Nederland

Het Passiefhuis

Nationale Publicatie

Wat is een Passiefhuis?

*In deze tijden van **stijgende energieprijzen** en hoog oplopende **emmissies**, wordt efficiënt energiegebruik met de dag belangrijker. Dit is niet meer enkel een milieu-, maar ook steeds vaker een financiële overweging. Zo'n **40% van onze jaarlijkse energie-consumptie** wordt verbruikt in gebouwen. Het passiefhuis-concept richt zich in de eerste plaats op woongebouwen, hoewel deze principes ook bij andere gebouwtypen toegepast kunnen worden. Zoals de cijfers aantonen, is er **op het gebied van energie, veel winst te halen bij gebouwen.** Daarom erkennen steeds meer deskundigen uit de bouw de Passiefhuis-aanpak als een stap voorwaarts.*

Het Passiefhuis is een woning die optimaal ontworpen is om energie te behouden. Veel aandacht is besteed aan de prestaties van de materialen en componenten op het gebied van optimalisering van het **binnenklimaat**. Het voordeel is dat de binnentemperatuur weinig schommelingen kent, wat resulteert in een **opmerkelijk beter comfort binnenshuis**.

Het **Passiefhuis concept** gebruikt **beproefde technieken** en **sluitende ontwerpprincipes** om woningen te realiseren die energie optimaal gebruiken.
Door **warmteverliezen** tot een minimum te **reduceren** d.m.v. geoptimaliseerde isolatie en warmteterugwintechnieken en door **passieve warmtewinsten te maxima-liseren**, wordt het Passiefhuis concept zo efficiënt dat een conventioneel verwarmings-systeem niet langer nodig is.

Dit betekent een **kostenbesparing** op het verwarmingsysteem die, gedeeltelijk, de hogere kosten voor de hoog presterende ingrepen compenseert.
Bovendien genereert een passiefhuis, door minder energie te gebruiken tijdens de levensduur van het gebouw, niet alleen een **kleinere milieu-impact**, maar ook **lagere energiekosten** tijdens het gebruik. Daarbovenop verlaagt een passiefhuis de impact voor bewoners van stijgende energieprijzen in de toekomst.

Inleiding

Wat is PEP?

PEP, wat staat voor **'Promotion of European Passive Houses'** of 'Promotie van Europese Passiefhuizen' is een consortium van Europese partners, gesteund door het Directoraat Generaal voor Energie en Transport van de **Europese Commissie**.

Waarom Promotie van Europese Passiefhuizen?

Algemeen wordt de komende decennia **veel bouwactiviteit** verwacht in Europa. Het oude huizenbestand is aan renovatie of, in veel gevallen, volledige vervanging door nieuwbouw toe. De bestaande woningen zijn verantwoordelijk voor een **groot aandeel van de totale energie-consumptie**. Een grote **energiebesparing** is daarom mogelijk door deze aankomende vernieuwingsactiviteiten. Zoals eerdere demonstratieprojecten (bijv. CEPHEUS) reeds aantoonden, is de **reductie van het gebruik van niet-hernieuwbare energiebronnen** met een **factor 4** (vergeleken met de huidige nationale standaarden) niet alleen **mogelijk**, maar ook **realistisch**. Het Passiefhuis concept is een **solide** en relatief **lage-kostmethode** om deze energiebesparingen te verwezenlijken. Om de kennis binnen de bouwsector te verspreiden, ook buiten de selecte groep van specialisten, heeft PEP vooropgesteld de opgedane ervaringen met het concept op Eruopees niveau te verspreiden.

Wat doet PEP?

Het doel van PEP is regionale economische activiteiten te stimuleren, vooral voor het MKB (welke een significant aandeel vertegenwoordigen binnen de woningbouw industrie), om te bewerkstelligen dat de uitgaven aan energieconsumptie tijdens de gebruiksperiode van het gebouw vervangen worden door investeringen in de constructie van de gebouwschil.

Om dit doel te bereiken, wil het consortium:

- Het passiefhuisconcept met specifieke oplossingen communiceren binnen verschillende Europese regio's en klimaatgebieden

Inleiding

- de huidige Passiefhuis ontwerptool (PHPP, Passive House Planning Package) aanpassen om aan te sluiten bij de werkwijze van architecten en planners in de verschillende landen.
- praktische informatiepakketten ontwikkelen, zoals brochures over bouwproducten, ontwerpgidsen, onderzoeksresultaten, berekeningsmethodes en activiteiten m.b.t. kwaliteitsbewaking, om professionelen in de bouw industrie in heel Europa te begeleiden bij de ontwikkeling van Passiefhuizen.
- een certificeringprogramma voor Passiefhuizen en Passiefhuis-technologieën ontwikkelen met een link naar het nationaal normeringsysteem voor energieprestatie overeenkomstig de Europese bouwrichtlijnen.
- nationale workshops en het jaarlijkse internationaal Passiefhuis congres organiseren.
- nationale Passiefhuis websites opzetten om continu in geactualiseerde informatie te voorzien.

Hoe kan ik meer te weten komen?

Neem voor meer informatie contact op met:

DHV Sustainability Consultants
P.O. Box 80007, 5600 JZ Eindhoven
Tel: +31 (0)40-2509216, Fax: 9201
www.dhv.com, chiel.boonstra@dhv.nl

ECN Energy Research Centre of the Netherlands
P.O. Box 1, NL 1755 ZG Petten
Tel: +31 (0)224-564949, Fax: 8966
www.ecn.nl, kaan@ecn.nl

Passiefhuis definitie

De term **Passiefhuis** staat voor een specifieke constructiestandaard voor woongebouwen met een goed binnenklimaat gedurende winter zowel als zomer, zonder traditioneel verwarmings- of koelsysteem. Dit houdt een zeer goede thermische isolatie en zeer goede lucht-/ kierdichting van de constructie in, terwijl een goed binnenklimaat verzekerd is door gebalanceerde ventilatie met hoge mate van warmte-recuperatie / terugwinning.

Op basis van het voorgaande is het ontwerp- verwarmingsvermogen beperkt tot het vermogen dat kan worden getransporteerd door de minimaal vereiste ventilatielucht. Echter, de daadwerkelijke ruimteverwarming kan ook anders worden voorzien dan middels het ventilatiesysteem. Voor het gebied van 40°-60° noorderbreedte, onder omstandigheden vermeld in het PHPP rekenmodel[1] geldt:

- de totale energievraag voor **ruimteverwarming en koeling** moet beperkt blijven tot **15 kWh/m² gebruiksoppervlakte**[2]
- de totale **primaire energievraag** voor alle toepassingen, sanitair warm water en ruimteverwarming en koeling is beperkt tot **120 kWh/m² gebruiksoppervlakte**[2]

Een passiefhuis heeft een **hoge mate van thermische isolatie** met **minimale koudebruggen**, **goede kierdichting** en maakt gebruik van **passieve zonne-energie** en **warmteterugwinning** om aan de vooropgestelde eisen te voldoen. Vervolgens kunnen **hernieuwbare energiebronnen** ingezet worden om aan de resterende energiebehoefte tegemoet te komen.

Illustratie van het passiefhuisconcept: passief (thermos) versus actief (verwarmingsplaat) Bron: Informations-Gemeinschaft Passivhaus Deutschland

1 *Passive House Planning Package, Passiv Haus Institut*
2 *Gebruiksoppervlakte, A_g volgens de norm NEN 2580*

Passiefhuis Maatregelen

Maatregel/ oplossing	*Passief Huis standaard*
1. Super Isolatie	
Isolatie muren	U ≤ 0,15 W/(m^{2}K)
Isolatie dak	U ≤ 0,15 W/(m^{2}K)
Isolatie vloer	U ≤ 0,15 W/(m^{2}K)
Kozijnen, buitendeuren	U ≤ 0,8 W/(m^{2}K)
Beglazing	U ≤ 0,8 W/(m^{2}K)
Koudebruggen	lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt coeff ? ≤ 0,01W/(mK)
Luchtdichting	n50 ≤ 0,6 h-1
Compacte bouw (Warmteverliesoppervlakte/Volume)	
2. Warmteterugwinning/ Binnenklimaat	
Ventilatie warmteterugwinning (lucht op lucht)	rendement ?HR ≥ 75 %
Grondbuis ter voorverwarming ventilatielucht	lucht temperatuur na warmtewisseling boven vriespunt
Ventilatie kanalen geisoleerd	
Overige warmteterugwinning (b.v. ventilatie & warm tapwater afvoer)	
Warm tapwater warmteterugwinning	
Warm tapwater leidingen geisoleerd	
Minimale ruimteverwarming	naverwarming ventilatielucht/ lage temperatuurverwarming
Effiecient verwarmingssysteem met klein vermogen	biomassa, warmtepomp, gas, warmtekrachtkoppeling (b.v. stadsverwarming), etc.
Binnenluchtkwaliteit door ventilatievoud	min. 0,4 ach^{-1} of 30 m^3/pers/h of nationale norm indien strenger
3. Passieve (Zonne-) winsten	
Beglazing	Zontoetredingsfactor g ≥ 50 %
Tapwater (zonne-)verwarming	
Thermische massa binnen de schil	
Zonne-orientatie	
Nachtluiken	
Zonwering: schaduw factor [%] (Oost & West)	

Maatregel/ oplossing	*Passief Huis standaard*
4. Efficiëntie elektriciteit	
Energy label huishoudelijke apparaten [Labels A - G]	Energy reductie van 50% ten opzichte van gemiddeld nationaal verbruik
Hot-fill (warm water aansluitingen) voor wasmachine en vaatwasser	
Spaarlampen	
Regelmatig onderhoud ventilatiefilters	
Gelijkstroom ventilator	
Efficiënte ventilator: SPF (Specific Fan Power)	≤ 0,45 W/(m3/h) (getransporteerde lucht)
5. Hernieuwbare energiebronnen ter plaatse	
Wind turbine	
Fotovoltaïsche cellen (PV-panelen)	
Thermische zonne-energie	
Biomassa system	
Overig	
	=basis maatregel/ oplossing
	= vaak toegepaste optionele maatregel/oplossing
	= overig optionele maatregel/oplossing

Barrières m.b.t. de realisatie van Passiefhuizen

Barrières m.b.t. de realisatie van Passiefhuizen in Nederland zullen grotendeels markt-gerelateerd zijn;

- Aanpassing van de traditionele spouwmuur
- Gecoördineerde, interdisciplinaire projectontwikkeling

De voornaamste schil-constructie is de spouwmuur van metselwerk, zoals hiervoor genoemd. Lagere U-waarden voor buitenmuren zullen middels hogere thermische isolatie bereikt moeten worden, wat dikkere muren tot gevolg heeft. Om extreem dikke muren te voorkomen zullen alternatieve afwerkingen en constructies de voorkeur genieten.

Daarnaast wordt de Nederlandse woningmarkt gekarakteriseerd als een push-markt. Elk jaar worden veel grote projecten door projectontwikkelaars gebouwd. De bewoners/ eigenaren van huizen kopen wat beschikbaar is, zonder al te veel interesse of kennis m.b.t. technische aspecten van (Passieve) Huizen.

Nationale publicaties m.b.t. Passiefhuizen

- Informatie over enkele Passiefhuizen is terug te vinden op www.archidome-bv.nl. Een projectinformatie overzicht is weergegeven op: http://www.iea-shc.org/task28/final_reps/Netherland_Rivierdijk.pdf
- Goed bekeken, slim gebouwd. NOVEM 2003 (deze brochure betreffende energiebesparing in 10 demonstratiewoningen can gedownload worden op: http://www.vrom.nl/get.asp?file=Docs/bouwen_ en_wonen/Goedslim_brochure1.pdf)

Overzicht woningvoorraad

De bestaande woningvoorraad in Nederland omvat zo'n 6.7 miljoen woningen, met jaarlijks rond de 75.000 nieuwbouw woningen.

De verdeling over woningtypen van het bestaande woningbestand staat hieronder in tabelvorm weergegeven.

Woningtype	Bestaande voorraad
Eengezins rijtjeswoning	41%
Twee onder een kap	11%
Vrijstaande woning	16%
Apartement/flat	21%
Overig	11%
# Passiefhuizen/ jaar	0

Standaard Nederlandse nieuwbouwwoning

Nederland klimaat

Nederland heeft een mild zeeklimaat. Het klimaat binnen Nederland wordt bepaald door de ligging ten opzichte van de zee. Des te dichter aan zee, des te lager de temperatuurschommelingen. De windkracht neemt echter toe hoe dichter bij de zee. Gemiddelde windrichting is Zuidwest.

In juni en juli komen de hoogste temperaturen voor met een gemiddeld dagelijks maximum van 22°C in De Bilt. Gedurende de periode december – februari liggen de temperaturen het laagst, met een gemiddeld dagelijks minimum van net onder het vriespunt. De minumum/maximum ontwerptemperaturen zijn 10°C in de winter en 28°C in de zomer. In de volgende grafiek staan de temperatuur, luchtvochtigheid en zonnestraling per maand weergegeven.

lengtegraad	5°11’
breedtegraad	52°06’
hoogte	+2m

Nederland "best practice" voorbeeld

Woningtype: Eengezins-dijkwoning op palen in Dalem met 2 bouwlagen.

Bewoners: Het aantal bewoners van deze woning is 3.

Afmetingen:

Gebruiksoppervlak	127 m²
Gemiddelde verdiepingshoogte	2,55 m

Doorsnede

Aanzicht

Bronnen: www.passivhausprojekte.de
IEA (International Energy Agency) – SCH Task 28 / ECBCS Annex 38: Sustainable Solar Housing;
Novem – Goed bekeken, slim gebouwd, 2003

Initiatief van "Stichting Passief Huis Holland" www.passiefhuis.nl

Architect: Franke Architekten B.V.

Nederland "best practice" voorbeeld

Thermische massa: Deze vrijstaande dijkwoning wordt beschouwd als een constructie met hoge thermische massa. De buitenmuren bestaan uit een 120 mm cellen betonnen constructie, bedekt met 300 mm EPS isolatie, en afgewerkt met pleisterwerk. De vloer bestaat uit 280mm gewapend beton, tevens bedekt met 300 mm EPS isolatie Het dak bestaat uit 170 mm semi-geprefabriceerd gewapend beton, bedekt met 300 mm EPS isolatie.

Vergeleken met standaard nieuwbouw:
Standaard Nederlandse nieuwbouw wordt beschouwd als "gemiddeld" thermische massa.
Buitenmuren: binnenspouw-blad is bakstenen metselwerk – hoge thermische massa.
Binnenmuren: houtskelet – lage thermische massa.
Vloeren: geprefabriceerd beton – hoge thermische massa.

Luchtdichting Dalem Huis	n_{50} = *1,2* h^{-1}
Luchtdichting standaard NL	n_{50} = *2,32* h^{-1}

Thermische isolatie

	Dalem Huis	*Standaard Huis NL*
Schil component	**U-waarde [W / m²K]**	
Gevel	0,115	*0,32*
Dak	0,116	*0,32*
Vloer	0,113	*0,31*
Deuren	0,68	*3,45*
Raam kozijn	0,68	*2,4*
Beglazing	0,6 /Driedubbel	*1,8 /Dubbel*

Nederland "best practice" voorbeeld

Installaties

Door een horizontale grondbuis (bodem-warmtewisselaar) van ongeveer 30 meter in de dijk, stroomt verse lucht het ventilatie en verwarmingssysteem in. Een systeem met warmteterugwinning en aanvullende ruimteverwarming dat gebruik maakt van een water-lucht warmtewisselaar wordt op de verse luchttoevoer toegepast. Ook wordt gebruik gemaakt van hernieuwbare zonne-energie voor tapwater verwarming. Een speciaal geïsoleerde badkuip gevormd naar het lichaam verlaagt de energievraag voor warm tapwater, wat vooral middels de 4,32 m2 zonnecollectoren op het dak geleverd wordt. Er zijn slechts twee kleine radiatoren, een in de kelder en een in de Noordwest georiënteerde badkamer.

Vergeleken met standaard nieuwbouw:
Het standaard verwarmingssysteem in Nederlandse nieuwbouwwoningen is centrale verwarming met radiatoren en/ of vloerverwarming. Warmtetransport vindt plaats middels water, wat met een HR gas ketel verwarmd wordt. Toegepaste ventilatiesystemen in woningen zijn natuurlijke toevoer met mechanische afvoer of gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning.

Verwarm-ing	Warmteopwekking Warmtetransport Warmteafgifte	Zonnegas-combi, Grondbuis (bodem warmetewisselaar) Lucht/water (van zonne collectoren) Ventilatie systeem + 2 radia-toren (LTV)
Warm tapwater	Verwarming Energiebron	Zonnegas-combi Zonnewarmte, gas
Ventila-tie	Systeem Warmteterugwin-ning	Mechanisch ventilatie systeem (toe- en afvoer) voorverwarming van verse lucht met een bodem warmtewisselaar, vervolgens met een lucht-lucht warmtewis-selaar op luchtafvoer en tot slot Water-lucht warmtewisselaar Van de zonnecollectoren, Aangevuld met warmte van de gasketel. Warmteterugwinnings-rendement is 90%.

Verwarming	Warmteopwekking Warmtetransport Temp. regeling Warmteafgifte	Gasketel Water Thermostaat Centraal/radiatoren
Warm tapwater **Ventilatie**	Verwarming Energiebron Systeem Warmteterugwinning Ventilatievoud	Combitap Gas Mech. Toe- en afvoer Ja, tot 95% ~0,9/uur

Nederland "best practice" voorbeeld

Energie verbruik (berekend met PHPP)

Jaarlijkse warmtevraag = 20 kWh/m² voor ruimteverwarming.

Primaire energie vraag = 118 kWh/m²
Inclusief ruimteverwarming, warm tapwater, hulpenergie en elektriciteit voor huishoudelijke apparaten.

Monitoring resultaten 2001-2004:
Warmtevraag = 31 kWh/m²

Vergeleken met vrijstaande nieuwbouwwoning:

*Gebaseerd op de EPC-berekening voor de Dalem woning, indien deze enkel conform huidige bouwvoorschriften (NPR 5129 V1.2 from 2003, EPC 1,0) gebouwd zou zijn, is de energievraag voor ruimteverwarming berekend. De energievraag voor verwarming van diezelfde woning, EPC 1,0, zou 95 kWh/m² zijn: 4,75 keer de ruimte verwarmingsvraag van het Dalem huis.**

* Bron: Franke Architekten B.V

Standaard nieuwbouw twee-onder-een-kap woning in 2006:

Gebaseerd op de Bouwbesluit eis in 2006 (EPC 0,8) is het energieverbruik van een twee-onder-een-kap woning berekend. Het energieverbruik voor ruimteverwarming is 66 kWh/m². Het energieverbruik voor tapwater verwarming is 37 kWh/m². Beide bronnen voor energieverbruik zijn gas. Het totale elektriciteitsverbruik voor een twee-onder-een-kap woning ligt rond 3664 kWh= 27 kWh/m² (~70 kWh_{prim}/m^2).

Nederland "best practice" voorbeeld

Woningtype: Eengezinswoning in Heerhugowaard. Deze demonstratiewoning heet de IsoZero-woning. Naast een goede thermische schil, heeft deze woning een volledig PV-systeem op het dak. Het concept van dit Nederlandse "best practice" voorbeeld is dat de combinatie van een goede thermische schil, luchtverwarmingssysteem met warmtepomp en een PV-systeem resulteert in een nul-energie woning. Deze demonstratiewoning vormt een onderdeel van een grotere ontwikkeling in de "Stad van de Zon" in Heerhugowaard.

Bewoners: Het aantal bewoners van dit woningtype is ongeveer 4 personen.

Constructie: Om de aannemer bewust te maken van de energetische gevolgen van bepaalde handelingen zijn specifieke kwaliteitskaarten ontwikkeld. Voor iedere arbeidsgang is een kwaliteitskaart gemaakt met weinig tekst en veel praktijkfoto's. Met name de speciale foto's van de kierdichtheidmetingen en de infrarood opnamen blijken in de praktijk bij te dragen aan de bewustwording bij alle betrokken partijen.

Bron: www.isozero.nl

Nederland "best practice" voorbeeld

Thermische massa: Deze IsoZero-woning wordt beschouwd als "gemiddelde" thermische massa. De buitenwanden zijn houtskeletbouw met minerale wol isolatie en een gemetselde bakstenen gevel.
De scheidingswanden tussen woningen zijn van beton.
Binnenwanden zijn van gasbeton blokken (70cm).

Vergeleken met standaard nieuwbouw:
Standaard Nederlandse nieuwbouw wordt beschouwd als "gemiddeld" thermische massa.
Buitenmuren: binnenspouw-blad is bakstenen metselwerk – hoge thermische massa.
Binnenmuren: houtskelet – lage thermische massa.
Vloeren: geprefabriceerd beton – hoge thermische massa.

Luchtdichting	IsoZero-woning	Qv;10 = 20 dm^3/s Qv;50 ~1.8 h^{-1}
Luchtdichting standaard NL		*n_{50} = 2,32 h^{-1}*

Thermische isolatie

	IsoZero-woning	*Standaard Huis NL*
Schil component	**U-waarde [W / m^2K]**	
Gevel	0,25	*0,32*
Dak	0,25	*0,32*
Vloer	0,40	*0,31*
Deuren	-	*3,45*
Raam kozijn	1,2	*2,4*
Beglazing	-	*1,8/Dubbel glas*

Nederland "best practice" voorbeeld

Installaties

De IsoZero-woning wordt verwarmd middels het lage temperatuur ventilatiesysteem, dat voorzien is van een hoog rendement warmteterugwinning systeem. De warmtebron is een warmtepomp met warmteopslag in de bodem. De warmtepomp loopt deels op elektriciteit van de 30m^2 PV-panelen op het dak (~3400 kWh/ year).

Verwarm -ing	Warmteopwekking Warmtetransport & afgifte	Warmtepomp Ventilatiesysteem en lage Temperatuur luchtverwarming
Warm tap-water	Verwarming Energiebron	Warmtepomp Bodemwarmte, elektriciteit van PV - panelen
Ventila-tie	Systeem Warmteterugwin-ning	Centraal ventilatie systeem, Voorverwarming van verse lucht Ja

Vergeleken met standaard nieuwbouw:
Het standaard verwarmingssysteem in Nederlandse nieuwbouwwoningen is centrale verwarming met radiatoren en/ of vloerverwarming. Warmtetransport vindt plaats middels water, wat met een HR gas ketel verwarmd wordt. Toegepaste ventilatiesystemen in woningen zijn natuurlijke toevoer met mechanische afvoer of gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning.

Verwarming	Warmteopwekking Warmtetransport Temp. regeling Warmteafgifte	Gasketel Water Thermostaat Centraal/radiatoren
Warm tapwater **Ventilatie**	Verwarming Energiebron Systeem Warmteterugwinning Ventilatievoud	Combitap Gas Mech. Toe- en afvoer Ja, tot 95% ~0,9/uur

Nederland "best practice" voorbeeld

Energy verbruik IsoZero-woning

De IsoZero-woning is een verdere ontwikkeling van het ISO++ concept door Vos' Projectontwikkeling in Alkmaar. Het gas verbruik voor de verwarming van de ISO++ is 350 m^3/woning (3402 kWh, voor een gemiddelde twee-onder-een-kap woning betekent dit rond ~23 kWh/m^2)
Gas verbruik voor warm tapwater = 400 m^3/woning (3888 kWh, voor een gemiddelde twee-onder-een-kap woning betekent dit rond ~26 kWh/m^2)

Gemeten gasverbruik ISO++-woning 2002—2004

Vergeleken met standaard nieuwbouw twee-onder-een-kap woning in 2006:

Gebaseerd op de Bouwbesluit eis in 2006 (EPC 0,8) is het energieverbruik van een twee-onder-een-kap woning berekend. Het energieverbruik voor ruimteverwarming is 66 kWh/m^2. Het energieverbruik voor tapwater verwarming is 37 kWh/m^2. Beide bronnen voor energieverbruik zijn gas. Het totale elektriciteitsverbruik voor een twee-onder-een-kap woning ligt rond 3664 kWh= 27 kWh/m^2 (~70 kWh_{prim}/m^2).

The sole responsibility for the content of this publication lies with the authors. It does not represent the opinion of the European Communities. The European Commission is not responsible for any use that may be made of the information contained therein.

Deze publicatie is samengesteld door DHV www.dhv.nl, als onderdeel van het Europese PEP project

Nederland
Het Passiefhuis

Intelligent Energy Europe

The PEP-project is partially supported by the European Commission under the IEE Programme EIE/04/030/S07.39990

Neem voor meer informatie contact op met:

DHV Sustainability Consultants
Postbus 80007, 5600 JZ Eindhoven
Tel: 040-2509216, Fax: 040-2509201
www.dhv.nl, chiel.boonstra@dhv.nl

Energie Centrum Nederland
Postbus 1, 1755 ZG Petten
Tel: 0224-564949, Fax: 0224-568966
www.ecn.nl, kaan@ecn.nl