



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland

30 voorbeeldprojecten energiezuinige woningbouw

Samenvatting bevindingen

November 2013

Colofon

Projectnaam 30 voorbeeldprojecten energiezuinige woningbouw
– Samenvatting bevindingen
Projectnummer UGC 1300040
Versienummer 4036.09, november 2013
Contactpersoon Klaas de Vries
RVO.nl

Aantal bijlagen 1
Auteur dr. Edward Prendergast

Dit rapport is tot
stand gekomen in
samenwerking
met: MoBius Consult
Patrimoniumstraat 1
3971 MR Driebergen
www.mobiusconsult.nl

Hoewel dit rapport met de grootst mogelijke zorg is samengesteld kan Rijksdienst voor
Ondernemend Nederland geen enkele aansprakelijkheid aanvaarden voor eventuele fouten.

30 voorbeeldprojecten energiezuinige woningbouw

Samenvatting bevindingen van onderzoek naar 30 zeer energiezuinige tot energieneutrale woningbouwprojecten, uitgevoerd door moBius consult in opdracht van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, Kennishuis Energie en Gebouwde Omgeving; 2013.

Kenmerk 4036.09, november 2013

1 Inleiding

Het beleid van de Rijksoverheid is erop gericht dat nieuwe woningen na 2020 (bijna) energieneutraal zijn. Om dit doel te bereiken, is het van belang dat er goede en aansprekende voorbeelden zijn van woningen die deze ambitie nu al realiseren of belangrijke stappen die richting op zetten. Daarom heeft Rijksdienst voor Ondernemend Nederland een database opgezet met daarin voorbeelden van energiezuinige projecten: www.kennishuisgo.nl/voorbeeldprojecten.

Voor het vullen van deze database heeft moBius consult opdracht van Kennishuis Energie en Gebouwde Omgeving gekregen om 30 projecten onder de loep te nemen. Dit zijn 30 projecten die tot de energiezuinigste woningen van Nederland behoren. De oudste van de projecten is uit 2002, de nieuwste uit 2013. Het betreft verschillende soorten woningen, van appartementencomplexen tot villa's, van sociale huur tot eigenaar-bewoners. Voor al deze projecten is een nieuwe EPC-berekening gemaakt, conform de NEN 7120. Hierdoor ontstaat een actuele benchmark, die ook in de toekomst toepasbaar is.

Een randvoorwaarde om de woning in de database op te nemen, is dat de originele EPC-berekening minder is dan 0,4. Dit betekent dat de EPC van de meeste projecten bij realisatie meer dan 50 procent onder de wettelijke eis lag. Voor veel projecten lag deze nog veel lager. Voor meer dan de helft van de woningen ligt de herberekende EPC onder de 0,1. Bij drie projecten kan op basis van de EPC gesteld worden dat ook (een groot deel) van de gebruikersgebonden energie wordt gecompenseerd, zodat daadwerkelijk 0 op de meter zal worden gerealiseerd.

2 Energieconcepten

De 30 projecten vertonen een grote variatie aan oplossingsrichtingen. Een vastgelegd concept om tot energieneutraliteit te komen is er niet. Dat is een positief gegeven. Verschillende voorkeuren blijken tot het beoogde resultaat te kunnen leiden. Binnen de variaties komen bepaalde maatregelen wel veelvuldig voor. Deze kunnen beschouwd worden als logische elementen om te komen tot een energieneutrale woning. Hieronder staan de meest voorkomende maatregelen omschreven.

2.1 Thermische schil

In alle projecten wordt aandacht besteed aan de kwaliteit van de thermische schil. Isolatiewaarden (R_c) zijn beter dan de wettelijke eis van $3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$. Bij ongeveer de helft van de projecten is de R_c van de dichte geveldelen zelfs minimaal een factor twee beter dan de wettelijke eis. In vier projecten wordt zelfs een isolatiewaarde van $10 \text{ m}^2\text{K/W}$ toegepast. Het dak heeft meestal een vergelijkbare waarde als de gevel. De begane grondvloer heeft een wat lagere isolatiewaarde. In ongeveer de helft van de woningen wordt drie-laagse beglazing toegepast.

Aan de luchtdichting is in meer dan de helft van de projecten extra aandacht besteed. Of een goede luchtdichting wordt gerealiseerd, is voor een groot deel afhankelijk van de kwaliteit (controle) van de uitvoering. In een derde van de projecten is dan ook een controlemeting uitgevoerd op de luchtdichting. Ongeveer een kwart van alle projecten voldoet aan de hoge eis voor de luchtdichting van Passief Bouwen ($qv_{10} < 0,15$).

2.2 Warmteterugwinning

Bij de toepassing van balansventilatie, kan relatief eenvoudig en efficiënt warmte worden teruggewonnen uit de afvoerlucht. In bijna driekwart van de projecten is dan ook balansventilatie toegepast.

De warmteverliezen door ventilatie kunnen nog verder worden beperkt door te ventileren op basis van aanwezigheid (bijvoorbeeld met CO_2 -sturing). Bij balansventilatie is dit echter relatief duur omdat per ruimte of zone extra installatietechnische elementen nodig zijn. De combinatie van balansventilatie met CO_2 -sturing is dan ook slechts in vier projecten toegepast.

In de meeste projecten wordt ook warmteterugwinning uit douchewater gerealiseerd.

2.3 warmteopwekking

In bijna driekwart van de projecten is een warmtepomp toegepast. Meestal is dit uitgevoerd in combinatie met een gesloten systeem van warmtekoudeopslag. In twee gevallen is een collectief open systeem toegepast. Met warmte- koudeopslag en een warmtepomp kan met een hoog rendement worden verwarmd en zeer energiezuinig worden gekoeld. Het comfort is dus vaak hoog.

De woningen met een warmtepomp zijn *all-electric*. De enige energiedrager is elektriciteit, zodat de woning geen gasaansluiting meer nodig heeft. Een nadeel op dit moment is dat elektriciteit relatief duur is in vergelijking met gas, waardoor de besparing in primaire energie niet leidt tot een evenredige besparing op de energierekening. Daarbij moet goed worden gemonitord of het systeem in de praktijk op de juiste wijze functioneert.

In enkele projecten is een warmtepomp toegepast zonder warmtekoudeopslag. Als bron van warmte wordt dan de (afvoer)lucht gebruikt. Er is in die situatie geen koeling in de zomersituatie.

2.4 Zonne-energie

In de meeste projecten wordt de zon passief of actief gebruikt in het energetisch concept. In slechts twee projecten wordt zonne-energie niet gebruikt om het energiegebruik te verlagen.

Zon-oriëntatie

De makkelijkste manier om de zon te benutten is door rekening te houden met de oriëntatie van de woning. Met glasvlakken op het zuiden, kan in de winter waardevolle warmte worden gewonnen. Belangrijk is dat in de zomer de warmte goed wordt geweerd om oververhitting te voorkomen. Een optimale zon-oriëntatie kan worden gerealiseerd zonder meerkosten en is dan ook in de meeste projecten toegepast. In een aantal projecten was de stedenbouwkundige opzet al vastgelegd en kon zon-oriëntatie niet in het ontwerp worden opgenomen.

Zonneboilers

In 80 procent van de projecten worden zonneboilers toegepast om water te verwarmen. De grootte van het collectoroppervlak varieert van 1,5 m² tot 16 m². Bij toepassing van grote zonneboilers wordt het warm water tevens gebruikt voor het verwarmingsysteem. Gemiddeld wordt in de projecten circa 6 m² zonneboiler toegepast. Over het algemeen zijn reguliere zonneboilersystemen toegepast. Bij twee projecten zijn vacuümbuizen toegepast.

Zonnecellen

Elke woning gebruikt energie. Om uiteindelijk energieneutraal te worden is het noodzakelijk om lokaal energie op te wekken. In 80 procent van de projecten worden hiervoor zonnecellen toegepast. De hoeveelheid zonnecellen en het type varieert sterk alsmede het vermogen. Gemiddeld wordt in de projecten door de toepassing van zonnecellen de EPC met meer dan 0,3 verlaagd.

3 Voorbeelden van woningen

Uit de projecten kunnen een aantal succesvolle concepten worden gehaald om tot een energieneutrale woning te komen. Hieronder volgen een aantal van deze concepten:

3.1 De doorsnee energieneutrale woning

Uitgaande van de gemene deler tussen de projecten, vormt zich een energieconcept wat leidt tot een energiezuinige woning. Dit energieconcept bestaat uit beproefde maatregelen¹:

- Oriëntatie met glasvlakken op het zuiden en een goede zonwering;
- Een goed geïsoleerde bouwkundige schil met een Rc van 6 m²K/W à 7 m²K/W voor de gevel en het dak en 5 m²K/W voor de vloer;
- Het toepassen van drie-laagse beglazing;
- Aandacht voor detaillering om een betere luchtdichting te realiseren;
- Balansventilatie met WTW;
- Warmteterugwinning uit douchewater;
- Opwekking van warmte en koude met een warmtepomp, aangesloten op een individuele gesloten bron.
- Een zonneboiler van gemiddeld 5 à 6 m²;
- Gemiddeld 25 m² aan multi-kristallijn silicium zonnecellen.

Een van de projecten die is uitgevoerd met bovengenoemde maatregelen, is het project in Schoonoord, dat resulteert in een EPC-waarde van -0,05. Bij het project in Schoonoord wordt een en ander gemonitord door twee gezinnen na één jaar van woning te laten wisselen. Op die manier wordt daadwerkelijk het effect van de energiezuinige woning op het energieverbruik bepaald.

3.2 Passief gebouwde woning

Van de 30 projecten zijn er circa 10 die volgens de ontwerppunten van Passief Bouwen zijn gerealiseerd. Vijf daarvan hebben ook daadwerkelijk een Passiefbouwen keurmerk aangevraagd. Over het algemeen realiseren deze woningen ook een lage EPC-waarde indien de woninggebonden elektriciteitsopwekking (zonnecellen en windmolens) niet wordt meegenomen. De elektriciteitsopwekking bij deze woningen is gemiddeld minder dan bij de andere woningen.

¹ Er is geen onderzoek gedaan naar de meerkosten voor het realiseren van de woningen. Voor een indicatie hierover op basis van kentallen kunt u kijken op <http://toolkit.nl/selectietool>.

De Passief Huizen hebben, in afwijking van de doorsnee energieneutrale woning, de volgende eigenschappen:

- De bouwkundige schil is extreem goed geïsoleerd met een gemiddelde Rc-waarde van 8,5 m²K/W voor de gevel en het dak en 6 m²K/W voor de vloer.
- Er zijn speciale, zeer goed isolerende kozijnen toegepast.
- Een zeer goede luchtdichting, gecontroleerd met een blowerdoortest.
- In ongeveer de helft van de projecten zijn speciale voorzieningen toegepast om het huis op natuurlijke wijze inbraakvrij te kunnen ventileren voor afkoeling in de zomer (zomer-nachtkoeling).
- De wijze van opwekking van warmte varieert sterk. Omdat de warmtevraag heel laag is, wordt in circa de helft van de projecten gekozen voor een reguliere HR107-ketel.
- Er zijn minder PV-panelen toegepast, gemiddeld is dit circa 20 m².

De woningen in Borne zijn een goed voorbeeld van een Passief Huis project. De gevel en het dak hebben een isolatiewaarde van Rc=9 m²/WK en de vloer heeft een Rc van 7 m²/WK. Overige toegepaste maatregelen in dit project zijn:

- Speciale te openen delen om in de zomer het huis te kunnen afkoelen.
- Hotfill aansluitingen om onnodig elektriciteitsgebruik van de wasmachine en vaatwasser te voorkomen.
- 16 m² PV-panelen.

Er zijn minder maatregelen genomen dan bij de doorsnee woning, maar niettemin voldoende om op een EPC van exact 0 uit te komen.

Bij de CO₂-neutrale straat II in Heinkenszand, wordt passief bouwen gecombineerd met een grote hoeveelheid PV-panelen. Hierdoor is in dit project een EPC van -0,28 gerealiseerd.

3.3 Natuurlijke woning

Volgens sommige experts, heeft natuurlijke toevoer van ventilatielucht principieel de voorkeur boven balansventilatie. In verschillende projecten is deze visie gecombineerd met ecologisch of biologisch bouwen. Sommigen menen dat deze visie in tegenspraak is met energiezuinig bouwen. In de projecten wordt echter aangetoond dat het wel degelijk mogelijk is om ecologisch en energiezuinig bouwen te combineren.

De natuurlijke woningen hebben, in vergelijking met de doorsnee energieneutrale woning, de volgende eigenschappen:

- Natuurlijke toevoer van ventilatielucht. N.B. Omdat er natuurlijke toevoer plaatsvindt, is de luchtdichting van minder groot belang.
- Om de energieverliezen door ventileren te beperken, wordt vaak CO₂-sturing toegepast.
- Aanzienlijk meer PV-panelen. Gemiddeld meer dan 40 m².

De Brabantwoningen in St.Oedenrode zijn bij uitstek een voorbeeld van natuurlijk, ecologisch en energieneutraal bouwen. Hier worden de warmteverliezen door ventilatie beperkt door toepassing van een hybride warmtepomp, die de warmte uit de afvoerlucht haalt. Er is in dit project daarnaast veel aandacht geweest voor de toepassing van ecologische materialen. Door de toepassing van veel PV-panelen wordt de EPC gereduceerd tot een waarde van -0,29.

3.4 Innovaties in de woningen

In de projecten zijn veel beproefde technieken toegepast. Dit komt tot uiting in de doorsnee energieneutrale woning, waarmee een zeer goed energetisch resultaat wordt behaald. Naast deze beproefde basis, worden er in de projecten verschillende innovaties voor de Nederlandse bouwmarkt toegepast.

De volgende innovaties zijn in de projecten toegepast:

- Grondbuis: In twee projecten wordt de ventilatielucht via een grondbuis toegevoerd. In de zomer wordt de lucht in de buis enigszins afgekoeld, terwijl deze in de winter enigszins wordt opgewarmd.
- PCM's: Op een constructie met weinig thermische capaciteit, wordt Phase-Change Materiaal aangebracht. Dit is een materiaal waarin warmte door een faseovergang van het materiaal wordt opgeslagen. In de zomer kan, met een combinatie van PCM's en nachtventilatie, de opwarming worden verminderd.
- Vacuümbuizen: Hiermee wordt zeer effectief warmte uit zonlicht gehaald. Omdat dit ook in koude periodes mogelijk is, kunnen vacuümbuizen effectief bijdragen aan de ruimteverwarming.
- Windmolens: In twee projecten zijn gebouwgebonden windmolens toegepast. Indien ze optimaal staan opgesteld, kunnen deze een significante hoeveelheid elektriciteit opwekken. In de praktijk kunnen de opbrengsten aanzienlijk minder zijn dan het theoretisch maximum.
- Houtpelletbrander: Door duurzaam geteelde houtpellets te verbranden kan praktisch CO₂-neutraal worden verwarmd. Er zijn in Nederland nu enkele projecten waar deze techniek is toegepast. In de database is zowel een systeem in een individuele woning als een gemeenschappelijk systeem in een appartementencomplex opgenomen.
- Compacte opslag: Naast seizoensopslag van warmte en koude in de bodem, kunnen warmte en koude ook binnenshuis voor de duur van een seizoen worden opgeslagen. Bij deze compacte opslag staat een chemisch of fysisch proces aan de basis. In twee projecten wordt hiermee geëxperimenteerd. De techniek is nog niet commercieel verkrijgbaar.
- Monitoren: Het energiegebruik van bewoners is te beïnvloeden door het energiegebruik inzichtelijk te maken. In verschillende projecten is dit uitgewerkt. Zo bestaat de mogelijkheid om via internet of een ipad instantaan het energiegebruik in te zien. Ook wordt een benchmark toegepast, om de woning te vergelijken met woningen in de buurt.

Een voorbeeld van een woning met veel innovatieve maatregelen is de Nulwoning in Groenlo. Naast het toepassen van beproefde technieken, wordt deze woning als experimenteerplaats voor allerlei studies gebruikt. Een aantal innovaties zijn toegepast in het basisconcept:

- Er is een grondbuis toegepast met een verhoogde efficiency door een extra regeling: De lucht wordt alleen via de grondbuis aangezogen bij zeer warm en zeer koud weer.
- Er zijn vacuümbuizen voor warm tapwater en voor verwarming.
- Er is een innovatieve compacte chemische warmteopslag met een zoutoplossing.
- De woning wordt uitgebreid gemonitord en constant geoptimaliseerd.
- Er is in de woning eveneens een experimenteel smartgrid met elektriciteitsopslag in accu's toegepast. Hiermee worden de pieken in elektriciteitsvraag afgevlakt.

De berekende EPC in de Nulwoning is bijzonder laag: -0,21. De innovatieve maatregelen kunnen, met uitzondering van de vacuümbuizen, echter niet in de EPC-berekening worden meegenomen. De werkelijke EPC is dus eigenlijk nog (aanzienlijk) lager.

4 Proces en actoren

De onderzochte projecten zijn stuk voor stuk zeer ambitieus. Er is meestal een lang proces aan voorafgegaan om de projecten te realiseren. Het initiatief voor de projecten komt van verschillende partijen. Dit zijn marktpartijen, zoals projectontwikkelaars, aannemers en architecten, maar ook (semi-)publieke partijen, zoals provincies, gemeenten en woningcorporaties en particulieren.

Zo'n 60 procent van de projecten is in een vorm van bouwteam ontwikkeld. Eén particulier heeft de woning volledig zelf gebouwd. Circa 80 procent van de projecten zijn ontwikkeld als voorbeeld- of proefproject voor energieneutraal bouwen. Voor een aantal partijen is duurzame woningbouw core business. Deze partijen blijven initiatieven ondernemen om projecten te ontwikkelen.

5 Berekeningen NEN 7120

De EPC van alle projecten is herberekend met de nieuwste rekenmethodiek beschreven in de NEN 7120. De evaluatie van de projecten is voor een groot deel op deze berekeningen gebaseerd. In de NEN 7120 en de bijbehorende gecertificeerde software, zijn maatregelen opgenomen die niet in de oude norm, de NEN 5128, aanwezig waren. In de NEN 7120 is bijvoorbeeld een grotere variëteit aan ventilatiesystemen gedefinieerd. Hierdoor kan ventilatie op basis van aanwezigheid worden opgenomen, zonder dat een gelijkwaardigheidverklaring benodigd is. De energiebesparing van een maatregel volgens de (oude) gelijkwaardigheidverklaring is over het algemeen groter dan de energiebesparing volgens de NEN 7120.

Bij het thema energieopwekking zijn eveneens een aantal extra maatregelen standaard in de NEN 7120 opgenomen. Dit geldt ondermeer voor opwekking van warmte met houtpellets en voor wijkge-

bonden energieopwekking. Ook voor de elektriciteitsopwekking van PV-cellen en zonneboilers zijn meer configuraties mogelijk. Bij een groot oppervlak aan zonneboilers, kunnen deze bijvoorbeeld ook voor verwarming worden meegerekend. Elektriciteitsopwekking met windmolens kan niet worden bepaald. Daarvoor moet handmatig een correctie worden berekend.

De maatregelen zoals beschreven in paragraaf 3.4; "Innovatie in woningen" kunnen voor een groot deel nog niet standaard in de nieuwe berekeningsmethode worden meegenomen. Deze maatregelen worden in Nederland nog niet op grote schaal toegepast. De beschreven projecten kunnen in die zin als praktijkexperiment worden beschouwd. In principe kunnen de genoemde maatregelen met een gelijkwaardigheidverklaring in de berekening worden opgenomen. Een dergelijke verklaring is vanwege de innovativiteit echter niet voorhanden. Het is bovendien niet noodzakelijk (voor een Omgevingsvergunning), omdat de gerealiseerde EPC ruim onder de wettelijke eis ligt.

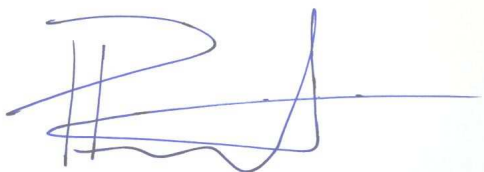
Met de actoren is gesproken over de praktijkresultaten van maatregelen. Hier is echter geen structureel vergelijkend onderzoek gedaan. Onderzoek naar de relatie tussen de EPC-waarde en het werkelijke verbruik enerzijds en tussen specifieke maatregelen en het werkelijke verbruik anderzijds, wordt op dit moment door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland uitgevoerd.

6 Samenvatting

De 30 onderzochte voorbeelden laten een grote diversiteit aan projecten zien. Van villa's tot sociale woningbouw en van binnenstedelijk tot buitengebied. Marktpartijen, (semi-)publieke partijen en particulieren zijn de initiatiefnemers. Er is een scala aan technische mogelijkheden beschikbaar, om tot een energieneutrale woning te komen. De basis van een energieneutrale woning is meestal: Zon-oriëntatie, een goede thermische schil, warmteterugwinning uit ventilatielucht en uit warm tapwater, een zonneboiler en zonnecellen. Dit zijn echter geen verplichte maatregelen. Verschillende strategieën kunnen leiden tot een concept waarbij ook de gebruikersgebonden energie voor een groot deel door de woning wordt gecompenseerd.

Drie zeer verschillende woningen realiseren een EPC waaruit kan worden afgeleid dat ook de gebruikersenergie grotendeels wordt gecompenseerd, zodat daadwerkelijk 0 op de meter wordt gerealiseerd.

Driebergen



dr. Edward Prendergast

Bijlage

30 zeer energiezuinige nieuwbouw woningbouwprojecten - gesorteerd op EPC, berekend volgens NEN 7120

	Projectnaam	Plaats	Type	aantal woningen	jaar	EPC origineel	EPC (NEN 7120)
1	Brabantwoningen	Sint Oedenrode	rijwoningen	27	2013		-0,29
2	CO2-neutrale straat II	Heinkenszand	rijwoningen	16	2012	0,01	-0,28
3	Nulwoning	Groenlo	vrijstaand	1	2010	0,34	-0,21
4	All-electric nulenergie-woning	Duiven	vrijstaand	1	2004	0,21	-0,1
5	Demonstratiewoning Columbuskwartier	Almere	vrijstaand	1	2011	-0,04	-0,1
6	CO2-neutrale straat I	Grijpskerke	rijwoningen	19	2011	0,01	-0,09
7	Schoonoord	Schoonoord	2 ^ 1 kap	1	2011	-0,016	-0,05
8	Ecocredo	Borger-Odoorn	rijwoningen	12	2011	-0,16	-0,04
9	Down 2-000	Etten-Leur	rijwoningen	21	2002	0,03	-0,04
10	Wêrom Wenningen (massief)	Kollum	vrijstaand	1	2008	-0,1	-0,02
11	Energieneutrale woningen Borne	Borne	rijwoningen	6	2012	0,06	0
12	't Gijmink	Goor	2 ^ 1 kap	2	2011	0	0,01
13	ICOONwoning	Heerhugowaard	2 ^ 1 kap	1	2011		0,04
14	Wêrom Wenningen (HSB)	Kollum	vrijstaand	1	2008	-0,17	0,05
15	De Kantelen (In goede aarde)	Boxtel	rijwoningen	48	2005	0,1	0,05
16	Groen Velve-Lindenhof	Enschede	2 ^ 1 kap	5	2013	0,36	0,07
17	Biezenakker	Uift	rijwoningen	39	2012	0,02	0,08
18	Energieneutraal huis 2.0	Amsterdam	vrijstaand, met belendingen	1	2009	0,46	0,14
19	Ureterp	Ureterp	2 ^ 1 kap	8	2008	0,2	0,21
20	EnergiePlus Villa	Aalsmeer	vrijstaand	1	2011	0,63	0,22
21	Starterswoningen Zwaagwesteinde	Dantumadeel	2 ^ 1 kap	24	2005	0,2	0,23
22	Flexwoningen	Maasbommel	rijwoningen	3	2013	0,25	0,26
23	De Straten	Veenendaal	rijwoningen	13	2011	0,36	0,3
24	Houtpelletketel Oranjetoren & 't Penseel	Veenendaal	appartementen	74	2009	0,71	0,31
25	Columbuskwartier Almere	Almere	rijwoningen	103	2011	0,42	0,31
26	't Soerland III	Zelhem	2 ^ 1 kap	6	2004	0,35	0,38
27	IQ woningen	Eindhoven	rijwoningen	5	2009	0,32	0,4
28	Kopstukken	Amstelveen	appartementen	55	2012	0,41	0,4
29	Ecovilla's	Hellevoetsluis	vrijstaand	4	2008	0,4	0,4
30	Dijkwoningen	Sliedrecht	2 ^ 1 kap & rijwoningen	12	2004	0,48	0,56