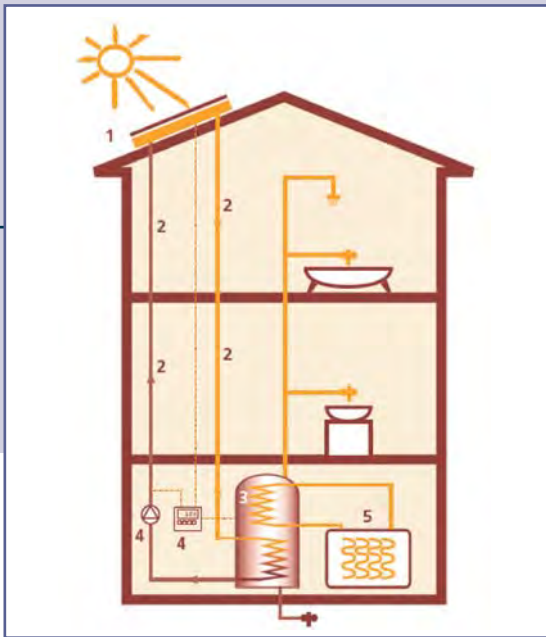
Bij fotovoltaïsche systemen wordt licht in elektriciteit omgezet. De fotovoltaïsche zonne-energie gebruikt de energie van de lichtfotonen.

4.1.1 Hoe werkt het systeem?

Zonthermische systemen (zonneboiler)

Een zonthermisch systeem bestaat uit 5 basiscomponenten om warm water te produceren.

Figuur 5: Schematisch overzicht van een zonnethermisch systeem



1. De zonnecollector vangt het invallende zonlicht op en zet het, via de absorber, om in warmte. De absorber geeft de warmte door aan de warmtetransporterende vloeistof, meestal water met glycol, die door de absorber stroomt. De warmtetransporterende vloeistof brengt de zonnewarmte van de collector naar de warmteopslag via een warmtewisselaar;
2. In de primaire kringloop circuleert de warmtetransporterende vloeistof tussen de collector en de warmtewisselaar van de warmteopslag. De vloeistof neemt warmte op in de collector en geeft die af aan de warmteopslag, daarna keert ze terug naar de collector om zich weer op te laden;
3. De warmteopslag zorgt ervoor dat de door de zon geproduceerde warmte gestockeerd wordt tot wanneer we ze kunnen gebruiken. Het voorraadvat is een geïsoleerd waterreservoir;

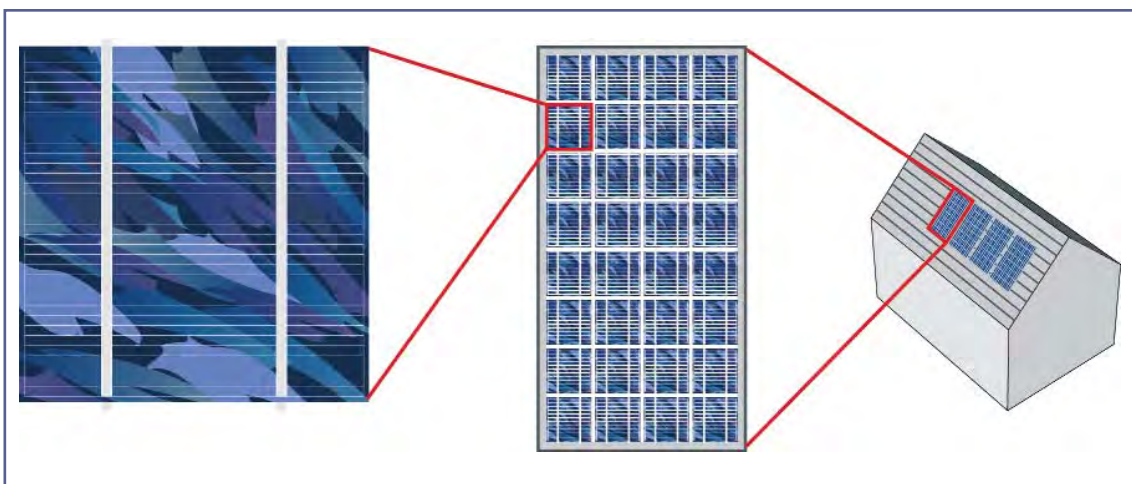
Bron: Warmte uit zonlicht, ODE-Vlaanderen

4. De randapparatuur bestaat uit een circulatiepomp voor het rondpompen van de warmtetransporterende vloeistof in de primaire kringloop;
5. De naverwarming is nodig omdat in Vlaanderen de temperatuur in de warmteopslag van een zonneboiler niet altijd volstaat voor direct gebruik.

Fotovoltaïsche systemen

Bij de opbouw van een fotovoltaïsch systeem voor het opwekken van elektriciteit kunnen er een aantal stappen onderscheiden worden. De grote stappen zijn weergegeven in figuur 6.

Figuur 6: Opbouw van een fotovoltaïsch systeem



Bron: ODE Vlaanderen

Stappen bij de opbouw van een fotovoltaïsch systeem:

- productie van zonnecellen uit siliciumschijven door chemische behandeling van de siliciumschijven om de elektrische eigenschappen te veranderen en elektrische contacten toe te voegen op de schijven. De zonnecel bestaat zo uit een dun plaatje halfgeleidend materiaal (silicium) dat alleen goed elektriciteit geleidt als er licht opvalt;
- productie van modules uit zonnecellen door onderlinge verbinding via gesoldeerde strips. De voorkant van de module (paneel) bestaat uit een lichtdoorlatende plaat. Aan de achterkant wordt een water- en dampdichte folie aangebracht;
- verschillende modules worden samengevoegd tot een fotovoltaïsch systeem of PV-systeem. De modules worden in serie geschakeld en gekoppeld aan batterijen of via omvormers op het stroomnet. Bij een netgekoppeld fotovoltaïsch systeem wordt de gelijkspanning van de fotovoltaïsche modules omgevormd (met omvormers) tot wisselspanning (230V, 50Hz) die rechtstreeks aan het elektriciteitsnet kan geleverd worden.

4.1.2 Wat kost het?

Zonthermische systemen (zonneboiler)

Voor zonthermische systemen hanteert men de vuistregel dat per m² collector een voorraadvat van 40 tot 60 liter nodig is. Voor grotere systemen is het van belang om het waterverbruik vooraf te meten. Ook de spreiding van het waterverbruik is belangrijk.

Een collector van 5 m² en een voorraadvat van 200 l à 300 l kost € 3.000 à 4.500 aan materiaal en ongeveer € 800 voor de installatie. Een dergelijke collector is voldoende voor een gezin van vier personen.

U dient de collector op te stellen met een helling tussen de 20° à 60° met een oriëntatie tussen zuidoost en zuidwest.

Fotovoltaïsche systemen

Het nominale vermogen van een fotovoltaïsche module wordt opgemeten onder internationaal vastgelegde testcondities en uitgedrukt in Watt-piek, afgekort Wp. Per geïnstalleerde kWp levert een hellend (20° à 60°) opgesteld netgekoppeld systeem met een oriëntatie tussen zuidoost en zuidwest jaarlijks ongeveer 850 kWh wisselstroom. De paneeloppervlakte van 1 kWp is ongeveer 7,5 m² en de kostprijs bedraagt maximaal € 7.000 per kWp (totale prijs, geïnstalleerd, inclusief BTW).

4.1.3 Wat brengt het op?

Zonthermische systemen (zonneboiler)

De meerwaarde die een zonthermisch systeem u oplevert, is afhankelijk van de brandstof die u bespaart door een zonthermisch systeem.

Indien met een zonthermisch systeem zware stookolie wordt vervangen, zijn de kosten per bespaarde kWh over 25 jaar ongeveer gelijk aan de huidige kosten. Dit is in de veronderstelling dat de stookolieprijzen gelijk blijven. Als de prijzen voor stookolie stijgen, zal u dus goedkoper warm water produceren met een zonneboiler.

Indien met een zonthermisch systeem elektriciteit wordt vervangen, zijn de kosten per bespaarde kWh over 25 jaar ongeveer 2,5 keer goedkoper dan de huidige kosten. Indien de prijzen voor elektriciteit stijgen zal u dus goedkoper warm water met de zon maken dan met een elektrische boiler.

Fotovoltaïsche systemen

De grootte van een fotovoltaïsch systeem stemt u best af op uw eigen elektriciteitsverbruik van overdag. Als het eigen verbruik hoger is dan de potentiële opwekking met een PV-systeem ligt de terugverdientijd tussen 7 en 10 jaar.

Als het eigen verbruik kleiner is dan de potentiële opwekking met een PV-systeem ligt de terugverdientijd tussen 10 en 15 jaar.

Voor systemen met een vermogen minder dan 10 kW aan de wisselstroomzijde van de omvormers (< 100 m² panelen) hebt u een teller die alle geproduceerde elektriciteit meet (basis voor uitbetaling groene stroom certificaten, afgekort GSC) en een terugdraaiende teller. Als u dus elektriciteit produceert die u op dat moment niet verbruikt, stroomt deze elektriciteit op het elektriciteitsnet en draait uw teller terug. Uw totaal verbruik dat u van het net afneemt en waarvoor u aan uw leverancier betaalt, vermindert. Als u op jaarbasis dus evenveel elektriciteit produceert met de zon als u op jaarbasis overdag verbruikt, spaart u de factuur aan dagverbruik van elektriciteit uit.

Indien u een fotovoltaïsch systeem installeert met een vermogen van meer dan 10 kW aan de wisselstroomzijde van de omvormer(s) (> 100 m² panelen) hebt u een teller nodig die de geproduceerde elektriciteit meet (basis voor uitbetaling GSC) en twee tellers die elk een richting meten. De eerste teller (klassieke afname) meet de totale elektriciteit die u van het elektriciteitsnet afneemt. Die betaalt u aan uw leverancier. De tweede teller (injectie) registreert de stroom die u op het net injecteert. De leverancier is echter niet verplicht om een minimumprijs voor deze elektriciteit te betalen. Daarom is het best om de grootte van uw PV-systeem zo goed mogelijk af te stemmen op uw eigen elektriciteitsbehoefte van overdag want wat u niet onmiddellijk gebruikt, geeft u weg aan het net (enkel inkomsten uit GSC). Een studie door de netbeheerder en bijkomende beveiliging is nodig bij grote installaties.

4.1.4 Welke vergunningen zijn nodig?

Zonthermische systemen (zonneboiler)

Een stedenbouwkundige vergunning is niet nodig voor de plaatsing van volgende zaken bij vergunde gebouwen die niet in een ruimtelijk kwetsbaar gebied gelegen zijn:

- dakvlakvenster en/of fotovoltaïsche zonnepanelen en/of zonneboilers in het dakvlak, tot een maximum van 20% van de oppervlakte van het dakvlak;
- fotovoltaïsche panelen en/of zonneboilers op een plat dak.

Fotovoltaïsche systemen

Zie vorige voor stedenbouwkundige vergunning.

Daarnaast gelden ook een aantal technische aansluitingsvoorwaarden.

Voor PV-systemen mag de kWh-meter terugdraaien als de productie van zonnestroom hoger ligt dan het intern elektriciteitsverbruik, en dit voor opgestelde vermogens tot maximum 10 kWp (bepaald door de som van de nominale vermogens van de opgestelde omvormers).

De inverter moet kunnen ontkoppeld worden van het net (in geval van risico op eilandbedrijf) door een automatische afschakeling in de inverter (= omvormer die de gelijkstroom opgewekt met de zon omzet in wisselstroom voor op het elektriciteitsnet).

De controle van een PV-systeem voor aansluiting en bij netkoppeling gebeurt op kosten van de eigenaar. Een PV-systeem mag enkel na de schriftelijke toestemming van de netbeheerder op het distributienet worden aangesloten. Bij installaties < 10 kW volstaat een meldingsformulier dat na de opstart mag opgestuurd worden. Bij grotere installaties wordt een aanvraag ingediend voor deze opgestart worden.

4.1.5 Welke premies en subsidies zijn mogelijk?

Zonthermische systemen (zonneboiler)

- éénmalige verhoogde investeringsaftrek van 14,5% (inkomsten 2006) voor ondernemingen (vennootschapsbelasting) of natuurlijke personen;
- de VLIF-subsidie bedraagt 30% van de investering (zonder BTW);
- de provinciale subsidie is enkel van toepassing in Vlaams-Brabant en niet cumuleerbaar met VLIF-steun;
- eventueel een gemeentelijke subsidie, niet cumuleerbaar met VLIF-steun;
- de premie van de netbeheerder geldt voor installaties met een BELSOLAR label en is niet cumuleerbaar met VLIF-steun.

Fotovoltaïsche systemen

- éénmalige verhoogde investeringsaftrek van 14,5% (inkomsten 2006) voor ondernemingen (vennootschapsbelasting) of natuurlijke personen;
- de groenestroomcertificaten (GSC) leveren 450 euro per 1.000 kWh op gedurende 20 jaar bij in dienst name in het jaar 2006-2007 op;
- de VLIF-subsidie bedraagt 30% van de investering (zonder BTW);
- de gemeentelijke subsidie is niet cumuleerbaar met VLIF-steun.

4.1.6 Enkele praktijkvoorbeelden

Op een serrebedrijf (sla, courgettes en vollegrondsgroenten) te Roeselare staat een PV-systeem van 11 kWp. De opgewekte elektriciteit wordt verbruikt door de frigo's, transportbanden en het woonhuis.

Foto 1: PV-systeem op serrebedrijf te Roeselare



Foto 2: Zonneboiler op melkveebedrijf



Op het melkveebedrijf met zuivelverwerking te Lendeledede zorgt een vacuümcollector van 4 m² voor warm spoelwater voor de melkmachine en koeltank. Deze collector is aangesloten op een boiler van 300 l. Op het biologisch serrebedrijf te Rudderveerde staat een zonneboiler met een collectoroppervlakte van 15 m². De boiler van 1.500 l voorziet in sanitair warm water en woningverwarming (vloerverwarming). Naverwarming gebeurt met de bestaande mazoutbrander. Alle overbodige zonnearmte gaat naar de vloerverwarming van de serres.

Foto 3: Afzonderlijk geïnstalleerde zonneboiler op serrebedrijf



Voor meer informatie kan u terecht op www.proclam.be. Ga naar het luik 'energie', waar o.a. de brochure 'Zonne-energie in land- en tuinbouw' vindt.

4.2 Windenergie

4.2.1 Wat is windenergie?

Reeds eeuwen gebruikt de mens de kracht van de wind, in windmolens om graan te malen of water op te pompen, als stuwende kracht achter zeilboten, ...

Windturbines zijn een nieuwe manier om de kracht van de wind te benutten. Namelijk door er elektriciteit mee op te wekken. Windturbines zetten de kinetische energie van de wind om in mechanische kracht. Een generator zet deze mechanische kracht om in elektriciteit.

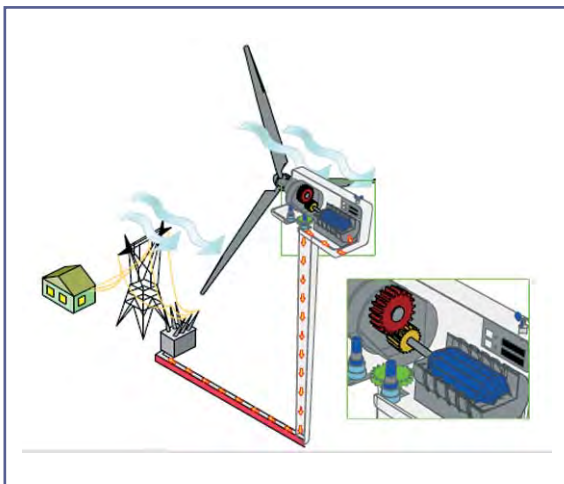
De technologie heeft zich de laatste jaren zeer snel ontwikkeld. Windturbines worden steeds krachtiger en groter. Hierdoor kunnen ze meer elektriciteit produceren en dalen de kosten per geproduceerde kWh.

4.2.2 Hoe werkt het systeem?

Windturbines zijn grote installaties waarbij de nodige aandacht wordt besteed aan veiligheid. Dus hoewel het systeem van elektriciteitsopwekking op zich eenvoudig lijkt, zijn dit hoogtechnologische toestellen met bijzonder veel interne sturing en regelingen.

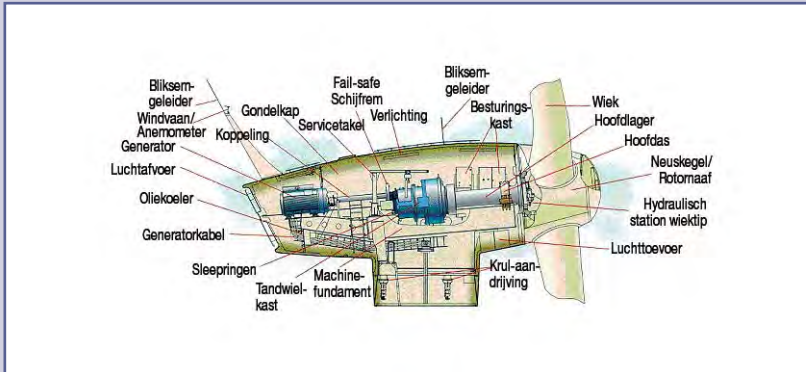
De wind doet de wieken van de windturbine draaien. Door deze draaibeweging komt de hoofdas in de gondel in beweging en wordt – al dan niet via een tandwielkast – de mechanische energie via de generator omgezet in elektrische energie op laagspanning. De elektriciteit wordt dan via de transformator omgezet naar hoogspanning en op het openbare elektriciteitsnet geïnjecteerd.

Figuur 7: Schema van opbouw van een windmolen



Bron: US department of energy, EERE

Figuur 8: De verschillende onderdelen van een windturbine



Bron: ODE Vlaanderen

4.2.3 Hoeveel kost het?

Voor de berekening van de kostprijs moet een onderscheid gemaakt worden tussen de grootschalige toepassing van windenergie en de kleinere systemen op maat van het landbouwbedrijf.

Tabel 2: Belangrijkste kenmerken van een groot- en kleinschalig systeem voor windenergie

	Kleinschalige toepassingen	Grootschalige toepassingen
Vermogenklasse	5 - 100 kW	1.000 – 3.000 kW
Diameter	6 - 20 m	70 - 100 m
Ashoogte	20 - 30 m	80 - 115 m
Elektrisch systeem	DC of AC netgekoppeld of batterijen opladen	AC netgekoppeld
Netkoppeling	Binnen het bedrijf	Via middenspanning naar het dichtstbijzijnde netkoppelpunt
Investering (€)	40.000	2.200.000

Bron: Eigen berekeningen

Foto 4: Grootschalige windmolen



4.2.4 Wat brengt het op?

Voor grootschalige turbines kan gesteld worden dat, met de huidige regelgeving zoals de ecologiesteun en de groenestroomcertificaten (zie verder) windenergie in Vlaanderen rendabel is. Zeker voor middelgrote installaties zijn er geen betrouwbare statistieken op grote schaal beschikbaar in Vlaanderen. In het kader van een demo-project zijn op een beperkt aantal landbouwbedrijven een modelberekening doorgevoerd. Daaruit blijkt dat in een zone met een gunstig windklimaat (vb. aan de kust) de terugverdientijd (TVT) voor een kleinschalige en middenschalige windmolen ongeveer 14 jaar bedraagt. Een grootschalige windmolen heeft een TVT van 3 tot 5 jaar.

In een zone met een minder gunstig windklimaat ligt de TVT voor een kleine en middenschalige windmolen op meer dan 20 jaar.

Bij windenergie wordt geteld dat de opbrengsten uit de GSC geldig zijn gedurende 20 jaar, de minimumprijs voor deze certificaten is enkel maar gegarandeerd voor 10 jaar (voor zon PV zijn deze wel over 20 jaar gegarandeerd). De specifieke afbraakkosten van windmolens na 20 jaar zijn niet in rekening genomen.

4.2.5 Welke vergunningen zijn nodig?

Grootschalige turbines

Voor de bouw van een grootschalige windturbine is zowel een stedenbouwkundige vergunning als een milieuvergunning vereist. De stedenbouwkundige vergunning wordt steeds aangevraagd bij de provinciale stedenbouwkundige ambtenaar.

Inzake de milieuvergunning worden windturbines volgens bijlage 1 van Vlarem I als volgt ingedeeld:

- 300 kW tot en met 500 kW: klasse 3 (meldingsplichtig, melding bij gemeente);
- Meer dan 500 kW tot en met 5.000 kW: klasse 2 (vergunningsplichtig, aanvraag bij gemeente);

- Meer dan 5.000 kW, alsook installaties voor het opwekken elektriciteit door middel van windenergie voor zover de activiteit betrekking heeft op 20 windturbines of meer, of 4 windturbines of meer die een aanzienlijke invloed hebben op een bijzonder beschermd gebied: klasse 1 (vergunningplichtig, aanvraag bij bestendige deputatie van de provincie);
- MER-plicht is enkel van toepassing bij parken van 20 turbines of vanaf 4 turbines als ze een aanzienlijke invloed hebben of kunnen hebben op een bijzonder beschermd gebied.

Foto 5: Braemland project



In de omzendbrief EME/2006/01-RO/2006/02 (http://www2.vlaanderen.be/ned/sites/economie/energiesparen/doc/wind_omzendbrief.pdf) staan het afwegingskader en de randvoorwaarden voor de inplanting van windturbines uitgeschreven. Criteria als clustering, landschapswaarde, geluidsimpact, slagschaduw,... worden beoordeeld. Het is belangrijk te weten dat alleenstaande windturbines slechts zelden vergund worden, omdat er wordt gekozen voor clusters van ten minste 3 turbines.

Daarnaast moet ook rekening gehouden worden met de veiligheidseisen van de luchtvaart.

Het aanvragen van een vergunningsdossier is een complexe materie, waarbij men beter bijgestaan wordt door een bureau dat hierin ervaring heeft.

Kleinschalige turbines

De aanvraag voor de bouw van een kleinschalige windturbine gebeurt bij de gemeente. Zij beslissen over de vergunningsaanvraag. Er zijn (nog) geen algemene regels voor de inplanting van kleinschalige windturbines.

4.2.6 Welke premies en subsidies zijn mogelijk?

Financiële ondersteuning voor de installatie:

- investeringsaftrek: éénmalige verhoogde investeringsaftrek van 14,5% (inkomsten 2006) voor onderneming (vennootschapsbelasting) of natuurlijke personen;
- ecologiepremie (let wel, dit stelsel ondergaat momenteel een grondige wijziging).

Daarnaast is er het systeem van de groenestroomcertificaten (voor meer informatie zie [ww.vreg.be](http://www.vreg.be) of www.energiesparen.be). De uitbater kan kiezen tussen een schriftelijke overeenkomst met de distributienetbeheerder waarbij gegarandeerd € 80 per 1000 kWh voor 10 jaar wordt gegeven per certificaat of de groenestroomcertificaten worden verkocht aan een elektriciteitsleverancier (zie www.vreg.be).

4.2.7 Enkele praktijkvoorbeelden

Beauvent cvba:

Met een drietal personen werd in 2000 de vennootschap Beauvent cvba opgericht. Zij realiseerden twee windmolens (800 kW) in het project 'De Put' te Diksmuide (Nieuwkapelle). Hiermee kunnen 1400 gezinnen voorzien worden van 'groene stroom'.

(www.beauvent.be)

Wase Wind cvba:

De cvba Wase Wind werd eind 2001 opgericht om de Waaslanders de kans te geven te participeren in windenergieprojecten in eigen regio en er elektriciteit van af te nemen. De cvba richtte zich in de eerste plaats tot agrarische bedrijven, maar staat ook open voor andere bedrijven en particulieren. Wase Wind financiert mee het de windmolens van het Braemland-project van Fortech die in april 2005 in bedrijf gesteld zijn. De drie windturbines van elk 2 MW staan langs de E17 te Kruibeke. Eind 2007 start de bouw van twee bijkomende turbines aan de overzijde van de E17.

(www.wasewind.be)

Foto 6: Windmolen in Diksmuide



Meer informatie op:

- www.proclam.be (luik 'energie')
- www.ode.be
- www.beauvent.be

Meer informatie over het Windplan Vlaanderen vindt u op:
www.energiesparen.be/duurzame_energie/wind.php

4.3 Waterkracht

4.3.1 Inleiding

Sinds mensenheugenis wordt gebruik gemaakt van de kracht van stromend water om allerlei machines in beweging te zetten: de bekendste zijn natuurlijk de vele bloemmolens maar ook voor het produceren van vilt of papier heeft men vroeger vaak waterkracht gebruikt.

In meer recente tijden werden de meeste watermolens buiten gebruik gesteld, de molenwielen verdwenen en vaak werd de watertoevoer afgesneden.

Door de stijging van de energieprijzen komen deze locaties echter terug in beeld.

In Vlaanderen en Brussel zijn er alles tezamen een 320 plaatsen waar een molen staat of gestaan heeft. Meestal zijn deze beschermd als monument.

4.3.2 Mogelijkheden voor energieproductie

Het vermogen van een watermolen is relatief beperkt en wordt vooral bepaald door de valhoogte van het water en het debiet.

Aangezien het plaatsen van een generator een erg dure aangelegenheid is, dienen eventuele initiatiefnemers een goede kosten-batenanalyse te maken van hun project.

Al naargelang de situatie kan een watermolen tot 40 kW elektrisch vermogen opleveren. De meeste bestaande sites komen zelfs daar niet aan.

Waterkracht zal in Vlaanderen dan ook nooit een grote speler in de sector van de hernieuwbare energie worden.

4.3.3 Vergunningen - Het stuwrecht

Een zeer belangrijk gegeven waar alle geïnteresseerden zeker moeten rekening mee houden is het feit dat je niet zomaar om het even waar een stuw mag bouwen met een turbine erbij. Omdat het opstuw van water zo'n geweldige impact heeft op het gebied stroomopwaarts van de stuw (verhoogde grondwatertafel) bestaat er al sinds eeuwen een soort gewoonterecht dat men het stuwrecht heet.

Aan elke molen is een stuwrecht verbonden. De eigendom van dat recht zit meestal bij de eigenaar van de molensite maar kan evengoed in het verleden verkocht zijn en in andere handen zijn.

4.3.4 Nieuwe initiatieven

Wie een stuw wil aanleggen of een bestaande molen wil herwaarderen zal hoe dan ook een tocht door de administraties moeten plannen: bouwvergunning, uitbatingsvergunning, subsidies voor restauratie enz.

Daarnaast zijn er te verwachten weerstanden als een molen na vele jaren terug in werking wordt gesteld. De omwonenden en aangelanden stroomopwaarts zijn meestal niet gelukkig als hun kelders onder water komen te staan of hun velden onberijdbaar worden door de stijging van de grondwatertafel.

Enig overleg met de omwonenden is dus wel aan te bevelen. De kans op nieuwe waterkrachtprojecten in Vlaanderen die in aanmerking zouden kunnen komen voor financiële steun wordt echter zeer klein geacht.

FOTO 7: Watermolen in Overijse



4.3.5 Meer informatie

Op de website van ODE-Vlaanderen kan je een brochure downloaden over kleine waterkracht: www.ode.be.

Op de website van de FOD Economie, KMO, Middenstand en Energie onder de rubriek energie kan je ook een overzicht vinden van de wetgeving terzake en de diverse steunmaatregelen: www.mineco.fgov.be.

4.4 Vaste biobrandstoffen



Bron INBO (Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek)

4.4.1 Inleiding en situering

De groep van de biobrandstoffen wordt meestal opgedeeld in twee onderscheiden rubrieken. Enerzijds de groep van de (vloeibare) biobrandstoffen voor voertuigen en stationaire motoren en anderzijds de vaste brandstoffen die gebruikt worden om warmte te produceren.

De categorie van de vloeibare biobrandstoffen wordt verder besproken in de rubriek vloeibare biomassa (hoofdstuk 4.5).

Glastuinbouwbedrijven in de eerste plaats maar ook landbouwbedrijven (bijvoorbeeld varkenshouderijen) hebben een zeer grote energiebehoefte. Naast de elektriciteit is er ook een grote vraag naar warmte voor het bedrijf. Omdat stookolie en aardgas sterk in prijs zijn gestegen, grijpen land- en tuinbouwers steeds meer naar 'oude' methoden.

4.4.2 Biobrandstoffen voor verwarming

Voor verwarming wordt momenteel vooral hout gebruikt (gerecycleerd of nieuw hout).

Daarnaast ziet men meer en meer dat ook andere gewassen worden gebruikt. Granen, pellets van alle mogelijke organische materialen (gras, houtafval, stro, ...) worden tegenwoordig gebruikt. Grotere installaties (zoals elektriciteitscentrales) verwerken ook nog olijfoliepitten, kokosafval, koffiedik enz.

Op dit ogenblik zijn er ook reeds heel wat installaties ontwikkeld die zonder problemen deze alternatieve brandstoffen kunnen verwerken met een gebruiksgemak dat zeer sterk dat van stookolie en gas benadert. Door een verregaande automatisering wordt het onderhoud van de installatie meestal beperkt tot het af en toe leegmaken van de aslade (en zelfs dat wordt al geautomatiseerd).

In Duitsland, Oostenrijk en Zwitserland wordt nu al massaal overgeschakeld op hernieuwbare grondstoffen voor verwarming van huizen en bedrijven.

De constructeurs spelen daar dan ook dankbaar op in en hebben een heel gamma aan apparaten op de markt gebracht waaruit gekozen dient te worden.

Ook Frankrijk en Scandinavië hebben de alternatieve brandstoffen ontdekt en beginnen naast hout ook meer en meer granen te verbranden.

Door de stijging van de prijs van de fossiele brandstoffen zijn de meeste van deze producten interessante alternatieven geworden voor al wie energie nodig heeft.

Tabel 3: Een overzicht van de verbrandingswaarde en van prijzen van verschillende soorten biomassa

	Calorische waarde (MJ/kg)	As	Prijs (€/ton)
Pellets	18,5	< 1%	100 - 150
Gerst/tarwe	16,5	< 2%	120
Resthout	15,6	< 2%	20 - 30
Korte omloop	10,2	< 2%	50
Stro	13,3	< 2%	55

Een opmerking die regelmatig wordt gemaakt is dat niet alleen met de kosten van de brandstof rekening moet worden gehouden maar ook met de investering voor de verbrandingsinstallatie. De verbrandingsinstallatie voor biobrandstoffen is inderdaad duurder dan een aardgasketel of een stookoliebrander. Maar rekening houdend met het volledige plaatje kan dit toch snel worden terugverdiend. Dit wordt geïllustreerd met de berekening in tabel 4.

Tabel 4: Rendabiliteit van de verbranding van verschillende soorten brandstoffen

	Stookolie	Graan	Houtpellets	Houtsnippers
Installatie van 40 kW + randapparatuur (euro)	4.000	12.000	12.000	15.000
Afschrijving per jaar (euro)	400	1.200	1.200	1.500
Brandstofverbruik (per jaar)	8.000 l	20.000 kg	20.000 kg	20.000 kg
Brandstofkosten (euro)	4.800	3.000	3.000	1.000
Totaal per jaar (euro)	5.200	4.200	4.200	2.500

De berekening is gebaseerd op het voorbeeld van een (landbouw)bedrijf dat 8.000 l stookolie op jaarbasis verbruikt. De berekening gebeurt op basis van een aantal veronderstellingen. Er wordt uitgegaan dat 1 liter stookolie dezelfde energie oplevert als 2,5 kg graan of hout. Dit betekent dat voor dezelfde warmteproductie er $8.000 \times 2,5 = 20.000$ kg hout of graan nodig is.

De stookolie werd gerekend tegen 60 eurocent/l, graan tegen 150 euro/ton, pellets tegen 150 euro/ton en houtsnippers tegen 50 euro/ton (prijzen september 2006).

De installatie wordt afgeschreven op 10 jaar.

Graanverbranding

Een belangrijke ontwikkeling wordt gevormd door de installaties die granen kunnen gebruiken als brandstof. Er bestaan momenteel verschillende toestellen die, naast pellets, ook granen kunnen verbranden.

Het is duidelijk dat met de gegevens uit bovenstaande tabel in het achterhoofd een graanproducent al snel in de verleiding komt om zijn graan te gaan gebruiken voor de verwarming van zijn woning en/of bedrijfsgebouwen. Met een stookolieverbruik van 2.500 liter bedraagt de kostprijs op jaarbasis 1.500 euro. Dezelfde warmte kan met hetzelfde gebruikscomfort bereikt worden met 6.250 kg tarwe. Dat is de opbrengst van minder dan één ha tarwe. Als we voor één ha tarwe een globale marktopbrengst voor de korrel rekenen van ongeveer 1.000 euro, onder de huidige marktomstandigheden, betekent dit een besparing van 500 euro.

Een nadeel van graanverbranding is misschien dat er ethische bezwaren kunnen worden ingebracht tegen het verbranden van voedsel terwijl er nog zoveel honger in de wereld is. Een discussie hierover kan maar moeilijk met rationele argumenten gevoerd worden.

Een belangrijk technisch probleem is dat er bij graanverbranding gemakkelijk problemen in de ketel kunnen ontstaan. Dit wordt veroorzaakt door de silicaten in het graan, die slakken vormen en zo de roosters en de aanvoerkanalen kunnen verstopen.

Een bijkomend probleem is dat er bij graanverbranding een verhoogde uitstoot van fijn stof en van stikstof-oxiden kan optreden, dit laatste vanwege de verbranding van de eiwitten in het graan.

In Duitsland zijn er deelstaten die graanverbranding om die reden verbieden.

Op termijn kan men zich er aan verwachten dat de EU ook hier regulerend zal gaan optreden.

Houtverbranding

Bij de houtverbranding zijn er drie mogelijkheden: de klassieke houtkachel met verbranding van houtblokken zoals we die kennen uit de huiskamer, de installaties die werken op houtsnippers en de installaties die werken op houtpellets.

De eerste categorie blijft gereserveerd voor kleinere installaties die meer aandacht hebben voor de 'gezellige' warmte dan de energie-efficiëntie.

Verwarmen met houtsnippers is goedkoop als men goede technische oplossingen kan vinden voor de opslag en automatische aanvoer van de houtsnippers in de verbrandingsinstallatie. Dit impliceert een zwaardere uitvoering omdat de snippers gemakkelijker verstoppingen van de aanvoerleidingen veroorzaken. Belangrijk voor de bewaring is wel dat de snippers voldoende droog zijn. Vochtige snippers dienen nog nagedroogd te worden. Dit kan door opslag op een droge plaats waarbij de natuurlijke warmte zorgt voor de ontvochtiging van het hout.

Een mogelijkheid is natuurlijk om het hout als stam te laten drogen en pas te versnipperen als het voldoende droog is. In ieder geval zal droog hout meer warmte opleveren dan vochtig hout.

Verbrandingsinstallaties voor houtpellets worden momenteel het meest geïnstalleerd voor privaat gebruik omwille van het gebruiksgemak en de relatief gemakkelijke beschikbaarheid. Pellets zijn gemakkelijk in gebruik, zijn vlot beschikbaar en laten relatief weinig as achter (< 1%).

Er ontwikkelt zich momenteel een hele markt rond deze pellets. De prijsontwikkeling is navenant (120-180 euro/ton). Afhankelijk van de kwaliteit werden recent al prijzen betaald tot 260 euro/ton.

Desondanks blijft deze brandstof veel goedkoper dan stookolie of aardgas. De meeste installaties die op graan werken, werken ook op pellets en vice-versa. Dat maakt verwisselen in de toekomst nog steeds mogelijk als om een of andere reden een van de alternatieven minder beschikbaar zou worden of te duur zou uitvallen.

Op veel plaatsen worden er momenteel proeven uitgevoerd. Er worden nieuwe toepassingen ontwikkeld voor pellets uit andere grondstoffen dan hout, bijvoorbeeld uit gras, stro, olifantegras, soedangras, bermmaaisel, snoeihout, enz. Voor grotere bedrijven is momenteel het inzetten van houtsnippers het meest te overwegen.

Tabel 5: Voor- en nadelen van houtpellets en houtsnippers

Houtpellets	Houtsnippers
Duurder (120-180 euro/ton)	Goedkoper (50-70 euro/ton)
Niet zelf te produceren	Zelf te produceren mits aangepast materiaal, men kan zijn eigen brandstof produceren
Voldoende beschikbaar	Voldoende beschikbaar
Makkelijk automatiseerbaar	Automatisering vraagt zwaardere installaties
Milieuvriendelijk en duurzaam	Milieuvriendelijk en duurzaam
Minder dan 1% as	Minder dan 1% as
In principe droog aangeleverd	Vochtgehalte kan sterk variëren
Minder opslagruimte nodig	Vraagt meer opslagruimte
Weinig risico op verstopping	Meer risico op verstopping

Productie van biomassa

Een interessant gevolg van deze ontwikkeling is dat het telen van hout (en andere vormen van biomassa) een winstgevende activiteit kan worden.

Men ziet daarom in meer en meer landen (Scandinavië en sinds kort ook massaal in Oost-Europa) de opkomst van het korte omloophout. Het gaat hier om het intensief telen van snelgroeiende houtsoorten die na enkele jaren reeds geoogst worden. Op de stompjes lopen dan nieuwe scheuten uit die na enkele jaren weer kunnen geoogst worden. Dit kan men gedurende 6 à 7 cycli blijven volhouden. Nadien dient men de aanplant te vernieuwen.

Het hout wordt ter plaatse gehakseld of als stam geoogst om later verhakseld te worden.

Korte omloophout kan op korte tijd een alternatief bieden op erosiegevoelige percelen en marginale landbouwgronden maar ook als gewone landbouwteelt. Een berekeningsvoorbeeld wordt weergegeven in tabel 6.

Tabel 6: Overzicht van kosten en inkomsten van korte omloophout (euro/ha) voor een volledige rotatie

Kosten		Inkomsten	
Vorbereiding terrein	150	Energiepremie *	$21 \times 45 = 945$
Plantengoed en planten	1.650	Verkoop hout	$410 \text{ t} \times 50 = 20.500$
Oogsten	$800 \times 7 = 5.600$		
Transport	$250 \times 7 = 1.750$		
Ontstronken	1.850		
Totaal	11.000		21.445

**niet combineerbaar met braaktoeslagrecht.

Bron: INBO en eigen berekeningen

Hierbij gaan we uit van een cyclus van 3 jaar en dit gedurende 21 jaar (dit betekent dat we in totaal 7 keer moeten oogsten). Er is gerekend met een gemiddelde productie van 12 ton droge stof (DS) per jaar en per ha (36 ton per oogst) en een verkoopprijs van 50 euro/ton DS. Voor een correcte rentabiliteitsinschatting moet men echter ook rekening houden met de rente op de geldwaarde, aangezien eenmalige (dure) ingrepen zich typisch in het begin (aanplanten) of op het einde (ontstronken) van de teelt afspelen en de oogstkosten en verkoopsinkomsten gespreid zijn over de hele periode. We kunnen bovendien een kostendaling verwachten voor het aanplanten, oogsten en ontstronken, naarmate deze teelt meer ingang vindt. De geboden prijs voor de biomassa is momenteel nog in volle ontwikkeling. De geteelde brandstof kan ook ingezet worden voor eigen gebruik (vb. serreverwarming) waarbij er wordt uitgegaan dat 1 liter mazout kan vervangen worden door 2,5 kg droge stof afkomstig van hout.

Een bijkomend voordeel van deze teelt is dat er opnieuw een organische stofvoorraad wordt opgebouwd in de bodem. De jaarlijkse bladval zorgt immers voor een belangrijke aanvoer van organische stof die in de bodem kan omgezet worden tot humus.

Voor probleemgronden in de akkerbouwgebieden met een (veel) te laag organisch stofgehalte of met zware erosieproblemen kan deze piste een waardevol alternatief bieden.

4.4.3 Vergunningen

Voor kleinere installaties (< 300 kW), en indien vaste biomassa gebruikt wordt die onder de huidige regelgeving niet als afval wordt beschouwd (vb. houtsnippers afkomstig van korte omloophout als energiewas geteeld op landbouwgrond), dient geen milieuvergunning aangevraagd te worden.

Alleen voor de grotere verbrandingsinstallaties (> 300 kW) of voor de opslag van zeer grote hoeveelheden biomassa kan er een vergunning nodig zijn. Omdat de meeste bedrijven in ieder geval een milieuvergunning nodig hebben, is een dergelijke uitbreiding niet zo ingewikkeld om aan te vragen.

Wie grote hoeveelheden hout wil aankopen dient rekening te houden met de oorsprong en de verschillende kwaliteitsklassen waarin het hout kan ingedeeld worden. Zeker voor recyclage- of afvalhout is deze indeling erg belangrijk. In principe mag alleen klasse B hout (opgeschoond recyclagehout) gebruikt worden voor verbranding. Bovendien dient afvalhout volgens de huidige regelgeving (principe van de Ladder van Lansink) eerst andere bestemmingen te krijgen voordat het verbrand mag worden. Ongebruikt hout geteeld als een biomassa-product valt hier niet onder.

4.4.4 Subsidies

- Houtverbrandingsinstallaties en verwerkingsinstallaties kunnen tot 30% investeringssteun van het VLIF krijgen in zoverre ze worden gebruikt voor bedrijfsdoeleinden (vb. verwarming van het bedrijf). Bij verwerkingsinstallaties moet de verwerking slaan op basismateriaal dat op het eigen bedrijf werd geteeld;
- Grotere bedrijven dienen met hun fiscaal adviseur na te gaan welke bedrijfsvorm ze best aannemen voor het gedeelte energieproductie. Gelet op de kostprijs van sommige installaties kan het nuttig zijn om naar een boekhoudsysteem over te gaan of om een speciale energievennootschap op te richten; In dit geval kan men ook een beroep doen op verhoogde investeringsaftrek voor energiebesparende maatregelen en een ecologiepremie;
- Vanaf 2007 zullen er geen ecologiepremies meer toegekend worden aan alle in aanmerking komende aanvragers. Vanaf dan gaat er een soort call-systeem in werking waardoor aanvragen zullen gescoord worden op hun waarde. De toelagen zullen dan verdeeld worden onder de aanvragers met de meeste punten. Het zal dus zaak worden om originele concepten uit te denken;
- In sommige regio's worden er ook Europese middelen vrijgemaakt in het kader van 'Leader+'-projecten.

4.4.5 Knelpunten

- Een belangrijk knelpunt in Vlaanderen wordt zeker de interpretatie van het 'Ladder van Lansinkprincipe', waarbij men een afvalstof of reststof pas vrijgeeft voor verbranding als er geen andere toepassing meer voorhanden is. Voor afvalhout wordt daarbij ondermeer verwezen naar de mogelijke toepassing als grondstof voor de spaanplatenindustrie. Hout geteeld als biomassa-product valt niet onder dit principe en mag verbrand worden;
- Voor de teelt van hout kan de pachtwet een serieus probleem opleveren. Eigenaars dienen immers hun toelating te geven om hun percelen met houtachtige gewassen te beplanten;
- Tot voor kort was er ook een probleem bij de aanplant van een plantage korte omloophout met het bosdecreet. Daardoor werd deze aanplant beschouwd als een bos waarop het bosdecreet van toepassing zou zijn met alle gevolgen van dien. Zo moest men bij rooien (na 20 jaar) verplicht dezelfde oppervlakte op een andere plaats aanplanten. Sinds kort zijn echter aanplantingen met een oogstritme van maximaal 8 jaar uitgesloten van de toepassingen van het decreet. Daardoor werd een belangrijke psychologische hinderpaal voor de boer opgeruimd;
- Op termijn kan een verstrakking van de uitstootregels een belangrijke rem worden op biomassa-verbranding, vooral dan de stikstofoxiden bij graanverbranding;
- Er ontstaat waarschijnlijk een concurrentie tussen de verschillende gegadigden voor de verschillende biomassa-stromen (menselijke voeding, veevoeding, industrie, biomassa-vergisting, verbranding, vergassing, omzetting naar bio-olie, enz.);
- Op middellange termijn dient hier zeker rekening mee worden gehouden omdat dit de leefbaarheid van verschillende toepassingen sterk kan beïnvloeden;
- In de toekomst dient verder gewerkt te worden aan wettelijke normen op Europees en nationaal vlak om kwaliteitsgaranties te bieden naar de producent en de gebruiker van verschillende types van verbrandingsinstallaties en van types van biomassa.

4.5 Vloeibare biobrandstoffen



4.5.1 Wat zijn vloeibare biobrandstoffen?

Onder vloeibare biobrandstoffen verstaan we producten als plantaardige olie (ppo of pure plantenolie) en in afgeleide vorm biodiesel. Daarnaast zijn er de benzinevervangers als bio-ethanol, bio-butanol en afgeleide verbindingen als MTBE (methyl-tertio-butyl-ether) en ETBE (ethyl-tertio-butyl-ether). Deze laatste zijn producten die gebruikt worden als loodvervangers in benzine tegen het kloppen van de motor.

Deze energievormen zijn afkomstig van oliehoudende of suikerhoudende grondstoffen zoals koolzaad, soja, zonnebloem, suikerbieten, tarwe, oliepalm, ...waarbij het zetmeel, de suiker en olie gewonnen uit de vrucht van het gewas al dan niet via een proces (fermentatie, transesterificatie, ...) worden omgezet tot bruikbare biobrandstoffen.

Deze brandstoffen worden aangewend in aangepaste motoren, zowel stationaire als motorvoertuigen. Stationaire motoren, zoals vb. bij warmtekrachtkoppeling (WKK) kunnen draaien vaak op geïmporteerde oliën of koolzaadolie. De warmte geproduceerd door een WKK kan gebruikt worden voor het verwarmen van vb. serres. Voertuigen kunnen in Europa pure koolzaadolie gebruiken als alternatief voor diesel. Bio-ethanol en biodiesel kunnen ook beperkt ingemengd worden in fossiele brandstoffen zodat gebruik zonder aanpassing van de motor mogelijk is. Naast de plantaardige oliën worden er momenteel ook brandstoffen gemaakt, vertrekkende van dierlijke vetten en slachtafval of van gerecycleerde frituurolie.

Veel wordt verwacht van de tweede generatie biobrandstoffen. Op basis van zuivere biomassa (gras, hout, stro, bermmaaisel, ...) kan via specifieke processen bio-ethanol en bio-olie worden gemaakt. In tegenstelling met de eerste generatie biobrandstoffen waarbij uitgegaan wordt van akkerbouwproducten zoals granen, suikerbieten, oliehoudende zaden bestaat de basisgrondstof voor de tweede generatie biobrandstoffen uit allerlei vormen van zuivere biomassa wat de potentiële productie van biobrandstoffen gevoelig kan uitbreiden.

4.5.2 Productie

Biodiesel ontstaat door een koude of warme persing van oliehoudende grondstoffen zoals koolzaad, gevolgd door een verestering met een alcohol (methanol of ethanol). Als bijproduct van dit chemisch proces, ontstaat glycerine dat ondermeer kan afgezet worden in de farmaceutische industrie (1 ton koolzaad levert 500 l biodiesel en 40 l glycerine op). De productie van biodiesel gebeurt meestal op industriële schaal in verwerkingsinstallaties.

Bio-ethanol ontstaat door een fermentatie en distillatie van suikerhoudende grondstoffen. Ook zetmeelhoudende grondstoffen zoals tarwe kunnen hiervoor gebruikt worden, indien de zetmeeldeeltes via enzymen omgezet worden tot suikerdeeltes. Het rendement van dit omzettingsproces is afhankelijk van het type grondstof. Deze verwerking gebeurt meestal op industriële schaal in verwerkingsinstallaties.

Pure koolzaadolie ontstaat door een koude persing van koolzaad. Deze verwerkingsvorm kan rendabel zijn op kleine schaal. Deze brandstof kan gebruikt worden op het eigen landbouwbedrijf of aan een

pomp verkocht worden aan een rechtstreekse eindverbruiker zoals particulieren of transportbedrijven. In het kader van het Programma voor Plattelandsontwikkeling zal een extra financiële steun voorzien worden voor de productie van zuivere koolzaadolie voor energiedoeleinden op landbouwschaal.

4.5.3 Wat kost het?

Voor de teelt en oogst van zowel oliehoudende als suikerhoudende gewassen, kunnen de gangbare landbouwmachines (zaaimachines, oogstmachines,...) gebruikt worden. Het gebruik van een verticaal kantsmes en een verlengd maaibord om de oogstverliezen bij koolzaad te beperken, wordt echter aanbevolen. Daarnaast dienen de reinigingsinstallatie en drooginstallatie geschikt te zijn om koolzaad te verwerken.

Om koolzaad te persen tot koolzaadolie, dient u over een koolzaadpers te beschikken. De kostprijs hiervan varieert tussen 1.500 en 60.000 euro, afhankelijk van de capaciteit (4 tot 500 kg per uur). Daarnaast bestaan nog grote industriële persen. In Vlaanderen zijn meerdere verdelers van koolzaadpersen gevestigd.

De kosten voor de ombouw van een motor variëren tussen 600 en 5.000 euro, afhankelijk van het type motor (personenwagen, vrachtwagen, tractor, ...) en het al dan niet zelf uitvoeren van de ombouw. Reeds enkele firma's bieden de ombouw van motoren aan.

Indien koolzaadolie geproduceerd en rechtstreeks verkocht wordt door de landbouwer aan de eindgebruikers, dan dient hij hiervoor erkend te worden, een douane-entrepot op te richten en een borg te stellen bij het lokaal douane- en accijnzenkantoor.

4.5.4 Welke vergunningen zijn nodig?

Iedere persoon die over een opslagplaats van koolzaadolie met een capaciteit van meer dan 10 ton koolzaadolie beschikt, dient een milieuvergunning klasse 2 te bezitten. Deze kan aangevraagd worden bij de plaatselijke gemeentediensten.

Daarnaast dient iedere persoon die koolzaadolie wenst te verkopen aan particulieren of bedrijven over drie vergunningen van de federale overheidsdiensten te beschikken: vergunning als energieleverancier, vergunning als entrepothouder en een goedgekeurd kwaliteitscharter. Ook dient de verkoper een borg te stellen, ten belope van 10% van het geldende accijnstarief (€ 34,13/1.000 l) en een boekhouding bij te houden.

4.5.5 Welke premies en subsidies zijn mogelijk?

Alle grondstoffen voor biobrandstoffen kunnen geteeld worden op braakpercelen met activering van de braakleggingstoelagenrechten. Op niet-braakpercelen, maar wel subsidiabele percelen kan men de gewone toeslagrechten activeren en eventueel verhogen met de energiepremie (€ 45/ha).

Het VLIF geeft onder de algemene voorwaarden investeringssteun voor zowel de productie van hernieuwbare brandstoffen op het landbouwbedrijf als voor installaties op het land- en tuinbouwbedrijf die functioneren op hernieuwbare brandstoffen. De steunintensiteit bedraagt 30 of 40% van het aanvaard-

bare investeringsbedrag afhankelijk van de aard van de investering. De vorm van de steun wordt bepaald door de financiering. Bij een financiering met krediet wordt de steun maximaal uitgeput met rentesubsidie en aanvullend wordt een investeringspremie verleend. Bij een financiering met eigen middelen wordt de steun volledig onder vorm van een investeringspremie verleend.

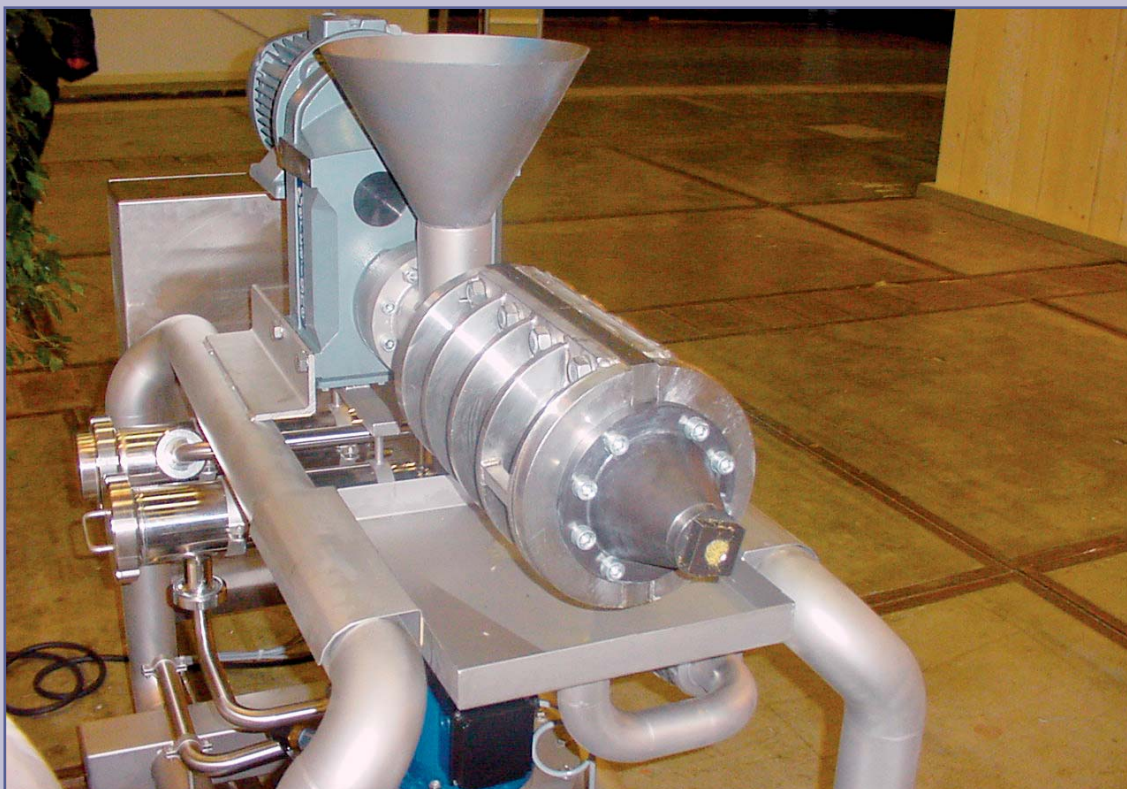
Voor de aankoop van een oliepers, bestemd voor de productie van ppo (pure plantaardige olie) en installaties voor het zuiveren van op het bedrijf geproduceerde ppo wordt 30% steun verleend. Voor de aankoop van een mobiele oliepers door een coöperatie van landbouwers wordt eveneens 30% steun gegeven op voorwaarde dat het een coöperatie betreft voor dienstverlening aan de leden landbouwers.

Voor de aanpassing van een tractor of een andere landbouwmachine voor het gebruik van ppo, wordt 30% steun verleend.

Voor het plaatsen van een verwarmingsinstallatie die functioneert op hernieuwbare brandstoffen zoals ppo, wordt 40% steun verleend. Ook voor WKK-installaties kan via het VLIF steun verkregen worden voor de aankoop van een pers of de ombouw van een motor. Het steunpercentage bedraagt hiervoor 30%.

4.5.6 Voorbeelden en meer informatie

FOTO 10: Pers voor koude persing van koolzaad



Meer gedetailleerde informatie omtrent koolzaad, vindt u in twee eerder verschenen brochures die uitgegeven worden door het Beleidsdomein Landbouw en Visserij. Het betreft:

“Koolzaad, van zaad tot olie”

“Koolzaadolie verkopen als brandstof: hoe begin ik eraan?”

Deze brochures zijn te downloaden op www.vlaanderen.be/landbouw en te bestellen bij het beleidsdomein Landbouw en Visserij (zie colofon).

4.6 Anaërobe vergisting

4.6.1 Wat is anaërobe vergisting?

Stelt u zich een moeras voor. Door de eeuwen heen stapelde zich organisch materiaal op afkomstig van dode planten in deze waterrijke omgeving. In het water is weinig zuurstof aanwezig (= anaëroob milieu) en het organisch materiaal ‘verteert’ dan ook niet op de ‘gewone’ manier. Er komen speciale micro-organismen aan te pas die zonder zuurstof kunnen leven. Zij breken het organisch materiaal af en produceren hierbij een gas: moerasgas of biogas. Dit gas bestaat voornamelijk uit methaan (CH_4) en koolstofdioxide (CO_2) en is brandbaar.

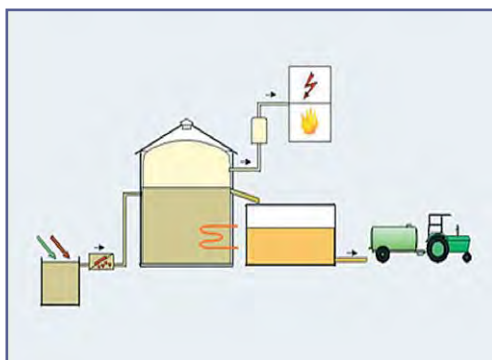
Ook in het spijsverteringsstelsel van vb. een koe vindt een analoog proces plaats. Telkens de koe een ‘boertje’ laat, komt er methaan vrij.

In de reactor van een biogasinstallatie creëren we net zo’n vergistingsproces. Dit proces verloopt in vier fasen (hydrolyse, fermentatie, acetogenese, methanogenese), waarbij in elke fase specifieke micro-organismen en enzymen een rol spelen. We zorgen in de reactor voor een milieu waarin deze micro-organismen optimaal gedijen: er is geen zuurstof aanwezig en de reactorinhoud (= het substraat) heeft een pH van om en bij de 7. Verder zijn er twee temperatuursgebieden waarbinnen de methaanvormende bacteriën zich optimaal ontwikkelen: ofwel verwarmt men het substraat tot een temperatuur van 35 à 37°C (mesofiele vergisting), ofwel streeft men naar een temperatuur van rond de 55°C (thermofiele vergisting).

4.6.2 De biogasinstallatie

Hoewel biogasinstallaties naar technische uitwerking onderling sterk kunnen verschillen, worden zij allemaal volgens eenzelfde concept gebouwd (zie ook figuur 9).

Figuur 9: Schema van een klassieke biogasinstallatie



Bron: Biogas-e

- Centraal in de biogasinstallatie staat de reactor (1) waarin de anaërobe vergisting plaats vindt. Soms splitst men het vergistingsproces op over twee reactoren (2-fasige systemen). Het mengsel in de reactor, het substraat, wordt met een warmtewisselaar op de gewenste temperatuur gehouden (hetzij + 36°C = mesofiel, hetzij + 55°C = thermofiel). Een roersysteem moet laagvorming vermijden en zorgt voor een goed contact tussen de biomassa en de bacteriën;

- De reactor wordt gevoed met biomassa (2). Verpompbaar materiaal (vb. drijfmest) wordt rechtstreeks in de reactor gepompt. Voor vaste biomassa (vb. maïs) wordt een doseerinrichting voorzien, doorgaans een eenvoudige doseerbak met invoervijzel;

- Het geproduceerde biogas (3) wordt meestal - zeker in de kleinere installaties op boederijschaal - tijdelijk in de reactor zelf gestockeerd: de reactor is overspannen met een folie, waaronder het biogas wordt opgevangen. Men kan ook opteren voor een externe biogasopslag, meestal onder vorm van een gaszak;
- Met het geproduceerde biogas wordt de gasmotor (4) aangedreven. Met de aan de gasmotor gekoppelde generator wordt elektriciteit geproduceerd. De koeling van de motor en de uitlaatgassen levert daarnaast ook warmte op. Het meest gebruikte systeem is dat van de warmtekrachtkoppeling (WKK). Toch is het in specifieke gevallen soms aangewezen om voor een microturbine te opteren, bijvoorbeeld wanneer de rookgassen worden gebruikt voor de CO₂-bemesting in serres. De microturbine heeft een iets lager elektrisch rendement, maar een zeer volledige verbranding en dus zeer zuivere rookgassen;
- Om de gasmotor tegen slijtage te beschermen moet het biogas in de meeste gevallen voor gebruik ontzwaveld en ontwaterd worden;
- Het uitgegist materiaal, het digestaat (5), wordt vanuit de reactor naar een opslagtank gepompt. Soms wordt ervoor geopteerd in deze opslagtank aan navergisting te doen.

4.6.3 De grondstoffen: mest en co-stromen

Mest

Begin jaren '80 werden ook in Vlaanderen de eerste biogasinstallaties op boederijschaal gebouwd. Deze installaties bleken evenwel niet rendabel, omdat toen het systeem van groenestroomcertificaten nog niet bestond, én omdat in deze installaties louter mest werd vergist ...

Het blijkt dat voor een rendabele biogasproductie energierijkere biomassa - de zogenaamde co-stromen - aan de mest moet worden toegevoegd.

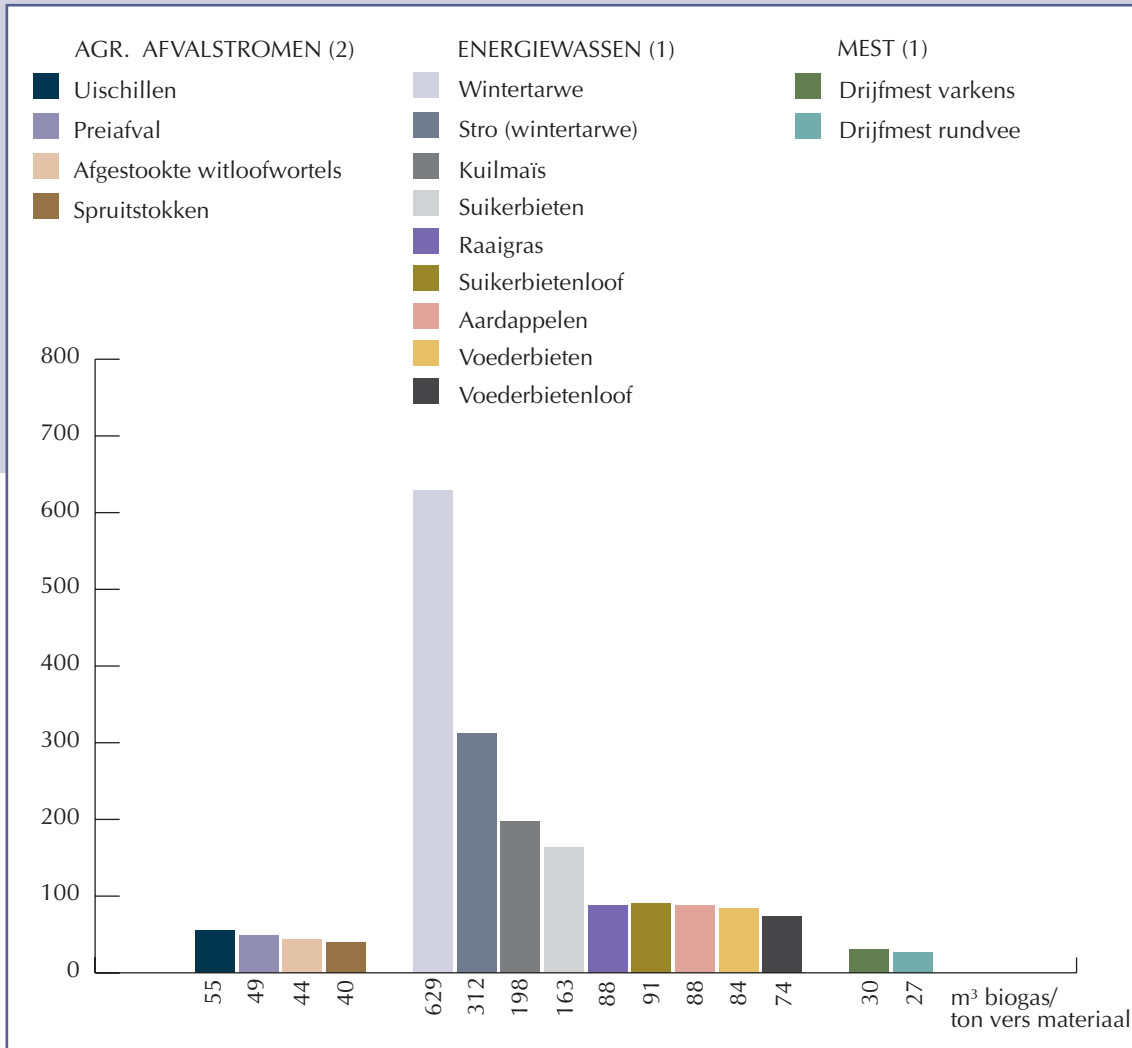
Toch blijft mest interessant als basisvoeding voor de biogasinstallatie. Ondanks zijn relatief lage biogasopbrengst, vormt de mest immers een goed substraat voor de bacteriën. Hierdoor draagt de mest in belangrijke mate bij tot de stabiliteit van het vergistingsproces. Bovendien zorgt de mest ervoor dat het substraat in de reactor vloeibaar en dus gemakkelijk verpompbaar is (= natte vergisting).

Co-stromen

Zowel energiegewassen als plantaardige of dierlijke afvalstromen komen in aanmerking als co-stroom. Afvalstromen zijn doorgaans goedkoper dan energiegewassen, maar daar tegenover staat dat energiegewassen hygiënisch betrouwbaarder zijn en dat er grotere garanties zijn inzake de constante kwaliteit en de continue beschikbaarheid ervan. De beide laatste aspecten zijn belangrijk met het oog op een stabiele en optimale biogasproductie.

De biogasopbrengst kan sterk verschillen in functie van het type co-stroom. In figuur 12 zijn enkele richtwaarden weergegeven. Bij de keuze van een energiegewas dient men zich uiteraard niet enkel te laten leiden door de biogasopbrengst per ton maar ook door de potentiële opbrengst per hectare en de teeltkosten.

Figuur 10: Biogasopbrengst van mest en co-stromen



Bron:

(1): literatuurgegevens.

(2): analyses Hogeschool West-Vlaanderen, departement PIH

4.6.4 Systeem van vergisting: nat of droog

De meeste installaties, die momenteel op Duitse landbouwbedrijven operationeel zijn, betreffen mesofiele, natte vergisting. Dit betekent dat het substraat in de reactor een drogestofgehalte heeft van minder dan 15% en dat vergist wordt bij een temperatuur van om en bij de 37°C. Doorgaans betreft het een co-vergisting van drijfmest en energiegewassen/afvalstromen.

Op die landbouwbedrijven waar geen drijfmest voorhanden is, kan men opteren voor thermofiele, droge vergisting. Het substraat in de reactor heeft dan een drogestofgehalte van 20 tot 40% en er wordt vergist bij een temperatuur van + 55°C.

Beide systemen hebben hun voor- en nadelen:

In geval van thermofiele, droge vergisting verloopt het vergistingsproces sneller. Moeilijker vergistbare producten kunnen thermofiel eventueel toch verwerkt worden.

Daar tegenover staat dat in een systeem met mesofiele, natte vergisting de biomassa-stromen gemakkelijker verpompbaar zijn, en dat het vergistingsproces bij gebruik van mest globaal genomen stabiel verloopt.

4.6.5 De dimensionering van de biogasinstallatie: een rekenvoorbeeld

De twee belangrijkste keuzes die gemaakt worden bij de dimensionering van een biogasinstallatie zijn het vermogen van de WKK en de grootte van de reactor. Beide elementen hangen af van de biomassa die men kan of wil verwerken.

Stel dat men jaarlijks 4.000 ton mestvarkensdrijfmest en 1.400 ton maïs ter beschikking heeft voor verwerking in de biogasinstallatie:

Tabel 7: Berekening van de dimensionering van een biogasinstallatie

Biomassa	Gemiddelde biogasopbrengst per ton	Beschikbare hoeveelheid biomassa/jaar	Verwachte biogasopbrengst per jaar
Varkensdrijfmest	30 m ³	4.000 ton	120.000 m ³
Maïs	200 m ³	1.400 ton	280.000 m ³
Totaal			400.000 m³

Bron: Biogas-e en eigen berekeningen

1 m³ biogas heeft een energie-inhoud van om en bij de 2,2 kWh elektrisch (kWhe). In ons voorbeeld produceren we dus 880.000 kWhe.

De WKK draait dag en nacht. Omdat we er vanuit gaan dat de motor toch enkele dagen per jaar stilstaat (vb. onderhoud), voorzien we 7.500 draaiuren per jaar. Dit betekent dat de WKK een vermogen moet hebben van $(880.000 \text{ kWh}/7.500 \text{ h}) = 120 \text{ kW}$ om alle geproduceerd biogas te kunnen verwerken.

Om de reactor te dimensioneren moeten we de verblijftijd van de te vergisten biomassa kennen: we moeten weten hoe lang het duurt alvorens het materiaal is uitgegist. Gaan we uit van een verblijftijd van 36,5 dagen, dan kunnen we in 1 jaar tijd 10 keer de tankinhoud vergisten. Gezien we 5.400 m³ biomassa moeten verwerken, betekent dit dat de tankinhoud minstens $(5.400/10) = 540 \text{ m}^3$ moet zijn. Hierbij is nog geen rekening gehouden met de noodzakelijke ruimte voor gasopslag.

Zowel de biogasopbrengst per ton biomassa als de verblijftijd van de biomassa kan sterk verschillen in functie van het type biomassa.

4.6.6 Het management van een biogasinstallatie

Net zoals de spijsvertering van een koe, is de anaërobe vergisting een delicaat proces. Eens het vergistingsproces na de opstart op kruissnelheid is, komt het erop aan de biogasproductie zo constant mogelijk te houden. Immers, elke tijdelijke terugval in biogasproductie hypothekeert de rendabiliteit van de installatie. Dit betekent dat het microbiële leven in de reactor zo weinig mogelijk mag verstoord worden.

Meestal wordt het microbiële leven verstoord door een te plotse wijziging van het dieet. Het terug optimaliseren van het vergistingsproces is vaak een moeilijke klus. Wanneer voor de voeding van de reactor overgeschakeld wordt van bijvoorbeeld maïs naar gras, dient dit dus zeer geleidelijk te gebeuren.

Om een storing in het proces tijdig te kunnen detecteren moet de biogasboer het vergistingsproces constant opvolgen. Het regelmatig opmeten van pH, temperatuur en concentratie kortketige vetzuren en ammoniumstikstof in het substraat helpen hem hierbij. Ook het meten van de biogassamenstelling geeft veel nuttige informatie.

Met het oog op een constante biogasproductie zal men de reactor meerdere malen per dag voeden met nieuwe biomassa en dagelijks een even groot volume digestaat afvoeren. Hoewel dit volautomatisch gebeurt, is het duidelijk dat een biogasboer niet slapend rijk wordt: een goed inzicht in en nauwgezette opvolging van het vergistingsproces is essentieel.

4.6.7 Wat met het digestaat?

Door de anaërobe vergisting wordt het organisch materiaal in vergaande mate afgebroken, waarbij de koolstof wordt vrijgesteld onder de vorm van methaan (CH_4) of koolstofdioxide (CO_2). Dit heeft tot gevolg dat het digestaat vloeibaarder is in vergelijking met de oorspronkelijke biomassa. De in de biomassa aanwezige nutriënten (N, P, K, ...) zijn nog steeds aanwezig in het digestaat, maar in meer minerale vorm en dus vlotter beschikbaar voor de plant: het digestaat bevat een grotere fractie ammoniumstikstof dan de ruwe drijfmest.

Dit betekent dus enerzijds dat anaërobe vergisting geen vorm van mestverwerking is: in het digestaat zijn nog steeds evenveel nutriënten aanwezig als in de oorspronkelijke biomassa. Anderzijds heeft het vergistingsproces er wel voor gezorgd dat de nutriënten beter beschikbaar zijn voor de plant. We kunnen dus met digestaat gerichter en efficiënter bemesten: de werking van digestaat is eerder te vergelijken met die van kunstmest dan met die van drijfmest. Gezien in het digestaat de stikstof vooral aanwezig is onder vorm van ammonium, moet men wel extra aandacht besteden aan het emissie-arm uitspreiden van het digestaat.

Volgens VLAREA mag het digestaat, afkomstig van co-vergisting, niet beschouwd worden als gewone organische mest: er moet een keuringsattest afgeleverd zijn door VLACO alvorens dit digestaat kan uitgereden worden.

4.6.8 Kosten en opbrengsten

Kosten

De kostprijs van een biogasinstallatie is sterk afhankelijk van de schaalgrootte en de gekozen materialen en technologie. In Duitsland hanteert men een richtprijs van € 2.000 tot 5.000/kW, waarbij een prijs van € 2.000 enkel haalbaar is bij installaties met een vermogen vanaf 300 kW en de hoogste prijs van € 5.000 betaald wordt bij installaties met een heel klein vermogen (30 kW).

In deze prijs zijn de noodzakelijke investeringen in randinfrastructuur, zoals opslagcapaciteit voor biomassa en digestaat, niet vervat.

Jaarlijkse terugkerende kosten zijn ondermeer de aankoop of teelt van de noodzakelijke biomassa, de onderhoudskosten voor de WKK en de eventuele kosten voor de afzet of de verdere verwerking van het digestaat. Ook de arbeidskosten moeten in rekening worden gebracht.

Opbrengsten

Daar tegenover staan de verschillende soorten inkomsten.

De geproduceerde elektriciteit kan men zelf gebruiken of verkopen. De prijs waaraan men de elektriciteit kan verkopen ligt aanzienlijk lager dan de prijs die men als consument voor de elektriciteit betaalt. De grootste inkomsten worden evenwel gegenereerd uit de verkoop van de groene stroomcertificaten. Ook de geproduceerde warmte kan men vaak geheel of gedeeltelijk aanwenden op het bedrijf, waardoor men uiteraard energiekosten spaart. Bovendien komt men dan in aanmerking voor warmtekrachtcertificaten. Deze certificaten worden berekend op basis van de primaire energiebesparing door het gebruik van een kwalitatieve WKK.

Gebruikt men bovendien de rookgassen voor CO₂-bemesting in serres, wat momenteel technisch gezien nog niet haalbaar is, dan kent men een bonus voor CO₂-bemesting toe bij de berekening van de warmtekrachtcertificaten.

Het weze duidelijk dat de rendabiliteit van de biogasinstallatie staat of valt met de verkoop van de groene stroom en WKK-certificaten aan een zo gunstig mogelijke prijs.

4.6.9 Welke vergunningen zijn nodig?

Voor de bouw en uitbating van de installatie zelf zijn nodig:

- bouwvergunning;
- milieuvergunning klasse I.

De omzendbrief RO/2006/01 'Afwegingskader en randvoorwaarden voor de inplanting van installaties voor mestbehandeling en vergisting' bevat belangrijke richtlijnen over de mate waarin vergistingsinstallaties kunnen ingeplant worden in agrarisch gebied, dan wel wanneer moet uitgeweken worden naar bedrijventerreinen.

Om het geproduceerde digestaat als meststof te kunnen afzetten binnen Vlaanderen zijn bijzondere voorwaarden van toepassing:

- indien organisch-biologische afvalstoffen zijn vergist, moet men voor het bekomen digestaat beschikken over een keuringsattest van VLACO;
- indien men het digestaat op andere dan de eigen gronden wil afzetten, moet men een ontheffing bekomen bij de FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu (KB van 7 jan 1998 betreffende de handel in meststoffen, bodemverbeterende middelen en teeltsubstraten).

4.6.10 Welke premies en subsidies zijn mogelijk?

Voor de bouw van de installatie

Binnen land- en tuinbouw is 30% VLIF-steun mogelijk op het investeringsbedrag.

Aan deze VLIF-steun zijn een aantal voorwaarden gekoppeld waarvan de belangrijkste ongetwijfeld is dat een 'substantieel deel' van de gebruikte grondstoffen afkomstig moet zijn van het eigen bedrijf.

Voor de valorisatie van de geproduceerde energie

Zoals reeds vermeld in 4.6.8 kan men in aanmerking komen voor groenestroomcertificaten en WKK-certificaten. Indien ook de CO₂ naar de toekomst gevaloriseerd kan worden als plantbemesting in een serre, wat tot nader order technisch gezien nog niet mogelijk is, kan men in aanmerking komen voor extra WKK-certificaten.

Meer informatie vindt u in punt 5.3 en op de website van de VREG: www.vreg.be.

4.6.11 Voorbeelden uit de praktijk

Denemarken, Zweden, Oostenrijk, maar vooral Duitsland zijn koplopers inzake anaërobe vergisting. In 2005 telde Duitsland zo'n 2.700 installaties en dit aantal neemt nog elke dag toe.

In Vlaanderen loopt het voorlopig niet zo'n vaart. Eind 2006 is de situatie in Vlaanderen als volgt:

- er zijn 9 vergistingsinstallaties in werking waarvan slechts een tweetal vergisting op boerderijschaal betreft;
- 6 installaties zijn in aanbouw. Rekening houdend met het aantal dossiers in voorbereiding, mag men aannemen dat op korte termijn nog verschillende projecten van start zullen gaan.

Voor meer informatie kunt u bij het Provinciaal Onderzoeks- en Voorlichtingscentrum voor Land- en Tuinbouw te Rumbeke-Beitem terecht (www.POVLT.be).

Bezoek ook eens de website van Biogas-e (www.biogas-e.be). Dit platform stelt zich tot taak aan onafhankelijke informatieverstrekking en eerstelijnsadvies te doen inzake anaërobe vergisting. Recent werd ook een nieuwe brochure uitgegeven betreffende de vergisting van biomassa.



5. Warmtekrachtkoppeling-WKK

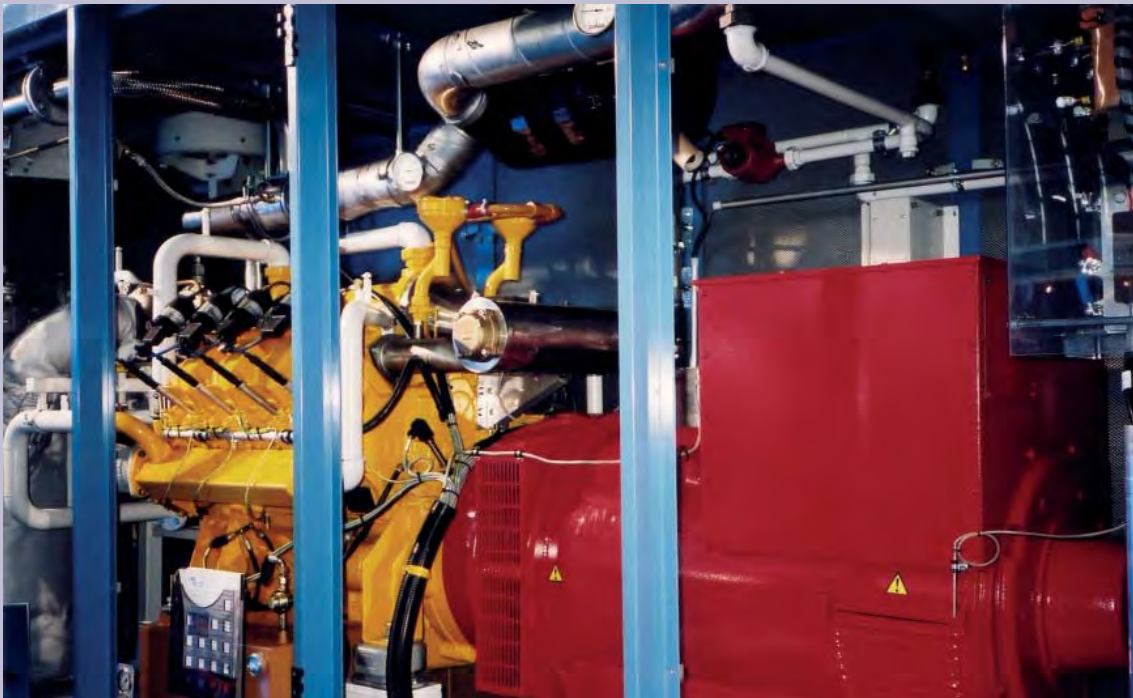
5.1 Principe – werking

Een warmtekrachtkoppelingsinstallatie (WKK) produceert zowel elektriciteit als bruikbare warmte op basis van fossiele brandstoffen (aardgas, diesel, ...) of hernieuwbare energiebronnen zoals biogas (co-vergisting van organisch materiaal en mest), plantaardige oliën (koolzaadolie, palmolie, ...) en vaste biomassa (houtverbranding, houtvergassing,...).

Het principe van de werking van warmtekrachtkoppeling kennen we op kleinere schaal onder de vorm van installaties die gebruikt worden als generatoren (groepen of stroomaggregaten op diesel) voor de decentrale productie van elektriciteit. Bij de warmtekrachtkoppeling wordt naast de productie van elektriciteit ook de laagwaardige of restwarmte van de motor die vrijkomt bij de elektriciteitsproductie gebruikt voor nuttige toepassingen. Dit leidt tot gevoelige energiebesparingen.

Om van een werkelijke besparing in energiegebruik te kunnen spreken dient dus ook de laagwaardige warmte gebruikt te worden voor een nuttige toepassing zoals de verwarming van glastuinbouw, stallen, woningen, bij aquacultuur, bij forcerie van grondwitloof en asperges, procestoepassingen zoals droging in industrie en landbouw. Ook in combinatie met de adsorptiekoelmachine waarbij naast elektriciteit en warmte ook koude geproduceerd wordt, kan een WKK ingezet worden. Dit kan voornamelijk interessant zijn in gebouwen en in de glastuinbouw waar naast een warmtevraag in de winter ook een koudevraag in de zomer aanwezig is en de rendabiliteit van de WKK-installatie verhoogd kan worden.

Grootschalige WKK-toepassingen (gas- en stoomturbines) vindt men in sectoren zoals de chemie-, metaal- en voedingssector. Kleinschalige installaties (aardgas-, diesel- en dual fuelmotoren en microturbines) kunnen hun toepassing vinden in zwembaden, ziekenhuizen maar ook in de land- en tuinbouwsector. Ook micro-WKK's voor particulier gebruik maken hun intrede op de markt. De



Bron: Cogen Vlaanderen

elektrische vermogens van WKK kunnen variëren van enkele tientallen kWe (kilowatt elektrisch) tot enkele MWe (megawatt elektrisch) voor motoren en van enkele MWe tot meer dan honderd MWe voor industriële gasturbines.

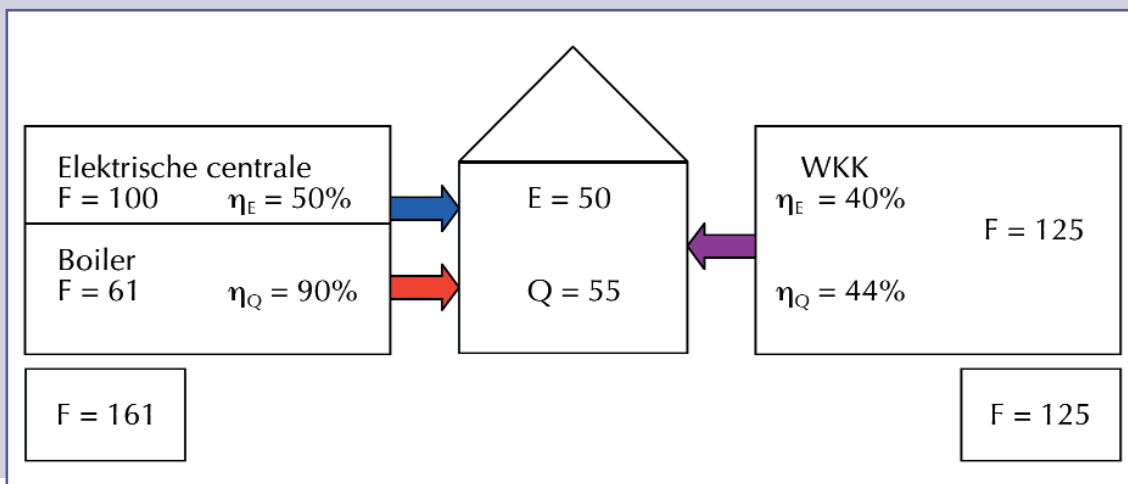
5.2 Besparing op het gebruik van primaire energie

Een goed gedimensioneerde WKK, afgestemd op het warmtegebruik van een bedrijf/bedrijvencluster kan voor een belangrijke brandstofbesparing zorgen. Kwalitatieve of hoogrenderende WKK- installaties met motoren halen gemiddeld een besparing op het primaire energiegebruik van 20% in vergelijking met gescheiden productie van elektriciteit en warmte.

Nemen we als voorbeeld (zie figuur 11) een bedrijf dat behoefte heeft aan 50 eenheden elektriciteit (E) en 55 eenheden warmte (Q). Bij de klassieke gescheiden productie (afzonderlijke warmteketel en elektriciteitsinstallatie) met normale rendementen heeft het bedrijf daartoe in totaal 161 eenheden (F) brandstof of primaire energie nodig. Dit komt door de optelsom van 61 eenheden voor de warmteketel of boiler (rendement = $\eta_E = 90\%$) en 100 eenheden voor de elektriciteitscentrale (rendement = $\eta_Q = 50\%$). Ingeval van een “goed afgestemde WKK” (electrisch rendement = $\eta_E = 40\%$, warmterendement = $\eta_Q = 44\%$) kan het energiegebruik beperkt worden tot 144 eenheden (F). Voor elk type van brandstof (aardgas, gasolie, hout, biogas, plantaardige olie, ...) zijn specifieke referentierendementen vastgesteld voor de gescheiden productie van elektriciteit en warmte en kan dus een besparing in primaire energie vastgesteld worden.

Natuurlijk is het zelden zo dat het elektriciteitsverbruik en het warmteverbruik perfect op elkaar en op de WKK zijn afgestemd. Een back-up-boiler moet dus voorzien worden voor de warmteproductie die niet met de WKK kan worden ingevuld en er is eveneens een netaansluiting nodig om elektriciteit te voorzien. Indien dus in het vorige voorbeeld nog 45 eenheden extra warmte moeten worden voorzien en 25 eenheden elektriciteit vanuit gescheiden productie, bekomen we een kleinere totale primaire energiebesparing van 14% voor het bedrijf.

Figuur 11: Schema energiebesparing



Bron: Cogen Vlaanderen

5.3 Vlaamse overheid promoot warmtekrachtkoppeling

Omwille van de positieve effecten op het vlak van energiebesparing en de verminderde uitstoot van broeikasgassen enerzijds en als gevolg van de hoge investeringskost anderzijds, is er vanaf 2004 een systeem van warmtekrachtcertificaten ingevoerd. Dit is naast de investeringssteun een vorm van exploitatie- of uitbatingsteun welke de toepassing van de invoering van de technologie moet vergemakkelijken.

Ook Europees hecht men veel belang aan warmtekrachtkoppeling en haar bijdrage in de vermindering van de CO_2 -uitstoot. Het Vlaamse systeem van certificaten is aangepast aan de Europese Richtlijn met betrekking tot WKK.

Algemene principes

Na het verstrekken van productiegegevens van de installatie (vermogen, aantal draaiuren, primaire energiebesparing, ...) krijgt de eigenaar van de WKK-installatie maandelijks een aantal certificaten van de Vlaamse Reguleringsinstantie voor de Electriciteits- en de Gasmarkt (VREG) toegekend. De eigenaar kan deze certificaten verkopen aan de elektriciteitsleveranciers.

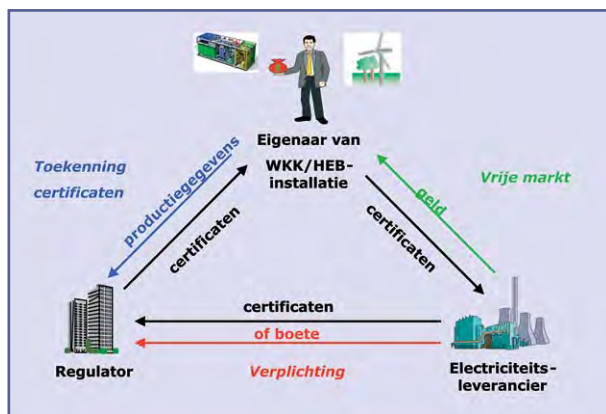
De leveranciers van elektriciteit op het openbaar net (transmissienet en distributienet) worden door de overheid namelijk verplicht om in 2006 voor 1,2% van de op het net geleverde elektriciteit WKK-certificaten voor te leggen. In 2012 zal dit aandeel 5,23% bedragen.

M.a.w. het certificatenstelsel zorgt voor de ontwikkeling van een certificatenmarkt, waarbij de elektriciteitsleveranciers verplicht worden om certificaten op de markt aan te kopen tegen marktprijs. Hierdoor worden de eigenaars van de WKK-installaties financieel ondersteund. Enkel 'kwalitatieve' WKK-installaties (> 1 MWe) met een relatieve primaire energiebesparing (RPEB) van meer dan 10% primaire energie ten opzichte van gescheiden opwekking, komen in aanmerking. Voor kleinere installaties of micro-WKK bedraagt dit criterium 0% RPEB. Bij niet levering door de elektriciteitsleveranciers van een voldoende aantal WKK-certificaten volgt een boete van € 45/MWh vanaf 2006. De prijzen van de certificaten fluctueren bij een ideale markt in de buurt van de bovenvermelde boeteprijs. Recent werd in dit kader een nieuw decreet goedgekeurd waarbij een minimale prijs van € 27 per certificaat en dus per MWh (megawattuur) primaire energiebesparing wordt gegarandeerd gedurende een perio-

de van 10 jaar na de in dienstname van de installatie. Voor installaties aangesloten op het distributienet gaat dit via een terugkoopverplichting van de distributienetbeheerder van deze certificaten tegen € 27. Voor installaties op het transmissienet garandeert de Vlaamse Overheid € 27 per certificaat indien de marktprijs door een beslissing van deze overheid onder deze waarde valt. In de periode april-juli 2006 fluctueerde de gemiddelde maandprijzen voor de certificaten tussen € 37 en 41 per MWh.

Er zal tevens een systeem komen van garanties van oorsprong voor elektriciteit die geleverd wordt door een elektriciteitsleverancier en die afkomstig is van een warmtekrachtinstallatie. Dergelijke garanties bestaan reeds voor groene stroom die op het net wordt geplaatst en waarmee leveranciers de herkomst van deze elektriciteit kunnen bewijzen en waarmee ze ook van bepaalde voordelen kunnen genieten bij het leveren van elektriciteit afkomstig van hernieuwbare energie en van warmtekrachtkoppeling. Deze garanties van oorsprong worden zoveel mogelijk gekoppeld aan de certificaten en kunnen zorgen voor een meerwaarde van deze certificaten. Het aantal certificaten voor een installatie wordt bepaald op basis van de absolute primaire energiebesparing en de productiegegevens van de installatie. In principe is het maximaal aantal certificaten gegarandeerd voor een periode van 4 jaar. Vanaf het 5e jaar wordt het aantal certificaten lineair afgebouwd afhankelijk van de relatieve primaire energiebesparing van de installatie. Hoe efficiënter de WKK, hoe langer ook steun wordt verkregen. Voor motoren is dit meestal iets langer dan 10 jaar. De Vlaamse regulator van de elektriciteitsmarkt (VREG) bewaakt het certificatenstelsel. Aanvragen moeten ook bij deze instantie worden ingediend. Dit wordt schematisch voorgesteld in figuur 12.

Figuur 12: Principes van een certificatenstelsel



Bron: Cogen Vlaanderen

5.4 Extra exploitatiesteun voor de glastuinbouw

In de glastuinbouw vinden WKK-motoren een ideale toepassing vanuit milieukundig en energetisch standpunt. Zowel warmte als CO₂ kunnen gebruikt worden in de serre. Bij gebruik van de CO₂ d.m.v. rookgaswassing (katalysator) met als bestemming plantbemesting in de glastuinbouw, kunnen extra WKK-certificaten (10% van de totale warmteproductie van de WKK) worden toegekend. De geproduceerde elektriciteit kan, naast eventueel assimilatiebelichting bij bepaalde teelten (rozen, potplanten, jonge planten) op het net geplaatst worden. Door deze positieve benadering wordt een WKK-installatie een bijna noodzakelijke voorziening voor gespecialiseerde glastuinbouwbedrijven die een intensief verwarmingsregime (vruchtgroenten op substraat, kasplanten, snijbloemen, ...) nastreven en de energiekost betaalbaar willen houden.

5.5 Aanvraag en vergunningen

Voor de installatie van een WKK dient een ruim administratief tracé afgelegd te worden.

Na de dimensionering van de WKK, na contact op te nemen met de netbeheerder en de geschikte leverancier voor de WKK, kan een aanvraag worden ingediend voor certificaten bij de VREG. Bij de aanvraag wordt de kwalificatie van de installatie gecontroleerd en worden tevens de referentierendementen (gescheiden opwekking), de berekeningsmethode voor de warmtekrachtbesparing en de methode voor toekomstige metingen van de productieresultaten van de installatie vastgelegd.

Naast de te respecteren procedure bij aanvraag voor een aansluiting zijn volgende vergunningen vereist, dikwijls afhankelijk van het vermogen en daarom niet altijd toepasbaar voor kleinschalige installaties (enkele honderden kWe tot enkele MWe) in de land- en tuinbouw.

- een bouwvergunning;
- een milieuvergunning klasse I, II, of III. Ook een milieueffectenrapport met betrekking tot de uitstoot van schadelijke stoffen zoals CO, NO_x, SO_x, stof, ... de productie van geluid, eventueel lozing koelwater, ... is onder bepaalde voorwaarden vereist;
- eventueel een vergunning voor een aansluiting op het elektriciteitsnet bij ELIA (afhankelijk van het vermogen);
- een vergunning voor een aansluiting op het gasnet bij Fluxys (afhankelijk van het vermogen);
- een vergunning voor elektriciteitsproductie bij de CREG (> 25 MWe).

5.6 Financiële ondersteuning door de overheid

Door de overheid wordt zowel eenmalige investeringssteun als jaarlijkse exploitatiesteun gegeven.

De éénmalige investeringssteun gebeurt onder de vorm van:

- VLIF-steun door het Vlaams Landbouw Investeringsfonds bestemd voor land- en tuinbouwbedrijven (40% van het investeringsbedrag met een plafond);
- ecologiesteun: 35% (Kleine en Middelgrote Ondernemingen) tot 25% (Grote Ondernemingen) van de meerkosten van de installatie. De aanvrager moet echter over de correcte NACE-code (land- en tuinbouwbedrijven zijn in principe uitgesloten) beschikken. Via de oprichting van een afzonderlijke energievennootschap kan men in aanmerking komen voor de steun. De procedure voor ecologiesteun zal echter binnen afzienbare tijd aangepast worden, alsook de steunpercentages;
- een fiscale aftrek: eenmalige verhoogde investeringsaftrek van 14,5% (inkomsten 2006) voor ondernemingen (vennootschapsbelasting) of natuurlijke personen aan te vragen bij het Federale Ministerie van Financiën. De installatie moet in dit geval wel voldoen aan bepaalde voorwaarden. Het percentage is minimum 10% en kan licht variëren per jaar.

De exploitatiesteun gebeurt onder de vorm van:

- groene stroomcertificaten indien de WKK als brandstof hernieuwbare energie gebruikt. De marktprijs fluctueert momenteel rond € 110 per MWh elektriciteit (netto) geleverd aan het openbare net. De boeteprijs voor de elektriciteitsleveranciers bedraagt € 125 /MWh;
- warmtekrachtcertificaten indien de WKK-installatie 'kwalitatief' is. Het aantal certificaten wordt voor installatie bepaald door de VREG. De marktprijs fluctueert momenteel rond € 40 per MWhe, bij een boeteprijs van € 45 /MWh.

5.7 Financiële aspecten

De investering in en het beheer van een WKK-installatie is een zeer kapitaalintensieve aangelegenheid en behoort in de land- en tuinbouwsector niet altijd tot de kernactiviteiten van het bedrijf. Naast de zware initiële investeringskosten zijn de brandstof- en de elektriciteitsprijzen, de waarde van de certificaten en de onderhoudskosten niet te onderschatten risicofactoren.

Volgende kosten- en batenposten zijn van belang bij de financiële analyse van een project. Concrete cijfers hangen echter zeer sterk af van het vermogen van de installatie (kilowatt elektrisch en thermisch), het aantal draaiuren en de prijzen van brandstoffen en elektriciteitsproductie.

Tabel 8: Overzicht van de kosten en baten van een WKK-installatie

Kosten	Baten
Investeringskost: - engineering - aankoop - plaatsen + aansluiten - in werking stellen + investeringssteun (VLIF, ecologie, fiscale aftrek)	Elektriciteitsproductie: -> minder elektriciteit inkopen of zelfs elektriciteit verkopen Warmteproductie: -> minder brandstof inkopen en/of tegen lagere prijs inkopen en/of restwarmte verkopen
Vaste en variabele exploitatiekosten: - brandstofkost - onderhoud - bediening + exploitatiesteun (WKK- en groene stroom certificaten)	

Afhankelijk van de afweging van de investering en de risico's tegenover de te realiseren besparing op energiekosten zijn een aantal organisatorische concepten mogelijk. Afhankelijk hiervan kan de keuze gemaakt worden voor een installatie in eigen beheer waarbij de energieverbruiker de investering en de risico's maar ook de winst of het verlies voor eigen rekening neemt. Dikwijls wordt echter gekozen voor een derde investeerder zoals een energiebedrijf, een leverancier van de installatie of een studie bureau waarbij de investering, het onderhoud, de warmtelevering, de inkomsten uit elektriciteit en certificaten contractueel geregeld worden.

Het is dan ook aan te raden om bij elk project een haalbaarheidsstudie uit te voeren en de mogelijke concepten goed af te wegen.

5.8 Voorbeelden

Landbouw

De interessantste toepassing op landbouwbedrijven voor de kleinschalige productie van hernieuwbare energie en groene stroom is de biogasproductie (zie hoofdstuk 4.6).

Glastuinbouw

In de meer energie-intensieve groenten- en sierteelt onder glas is het gezien de huidige energieprijzen bijna een noodzakelijke evolutie om restwarmte te benutten vanuit een WKK- installatie. In Vlaanderen staat vandaag de dag een vermogen van 70 MWe geïnstalleerd. Naar verwachting wordt dit vermogen de komende 2 jaar verdubbeld.

'Eiland'-bedrijven (niet aangesloten op het elektriciteitsnet) draaien meestal op mazout/dieselmotoren en komen vaak in de sierteelt voor. Ze gebruiken de geproduceerde elektriciteit vb. voor assimilatiebelichting op het eigen bedrijf (rozenteelt). WKK-motoren op aardgas vindt men meestal in de intensive groententeelt (substraatteelt tomaat – paprika – komkommer). Naast warmte kan in dit geval ook CO₂ mits rookgaswassing gebruikt worden voor plantbemesting. Dit wordt bovendien ook extra (+ 10%) vergoed door WKK- certificaten. Deze installaties zetten meestal ook een belangrijke hoeveelheid elektriciteit af op het net.

In de nabije toekomst worden ook WKK-installaties op bio-olie, biogas of hout verwacht in de glastuinbouw. Deze installaties komen tevens in aanmerking voor groene stroomcertificaten.

5.9 Meer informatie

Voor meer informatie rond het gebruik en simulaties van warmtekrachtkoppeling kan u terecht bij de vzw COGEN Vlaanderen (www.cogenvlaanderen.be), een onafhankelijke organisatie die promotie van WKK in Vlaanderen ter harte neemt.

De energiecel binnen het Innovatiesteunpunt (www.innovatiesteunpunt.be) richt zich specifiek op de land- en tuinbouwsector en geeft naast algemeen duurzaam energieadvies ook basisadvies met betrekking tot de realisatie van WKK-installaties.

Voor wat betreft de productie en het gebruik van biogas in WKK - motoren kan u zich best richten tot de v.z.w. Biogas-E, een organisatie die instaat voor de promotie van de productie van biogas voor energiedoelinden (www.biogas-e.be).

Voor informatie over de certificatenregeling en het beleid kan U terecht op www.vreg.be.



6. Warmtepomp

6.1 Principe

‘Voor niets gaat de zon op’ wordt al wel eens gezegd ... en inderdaad onze belangrijkste energiebron warmt dagelijks onze omgeving (lucht, bodem, water) kosteloos op. De hoeveelheid zoninstraling bedraagt per jaar ongeveer 3.600 MJ/m^2 , wat meer is dan we gemiddeld verbruiken. Bovendien wordt de aarde ook verwarmd vanuit de kern. In de kern kan de temperatuur oplopen tot enkele duizenden graden. Slechts een kleine fractie van de massa van de aarde (0,1%) heeft een temperatuur lager dan 100°C . Het lijkt dus interessant om rechtsreeks warmte aan onze omgeving te onttrekken omdat ze meer dan andere hernieuwbare energiebronnen (wind, waterkracht) permanent in onze omgeving aanwezig is. De warmtepomp kan warmte op lage temperatuur onttrekken aan onze omgeving, brengt de warmte op een hoger niveau en geeft ze vervolgens weer af voor een nuttige toepassing. Naast de directe warmte aangeleverd door onze omgeving kan ook rest- of afvalwarmte, vb. afkomstig van industriële processen, verbrandingsmotoren, lucht na ventilatie van stallen, ... via de warmtepomp omgezet worden tot een nuttige toepassing.

Nog meer dan het gebruik van hernieuwbare energiebronnen die de CO_2 -neutraliteit benaderen, is bij gebruik van een warmtepomp de uitstoot van CO_2 - op het gebruik van elektriciteit voor aandrijving van de warmtepomp na - nihil.

6.2 Werking

Zoals water stroomt van hoog naar laag, stroomt ook warmte spontaan van warm naar koud. Warm water op 60°C in de radiator kan bijvoorbeeld een ruimte verwarmen tot 20°C . Voor de omgekeerde beweging, met name om water van laag naar hoog te brengen is er een waterpomp nodig. Om warmte van koud naar warm te brengen hebben we dus een warmtepomp nodig.

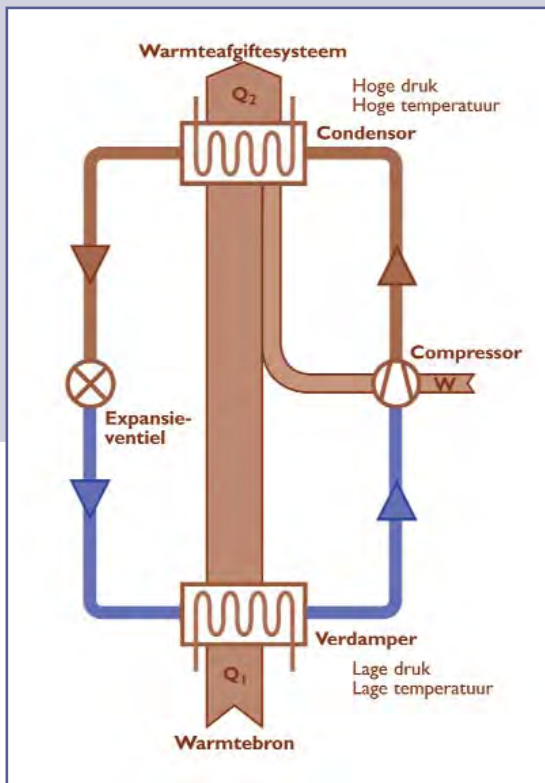


De werking van een compressiewarmtepomp (zie figuur 13) wordt nog het best geïllustreerd door de werking van onze koelkast thuis.

Volgende stappen kunnen onderscheiden worden in de werking van de klassieke compressiewarmtepomp:

- (1) De warmte (Q_1 op de figuur) afkomstig van de warmtebron (koelkastruimte, restwarmte, bodem, ventilatielucht afkomstig van de woning, stal of serre, de omgeving, ...) wordt via een warmtewisselaar overgebracht op de koelvloeistof (fluorkoolwaterstoffen, propaan, ammonia, ...) wat leidt tot verdamping van deze koelvloeistof;
- (2) Via de compressor, mechanisch aangedreven door een elektromotor of verbrandingsmotor en welke arbeid (W op de figuur), wordt de verdampte koelvloeistof op verhoogde druk en temperatuur gebracht. Dit is de fase die externe input van fossiele of hernieuwbare energie (elektriciteit, brandstof) vereist;
- (3) De verdampte koelvloeistof (hoge druk, hoge temperatuur) wordt in de condensor gestuwd waarbij door condensatie warmte ($Q_2 = Q_1 + W$) vrijgegeven wordt voor een nuttige toepassing in het warmteafgiftesysteem (verwarming water, gebouw, droogproces, ...);
- (4) Uiteindelijk belandt de gecondenseerde vloeistof, na afgifte van warmte (aan het warmteafgiftesysteem) opnieuw in de verdamper zodat de cyclus zich herhaalt.

Figuur 13: Schema van de werking van compressiewarmtepomp



Bron: ODE Vlaanderen (Brochure Warmtepompen voor woningverwarming)

Warmtepompen gebruiken veel minder energie dan andere bronnen. De besparing hangt echter af van de omgevingsfactoren waarin ze functioneren. De voornaamste daarvan zijn:

6.3 Rendabiliteit

Warmtepompen gebruiken veel minder energie dan andere bronnen. De besparing hangt echter af van de omgevingsfactoren waarin ze functioneren. De voornaamste daarvan zijn:

- de temperatuur en het debiet van de warmtebron (bodem - lucht - water);
- de temperatuur van het warmeafgiftesysteem;
- het verschil in temperatuur tussen de bron en het afgiftesysteem (hoe lager, hoe beter);
- het vermogen;
- het aantal draaiuren van de warmtepomp.

De aanleg van een warmtepompsysteem vergt naargelang het concept en dimensionering heel wat investeringen. De dimensionering hangt in de eerste plaats af van de warmtebron die plaatselijk beschikbaar is en het warmeafgiftesysteem. Elk warmtebron heeft naar investering en werking toe een aantal voor- en nadelen. De voornaamste warmtebronnen zijn:

De input van energie, in dat geval de mechanische aandrijving van de compressor door elektriciteit of via een aardgasmotor, wordt ruimschoots gecompenseerd door de nuttige warmte die geproduceerd wordt. Het rendement van de warmtepomp wordt bepaald door de verhouding van de energieoutput (bruikbare warmte) tot de energie-input (warmte uit omgeving + elektriciteit). Dit wordt uitgedrukt door de COP (coëfficiënt of performance) welke steeds groter is dan 1. COP's van 300 à 400% zijn haalbaar, m.a.w. een input van één eenheid energie kan leiden tot de output van 3 à 4 eenheden energie.

Ook de restwarmte afkomstig van het koelwater en de rookgassen van de verbrandingsmotor kunnen worden gebruikt voor verdere opwarming van het warmeafgiftesysteem. M.a.w. met een WKK-motor kan naast elektriciteit ook koude geproduceerd worden wat perspectieven opent bij de ventilatie en afkoeling van serres of stallen.

De adsorptiewarmtepomp is een complexer systeem waarbij er twee warmtekringen zijn die van het koudemiddel en die van het adsorptiemiddel. De compressor wordt in dit systeem vervangen door een adsorptiemiddel die het koudemiddel verplaatst op basis van fysische en scheikundige eigenschappen. In plaats van mechanische aandrijving wordt warmte gebruikt. Het voordeel hiervan is minder slijtage (geen bewegende delen), minder geluid en een langere levensduur.

- bodemwarmte;
- grondwater;
- ventilatielucht;
- buitenlucht;
- andere zoals restwarmte industrie, koelwater, afvalwater, rivierwater, ...

De voor- en nadelen van de verschillende systemen en bronnen worden hierna kort aangehaald.

Bodemwarmte (zie figuur 14):

- toepassing van een horizontaal systeem (overall toepasbaar, veel plaats nodig, daling van de brontemperatuur van de bodem in het stookseizoen);
- vertikaal systeem (weinig plaats, onbeperkt beschikbaar, weinig temperatuursvariatie tijdens het seizoen, hoge brontemperatuur, ...);
- belang van de karakteristieken van de bodem (droog - nat, zand - leem), ...

Grondwater:

- constante brontemperatuur, beperkt in ruimtegebruik;
- beschikken over een milieuvergunning, het oppompen van het water vergt energie; hoge investeringskosten (gescheiden systeem voor koelmiddel en grondwater); voorstudie over het gedrag van het grondwater nodig, de kwaliteit van het grondwater (corrosie !), ...

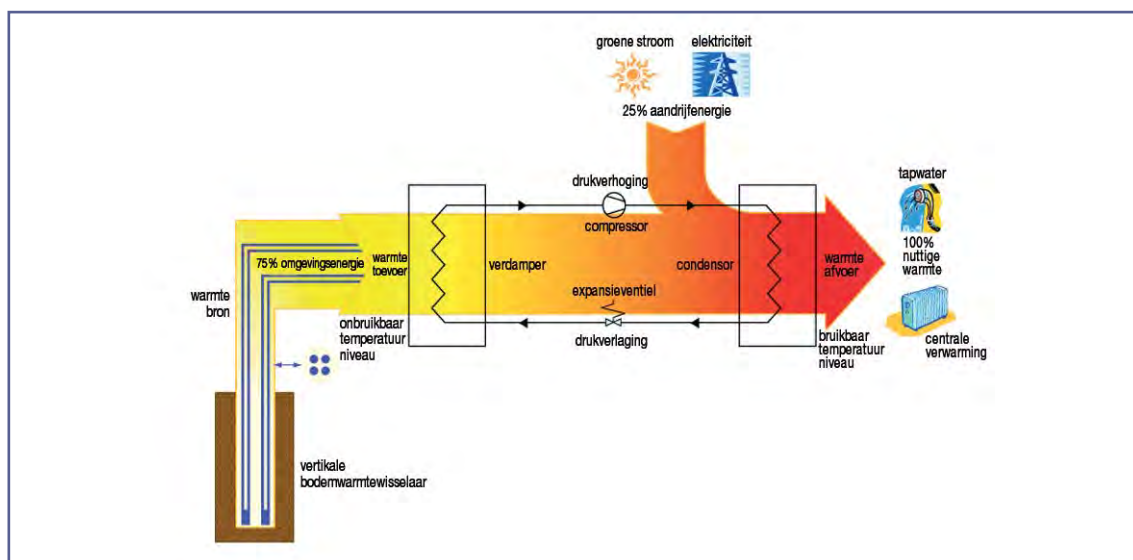
Ventilatielucht:

- constante brontemperatuur, weinig ruimte nodig;
- geluid van het ventilatiesysteem, beperkt beschikbaar.

Buitenlucht:

- weinig ruimte nodig, onbeperkt beschikbaar;
- niet constante brontemperatuur.

Figuur 14: Schema van een warmtepomp met een verticale bodemwarmtewisselaar



Bron: VITO

Ook de temperatuur van het warmteafgiftesysteem is van belang. Hoe lager het verschil in temperatuur tussen het bron- en afgiftesysteem en hoe lager de temperatuur van het afgiftesysteem hoe beter de werking van de warmtepomp. Dit betekent ook dat een zo groot mogelijk warmteafgevend oppervlak moet worden voorzien. Indien de warmteafgiftetemperatuur laag blijft, kan steeds geopteerd worden voor een klassiek systeem van bijstoken om toch de noodzakelijke comfortabele warmte te realiseren.

Dikwijls maken warmtepompen deel uit van grotere investeringen waarbij opslag van energie in bodemwater (Koude Warmte Opslag, zie hoofdstuk 7) of in boorgaten (Boorgat Energie Opslag, zie punt 7.4.1) voorzien wordt.

Ook zonder of met een beperkte energieopslag kunnen warmtepompen voor verschillende doeleinden ontwikkeld worden. De kostprijs van een éénvoudig systeem schommelt in functie van de toepassing en de warmtebron tussen € 250/kW (luchtsystemen) tot € 750 /kW (bodemsystemen in ongunstige omstandigheden). Deze prijs omvat de warmtepomp en het bronnensysteem.

Voornamelijk in het geval van de dubbele functie koelen en verwarmen kunnen warmtepompen ook economisch belangrijke besparingen opleveren.

6.4 Vergunningen - heffingen

Zoals voor al de overige systemen heeft men voor de warmtepomp een bouwvergunning nodig. Wanneer grondwater wordt opgepompt is ook een milieuvergunning vereist. Ook aan de grondwaterheffing, niettegenstaande het grondwater niet vervuild wordt en terug in de watervoerende laag gebracht wordt, valt voorlopig niet te ontsnappen. Bij het reinjecteren van grondwater is men vrij van heffing op winning van grondwater.

6.5 Premies

Via VLIF-steun kan een investeringssubsidie van 40% bekomen worden voor toepassingen in de land- en tuinbouw. Ook de éénmalige investeringsaftrek van 14,5% is van toepassing op warmtepompen.

6.6 Voorbeelden

In Zwitserland, Oostenrijk en sinds kort ook in Nederland wordt veelvuldig gebruik gemaakt van warmtepompen voor de verwarming van huizen. Bij nieuwbouwwoningen wordt in de tuin een buizensysteem ingegraven dat via een warmtepomp wordt aangesloten op een vloerverwarming in huis. De temperatuur van de grond is het hele jaar voldoende hoog om deze energie te leveren. Ook warmte afkomstig van de ventilatielucht van huizen wordt via een warmtepomp omgezet naar warmte nodig voor de opwarming van water voor huishoudelijk gebruik.

Ook voor het koelen en verwarmen van gebouwen (stallen, serres, ...) zou men de warmtepomp kunnen inzetten.

Warmte gerecupereerd bij de koeling van melk in melkkoeltanks kan gebruikt worden om warm water te produceren voor ondermeer spoeling van de melkinstallatie.

In de glastuinbouw zou zowel voor energie-intensieve teelten (tomaat, paprika op substraat) als minder energie-intensieve teelten (sla, aardbeien, ...) een warmtepompsysteem, al dan niet met energieopslag in de bodem (KWO = Koude Warmte Opslag of BEO = Boorgat Energie Opslag) een toepassing kunnen vinden indien de warmte op een lage temperatuur ($< 50^{\circ}\text{C}$) benut kan worden. Er wordt momenteel onderzoek gedaan rond de werking van het principe van de 'gesloten kas' gecombineerd met warmteopslag in Nederland en Vlaanderen. In Nederland lopen er tevens al demonstratieprojecten rond dit principe.

6.7 Meer informatie

Voor meer informatie rond het gebruik van warmtepompen kan u terecht bij:

- ODE, vzw Organisatie voor Duurzame Energie Vlaanderen (www.ode.be) en een specifieke ODE - brochure rond warmtepompen;
- vzw Innovatiesteunpunt (www.innovatiesteunpunt.be);
- VITO, Vlaams Instituut voor Technologie en Onderzoek (www.vito.be);
- andere websites zijn: www.heatpumpcentre.org, www.stichtingwarmtepompen.nl, ...



7. Warmtepomp in combinatie met koude/warmte opslag (KWO)

7.1 Principe en werking

Dit principe bestaat erin dat een luchtbehandelingssysteem en een warmtepomp gebruikt wordt om overtollige warmte in de zomer af te voeren uit een gebouw of serre. Deze warmte wordt dan vervolgens bij voorkeur opgeslagen in een watervoerende laag (aquifer) in de bodem. Het grondwater wordt daarbij opgewarmd. In de winter wordt het systeem omgekeerd en kan de opgeslagen warmte worden gebruikt voor verwarming van het gebouw. Men bereikt hierbij twee doelen: koeling in de zomer en verwarming in de winter.

7.2 Randvoorwaarden

Een belangrijke voorwaarde voor opslag in de bodem is de omvang van de grondwaterlaag en de stroomsnelheid die niet te hoog mag liggen. Als daaraan niet voldaan is, wordt de warmte in de zomer niet opgeslagen. In de praktijk komt het erop neer dat in Vlaanderen voornamelijk de Kempen zeer geschikt zijn voor deze techniek evenals een deel van Brabant en Oost-Vlaanderen. West-Vlaanderen daarentegen is minder geschikt.

7.3 Voorbeelden

Er zijn reeds een aantal van dergelijke systemen in gebruik in gebouwen en serres. In Nederland loopt er een proefproject 'de gesloten kas' dat beoogt om het hele jaar tomaten te telen, voor een groot gedeelte op basis van de warmte die de serre in de zomer opvangt. De ambitie is om naar de toekomst toe een serre te ontwikkelen die geen fossiele energie meer gebruikt of zelfs netto energie



produceert waarmee dan bijvoorbeeld bedrijfsgebouwen of woningen zouden kunnen verwarmd worden naast de serre zelf. Het nadeel van deze projecten is alsnog de hoge prijs. Desondanks beginnen hier en daar toch ook projecten te groeien op gewone bedrijven.

7.4 Koude/Warmte Opslag via de Boorgat Energie Opslag (BEO)-methode

Waar het grondwater geen optie is, kan er gedacht worden aan het opslaan van warmte (en koude) in speciaal geboorde putten die tot 50 m diep kunnen zijn. Als men voldoende van deze putten boort, deze vult met water en daarin een buizenstelsel aanbrengt, kan ook voldoende warmte of koude gestockeerd worden. Het aantal boorgaten wordt dan bepaald aan de hand van de behoefte. Ook dit systeem is het proefdraaien reeds ver voorbij en wordt reeds toegepast in de praktijk.

Deze methode kan met veel succes ingezet worden bij alle toepassingen waarbij er in de zomer een surplus aan warmte is en in de winter een warmtevraag. Zo zouden kantoorgebouwen met airco perfect de warmte kunnen opslaan in plaats van deze via verdamper af te geven en dus te vernietigen.

In de veredelingssector (varkens en pluimvee) waar er in de zomer sterk moet geventileerd of gekoeld worden en in de winter moet bijverwarmd worden, kunnen ook heel wat kosten bespaard worden door deze techniek. Voorwaarde is wel dat er een degelijk systeem van vloerverwarming aanwezig is. Ook warmterecuperatie op de ventilatielucht is een absolute must voor wie energiezuiniger wil boeren.

In de Noorderkempen werkt een aardbeibedrijf volgens het principe van de 'semi-gesloten kas'. Het luchtbehandelingsstelsel en de warmtepomp zorgen ervoor dat het klimaat (temperatuur, luchtvochtigheid, CO₂-gehalte) in de serre dag en nacht geoptimaliseerd wordt. De warmte wordt opgeslagen in de bodem. Enkel bij extreme temperaturen worden de dakramen van de serre geopend om warmte af te voeren.

7.5 Steunmaatregelen

Het VLIF voorziet, onder de algemene voorwaarden, mogelijkheden op financiële steun voor land- en tuinbouwers die investeren in deze nieuwe technieken. De steunintensiteit wordt bepaald door de aard van de investering en kan tot 40% bedragen van de aanvaardbare investering. De vorm van de steun wordt bepaald door de financiering (cfr. punt 4.5.5).

7.6 Knelpunten

- Deze installaties zijn erg duur en vergen relatief zware ingrepen in gebouw en grond;
- De warmtepompen verbruiken meestal vrij veel elektrische energie voor aandrijving van de compressor. Misschien kan een combinatie met fotovoltaïsche cellen of een WKK hier soelaas bieden;
- De reglementering rond het opwarmen en/of afkoelen van grondwater is vrij strikt en gaat gepaard met de aanvraag van de nodige vergunningen.

8. Besluit

De combinatie van de sterke stijging van de energieprijzen met de inspanningen die we moeten leveren om de uitstoot van broeikasgassen te laten dalen, geeft kansen aan de ontwikkeling en het gebruik van nieuwe technologieën. Dit geeft ook voor de land- en tuinbouwsector nieuwe mogelijkheden en verplichtingen. Het federaal beleid evenals de Vlaamse overheid neemt heel wat initiatieven om duurzame energieproductie te stimuleren. De sturende rol van de overheid mag echter niet verzwakken.

Op basis van Europese richtlijnen dient tegen 2010 12% van het globale energiegebruik gebaseerd te zijn op hernieuwbare energie. Meer specifiek dient voor alle brandstoffen voor het wegvervoer 5,75 procent afkomstig te zijn van het type biobrandstof. België heeft in dit kader nog een hele weg te gaan daar het percentage nu amper 0,1% bedraagt. Voor de productie van de zogenaamde eerste generatie biobrandstoffen liggen hier voor de landbouw op korte termijn zeker mogelijkheden om akkerbouwgewassen zoals granen, suikerbieten en koolzaad te telen. Ook andere vormen van biomassaproductie zoals de productie van energiewaars, kort roterend hout, ... kunnen zeker overwogen worden.

Op middellange en lange termijn zal de productie van de tweede generatie biobrandstoffen, de verhoging van het aandeel hernieuwbare energie in het globale energieverbruik en de naar verwachting nog sterkere te realiseren daling van de uitstoot van broeikasgassen, bijkomende mogelijkheden geven aan de sector om biomassa te produceren en ook zelf te gebruiken.

De landbouw is één van de weinige sectoren die de uitstoot van broeikasgassen gevoelig heeft doen dalen. Niettemin kunnen er nog extra maatregelen genomen worden om de uitstoot verder te verminderen.

De goedkoopste en minst vervuilende eenheid energie is diegene die je niet verbruikt. Op veel bedrijven kan er beter geïsoleerd worden, staan er nog te veel niet aangepaste, energieverwendende machines. Ook via een degelijk onderhoud van de installaties kan jaarlijks heel wat procenten en centen op energiegebruik bespaard worden. Een goed inzicht in het energiegebruik door te registreren en te vergelijken met installaties van derden leidt tot efficiënt gebruik en vermijdt verspilling.

In de brochure worden de verschillende mogelijkheden en voorwaarden tot realisatie (vb. vergunningen, kostprijs,..) van hernieuwbare energie toegelicht. De voornaamste elementen worden hierna kort weergegeven.

De installatie van zonthermische en fotovoltaïsche systemen voor de productie van warm water en de opwekking van elektriciteit zijn dankzij de groene stroomcertificaten en de VLIJF-steun al snel rendabel op veel landbouwbedrijven. De terugverdientijd van een dergelijke installatie ligt op ongeveer 8 à 10 jaar. Momenteel zijn er ook bedrijven die daken bij landbouwers willen afhuren om er fotovoltaïsche systemen op te plaatsen. De boer ontvangt een vergoeding voor de verhuur van het dak en goedkopere elektriciteit.

Aan de kust en op andere plaatsen met een gunstig windklimaat is de terugverdientijd van een kleine windmolen ongeveer 15 jaar. Bij het college van burgemeester en schepenen kan men een stedenbouwkundige vergunning bekomen. Een grootschalige windmolen heeft een terugverdientijd van 3 tot 5 jaar, maar het bekomen van de nodige vergunningen is zeer omslachtig. Grootschalige projecten kunnen best in coöperatief verband aangepakt worden om de financiering rond te krijgen.

Voor de verwarming van varkens- en pluimveehouderijen is hout een alternatief product. Momenteel worden granen en pellets van alle mogelijke organische materialen (gras, stro, houtafval, ...) gebruikt als biobrandstof. Het telen van hout en andere vormen van biomassa kan zo een winstgevende activiteit worden.

Motoren en voertuigen kunnen draaien op vloeibare biomassa. Op basis van koolzaad, suikerbieten, tarwe, ... produceert men plantaardige olie, biodiesel en bio-ethanol. Momenteel wordt enerzijds bij diesel enkele procenten biodiesel gevoegd en bij benzine enkele procenten bio-ethanol. Voor de kleinschalige productie van pure plantaardige olie bestemd voor energiedoeleinden op basis van koolzaad zal in het kader van het Programma voor Plattelandsontwikkeling 2007-2013 een specifieke agromileumaatregel uitgewerkt worden. Naast voedsel kunnen de landbouwers nu ook energie produceren.

Bij grote veeteeltbedrijven bestaat er veel belangstelling om een biogasinstallatie te bouwen voor de productie van energie. Voor een rendabele biogasproductie moet er energierijke biomassa (vb. maïs) aan de mest toegevoegd worden. Zowel plantaardige als dierlijke afvalstromen komen in aanmerking voor vergisting. De beste opbrengsten zijn te bekomen als men de geproduceerde elektriciteit op het eigen bedrijf kan gebruiken. De verkoop van de groenestroomcertificaten zorgt voor de grootste inkomsten. Op minder afgelegen veeteeltbedrijven is het bekomen van de nodige vergunningen dikwijls een probleem.

Er bestaan verschillende technieken die zowel warmte als koude over de seizoenen heen kunnen recupereren. Door koude en warmte tijdelijk in de bodem op te slaan kunnen deze later weer gebruikt worden voor koeling en verwarming. Deze techniek wordt meestal in combinatie met een warmtepomp gebruikt. De aanleg van een warmtepompsysteem vergt naargelang het concept en de dimensionering heel wat investeringen.

Het is duidelijk dat de beschreven technieken niet zomaar toepasbaar zijn op alle bedrijven. Bezin voor je begint. De nieuwe ontwikkelingen goed opvolgen en de opmaak van een haalbaarheidsstudie in samenwerking met een financieel adviseur is zeker de boodschap. Deze brochure geeft daartoe een aanzet.

9. Bijlagen

9.1 Woordenlijst.

Anaëroob: zuurstofarm milieu.

Anaërobe vergisting: vergisting in afwezigheid van zuurstof. Het proces bestaat uit een viertal processen met name hydrolyse, fermentatie, acetogenese en methanogenese.

Acetogenese: proces in de biogasvorming waarbij de producten uit de fermentatiefase omgezet worden tot o.a. azijnzuur, koolzuurgas (CO_2) en waterstof (H_2).

Digestaat: nat eindproduct na anaërobe vergisting in de reactor, uitgegist materiaal.

Fermentatie: bacterieel proces waarbij meer complexe structuren (o.a. voedingsvezel, zetmeel, cellulose,..) omgezet worden tot o.a. kortketenige vetzuren (vb. azijnzuur,..).

Groene stroom: duurzaam opgewekte elektriciteit op basis van hernieuwbare energiebronnen.

Hydrolyse: reactie waarbij onder invloed van water een molecuul gesplitst wordt.

Inverter: apparaat dat gelijkspanning omzet naar wisselspanning van 220V/50Hz. Een dergelijk apparaat wordt b.v. ook gebruikt om 'normale' huishoudapparaten aan te kunnen sluiten op een 12V sigarettenaansteker in de auto.

Kortketenige vetzuren: azijnzuur, propionzuur en boterzuur zijn de voornaamste vertegenwoordigers van de kortketenige, vluchtige vetzuren.

'Ladder-van-Lansink-principe': principe bij de afvalverwerking, genoemd (in 1979) naar het Nederlandse Tweede Kamerlid Lansink. Dit principe geeft op welke manier afval milieuvriendelijk verwerkt dient te worden. Hoe hoger op de ladder hoe beter voor het milieu en goedkoper. Achtereenvolgens staat bovenaan de ladder afvalpreventie, hergebruik, recycleren, verbranden en als allerlaatste storten.

MTBE (methyl-tertiaire-butyl-ether): product dat wordt toegevoegd aan benzine voor verbetering van verbranding en klopvermogen van de motor en geldt als vervanger van de toevoeging lood. MTBE wordt gemaakt van butaan en aardgas. Het is in Amerika geïntroduceerd om luchtvervuiling tegen te gaan.

Methanogenese: proces waarbij vetzuren (vooral azijnzuur) worden omgezet naar methaan.

Mesofiele vergisting: vergisting in het temperatuurinterval van 31°C tot 40°C. Het is een stabiele vergisting en wordt veelvuldig op boerderijschaal toegepast.

Miscanthus (olifantegras): Latijnse naam voor het Oosters prachtriet. Het is een bladverliezend siergras dat 2,5 tot 3 meter hoog groeit. Het is in China, Japan en Korea een inheemse plant en is ook bijzonder populair in Noord-Amerika. Produceert 15 tot 20 ton ds/hectare zonder bodembewerking en met geringe bemesting.

Kyoto Protocol: internationale overeenkomst afgesloten in de stad Kyoto (Japan) in 1997 waarin overeengekomen is om de uitstoot van bepaalde broeikasgassen tegen 2012 met gemiddeld 5% te verminderen t.o.v. 1990. Het Protocol van Kyoto is ondertekend door 166 landen en is momenteel het belangrijkste instrument om de klimaatverandering te bestrijden.

Soedangras: C4-plant die behoort tot het geslacht sorghum en die als graansoort voornamelijk wordt geteeld in Afrika en meer mediterrane streken.

Thermofiele vergisting: vergisting in het temperatuurinterval van 45°C tot 60°C. Is veel gevoeliger aan storingen en wordt veelal bij grotere installaties toegepast.

9.2 Afkortingen.

ANRE	Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie, na de herstructurering van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap is de nieuwe benaming Vlaams Energie Agentschap
BELSOLAR	Belgische Vereniging van Leveranciers van Zonne-energiesystemen
BEO	Boorgat Energie Opslag
CO ₂ -eq	koolstofdioxide equivalenten
COGEN	Vereniging voor de promotie van warmtekrachtkoppeling
COP	coëfficiënt of performance
CREG	Commissie voor de Regulering van de Elektriciteit en het Gas
ETBE	ethyl terbutyl ether
FOD	Federale overheidsdienst
GFT	groente- fruit- en tuinafval
GO	Grote Onderneming
GSC	Groene stroomcertificaten
KMO	Kleine en Middelgrote Onderneming
KWO	Koude/WarmteOpslag
KWKK	kwalitatieve warmtekrachtkoppeling
ODE	Organisatie voor Duurzame Energie
PJ	Peta Joule of 10 ¹⁵ J
ppo	pure plantenolie
PROCLAM	Provinciaal Centrum voor Landbouw en Milieu
PV	fotovoltaïsche cellen
RPBE	relatieve primaire energiebesparing bij warmtekrachtkoppeling
MTBE	Methyl Tertiaire Butyl Ether
ODE	Organisatie voor Duurzame Energie
TVT	terugverdientijd
VEA	Vlaams Energie Agentschap
VITO	Vlaamse Instituut voor Technologie en Onderzoek
VLACO	Vlaamse Compostorganisatie
VLAREA	Vlaams Reglement voor Afvalvoorkoming en -beheer
VLIF	Vlaams Landbouw Investerings Fonds
Wp	Watt-piek
VREG	Vlaamse Reguleringsinstantie voor de Elektriciteits- en Gasmarkt
WKK	warmtekrachtkoppeling

9.3 Symbolen, veelvouden en eenheden

Veelvouden

Symbool	Afkorting	Verklaring
k	kilo	eenheid x 1.000 of 10^3
M	mega	eenheid x 10^6
G	giga	eenheid x 10^9
T	terra	eenheid x 10^{12}
P	peta	eenheid x 10^{15}
E	exa	eenheid x 10^{18}

Eenheden.

Symbool	Afkorting	Verklaring
J	Joule	eenheid van energie
W	Watt	eenheid van vermogen; $1W = 1 J/s$
Wh	Wattuur	eenheid van energie; $1Wh = 3.600 J$; $1kWh = 3,6 MJ$
Wp	Wattpiek	eenheid van nominaal opgesteld vermogen (PV)
kWe	kilowatt elektrisch	eenheid van elektrisch vermogen (vb. WKK-installatie)
kW_{th}	kilowatt thermisch	eenheid van thermisch vermogen (vb. verwarmingsinstallatie, WKK-installatie)
kWhe	kilowattuur elektrisch	eenheid elektrische energieproductie (vb. WKK-installatie, zonnecel, windenergie, ...)
kWh_{th}	kilowattuur thermisch	eenheid thermische energieproductie (vb. verwarmingsinstallatie, WKK-installatie)
MWh	megawattuur	$3,6 GJ = 3.600 MJ$
toe	ton olie equivalent	$1 toe = 41.868.000.000 J = 41,868 GJ$
Mtoe	megaton olie equivalent	$1 Mtoe = 41,868 PJ$

9.4 Bronnen.

Vlaams Klimaatbeleidsplan 2006-2012, 2006. Beleidsdomein Leefmilieu, natuur en energie.

VRIND, 2006

Zonneënergie in de land en tuinbouw, 2006. PROCLAM v.z.w. (Provinciaal Centrum voor Landbouw en Milieu).

Elektriciteit uit zonlicht van 2004. ODE-Vlaanderen v.z.w. (Organisatie voor Duurzame Energie)

Belsolar: Beroepsorganisatie (ledenlijst van bedrijven en organisaties die diensten verlenen).

REC annual report 2005.

Nieuwsbrief Warmtekrachtkoppeling. COGEN Vlaanderen v.z.w.

Warmtepompen voor woningverwarming, 2006. ODE Vlaanderen v.z.w.

VITO, Vlaams Instituut voor Technologie en Onderzoek

Websites:

www.vlaanderen.be/ecologiepremie.

www.wasewind.be.

www.ode.be.

www.mineco.fgov.be/energy.

www.energiesparen.be.

www.vlaanderen.be/landbouw.

www.emis.vito.be/vlarea.

www.vreg.be.

www.creg.be.

www.biogas-e.be.

www.cogenvlaanderen.be.

www.biogas-e.be.

www.innovatiesteunpunt.be.

www.vito.be.

www.belsolar.be.

www2.vlaanderen.be.

www.beauvent.be.

www.proclam.be.

www.energik.be.

www.heatpumpcentre.org.