



Ministerie van de  
Vlaamse Gemeenschap

# *Kleine Waterkracht*



ODE ORGANISATIE VOOR  
DUURZAME ENERGIE  
VLAANDEREN  
vzw

## Kleine waterkracht

Al zo'n 2000 jaar gebruikt de mens waterkracht om molenstenen te doen draaien. In de vroege

Middeleeuwen had Vlaanderen zo'n 700 watermolens. Ze kenden de meest uiteenlopende toepassingen:

als houtzagerij, maalderij, olieslagerij, wolvollerij... Deze rol vervulden ze tot aan de industriële revolutie.

De watermolens werden vaak de kern van een industrieel bedrijf.

De kracht van het water bleef ook na de opkomst van de elektriciteit nuttig. Het mechanische vermogen

kon men omzetten tot de vlot transporteerbare elektriciteit. De waterraderen werden begin 20<sup>e</sup> eeuw vaak vervangen door turbines, voor een beter rendement.

Waterkracht ontstaat uit de beweging van water dat zich van hoger naar lager verplaatst. In het vlakke

Vlaanderen wordt het geringe natuurlijke verval vergroot door het opstuwen van het water in de bedding van beken en rivieren. Het water gaat van de stuw naar de turbine of het waterwiel.



Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap  
Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie  
(ANRE)

Markiesstraat 1

1000 Brussel

tel.: 02/553.39.55

fax: 02/553.44.38

e-mail: [energie@vlaanderen.be](mailto:energie@vlaanderen.be)

*Informatie over beleid, wetgeving en subsidies*



ODE-Vlaanderen vzw

Blijde Inkomststraat 46

3000 Leuven

tel.: 016/23.52.51

fax: 016/23.52.51

e-mail: [info@ode.be](mailto:info@ode.be)

<http://www.ode.be>

*Algemene informatie over  
duurzame energie*

# inhoud

<i>1. Inleiding</i>	<i>p. 4</i>
<i>2. Eenheden van energie</i>	<i>p. 5</i>
<i>3. Het begrip ‘Kleine waterkracht’</i>	<i>p. 6</i>
<i>4. Het potentieel van kleine waterkracht in Vlaanderen</i>	<i>p. 6</i>
<i>5. Exploitatiemogelijkheden</i>	<i>p. 10</i>
<i>6. Technische aspecten</i>	<i>p. 10</i>
<i>7. Praktijkvoorbeelden</i>	<i>p. 13</i>
<i>8. Nuttige adressen</i>	<i>p. 14</i>
<i>9. Interessante websites</i>	<i>p. 14</i>

# 1. Inleiding

Tot ver in de 19<sup>e</sup> eeuw was hout de belangrijkste brandstof, en werd een groot deel van de energie geleverd door mensen, dieren, water en wind. Tot vandaag is de energiebehoefte steeds blijven stijgen en intussen zijn we zeer sterk afhankelijk van fossiele en nucleaire brandstoffen.



## Problemen

Fossiele en nucleaire brandstoffen zijn beperkt voorradig. En terwijl de voorraad snel slinkt, neemt de vraag steeds toe. De wereldbevolking groeit en het energiegebruik per hoofd stijgt. Daaruit volgen vooral economische problemen en problemen voor de veiligheid van de wereldbevolking. IEA (International Energy Agency) voorspelt dat het energieverbruik tussen 1995 en 2020 met 65% zal stijgen. Daarnaast zal ook de CO<sub>2</sub>-uitstoot met 70% stijgen (onder huidige voorwaarden).

Reststoffen uit de energiesector hebben een zware impact op het leefmilieu. Denk maar aan:

- het broeikaseffect veroorzaakt door o.a. koolstofdioxide
- giftige gassen als koolstofmonoxide, stikstofdioxides,...
- verzurende gassen: stikstofdioxides, zwaveldioxide,...
- transport, verwerking en berging van nucleair materiaal

## Oplossingen

Om deze wereldomvattende problemen niet tot onbeheersbare omvang te laten uitgroeien, moeten er zeer dringend oplossingen gezocht worden. Energiebehoefte en energieopwekking op een duurzame wijze op mekaar afstemmen vergt een tweezijdige aanpak:

1. REG: rationeel energiegebruik, d.w.z. spaarzaam omgaan met energie zonder comfortverlies. Dikwijls zijn rendabele maatregelen onvoldoende gekend, of maakt de zeer lage energieprijzen talrijke technische mogelijkheden schijnbaar onrendabel.
2. Hernieuwbare energie: zon, wind, water en biomassa kunnen ook in ons land aangewend worden om energie op te wekken voor het huishouden, industrie en transport.

## Troeven van hernieuwbare energie

Duurzame ontwikkeling wil aan de behoeften van vandaag voldoen, zonder die van de toekomst in het gedrang te brengen. Hernieuwbare energie is daar een onderdeel van. Verdere voordelen zijn:

1. De meeste technieken voor hernieuwbare energie zijn milieuvriendelijk en duurzaam. De bronnen zijn vrijwel onuitputtelijk, de technieken vragen relatief weinig energie voor fabricage en onderhoud, en zijn zuinig in het gebruik van grondstoffen. Tijdens hun hele levenscyclus - van bouw over gebruik tot de afbraak - veroorzaken zij een zeer lage uitstoot van schadelijke stoffen.
2. Diversificatie van energievoorziening:  
Een systeem dat zich te eenzijdig richt op slechts enkele energiebronnen die geconcentreerd zijn in een klein deel van de wereld, kan tot spanningen leiden.
3. Werkgelegenheid en betalingsbalans:  
Studies tonen aan dat hernieuwbare energie een positief effect heeft op de werkgelegenheid. Vlaanderen heeft zeer grote exportkansen. Dit vereist wel de ontwikkeling van een thuismarkt.

# 2. Eenheden van energie

## Energie

Energie bestaat onder vele vormen. De meest gekende zijn:

- mechanische energie of arbeid (vb. bewegingsenergie,...)
- thermische energie of warmte (vb. verwarmen, drogen,...)

Eenheid: Joule (J)

$J = N \times m$  (Newton x meter)

1 MJ = 1.000.000 J (MJ = megajoule)

## Vermogen

Vermogen = energie per tijdseenheid

Eenheid: Watt (W)

$W = J/sec$

1 kW = 1.000 W (kW = kiloWatt)

1 kWe = 1 kiloWatt elektrisch vermogen

1 MWe = 1 megaWatt elektrisch vermogen

1 MW = 1000kW

## Afgeleide eenheden van energie

1 kWh (energie) = 1 kW (vermogen) gedurende 1 uur (tijd) (kWh = kiloWattuur)

1 kWh = 3.600.000 J

Afwijkend van windturbines leveren kleine waterkrachtcentrales méér dan 95% van de tijd elektriciteit. In Rotseelaar bv. wordt gemiddeld meer dan 60 kWe bereikt, waar het maximum vermogen 76 kWe is.

Het vermogen van een site is altijd het resultaat van de vermenigvuldiging van:

- $Q$  = het debiet in  $m^3/s$
- $H$  = de valhoogte in meter, het verschil tussen voor- en achterwater
- 9,81 = de valversnelling

bv: een molen met een debiet van  $1 m^3/s$  en 1 meter valhoogte heeft een theoretisch potentieel,  $P_t = 9,81 kW$ .

Om dan te weten wat het effectief opwekbaar elektrisch vermogen van deze site is, moet men 9,81 vermenigvuldigen met:

- het rendement van de turbine of het waterwiel:
  - stootrad: 35%
  - Poncelet: 65%
  - Zuppinger: 75%
  - Sagebien: 78%
  - bovenslagrad: 85%
  - turbine: 90%
- het rendement van de tandwielkast (of de riemoverbrenging), bv.: 97%
- het rendement van de generator, bv: 90%.

In ons voorbeeld ging het om een Zuppinger-rad dat zo:  $(1 \times 1 \times 9,81 \times 0,75 \times 0,97 \times 0,90) = 6,4 kWe$  kan opwekken.

Zahlentafel XV: 21. Tabelle über Größenverhältnisse und Wirkungsgrade der Wasserräder.

Bezeichnung des Wasserrades	Gefälle H m	Wassermenge Q m <sup>3</sup> /sek	Eintrittsgeschwindigkeit c m/sek	Umfangsgeschw. u m/sek	Raddurchmesser D m	Wassermenge für 1 m Raddbreite m <sup>3</sup> /sek	Wirkungsgrad $\eta$	Bemerkungen		
Zellenträder	Rückschlächtiges Rad	3—7	0,05—0,5	$0,9 \sqrt{2gh}$	1,4—1,6	$\frac{1,3-1,4}{4-8} H$	0,1—0,2	0,65—0,70		
	Milrotad	2—4	0,15—0,5	1,4—1,75	1,2—1,5	1,8—2 H	0,250	0,65—0,70	Wird selten gebaut	
	Pfisterrad	3—6	0,02—0,4	$0,85-0,90 \sqrt{2gh}$	0,5 · c	$\frac{38 \sqrt{h}}{n}$	0,15	0,65—0,75	Wird selten gebaut	
	Oberschlächtiges Rad	kleines Gefälle	3—5	0,07—0,6	1,1—1,5 u	1,3—1,6	H — [h + f + x]	0,1—0,2	0,65—0,75	
mittleres Gefälle		5—7	0,06—0,7	0,75—0,80						
großes Gefälle		8—12	0,05—0,5	0,80—0,85						
Schaufelräder	Wasserrad im Schußgerinne		2—10	3—6	2,5	4—5,5	1,5—2,5	etwa 0,35		
	Ponceletrad	0,5—2	0,5—4	$0,95 \sqrt{2gh}$	0,55 · c	$2 \frac{(H+1m)}{3-6m}$	0,6—0,9	0,60—0,70	Wird nicht mehr gebaut	
	Unterschlächt. Kropfrad mit Spanschütze	0,3—2	0,4—2,5	$0,6-0,7 \sqrt{2gh}$	2—2,5	4—6 m	0,5—0,8	0,55—0,60		
	Unterschlächt. Kropfrad mit schräger Einlaufschütze	0,5—2	0,5—3,5	$0,7-0,8 \sqrt{2gh}$	1,75	4,5—6,5 m	0,4—0,7	0,65—0,70		
	Schaufelrad mit Überfalleinlauf	1,5—2,5	0,4—2,5	2,4—3	1,6—2	2,5 H—3 H	0,5—0,8	0,60—0,70	Schnellgehend, ältere Konstruktion	
	Überfallrad nach neuem System	kleine Wassermenge	0,75—1,5	0,3—1,5	durchschnittlich etwa 1,2—1,5 · u	1,1—1,25	$2 \left( H + h_t + \frac{h_t \max + h_t}{2} + \frac{1}{H} \right)$	0,350—0,5	0,70—0,75	
		größere Wassermenge	1,0—3,5	2—7		1,3—1,6			0,7—1,2	0,75—0,78
		höheres Gefälle	3—4	0,75—3		1,4—1,6			4,5—8 m	0,5—0,8
Schaufelrad m. Kulisseneinlauf nach Bach	1,5—4,5	0,4—1,5	$0,90-0,94 \sqrt{2gh}$	1,6—2,2		$\frac{H+3,5m}{\max=7-7,5m}$	0,4—0,5	0,75—0,80		
Zuppingerad m. Seitengetäfel	0,6—3	0,5—6	1,7—2	1,4—1,6		5—6 m	0,5—0,80	0,65—0,75	meist in Holzausführung, ältere Bauart	

Größenverhältnisse der Wasserräder.

117

Tabel 1: Vergelijkende tabel diverse watermolens

Bron: Die Wasserräder, Wilhelm Müller, Leipzig 1929

## 3. Het begrip 'kleine waterkracht'

Met een kleine waterkrachtinstallatie wordt een installatie aangeduid waarbij potentiële energie, aanwezig in een waterloop, wordt omgezet naar mechanische energie bij een netto vermogen minder dan 1 MW.

Die grens van 1 MW is vrij arbitrair. Hij is bedoeld om een onderscheid te maken met installaties die gekenmerkt worden door grote ingrepen in de waterloop, meer bepaald het plaatsen van een stuwdam met vorming van een stuwmeer. Het hoofdkenmerk van een kleine waterkrachtinstallatie is dat de ingreep op de waterloop, nodig om de energie om te zetten, beperkt blijft. Bij een typische installatie wordt een stuw in de waterloop geplaatst. Een gedeelte van het water wordt naast de stuw geleid naar een machine die aangedreven wordt door het water. Veelal staat de machine direct naast de stuw en gebeurt de omleiding van het water alleen lokaal. In andere gevallen staat de machine afwaarts van de stuw en is er een min of meer lang toevoerkanaal naar de machine. Essentieel in alle gevallen is dat de waterloop weinig gewijzigd wordt, zodat er geen grote gevolgen zijn voor de natuur in de omgeving van de waterloop.

Watermolens zijn een eerste vorm van kleine waterkrachtinstallaties. De meeste molens in Vlaanderen zijn uitgerust met waterwielen. Er bestaan hiervan verschillende types: **bovenslagradere**n, **middenslagradere**n en **onderslagradere**n. Sommige molens hebben een **turbine**. Het betreft dan meestal een Francis-turbine. Bij de meeste molens waar nu een turbine staat, stonden eerder waterwielen. Waterwielen hebben in Vlaanderen altijd een zeer beperkt vermogen, typisch tot zowat 20 kW. Op plaatsen met een groter beschikbaar vermogen staat normaal een turbine. Het vermogen van deze machines gaat

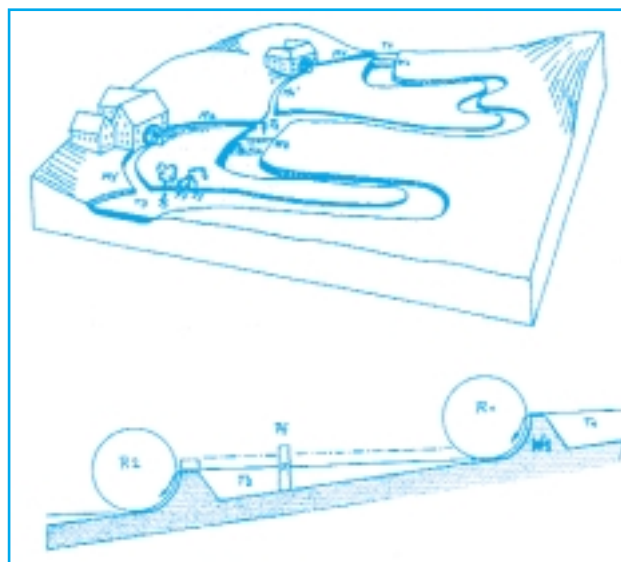


Fig. 1: Typische inplanting kleine waterkrachtcentrales /molens

Bron: Mühlen, Wagebreth, e.a., Leipzig, 1994

in Vlaanderen tot 75 kW.

Naast historische watermolens zijn er in Vlaanderen bevaarbare rivieren en kanalen uitgerust met stuwen en sluizen, die dienen voor waterbeheersing en om scheepvaart mogelijk te maken. Bij deze stuwen staan normaal geen waterkrachtinstallaties. Er zijn maar weinig plaatsen waar dit wel het geval is. Voorbeelden zijn de stuw op het Albertkanaal te Wijnegem (dompelturbine van 250 kW) en de stuw op de Leie te Harelbeke (2 Francis-turbines van 125 kW, maar niet meer in werking). Bij de meeste stuwen bestaat wel de mogelijkheid om een kleine waterkrachtinstallatie aan te brengen. In Vlaanderen is het grootst mogelijke vermogen zowat 800 kW.

## 4. Het potentieel van kleine waterkracht in Vlaanderen

De vzw TSAP heeft midden 1996 de inventarisatie van het waterkrachtpotentieel voor Vlaanderen, inclusief Brussel, beëindigd. Enerzijds zijn klassieke molensites bestudeerd waar zich waterkrachtinstallaties bevinden. Anderzijds werden bestaande stuwen bestudeerd waar, op twee uitzonderingen na, geen waterkrachtinstallaties aanwezig zijn, maar waar de mogelijkheid tot exploitatie bestaat. Het potentieel beschikbaar vermogen van beide categorieën wordt respectievelijk op 4,2 MW en 10,8 MW geschat.

### 320 molensites

Vlaanderen, inclusief Brussel, telt vandaag nog zowat 320 watermolens. Tabel 2 geeft een overzicht per provincie en toont de valhoogte bij de verschillende sites. Opvallend is dat het grootste gedeelte van de molens een valhoogte heeft tussen 1 en 3 m. Zelden is de valhoogte meer dan 5 m.



Foto 1: 'Grote' valhoogte in Vlaanderen: Kasteelmolen in Schorisse

Bron: Paul Bauters

	< 1 m	1-2 m	2-3 m	3-4 m	4-5 m	> 5 m
Antwerpen	2	11	2	-	-	-
Limburg	8	78	13	8	3	-
Oost-Vlaanderen	2	14	28	18	7	1
Vlaams-Brabant	5	35	39	27	5	2
West-Vlaanderen	-	3	3	-	-	-
Brussels Gewest	-	2	2	-	1	-
Totaal	17	143	87	53	16	3

Tabel 2. Verdeling van molens naar valhoogte

	< 5 kW	5-10 kW	10-15 kW	15-40 kW	> 40 kW
Antwerpen	7	1	-	2	5
Limburg	48	33	13	12	4
Oost-Vlaanderen	63	3	5	-	-
Vlaams-Brabant	64	23	1	18	7
West-Vlaanderen	4	-	-	-	2
Brussels Gewest	3	-	-	2	-
Totaal	189	60	19	34	18

Tabel 3. Verdeling van molens naar beschikbaar vermogen

Alhoewel de meeste watermolens in Vlaanderen al lang buiten gebruik zijn, bleven de molengebouwen meestal nog goed bewaard. Twee derden zijn in zeer goede bouwkundige staat. Meer dan de helft zijn beschermd.

Naar types zijn er 124 molens met een onderslagrad, 119 met een bovenslagrad, 20 met een middenslagrad en 48 met een turbine. Van de andere is het type niet bekend. Lang niet bij alle sites bestaan de waterwielen nog. Niet alle bestaande watermolens worden nog gevoed door water. Bij 41 watermolens is de waterloop verlegd of verdwenen. Slechts met min of meer grote infrastructuurwerken zou men deze molens weer water kunnen geven.

Tabel 3 toont het beschikbaar vermogen. Dit vermogen is berekend uit valhoogte en debiet. De meeste molens hebben een uiterst klein vermogen, d.w.z. minder dan 5 kW.

Tabel 4 geeft het totaal vermogen per provincie. Het totaal voor Vlaanderen is 4,2 MW.

Antwerpen	380
Limburg	1126
Oost-Vlaanderen	361
Vlaams-Brabant	1877
West-Vlaanderen	362
Brussels Gewest	75
Totaal	4181

Tabel 4. Totaal vermogen (kW) voor watermolens in Vlaanderen

	< 1 m	1-2 m	2-3 m	3-4 m	4-5 m	> 5 m
Antwerpen	-	5	3	1	2	4
Limburg	-	1	1	-	1	6
Oost-Vlaanderen	-	6	4	-	-	-
Vlaams-Brabant	-	-	5	1	-	-
West-Vlaanderen	-	3	1	-	-	-
Totaal	-	15	14	2	3	10

Tabel 5. Verdeling van stuwen naar valhoogte

	< 100 kW	100-500 kW	> 500 kW
Antwerpen	2	10	3
Limburg	1	2	6
Oost-Vlaanderen	1	8	1
Vlaams-Brabant	4	2	-
West-Vlaanderen	1	2	1
Totaal	9	24	11

Tabel 6. Verdeling van stuwen naar beschikbaar vermogen

Antwerpen	2495
Limburg	5030
Oost-Vlaanderen	1635
Vlaams-Brabant	590
West-Vlaanderen	1080
Totaal	10830

Tabel 7. Totaal vermogen (kWe) bij stuwen

## 44 stuwen

Tabel 5 geeft een overzicht van de bestaande stuwen waar exploitatie van waterkracht reeds gebeurt (slechts 1 geval) of mogelijk is en toont de verdeling van deze stuwen naar valhoogte. Stuwen met een valhoogte minder dan 1 m zijn niet opgenomen in de inventarisatie. Opnieuw valt op dat de meerderheid van de locaties een valhoogte heeft

tussen 1 m en 3 m. Valhoogtes groter dan 5 m komen slechts op 8 locaties voor. Dit zijn de stuwen op het Albertkanaal (valhoogte 10 m).

Tabel 6 toont de verdeling naar beschikbaar vermogen. De meeste locaties hebben een vermogen tussen 100 kW en 500 kW.

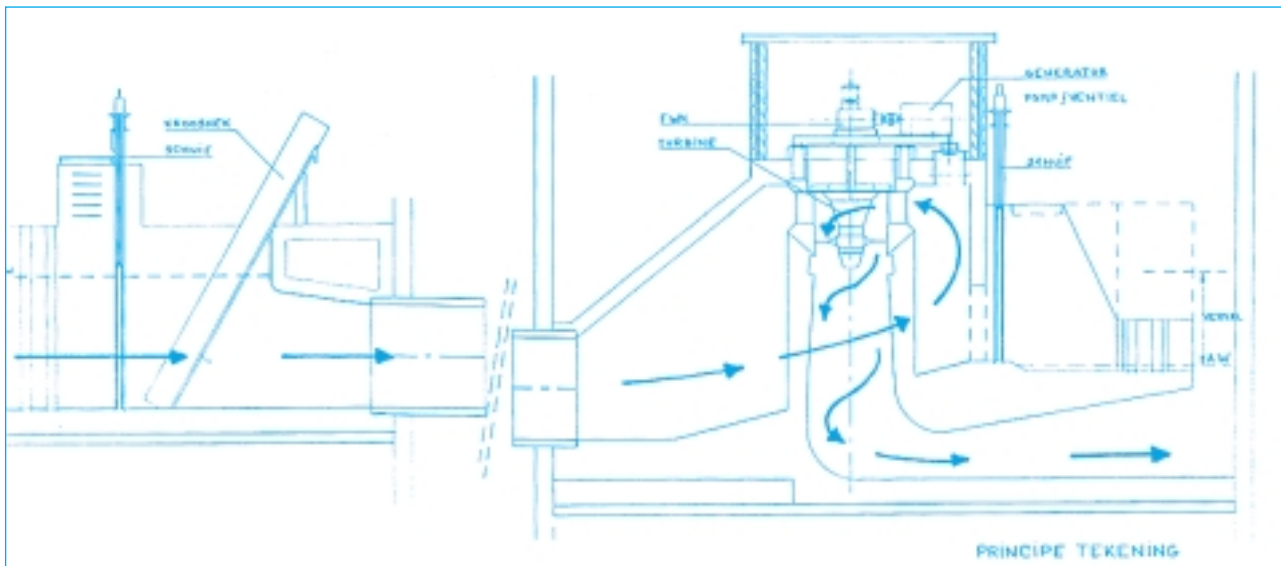
Tabel 7 geeft het totaal installeerbaar vermogen per provincie. Het totaal voor Vlaanderen is 10,83 MW. (tabel op 1/12/1999 bijgewerkt)



Foto 2: Sluis 7, kanaal Bocholt-Herentals

Bron: vzw TSAP





Figuur 2: Doorsnede kleine waterkrachtcentrale Lozen

Bron: nv Ecowatt

## Andere mogelijkheden

De inventarisatie van de vzw TSAP betreft het potentieel aan kleine waterkracht. Daarnaast is er theoretisch nog de

mogelijkheid tot een grote waterkrachtcentrale van ongeveer 10 MW op de Maas in de omgeving van Maaseik als daar een stuw zou worden gebouwd. Er bestaat ook de mogelijkheid tot installeren van een getijdencentrale van ongeveer 3,4 MW op de spuikom van Oostende.

## Getijdenmolens

Waar de getijdenwerking voelbaar was, o.m. op de Schelde van Antwerpen tot zelfs Gent, bouwde men in totaal meer dan 60 molens die gebruik maakten van de energie van de zich periodisch verplaatsende watermassa en van het peilverschil dat daardoor ontstond. Op deze foto van de getijdenmolen te Rupelmonde (°16<sup>e</sup> eeuw) is het rad en de uitlaat van het maalwater (links) bij eb duidelijk te zien. Bij vloed wordt het water via de vloedgaten (rechts) naar de achtergelegen spaarkom geleid. Bij eb laat men het water via het onderslagrad (een Poncelet-rad met een diameter van 6 meter) uit het spaarbekken, zodat er gemalen kan worden. Deze unieke molen is momenteel helemaal geres-taureerd en maalt op geregelde tijdstippen, op de regelmaat van eb en vloed.

Op woensdag 13 mei 1998 werd de geres-taureerde getijdenmolen van Rupelmonde na een grondige restauratie heropend



Foto 3: Getijdenmolen te Rupelmonde

Bron: Gemeentebestuur Kruibeke

## 5. Exploitatiemogelijkheden



Foto 4: Turbine Molen Van Doren te Rotselaar

Bron: nv Ecowatt

Het totaal vermogen aanwezig in de molensites is vrij gering (4,2 MW) en het vermogen per site is meestal ook zeer gering (slechts 18 molensites met een vermogen groter dan 40 kW). Principieel zijn deze sites daarom niet vanzelfsprekend interessant voor de productie van elektrische energie. Het gebeurt wel vaak dat molensites gerestaureerd worden om historische redenen. In het algemeen is het dan mogelijk om aan de molen een energetische functie te

geven. Een voorbeeld van een dergelijke restauratie is de Molen Van Doren te Rotselaar waar een Francis-turbine in werking is van 76 kW. Ook bij sites van minder groot vermogen, vooral sites met waterwielen, kan inwerkingstelling voor elektriciteitsproductie economisch verantwoord zijn.

Bij bestaande stuwen is er niet altijd direct mogelijkheid tot oprichten van een waterkrachtinstallatie. Veelal is een aanpassing van de bouwkundige structuur nodig. Speciaal aanpassen voor waterkrachtexploitatie is duur. Het komt er op aan dat bij de eventuele herinrichting van een stuw er op gelet zou worden dat terzelfder tijd de mogelijkheid tot waterkrachtexploitatie zou gegeven worden. Als de bouwkundige voorzieningen op deze manier kunnen getroffen worden, is principieel enkel de kost van de electro-mechanische uitrusting ten laste van de waterkrachtexploitatie. Turbines voor toepassing bij kleine waterkracht zijn in het algemeen eenvoudig van constructie en daarom niet erg duur. In principe komen alle locaties met stuwen in aanmerking voor exploitatie. De interessantste zijn uiteraard deze waarbij het waterdebiet het meest gelijkmatig is gedurende het jaar. Dit zijn niet noodzakelijk de locaties met het grootste vermogen.

## 6. Technische aspecten



Foto 5: Middenslagrad, Zuppinger-type, Karlsruhe

Bron: nv Ecowatt

### Watermolens

Waterwielen van het middenslagtype en bovenslagtype zijn gravitaire wielen (zie figuur 5). Hun werking steunt zuiver op het gewicht van het water. Er zijn vrijwel geen verliezen verbonden aan de stroming. De rendementen zijn dan ook zeer goed. Voor middenslagraden is het rendement in de orde 70 tot 80%, voor bovenslagraden in de orde 80 tot 90%.

Bij een **middenslagrad** wordt het water toegevoerd ongeveer op aashoogte. De vorm van de schuif zorgt ervoor dat de voeding van water zo goed als mogelijk stootvrij gebeurt. De schoepen hebben een gekromde vorm, zodat de kinetische energie van

het water bij binnenkomst omgezet wordt in potentiële energie. Het belangrijkste verlies bij dit type rad bestaat uit de kinetische energie van het water bij uitlaat van het rad. Het rendement wordt daarom minder naarmate de verwerkte valhoogte lager is, zodat de uitlaat-kinetische energie een groter gedeelte van de beschikbare potentiële energie voorstelt.

Het Zuppinger-wiel komt in Vlaanderen niet voor, wel in Nederlands-Limburg en uiteraard algemeen in Duitsland. Het grote voordeel van dit type waterwiel is dat het in tegenstelling tot het Poncelet-rad weinig last heeft van stijgend achterwater: het behoudt een zeer hoog rendement (75%). Dat is zelfs zo voor zeer kleine valhoogten tot 75 cm zodat ze ook succesvol op sites kunnen ingezet worden waar vroeger onderslagraden draaiden.

Hydraulisch ingenieur. A. Sagebien (1807-1892) ontwierp een middenslagrad met een zeer hoog rendement: 78%. Wellicht door de indrukwekkende doormeter van de raderen en het feit dat het toerental zeer laag ligt (kostprijs), zijn er in ons land weinig gebouwd. Momenteel rest er in Vlaanderen slechts het waterwiel van de Motmolen in Tongeren. Dit waterwiel dreef tot voor 25 jaar een drinkwaterpompinstallatie aan. In 2000 zal de Stedelijke Waterregie het rad laten renoveren en groene stroom laten opwekken

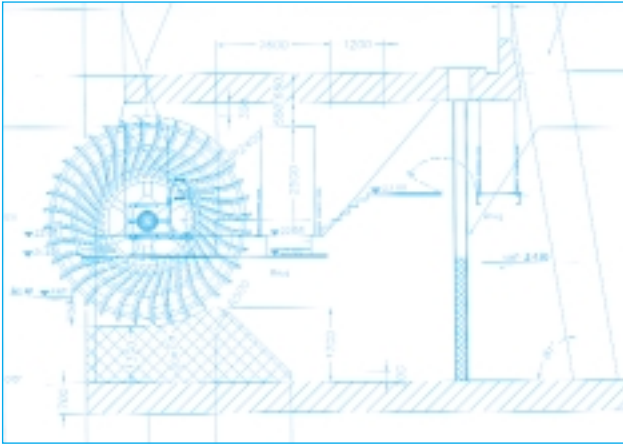


Fig. 3: Zuppinger-rad, ontwerp Volmolen, Leuven, 20 kW  
Bron: Hydrowatt GmbH

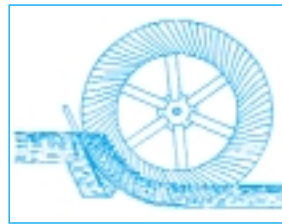
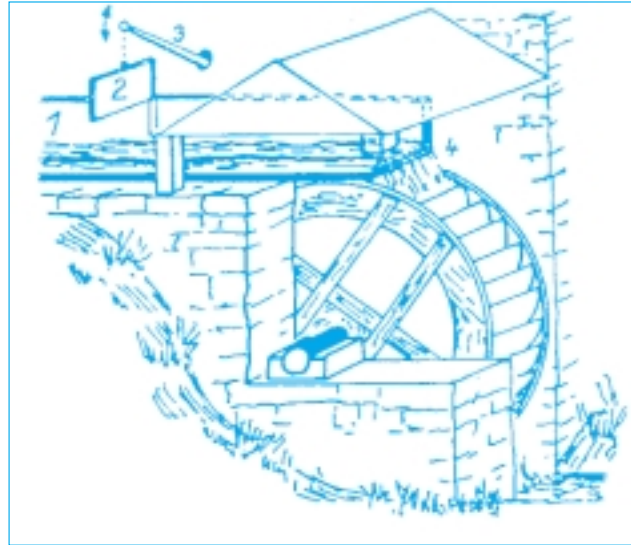


Fig. 5: Middenslagraderen (Sagebien (a) en Zuppinger (b)) en bovenslagrad (c)  
Bron: Mükler, Wagehett, e.a. Leipzig 1994

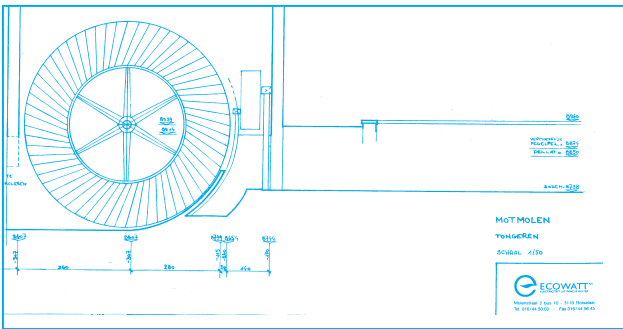


Fig. 4: Sagebien-rad, Motmolen, Tongeren, 18,5 kW  
Bron: nv Ecowatt

Bij een **bovenslagrad** gebeurt de toevoer van het water bovenaan. De vorm van de schoepen is zodanig, dat het water in het rad kan gehouden worden tot de laagst mogelijke positie. Het hoogteverschil tussen deze positie en het afwaartse niveau komt immers niet tussen bij de aandrijving van het rad.

Het nadeel volgend uit het werkingsprincipe van gravitaire wielen is dat ze zeer traag draaien. Bij restauratie is het omwille van het goede rendement aangewezen de vorm van de wielen te behouden. Het lage toerental, dat typisch rond 5 tr/min ligt, heeft wel tot gevolg dat een vrij grote overbrengingsverhouding nodig is naar de generator. De tandwielkast die daarvoor nodig is, kost zeer veel.



Foto 6: Bovenslagrad, Molen van Frissen, Sint-Martens-Voeren  
Bron: Paul Bauters

De meeste **onderslagraderen** in Vlaanderen zijn van het stoottype, zie figuur 6a. Deze raderen hebben zuiver radiale schoepen.

Hierbij wordt het rad aangedreven door impulswisseling met de stroming onder de schuif. Het rendement van een dergelijk rad is zeer laag, met name maximaal rond 35%. Stootraderen werden in de tweede helft van de 19<sup>e</sup> eeuw nogal eens vervangen door een Poncelet-rad, zie figuur 6b. Ingenieur Jean Victor Poncelet (1788 – 1867) optimaliseerde een dergelijk rad voor de stroming. De schoepen hebben een gebogen vorm, zodat de toevoer van het water stootvrij gebeurt. Ook de uitlaatsnelheid is door de vorm van de schoepen gereduceerd tegenover die van een stoottype. Bij dezelfde grootte en hetzelfde toerental als een stootrad kan aldus een rendement bekomen worden tot 65%. Onderslagraderen draaien bij dezelfde valhoogte sneller dan middenslagraderen. Ze zijn wel enkel bruikbaar bij kleinere valhoogtes, tot typisch 1,50 m. Hun toe-

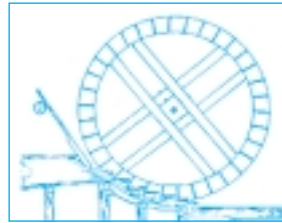


Fig. 6: Onderslagwaterraderen van het stoottype (a) en Poncelet-type (b)  
Bron: Mükler, Wagehett, e.a. Leipzig 1994



Foto 7: Poncelet-rad,  
Dijlemolens, Leuven

Bron: Ecowatt nv

gerestaureerde - Neermolen van Neeroeteren.

Turbines zijn meestal in de jaren 1900-1920 in molens geïnstalleerd ter vervanging van waterwielen. Het zijn



Foto 8: Girard-turbine,  
Neermolen, Neeroeteren

Bron: Ecowatt nv

rentallen zijn hierdoor ook vrij gering, d.w.z. van de orde 5 tot 10 tr/min. Ook hier is een grote overbrengingsverhouding naar de generator noodzakelijk.

Watermolens die uitgerust zijn met een turbine hebben in Vlaanderen meestal een Francis-turbine met een opstelling in waterkamer zoals geschetst op figuur 7.

Slechts in enkele gevallen is er een Girard-turbine: o.a. de Koningsmolen van Eliksem (Landen) en de - pas

waren voor aandrijving van molenstenen. Veelal werd in deze molens ook lokaal elektriciteit gegenereerd. Het is in het algemeen de moeite waard deze machines te restaureren en opnieuw in gebruik te nemen voor energie-opwekking. Een nadeel van deze machines is dat ze relatief traag draaien, typisch in de orde 20 tot 60 tr/min, zodat ook hier een vrij grote overbrengingsverhouding naar de generator nodig is.

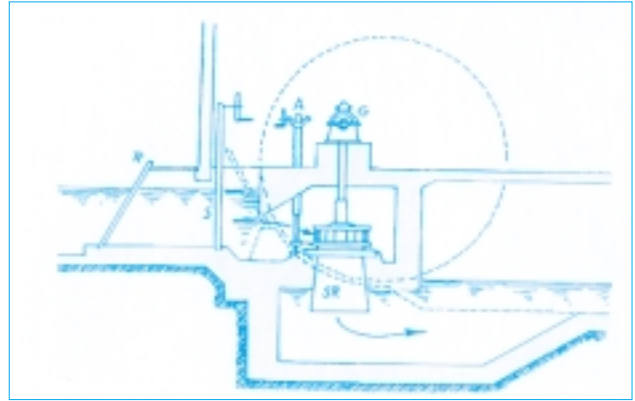


Fig. 7: Francis-turbine in waterkamer

Bron: Mühlen, Wagebreth, e.a., Leipzig, 1994

Francis-turbines. Bovendien hebben ze een hoger toerental bij dezelfde valhoogte. Bij wijze van voorbeeld toont figuur 8 schetsmatig de Kaplan-turbine, recent in gebruik genomen door Ecowatt nv te Hoegaarden op de Grote Gete (oude molensite). De constructeur van deze turbine is THEE, gevestigd te Toul, Frankrijk. Zeer gelijkaardige installaties kunnen gebruikt worden bij grotere vermogens. Als de valhoogte voldoende groot is, is de sifon zoals op figuur 8 niet nodig.



Foto 9: Francis-turbine, Watermolens, Harelbeke, 125 kW

Bron: Ecowatt nv

## Stuwen

Bijna geen enkele locatie op stuwen is uitgerust met turbines. Uitzonderingen hierop zijn de stuw te Harelbeke op de Leie, waar twee Francis-turbines staan van elk 125 kW, ingericht voor elektriciteitsopwekking maar niet meer in gebruik, en de stuw te Wijnegem op het Albertkanaal waar een Kaplan-turbine van 250 kW functioneert. Gezien de valhoogtes in Vlaanderen altijd vrij klein zijn, is het aangewezen bij nieuwbouw Kaplan-turbines te gebruiken. Kaplan-turbines voor kleine toepassingen zijn vrij eenvoudig van constructie en goedkoper dan

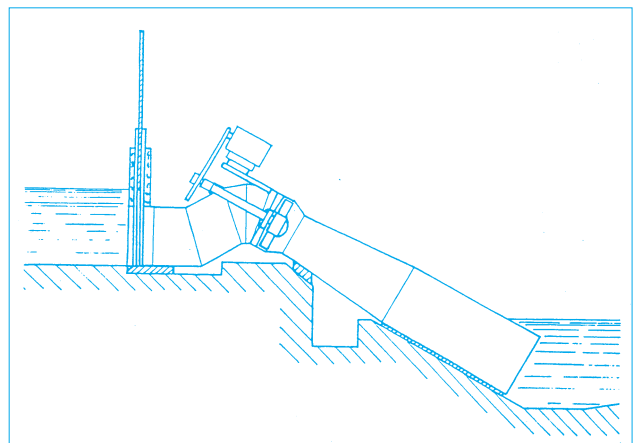


Fig. 8: De Kaplan-turbine van Ecowatt nv te Hoegaarden

Bron: Ecowatt nv

# 7 De spelers en hun projecten (15.12.2000)

## *Vzw Levende Molens*

Deze organisatie zet zich al 20 jaar in voor het behoud van de traditionele wind-en watermolens in Vlaanderen en Brussel. In hun tweejaarlijkse molenaarscursus komt ook het aspect van elektriciteitsopwekking met waterkracht aan bod.

## *Vzw TSAP*

Sinds 1982 heeft TSAP een aantal merkwaardige renovaties van industrieel-archeologisch interessante gebouwen, vaak watermolencomplexen, op haar actief staan. De Dijlemolen in Leuven met een Ponceletrad, en de Molen Van Doren te Rotselaar met een Phenixturbine uit 1902 zijn daar de gekendste van.

TSAP legde zich tussen 1986 en 2000, vooral in de persoon van beheerder Dirk Vansintjan, toe op:

het maken van bouwhistorische voorstudies bij restauraties van beschermde molens, bv. de Arenbergmolen (Heverlee), de Gempemolen (Tielt-Winge), ...

het opstellen van de Inventaris van potentiële kleine waterkrachtcentrales in Vlaanderen en Brussel

het uit de weg ruimen van obstakels voor het hergebruik van de kleine waterkracht (vismigratie, zwerfvuil,...)

## *Ecowatt nv*

Uit de vzw TSAP ontstond in 1991 de nv Ecowatt, die de renovatie van de waterkrachtinstallaties van de Dijlemolen (5 + 15 kWe) en de Molen Van Doren (75 kWe) voor zijn rekening nam. Ecowatt renoveerde in 1996 de Grote Molen van Hoegaarden (Kaplanturbine, 33 kWe) en legt zich sinds 1999, na de intrede van Electrabel als aandeelhouder (21.1%), vooral toe op studiewerk rond kleine waterkracht en sleutel-op-de-deur projecten voor derden. Zo werd in 2000 op de Zuidwillemsvaart voor Interelectra aan sluis 17 en sluis 18 een kleine waterkrachtcentrale, van 60 en 100 kWe geïnstalleerd. Bovendien kocht Ecowatt het Franse bedrijf G.Viry op, een specialist in de renovatie van oude waterkrachtcentrales en toeleverancier van alle benodigdheden voor kleine waterkracht zoals: schuiven, klepstuwen, krooshekreinigers, ...

## *Het Groene Waterfront*

In 2000 zette Ecowatt, naar aanleiding van het in concessie geven door de Vlaamse Overheid van alle mogelijke sites op de bevaarbare waterlopen waar waterkracht zou kunnen benut worden, een consortium op met de naam 'Het Groene Waterfront'. Hierin zitten ook de gemengde en de zuivere intercommunales en een aannemingsbedrijf.

## *Wind-en Waterkracht Vlaanderen cvba*

Dit is het samenwerkingsverband tussen de gemengde intercommunales van Vlaanderen, Ecowatt en Westenwind voor de ontwikkeling van wind en waterkracht in Vlaanderen, opgericht in 1999. Beheert sinds de inbreng door Ecowatt van zijn sites de kleine waterkrachtcentrales van de Molen Van Doren, de Grote Molen van Hoegaarden en de Sluismolen in Leuven (Kaplan-turbine, 30 kWe).

## *Ecopower cvba*

Deze erkende coöperatie ontstond in 1991 uit de vzw TSAP met de bedoeling vele bewuste energieverbruikers de mogelijkheid te bieden om te investeren in hernieuwbare energie. Momenteel vooral bezig met het windenergieproject van Eeklo, verliest men bij Ecopower de kleine waterkracht niet uit het oog. Er werd ook ingediend op verscheidene sites van de aanbesteding van de Vlaamse overheid. Daarnaast lopen er verschillende dossiers rond kleinere waterkrachtprojecten in samenwerking met moleneigenaars.

## *Taxandria*

Dit is het samenwerkingsverband tussen SPE en de Vlaamse Milieu Holding. VMH, dat ook indiende bij de 'in concessiegeving' van de Vlaamse Overheid van sites op de bevaarbare waterlopen.

## *Werkende Watermolens*

In de schoot van het Studie-en Adviesbureau Baeten bvba bundelen een aantal deskundigen in de kleine waterkracht hun ervaring met ongeveer 30 watermolens. Zij doen dit vanuit de bekommernis om molenrestauraties en het benutten van watermolens als kleine waterkrachtcentrales tot een goed eind te brengen.

## *3 E nv*

3 E wil bijdragen tot de realisatie van een duurzame energievoorziening door project-en productontwikkeling, toegepast onderzoek, studies en advies. Op het vlak van kleine waterkracht spitst 3 E zich toe op het maken van hydraulische voorstudies.

## *Universiteit Gent*

Prof. Dick, Vakgroep Mechanica van Strooming, Warmte en Verbranding, ontwikkelt microwaterkrachtssystemen: ontwerpmethodes en optimalisatie van de vormgeving.

## **SUBSIDIEMOGELIJKHEDEN:**

1. Indien de site is beschermd als monument om industrieel-archeologische redenen, kan men voor de restauratie van bv. watermolens tot 80% subsidies krijgen, komende van:

- Vlaamse Gemeenschap: 50%, Afdeling Monumenten en Landschappen
- Provincie: 15%
- Gemeente: 15%

Meer informatie hierover bij de Afdeling Monumenten en Landschappen of bij de vzw TSAP.

2. Indien men zelfstandige is of een bedrijf heeft en bijgevolg een BTW-nummer, kan men een beroep doen op de zogenaamde expansiesteun volgens het 'ecologiecriterium' voor investeringen in hernieuwbare energie. De steun bedraagt 20% voor kleine ondernemingen en 10% voor middelgrote en grote ondernemingen.

Meer informatie hierover bij de Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie of bij ODE-Vlaanderen.

3. In bepaalde gevallen kan ook een beroep gedaan worden op Europese subsidiëring in het kader van Europese subsidieprogramma's zoals Altener.

Meer informatie hierover bij de Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie of bij ODE-Vlaanderen.

## **8. Adressenlijst**

### **Vzw Levende Molens**

Voorzitter Frans Brouwers  
NSB-sstraat 15, B-2180 Ekeren  
Tel/fax: 03 542 06 21  
e-mail: [frans.brouwers@skynet.be](mailto:frans.brouwers@skynet.be)

### **Vzw TSAP**

Beheerder Bruno Buyse  
Koolmijnlaan 351, B-3550 Heusden-Zolder  
Tel: 011 579 500, Fax: 011 579 501  
e-mail: [TSAPROTSelaar@hotmail.com](mailto:TSAPROTSelaar@hotmail.com)

### **Ecowatt nv**

Bestuurder Bruno Buyse  
Koolmijnlaan 351, B-3550 Heusden-Zolder  
Tel: 011 579 500, Fax: 011 579 501  
e-mail: [info@ecowatt.be](mailto:info@ecowatt.be)  
web-site: <http://www.ecowatt.be>

### **Het Groene Waterfront**

Contactpersoon Bruno Buyse  
Koolmijnlaan 351, B-3550 Heusden-Zolder  
Tel: 011 579 500, Fax: 011 579 501

### **Wind-en Waterkracht Vlaanderen cvba**

Aarschotsesteenweg 58, B-3012 Wilsele  
Tel: 011 579 500, Fax: 011 579 501

### **Ecopower cvba**

Jim Williame, Relinde Baeten, Karel Derveaux,  
Wilfried Gilis, Dirk Knapen, Dirk Vansintjan  
Statiestraat 164 e, B-2600 Berchem  
Tel: 0486 39 22 12, Fax: 03 830 60 38  
e-mail: [info@ecopower.be](mailto:info@ecopower.be)  
web-site: <http://www.ecopower.be>

### **Tijdelijke Vereniging Taxandria Waterkracht** **P/a Vlaamse Milieuholding**

E. Antoons  
Uitbreidingsstraat 62, 2600 Antwerpen

### **Werkende Watermolens**

Koen Baeten, Willem Brankaer, Dirk Vansintjan,  
Gerrit Vandendries  
Studie-en Adviesbureau Baeten bvba  
Begijnenstraat 40 bus 6, 2300 Turnhout  
tel : 014/41.58.76, fax : 014/41.58.76  
e-mail: [pascale.lovadina@pandora.be](mailto:pascale.lovadina@pandora.be)

### **3 E nv**

Yves Cabooter  
Verenigingsstraat 39, B-1000 Brussel  
Tel: 02 217 58 68, Fax: 02 219 79 89  
e-mail: [info@3E.be](mailto:info@3E.be), website: <http://www.3E.be>

### **Universiteit Gent**

Prof. Dick  
Vakgroep Mechanica van Stroming, Warmte en Verbranding  
Sint-Pietersnieuwstraat 41, B-9000 Gent  
Tel: 09 264 32 97, Fax: 09 264 35 86  
e-mail: [Erik.Dick@rug.ac.be](mailto:Erik.Dick@rug.ac.be)

### **ODE-Vlaanderen vzw**

Daisy Dierickx  
Blijde Inkomststraat 46, B-3000 Leuven  
Tel/fax: 016 23 52 51  
e-mail: [info@ode.be](mailto:info@ode.be), website: <http://www.ode.be>

## **9. Websites**

<http://www.sourceguides.com>

Wie levert wat in de hernieuwbare energie

<http://www.valemount.com/acarson/hydlinks.htm>

Reeks links naar microhydro sites

<http://www.eGroups.com/list/microhydro>

Praatgroep rond kleine waterkracht



## COLOFON

**Samenstelling:**

Organisatie voor Duurzame Energie Vlaanderen  
(ODE-Vlaanderen vzw)  
met steun van het  
Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap  
Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie

**Redactie en concept:**

Prof. Erik Dick, Dirk Vansintjan

**Dank aan:**

Paul Bauters (Levende Molens vzw)  
Hydrowatt GmbH  
Relinde Baeten  
Daisy Dierickx, Sofie Van den Branden  
(medewerkers ODE-Vlaanderen)

**Verantwoordelijke uitgever**

Alfons Maes

**Lay-out en herdruk**

EPO, Berchem - 03/239.61.29

**Depotnummer:**

D/1999/3241/300



**ODE-Vlaanderen vzw**  
Blijde Inkomststraat 46  
3000 Leuven  
tel.: 016/23.52.51  
fax: 016/23.52.51  
e-mail: [info@ode.be](mailto:info@ode.be)



**Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap**  
**Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie**  
**(ANRE)**  
Markiesstraat 1  
1000 Brussel  
tel.: 02/553.39.55  
fax: 02/553.44.38  
e-mail: [energie@vlaanderen.be](mailto:energie@vlaanderen.be)

ODE-Vlaanderen vzw, de Organisatie voor Duurzame Energie Vlaanderen, wil de toepassing van duurzame energie en energiebesparing in Vlaanderen stimuleren.  
Sinds het najaar 1998 werkt ODE-Vlaanderen met de steun van de Vlaamse overheid als centrale informatiezender over duurzame energie voor het Vlaams Gewest.

ODE-Vlaanderen werd op 7 februari 1996 opgericht als koepelvereniging door een brede groep instellingen, vzw's en individuele stichtende leden. Als ledenvereniging staat ODE-Vlaanderen open voor iedereen die haar doelstellingen onderschrijft en haar werking wil steunen.

bezoek onze website! <http://www.ode.be>