

Afstudeeronderzoek: “Green Living” Rapportage

**Energieneutraal
is de toekomst**

**Betaalbaar wonen met lagere
maandlasten**

**Zeer energiezuinige woningen zijn
comfortabel en milieuvriendelijk**



“Kiezen voor keuze”

*Kiezen voor Te Kiefte bouwbedrijf b.v. is
kiezen voor de toekomst*



Een onderzoek naar het herontwikkelen van betaalbare zeer energiezuinige en energieneutrale dubbele woonhuizen in opdracht van Te Kiefte bouwbedrijf b.v.

Onderwijsinstelling:

Christelijke Hogeschool Windesheim
School of Built Environment and Transport
Campus 2-6
Postbus 10090
8000 GB Zwolle
Tel: (038) 469 99 11
Schoolbegeleider 1: drs. ing. H.M. Nieman
Schoolbegeleider 2: ing. E.J. Gouma

Afstudeerbedrijf:

Te Kiefte bouwbedrijf b.v.
Handelsweg 35
8152 BN Lemelerveld
Tel: (0572) 37 12 71
Fax: (0572) 37 23 53
Bedrijfsbegeleider: dhr. G.W. Hondeveld

Auteurs:

R. Lubbers
Voorstraat 24-37
8261 HS Kampen
Tel: (038) 785 20 97
Mob: 06 51 38 43 39

C.H.F. Booijsink
Lemelerveldseweg 2
8105 RR Luttenberg
Tel: (0572) 35 17 23
Mob: 06 13 90 03 90

Datum:

29 december 2010



Samenvatting

Te Kiefte bouwbedrijf b.v. is een klein bouwbedrijf in Lemelerveld. Het bedrijf is opgericht in 1864 door Gerrit te Kiefte. Sinds 1996 bestaat de directie uit Gerard Hondeveld en Joop Mensink.

In 2008 heeft Te Kiefte bouwbedrijf b.v. een concept ontwikkeld voor halfvrijstaande woningen. Het doel van het concept is om de potentiële klanten een indruk van hun toekomstige woning te geven. De overheid heeft bepaald dat het gebouwgebonden energieverbruik van nieuwbouwwoningen vanaf 2020 neutraal dient te zijn. Te Kiefte bouwbedrijf b.v. probeert nu al op deze ontwikkelingen te anticiperen door in 2011 te starten met het bouwen van energiezuinige en energieneutrale woningen. Het bouwen van deze woningen is een hedendaagse ontwikkeling. Het bedrijf wil hierop inspringen door te zoeken naar de mogelijkheden en kansen op dit gebied.

In opdracht van Te Kiefte bouwbedrijf b.v. is onderzoek verricht naar de mogelijkheden van een nieuw concept voor energiezuinige en energieneutrale woningen. Op basis van deze studie zijn energiezuinige en energieneutrale woningen ontwikkeld, waarbij de gekozen materialen en de bouwmethodiek het beste past bij Te Kiefte bouwbedrijf b.v. De woningen hebben een energieprestatiecoëfficiënt (EPC) van 0,3 en is vergelijkbaar met een passiehuys. Uit de SWOT-analyse blijkt dat het interessant is om het huidige concept te herontwikkelen naar een nieuw concept. Het is belangrijk dat het bedrijf op de hoogte blijft met de ontwikkelingen in de energiemarkt.

Een zeer belangrijk aandachtspunt in dit onderzoek is dat de verkoopbaarheid van een nieuw concept gewaarborgd dient te blijven. Potentiële klanten zijn bereid meer te betalen voor energiezuinige systemen als de terugverdientijd minder dan tien jaar bedraagt. Wanneer een systeem binnen tien jaar wordt terugverdiend, zijn potentiële klanten bereid om een bedrag tussen de € 5.000, - en € 15.000, - te investeren. Als het systeem niet kan worden terugverdiend, zouden zij niet meer investeren dan € 5.000, -. Het is belangrijk om klanten te informeren over de mogelijkheden van energiezuinige systemen. Nadat de klanten werden geïnformeerd, zijn zij namelijk sneller bereid te investeren in energiezuinige systemen. Potentiële klanten geven de voorkeur aan een warmtepomp als energiebesparende maatregel. Zij geven daarentegen niet de voorkeur aan een gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning, vanwege het slechte imago over het systeem dat vooral veroorzaakt is door de negatieve berichten in de media.

Voor de financiering van een energiezuinige woning, konden potentiële klanten kiezen voor een 'groene hypotheek'. Deze hypotheek werd door verschillende hypotheekverstrekkers aangeboden, maar deze zijn gestopt vanwege gebrek aan belangstelling en het voornemen van 'Kabinet Rutte-Verhagen 1' om de extra heffingskorting voor groen, cultureel en sociaal-ethisch sparen en beleggen te laten vervallen. Wanneer dit voornemen niet door gaat zal Triodos bank de groene hypotheek blijven verstrekken.

Er zijn geen landelijke subsidies mogelijk voor energiezuinige of energieneutrale woningen. Er kunnen lokale subsidies beschikbaar zijn, mits de woning voldoet aan de geldende regels voor de betreffende subsidie. De meeste subsidies zijn tijdelijk beschikbaar en gelden zolang er subsidiegeld aanwezig is. Er bestaan speciale websites met informatie over deze subsidies, waarbij elke subsidie per regio inzichtelijk is gemaakt. Het is belangrijk dat het bedrijf bekend is met de laatste ontwikkelingen voor subsidies, zodat zij de klant kunnen adviseren met de financieringsmogelijkheden.



Met behulp van de “Trias Energetica” is onderzoek verricht naar de mogelijkheden voor bouwkundige en installatietechnische energiebesparende maatregelen. De bouwmethodieken traditionele stabelbouw, houtskeletbouw en prefab stapelbouw zijn onderzocht en blijken alle drie geschikt te zijn om energiezuinige woningen te realiseren. Te Kieftte bouwbedrijf b.v. staat bekend als een traditionele bouwer, waardoor zij naamsbekendheid hebben verkregen. Hierdoor zal houtskeletbouw niet geschikt zijn voor het concept van Te Kieftte bouwbedrijf b.v. Uit een intern onderzoek van Te Kieftte bouwbedrijf b.v. blijkt dat er geen prijsverschil bestaat tussen traditionele stapelbouw en prefab bouw. Daarom is het beter om te kiezen voor prefab bouwen, aangezien de kwaliteit van de bouwcomponenten en verbindingen beter zullen zijn.

In dit onderzoek zijn vijf van de zeven woningtypen herontwikkeld als zeer energiezuinige en energieneutrale woningen. De woningen zijn voorzien van een lucht-water warmtepomp en een zonneboiler. De ventilatie wordt centraal geregeld via een gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning. Door een bypass in het ventilatiesysteem wordt oververhitting in de zomer zoveel mogelijk beperkt. Ook kan de warmtepomp in zomerbedrijf de woning verkoelen. Om energieneutrale woningen te ontwerpen zijn fotovoltaïsche zonnepanelen noodzakelijk. De minimale oppervlakte van de panelen zijn berekend in een energieprestatieberekening voor ieder woningtype.

De energiezuinige woningen hebben, als gevolg van de energiebesparende maatregelen, een Energie Prestatie Coëfficiënt (EPC-waarde) lager dan 0.3. De energieneutrale woningen hebben volgens het berekeningsprogramma een EPC-waarde van 0.05, maar eigenlijk is dit niet juist. Het EPC-berekeningsprogramma berekent geen lagere waarde dan 0.05, aangezien er een kwaliteitsverklaring is ingevoegd bij het verwarmingssysteem. Hierdoor weet het programma niet of een installatie op gas of elektriciteit functioneert, waardoor het niet mogelijk is een lagere waarde dan 0.05 te verkrijgen.

Omdat de gebouwgebonden energie door middel van zonnepanelen volledig duurzaam wordt opgewekt, is vastgesteld dat de woningen toch als energieneutrale woningen beschouwd kunnen worden.

De warmteweerstandscoefficiënt (Rc-waarde) van het dak en de buitengevel is hoger dan 8,0 m² K/W. De Rc-waarde van de begane grondvloer is 6,5 m² K/W. De warmtedoorgangscoefficiënt (U-waarde) is zeer laag. Voor raamopeningen is deze U-waarde bijvoorbeeld 0,8 W/m² K.

De totale meerkosten voor energiebesparende maatregelen van een energiezuinige woning zijn € 18.010,87. Deze maatregelen resulteren in lagere energiekosten (€ 962,66 per jaar). Hierbij zijn met een aantal factoren geen rekening gehouden, zoals een hogere verkoopwaarde van een energiezuinige woning, de prijsstijging van aardgas of enige mogelijkheid voor subsidies (regionaal of landelijk). De woning zal in een periode van negentien jaar terugverdiend worden.

De totale meerkosten voor de installaties van deze woningen bedraagt € 5.560,- en zal binnen zes jaar worden terugverdiend.

De totale meerkosten voor energiebesparende maatregelen van een energieneutrale woning zijn € 25.350,87. Deze maatregelen resulteren in lagere energiekosten (€ 2.045,34 per jaar). Hierbij is eveneens met dezelfde factoren geen rekening gehouden. De woning zal in een periode van dertien jaar terugverdienen. De totale meerkosten voor de installaties van deze woningen bedraagt € 11.400,- en zal binnen zes jaar worden terugverdiend.



Summary

The Te Kiefte construction firm is a small construction firm in Lemelerveld. The firm was founded by Gerrit te Kiefte in 1864. Since 1996 the executive branch of the firm has consisted of Gerard Hondeveld and Joop Mensink.

In 2008 Te Kiefte designed a concept for semi-detached dwellings. The purpose of the concept is to give potential customers an impression of their future home. The government has decided that from 2020 onwards the building-related energy of all new housing will have to be neutral. Te Kiefte tries to anticipate this development, so they want to start building energy-efficient and zero-energy dwellings at the beginning of 2011. Because building energy-efficient and zero-energy dwellings is a contemporary development in the construction industry, the firm at the moment does not have the necessary expertise to anticipate this development.

On behalf of Te Kiefte research has been carried out into the possibilities of a new concept for energy-efficient and zero-energy dwellings. On the basis of this study a new layout has been developed using building materials and techniques that suit Te Kiefte best.. The dwellings have an Energy Performance Coefficient (EPC) of 0.3 and are comparable with a passive house. The SWOT-analysis indicates that it is interesting to redevelop the current concept into a new one. It is important to keep oneself informed of the developments in the energy market.

Most important in this research is the marketability of a new concept. Potential customers are willing to pay more for energy-efficient systems if they can recover the costs in less than ten years after the investment. When there is a payback time, they are willing to pay between € 5.000,- and € 15.000,-. When they cannot recover the costs, they will not spend more than € 5.000,-. It is important to inform customers about the possibilities of energy-efficient systems. After the potential customers were informed, they are willing to invest in energy-efficient systems. Customers prefer a heat-pump as an energy-efficient measure. They don't prefer a balanced ventilation system with heat recovery, because of the bad image caused by the media.

To finance an energy-efficient dwelling, potential customers can choose a 'green mortgage'. The banks had a similar mortgage, but they do not offer them anymore because of the little interest in them and the intention of 'the Rutte-Verhagen cabinet1' to rescind an additional tax reduction for green, cultural and social-ethical savings and investments. If this proposal is not carried out Triodos Bank will continue to provide green mortgages.

There are no nationwide subsidies for energy-efficient or zero-energy dwellings. A few local subsidies are available, if the dwelling meets the rules for the subsidy. Most subsidies are temporarily as long as money is available. There are special websites with information about these subsidies. It is important that the company is aware of the developments in this field, so they can assist the customer with the funding.

By using the "Trias Energetica" research has been carried out into the possibilities of architectural and installation technical energy saving measures. The building methods of traditional pile constructions, timber frame constructions and prefabricated constructions have been examined and turn out to be suitable to realize energy-efficient dwellings. Te Kiefte is known as a traditional construction firm, and has achieved name recognition. This will make timber frame not suitable for the concept of te Kiefte. The company has carried out an internal



research which showed that there is no price difference between traditional pile constructions and prefabricated constructions. Therefore it is better to choose prefabricated constructions, because the quality of the components and splices will be better.

In this research five of the seven facade models were redeveloped as energy-efficient and zero-energy dwellings. The dwellings are equipped with an air-water heat pump and a solar water heater. The ventilation is centrally controlled by a balanced ventilation system with heat recovery. Overheating of the dwelling in summer is minimized by means of a bypass inside the ventilation system. Moreover the heat pump can cool the dwelling in summer position. Solar panels will be necessary to create zero-energy dwellings. The required area of the panels is calculated into an energy-calculation for every single facade model.

The energy-efficient dwellings have, as a result of the energy saving measures, an energy performance coefficient (EPC-value) lower than 0,3. The zero-energy dwellings have an EPC-value of 0,05 according to the calculation program but in fact this is not true.

The EPC calculation-program does not calculate values lower than 0.05, given that a quality certificate was added to the heating system.

The calculation program does not know whether it is an installation on gas or electricity, making it impossible to obtain a lower value than 0.05

Because the building-related energy generation is completely sustainable by solar panels, it can be ascertained that the dwellings are zero-energy dwellings.

The thermal resistance coefficient (R-value) of the roof and outer wall is higher than 8,0 m² K/W. The Rc-value of the suspended floor is 6,5 m² K/W. The coefficient of heat transfer (U-value) is very low. For example, the U-value for window openings is 0,8 W/m² K.

The total additional costs for energy saving measures of an energy-efficient dwelling is estimated at € 18.010,87. These measures result in lower energy costs (€ 962,66 a year).

In this case a number of factors are not taken into account, such as a higher market value of an energy-efficient dwelling, the price increase of natural gas or any type of subsidy (regional or national). The building could be recouped in less than 19 years.

The total additional costs for installations of these dwellings is estimated at € 5.500,- and in this case could be recouped in less than 6 years.

The total additional costs for energy saving measures of an zero-energy dwelling is estimated at € 25.350,34. These measures result in lower energy costs (€ 2.045,34 a year).

In this case a number of factors are not taken into account, such as a higher market value of an energy-efficient dwelling, the price increase of natural gas or any type of subsidy (regional or national). The building could be recouped in less than 13 years.

The total additional costs for installations of these dwellings is estimated at € 11.400,- and in this case could be recouped in less than 6 years.



Voorwoord

Deze rapportage beschrijft het afstudeeronderzoek dat is uitgevoerd tijdens het vierde leerjaar Bouwkunde aan de Christelijke Hogeschool Windesheim te Zwolle. Het afstudeerproject is het praktische gedeelte van het laatste half jaar van de opleiding. Dit afstudeeronderzoek is uitgevoerd in opdracht van Te Kieft bouwbedrijf b.v. te Lemelerveld.

Het afstudeeronderzoek is uitgevoerd van september 2010 tot en met december 2010. In deze periode is er een studie gedaan naar het huidige concept met betrekking tot de dubbele woonhuizen van Te Kieft bouwbedrijf b.v. en naar de financiële mogelijkheden op het gebied van zeer energiezuinig bouwen. Vervolgens zijn er verschillende bouwkundige- en installatietechnische concepten onderzocht op de bruikbaarheid en betaalbaarheid. Ten slotte zijn uit al deze bevindingen conclusies getrokken en aanbevelingen gegeven welk energieconcept kan worden toegepast voor betaalbare zeer energiezuinige en energieneutrale dubbele woonhuizen.

Langs deze weg willen wij alle mensen bedanken die inbreng hebben gehad in dit afstudeeronderzoek. Met in het bijzonder onze schoolbegeleiders drs. ing. H.M. Nieman en ing. E.J. Gouma. Tot slot willen we onze bedrijfsbegeleider dhr. G.W. Hondeveld bedanken voor de begeleiding, de adviezen en de beschikbaar gestelde documentatie.

Zwolle, woensdag 29 december 2010

Remko Lubbers

Chiel Booijsink



Inhoudsopgave

1. Inleiding.....	12
1.1. Te Kieftte bouwbedrijf b.v.	12
1.1.1. Organigram.....	12
1.2. Leeswijzer.....	13
2. Probleemstelling	14
2.1. Aanleiding onderzoek.....	14
2.2. Probleemstelling	14
2.3. Definitie begrippen.....	14
2.4. Onderzoeksvragen	16
2.5. Onderzoeksmethode	17
3. Huidig concept	18
3.1. Waaruit bestaat het huidige verkoopconcept?	18
3.2. Waaruit bestaat het huidige energieconcept?	19
3.2.1. Waarden.....	19
3.2.2. Bouwmethodiek.....	19
3.3. Hoe werkt het concept van ontwerp tot oplevering.....	20
3.4. Wat zijn de risico's van het huidige concept?	21
3.4.1. SWOT-analyse	21
3.5. Waarom is het huidige concept goed verkoopbaar?	22
3.6. Wat is de gemiddelde verkoopwaarde van de dubbele woonhuizen uit het huidige concept?.....	22
3.6.1. Verkoopprijzen	23
3.7. Conclusie	23
4. Marktaandeel nieuw concept	24
4.1. Zijn woonconsumenten nu geïnteresseerd in energiezuinig en/of energieneutraal bouwen?	24
4.2. Zijn woonconsumenten bereid om in een energiezuinige en/of energieneutrale woning te investeren?	25
4.2.1. Onvoorwaardelijk investeren.....	27
4.2.2. Voorwaardelijk investeren.....	27
4.3. Wat is er mogelijk op het gebied van hypotheek.....	29
4.3.1. Hypotheek.....	29
4.3.2. Mogelijkheden hypotheek	29



4.3.3. Nationale Hypotheek Garantie (NHG).....	30
4.3.4. De groene hypotheek.....	30
4.3.5. Groenverklaring	32
4.3.6. De groene hypotheekadviseur	33
4.3.7. Passiefhuizen in het buitenland	33
4.4. Welke mogelijkheden zijn er met betrekking tot subsidies voor een energiezuinige nieuwbouwwoning?	39
4.5. Conclusie	41
5. Zeer energiezuinige woningen.....	43
5.1. Welke energiebesparende maatregelen zijn er mogelijk (bouwkundig)?	44
5.1.1. Optimaliseren thermische schil	44
5.1.1. Fundering en begane grondvloer	51
5.1.2. Buitengevels	54
5.1.3. Dakconstructie.....	56
5.1.4. Conclusie bouwmethodiek	58
5.1.5. Isolatie	59
5.1.6. Luchtdoorlatendheid.....	64
5.1.7. Gevelopeningen.....	66
5.1.8. Lineaire warmteverliezen	72
5.1.9. Conclusies	72
5.2. Welke energiebesparende maatregelen zijn er mogelijk (installaties)?	74
5.2.1. Ventilatie	74
5.2.2. Warm tapwater en ruimteverwarming.....	85
5.3. Welke energieconcepten zijn er mogelijk?.....	121
5.3.1. Energieconcept	121
5.4. Hoe kan de vrije indeelbaarheid worden gehandhaafd in een zeer energiezuinig concept?	125



5.5. Hoe zou een energieconcept voor zeer energiezuinige woningen uitgewerkt kunnen worden?	131
5.5.1 Bouwkundige uitgangspunten	131
5.5.2 Installatietechnische uitgangspunten	133
5.5.4. Meerwerkopties	142
5.5.5. Persoonlijke wensen van een klant	142
5.5.6. Vrije indeelbaarheid	144
5.5.7. Geschatte kosten en terugverdientijd	144
5.5.8. Verkoopbaarheid	149
5.6. Conclusie	150
6. Energieneutrale woningen	153
6.1. Welke aanpassingen zijn nodig om een zeer energiezuinige woning uit dit onderzoek 'energieneutraal' te realiseren?	153
6.1.1. Bouwkundige aanpassingen	153
6.1.2. Installatietechnische aanpassingen	154
6.2. Welke energieconcepten zijn er mogelijk?	154
6.2.1. Installatieconcepten	154
6.2.2. Type zonnepanelen	157
6.3. Hoe zou een energieconcept voor energieneutrale woningen uitgewerkt kunnen worden?	158
6.3.1. Bouwtechnische uitgangspunten	158
6.3.2. Installatietechnische uitgangspunten	158
6.3.3. Resultaat energieprestatieberekening	159
6.3.4. Meerwerkopties	160
6.3.5. Persoonlijke wensen van een klant	161
6.3.6. Kosten en terugverdientijd	162
6.3.7. Verkoopbaarheid	166
6.4. Conclusie	167
7. Conclusies en aanbevelingen	168
Begrippenlijst	
Literatuurlijst	

1. Inleiding

1.1. Te Kiefte bouwbedrijf b.v.

In 1864 heeft Gerrit Te Kiefte, Te Kiefte bouwbedrijf b.v. opgericht. Het is dan nog een bouwbedrijf samen met een doe-het-zelfzaak. Tot 1978 is het een echt familiebedrijf. In dat jaar nemen drie werknemers, Joop Mensink, Bernard Hondeveld en Gerrit Wunnink het bedrijf over. De naam Te Kiefte blijft bestaan. In 1994 gaat Gerrit Wunnink verder met de doe-het-zelfzaak en gaan Joop Mensink en Bernard Hondeveld samen verder met het bouwbedrijf. Bernard Hondeveld stapt in 1996 uit de directie en draagt zijn deel over aan zijn zoon Gerard Hondeveld. Deze is nu algemeen directeur van Te Kiefte bouwbedrijf b.v. en vormt samen met Joop Mensink de directie.

Bouwbedrijf Te Kiefte is een bedrijf dat zich richt op veel verschillende onderdelen van de bouw (nieuwbouw, verbouw, renovatie, onderhoud en projectontwikkeling). Ook bouwt het bedrijf voor diverse opdrachtgevers, denk hierbij aan particulieren, bedrijven en (semi-) overheden.

Volgens de algemeen directeur staat het bedrijf open voor nieuwe ontwikkelingen op het gebied van bouwen.

1.1.1. Organigram

In afbeelding 1-1 is de schematische opbouw van Te Kiefte bouwbedrijf b.v. weergegeven.



Afbeelding 1-1: Organigram
Bron: Te Kiefte bouwbedrijf b.v.

Het bedrijf heeft vier ploegen van twee timmerlieden en één ploeg van twee allround metselaars met een opperman. De verschillende ploegen zijn voorzien van een eigen bedrijfswagen.



Dhr. Hondeveld is verantwoordelijk voor de calculaties en neemt samen met de uitvoerder de werkvoorbereiding voor zijn rekening. Dhr. Mensink is samen met de P&O medewerker verantwoordelijk voor de administratieve werkzaamheden.

1.2. Leeswijzer

Deze rapportage vormt de eindrapportage van het afstudeeronderzoek 'Green Living'. De rapportage bestaat uit de volgende hoofdstukken:

In hoofdstuk één is het bedrijf Te Kieft bouwbedrijf b.v. omschreven.

In hoofdstuk twee is het probleem gespecificeerd en zijn de onderzoeksvragen opgesteld die in dit afstudeeronderzoek worden beantwoord.

In hoofdstuk drie is het huidige concept voor dubbele nieuwbouwwoonhuizen omschreven.

In hoofdstuk vier is een onderzoek naar het mogelijke marktaandeel gerapporteerd en zijn de mogelijkheden voor hypotheek en subsidies onderzocht.

In hoofdstuk vijf zijn energiebesparende mogelijkheden onderzocht en zijn, in overleg met de opdrachtgever, vijf woningen uit het huidige concept herontwikkeld tot zeer energiezuinige woningen.

In hoofdstuk zes is onderzocht hoe zeer energiezuinige woningen gebouwd kunnen worden als energieneutrale woningen. Het resultaat van deze studie is door middel van een gekozen energieconcept uitgewerkt bij vijf woningen.

Achter het laatste hoofdstuk zijn een begrippenlijst en een literatuurlijst opgenomen.

De bijlagen zijn in een apart document bijgevoegd.



2. Probleemstelling

2.1. Aanleiding onderzoek

De overheid heeft bepaald dat in 2020 het gebouwgebonden energieverbruik van alle nieuwbouwwoningen neutraal dient te zijn. De regelgeving is hierom sterk aan het veranderen. Te Kiefte bouwbedrijf b.v. wil anticiperen op het bouwen van deze energieneutrale nieuwbouwwoningen en zich hiermee richten op de toekomst. Omdat dit een nieuwe ontwikkeling is in de bouwbranche, heeft het bedrijf op dit moment niet de expertise hierop te anticiperen.

Te Kiefte bouwbedrijf b.v. heeft in 2008 een concept ontwikkeld voor dubbele woonhuizen, welke wordt omschreven in een brochure. Het doel van deze brochure is de potentiële klanten van het bedrijf een impressie te geven over hoe hun toekomstige nieuwbouwwoning er uit kan gaan zien. De klanten kunnen aan de hand van hun plan van eisen desgewenst een nieuwe schetstekening laten maken. De slogan van het concept is dan ook 'kiezen voor keuze'. Wooncomfort en aandacht voor het klimaat, met name de milieu- en energiebesparende maatregelen, zijn zaken die zijn opgenomen in de brochure.

2.2. Probleemstelling

De afgelopen jaren is de energienorm voor nieuwbouwwoning sterk aangescherpt. Hierdoor zijn de huidige nieuwbouwwoningen al energiezuinig. Wanneer een woning voldoet aan een EPC eis van 0,8 dan verbruikt de woning 60 kWh/m² gebruiksoppervlak per jaar voor ruimteverwarming en koeling. In de komende tien jaar zal de EPC norm worden teruggebracht naar 0. Te Kiefte bouwbedrijf b.v. wil in 2011 starten met het realiseren van zeer energiezuinige woningen met een EPC van 0,3 en een maximaal toelaatbare energievraag aan ruimteverwarming en koeling van 15 kWh/m² gebruiksoppervlak per jaar. Ook willen zij deze woonhuizen gaan realiseren als energieneutrale dubbele woonhuizen.

Op welke wijze kan Te Kiefte bouwbedrijf b.v. het huidige concept voor dubbele nieuwbouwwoonhuizen¹ bouwen als zeer energiezuinige³ (maximaal 15 kWh/m² per jaar) en energie neutrale woningen⁴, zodanig dat de goede verkoopbaarheid² van het concept wordt gehandhaafd en de woningen betalbaar⁵ blijven?

Te Kiefte bouwbedrijf b.v. wil met deze probleemstelling een onderzoek laten uitvoeren.

2.3. Definitie begrippen

In de probleemstelling zijn een aantal begrippen genoemd. Deze worden hieronder gedefinieerd.

1. Het huidige concept voor dubbele nieuwbouwwoonhuizen:

Te Kiefte bouwbedrijf b.v. heeft een concept ontwikkeld voor dubbele woonhuizen. Dit concept is samengevoegd in een brochure. De brochure bestaat uit een standaard ontwerp van een woning met keuze uit zeven verschillende woningtypen en vier verschillende indelingen (plattegronden). Er is een mogelijkheid om een nieuw schetsontwerp te laten maken, wanneer een potentiële klant dit wenst.

2. De goede verkoopbaarheid:

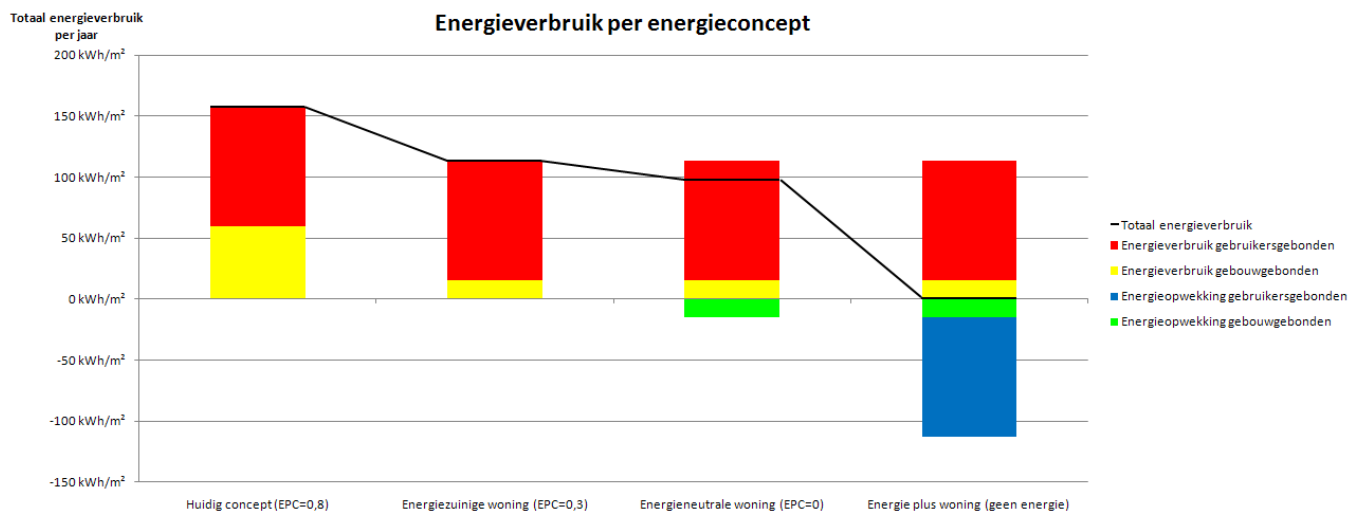
De goede verkoopbaarheid van het concept is de vrije keuze van en in het ontwerp. De potentiële klanten krijgen een impressie (voorlopig ontwerp) die zij naar eigen inzicht kunnen aanpassen.

3. Zeer energiezuinige woningen:

Een zeer energiezuinige woning wordt in dit onderzoek gedefinieerd als een woning met een maximaal toelaatbare energievraag aan ruimteverwarming van 15 kWh/m^2 gebruiksoppervlak per jaar en een EPC van circa 0,3 (vergelijkbaar met Passief Bouwen Niveau), zoals ook in afbeelding 2-1 is afgebeeld in een grafiek.

4. Energieneutrale woningen:

Een energieneutrale woning is een woning waarbij de energievraag aan gebouwgebonden energie kleiner of gelijk is aan ter plaatse duurzaam opgewekte energie. Zie ook onderstaande afbeelding.



Afbeelding 2-1: Energieverbruik per energieconcept

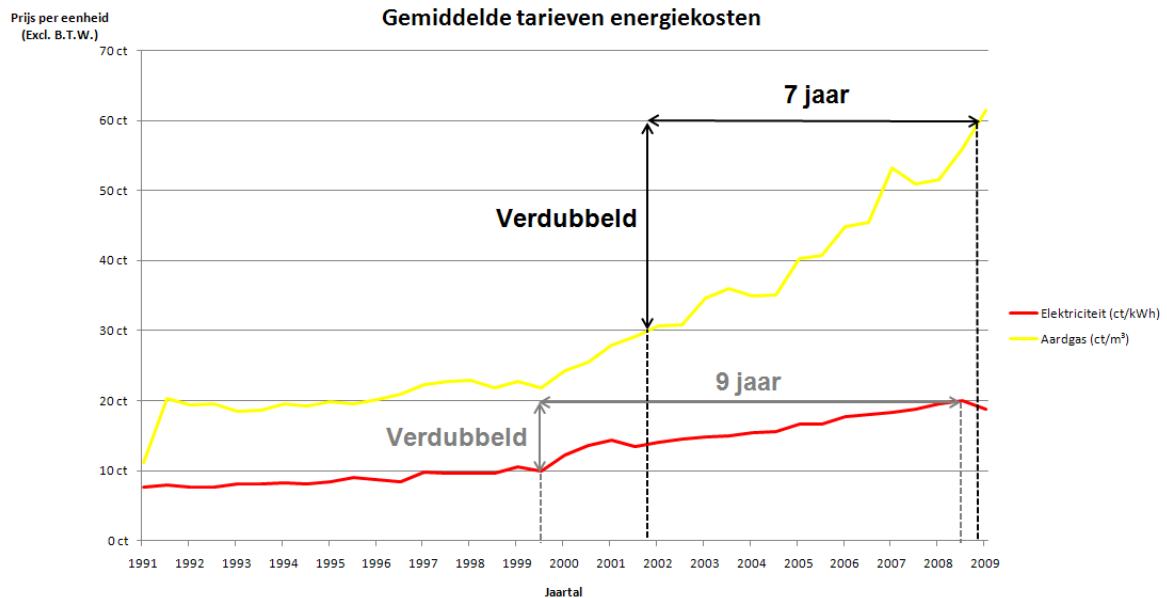
Bron: www.Senternovem.nl

5. Betaalbaar:

Door te investeren in zeer energiezuinige of energieneutrale dubbele woonhuizen zal het gebouwgebonden energieverbruik verminderen. Daarentegen zal de maandelijks terugkerende hypotheeklasten hoger zijn dan bij een traditioneel nieuwbouwoonhuis. Om de woning betaalbaar te houden voor de klant moeten deze hogere lasten van de hypotheek worden gecompenseerd met lager gebouwgebonden energieverbruik, rekening houdend met de stijging van de energietarieven.

Uit in 2010 gepubliceerde cijfers van het CBS is gebleken dat het gastarief in zeven jaar en het elektriciteitsstarief in de afgelopen negen jaar is verdubbeld, zoals in figuur 2-2 is weergegeven.

$$\text{Betaalbaar} = \frac{\text{Jaarlijkse energielasten (van het huidige concept)}}{\text{Extra jaarlijkse hypotheeklasten} + \text{jaarlijkse energielasten (van een nieuw concept)}} \geq 1$$



Afbeelding 2-2: Gemiddelde tarieven energiekosten
Bron: www.cbs.nl

2.4. Onderzoeksvragen

Door middel van de volgende vragen is de probleemstelling opgelost:

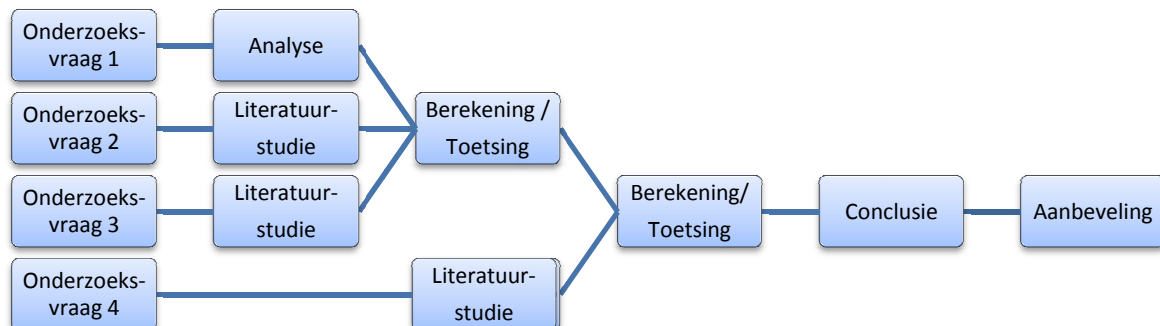
1. Hoe is het huidige concept opgebouwd?
 - 1.1. Waaruit bestaat het huidige verkoopconcept?
 - 1.2. Waaruit bestaat het huidige energieconcept?
 - 1.3. Hoe werkt het concept van ontwerp tot oplevering?
 - 1.4. Wat zijn de risico's van het huidige concept?
 - 1.5. Waarom is het huidige concept goed verkoopbaar?
 - 1.6. Wat is de gemiddelde verkoopwaarde van de dubbele woonhuizen uit het huidige concept?
2. Hoe wordt de verkoopbaarheid en betaalbaarheid in het nieuwe concept gehandhaafd?
 - 2.1. Zijn woonconsumenten nu geïnteresseerd in energiezuinig en/of energieneutraal bouwen?
 - 2.2. Zijn woonconsumenten bereid om in een energiezuinige en/of energieneutrale woning te investeren?
 - 2.3. Wat is er mogelijk op het gebied van hypotheek?
 - 2.4. Welke mogelijkheden zijn er met betrekking tot subsidies voor een zeer energiezuinige nieuwbouwwoning?



3. Hoe kunnen de dubbele woonhuizen in het huidige concept worden herontwikkeld naar zeer energiezuinige dubbele woonhuizen?
 - 3.1. Welke energiebesparende maatregelen zijn er mogelijk (bouwkundig)?
 - 3.2. Welke energiebesparende maatregelen zijn er mogelijk (installaties)?
 - 3.3. Welke energieconcepten zijn er mogelijk?
 - 3.4. Hoe kan de vrije indeelbaarheid worden gehandhaafd in een zeer energiezuinig concept?
 - 3.5. Hoe zou een energieconcept voor zeer energiezuinige woningen uitgewerkt kunnen worden?
4. Hoe kunnen de dubbele woonhuizen in het zeer energiezuinige concept energieneutraal worden herontwikkeld?
 - 4.1. Welke aanpassingen zijn nodig om het energiezuinige concept energieneutraal te realiseren?
 - 4.2. Welke energieconcepten zijn er mogelijk?
 - 4.3. Hoe zou een energieconcept voor energieneutrale woningen uitgewerkt kunnen worden?

2.5. Onderzoeksmethode

Om de probleemstelling van het onderzoek te beantwoorden, is het volgende schema gehandhaafd:



Afbeelding 2-3: Onderzoeksmethode



3. Huidig concept

In dit hoofdstuk wordt het huidige concept geanalyseerd. Dit is onderzoeksvraag één.

Te Kiefte bouwbedrijf b.v. heeft in 2008 een concept ontwikkeld voor dubbele woonhuizen, met als doel potentiële klanten een impressie te geven over hoe hun toekomstige nieuwbouwwoning er uit kan gaan zien. De slogan van het concept is *‘kiezen voor keuze’*.

3.1. Waaruit bestaat het huidige verkoopconcept?

Het huidige verkoopconcept is samengevoegd in een brochure. In deze brochure kan men kiezen uit zeven verschillende woningtypen en vier verschillende plattegronden.

De verschillende woningtypen zijn:

1. “Huize ‘t Reelaer”;
2. “Huize de Colckhof”;
3. “Huize de Palthetoren”;
4. “Huize ‘t Rozendael”;
5. “Huize de Sprengenberg”;
6. “Huize den Alerdinck”;
7. “Huize Nieuw Rande”.

De verschillende plattegronden zijn:

1. Natural;
2. Comfort;
3. Pure;
4. Harmony.

De plattegronden kunnen met elk woningtype worden gecombineerd. Wanneer een potentiële klant een keuze heeft gemaakt, wordt er een nieuw voorlopig ontwerp gemaakt. In dit voorlopig ontwerp worden de plattegronden en woningtypen op elkaar afgestemd en eventuele wensen van de klant verwerkt.

Wanneer het voorlopig ontwerp is goedgekeurd door de opdrachtgever wordt deze uitgenodigd voor een gesprek. In dit gesprek wordt de afwerking en het gebruik van de verschillende bouwcomponenten van de gehele woning doorlopen. De woning wordt niet alleen bouwkundig doorgenomen, maar het installatiewerk wordt ook behandeld. Als voor beide partijen duidelijk is geworden waar de woning aan moet voldoen, wordt er een offerte gemaakt. De offerte wordt desgewenst toegelicht in een gesprek.

Tijdens het proces wordt er geprobeerd te verkopen op emotie. Te Kiefte bouwbedrijf b.v. richt zich op potentiële klanten in het ‘midden en hogere segment’.

Te Kiefte bouwbedrijf b.v. probeert deze potentiële klanten warm te maken voor het woonconcept door middel van goede argumenten en professionele begeleiding. Hierdoor probeert Te Kiefte bouwbedrijf b.v. de potentiële over te halen om te kiezen voor de kwaliteit, goede argumenten en professionele begeleiding en niet voor de prijs.

In bijlage A is de brochure *‘wonen met hart en ziel’* opgenomen.



3.2. Waaruit bestaat het huidige energieconcept?

Volgens Te Kieftte bouwbedrijf b.v. hebben de dubbele woonhuizen een EPC waarde van 0,8. Dit houdt in dat de woning een energievraag voor ruimteverwarming en koeling nodig heeft van ongeveer 60 kWh/m² gebruiksoppervlak. Deze EPC waarde voldoet aan het Bouwbesluit 2003.

3.2.1. Waarden

Het huidige concept heeft volgens een gemaakte berekening de volgende waarden:

Tabel 3.1: Thermische waarden huidige concept

Bouwkundige elementen	Bouwkundige waarden
• Rc begane grondvloer	3,5 m ² K/W
• Rc gevels	3,58 m ² K/W
• Rc dak	3,5 m ² K/W
• U _{raam} (glas + kozijn)	1,8 W/m ² K
• q _{v,10} – waarde	1,0 dm ³ /s/m ²

Bron: brochure ‘wonen met hart & ziel’

Tabel 3.2: Installatieconcept van het huidige concept

Installatietechnisch onderdeel	Installatietechnisch concept
• Opwekking verwarming	Intergas hr-combiketel
• Verwarmingslichaam	Combinatie vloerverwarming en radiatoren
• Warm tapwater	Combiketel (rendement 95%)
• Ventilatiesysteem	Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer

Bron: brochure ‘wonen met hart & ziel’

Bovenstaande gegevens zijn ingevuld in een EPW rekenprogramma om de EPC waarde te berekenen. Dit is in overleg met de opdrachtgever gedaan voor woningtype “Huize de Colckhof” en een “natural” plattegrond, zie paragraaf 3.1. De berekening is uitgevoerd zonder hierbij rekening te houden met eventuele meerwerkopties. Uit de EPC-berekening blijkt dat de woningen een EPC waarde hebben van 1,03. Deze waarde kan door middel van een herberekeningformulier van Intergas b.v. met 0,04 omlaag worden gebracht. Het huidige concept voldoet dus niet aan de EPC waarde van 0,8. De EPC-berekening met een waarde van 1,03 is samen met de herberekening in bijlage B bijgevoegd.

3.2.2. Bouwmethodiek

Traditionele stapelbouw wordt door Te Kieftte bouwbedrijf b.v. gebruikt als bouwmethode voor het bouwen van de dubbele woonhuizen uit het huidige concept, bestaande uit:

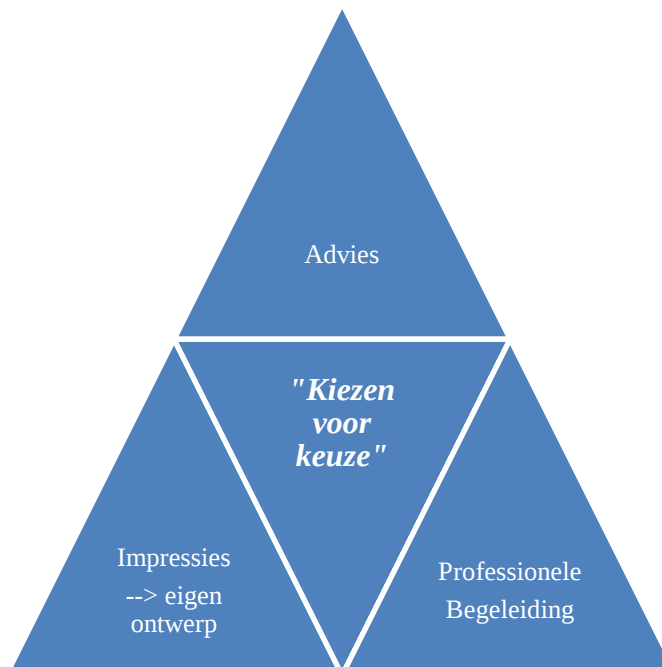
- een in het werk gestorte fundering op staal;
- een ribcassette vloer als begane grondvloer;
- een kanaalplaatvloer als verdieping- en zoldervloer;
- een geïsoleerde spouwmuur van een binnenspouwblad van kalkzandsteen lijmelementen, isolatie en een buitenspouwblad van baksteen;
- hardhouten buitenkozijnen met HR++ glas;
- een gordingkap met geïsoleerde dakplaten en betonnen dakpannen.

In bijlage C is de opbouw van de bouwcomponenten opgenomen.

3.3. Hoe werkt het concept van ontwerp tot oplevering

Te Kiefte bouwbedrijf b.v. werkt volgens het zogeheten vijf stappenplan. Door dit stappenplan te gebruiken weet een potentiële opdrachtgever direct hoe het gehele proces verloopt. Te Kiefte bouwbedrijf b.v. heeft het volgende stappenplan opgesteld:

1. *Wat zijn uw wensen?*
Bij deze stap vraagt de potentiële klant een brochure voor dubbele woonhuizen aan. Op de tekeningen kunnen de wensen worden aangegeven.
2. *Kan het wel of is een bouwvergunning vereist, en... mag het wel?*
Wanneer de potentiële klant zijn- of haar wensen op papier heeft gezet, toetst Te Kiefte bouwbedrijf b.v. of de wensen aan de regelgeving voldoen. Hetzij aan het bouwbesluit, hetzij aan het bestemmingsplan. Als een ontwerp niet voldoet aan de regelgeving, wordt samen met de opdrachtgever gezocht naar een passende oplossing.
3. *Wat gaat het kosten en hoe gaan we het financieren?*
Wanneer het voorlopig ontwerp naar wens van de opdrachtgever is, maakt Te Kiefte bouwbedrijf een offerte.
4. *De uitvoering.*
Wanneer beide partijen tot een overeenstemming zijn gekomen wordt er een contract opgesteld, de aannemingsovereenkomst. De benodigde gegevens worden bij dit contract bijgevoegd zodat eventuele misverstanden worden voorkomen. Op de afgesproken startdatum wordt er gestart met de bouw.
5. *En uiteindelijk gaan genieten na de oplevering*
Als het project is gerealiseerd volgt de oplevering. Het project wordt samen met de opdrachtgever doorlopen. Eventuele aandachtspunten worden genoteerd en binnen dertig werkbare werkdagen opgelost.



Afbeelding 3-1: “Kiezen voor keuze”
Bron: Te Kiefte bouwbedrijf b.v.

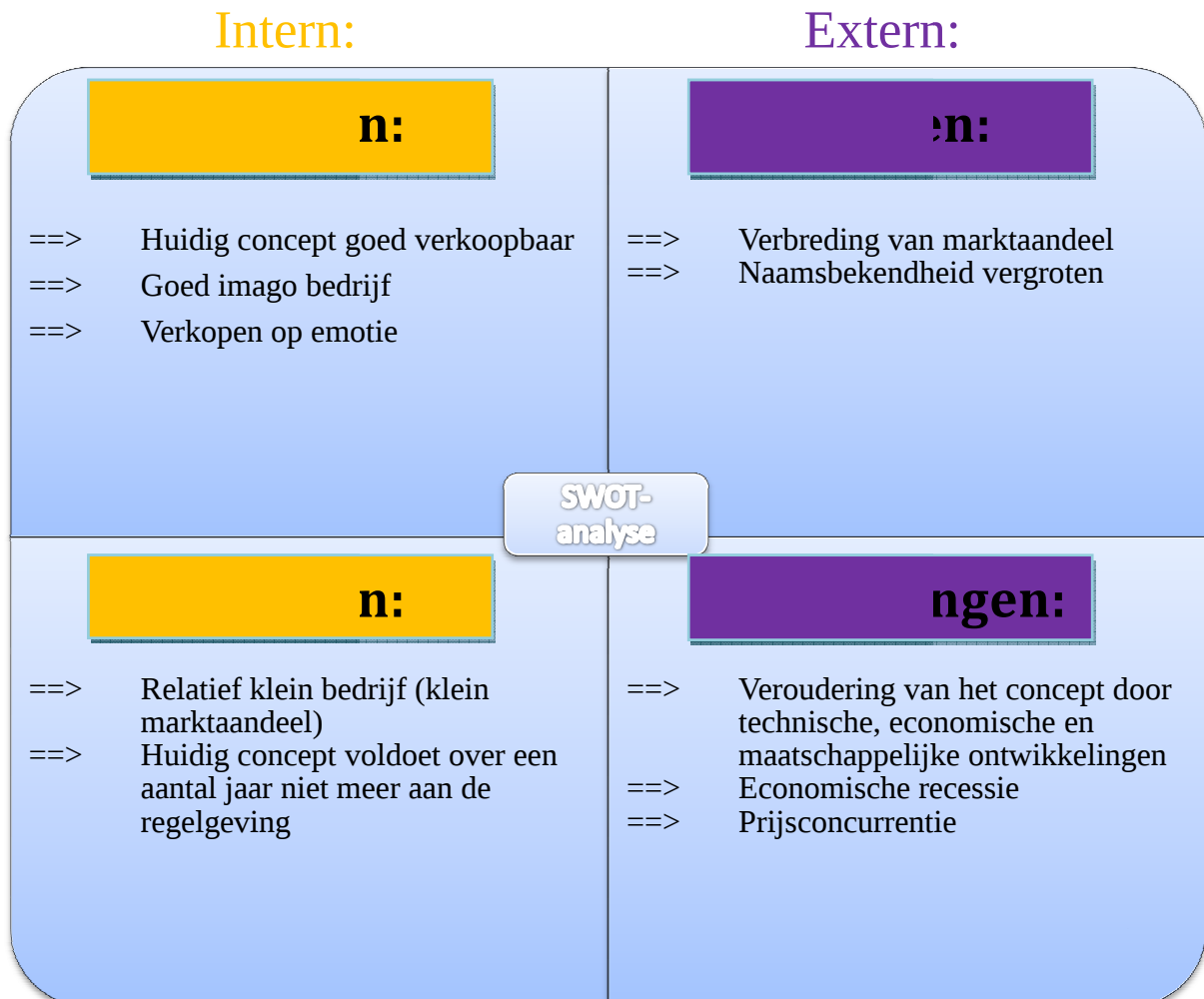
3.4. Wat zijn de risico's van het huidige concept?

In overleg met de opdrachtgever zijn de belangrijkste risico's uitgelicht:

- De opdrachtgever weet niet goed wat hij of zij wil of kan het plan van eisen slecht verwoorden. Mogelijk is dat de opdrachtgever niet de woning krijgt die hij of zij graag wil en is uiteindelijk niet geheel tevreden. Hierdoor kan negatieve mond- tot mond reclame ontstaan.
- De opdrachtgever vraagt bij een collega-aannemer ook een offerte aan op basis van het voorlopig ontwerp welke Te Kiefte bouwbedrijf b.v. heeft gemaakt. Hierdoor besteedt het bedrijf veel tijd aan het voorlopig ontwerp en krijgt hier geen vergoeding voor.

3.4.1. SWOT-analyse

Om de risico's van het huidige concept goed in beeld te brengen is een SWOT-analyse gemaakt. SWOT staat voor Strengths, Weaknesses, Opportunities en Threats. Een SWOT-analyse verschaft inzicht over het huidige concept door zowel de sterke en zwakke punten als de kansen en bedreigingen te analyseren.



Afbeelding 3-2: SWOT-analyse huidige concept

Volgens Te Kiefte bouwbedrijf b.v. is het huidige concept goed verkoopbaar doordat het bedrijf een positief imago heeft. Door middel van het huidige concept wordt geprobeerd het marktaandeel en de naamsbekendheid te vergroten.



Te Kiefte bouwbedrijf b.v. is een relatief klein bedrijf is en het huidige concept zal over een aantal jaren niet meer aan de dan geldende regelgeving voldoen. Dit zijn twee zwakke punten uit het huidige concept. De bedreigingen zoals de economische recessie en de prijsconcurrentie kunnen door het bedrijf niet worden voorkomen. De veroudering van het concept door de verschillende nieuwe ontwikkelingen in de markt kunnen door het bedrijf als bedreiging worden beperkt of voorkomen. Wanneer dit goed wordt geïmplementeerd binnen het bedrijf kan deze bedreiging worden omgezet naar een kans. Te Kiefte bouwbedrijf b.v. kan 'voorop lopen' op het gebied van de nieuwe ontwikkelingen.

3.5. Waarom is het huidige concept goed verkoopbaar?

Volgens Te Kiefte bouwbedrijf b.v. is het huidige concept enerzijds goed verkoopbaar door de goede prijs-kwaliteitverhouding. De vrije ontwerpkeuze en de professionele begeleiding tijdens het gehele proces spelen ook een belangrijke rol met betrekking tot de goede verkoopbaarheid. Door middel hiervan creëert het bedrijf veel mond-tot-mondreclame.

Anderzijds werkt Te Kiefte bouwbedrijf b.v. in het huidige concept met ketenintegratie. Ketenintegratie is een strategische, duurzame, langdurige samenwerking tussen bouwpartners. Bij elke fase binnen het bouwproces worden de verschillende partijen geïnstrueerd en worden de werkzaamheden op elkaar afgestemd. Het op deze wijze doorlopen van het proces, zorgt ervoor dat de verschillende partijen beter met elkaar samenwerken en kunnen risico's worden teruggedrongen.

3.6. Wat is de gemiddelde verkoopwaarde van de dubbele woonhuizen uit het huidige concept?

In bijlage D zijn tabellen D.1 en D.2 opgenomen waarin de gemiddelde verkoopprijs van de dubbele woonhuizen uit het huidige concept zijn berekend. De gemiddelde verkoopprijzen zijn in tabel 3.3 weergegeven.

Tabel 3.3: Gemiddelde prijzen huidige concept

Onderdeel	Gemiddelde prijs incl. BTW
Eén helft dubbel woonhuis	€ 120.673,33
Extra optie: Erker voorgevel	€ 6.780,-
Extra optie: Geïsoleerde bijkeuken	€ 5.885,-
Extra optie: Woonkeuken in combinatie met een geïsoleerde bijkeuken	€ 9.725,-
Extra optie: Geïsoleerde garage	€ 4.670,-
Extra optie: Houten garagedeuren	€ 2.320,-
Extra optie: Overdekte entree bij een ongeïsoleerde garage	€ 2.060,-
Extra optie: Overdekte entree bij een geïsoleerde garage	€ 2.440,-
Extra optie: Schuifdeurwand tussen de kamer en de keuken	€ 2.680,-
Extra optie: Kunststof buitenkozijnen	€ 1.225,-

Bron: Brochure wonen met hart en ziel



3.6.1. Verkooprijzen

De verkooprijzen zijn gebaseerd op de bouwkundige en installatietechnische werkzaamheden en zijn inclusief BTW. Deze bedragen zijn exclusief de grondprijs en het bouwrijp maken van het perceel.

3.7. Conclusie

Volgens Te Kiefte bouwbedrijf b.v. voldoet het huidige concept voor dubbele woonhuizen aan een EPC eis van 0,8. Deze EPC eis staat in het Bouwbesluit 2003. Uit een berekening met de waarden uit de brochure wordt een waarde gehaald van 1,03. Het huidige concept voldoet niet aan een EPC 0,8.

Uit de SWOT-analyse blijkt dat het interessant is om het concept door te ontwikkelen. Het moet echter wel blijven voldoen aan de regelgeving. Ook moet het nieuwe concept met de ontwikkelingen op de markt mee blijven groeien. Wanneer Te Kiefte bouwbedrijf b.v. de verschillende marktontwikkelingen als een kans wil gebruiken, moet men hierop anticiperen. Dit kan worden gedaan door een zeer energiezuinig en energieneutraal concept op de markt te zetten. Dit concept dient wel doorontwikkeld te worden. Over een aantal jaren is het bouwen van een zeer energiezuinige en energieneutrale woning verplicht.

De dubbele woonhuizen worden verwarmd door een hr-combiketel. Het ventilatiesysteem bestaat uit een natuurlijke toevoer en mechanische afvoer. Er wordt een traditionele bouwmethode toegepast waarvan de thermische schil een Rc-waarde heeft van $3,58 \text{ m}^2\text{K/W}$. Door middel van een standaard ontwerp en ketenintegratie worden risico's beperkt en is het concept door de vrije indeelbaarheid en professionele begeleiding goed verkoopbaar. De gemiddelde verkoopwaarde van één helft van een dubbel woonhuis is € 120.673,33 inclusief BTW maar exclusief de grondprijs van de kavel en het bouwrijp maken daarvan.

De regelgeving voor gebouwgebonden energieverbruik van nieuwbouwwoningen wordt in de komende jaren aangescherpt. Hierdoor is het interessant om te onderzoeken hoe besparing op het gebouwgebonden energieverbruik geïmplementeerd kan worden in het huidige concept, aangezien het huidige concept niet voldoet aan de EPC-waarde van 0,8.

Bij een zeer energiezuinige en energieneutrale woning is dit meetbaar en kunnen afwijkingen aan de hand van de energierekening geconstateerd worden.

4. Marktaandeel nieuw concept

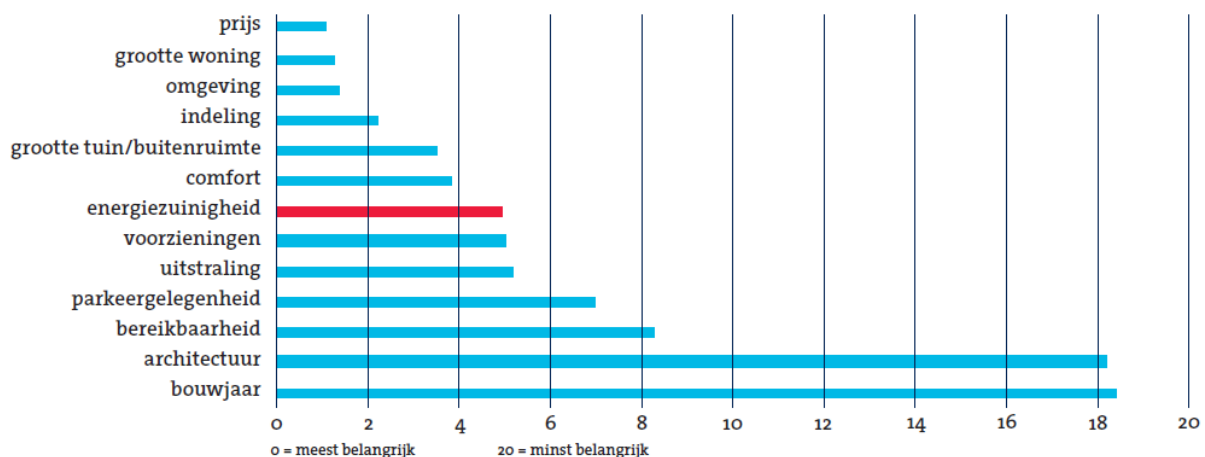
In dit hoofdstuk is onderzocht hoe de verkoopbaarheid en betaalbaarheid in een nieuw concept kan worden gehandhaafd. Dit is onderzoeksvraag twee.

4.1. Zijn woonconsumenten nu geïnteresseerd in energiezuinig en/of energieneutraal bouwen?

Naar aanleiding van het op 22 april 2008 gesloten 'Lente-akkoord energiebesparing in de nieuwbouw' is door Bouwfonds Ontwikkeling een grootschalig woonconsumentenonderzoek uitgevoerd naar markt- en prijsacceptatie van energiezuinige nieuwbouwwoningen in Nederland, "*baat het niet, dan gaat het niet*". Uit dit onderzoek onder 1665 woonconsumenten is gebleken dat kopers van nieuwbouwwoningen op dit moment energiezuinigheid niet de belangrijkste factor vinden bij het aanschaffen van een woning. Woonconsumenten vinden vooral de prijs, de grootte van de woning en de omgeving waarin de woning gerealiseerd wordt belangrijk. Vooral berichten in de media over problemen met energiebesparende systemen zorgen voor een negatieve indruk van de systemen. Bijvoorbeeld de gezondheidsklachten met de balansventilatie en warmteterugwinning in de Amersfoortse wijk Vathorst. "Ik zou het niet willen, al kreeg ik het voor niets". Ook verkeerde informatie die wordt verspreid zorgt voor de negatieve indruk: "Ik heb gehoord dat je die filters wel één keer per vier dagen moet schoonmaken, dat is toch te gek voor woorden".

De belangrijkste reden dat kopers van nieuwbouwwoningen op dit moment energiezuinigheid niet de belangrijkste factor vinden bij het aanschaffen van een woning, is volgens het onderzoek vooral het gebrek aan kennis en informatie waardoor mensen zonder goede algemene of gerichte verkoopinformatie geen weloverwogen keuze kunnen maken. Tijdens het onderzoek zijn een aantal energiebesparende systemen behandeld.

In afbeelding 4-1 is het belang van factoren bij aankoop van een woning, volgens de ondervraagden, weergegeven.



Afbeelding 4-1: Belang van factoren bij aankoop van een woning

Bron: Onderzoek 'Baat het niet, dan gaat het niet' door Bouwfonds Ontwikkeling

Opmerkelijk aan dit onderzoek is dat de deelnemers geïnteresseerd raakten in energiebesparende systemen als zij hierover werden geïnformeerd. Vooral systemen met een korte terugverdientijd kregen de voorkeur. Een aantal deelnemers was zelfs verbaasd dat

energiebesparing niet ingewikkeld en kostbaar hoeft te zijn. “Als ik zou verhuizen naar een nieuwbouwwoning, zou ik de aanschaf van een energiebesparend systeem wel overwegen”.

4.2. Zijn woonconsumenten bereid om in een energiezuinige en/of energieneutrale woning te investeren?

Ook is in hetzelfde onderzoek (genoemd in paragraaf 4.1) onderzocht wat de markt- en prijsacceptatie van energiezuinige nieuwbouwwoningen in Nederland onder woonconsumenten is. Hieruit blijkt dat de bereidheid om extra te betalen wordt beïnvloed door de aanwezige kennis, houding en intentie. Het belang van milieubesef, prijsbesef, comfort en gezondheid dient enigszins genuanceerd te worden. Waar milieubesef en prijsbesef en in mindere mate comfort tot uiting komen in motivatie, blijkt de factor gezondheid niet duidelijk aanwijsbaar te zijn. Bovendien blijkt milieubesef geen argument te zijn om meer te betalen. Milieu-idealistten bevinden zich onder alle lagen van de bevolking en zijn niet te categoriseren naar bepaalde factoren. Wel blijken leeftijd, opleiding en inkomen doorslaggevende factoren te zijn om extra te betalen. Vooral jongeren, hoog opgeleiden en mensen met een hoger inkomen lijken gemotiveerd extra te betalen. Maar naast de wil om meer te betalen speelt ook de financiering een rol. Mensen moeten de extra kosten immers ook kunnen betalen. Dit dilemma doet zich hoofdzakelijk voor onder (koop)starters. De bereidheid van woonconsumenten om meer te betalen voor een energiezuinige nieuwbouwwoning wordt niet alleen beïnvloed door de aanwezige kennis en motivatie. De betalingsbereidheid is ook afhankelijk van de prestatie van energiebesparende technieken en van de kosten en besparing die deze technieken opleveren.

De deelnemers uit het onderzoek zijn geïnformeerd over een aantal energiebesparende systemen. Hierin zijn de prestaties, kosten en besparing van de energiesystemen uit onderstaande tabel behandelt.

Tabel 4.1: Prestaties, kosten en besparing van enkele energiesystemen

Genoemde prijzen zijn incl. BTW en gebaseerd op een gemiddelde (hoek)woning, zoals Agentschap NL (voorheen SenterNovem) die definieert. Daarbij is voor de geprognosticeerde energielasten en –besparing uitgegaan van de gemiddelde stijging sinds 2000.

Energiesystemen	Energie-prestatie	Meer-investering	Besparing energiekosten	Theoretische terugverdientijd bij energiescenario
hr-ketel (standaard)	0.8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Warmtepomp met bodemwarmtewisselaar	0.53	11.900 euro	- 685 euro	13 jaar
Zonnecellen (7m ²) als aanvulling op hr-ketel of warmtepomp (elektriciteit)	-0.10	4.500 euro	-170 euro	16 jaar
Zonneboiler (2,4m ²) als aanvulling op hr-ketel of warmtepomp (warm tapwater)	-0.07	2.700 euro	-150 euro	12 jaar
CO ₂ -gestuurde ventilatie als aanvulling op hr-ketel of warmtepomp	-0.07	3.200 euro	-81 euro	18 jaar

Bron: Onderzoek ‘Baat het niet, dan gaat het niet’ door Bouwfonds Ontwikkeling

De meerkosten van een warmtepomp ervaren de deelnemers van het onderzoek als erg hoog. Desondanks waarderen respondenten het potentiële financiële voordeel. Ook het comfort spreekt mensen zeer aan. “Ik vind het een voordeel dat je geen lelijke radiatoren meer nodig hebt met een warmtepomp” en “het lijkt mij ideaal om in de zomer koele vloeren en muren te hebben” zijn enkele uitspraken van de deelnemers. Wel blijkt er een grote behoefte bestaan aan begrijpelijke en toegankelijke informatie. Kennisgebrek leidt namelijk tot veel bezorgdheid over geluidsoverlast, ruimte en voorschriften waaraan moet worden voldaan. “Het is een zodanig nieuw systeem, het effect ervan is onbekend en je hebt hiervoor wel veel ruimte onder de grond nodig”.

De uitstraling van zonnecellen wordt door de deelnemers verschillend ervaren. Terwijl sommigen zonnecellen lelijk vinden, vinden anderen het juist een trendy modebeeld. Bovendien blijken deelnemers het leuk te vinden om de overcapaciteit terug te verkopen aan de energieleverancier, een extra motivatie om energie en daarmee kosten te besparen. De aanschafkosten en terugverdientijd vinden de deelnemers van het onderzoek tegenvallen. Bovendien zien zij de ruimtereservering voor het boiler vat als een groot nadeel. Wederom speelt kennisgebrek een cruciale rol, waardoor deelnemers moeite hebben een waarheidsgetrouw beeld te vormen.



Afbeelding 4-2: Zonnepanelen

Bron: “Heerhugowaard stad van kansen”

Ondanks dat een CO₂-gestuurd ventilatiesysteem bij de deelnemers vrij onbekend is, blijken zij na enige uitleg over het systeem geïnteresseerd. Uiteraard is er nog een groot kennisgebrek wat leidt tot bezorgdheid. “Het klinkt gecompliceerd, hoe moet dit systeem onderhouden worden?”.

De deelnemers van het onderzoek geven van de genoemde energiebesparende systemen de voorkeur aan de warmtepomp. De terugverdientijd in relatie tot de hoogte van de investering vinden mensen nog enigszins acceptabel ten opzichte van de andere technieken. Bovendien biedt de warmtepomp meer comfort (koelen in de zomer en verwarmen in de winter), wat veel deelnemers enthousiasmeert. Als de aanschaf van een energiebesparend systeem verwerkt zou zijn in de hypotheek, zou dat de keuze voor energiebesparing gemakkelijker maken voor woonconsumenten. Een aparte financiering vinden zij minder aantrekkelijk, omdat zij denken dat hier verborgen voorwaarden aan zitten. Ook de veroudering van het systeem en de restwaarde in de loop der jaren zorgen voor twijfels bij de deelnemers van het onderzoek.

Evenals de kennis bij consumenten over de energiezuinige systemen, is er bij de deelnemers ook veel onduidelijkheid over de huidige subsidiëring bij aanschaf hiervan. Los van de vraag of er wel of geen subsidiemogelijkheden zijn, pleiten de panelleden voor een overheidssubsidie op lange termijn. “Als de overheid wil dat mensen energiezuiniger gaan wonen, dan moet zij dit via subsidies bewerkstellingen”.

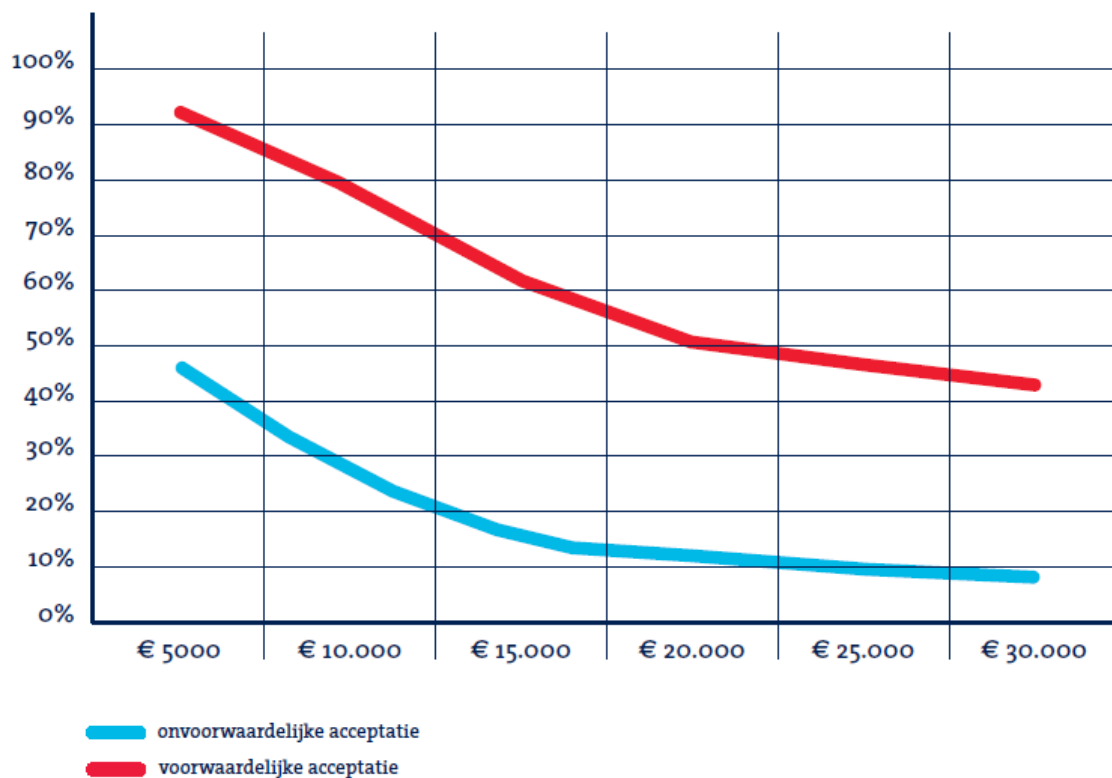


4.2.1. Onvoorwaardelijk investeren

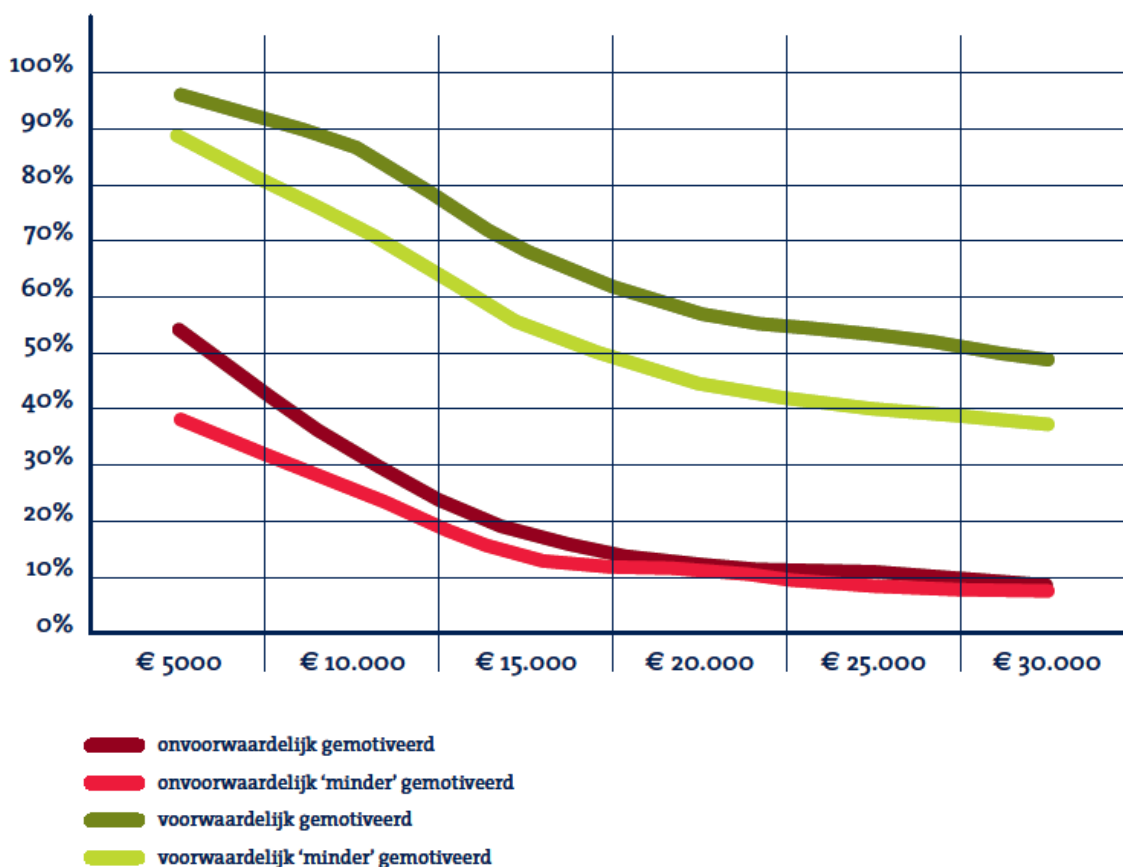
De bereidheid meer te betalen voor een energiezuinige nieuwbouwwoning blijkt onder woonconsumenten zeer beperkt. Onvoorwaardelijk, dat wil zeggen onafhankelijk van de terugverdientijd, blijkt dat 43% van de woonconsumenten een prijsniveau van slechts € 5.000,- accepteert. Dit betekent dat nog minder dan de helft van de potentiële kopers bereid is € 5.000,- extra te betalen. Naarmate het prijsniveau toeneemt, neemt de bereidheid om extra te betalen sterk af. Nog niet een derde (28%) is bereid onvoorwaardelijk € 10.000,- extra te betalen. De onvoorwaardelijke bereidheid om extra te betalen ligt hiermee tussen de € 5.000,- en € 10.000,- en valt daarbij eerder lager dan hoger uit. In afbeelding 4-3 is de onvoorwaardelijke bereidheid om extra te betalen weergegeven in een grafiek. In afbeelding 4-4 is de invloed van de motivatie hiervan weergegeven in een grafiek.

4.2.2. Voorwaardelijk investeren

De voornaamste reden om extra te betalen voor een energiezuinige nieuwbouwwoning vormt volgens het onderzoek een lagere energierekening. Terugverdientijd speelt dan ook een belangrijke rol in de overweging van consumenten om extra te besparen op een energiezuinige nieuwbouwwoning. Woonconsumenten zijn namelijk voorwaardelijk, dus afhankelijk van de terugverdientijd, bereid meer te betalen. Bijna tweederde (62%) van de potentiële kopers accepteert een voorwaardelijk meerprijs van € 15.000,-. Eventueel zijn zij zelfs bereid € 30.000,- te betalen, maar dat geldt alleen voor potentiële kopers met hoge inkomens en/of grote vermogens en in de prijscategorie van woningen boven € 400.000,-. Woonconsumenten zijn volgens het onderzoek bereid extra te investeren in een energiezuinige en/of energieneutrale woning, als een energiezuinig systeem daadwerkelijk een lagere energierekening oplevert. De hoogte van de investering kan variëren van € 5.000,- tot € 30.000,-. De bereidheid om meerkosten boven de € 5000,- te betalen is behalve van de terugverdientijd ook sterk afhankelijk van de prijsklasse waarin woonconsumenten een woning zoeken. Daarbij mag de terugverdientijd niet langer dan tien jaar bedragen. Indien dit langer is, blijkt uit het onderzoek dat een overgrote meerderheid (81% van de deelnemers) niet langer bereid hiervoor te betalen. In afbeelding 4-3 is de voorwaardelijke bereidheid om extra te betalen weergegeven in een grafiek. In afbeelding 4-4 is de invloed van de motivatie hiervan weergegeven in een grafiek.



Afbeelding 4-3: Voorwaardelijke en onvoorwaardelijke betalingsbereidheid
Bron: Onderzoek 'Baat het niet, dan gaat het niet' door Bouwfonds Ontwikkeling



Afbeelding 4-4: Invloed van motivatie op de (on)voorwaardelijke betalingsbereidheid van consumenten
Bron: Onderzoek 'Baat het niet, dan gaat het niet' door Bouwfonds Ontwikkeling



4.3. Wat is er mogelijk op het gebied van hypotheeken?

4.3.1. Hypotheek

Een hypotheek wordt meestal gebruikt voor de financiering van de aankoop of verbetering van een woning. Deze hypothecaire lening heeft de woning als onderpand. Dit onderpand is de waarborg voor de leningverstrekker, voor het geval de leningnemer niet aan de betalingsverplichtingen kan voldoen.

Leningnemers kunnen kiezen uit diverse hypotheekaanbieders en hypotheekvormen. De keuze voor een hypotheekaanbieder en hypotheekvorm wordt vaak gedaan aan de hand van het rentepercentage, de kosten, de rentevaste periode en de voorwaarden van de hypotheek. Ook willen leningnemers graag weten waar de leningverstrekker het geld wat wordt verdiend in investeert. Zo kan er bijvoorbeeld sociaal ethisch worden belegd (investeren in projecten in ontwikkelingslanden) of juist minder sociaal ethisch (bijvoorbeeld in de wapenindustrie).

4.3.2. Mogelijkheden hypotheek

Het kiezen van een hypotheek door de leningnemer gebeurt vaak in samenwerking met een hypotheekadviseur. Een hypotheekadviseur is een gespecialiseerde assurantietussenpersoon die bemiddelt tussen de leningnemer en een leningverstrekker bij het afsluiten van een hypotheek. Het is de taak van de hypotheekadviseur om de verschillende mogelijkheden betreft hypotheekaanbieders en hypotheekvormen inzichtelijk te maken.

Tijdens de onderhandelingen voor het afsluiten van een hypotheek worden de situaties van de hypotheekaanvragers (de leningnemers) getoetst. Het toetsen door leningverstrekkers voor het maximaal te lenen bedrag gebeurt aan de hand van de 'gedragscode hypothecaire financieringen', die sinds januari 2007 bestaat. Het doel van deze gedragscode is het beschermen van de consument tegen te hoge hypotheekschulden. Leningverstrekkers zijn verplicht de gedragscode toe te passen bij het bepalen van het maximale hypotheekbedrag. Het maximale hypotheekbedrag dat is berekend in de gedragscode, is bepaald aan de hand van de gemiddelde vaste laten van consumenten volgens het Nationaal Instituut voor Budgetvoorlichting (Nibud).

Er zijn twee uitzonderingen mogelijk waarbij een hogere hypotheek kan worden afgesloten dan het maximaal te lenen bedrag. De eerste mogelijkheid is om tijdens de onderhandelingen een 'maatwerkadvies' op te stellen, waarbij de hypotheekaanvragers moeten aantonen dat hun vaste laten lager zijn dan het berekende gemiddelde volgens het Nibud of als één of meerdere personen van de hypotheekaanvragers binnenkort promotie gaat maken of een hoger salaris gaat krijgen. Er dient dan een verklaring te worden ondertekend door de hypotheekaanvrager en hypotheekverstrekker waarin staat dat er meer geld wordt geleend dan eigenlijk verantwoord is.

Een tweede mogelijkheid is een hypotheek afsluiten met Nationale Hypotheek Garantie (NHG). De garantie wordt verstrekt door de Stichting Waarborgfonds Eigen Woningen. Het Waarborgfonds staat garant voor de terugbetaling van het restant van het hypotheekbedrag bij gedwongen verkoop van de woning. Door onvoorziene omstandigheden kan het voorkomen dat personen met een hypotheek niet meer in staat zijn om de maandelijkse hypotheeklasten te betalen. De mogelijkheid bestaat dan dat de woning verkocht moet worden. Indien de opbrengst van de woning lager is dan de openstaande hypotheekschuld blijft een restantschuld over. Wanneer de gedwongen verkoop buiten de schuld van de woningbezitter om is (bijvoorbeeld door werkloosheid, arbeidsongeschiktheid of een scheiding), wordt het restant van de hypotheekschuld door het waarborgfonds kwijtgescholden. Voorwaarde voor het kwijtschelden is dat de woningeigenaar alles in het werk heeft gesteld om de restantschuld



zoveel mogelijk te beperken. Daarbij kan men denken aan het contact opnemen met de bank om te bekijken hoe een betalingsachterstand kan worden ingelopen.

4.3.3. Nationale Hypotheek Garantie (NHG)

De leningverstrekker heeft meer zekerheid wanneer een hypotheek met NHG wordt afgesloten en verleent daarom korting op de hypotheekrente. Deze korting kan oplopen tot 0,8%. Het afsluiten van een hypotheek met NHG is mogelijk wanneer de alle kosten voor de aankoop van een woning niet hoger zijn dan € 350.000,-. Dit betekent dat het hypotheekbedrag nooit meer kan bedragen dan € 350.000,-. Bij aankoop van een bestaande woning mag de koopsom niet hoger zijn dan € 312.500,- omdat NHG standaard rekening houdt met 12% aan bijkomende kosten zoals overdrachtsbelasting (6%), notariskosten, taxatiekosten en afsluitprovisie.

Bij aankoop van een nieuwbouwwoning rekent NHG standaard met 8% aan bijkomende kosten. De maximale koop-/aanneemsom bedraagt in dit geval € 324.074,-.

In sommige gevallen is de leningverstrekker bereid om door een hypotheek met NHG enkele duizenden euro's meer te lenen dan het maximale hypotheekbedrag, mits dit wordt geïnvesteerd in energiebesparende maatregelen. Dit bedrag mag oplopen tot € 6.500,-. Deze energiebesparende maatregelen resulteren immers in de meeste gevallen tot lagere energielasten. De totale hypotheekkosten voor het aankopen van een woning mogen dan niet hoger zijn dan € 265.000,-.

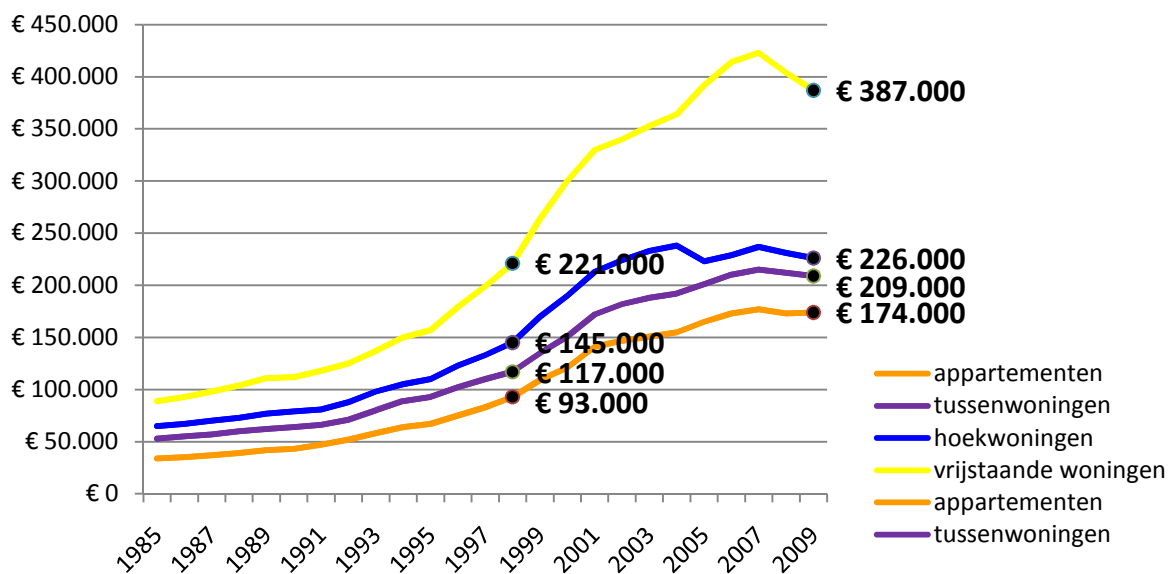
4.3.4. De groene hypotheek

Vanaf 1998 was er een hypotheekvorm op de markt genaamd 'de groene hypotheek', die speciaal bedoeld was voor het financieren van energiezuinige nieuwbouwwoningen of het energiezuiniger maken van een bestaande woning. De geldverstrekkers zijn door gebrek aan belangstelling van consumenten aan het begin van het jaar 2010 bijna allemaal gestopt met het verstrekken van 'de groene hypotheek'. De enkele hypotheekverstrekkers die deze hypotheekvorm nog wel verstrekten, zijn er per 1 oktober 2010 mee gestopt. De reden hiervoor is de presentatie van een nieuw regeerakkoord van 'Kabinet Rutte-Verhagen 1'. Hierin is het voornemen opgenomen om de extra heffingskorting voor groen, cultureel en sociaal-ethisch sparen en beleggen te laten vervallen. Het moment waarop dit zal gebeuren is echter nog niet bekend. Wanneer het 'Kabinet Rutte-Verhagen 1' besluit om dit voornemen niet door te laten gaan, start Triodos bank opnieuw met het verstrekken van de 'groene hypotheek'.

De reden waardoor er matige belangstelling bij de consumenten voor deze hypotheekvorm is, heeft te maken met het bedrag waarop door de leningnemer fiscaal voordeel behaald kan worden. Het maximale bedrag waarop fiscaal voordeel kan worden behaald door de leningnemer komt niet meer overeen met de huidige woningprijzen. Het fiscale voordeelbedrag was in 'de Guldentijd' f 75.000,- (€ 34.034,-) en is sindsdien niet aangepast. Bij invoering van de regeling (1998) was de gemiddelde verkoopwaarde van een bestaande woning € 144.000,- (zie afbeelding 4-5). De verhouding van het bedrag waarop fiscaal voordeel kon worden behaald was destijds vrij hoog (24% van de totale koopsom). In 2009 koste een bestaande woning gemiddeld € 249.000,- (zie afbeelding 4-5). De verhouding van het bedrag uit de regeling ten opzichte van de koopsom van een woning is dan nog maar 14% van de totale koopsom. De lasten (werkzaamheden die extra nodig zijn voor het afsluiten van een groene hypotheek, zoals het aanvragen van een groenverklaring) ten opzichte van de

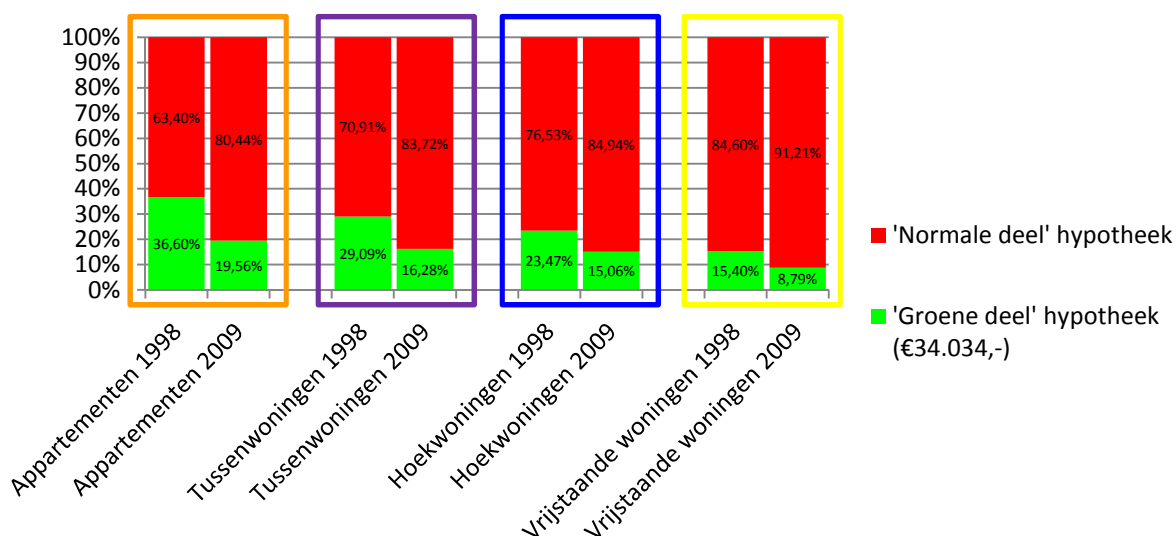
baten (het lenen van een bedrag tegen een lagere rente) was voor de consument reden om minder snel voor een groene hypotheek te kiezen. In afbeelding 4-6 is de procentuele vergelijking van de groene hypotheek ten opzichte van de koopsom in een grafiek weergegeven.

Prijzontwikkeling van de gemiddelde bestaande woning



Afbeelding 4-5: Prijzontwikkeling van de gemiddelde bestaande woning
Bron: Nederlandse vereniging van Makelaars (NVM)

Procentuele vergelijking groene hypotheek t.o.v. koopsom in 1998 en 2009



Afbeelding 4-6: Procentuele vergelijking groene hypotheek t.o.v. koopsom in 1998 en 2009
Bron: Nederlandse Vereniging van Makelaars (NVM)



Voor de leningverstrekkers is het financieel niet meer haalbaar om deze hypotheekvorm aan te bieden aan de consument. Deze hypotheekvorm werd namelijk door middel van een stimuleringsregeling van de overheid voor beide partijen aantrekkelijk gehouden. Zoals eerder vermeld bestaan er plannen van het nieuwe kabinet (Rutte I) in het regeerakkoord om het belastingvoordeel voor groene fondsen af te schaffen, waardoor ook de laatste leningverstrekker genoodzaakt is hiermee te stoppen. Het is wel mogelijk dat deze hypotheekvorm in de komende jaren opnieuw zal worden ingevoerd. Daarom is deze hypotheekvorm wel in ons onderzoek behandeld.

Een groene hypotheek houdt in dat leningnemers geld konden lenen voor een periode van tien jaar tegen een rente die ongeveer een procent onder de marktrente lag. Leningnemers konden een groene hypotheek krijgen als er een groenverklaring werd afgegeven voor de bouw of duurzame renovatie van hun woning. In de meeste gevallen werd een groene hypotheek gecombineerd met een gewone hypotheek, aangezien het fiscale voordeel gold tot een maximum bedrag van € 34.034,-. Het lenen tegen een lagere rente betekende niet dat een leningnemer een hoger bedrag kon lenen.

Groene hypotheek kwamen voort uit de fiscale groenregeling (de stimuleringsregeling van de overheid om milieuvriendelijke projecten, die meestal minder rendabel zijn, te stimuleren). De gelden die werden gespaard of belegd in de groenfondsen werden gebruikt om de groene projecten te financieren. De rente die betaald moest worden voor een groene hypotheek lag één tot twee procent lager dan de geldende marktrente van een vergelijkbare hypotheek. Om in aanmerking te komen voor een groene hypotheek moest de woning een groenverklaring hebben. De groenverklaring werd binnen acht maanden nadat de groene lening of hypotheek werd afgesloten aangevraagd via de instelling die de hypotheek verstrekke. Als de werkzaamheden twee jaar daarna nog niet waren afgerond, verviel de groenverklaring. Om een groenverklaring te krijgen moest het gaan om een duurzame woning die voldeed aan strenge eisen op het gebied van energie- en waterbesparing, materiaalgebruik en binnenmilieu. De stichtingskosten van de woning mochten niet hoger zijn dan € 272.268,-. Het aantal woningen dat een groenverklaring kon aanvragen en dus ook het aantal groene hypotheekleningen dat kon worden verstrekt, was in aantal en tijd beperkt. Dit heeft met name te maken met de vele administratieve handelingen en beperkte informatieverstrekking over de mogelijkheden aan de consument.

Een andere mogelijkheid om 'groen' te investeren was het afsluiten van een hypotheek in combinatie met 'gewoon' duurzaam beleggen. Bij een duurzame beleggingshypotheek werd geld niet belegd in gewone aandelen of obligaties maar meestal in duurzame beleggingsfondsen. Voor deze hypotheekleningen gold geen fiscale vrijstelling.

4.3.5. Groenverklaring

Zoals eerder vermeld was voor het verkrijgen van een 'groen hypotheek' een groenverklaring nodig. Met deze verklaring verklaart het ministerie van VROM dat de woning voldoet aan de voorwaarden voor een groene financiering. Deze verklaring heeft voor een woning een geldigheid van tien jaar.

Werking

De initiatiefnemer of projectbeheerder dient bij de bank (met een groenfonds) een projectplan en een investeringsplan in. Het groenfonds van de bank vraagt dan bij de Dienst Regeling of NL Milieu & Leefomgeving een groenverklaring aan. De desbetreffende instantie beoordeelt de aanvraag en geeft de groenverklaring af aan de bank met een kopie aan de initiatiefnemer



of projectbeheerder. Het aanvragen van een groenverklaring dient te worden aangevraagd voordat met de bovenbouw is begonnen.

Criteria

Een woning moet aan een aantal criteria voldoen voordat deze in aanmerking komt voor een groenverklaring:

- Het gaat om een woning in Nederland;
- De aanneemsom van de woning bedraagt ten minste € 25.000,-;
- Het project levert eigen rendement op;
- De woning zal met het oog op risico, milieubelang en economisch rendement zonder de groenverklaring niet worden gebouwd;
- De energieprestatiecoëfficiënt mag maximaal 65% zijn van de eis die geldt in het Bouwbesluit;
- Er mag alleen hout worden gebruikt dat voldoet aan de criteria van de overheid (Timber Procurement Assessment Committee TPAC);
- Er dient een gescheiden rioleringssysteem te worden toegepast, waarbij het hemelwater wordt afgevoerd naar oppervlaktewater, laaggelegen terrein of naar een infiltratievoorziening;
- De woning is bedoeld voor permanente bewoning.

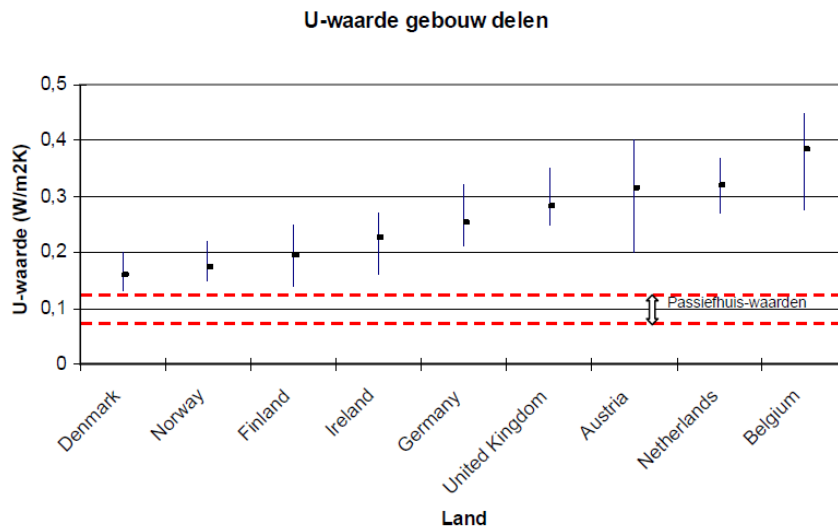
4.3.6. De groene hypotheekadviseur

Wanneer een woning voldeed aan de overheidsnormen voor milieuvriendelijke woningbouw, behoorde een groene hypotheek wellicht tot de mogelijkheden voor de consument, aangezien de korting op de rentepercentage een fiscaal voordeel opleverde van soms enkele duizenden euro's.

Op dit moment zijn er speciaal voor woonconsumenten die willen investeren in een zeer energiezuinige woning 'groene hypotheekadviseurs'. Hiervan zijn er slechts enkele in Nederland. Een groene hypotheekadviseur onderscheidt zich in vergelijking met een 'normale' hypotheekadviseur door meer rekening te houden met zaken als zorg voor het milieu, maatschappelijk verantwoord ondernemen en streven naar een duurzame samenleving. Ook bij een ecologisch woonproject kan een groene hypotheekadviseur betrokken zijn om te onderhandelen met geldverstrekkers over bijvoorbeeld projecttarieven. Hierdoor kan vaak een extra rentekorting worden bedongen.

4.3.7. Passiefhuizen in het buitenland

In Nederland worden passiefhuizen nog maar weinig gebouwd. Een aantal Europese landen zijn echter al veel verder met de ontwikkelingen van passiefhuizen (zie afbeelding 4-7). Zo zijn deze woningen in Duitsland en Oostenrijk vrij populair bij de consument. Dit heeft met name te maken met de financieringsmogelijkheden, door bijvoorbeeld subsidies en voordelige hypotheekleningen.



Afbeelding 4-7: U-waarde gebouwde delen (wand, dak en vloer) per land in 2006
Bron: Passiefhuizen in Europa

4.3.7.1. Passiefhuizen in Duitsland

Duitsland neemt het initiatief met betrekking tot passiefhuizen en de ontwikkeling van hernieuwbare en oneindige energiebronnen. Zo heeft een nieuwe wet vanaf 2004 gezorgd voor een enorme hype in zonnepanelen. Op het gebied van ontwikkeling, research en arbeidsmarkt is Duitsland de leider in zonnepanelen. Dit komt doordat particulieren € 0,57 vergoed krijgen voor elke kWh die zij leveren aan het energienet.

Nieuwbouw

Er zijn inmiddels meer dan twaalfduizend passiefhuizen in Duitsland, nieuw of gesaneerde gebouwen. Bedrijven ontwikkelen veel sleutelklare passieve woningen. Een groot deel van de leveranciers van bouwmaterialen/bouwelementen voor passiefhuizen aan Nederland, komen uit Duitsland.

De bedrijven uit andere landen in Europa hebben ten opzichte van de Duitse markt het nakijken. Nederlandse bedrijven die een passieve woning willen bouwen kopen daardoor de materialen steeds vaker in Duitsland. Nederlanders die een passieve woning in Nederland willen bouwen kiezen steeds vaker voor een Duitse aannemer. Deze ontwikkeling komt voort uit het feit dat de meeste Nederlandse aannemers beschikken over onvoldoende kennis om een passiefhuis te bouwen.

Renovatie

Duitsland is zich ervan bewust dat het overgrote deel van het woningbestand niet meer aan de huidige, laat staan toekomstige wooneisen voldoet. Tachtig procent van de woningen zijn gebouwd voor 1972, een tijd waar isolatie en energieverbruik geen thema was.

Duitsland ziet het dan ook als een van de belangrijkste zaken om het woningbestand de komende decennia te moderniseren.

Doordat in Duitsland veel met spouwloze muren gewerkt is, kan men tamelijk eenvoudig isolatie aanbrengen en opnieuw stucwerk aanbrengen. Dit gebeurt vaak tegen de bestaande bouw aan. Natuurlijk worden ook ventilatie en verwarming aangepakt. Het gehele passiefhuis-concept wordt zo ook in de renovatie toegepast.



Afbeelding 4-8: Isoleren bestaande gevel
Bron: Building Solutions

Isorast

Het Isorast systeem bestaat uit een bouwsteen die gebruikt wordt als bekistingsysteem in samenwerking met beton. Het element is vervaardigd uit Neopor en is hierdoor een duurzaam, milieuvriendelijk, vlamdovend, schimmel- en bacteriewerend product. Het product kan afhankelijk van de dikte van de bouwsteen een Rc-waarde tussen de 4 en 10 behalen.

De Isorast elementen met een dikte van 37,50cm en 43,75cm zijn passiefhuis gecertificeerd. Ook is Isorast lid van het Passiefhuisplatform in België en is Isorast GmbH lid van het Passivhaus Institut en IG Passivhaus.

Het Isorast systeem heeft een Europees Technische Toelating (ETA-07-210)



Afbeelding 4-9: Verwerking Isorast blokken
Bron: www.das-passivhaus.de

In de afgelopen 35 jaar zijn ongeveer 50.000 woningen gerealiseerd met het Isorast systeem, waaronder het allereerste passiefhuis van Dr. Feist.

Isorast wordt in Duitsland langzaam maar zeker steeds populairder. De bouwkosten zijn aanzienlijk lager, omdat veel werk zelf gedaan kan worden. De bewoner kan bijvoorbeeld de blokken gemakkelijk zelf opstapelen. Tijdens het bouwproces is in dat geval maar één deskundige op de bouwplaats benodigd. Alle technische zaken neemt hij voor zijn rekening.

EneV en EEG:

EneV is de Duitse wetgeving met betrekking tot nieuwbouw en renovatie, een soort bouwbesluit. Deze wetgeving stelt een aantal isolatie- en luchtdichtheidseisen op voor woningen. Dat resulteert in steeds beter geïsoleerde en ook luchtdichte woningen in Duitsland.

De EEG (Erneuerbare Energie Gesetz) is een regeling die dient om zonnepanelen, zonneboilers en duurzame energiebronnen te stimuleren. Energiebedrijven moeten aan woningen met zonnepanelen per kWh geleverde energie aan het energienet € 0,57 betalen als vorm van subsidie. De regeling is zeer succesvol en Duitsland had in 2006 meer dan 236.000 banen in de duurzame energie sector gecreëerd. Tevens zijn zij nu marktleider qua productie en technologie in zonnepanelen. Er zijn in Duitsland meer zonnepanelen dan in de rest van de Europese landen, Zwitserland uitgezonderd. Een extra uitvloeisel van deze maatregelen is dat: er 23 miljard Euro omzet is geboekt, 100 miljoen minder CO₂ uitstoot is, 6,8 miljard aan stroom is bespaard door de huishoudens en meer dan 10 miljard aan import en tussenhandel is uitgespaard.



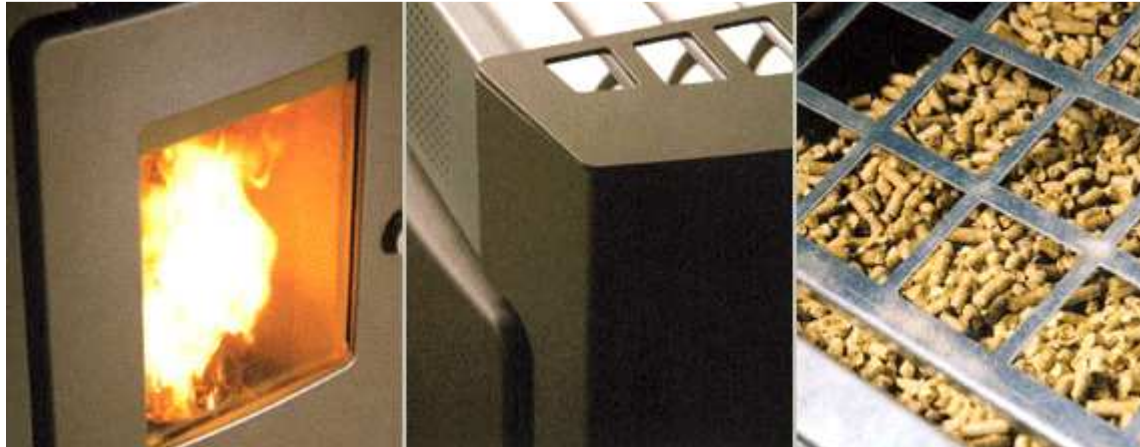
Afbeelding 4-10: zonnepanelen op een woonhuis
Bron: www.vld-veurne.be

In Duitsland zijn er tevens subsidies mogelijk via regionale of lokale overheden. Als een persoon een passiefhuis bouwt kan deze bijvoorbeeld rekenen op een gunstigere hypotheek. De Duitse overheid is zeer actief in het opzetten van informatiesites, met als doel consumenten goed te informeren en stimuleren om een energiezuinige woning te bouwen. Duitsland produceerde begin 2008 al ongeveer 14% van de stroom uit hernieuwbare energie. Duitsland is nu zover dat 'Kombi-projecten' opgezet worden; zonnepanelen, windkracht en bio-installatie dekken samen het volledige energieverbruik van bijvoorbeeld 12000 wooneenheden. Zo wil de Duitse overheid door onderzoek en ervaring aantonen dat een transitie naar 100% hernieuwbare energie mogelijk is.

4.3.7.2. Passiefhuizen in Oostenrijk

Oostenrijk steekt veel tijd in de ontwikkelingen van passiefhuizen. In 2008 stonden er al meer dan 2500 passieve woningen in het land. Oostenrijk heeft zich tot taak gesteld vanaf 2013 enkel nog passiefhuizen te bouwen.

Doordat Oostenrijk een land met veel bos is, wordt er logischerwijs veel meer gebouwd met hout (zowel houtskelet, als massiefhout) dan in andere landen in Europa. Ook worden er veel houtkachels en pelletkachels gebruikt. Pelletkachels zijn kachels die een ruimte verwarmen door middel van het verbranden van 'houtpellets'.



Afbeelding 4-11: palletkachel & houtpellets
Bron: www.coolschris.be

'Houtpellets' zijn droog samengeperste houtkorrels van zuiver afvalhout zoals zaagsel en spaanders (houtsnippen). De houtpellets zijn op een mechanische wijze aaneengeklit, zonder bindmiddel of lijm. Dit maakt het product bijzonder milieuvriendelijk. Oostenrijk doet veel onderzoeken naar energiesystemen voor de toekomst. Er zal bijvoorbeeld op een bepaald moment een grens komen aan het houtverbruik. Daarom heeft de Oostenrijkse regering zelfs laten onderzoeken in hoeverre het land kan overschakelen op hout en pellets. Oostenrijk mag zich in 1998 al trots een van de landen in Europa noemen dat ruim 12% van zijn primaire energie uit hout haalt. Wat opvalt, is dat ook veel aandacht wordt gegeven aan renovatieprojecten in passiefhuis-standaard.

De grootste wijk in de wereld die enkel uit passiefhuizen bestaat, is ontstaan in Wenen. Het Oostenrijkse Wels, vond zelf dat hun naoorlogse woningen niet bijzonder geïsoleerd waren. Daarom heeft het gemeentebestuur al in de negentigerjaren besloten om alleen nog energiezuinige woningen te bouwen. Nu heeft het gemeentebestuur besloten de bestaande woningen te renoveren en het passiefhuis-standaard bij bouw na te streven.



Afbeelding 4-12: *Passief appartementencomplex te Wenen*
Bron: www.passiefhuis.info

Oostenrijk heeft in navolging van het EU actieplan energie-efficiënte, een 'Klima aktiv' beweging opgezet. Tevens is een toekomstplan tot medio 2030 opgezet.

In dit plan staat onder andere dat om de energiebehoefte te dekken, in plaats van gasturbines, juist meer aandacht besteed moet worden aan de efficiëntie van het energieverbruik. Er is berekend dat deze ontwikkelingsmethode goedkoper, beter maatschappelijk verantwoord en voor het milieu stukken beter is. Oostenrijk is van mening dat er op alle vlakken van de maatschappij nog een grote besparingsmogelijkheid met betrekking tot energiezuinigheid en energie-efficiëntie in het vooruitzicht ligt.

Om doelstellingen van de overheid te halen zullen alle naoorlogse woningen energetisch gesaneerd worden (passiefrenovatie). Ook zullen er geen energiecentrales meer worden bijgebouwd. De overheid heeft een brede visie over energiebesparing. Zo ligt de nadruk niet alleen bij de gebouwen, maar ook bij het transport. Om energiezuiniger transport te realiseren zal er meer vervoer over water toegepast moeten worden. Gemeenten worden aangespoord energiezuinigheid en energie-efficiënte in hun beleid te integreren.

Het Nationale plan van Oostenrijk (Regierungsprogramm 2007-2010):

Het doel van dit plan is het verminderen van het energieverbruik en prijsstijgingen van de energiekosten. De energie-intensiteit moet juist worden vergroot. Een onderdeel van het Nationale plan van Oostenrijk in het 'Energieeffizienz-Aktionsprogramm'.

Om het 'Energieeffizienz-Aktionsprogramm' in de praktijk te kunnen coördineren, is de Österreichischen Energieagentur (Oostenrijkse Energie Agentschap) de beheerder van het actieplan. De belangrijkste punten hieruit zijn:

- Verbetering van de energie-intensiteit met ten minste 5% in 2010 en in 2020 met ten minste 20%;
- Energie-check bij alle Oostenrijkse huishoudens in 2010;
- Verhoging van het aantal restauraties in het bestaande woningaanbod, zodat uiteindelijk de thermische schil van alle naoorlogse gebouwen (1950-1980) verbeterd zijn in 2020;
- Alleen nog bouwen van nieuwbouwwoningen met een laag energieverbruik en passiefhuis-standaard, gedwongen door de overheid;
- Voor 50% van de nieuwbouw wordt een 'Klima aktiv Standaard' nagestreefd;
- Vanaf 2015 zal door middel van subsidies geprobeerd worden om in de grootschalige woningbouw energiezuinig bouwen te stimuleren, dat correspondeert met het 'Klima-Aktiv-Passivhausstandard';

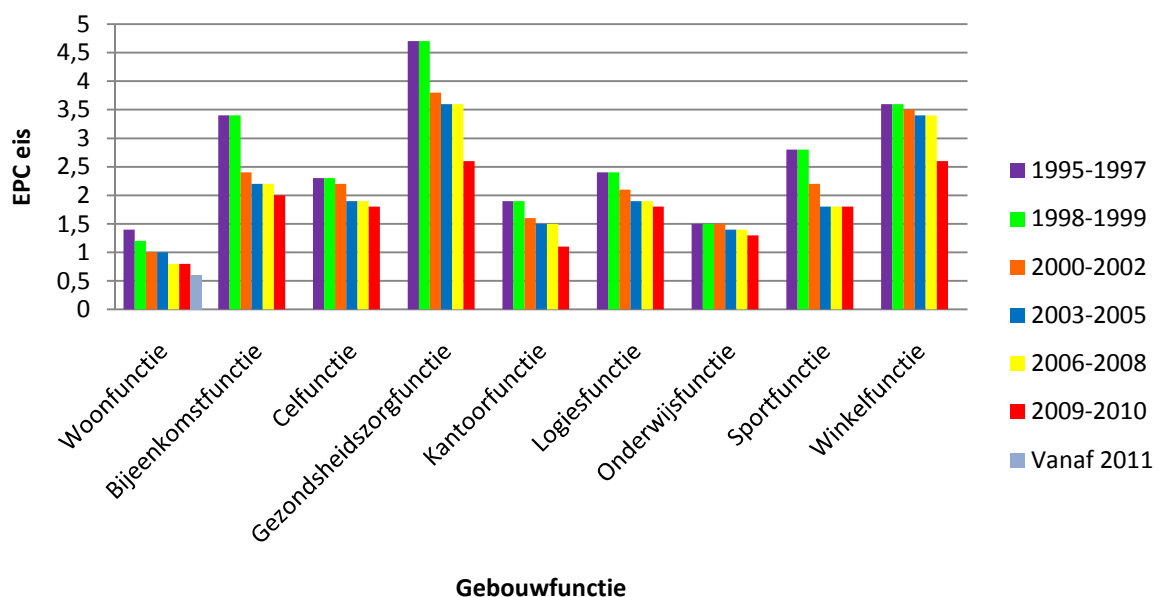
- Stimuleren van de innovatieve oplossingen en ontwikkelingen, zoals energie-efficiënte apparatuur en de 'stand-by' functie;
- Uitbreiding van het WKK-systeem en gebruiken als een efficiënte methode voor de elektriciteit- en warmteproductie.

4.4. Welke mogelijkheden zijn er met betrekking tot subsidies voor een energiezuinige nieuwbouwwoning?

Uit literatuuronderzoek en gesprekken met specialisten op het gebied van subsidies is gebleken dat er op dit moment geen landelijke subsidies mogelijk zijn voor energiebesparende maatregelen in een nieuw te bouwen woning. De belangrijkste reden hiervoor is dat de overheid een nieuwbouwwoning die voldoet aan de minimale eisen uit het Bouwbesluit beschouwt als energiezuinig.

De laatste vijftien jaar is door middel van regelgeving in het Bouwbesluit veel aandacht besteed aan het energiezuiniger maken van nieuwbouwwoningen. Zo bestaat de energieprestatiecoëfficiënt (EPC) sinds 15 december 1995 in het bouwbesluit en is deze meerdere malen aangescherpt. Dit is in afbeelding 4-13 weergegeven in een grafiek.

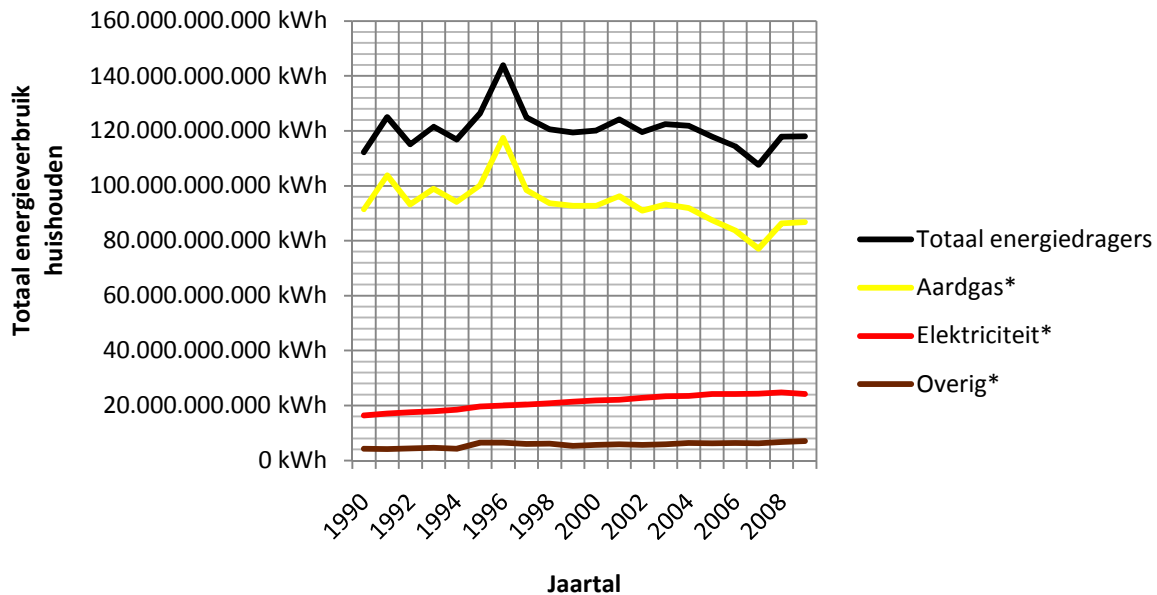
Aanscherpingen eisen energieprestatiecoëfficiënt (EPC) sinds invoering in het Bouwbesluit



Afbeelding 4-13: Aanscherping eisen energieprestatiecoëfficiënt (EPC) sinds invoering in het Bouwbesluit
Bron: www.agentschapnl.nl

Door het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) is een onderzoek uitgevoerd naar het energieverbruik van huishoudens in de afgelopen twintig jaar (zie afbeelding 4-14). Daaruit blijkt onder andere dat het gasverbruik van alle Nederlandse huishoudens bij elkaar in 2009 bijna net zo veel bedroeg als in 1990. In 1996 was het gasverbruik ten opzichte van andere jaren veel groter, dit is mede veroorzaakt door de lange koude winter in dat jaar.

Energieverbruik door huishoudens (kWh)



Afbeelding 4-14: Energieverbruik door huishoudens (kWh)

Bron: www.CBS.nl

Het terugdringen van het gasverbruik voor huishoudens is voor bestaande gebouwen van groter belang dan van woningen die de laatste jaren nieuw zijn gebouwd. Om dit te bereiken stimuleert de overheid door middel van subsidies woningeigenaren om energiebesparende maatregelen aan te brengen in hun woning. Energiebesparing bij bestaande woningen is gezien het verschil in energieverbruik voor de overheid veel aantrekkelijker om te stimuleren, zodat de doelstellingen voor CO₂-reductie in 2020 bereikt kunnen worden.

Op dit moment zijn er geen landelijke subsidies beschikbaar voor een zeer energiezuinige nieuwbouwwoning. Het is echter niet onmogelijk om hiervoor subsidies te verkrijgen. Er zijn een aantal gemeenten die wel subsidies verstrekken voor het realiseren van een zeer energiezuinige nieuwbouwwoning. Deze subsidies zijn vooral bedoeld om energieproductie (energieopwekking) bij woonhuizen te stimuleren en worden dan ook 'stimuleringsregelingen' genoemd.

Het verstrekken van subsidies is een ontwikkeling die vaak verandert. Veel subsidies worden maar tijdelijk verstrekt of bestaan zolang het gereserveerde geld voor de subsidie beschikbaar blijft. Daarom is het voor dit onderzoek niet relevant dit verder te behandelen. Er zijn een aantal websites waarop een actueel overzicht te vinden is betreft subsidies, leningen en andere regelingen voor woningeigenaren, woningcorporaties en particuliere verhuurders. De meest informatieve websites hiervoor zijn op dit moment:

- <http://www.energiesubsidiewijzer.nl/>
- <http://www.agentschapnl.nl/>
- <http://www.meermetminder.nl/>

Het is belangrijk dat Te Kieftte bouwbedrijf b.v. bekend blijft met de actuele ontwikkelingen voor het verkrijgen van subsidie van bijvoorbeeld de rijksoverheid, de provincie of de gemeente, zodat het bedrijf de klant goed kan begeleiden en hierdoor interessant blijft voor bestaande en nieuwe klanten.



4.5. Conclusie

Uit het onderzoek van Bouwfonds Ontwikkeling blijkt dat onder consumenten een groot gebrek aan kennis bestaat over energiezuinige systemen. Maar als mensen geïnformeerd worden blijkt dat de verschillende energiesystemen wel aanspreken. Bovendien neemt hierdoor het kennisniveau toe, waarmee de houding over het aanschaffen van energiebesparende systemen in positieve zin verandert. Echter, energiezuinigheid van een woning is voor woonconsumenten een plus, maar geen must. Woonconsumenten kiezen liever voor luxe en genot op korte termijn dan voor een besparing op lange termijn. Een overheidssubsidie gedurende langere tijd kan de keuze voor energiezuinigheid stimuleren. Ook zullen bouwers en ontwikkelaars woonconsumenten aan moeten zetten tot het kopen van energiezuinige nieuwbouwwoningen door deze te informeren en te motiveren.

Woonconsumenten zijn onder strenge voorwaarden bereid om beperkt te investeren in energiezuinigheid. Zo moeten een lagere energierekening en een maximale terugverdientijd worden gegarandeerd. Dat heeft onder meer te maken met het geringe belang dat consumenten hechten aan de energiezuinigheid van een woning bij hun aankoopbeslissing. Energiezuinigheid blijkt geen doorslaggevende factor, waardoor de noodzaak om hiervoor extra te betalen ontbreekt. Daarentegen zijn prijs, woninggrootte en omgeving wel belangrijke factoren bij aankoopbeslissingen.

Ondanks dat woonconsumenten maar weinig weten van innovatieve energiebesparende technieken, hebben potentiële kopers van nieuwbouwwoningen hier wel grote belangstelling voor. Vooral verwachtingen van toekomstige prijsstijgingen voor gas en elektriciteit zijn hiervan de oorzaak. Dat biedt ook concrete aanknopingspunten voor het vermarkten van energiezuinige en duurzame woningen. Als er immers iets is wat nieuwbouwwoningen onderscheidt van de bestaande woningvoorraad, dan is het wel dat zij veel energiezuiniger zijn. Potentiële kopers zijn vooral enthousiast over de warmtepomp met bodemwisselaar en over zonnecellen. Voor de warmtepomp met bodemwisselaar is dat hoofdzakelijk te danken aan het verhoogde comfort door vloerverwarming en koeling en voor de zonnecellen door de uitstraling ervan en bekendheid ermee. Ook de zonneboiler kan rekenen op de benodigde belangstelling, zij het in mindere mate. Dit lijkt vooral te worden ingegeven door de eenvoud van het energiesysteem. Daarentegen lijkt de huidige slagingskans van CO₂-gestuurde ventilatie beperkt. Een voor de hand liggende verklaring hiervoor is de associatie met gezondheidsproblemen van balansventilatie met warmteterugwinning. Of een dergelijke associatie terecht is of niet, als het om de verkoop van energiezuinige woningen gaat zijn een goede informatievoorziening, communicatie en voorlichting richting woonconsumenten cruciaal. Omdat woonconsumenten niet handelen vanuit milieubewustzijn en dus niet direct bereid zijn extra te betalen voor energiezuinige woningen, is een andere benadering noodzakelijk. Een benadering die de belangen dient van consumenten en die van het milieu. Het onderzoek van Bouwfonds Ontwikkeling maakt duidelijk dat niet over het milieu (planet) kan worden begonnen als daarbij voorbij wordt gegaan aan de mensen zelf (people) en hun belangen (profit). De resultaten van dit onderzoek zijn dan ook gebruikt voor de ontwikkeling van een nieuw concept voor Te Kieft bouwbedrijf b.v.

Om een zeer energiezuinige of energieneutrale woning te financieren kunnen woonconsumenten geen gebruik meer maken van de groenhypotheek. Het is nog wel mogelijk om enkele duizenden euro's meer te lenen dan het maximale hypotheekbedrag mits dit wordt geïnvesteerd in energiebesparende maatregelen. De hypotheekaanvrager dient dan aan te tonen dat zijn vaste energielasten omlaag gaan.

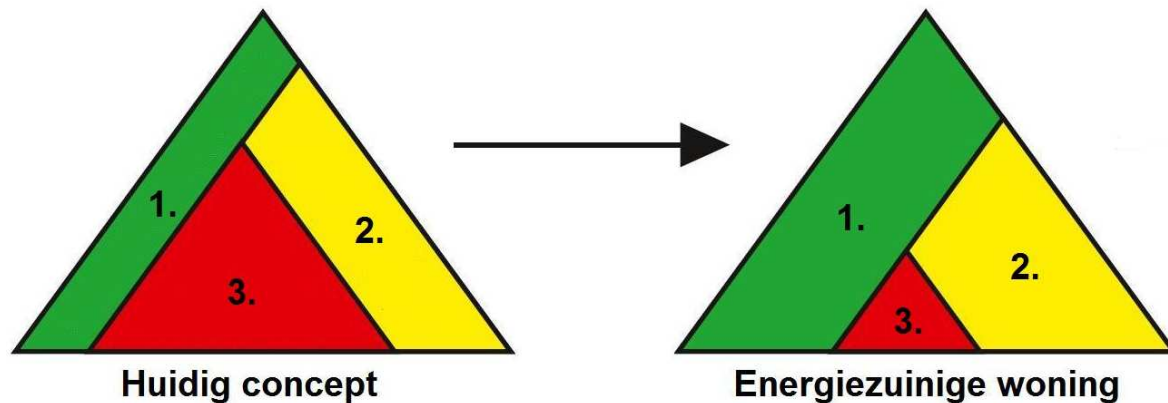


In het buitenland is er met een enorme groei in de bouw van passieve woningen, name in Duitsland, Oostenrijk en Zwitserland. De overheid maakt het in deze landen door middel van subsidies aantrekkelijk. Het bedrijfsleven is hierop ingesprongen door materialen te ontwikkelen voor passieve woningbouw.

Voor het bouwen van energiezuinige of neutrale nieuwbouwwoningen kunnen geen landelijke subsidies verkregen worden. Een enkele gemeente geeft hiervoor wel subsidies. Deze subsidies bestaan vaak maar tijdelijk of gelden zolang er geld is. Er zijn speciale websites die de subsidiemogelijkheden per regio zichtbaar maakt.

5. Zeer energiezuinige woningen

In dit hoofdstuk is onderzoeksvraag drie behandeld. Onderzocht is hoe de woningen uit het huidige concept naar zeer energiezuinige woningen herontwikkeld kunnen worden aan de hand van de Trias Energetica.



Afbeelding 5-1: Trias Energetica
Bron: Adviesburo Nieman

De Trias Energetica werkt volgens het onderstaande drie stappenplan:

1. *Beperken van de energievraag;*
2. *Toepassen van duurzame energie;*
3. *Indien nodig, gebruik fossiele brandstoffen zo efficiënt en schoon mogelijk.*

Bij dit concept voor zeer energiezuinige woningen is in dit onderzoek uitgegaan van een maximaal toelaatbare energievraag aan ruimteverwarming van 15 kWh/m^2 per jaar en een EPC van 0,3. De secundaire energiebehoefte is hierbij buiten beschouwing gelaten.

5.1. Welke energiebesparende maatregelen zijn er mogelijk (bouwkundig)?

De eerste stap van de Trias Energetica is het verlagen en beperken van de energievraag. Door de schil te optimaliseren wordt de energievraag beperkt. In overleg met Te Kieftte bouwbedrijf b.v. zijn minimale uitgangspunten ten behoeve van de thermische schil samengesteld. Deze uitgangspunten zijn in tabel 5.1 weergegeven.

Tabel 5.1: Bouwkundige uitgangspunten

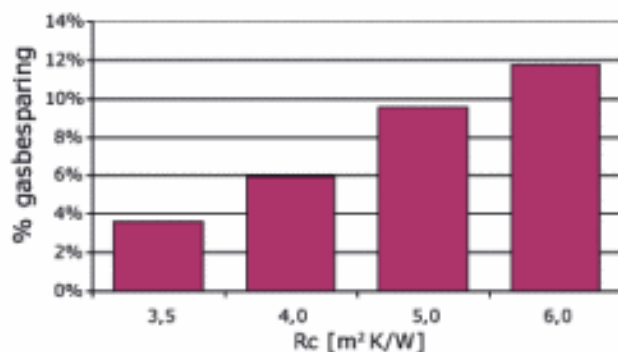
Uitgangspunt	Bouwdeel	Eis
Luchtdichtheid	Gehele thermische schil	qv10 waarde: $\leq 0,15 \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2_{\text{AG}})$
Warmteweerstand	Begane grondvloer	$R_c \geq 6,5 \text{ m}^2\text{K/W}$
	Dakconstructie	$R_c \geq 8 \text{ m}^2\text{K/W}$
	Dichte delen langsgevels	$R_c \geq 8 \text{ m}^2\text{K/W}$
	Dichte delen kopgevels	$R_c \geq 8 \text{ m}^2\text{K/W}$
Warmtedoorgangscoefficiënt	Ramen	$U_w \leq 0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
	Deuren	$U_{\text{deur}} \leq 0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Lineaire warmteverliezen	Aansluiting vloer met fundering / kozijnen	$\Psi \leq 0,6 \text{ W/(mK)}$
	Alle aansluitingen	$\Psi \leq 0,1 \text{ W/(mK)}$

Voor de begane grondwaarde is een lagere Rc- en Ψ - waarde gekozen omdat het warmteverlies door de begane grond klein is.

Nadat de thermische schil geoptimaliseerd is, wordt er onderzocht wat er aan duurzame energie kan worden toegepast en hoe de fossiele brandstoffen zo schoon en efficiënt mogelijk kunnen worden gebruikt. Dit is gedaan door het optimaliseren van het installatieconcept.

5.1.1. Optimaliseren thermische schil

In deze subparagraaf wordt onderzocht hoe de thermische schil geoptimaliseerd kan worden. Dit wordt gedaan door de oriëntatie van de woning, de constructiemogelijkheden en de verschillende isolatiematerialen te onderzoeken. In afbeelding 5-2 is de procentuele vermindering van het gasverbruik ten opzichte van de Rc-waarde weergegeven.



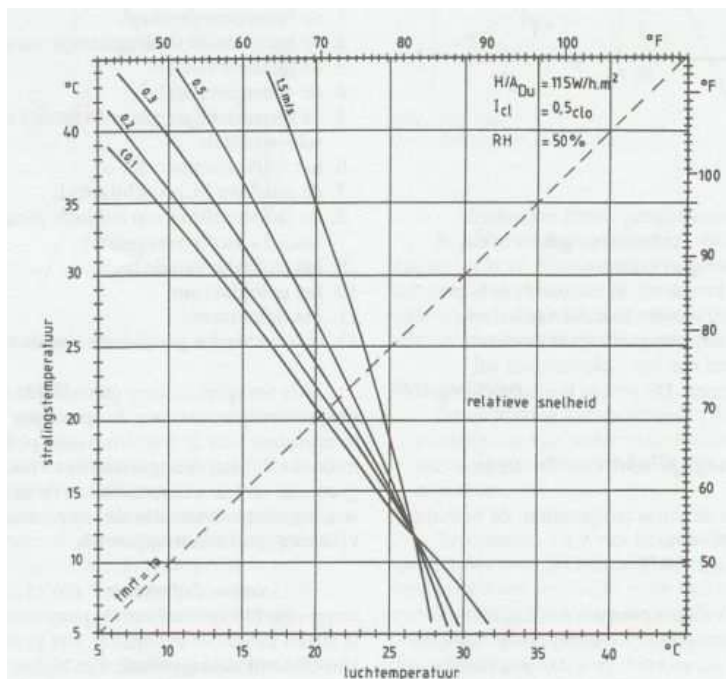
*Afbeelding 5-2: Procentuele besparing gasverbruik in verhouding met de Rc-waarde van de thermische schil
Bron: www.mijnhuisinstallatie.nl*

Thermische behaaglijkheid

De thermische behaaglijkheid is door verschillende deskundigen onderzocht. De bekendste theorie is de theorie van Fanger. Fanger gaat van een constante thermische omgeving uit waarbij de warmteproductie gelijk is aan het warmteverlies. Uit onderzoek is gebleken dat de volgende factoren van invloed zijn op het behaaglijkheidsgevoel van de mens:

1. De luchttemperatuur;
2. De gemiddelde stralingstemperatuur;
3. De luchtsnelheid;
4. De waterdampdruk
5. De thermische weerstand van de kleding;
6. Het activiteitsniveau;
7. De relatieve vochtigheid;
8. De samenstelling van het luchtgehalte aan toxische stoffen en geuren;
9. Het stofgehalte van de lucht;
10. Het geluidniveau;
11. Het lichtniveau;
12. De psychische gesteldheid van de mens.

De eerste zeven factoren bepalen samen de thermische behaaglijkheid. Eén van de belangrijkste factoren is hierbij de gemiddelde stralingstemperatuur. De gemiddelde stralingstemperatuur is de gemiddelde oppervlakte temperatuur van de vloer, wand en plafond. In een ideale situatie is de gemiddelde stralingstemperatuur gelijk aan de luchttemperatuur. Een eventuele lagere stralingstemperatuur moet worden gecompenseerd met een hogere luchttemperatuur om de optimale behaaglijkheid te behouden. Het temperatuurverschil tussen beiden mag echter niet te groot worden. Vaak wordt een maximaal temperatuurverschil van 5 °C aangehouden. De invloed van de stralingstemperatuur op de gewenste ruimtetemperatuur is af te lezen in het volgende comfortdiagram.



Afbeelding 5-3: Invloed van stralingstemperatuur op de gewenste luchttemperatuur
Bron: www.cplusb.nl



Evenals de gemiddelde stralingstemperatuur heeft ook de relatieve luchtsnelheid een grote invloed op de thermische behaaglijkheid. Hoe hoger de luchtsnelheid hoe hoger de gewenste temperatuur. In de zomer worden de hoge luchtsnelheden als behaaglijk beschouwd (loszetten van een raam) terwijl een hoge luchtsnelheid in de winter vaak wordt beschouwd als tocht.

Een zeer energiezuinige woning heeft een zeer goed geïsoleerde en kierdichte schil. Deze wordt zorgvuldig uitgevoerd zodat er zo weinig mogelijk koudestralende oppervlaktes en er geen tochtverschijnselen voorkomen. Door zorgvuldig te bouwen kunnen de zeven factoren waaruit de thermische behaaglijkheid bestaat door de gebruikers worden geregeld. Doordat een zeer energiezuinige woning voortdurend wordt voorzien van gefilterde en verse ventilatielucht wordt een aangenaam binnenklimaat gecreëerd. In dit klimaat krijgen tocht, schimmel, pollen en insecten geen kans.

De uitslag van de EPC-berekening geeft een indicatie van de temperatuuroverschrijdingen in de maand juli welke wordt aangehouden in dit onderzoek. Een laag-matig risico wordt als acceptabel gezien.

Oriëntatie

Door middel van een goede oriëntatie van de woning op een kavel kan de energievraag voor ruimteverwarming worden gereduceerd. De optimale oriëntatie voor een zeer energiezuinige woning is noord-zuid waarbij een afwijking van 25 graden naar beide zijden nauwelijks invloed hebben.

Tabel 5.2: Relatie oriëntatie in combinatie met de warmtevraag

Oriëntatie	Warmtevraag voor verwarming
Zuid	15,0 KWh/m ²
Noord	17,6 KWh/m ²
West	17,7 KWh/m ²
Oost	17,1 KWh/m ²

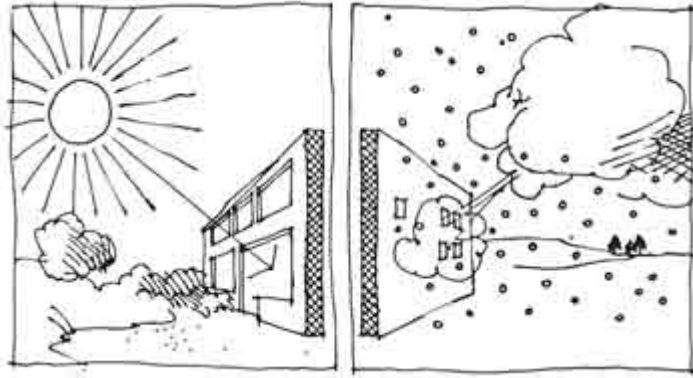
Bron: Passiehuizen in Nederland

De leefruimten moeten zoveel mogelijk aan de zuidkant van de woning worden gerealiseerd. Hierdoor kan de zonnewarmte optimaal worden gebruikt. Er dient aandacht te worden besteed aan het toepassen van overstekken en zonwering. Dit is belangrijk om de kans op oververhitting van een woning in de zomer te beperken.

Wanneer een woning een koelsysteem nodig heeft, moet de ontwerper terug naar de tekentafel.

Citaat: Chiel Boonstra

De natte ruimten dienen zoveel mogelijk op het noorden te worden gericht. Hierdoor kan de gevel gesloten blijven waardoor de transmissieverliezen worden beperkt.



Afbeelding 5-4: Open gevel en een dichte gevel
Bron: www.passieffhuis.nl

Ook is het van belang dat er rekening wordt gehouden met de kapconstructie. Deze dient op het zuiden te zijn gesitueerd voor het optimaal gebruik van de zonnecollectoren. Hierbij dient er rekening gehouden te worden dat het gaat om een dubbel woonhuis. De woningen moeten op zichzelf kunnen functioneren en zonnecollectoren dienen niet bij de burens op het dak worden geplaatst.

De intensiteit van de zonnestraling die op een buitenwand of plat dak valt kan oplopen tot 900 W/m^2 . Wanneer zonnestraling binnenkomt, geeft dit een warmtetoevoer in de ruimten. Deze zonnetoevoer kan aantrekkelijk zijn om een woning te verwarmen maar kan echter ook leiden tot oververhitting van de ruimte.

Desalniettemin wordt zonlichttoetreding in een woning zeer op prijs gesteld. Zeker wanneer deze regelbaar is om ongunstige bijverschijnselen te kunnen neutraliseren.

Het is weliswaar gunstiger om de op het noorden gerichte gevel zoveel mogelijk gesloten te houden maar de woning moet wel aan het Bouwbesluit blijven voldoen. Het Bouwbesluit stelt eisen aan binnenkomend daglicht ten opzichte van het verblijfsgebied. De eis welke het bouwbesluit stelt aan de daglichttoetreding is 10% van de oppervlakte van het verblijfsgebied.

De formule voor het berekenen van de oppervlakte van de benodigde daglichttoetreding is:

$$A_e = A_d \cdot C_b \cdot C_u$$

- A_e : De equivalente daglichtoppervlakte
- A_d : De oppervlakte van de doorlaat van de daglichtopening
- C_b : De belemmeringsfactor
- C_u : De uitwendige reductiefactor

Bij deze formule dient rekening gehouden te worden dat delen van de daglichtopeningen onder 60 centimeter boven het vloerniveau niet mogen worden meegerekend.

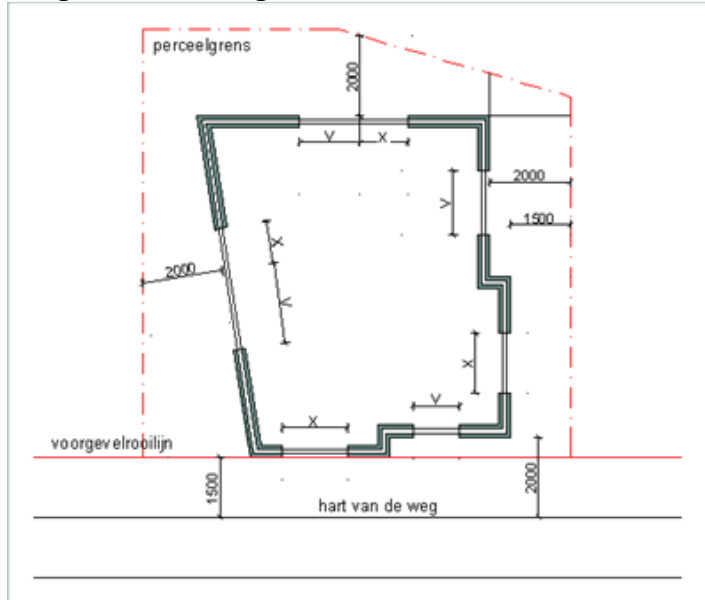
De belemmeringen op een ander perceel hoeven niet te worden meegenomen in de berekeningen.

In ontwerpen van de verschillende woningtypen zijn geen overstekken meegenomen welke meegenomen moeten worden als belemmeringfactor. Het Bouwbesluit gaat er echter vanuit dat er altijd belemmeringen zijn en hanteert een minimale waarde van 0,86.

De uitwendige reductiefactor moet worden ingevuld wanneer er bijvoorbeeld een wand in een verblijfsruimte is geplaatst waardoor het daglicht niet in het gehele verblijfsgebied kan

komen. Deze waarde mag bij de gebouwontwerpen van een nieuw concept als 1 worden ingevuld omdat hierbij geen sprake is van een belemmering in het verblijfsgebied.

De daglichtopeningen moeten aan de volgende criteria voldoen om in de berekening meegenomen te mogen worden:



Afbeelding 5-5: Voorzieningen die mogen worden aangemerkt voor daglichtopeningen volgens NEN 1087
Bron: Technisch Advies Bureau Goezinnen B.V

De berekeningen zijn achter de bijlage van elk herontwikkeld woningtype toegevoegd (bijlage E t/m .

Constructiemogelijkheden

Er zijn verschillende bouwmethodieken mogelijk om een goede Rc-waarde te verkrijgen. In dit onderzoek worden de traditionele stapelbouw, houtskeletbouw en prefab bouw onderzocht. Andere bouwmethododes worden niet in dit onderzoek behandeld omdat deze niet relevant zijn voor Te Kieft bouwbedrijf b.v.

- **Traditionele stapelbouw**

Traditionele stapelbouw is in Nederland de meest gebruikte bouwmethode. Bij deze bouwmethode worden wanden en gevels van de woning opgebouwd uit steenachtige blokken of elementen die op elkaar worden gelijmd of gemetseld. De binnenspouwbladen zijn meestal vervaardigd uit kalkzandsteen, of snelbouwstenen. Het buitenspouwblad wordt in de meeste gevallen opgebouwd uit baksteen, kalkzandsteen of betonsteen. De spouw wordt voor een deel gevuld met een isolatiemateriaal.

Het eindresultaat is afhankelijk van een zorgvuldige bouwwijze; alle werkzaamheden vinden immers op de bouwplaats plaats. In tabel 5.3 is een overzicht van de voor- en nadelen van deze bouwmethode weergegeven.



Tabel 5.3: Voor- en nadelen traditionele stapelbouw

Voordelen	Nadelen
Oneindige variatie mogelijk in het uiterlijk, indeling en afwerkingmaterialen	Langere bouwtijd
Gewilde bouwmethode (belangrijk als de opdrachtgever het huis wil verkopen)	Arbeidsintensieve bouwmethode
Details kunnen tot is een laat stadium worden gewijzigd	Weersinvloeden hebben vrij spel totdat het huis wind- en waterdicht is
	De woning moet met zorg worden drooggestookt

Bron: Energiezuinig bouwen op vrije kavels

- **Houtskeletbouw**

Sinds de mensheid zichzelf voorziet van onderdak past men houtskeletbouw toe als bouwmethode.

In houtrijke landen als Groenland, Canada en de Verenigde Staten is deze bouwmethodiek nooit veranderd, alleen geoptimaliseerd. Doordat in Nederland veel klei in de bodem zit en vroeger veel moeite gedaan moest worden om het bouw materiaal op de bouwplaats te krijgen, begon men door de jaren heen met woningen van klei (bijvoorbeeld baksteen) te bouwen. In Nederland wordt houtskeletbouw na een lange ‘pauze’ sinds dertig jaar weer toegepast.

In Nederland neemt de belangstelling voor houtskeletbouw steeds meer toe. In tegenstelling tot de standaard bouwmethode met steen en beton is voor het produceren van hout relatief weinig energie nodig. De groei gaat vanzelf. Alleen het transport en de verwerking zorgen voor een CO₂ uitstoot. Het restmateriaal van hout kan op verschillende manieren worden hergebruikt waardoor er weinig tot geen afval wordt geproduceerd. Bouwen met hout past wanneer het milieuvriendelijk wordt gekapt bij een milieuverantwoorde woning.

Houtskeletbouw is een bouwmethode waarbij een raamwerk van houten stijlen en regels is beschoten met plaatmateriaal, meestal gipsplaten of multiplex. De ruimte tussen de stijlen is vervolgens opgebouwd met isolatiemateriaal.

Voor het buitenspouwblad wordt vaak hout, metselwerk, pleisterwerk of plaatmateriaal gebruikt. In veruit de meeste gevallen wordt het casco gemaakt van prefabelementen. In tabel 5.4 is een overzicht van voor- en nadelen van deze bouwmethode weergegeven.

Tabel 5.4: Voor- en nadelen houtskeletbouw

Voordelen	Nadelen
Korte bouwtijd; hierdoor is het huis snel wind- en waterdicht	Zware voorwerpen (cv-ketel, boekenkast) moeten aan het skelet worden bevestigd
Geen 'natte' verwerking van materialen; droogstoken is niet altijd noodzakelijk	
Lichte bouw, waardoor de kosten voor grondwerk en fundering lager <u>kunnen</u> uitvallen	Bouwmethode is niet populair; mensen hebben vaak een negatieve klank bij houtskeletbouw
Aanpassingen en uitbreidingen zijn tot in een laat ontwerp- en bouwstadium gemakkelijk te realiseren	

Bron: Energiezuinig bouwen op vrije kavels

- **Prefab bouw**

Bijna alle bouwmethoden maken in meerdere of mindere mate gebruik van prefab onderdelen. Wanneer een woning geheel vervaardigd is uit prefab elementen wordt er ook wel gesproken van elementenbouw. De binnen- en buitenwanden, het dak, de vloeren en de fundering worden dan in de fabriek vervaardigd. De elementen kunnen dan in een korte tijd worden gemonteerd op de bouwplaats. De binnenspouwbladen kunnen in de fabriek worden voorzien van kozijnen met ramen en deuren. Ook kunnen de voorzieningen voor het elektra worden aangebracht in de fabriek. De toegepaste materialen waaruit de elementen worden vervaardigd zijn voornamelijk beton en cellenbeton.

Een bijkomend voordeel van elementenbouw is dat vocht weinig kans heeft om de woning binnen te dringen, doordat de woning in een korte tijd wind- en waterdicht is. Ook komt er tijdens de bouw bijna geen bouwvocht vrij door het gebruik van bijvoorbeeld specie of beton. Al het bouwvocht is in de fabriek al verdwenen.

Een ander groot voordeel van prefab elementen is dat de elementen onder goede geconditioneerde omstandigheden worden geproduceerd. Hierdoor is de kwaliteit van elementen altijd van hetzelfde niveau. In tabel 5.5 is een overzicht van de voor- en nadelen van deze bouwmethode weergegeven.

Tabel 5.5: Voor- en nadelen elementenbouw

Voordelen	Nadelen
Korte bouwtijd; hierdoor is de woning snel wind- en waterdicht	Het systeem is weinig flexibel; aanpassingen en uitbreidingen zijn nagenoeg niet meer door te voeren in de uitvoeringsfase
Lagere bouwkosten dan bij traditionele bouw wanneer er meerdere woningen worden gebouwd, bij een enkele woning zijn de kosten nagenoeg gelijk*	
* Door Te Kieftte bouwbedrijf b.v. is in 2010 een intern onderzoek gedaan naar prefab elementenbouw. Hieruit is gebleken dat er voor het bedrijf geen prijsverschil bestaat tussen prefab- of traditionele bouw.	

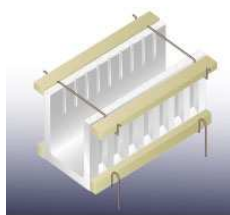
Bron: Energiezuinig bouwen op vrije kavels



Afbeelding 5-6: Verschillende bouwsystemen: traditionele stapelbouw, houtskeletbouw en prefab bouw (van links naar rechts)

5.1.1. Fundering en begane grondvloer

De begane grondvloer moet de koude en warmte tegenhouden dat de aarde uitstraalt. Om een goede thermische schil te verkrijgen zal er altijd een goed geïsoleerde fundering moeten worden toegepast. Aangezien in het huidige concept de fundering op staal is toegepast, zal dit ook in een nieuw concept aangehouden worden. Om een goede thermische schil te verkrijgen is in overleg met de opdrachtgever in dit onderzoek uitgegaan van een EPS-funderingsbekisting.



Afbeelding 5-7: EPS-funderingsbekisting

Traditionele stapelbouw

- *Vloer op zand*

Een vloer op zand is een in het werk gestorte betonvloer. Onder de vloer wordt drukvaste isolatie aangebracht. Een vloer op zand kan zonder fundering worden toegepast. De vloer fungeert dan als fundering. Hierdoor is het relatief eenvoudig om de thermische schil niet te onderbreken.

Doordat een vloer op zand geen geprefabriceerde vloer is kan door middel van de isolatiedikte de Rc-waarde gemakkelijk worden aangepast.



Afbeelding 5-8: Vloer op zand

- *Ps-Combinatievloer*

Een Ps-Combinatievloer bestaat uit betonnen liggers, geëxpandeerd polystyreen en een betonnen afwerklaag. Doordat het isolatiemateriaal in de vloer wordt geïntegreerd kan de dikte van de vloer worden beperkt.

Een nadeel van een Ps-Combinatievloer is dat deze tot een Rc-waarde van 5 m²K/W te verkrijgen is. Hierdoor moet de vloer worden bijgeïsoleerd. Dit kan zowel aan de boven- als aan de onderkant.



Afbeelding 5-9: Ps-Combinatievloer

Houtskeletbouw

- *Houten balklaag*
Bij een houtskeletbouw vloerelement kan het isolatiemateriaal worden geïntegreerd in de vloerconstructie. Hierdoor kan de dikte van het element worden beperkt. Ter plaatse van de aansluiting op de fundering moet de isolatie van de buitenmuren doorlopen zodat een dichte thermische schil wordt verkregen. Een houten balklaag is gevoelig voor vocht. Ook wordt deze vloer al geruime tijd (bijna) niet meer toegepast, waardoor de vloer niet meer gemakkelijk is te verkopen.



Afbeelding 5-10: Houten balklaag

Prefab bouw

- *Ribcassettevloer*
Een ribcassettevloer is een vrijdragende systeemvloer. De vloer is opgebouwd uit betonribben waartussen isolatie is aangebracht. Boven de isolatie zit een druklaag van 50 mm.
Een ribcassettevloer heeft als nadeel dat deze tot een Rc-waarde van maximaal 6,5 m²K/W te verkrijgen is. Hierdoor moet de vloer worden bijgeïsoleerd. Dit kan zowel aan de boven- als aan de onderkant.



Afbeelding 5-11: Ribcassettevloer

- *Geïsoleerde kanaalplaatvloer*
Een geïsoleerde kanaalplaatvloer is een vrijdragende systeemvloer met een rechthoekige doorsnede die van holle kanalen is voorzien.
Een geïsoleerde kanaalplaatvloer heeft als nadeel dat deze tot een Rc-waarde van maximaal 6,5 m²K/W te verkrijgen is. Hierdoor moet de vloer worden bijgeïsoleerd. Dit kan zowel aan de boven- als aan de onderkant.



Afbeelding 5-12: Geïsoleerde kanaalplaatvloer

5.1.2. Buitengevels

De buitengevels moeten de koude of warmte van buiten tegenhouden. Om een goede thermische schil te verkrijgen zal de bouwmethodiek van het huidige concept moeten worden aangepast. Er is per bouwmethode een afweging gemaakt welk isolatiemateriaal de voorkeur krijgt.

Traditionele stapelbouw

De spouwmuur van traditionele stapelbouw is als volgt opgebouwd:

- Binnenspouwblad;
- Isolatie;
- Luchtpouw;
- Buitenspouwblad.

Bij een traditionele spouwmuur is het belangrijk dat de stabiliteit gewaarborgd blijft. Wanneer aan deze eis wordt voldaan kan de gewenste isolatiewaarde relatief eenvoudig worden behaald.



Afbeelding 5-13: spouwmuur
Bron: www.wienerberger.de

Houtskeletbouw

Houtskeletbouw is in Nederland voornamelijk een bouwwijze waarbij de elementen prefab op de bouw aankomen. De elementen zijn vaak 'woningbreed' en 'verdiepingshoog'.

De elementen bestaan uit stijl- en regelwerk waartussen isolatie wordt aangebracht. Het regelwerk wordt met plaatmateriaal afgewerkt. De buitenafwerking hoeft niet in hout te zijn uitgevoerd. Een houtskeletbouw woning is goed te combineren met een bakstenen afwerking. Ook is het mogelijk de vloeren van beton te realiseren.



Afbeelding 5-14: Houtskeletbouwwand
Bron: www.joostdevree.nl

Prefab bouw

Prefab wandelementen kunnen in verschillende materialen worden uitgevoerd, van keramische stenen tot lichtbeton. Het bouwprincipe, met uitzondering van houtskeletbouw, blijft hetzelfde.

De buitenafwerking van een prefab element hoeft niet identiek te zijn aan het buitenspouwblad van traditionele stapelbouw. De gevel kan bijvoorbeeld worden gestukadoord of er kunnen gevelpanelen worden toegepast.



Afbeelding 5-15: Prefab wand
Bron: www.frecohuis.nl

Alternatieve constructies

In het buitenland wordt Isorast en Rexwall als constructiemateriaal steeds vaker toegepast voor zeer energiezuinige woningen. Deze twee bouwmethoden zijn hieronder toegelicht.

- **Isorast**

Zoals eerder in deze rapportage vermeld, wordt het Isorast systeem in Duitsland steeds populairder. Isorast bouwblokken zijn isolerende elementen vervaardigd van Neopor met in het midden een spouw. Deze spouw wordt volgestort met beton waardoor een stijve constructie ontstaat. Neopor is een duurzaam, milieuvriendelijk, vlamdovend, schimmel- en bacteriewerend product.

De bouwsteen kan afhankelijk van de dikte een Rc-waarde behalen tussen de 4 en 10 m²K/W. De Isorast elementen met een dikte van 37,50cm en 43,75cm zijn passiefhuis gecertificeerd.



Afbeelding 5-16: Isorast bouwsysteem
Bron: www.isoplan.nl

- **Rexwall**

Rexwall is in het jaar 2000 ontwikkeld door AquaHouse International GmbH te Duitsland. Het is een polystyreen isolatie composiet.

Rexwall is een onderhoudsvrij materiaal en kan bijdragen aan een duurzaam milieu. Het materiaal wordt afgewerkt met een vochtwerende epoxy laag. Het materiaal is geschikt voor het bouwen van constructies en kan bijvoorbeeld worden afgewerkt met

steenstrips. Het systeem is hiervoor nog niet Europees gekeurd en mag daardoor nog niet in Nederland worden verwerkt. Hierdoor wordt het materiaal verder niet meegenomen in dit onderzoek.



Afbeelding 5-17: Fabricage Rexwall element
Bron: www.rexwall.com

5.1.3. Dakconstructie

Een van de voornaamste taken van een dakconstructie is warmte van binnen niet naar buiten te laten ontsnappen. Om minder te hoeven verwarmen is het dus belangrijk om warmte binnen te houden. Dit kan worden bewerkstelligd door het dak optimaal te isoleren.

Traditionele stapelbouw

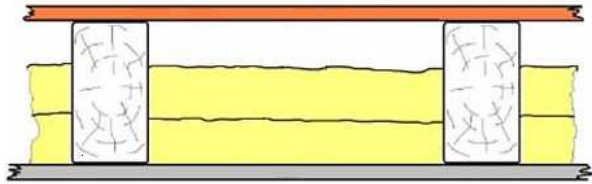
Een traditionele kapconstructie wordt gemaakt van een houten constructie waarop dakplaten worden bevestigd. In deze constructie zorgen de dakplaten voor de thermische schil. Het nadeel van deze constructie is dat de dakplaten te verkrijgen zijn tot een Rc-waarde van $5 \text{ m}^2\text{K/W}$. Om een Rc-waarde te behalen zoals omschreven in de uitgangspunten zal de constructie moeten worden bijgeïsoleerd. Dit kan relatief eenvoudig door isolatie tegen de binnenzijde van de constructie aan te brengen. Wel dient hierbij extra aandacht geschonken te worden aan de aansluitingen tussen de dakconstructie en andere constructieonderdelen.



Afbeelding 5-18: Gordingkap en sporenkap (van links naar rechts)
Bron: www.joostdevree.nl

Houtskeletbouw

Een houtskeletbouw dakconstructie wordt geheel in het werk getimmerd. Tussen de sporen of gordingen wordt vervolgens de isolatie aangebracht. Het is mogelijk om de isolatie te integreren in de constructie waardoor dikte wordt beperkt.



Afbeelding 5-19: Dwarsdoorsnede houtskeletbouw kapconstructie
Bron: www.infofrankrijk.com

Prefab bouw

Een prefab kapconstructie is opgebouwd uit prefab dakelementen. Deze elementen zijn zelfdragend en worden per project fabrieksmatig geproduceerd waardoor aan alle eisen wordt voldaan. Het voordeel van dit systeem is dat de elementen onder ideale omstandigheden worden gemaakt. Hierdoor kan er meer aandacht worden besteed aan details. Ook is de verwerkingssnelheid van dit systeem sneller dan bij traditionele systemen.



Afbeelding 5-20: Prefab kapconstructie
Bron: www.vanaarlenbouwmaterialen.nl



5.1.4. Conclusie bouwmethodiek

In voorgaande paragrafen zijn de bouwmethodieken traditionele stapelbouw, houtskeletbouw en prefab bouw onderzocht. Hieruit is gebleken dat alle drie de bouwmethoden geschikt zijn om zeer energiezuinige woning te kunnen realiseren. Daarentegen is niet elk onderdeel van een bouwmethodiek (op dit moment) geschikt.

Vloeren

Van de onderzochte vloeren zijn de volgende geschikt:

- Vloer op zand;
- Ribcassettevloer;
- Geïsoleerde kanaalplaatvloer.

Voor de Ps-combinatievloer kan geen Rc-waarde van $6,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ worden behaald zonder dat deze moet worden bijgeïsoleerd.

Een houten balklaag is gevoelig voor vocht. Dit type vloer wordt al geruime tijd (bijna) niet toegepast in de bouw, waardoor deze vloer moeilijker te verkopen is.

Buitengevels

De bouwmethoden traditionele stapelbouw, houtskeletbouw en prefab bouw zijn alle drie geschikt voor het bouwen van zeer energiezuinige woonhuizen.

Te Kieftte bouwbedrijf b.v. staat bekend als een traditionele bouwer waaronder zij een goede naamsbekendheid hebben verkregen. Hierdoor is de bouwmethode houtskeletbouw niet geschikt voor het concept binnen Te Kieftte bouwbedrijf b.v.

Volgens een intern onderzoek van Te Kieftte bouwbedrijf b.v. bestaat er geen prijsverschil tussen traditionele stapelbouw en prefab elementenbouw. Een groot voordeel van prefab elementenbouw is dat de elementen in een fabriek worden vervaardigd. Hierdoor hebben de elementen allemaal dezelfde kwaliteit en zijn de elementen in de fabriek al ontdaan van het bouwvocht.

De Rexwall elementen zijn geschikt voor het behalen van hoge Rc-waarden maar zijn nog niet Europees goedgekeurd. Hierdoor mogen de panelen in Nederland niet constructief worden toegepast.

Het Isorast bouwsysteem wordt goedkoper wanneer de opdrachtgever zelf de blokken op elkaar zou stapelen, aangezien de arbeidskosten dan grotendeels vervallen. Ook is dit product nog relatief onbekend in Nederland, waardoor dit systeem moeilijker te verkopen is.

Daken

Van de behandelende daken zijn een in het werk getimmerde kap en een prefab kapconstructie geschikt voor het behalen van een Rc-waarde van $8 \text{ m}^2\text{K/W}$. Bij de standaard dakplaten is het (nog) niet mogelijk om een Rc-waarde van $8 \text{ m}^2\text{K/W}$ te behalen. Wanneer een klant dit toch graag zou willen dient de kap te worden bijgeïsoleerd. Dit is arbeidsintensief en het risico op isolatielekken is groot.

5.1.5. Isolatie

In paragraaf 5.1 zijn de isolatiewaarden van de thermische schil vastgesteld. Het gevolg hiervan is dat er een aanzienlijk dikker isolatiepakket toegepast zal moeten worden in vergelijking met de huidige situatie (Rc-waarde van $3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$). Hiermee moet rekening worden gehouden bij het afstemmen van de bouwmethodiek in een nieuw concept.

Er zijn verschillende isolerende materialen te verkrijgen. Voor de oppervlakte-isolatie zijn er vijf gangbare isolatiematerialen, namelijk PIR isolatie, XPS isolatie, PUR isolatie, EPS isolatie en minerale wol. Door 'Stichting verstandig isoleren' is er onderzoek gedaan naar de laatste drie isolatiematerialen. De resultaten van dit onderzoek zijn in bijlage E toegevoegd. In tabel 5.6 en 5.7 zijn de eigenschappen en toepassingen van minerale wol en kunststof isolaties behandeld. In tabel 5.8 zijn de λ_{reken} waarden van de verschillende isolatiematerialen in een tabel weergegeven.

Vacuümisolatie heeft op dit moment het best isolerend vermogen. Het heeft een λ_{reken} van 0,007. Dit isolatiemateriaal staat echter nog in de kinderschoenen en wordt derhalve niet in dit onderzoek behandeld.

Tabel 5.6: Verschillende toepassingen minerale wol

Toepassing	Voorbeeld
Rol of deken	Isolatie van hellende daken
Bouwdeken	Isolatie van dakconstructies met onregelmatige afstanden tussen de kepers
Spijkerflensdekens	Vergemakkelijkt het nieten, zijn voorzien van hechtranden
Halfharde platen	Spouwisolatie
Harde wolplaten	Zwevende vloeren of als isolatie achter vliesgevels

Bron: Energiezuinig bouwen en verbouwen

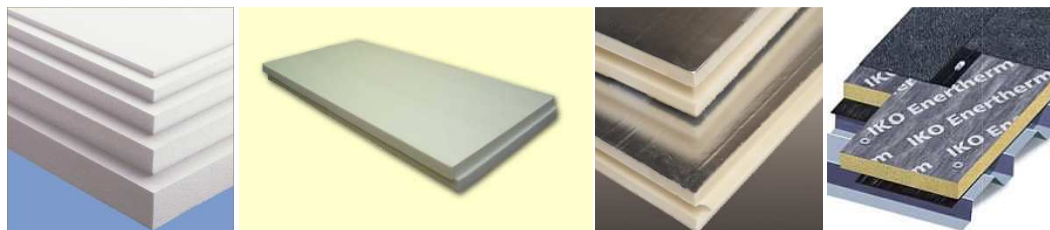


Figuur 5-21: De verschillende toepassingen van minerale wol: rol, deken, spijkerflensdekens, halfharde plaat, harde wolplaat (van links naar rechts)

Tabel 5.7: Eigenschappen van de verschillende soorten kunststofisolatie

Soort	Eigenschappen
EPS	- Gunstige prijs - Isolatiewaarde minder als andere kunststofisolatie
XPS	- Duur - Geringe wateropname, beter dan EPS en PUR
PUR	- Betere isolatiewaarde dan EPS en XPS - Zit vervat tussen twee bekledingen (bitumen of aluminium) - Prijs wordt grotendeels bepaald door de bekleding (verhoudingsgewijs dus interessanter voor dikke dan voor dunne platen) - Andere toepassingen: Isolatiemortel en akoestische foamplaten - Niet geschikt als spouwisolatie
PIR	- Betere isolatiewaarde dan PUR - Wordt vooral gebruikt voor de isolatie van platte daken
Resol	- Beste isolatiewaarde - Duurder als PIR

Bron: Energiezuinig bouwen en verbouwen



Figuur 5-22: Verschillende soorten kunststofisolatie: EPS, XPS, PUR en PIR isolatie (van links naar rechts)

Tabel 5.8: Thermische eigenschappen isolatiematerialen

Isolatiemateriaal	λ_{reken} waarde	Volumieke massa	Dikte per Rc-waarde van 8	Prijs in verhouding
Resol schuim	0.021	35 kg/m ³	± 160 mm	€ 10,95
PIR isolatie	0,023	30 kg/m ³	± 180 mm	€ 10,40
PUR isolatie	0,026	33 kg/m ³	± 200 mm	€ 10,05
XPS isolatie	0.029	15-30 kg/m ^{3*}	± 240 mm	€ 23,65
EPS isolatie	0,033	15-35 kg/m ^{3*}	± 260 mm	€ 9,85
Minerale wol	0,035	25 kg/m ³	± 280 mm	€ 6,15

* Afhankelijk van de druksterkte

Bron: www.ekbouwadvies.nl

- **Minerale wol**
 - **Steenwol**
Steenwol is een isolatiemateriaal gemaakt van gesmolten gesteente. Van het gesmolten gesteente worden vezels gevormd die met toeslagstoffen (bind- en waterafstotende middelen) worden samengevoegd tot steenwol.
 - **Glaswol**
Glaswol is een isolatiemateriaal dat is gemaakt van onder andere glasscherven. Door het productieproces ontstaat na het uitharden de kenmerkende gele kleur.
- Eigenschappen**
Minerale wol is flexibel waardoor het gemakkelijk kan worden aangebracht en kan



goed worden aangesloten op de onderliggende constructie. Ook kan onderling een goede verbinding worden verkregen. Dit komt doordat de vezels elkaar onderling als het ware vastgrijpen.

Minerale wol is onbrandbaar en daarom goed toe te passen in brandvertragende constructies. Naast goede isolerende en brandwerende eigenschappen heeft minerale wol ook goede geluidwerende eigenschappen.

Tijdens de verwerking van minerale wol verkrijgt het de voorkeur om beschermende kleding te dragen en een mondkapje te gebruiken. De vrijkomende vezels kunnen irritaties aan de huid en luchtwegen veroorzaken. Het materiaal is met een groot kartelmes of een (oude) handzaag eenvoudig op maat te maken.

- **EPS isolatie**

EPS is een afkorting voor geëxpandeerde polystyreen en is ook wel bekend onder de naam tempex of piepschuim. Het kunststofschuim wordt gefabriceerd door polystyreenkorrels met stoom te verwarmen waardoor zij expanderen en onderling aan elkaar gaan kleven. Het verwarmen gebeurt in een mal waardoor er grote blokken ontstaan. Vervolgens worden de blokken in de gewenste afmetingen gezaagd. EPS is verkrijgbaar in verschillende persingen. De keuze is afhankelijk van de benodigde druksterkte. Zie tabel 5.9.

Tabel 5.9: Druksterkte EPS

Type	Druksterkte in kN/m ²		Rd-waarde bij 100 mm dikte
	Korte duur*	Lange duur**	
EPS 60-SE	60	18	2,60
EPS 100-SE	100	30	2,75
EPS 150-SE	150	45	2,90
EPS 200-SE	200	60	2,90
EPS 250-SE	250	75	2,90
* Enkele dagen met een maximale vervorming van 10%			
** Onbeperkt bij een maximale vervorming van 2%			

Bron: www.isobouw.nl

Eigenschappen:

EPS isolatie wordt in de bouw veel toegepast omdat het een relatief goedkoop product is. Het materiaal is echter niet zo flexibel als minerale wol waardoor er met meer nauwkeurigheid moet worden gewerkt. Om kieren in de isolatielaag tegen te gaan worden de randen van de platen vaak afgewerkt met een sponning. Een aandachtspunt is dat na de productie van het materiaal, deze nog een lange tijd krimpt.

EPS isolatie kan door bitumen en bepaalde lijmsorten worden aangepast en is dan niet geschikt als isolatie voor een warm platdakconstructie. Het materiaal is met een (oude) handzaag eenvoudig op maat te maken.

- **XPS isolatie:**

XPS is een afkorting voor geëxtrudeerde polystyreen. Het wordt geproduceerd door styreen (een restproduct van aardolie) onder hoge druk door een opening te spuiten. Net als EPS is XPS in verschillende persingen leverbaar. In tegenstelling tot de EPS isolatie verandert bij een hardere persing de Rd-waarde niet. Zie tabel 5.10.



Tabel 5.10: Druksterkte XPS

Type	Druksterkte in kN/m ²		Rd-waarde bij 50 mm dikte
	Korte duur*	Lange duur**	
2500 C	150-200	50-70	1,50
2800 C	200-300	80-100	1,50
3035 CS	300	130	1,50
3035 CN	250	-	1,50
4000 CS	500	180	1,50
5000 CS	700	250	1,50
* Enkele dagen met een maximale vervorming van 10%			
** Onbeperkt bij een maximale vervorming van 2%			

Bron: www.basf.de

Eigenschappen

Het voordeel van XPS ten opzichte van EPS is dat XPS een gesloten celstructuur heeft. XPS is hierdoor nagenoeg ongevoelig voor wateropname. Deze eigenschap maakt het materiaal geschikt om het in vochtige omstandigheden toe te passen, bijvoorbeeld in de grond of op een omgekeerd dak. Door de hoge druksterkte wordt XPS regelmatig toegepast onder vloeren. Het materiaal is niet flexibel maar is met een mes of een (oude) zaag gemakkelijk op maat te maken.

- **PUR isolatie:**
PUR is een afkorting voor polyurethaan. PUR wordt gefabriceerd door een chemische reactie tussen verschillende materialen waardoor een schuim ontstaat. Het materiaal kan worden geleverd als platen en als een verspuitschuim. Het verschil hiertussen is dat bij platen het schuim in de fabriek op een drager is gespoten. Een groot nadeel van PUR isolatieplaten is dat deze niet geschikt zijn als spouwisolatie.

Eigenschappen

PUR heeft goede isolerende eigenschappen. De platen zijn aan beide zijden voorzien van een dunne materiaallaag. Dat kan een glasvlies- of een aluminiumlaag zijn. Het materiaal is niet flexibel waardoor er nauwkeurig moet worden gewerkt om een aaneensluitende isolatielaag te verkrijgen. De naden tussen de platen kunnen worden “afgepuurt” omdat het schuim dezelfde uitzettingscoëfficiënt heeft als de platen. Hierbij moet er wel op worden gelet dat de lambda-waarde van het schuim aanzienlijk lager is dan dat van de platen. De platen zijn eenvoudig op maat te maken door middel van een lang mes of een (oude) zaag.

- **PIR isolatie**
PIR is een afkorting voor polyisocyanuraatschuim. PIR wordt net als PUR gefabriceerd door een chemische reactie. Het verschil tussen PIR en PUR is dat PIR betere brandwerende en thermisch isolerende eigenschappen heeft.

Eigenschappen

Vaak worden de PIR platen voorzien van een veer en groef waardoor de naden alleen afgeplakt hoeven te worden om een damp- en luchtdichte schil te verkrijgen. De platen zijn meestal bekleed met een dampdichte of bitumineuze laag, afhankelijk van de toepassing.

PIR platen zijn niet flexibel waardoor nauwkeurig moet worden gewerkt. De platen zijn eenvoudig op maat te maken door middel van een lang mes of een (oude) zaag.

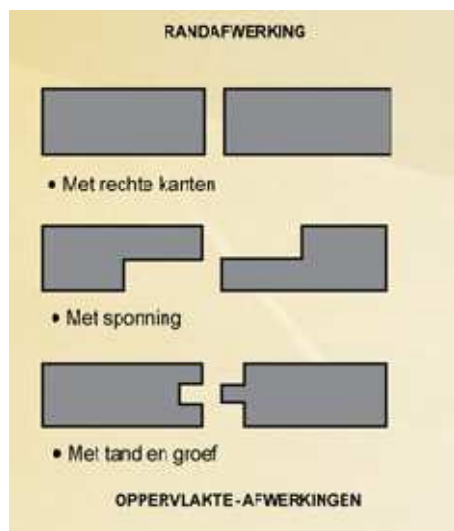
- **Resol-schuim:**
Resol-schuim wordt net als PIR en PUR schuim vervaardigd door middel van een chemische reactie. Het Resol-schuim is niet verkrijgbaar in een spuitbare schuim.

Eigenschappen:

Het Resol-schuim kunnen worden voorzien van een veer en groef, waardoor de naden alleen afgeplakt hoeven te worden om een damp- en luchtdichte schil te verkrijgen. De platen zijn meestal bekleed met een dampdichte laag.

Resol-schuim platen zijn niet flexibel waardoor nauwkeurig moet worden gewerkt. De platen zijn eenvoudig op maat te maken door middel van een lang mes of een (oude) zaag.

Alle behandelde kunststofisolaties kunnen worden geleverd met verschillende randafwerkingen. Hierdoor kan warmteverlies door de naden van de isolatieaansluitingen worden voorkomen. In afbeelding 5-23 zijn de verschillende randafwerkingen weergegeven.



Afbeelding 5-23: Randafwerking isolatie

5.1.5.1. Conclusie isolatie

Als isolatie voor een woning heeft PIR de beste prijs-kwaliteitverhouding. Ook kan door middel van het afplakken van de naden een damp- en luchtdichte thermische schil worden verkregen. Dit is cruciaal voor het verkrijgen van luchtdichtheid. Resol-schuim heeft deze eigenschap ook, maar dit isolatiemateriaal is € 0,50 per vierkante meter duurder dan PIR isolatie.

De betere lambda-waarde van Resol-schuim heeft wel effect op de dikte van het isolatiemateriaal. Zoals in tabel 5.8 weergegeven, is Resol-schuim bij een Rc-waarde van 8 m²K/W 2 centimeter dunner als PIR. Dit heeft echter geen tot weinig consequenties voor de bouwmethodiek waardoor er prijstechnisch beter PIR isolatie kan worden toegepast.



5.1.6. Luchtdoorlatendheid

Om zo weinig mogelijk warmteverlies te laten ontstaan dient niet alleen de thermische schil te worden geoptimaliseerd. Er dient ook gekeken te worden naar het warmteverlies door infiltratie. De doorvoeren door vloer, gevel en dak zijn vaak de oorzaken van luchtlekken. De luchtdichting van een gebouw wordt bepaald door de kwaliteit per strekkende meter aansluiting. Dit wordt aangeduid als de c-waarde. De vorm en grootte van een bouwwerk bepalen het aantal stekkende meter aansluiting.

In de NEN 2687 worden twee luchtdoorlatendheidsklassen genoemd. De toe te passen klasse is afhankelijk van grootte en type ventilatiesysteem van de woning. Om een zeer energiezuinige woning te realiseren moet de eis sterk worden gereduceerd, zie tabel 5.11.

Tabel: 5.11: Luchtdoorlatendheid volgens NEN 2687 met toevoeging van het zeer energiezuinig niveau

Klasse	Woningvolume (m ³)	qv;10 (dm ³ /s)
1	0 – 250	30 – 100
	250 – 500	50 – 150
	> 500	50 – 200
2	0 – 250	30 – 50
	> 250	40 – 80
3 (zeer energiezuinige woning)	0 – 250	5 – 15
	> 250	10 – 30

Bron: SBR 360: Luchtdicht Bouwen

Het verschil tussen de klassen kan men definiëren in de volgende punten:

- De nauwkeurigheid van detailleren en uitvoeren van de aansluitdetails;
- Toepassen van dichtingsband bij aansluitingen van bouwelementen;
- De lengte van de aansluitdetails. Bij woningen met veel uitbouwen en inspruingen in de gevel zal nog meer aandacht besteed moeten worden aan de detaillering omdat de hoeveelheid ongewenste luchtlekkage evenredig is met de lengte van de aansluitingen.

Een luchtdichting die benodigd is voor klasse drie, betekent dat de luchtdichte laag langs de gehele gebouwschil door moet lopen. Alle plaatsen waar de luchtdichte laag wordt doorbroken moeten worden afgedicht zodat er geen luchtlekken aanwezig zijn. Om dit te realiseren dient hier tijdens de uitvoering voldoende aandacht aan besteed te worden.

Volgens de ‘Uitwerkingsinstructie toolkitconcepten passiehuys’ moet er vooral op de volgende punten gelet worden:

- Ter plaatse van de aansluitingen van meerdere bouwdelen worden verschillende luchtdichte lagen goed luchtdicht op elkaar aangesloten zodat er geen onderbreking ontstaat;
- Wandcontactdozen moeten opdekdozen zijn of in ieder geval aan de binnenzijde van de luchtdichte laag worden aangebracht. Om de installaties van elektrische voorzieningen te vergemakkelijken kan de luchtdichte laag tussen de isolatie liggen tot maximaal 50 mm erbinnen. Ook kan een leidingspouw worden aangebracht;
- Ventilatiekanalen moeten binnen de luchtdichte laag liggen. Alleen de grote toe- en afvoerkanalen mogen de luchtdichte laag doorbreken;



- Doorvoeren in de luchtdichting voor bijvoorbeeld elektrische aansluitingen en het sanitair moeten afgedicht worden om de luchtdichtheid te behouden.

In het huidige concept wordt de luchtdichtheid berekend door de berekeningsmethode uit NEN 5128. Deze berekening wordt uitgevoerd op basis van ervaringscijfers uit voorgaande projecten. Doordat in dit onderzoek de principedetails uit de 'Uitwerkingsinstructie toolkitconcepten passiefhuis' worden gehandhaafd, wordt de luchtdichtheid bepaald door de gebruiksoppervlakte met 0,15 te vermenigvuldigen.

In de EPC-berekening wordt voor de $q_{v,10kar} < 0,15 \text{ dm}^3/(\text{s m}^2_{Ag})$ ingevoerd.

In tabel 5.12 zijn de c-waarden die in het zeer energiezuinige concept worden gehandhaafd in verhouding tot de c-waarden van klasse 1 en 2 opgenomen.

Tabel 5.12: c-waarden aansluitingen per klasse

Aansluiting	Klasse 1 c-waarde	Klasse 2 c-waarde	Klasse 3 c-waarde
Dakvoet	0,10 dm^3/m	0,05 dm^3/m	0,015 dm^3/m
Nok	0,20 dm^3/m	0,10 dm^3/m	0,030 dm^3/m
Naden tussen kozijn en gevelconstructie	0,05 dm^3/m	0,03 dm^3/m	0,005 dm^3/m
Naden tussen dakramen en dakconstructie	0,10 dm^3/m	0,05 dm^3/m	0,015 dm^3/m
Naden tussen dakplaten en bouwmuur	0,10 dm^3/m	0,05 dm^3/m	0,015 dm^3/m
Naden tussen dakplaten onderling	0,01 dm^3/m	0,005 dm^3/m	0,001 dm^3/m
Naden tussen gevelconstructie en bouwmuur	0,01 dm^3/m	0,01 dm^3/m	0,001 dm^3/m
Naden tussen gevelconstructie en vloeren	0,02 dm^3/m	0,01 dm^3/m	0,002 dm^3/m
Draaiende delen	0,15 dm^3/m	0,12 dm^3/m	0,040 dm^3/m
Opening en doorvoeren in begane grondvloer	0,02 dm^3/m	0,015 dm^3/m	0,010 dm^3/m
Opening en doorvoeren in dakconstructie	7,42 dm^3	1,40 dm^3	0,50 dm^3

Bron: SBR 360: Luchtdicht Bouwen

5.1.7. Gevelopeningen

Om een woning te kunnen betreden, te ventileren of om naar buiten te kunnen kijken dienen er gevelopeningen toegepast te worden.

5.1.7.1. Kozijnen

De kozijnen die in een zeer energiezuinige woning worden geplaatst zijn thermisch onderbroken, extra geïsoleerd, geschikt voor drievoudige beglazing en voorzien van dubbele kierdichting.



Afbeelding 5-24: voorbeeld passief kozijn
Bron: www.demors.nl

Ook de deuren worden geheel geïsoleerd uitgevoerd en voldoen aan bovenstaande criteria. Het temperatuurverloop van de hierboven benoemde kozijnen is in afbeelding 5-26 en 5-27 weergegeven.

5.1.7.2. Beglazing

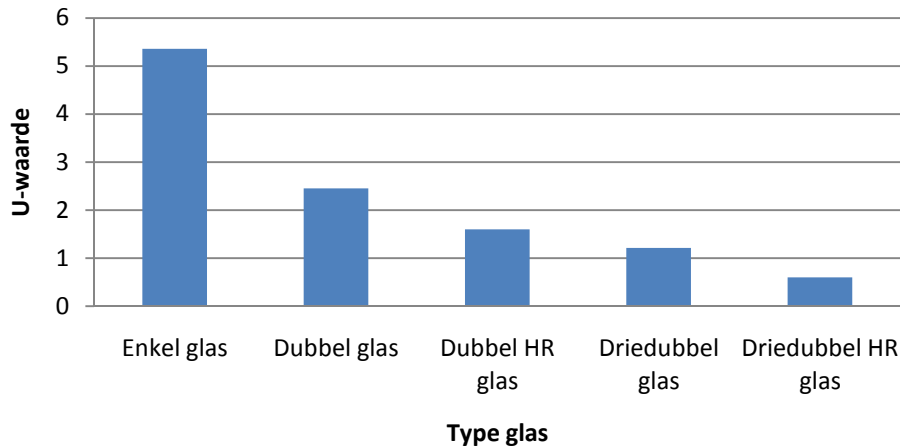
Om een zo goed mogelijke thermische schil te verkrijgen kan een andere beglazing worden toegepast dan de huidige beglazing.

Tabel 5.13: Energy test glastypen

Type glas:	Enkel	Dubbel	Dubbel HR	Driedubbel	Driedubbel HR
Dikte:	6 mm	6 / 13 mm	3 / 13 mm	6 / 13 mm	6 / 13 mm
Vulling:	n.v.t.	Lucht	Argon	Lucht	Argon
Uglas	5,36	2,45	1,6	1,21	0,6

Bron: *Energie en kostenanalyse dubbel en driedubbel glas*

Vergelijking U-waarde glastypen



Afbeelding 5-25: Vergelijking U-waarde glastypen

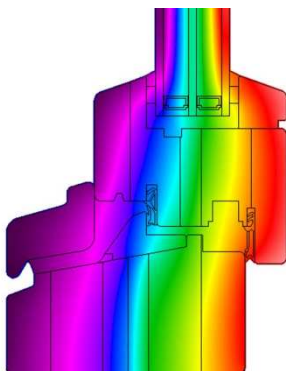
Bron: Energie en kostenanalyse dubbel en driedubbel glas

Drievoudige beglazing heeft de eigenschap om over een jaar gezien meer warmte kunnen binnenlaten dan er door transmissie naar buiten verdwijnt. De drievoudige beglazing kan worden toegepast met een U_w van $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. De ZTA waarde bedraagt $< 60\%$. Dit is afhankelijk van het toegepaste glas.

Het drievoudige glas heeft een spouwvulling met het edelgas Argon. Dit heeft een betere thermische isolatiewaarde dan lucht. Het glas wordt aan de spouwzijde voorzien van een reflecterende coating om oververhitting van de woning in de zomer te voorkomen.

Om lijnvormige warmteverliezen te voorkomen wordt het drievoudige glas dieper in de sponning geplaatst.

Een variant op de drievoudige beglazing is de dubbele beglazing met één of meerdere (in de luchtspouw gespannen) kunststoffolies. Het voordeel van deze beglazing is de dikte van het glas aangezien het dezelfde dikte als normaal dubbel glas heeft. Ook is het glas lichter dan de drievoudige beglazing waardoor het gemakkelijk te plaatsen is. Een nadeel van dit type glas is de hogere kostprijs.

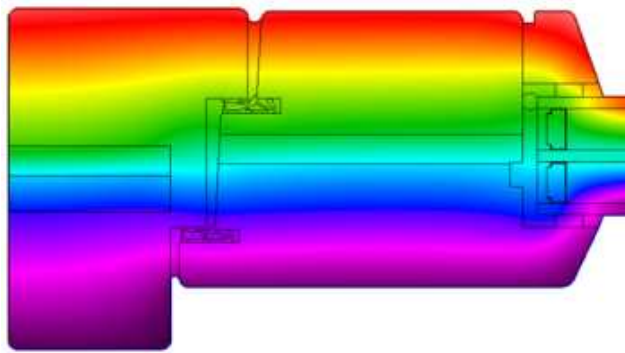


Afbeelding 5-26: Temperatuurverloop passief kozijn met driedubbele beglazing

Bron: www.tifaoverbeek.nl

5.1.7.3. Deuren

De passiefdeuren dienen geheel geïsoleerd en van een dubbele kierdichting met knevelend sluitwerk voorzien te zijn. Een belangrijk aandachtspunt is de drempel. Deze dient koudebrug vrij te worden ontworpen. Om een koudebrug in de deur te voorkomen kan er geen brievenbus worden geplaatst.



*Afbeelding 5-27: Temperatuurverloop passief kozijn met een passiefdeur
Bron: www.tifaoverbeek.nl*

5.1.7.4. Zonwering

De zonwering van een zeer energiezuinige woning dient bij voorkeur aan de buitenzijde te worden toegepast. Op deze manier blijft de warmte buiten de woning en is de zonwering het meest efficiënt.

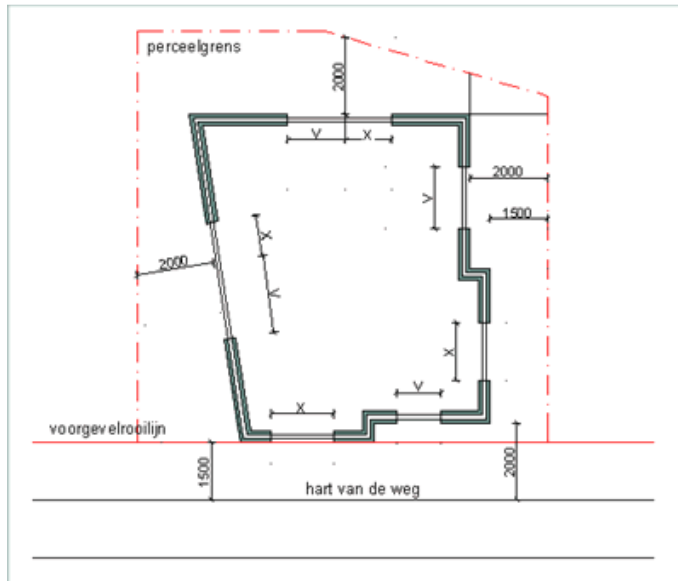
Behalve het toepassen van zonwering kunnen er ook zonwerende elementen aan de woning worden gerealiseerd. Deze kunnen warmte van de hoogstaande zomerzon tegenhouden en warmte van de laagstaande winterzon doorlaten. Voorbeelden van zonwerende elementen zijn overstekken, zonnepanelen aan de gevel en zonwerend glas. Een voordeel van zonwerende elementen aan een woning is dat deze niet door de gebruikers bediend hoeven te worden en dus het meest effectief zijn.

Vaak dient zonwering door de gebruiker bediend te worden. Uit de praktijk blijkt dat deze zonwering zelden in de meest optimale stand staat. Hierdoor is het beter dat zonwering automatisch geregeld wordt.

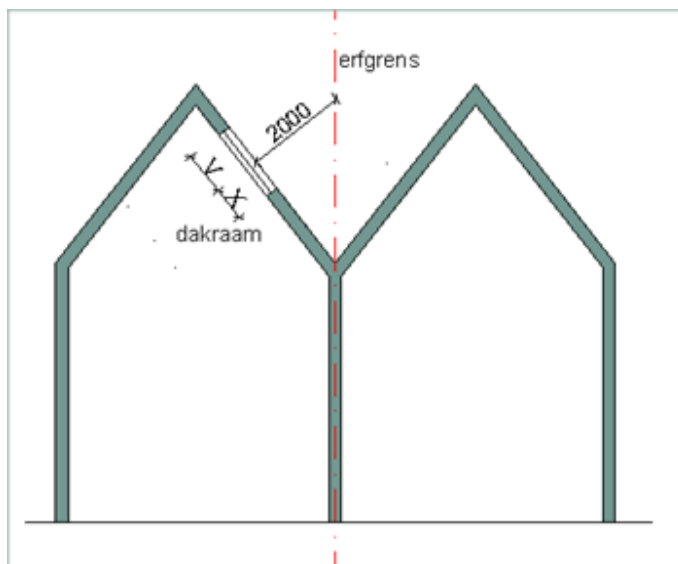
5.1.7.5. Spuiventilatie

Omdat de dubbele woonhuizen in het nieuwe concept ook aan het Bouwbesluit moeten voldoen, dienen er voorzieningen te worden aangebracht om voldoende spuiventilatie tot stand te brengen. Door het openen van ramen en deuren kan in korte tijd de lucht in een woning in zijn geheel worden verversd waardoor de ‘vervuilde lucht’ snel wordt afgevoerd. Voor spuiventilatie kunnen ook de voorzieningen worden gebruikt die zijn bedoeld voor de zomernacht ventilatie. Hierbij dient wel gelet te worden op de effectieve afmetingen. Deze kunnen door de inbraakwerende maatregelen kleiner zijn dan de bouwkundige afmetingen.

De spuiventilatie van een woning moet volgens NEN 1087 voldoen aan een minimale toevoer van $6 \text{ dm}^3/\text{s}$ per m^2 verblijfsgebied. De spuivoorzieningen dienen minimaal twee meter vanuit de perceelgrens te liggen of het hart van de weg. In afbeelding 5-28 en 5-29 is afgebeeld welke voorzieningen aangemerkt kunnen worden voor de spuiventilatie.



Afbeelding 5-28: Voorzieningen die mogen worden aangemerkt voor spuivoorzieningen volgens NEN 1087
Bron: Technisch Advies Bureau Goezinnen B.V.



Afbeelding 5-29: Voorzieningen die mogen worden aangemerkt voor spuivoorzieningen volgen NEN 1087
Bron: Technisch Advies Bureau Goezinnen B.V.

Ook kan er gekozen worden om de gebalanceerde ventilatie te ontwerpen met een overcapaciteit. Wanneer deze de benodigde $6 \text{ dm}^3/\text{s}$ per m^2 verblijfsgebied produceert kan deze ook aangemerkt worden als spuiventilatie. Dit is bij kinderdagverblijven conform het Bouwbesluit, maar mag niet altijd worden toegepast in een woonfunctie. Dit moet per woning worden beoordeeld.

De formule voor het berekenen van het oppervlakte voor de spuivoorziening is:

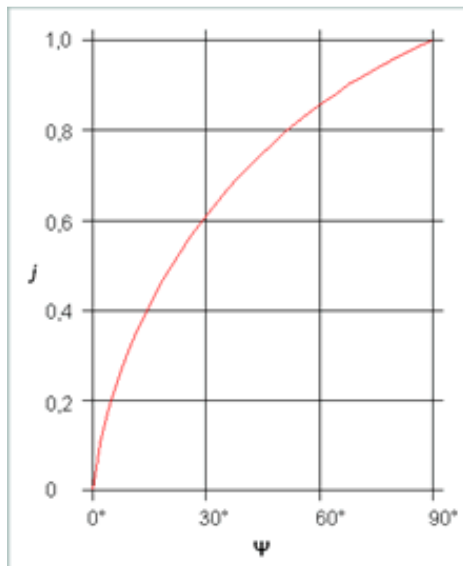
$$q_v = A_{\text{netto}} \cdot V \cdot 1000$$

q_v : De lucht volumestroom door de spuivoorziening in dm^3/s (spuiventilatie capaciteit)

A_{netto} : De oppervlakte van spuivoorziening in m^2

V : De lichtsnelheid in m/s . Wanneer spuivoorzieningen worden toegepast in meer dan één, niet aan elkaar grenzende gevels, mag de waarde 0,4 worden aangehouden. Wanneer de spuivoorzieningen in dezelfde gevel, of aan elkaar grenzende gevels zijn ontworpen, dient de waarde met factor 4 worden verkleind.

Wanneer de spuivoorziening onder een hoek van tenminste 90° kan worden geopend is de netto oppervlakte gelijk aan de oppervlakte van de dagmaat van het kozijn. Wanneer de openingshoek kleiner is, dient de oppervlakte te worden vermenigvuldigd met een correctiefactor. Zie afbeelding 5-30 en de bijbehorende formule.



Afbeelding 5-30: Correctiefactor (j) voor spuivoorzieningen
Bron: Technisch Advies Bureau Goezinnen B.V.

De formule voor het berekenen van de effectieve van de spuiventilatie met een kleinere openingshoek dan 90° is:

$$A_{\text{eff}} = A \cdot j$$

A_{eff} : De effectieve spuiventilatie oppervlakte in m^2

A : De oppervlakte van de dagmaat van het kozijn in m^2

j : De correctiefactor volgens bovenstaande tabel

5.1.7.6. Zomernachtventilatie

Een zomernachtventilatie is een voorziening die voornamelijk in een passiehuys wordt toegepast. Het helpt om oververhitting in de zomer te voorkomen. De voorzieningen om zomernachtventilatie tot stand te brengen kunnen klepramen of te openen geïsoleerde panelen in de gevel zijn. Deze klepramen en/of panelen dienen op de begane grond inbraakwerend te worden uitgevoerd waardoor zij 's nachts geopend kunnen worden.

De klepramen of panelen dienen op verschillende verdiepingen en in verschillende gevels te worden aangebracht. Op deze manier kan een thermische trek worden gerealiseerd. Hierdoor is het mogelijk de ventilatielucht te sturen. Om een goede koeling te verkrijgen dient de ventilatielucht langs de bouwdelen te stromen met een hoge thermische massa. Doordat de gebruikers van de woning 's nachts niet 'leven in de woning' mag de maximale luchtsnelheid als staat beschreven in het Bouwbesluit, worden overschreden. Bij zomernachtventilatie is het belangrijk om een overstroom te verkrijgen. Dit kan bijvoorbeeld door binnendeuren los te zetten.

Capaciteit zomernachtventilatie

Om een woning 's nachts goed af te kunnen koelen dient de lucht in de ruimte minimaal vier keer per uur ververs te worden. Voor het berekenen van de afmetingen van de voorzieningen mogen dezelfde formules worden gebruikt als voor het berekenen van de spuiventilatie. Alleen de luchtvolumestroom (q_v) moet worden berekend, hiervoor kan geen waarde worden aangehouden.

Hiervoor kan de volgende formule worden gebruikt:

$$q_v = \frac{A \times h}{3,6} \times 4$$

- A: De oppervlakte van het verblijfsgebied in m^2
h: De hoogte van de ruimte in m^1



Afbeelding 5-31: Woning met klepramen en geïsoleerde panelen
Bron: Green house effect

5.1.7.7. Blowertest

Om na te gaan hoe luchtdicht een woning of ruimte in een woning is kan de blowertest worden gedaan. Om de luchtdichtheid van een woning te kunnen testen wordt de woning in een lichte onderdruk gezet. Dit doet men door een aangepaste ventilator in de voordeur te plaatsen. De ventilator zorgt voor een klein drukverschil van 50 Pascal tussen de woning en de buitenlucht, wat gelijk staat aan een constante wind van 4 á 5 Beaufort op de gevels. Door deze druk worden luchtlekken snel geactualiseerd en kunnen door middel van een infrarood camera snel worden opgespoord.

Belangrijk is dat er tijdens de meting een maximale windkracht van 5 Beaufort mag staan en een er minimaal temperatuurverschil tussen binnen en buiten van 10 °C aanwezig is. Wanneer dit niet het geval is kan er geen representatieve meting worden gegeven.

De blowertest kan als bewijs voor de klant dienen dat de woning voldoet aan de voorgeschreven luchtdichtheidsklasse. Wanneer een woning niet optimaal luchtdicht is kan dit immers worden teruggevonden op de energierekening.



Afbeelding 5-32: De ventilator van de blowertest
Bron: www.dirkdegroof.be

5.1.8. Lineaire warmteverliezen

Onder lineaire warmteverliezen wordt de warmte verstaan die verloren gaat via de aansluiting van twee of meer constructie-elementen. De lineaire warmteverliezen worden door middel van een Ψ (psi) waarde aangeduid en geeft het energieverlies in Watt per strekkende meter aansluiting per graad temperatuurverschil ($W/(mK)$). De psi-waarden worden bepaald met behulp van binnenafmetingen van een detail.

In de EPC-berekening kan worden gekozen op welk manier de warmteverliezen berekend worden. Via de forfaitaire methode of via de uitgebreide methode. Via de uitgebreide methode kunnen de psi-waarden zelf worden ingevoerd en kan er dus preciezer worden gerekend. Wanneer de psi-waarden sterk zijn teruggedrongen zal dit bij de uitgebreide methode de uitslag van de EPC-berekening ten goede komen.

Er zijn verschillende psi-waarden, voor het phpp rekenmodel (Ψ_{phpp}) en ten behoeve van de EPC-berekening (Ψ_e / Ψ_k). De psi-waarden voor het phpp rekenmodel zijn in dit onderzoek niet van belang aangezien dit rekenmodel niet wordt gebruikt.

In dit onderzoek worden de details uit de 'Uitwerkingsinstructie toolkitconcepten passiehuys' gebruikt. Van deze details zijn de psi (Ψ_e / Ψ_k) waarden reeds berekend en worden in dit onderzoek toegepast.

5.1.9. Conclusies

Er is onderzoek gedaan naar de bouwtechnische mogelijkheden voor energiebesparende maatregelen. Dit wordt gedaan aan de hand van de drie stappen van de Trias Energetica.

1. *Beperken van de energievraag;*
2. *Toepassen van duurzame energie;*
3. *Indien nodig, gebruik fossiele brandstoffen zo efficiënt en schoon mogelijk.*

Beperken van de energievraag

Het beperken van de energievraag begint bij de oriëntatie op de kavel. De gevel die op het zuiden gericht is dient het meeste glasoppervlak te bezitten, zodat er zoveel mogelijk gebruik gemaakt kan worden van de warmte van de zon. De gevel die op het noorden is gericht dient zoveel mogelijk gesloten te zijn. Hierdoor kan er zo weinig mogelijk warmte verloren gaan door de gevelopeningen.



Zowel traditionele stapelbouw als houtskeletbouw en prefab elementenbouw is geschikt voor het bouwen van zeer energiezuinige- en neutrale woningen. Daarentegen is niet elk onderdeel van een bouwmethodiek (op dit moment) geschikt.

Doordat Te Kiefte bouwbedrijf b.v. een goede naamsbekendheid heeft verkregen als een traditionele bouwer, is houtskeletbouw binnen het verkoopconcept van het bedrijf niet geschikt.

Uit een intern onderzoek is gebleken dat er geen prijsverschil bestaat tussen een enkele traditioneel of een enkele prefab gebouwde woning. Hierdoor kan er beter een prefab gebouwde woning worden toegepast omdat alle elementen in een fabriek worden vervaardigd en dus allemaal dezelfde kwaliteit hebben. Dit komt ten goede aan de algehele kwaliteit van de woning.

Als isolatiemateriaal voor een woning is PIR isolatie het beste. PIR heeft de beste prijs-kwaliteitverhouding. Ook kan door middel van het afplakken van de naden een damp- en luchtdichte thermische schil worden verkregen. Dit is cruciaal voor het verkrijgen van luchtdichtheid. Resol-schuim heeft deze eigenschap maar dit isolatiemateriaal is € 0,50 per vierkante meter duurder dan PIR isolatie. De betere lambda-waarde van Resol-schuim heeft effect op de dikte van het isolatiemateriaal. Bij een Rc-waarde van $8 \text{ m}^2\text{K/W}$, is Resol-schuim 2 centimeter dunner als PIR. Dit heeft echter geen tot weinig consequenties voor de bouwmethodiek waardoor er prijstechnisch gezien beter PIR isolatie kan worden toegepast.

Doordat een zeer energiezuinige woning weinig energie verbruikt, dient de luchtdichtheid van de woning te worden geoptimaliseerd. Hierdoor wordt de warmtevraag teruggedrongen. De q_v 10-waarde moet aan $0,15 \text{ (dm}^3\text{/s)}$ voldoen. De luchtdichtheid relateert ook aan lage Ψ -waarden van de verschillende aansluitingen.

De kozijnen die worden toegepast in een zeer energiezuinige woning zijn de zogeheten passiefkozijnen. Dit zijn geïsoleerde kozijnen die zijn voorzien van isolatie en driedubbel glas. Hierdoor wordt het warmteverlies door een gevelopening tot een minimum beperkt.

De woning moet aan het geldende Bouwbesluit blijven voldoen en dient dus te worden voorzien van spuicapaciteit. Een extra voorziening in de woning is de zomernachtventilatie. Hierbij dient de woning vier keer per uur van verse lucht te worden voorzien. Hierdoor kan de woning in een zomernacht afkoelen en wordt de kans op oververhitting voorkomen. Voor de zomernachtventilatie kunnen ook spuivoorzieningen worden gebruikt. Een nadeel hiervan is dat de ventilatiesystemen nooit tegelijkertijd gebruikt kunnen worden.

Om er zeker van te zijn dat een woning voldoet aan de luchtdichtheid waarmee de energievraag is berekend, kan er een blowertest worden toegepast. Deze test controleert de luchtdichtheid van een woning. Vervolgens kunnen eventuele luchtlekken geconstateerd worden. Het testen van de luchtdichtheid is aan het einde van de ruwbouwfase cruciaal. Wanneer luchtlekken tijdens of na de oplevering geconstateerd worden, kost het de aannemer veel geld om deze luchtlekken te verhelpen aangezien de aansluitingen al zijn afgewerkt.



5.2. Welke energiebesparende maatregelen zijn er mogelijk (installaties)?

De installaties in een zeer energiezuinige woning zijn geoptimaliseerd voor een zeer lage energiebehoefte. De keuze van de warmtebron wordt bepaald door de warmtevraag voor de bereiding van warm tapwater. Het systeem voor ruimteverwarming wordt hiervan afgeleid. Een deel van de benodigde warmte kan bijvoorbeeld geleverd worden door een zonneboiler. Er wordt gestreefd naar een zo goed mogelijke afstemming van warm tapwater-/verwarmings- en ventilatiesysteem, zodat er geen overbodige installaties in de woningen hoeven te worden geïnstalleerd. Hierbij sluit luchtverwarming goed aan, omdat een warmtedistributiesysteem voor ruimteverwarming in dat geval niet nodig is. Inmiddels zijn er apparaten op de markt waarin verwarming, warm tapwaterbereiding, ventilatie en het gebruik van zonne-energie zijn geïntegreerd en goed op elkaar zijn afgestemd. Dat betekent een grote vereenvoudiging van de installaties, montage, de inregeling en het gebruik.

Gebruikersinformatie

Om de installatie van een passiefhuis goed te kunnen gebruiken moet de bewoner de installatie ook goed kunnen begrijpen. Door de bewoners informatie te verstrekken over de installatie kunnen zij beter omgaan met de mogelijkheden die de installatie biedt. Daartoe kan de bewoners een begrijpelijke gebruikershandleiding worden overhandigd. In deze handleiding kunnen de volgende zaken nader verklaard worden:

- Hoe de installatie ontworpen is;
- Uit welke onderdelen de gehele installatie bestaat;
- Wat de technische aspecten van de installatie zijn;
- Wat de gebruikersmogelijkheden van de installatie zijn;
- Hoe de installatiecomponenten onderhouden en gereinigd kunnen worden;
- Hoe storingen kunnen worden opgelost;
- Hoe de installatie is ingeregeld en waarom;
- Welke afzuigkap aangesloten mag worden op de installatie.

ISSO heeft een website ontwikkeld waarop informatie te vinden is over verschillende installatiesystemen die in de woningbouw toegepast worden (www.mijninstallatie.info). De beschikbare 'handleiding woninginstallaties' gaat in op onder andere verwarming, warm tapwater, ventilatie, het sanitair, elektriciteit en de meterkast. Diverse onderdelen zijn afzonderlijk opgenomen en het is mogelijk een standaard gebruikershandleiding te genereren. De informatie is afgestemd op de werking, het onderhoud en het gebruik door de bewoners, maar er is ook informatie opgenomen voor professionals.

5.2.1. Ventilatie

In een zeer energiezuinige woning wordt onderscheid gemaakt tussen het basisventilatiesysteem, de zomernacht ventilatievoorzieningen en het spuiventilatiesysteem. Deze systemen kunnen tegelijkertijd naast elkaar worden gebruikt. Het basissysteem is bij een zeer energiezuinige woning veelal een gebalanceerd systeem dat voorzien is van hoogrendement warmteterugwinning (rendement $\geq 90\%$). Om de gebruiker voldoende beïnvloedingsmogelijkheden te geven om aan zijn persoonlijke comforteisen te kunnen voldoen, kan gebruik gemaakt worden van de zomernachtvoorzieningen en te openen ramen. Om sterk vervuilde lucht, bijvoorbeeld na schilderactiviteiten, in korte tijd uit de woning te

ventileren, is een spui ventilatiesysteem aanwezig. Zomernachtventilatie en spui ventilatie zijn in paragraaf 5.1.7.5. en 5.1.7.6. behandeld.

Een gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning is het enige basis ventilatiesysteem dat toegepast kan worden bij zeer energiezuinige en/of energieneutrale woningen. Dit heeft te maken met luchtdichtheid (gebalanceerd ventileren) en ruimteverwarming (warmteterugwinning uit reeds verwarmde lucht). Daarom zal in dit onderzoek alleen dit systeem worden behandeld.

Eisen voor ventileren

In dit onderzoek wordt er uitgegaan van de ventilatie-eisen uit het Bouwbesluit 2003, artikel 3.48, eerste lid. De minimale vereiste ventilatiecapaciteit is afhankelijk van de vloeroppervlakte en de functie van een ruimte. De vereiste minimum ventilatiehoeveelheden in woningen zijn in onderstaand tabel weergegeven.

Tabel 5.14: Ventilatiehoeveelheden volgens Bouwbesluit 2003

Ruimte	Capaciteit
Verblijfsgebied	0,9 dm ³ / (s · m ² Ag) met een minimum van 7 dm ³ / s
Verblijfsruimte	0,9 dm ³ / (s · m ² Ag) met een minimum van 7 dm ³ / s
Verblijfsruimte met kooktoestel (15 kW)	0,9 dm ³ / (s · m ² Ag) met een minimum van 21 dm ³ / s
Toiletruimte	7 dm ³ / s
Badruimte	14 dm ³ / s
Meterruimte met gasaansluiting	2 dm ³ / (s · m ² netto inhoud) met een minimum van 2 dm ³ / s

Bron: Uitwerkingsinstructie Toolkitconcepten Passiefhuis

De werking van het ventilatiesysteem en het bewonersgedrag bepaald de hoeveelheid ventilatielucht die werkelijk wordt ververs. Om luchtkwaliteit te waarborgen stelt het Bouwbesluit een aantal eisen. Deze eisen zijn in onderstaand tabel weergegeven.

Tabel 5.15: Eisen aan toevoer en afvoer van lucht volgens Bouwbesluit 2003

Ruimte	Eisen	
	Luchttoevoer minimaal 50% rechtstreeks van buiten	Luchttoevoer rechtstreeks naar buiten
Verblijfsgebied	Ja	Ja
Verblijfsruimte	Ja	-
Verblijfsruimte met kooktoestel (15 kW)	Ja	Ja
Toiletruimte	-	Ja
Badruimte	-	Ja

Bron: Uitwerkingsinstructie Toolkitconcepten Passiefhuis

Luchtsnelheden

Ventilatievoorzieningen veroorzaken luchtstromingen in gebouwen. De behaaglijkheid kan negatief beïnvloed worden wanneer de luchtsnelheden in ruimten te hoog zijn. In de gebruikszone van ruimten mogen luchtsnelheden niet groter zijn dan 0,20 m/s. Deze eisen leggen beperkingen op voor de plaatsing van ventilatieroosters en de inblaassnelheid van de ventilatielucht.



Gelijkstroom ventilatoren

Bij de aanschaf van een ventilatiebox kan gekozen worden voor gelijkstroomventilatoren of wisselstroomventilatoren. Ventilatieboxen op gelijkstroom zijn veel energiezuiniger dan op wisselstroom. Het opgenomen vermogen van een ventilatiebox op gelijkstroom zal in de laagste stand door het efficiënter terugregelen van het toerental sterk dalen. De aanschafprijs van deze ventilatoren is echter duurder dan bij de standaard 220V wisselstroomventilatoren. Doordat het grootste gedeelte van het jaar het ventilatiesysteem op de laagste stand is ingesteld kan een besparing van meer dan 45% worden gehaald, in vergelijking met de wisselstroomventilator.

Uitschakelbaarheid

Het is zeer belangrijk dat het ventilatiesysteem altijd ingeschakeld is, zodat de goede kwaliteit van binnenlucht behouden blijft. Het ventilatiesysteem dient daarom direct op het elektriciteitsnet te worden aangesloten, zonder tussenkomst van een stekkeraansluiting. Als een ventilatiesysteem door middel van een stekker op de elektriciteit wordt aangesloten, kan het voorkomen dat het systeem wordt uitgezet door een bewoner. Een bewoner wil bijvoorbeeld stofzuigen en haalt hiervoor de stekker van het ventilatiesysteem uit het stopcontact om vervolgens de stofzuiger aan te sluiten. Als deze bewoner na het stofzuigen vergeet de stekker van het ventilatiesysteem terug te plaatsen, zal de woning niet meer worden geventileerd en zal een slecht binnenklimaat een gevolg zijn.

Aandachtspunten ventilatievoorziening

Voor het extra ventileren van een specifieke ruimte, kan de bewoner gebruik maken van de te openen delen in de gevel (zomernacht ventilatievoorzieningen of spui ventilatievoorzieningen). Deze natuurlijke ventilatievoorzieningen zijn niet uitgerust met warmteterugwinning. Bij gebruik van deze ventilatievoorzieningen voor het verlagen van de temperatuur in ruimten gedurende het stookseizoen kan het energieverbruik aanzienlijk toenemen. Wanneer het gewenst is de hele woning extra te ventileren, kan de hoogste stand (stand 3) van het gebalanceerde ventilatiesysteem gebruikt worden. Door de hieraan gekoppelde warmteterugwinning is de benodigde extra energie beperkt.

Ten behoeve van een goed werkend ventilatiesysteem zijn overstroomvoorzieningen tussen de vertrekken, de gang en de natte ruimten noodzakelijk. Evenals in traditionele woningen zullen dit veelal spleten onder deuren zijn. Deze moeten minimaal 3,5 cm hoog zijn om een opening van 2 cm bij toepassing van vloerbedekking te garanderen. Vanuit het oogpunt van brandveiligheid mag de spleet onder een deur niet groter zijn dan 0,02 m² en gemeten vanaf de vloer niet hoger dan 0,05 meter. Bij het toepassen van overstroomvoorzieningen moet erop gelet worden dat de geluidwering en de brandwerendheid van de scheidingsconstructie voldoen.

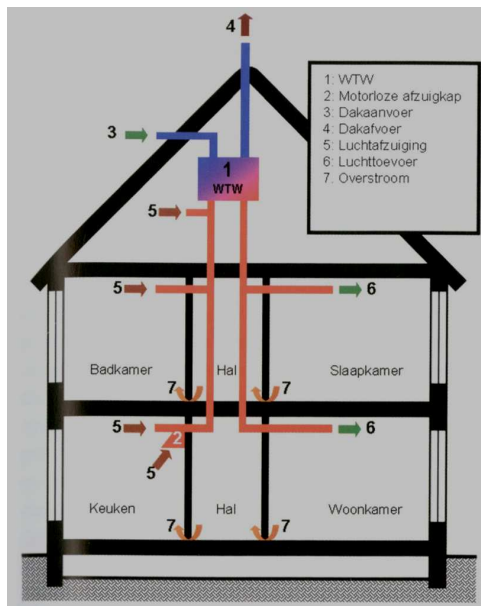
Thermisch gezien is het niet verstandig om open haarden toe te passen, omdat er over het jaar heen meer energie door de schouw verloren gaat dan er door de haard wordt opgewekt. Openhaarden zijn hierdoor per saldo een negatieve energieleverancier, zelfs wanneer deze voorzien zijn van een afsluitklep. Bovendien kan bij toepassing van een open haard of kachel niet aan de eisen voor luchtdichtheid worden voldaan.

5.2.1.1. Gebalanceerde ventilatievoorziening met warmteterugwinning

Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning is een basisventilatiesysteem. Bij een centraal systeem wordt in de verblijfsruimten lucht mechanisch aangevoerd. Afvoer vindt plaats via de keuken, de badkamer en het toilet. De afgevoerde lucht geeft via de warmteterugwinunit zijn warmte grotendeels af aan de toevoerlucht, waardoor deze wordt opgewarmd. Het systeem voor warmteterugwinning kan buiten het stookseizoen om door middel van een bypass worden uitgeschakeld. Door het voorverwarmen van toevoerlucht is het een comfortabel systeem en zorgt deze voor een aanzienlijke energiebesparing.

Werking van het systeem

In onderstaande afbeelding wordt een schematische voorstelling van een centraal gebalanceerd ventilatiesysteem weergegeven. Bij een gebalanceerd ventilatiesysteem wordt de buitenlucht aangezogen vanaf het dak of de gevel (3). Vervolgens wordt de lucht voorverwarmd met een warmtewisselaar (WTW) die de warmte onttrekt aan de afgezogen lucht (1). De lucht wordt in de woon- en slaapvertrekken ingeblazen (6). De lucht wordt afgezogen via de natte ruimten (5) en de keuken (2). De afzuigkap in de keuken moet motorloos zijn als deze is gekoppeld aan het ventilatiesysteem. Vanaf de afzuigpunten wordt de lucht via de warmtewisselaar en een dakdoorvoer (4) naar buiten gebracht (positionering conform NEN 1087). De warmte wordt aan de afgezogen lucht onttrokken (1) en overgedragen aan de verse toevoerlucht. Onder alle binnendeuren is een spleet (7) opengelaten die ervoor zorgt dat de lucht vanuit de woon- en slaapkamers over kan stromen naar de natte ruimten, waar de lucht afgevoerd van worden.



Afbeelding 5-33: Schematische voorstelling van een centraal gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning

Bron: Uitwerkingsinstructie Toolkitconcepten Passiefhuis

Bediening en standenregeling

Het bedienen van het ventilatiesysteem door de bewoner gebeurt door middel van een driestandenschakelaar. Deze bedieningsknop kan het beste worden gepositioneerd in keuken en badkamer. Ook is het mogelijk om bewoners te attenderen op vervuilde rooster in het systeem door middel van een signalering (bijvoorbeeld in de keuken).

In de middelste stand van de driestandenregeling dienen de minimaal vereiste ventilatiehoeveelheden van het Bouwbesluit gegarandeerd te worden. Het geluidsniveau mag in deze stand maximaal 30 dB(A) bedragen in de woonvertrekken en 25 dB(A) in de slaapvertrekken. Door de verbeterde schil zijn achtergrondgeluidsniveaus in zeer energiezuinige woningen lager, waardoor interne bronnen eerder als hinderlijk worden ervaren. Geluidsproductie van systemen is daardoor bij de keuze zeer belangrijk. De middelste stand dient voor het ventileren wanneer er niemand aanwezig is in de woning. Door het gebruik van de afwezigheidsstand kan het energieverbruik van de woning gereduceerd worden tijdens afwezigheid. Wanneer er veel personen in de woning aanwezig zijn, er wordt gekookt of gedoucht, kan de hoogste stand van de driestandenregeling worden gebruikt. De akoestische eisen mogen in deze situatie overschreden worden.

Door middel van een flowfinder worden de inblaas- en afvoerventielen ingeregeld. De werking van het systeem moet na voltooiing van de werkzaamheden worden gecontroleerd. Om ontregeling van de installatie te voorkomen is het belangrijk dat de ventielen niet eenvoudig ontregeld kunnen raken, bijvoorbeeld wanneer deze gereinigd worden. De inblaas- en afvoerventielen moeten bij voorkeur na afstelling geborgd worden zodat ontregeling voorkomen wordt.



Afbeelding 5-34: Ventilatierooster met afstelbaarheid en borging
Bron: www.jestorkair.nl

Het gebalanceerde ventilatiesysteem kan door middel van een driestandenschakelaar handmatig worden geregeld. Om het comfortniveau van de woning te verhogen kan het systeem worden voorzien van sensoren, waardoor een zelfregelend systeem ontstaat. Hierdoor bepaalt het systeem de hoeveelheid lucht die wordt aan- en afgevoerd aan de hand van de concentratie kooldioxide (CO₂), de temperatuur of de luchtvochtigheid die in de woning aanwezig is. De sensoren kunnen worden geplaatst in bijvoorbeeld keuken en badkamer. Het is echter verstandiger om de sensoren in alle verblijfsruimten te plaatsen, zodat een gezond leefklimaat in de ruimten wordt gecreëerd.

De CO₂-sensor meet continu, uiterst nauwkeurig de luchtkwaliteit. Zodra de luchtkwaliteit onvoldoende is (te hoge CO₂ concentratie) wordt dit door de sensor doorgegeven aan het ventilatiesysteem, die daarom de ventilatiecapaciteit vergroot totdat de luchtkwaliteit weer voldoende is. Een algemene maatstaf voor de luchtkwaliteit in een vertrek is het CO₂ niveau, uitgedrukt in een 'ppm-waarde' (Parts Per Million). In een goed geventileerde ruimte zal een niveau van < 800 ppm gemeten worden. Door middel van een indicator op de CO₂-sensor wordt de luchtkwaliteit in de ruimte aangegeven.



Afbeelding 5-35: CO₂-sensor
Bron: www.jestorkair.nl



Afbeelding 5-36: Handmatige regeling ventilatiesysteem
Bron: www.jestorkair.nl

Installatietechnische uitgangspunten

Bij de toepassing van een gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning zijn een aantal installatietechnische uitgangspunten belangrijk. Deze uitgangspunten zijn:

- Toepassen van een bypass. Dit betekent dat de warmteterugwinning in de zomer wordt uitgeschakeld en oververhitting wordt voorkomen;
- De temperatuur van de ingeblazen temperatuur moet ten minste 16°C zijn, uitgaande van een binnentemperatuur van 20°C en een buitentemperatuur van -10°C;
- Het inblazen van lucht met een temperatuur tussen de 16°C en 18°C is alleen toegestaan met inducerende inblaasroosters. Deze zorgen voor een snelle menging van de ventilatielucht en de ruimtelucht, waardoor tochtklachten voorkomen worden;
- Bij het ontwerp van het ventilatiesysteem rekening houden met geluidsdempers en of deze noodzakelijk zijn volgens de ISSO-richtlijnen;
- Door het plaatsen van de ventilatie- en warmteterugwinunit in een afgesloten ruimte kan overlast in de rest van de woning voorkomen worden;
- Ronde kanalen hebben de voorkeur boven rechthoekige kanalen. De weerstand in ronde kanalen is kleiner, waardoor een groter debiet mogelijk is. Ronde kanalen zijn echter moeilijker te integreren met massieve vloersystemen (vooral met doorsneden van ronde kanalen groter dan 125 mm);
- De inblaassnelheden moeten voldoende laag zijn om geen hinderlijke achtergrondgeluidsniveaus en tochtklachten te veroorzaken. De inblaassnelheid mag maximaal 0,20 m/s bij het rooster bedragen en in de leefzone mag de luchtsnelheid niet hoger zijn dan 0,20 m/s;
- Om geluidsoverlast door hoge luchtsnelheden in de kanalen te voorkomen moet de afmetingen voldoende groot zijn. Om problemen te voorkomen kan het aanleggen van afzonderlijke kanalen naar alle ruimten gewenst zijn.



Grondbuis

Het is bij een gebalanceerd ventilatiesysteem gebruikelijk om lucht direct via de gevel van buiten naar de warmtewisselaar te leiden. Wanneer het buiten zeer koud is kan de warmtewisselaar de toevoerlucht niet voldoende voorverwarmen, waardoor naverwarmen noodzakelijk is. Door de toevoerlucht eerst door een grondbuis te leiden, kan de warmtecapaciteit van de grond gebruikt worden om de aanvoertemperatuur bij de warmtewisselaar te verhogen. Om voldoende profijt te hebben van de opwarming van de grond moet de buis ongeveer 30 meter lang zijn om de warmte van de grond op de lucht te kunnen overbrengen. In België en Duitsland is veel ervaring opgedaan met dit systeem.

Tijdens warme zomerdagen kan de grondbuis gebruikt worden om de toevoerlucht te koelen. Deze methode van passieve koeling kan het risico op temperatuuroverschrijding in de woning verkleinen en verhoogt het wooncomfort in de zomer. De passieve voorverwarming of – koeling van de ventilatielucht leidt tot een energiereductie. Om gezondheidsproblemen te voorkomen door bacterie- en schimmelmicrobiële groei is het noodzakelijk dat een grondbuis wordt voorzien van een antibacterieel filter. Dit voorkomt dat aangevoerde lucht verontreinigd wordt.

Aan- en afvoervoorziening

Er moet in een ontwerp aandacht worden besteed aan de plaatsing van de aan- en afvoervoorzieningen in ruimten. Zo moet de plaats van de inblaasventielen zodanig gekozen worden, dat er geen tochtklachten optreden en een goede ventilatie van het gehele vertrek is gegarandeerd. Hierbij moet zo veel mogelijk rekening gehouden worden met een mogelijke herindeling van een ruimte. Ook mag een afzuigpunt in een ruimte niet naast een deur, raam of toevoerventiel geplaatst worden. Dit om kortsluiting van luchtstromen te voorkomen. Bij kortsluiting via een raam kan de warmteterugwinunit een groot deel van zijn rendement verliezen doordat er direct koude lucht van buiten wordt afgevoerd. Dit kan leiden tot tochtklachten in andere vertrekken omdat de verse lucht onvoldoende voorverwarmd wordt.

Plaatsing van het ventilatiesysteem

Om een ventilatiesysteem goed te kunnen plaatsen, moet er een aan- en afvoerkanaal naar buiten aanwezig zijn. De opening van het aanvoerkanaal moet voldoende ver van het afvoerkanaal geprojecteerd zijn, zodat aan de in het Bouwbesluit vereiste verdunningsfactoren wordt voldaan. Bij de opstelplaats moet bekabeling aanwezig zijn voor de aansturing vanuit de badkamer en keuken en een signalering van vervuilde roosters in de keuken. Ook moet een afvoer naar het riool aanwezig zijn om condenswater af te voeren. Bij het plaatsen of ophangen van de ventilatie-unit moet rekening gehouden worden met eventuele overlast van trillingen naar de constructie of luchtkanalen. Een systeem kan trillingsvrij worden aangebracht door bijvoorbeeld plaatsing op 50 mm minerale wol of rubberblokken van 30 mm dik. In verband met het beperken van geluidsoverlast van de installatie, wordt de ventilatie-unit bij voorkeur geplaatst in een afgesloten ruimte.

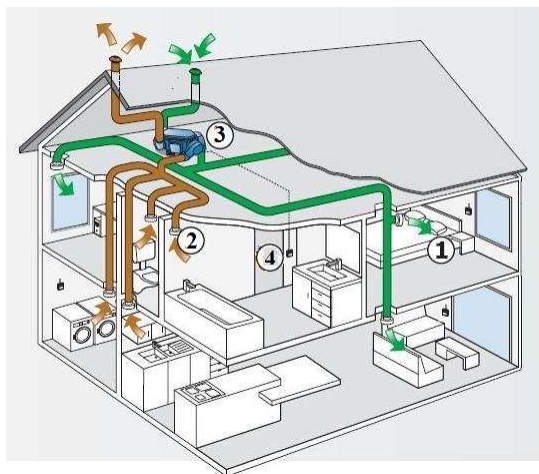
Afzuigkap keuken

Er dient een motorloze afzuigkap te worden toegepast als in de keuken de afzuigkap is aangesloten op het gebalanceerde ventilatiesysteem. Door de afzuigkap op het ventilatiesysteem aan te sluiten wordt warmte teruggewonnen uit de boven het kooktoestel afgezogen lucht. Door de aansluiting van de afzuigkap stijgt het geluidniveau in de hele woning wanneer de hoogste stand gebruikt wordt. Motorloze afzuigkappen mogen op het mechanische ventilatiesysteem worden aangesloten indien:

- De capaciteit van de afzuigkap $< 125 \text{ m}^3/\text{h}$;
- De afzuigkap voorzien is van filters;
- De kap afsluitbaar is.

Om de ventilatiehoeveelheid te garanderen wanneer de afzuigkap afgesloten is moet er voldoende ventilatie worden gerealiseerd door andere in de keuken aanwezige afzuigpunten. Een circulatiekap kan direct op het gebalanceerde ventilatiesysteem worden aangesloten. In de normale stand zuigt de kap vervuilde lucht af. Tijdens het koken wordt de afzuigcapaciteit vergroot tot maximaal 150 m^3 per uur. Om de gewenste afzuiging van 300 m^3 per uur tot stand te brengen, wordt 150 m^3 gefilterd en via recirculatie direct in de woning teruggebracht.

Indien de afvoerlucht rechtstreeks naar buiten wordt afgevoerd, kan een afzuigkap met motor worden toegepast. Deze gescheiden installatie zorgt ervoor dat tijdens gebruik van de afzuigkap de warmteverliezen toenemen omdat warmte uit de afgevoerde lucht niet wordt teruggewonnen. Door het incidentele gebruik van de afzuigkap hoeft er geen extra luchttoevoer plaats te vinden als de capaciteit van de afzuigkap lager is dan $300 \text{ m}^3/\text{h}$. De werking van de afzuigkap zorgt voor een tijdelijke onbalans in het ventilatiesysteem. De afzuigkap wordt veelal, net als de keukeninrichting, door de bewoners zelf gekozen. Het is belangrijk dat de afzuigkap duidelijk wordt vermeld in de gebruikershandleiding van een zeer energiezuinige woning, zodat de bewoner bij aanschaf van een afzuigkap hiermee rekening kan houden.



1. verse gefilterde lucht naar woon- en slaapvertrekken e.d.
2. vervuilde lucht uit keuken, badkamer e.d.
3. balansventilatiesysteem
4. CO₂-sensor in ruimten

Afbeelding 5-37: Balansventilatie met warmteterugwinning, CO₂-sensor
Bron: www.renson.be

Energetische aandachtspunten

Belangrijke energetische aandachtspunten met betrekking tot het ventilatiesysteem voor zeer energiezuinige woningen zijn:

- Luchtkanalen moeten geïsoleerd worden en zo kort mogelijk zijn wanneer er luchtverwarming wordt toegepast. Om transportverliezen te minimaliseren moeten isolatiediktes van 4 cm tot 6 cm worden toegepast. Wanneer de luchtkanalen worden ingestort in een betonnen vloerconstructie moet er rekening gehouden worden met deze voorziening. Om condensatie op de kanalen en condensatie van vocht in het isolatiemateriaal te voorkomen, dient de isolatie dampdicht te zijn.
- Zowel binnen als buiten de thermische schil kan de warmteterugwinunit worden geplaatst. In ieder geval moet de unit zo dicht mogelijk bij de thermische schil geplaatst worden, waardoor koude luchtkanalen in de woning beperkt blijven. De warmteverliezen vanuit de kanalen kunnen een aanzienlijke invloed hebben op de efficiëntie van de warmteterugwinning. Om condensatie op het kanaal te voorkomen moet de thermische isolatie van de koude luchtkanalen (zowel luchtaanvoer als luchtafvoer) dampdicht uitgevoerd zijn.



Afbeelding 5-38: Warmteterugwinunit
Bron: www.pdevies.nl

Financieel

Bij het toepassen van een gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning kan in een gemiddeld huishouden 250 m³ gas per jaar worden uitgespaard. In het huidige concept wordt geventileerd door middel van systeem C (natuurlijke toevoer en mechanische afvoer van lucht). De meerprijs van een gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning ten opzichte van ventilatiesysteem C is circa € 1500,-.

Waardering van het ventilatiesysteem

In de media zijn de afgelopen jaren meerdere negatieve berichten gepubliceerd over balansventilatie in goed geïsoleerde woningen. Een gemiddelde bewoner van een goed geïsoleerd huis zal zich hebben verbaasd over artikelen die reppen over gezondheidsproblemen in geïsoleerde woningen. Slechte ventilatie kan leiden tot gezondheidsproblemen als hoofdpijn, allergieën en ademhalingsklachten. Velen ervaren isolatie juist als comfortabel. Mensen met car, astma of allergieën ondervinden zelfs positieve effecten van goede isolatie met ventilatie.



De matige waardering door gebruikers van een goed geïsoleerde woning met balansventilatie heeft met name te maken met een slecht ontworpen ventilatiesysteem waarbij tevens kozijnen met vast glas zijn toegepast. Ook onvoldoende voorlichting aan gebruikers van de woning is mede de oorzaak van problemen met de gezondheid van bewoners.

Informatie voor gebruikers

In een zeer energiezuinige woning worden installaties toegepast, waarvan de gebruikers van de woning weinig tot niets afweten. Zoals vermeld in paragraaf 5.2, is het belangrijk dat Te Kieft bouwbedrijf b.v. gebruikers goed informeert over de werking van de systemen, het onderhoud dat de verschillende systemen nodig hebben en hoe er gehandeld moet worden bij een mogelijke storing in het systeem. Het informeren van de gebruikers dient bij oplevering van de woning te gebeuren, waarbij een gebruikershandleiding van de woning met de verschillende installaties afgegeven zal moeten worden.

Bij een gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning is het belangrijk dat er regelmatig onderhoud aan de installatie wordt verricht, zodat een comfortabel binnenklimaat behouden blijft. Het reinigen van filters en schoonhouden van aan- en afvoerroosters zijn onderhoudswerkzaamheden die de gebruikers eenvoudig kunnen uitvoeren.

In een gebruikershandleiding van de aanwezige installaties in de woning kunnen een aantal onderhoudsadviezen en mogelijke storingsgevallen beschreven worden, zodat de gebruikers goed geïnformeerd worden. Een aantal adviezen voor het onderhouden van het ventilatiesysteem zijn hieronder beschreven:

- Zet balansventilatie nooit uit. Wanneer het systeem voorzien is van een stekker; trek de stekker van de centrale ventilatorunit niet uit het stopcontact, behalve bij onderhoud door een specialist.
- Reinig de toevoer- en de afvoerventielen minimaal één keer per jaar of zoveel vaker als nodig blijkt.
- Schrijf een merkteken bij de schakelaar op de groepenkast die de balansventilatie bedient en schakel hiermee het ventilatiesysteem uit in geval van een ramp. Dit geldt wanneer de overheid de bevolking adviseert deuren en ramen te sluiten.
- Laat de ventilatie-unit één keer per jaar door uw installateur nakijken en zo nodig schoonmaken/bijstellen.
- Controleer het filter in de afzuigkap minstens eens per twee maanden en vervang deze of maak het schoon.
- Maak minimaal één keer per maand de twee filters in de warmteterugwinunit schoon met behulp van een stofzuiger. Plaats deze altijd in dezelfde stand terug zoals zij eruit gehaald zijn. Ook is het belangrijk dat filters snel worden teruggeplaatst, aangezien het systeem in werking blijft.
- Vervang minimaal twee keer per jaar de filters. Dit is eenvoudig zelf te doen. Ook kunt u dit door de installateur laten doen. U kunt filters kopen bij uw installateur, onderdelenwinkels voor huishoudelijke artikelen, via internet en soms bij de fabrikant.
- Als het systeem veel lawaai maakt, is het niet in orde. Laat het dan nakijken en eventueel opnieuw instellen door een installateur. Maak ventielen, roosters en eventuele filters regelmatig schoon voor optimale werking en om te voorkomen dat ongezonde lucht zich ophoopt in huis. Gebruikershandleidingen zijn vaak verkrijgbaar bij de installateur of te downloaden op de website van het bedrijf.
- Zorg voor voldoende luchtcirculatie binnen in huis. Dat gaat vanzelf met ventilatieroosters in de deuren of een ruimte van minimaal twee centimeter onder de deur.

- Bij piekverontreiniging, zoals het drogen van de was, klussen in huis, of wanneer er extra veel mensen in huis zijn, moet het systeem op stand 3. Luchten is met een dergelijk systeem niet nodig.



Door het branden van kaarsen in de woning die niet bestemd waren voor binnengebruik, zijn deze filters binnen één dag vervuild.



Sterk vervuilde filters door het niet tijdig reinigen/onderhouden



Sterk vervuilde filters door het niet tijdig reinigen/onderhouden

Afbeelding 5-39: Vervuilde roosters
Bron: www.wooninvest.nl

5.2.1.2. **Vraaggestuurd ventileren op basis van CO₂ in iedere ruimte**

De fabrikanten JE Storkair en Itho hebben een volledig vraaggestuurd ventilatiesysteem ontwikkeld dat zorgt voor een optimale luchtkwaliteit zonder dat de gebruiker hier iets voor hoeft te doen. Hierbij wordt er niet alleen in de badkamer, keuken en toilet afgezogen maar ook in de woonkamers en slaapkamers. Fabrikant Itho levert dit systeem dat is gebaseerd is op natuurlijke toevoer en mechanische afvoer van lucht (systeem C). JE Storkair levert dit systeem dat is gebaseerd op gebalanceerde ventilatie (systeem D).

De ventilatie vindt plaats op basis van CO₂-metingen in iedere verblijfsruimte. Als er veel personen in de woning aanwezig zijn, bijvoorbeeld tijdens een feestje, dan werkt het systeem in de hoogste ventilatiestand. Als er niemand in de woning aanwezig is, dan past het systeem zichzelf automatisch aan en wordt er minimaal geventileerd.

Er wordt alleen in die ruimten geventileerd, waar het nodig is. Hierdoor is het geluidsniveau tot een minimum beperkt. Daarnaast is het niet nodig om voorzieningen te treffen om overspraak te beperken, doordat ieder kanaal apart is aangesloten op de plenum. Dit plenum is voorzien van een geluiddempend materiaal.

Bij de ontwikkeling van het systeem is veel aandacht besteed aan het montagegemak tijdens het bouwproces. Het systeem is zo ontworpen dat dit gemakkelijk te installeren is. Het kanaalwerk is eenvoudig te verwerken door te monteren met een klikverbinding. Daarnaast zijn de regelkleppen plug-and-play te installeren en is het inregelen van de ventielen niet nodig door de automatische instelling van regelkleppen. Dit heeft voor onderhoudswerkzaamheden door het gebruik ook veel voordelen. Doordat de ventielen allemaal hetzelfde zijn (geen standenregeling), hoeven bewoners bij het terugplaatsen na het reinigen niet te letten waar welke roosters vandaan komen. De roosters zijn eenvoudig te reinigen in een vaatwasser. Tot slot zijn de kanalen eenvoudig schoon te maken, omdat er geen aftakkingen zijn.



Afbeelding 5-40: Plenumbox met regelkleppen
Bron: www.itho.nl

5.2.1.3. Conclusie ventilatie

Een gebalanceerd ventilatiesysteem is noodzakelijk voor een zeer energiezuinige woning. Door het ventilatiesysteem te voorzien van een warmteterugwinunit (WTW-unit) wordt het warmteverlies uit afgevoerde ventilatielucht beperkt. Er kan gekozen worden voor een centraal of decentraal systeem. Bij een decentraal systeem wordt het binnenklimaat op vertrek niveau beïnvloedt door sensoren in de ruimte (vraaggestuurd ventileren). Bij een centraal systeem kan de gebruiker door middel van een driestandenschakelaar de ventilatiestand bedienen. Een decentraal systeem regelt individueel per vertrek de hoeveelheid ventilatie, waardoor geluidsoverlast en energiekosten beperkt kunnen worden. Deze vorm van ventilatie zorgt tevens voor een hoger comfort, omdat de relatieve luchtvochtigheid en CO₂ gehalte in iedere ruimte geregeld wordt.

5.2.2. Warm tapwater en ruimteverwarming

Een zeer energiezuinige woning gebruikt in het nieuwe concept maximaal 15 kWh per vierkante meter gebruiksoppervlakte per jaar aan ruimteverwarming. Dit komt overeen met 1,5 m³ aardgas per vierkante meter. Het energieverbruik voor warm tapwater zal in de EPC worden berekend, maar hier is geen specifieke eis aan gesteld in het onderzoek.

Energiebron

In ons onderzoek worden installaties behandeld die elektriciteit als energiebron gebruiken. Installaties op aardgas, zoals de Hr-107 ketel worden in dit onderzoek niet beschreven, aangezien de warmtevraag voor ruimteverwarming dermate klein is dat met een elektrische installatie kan worden volstaan. Het opwekken van elektriciteit is hierin een belangrijk onderdeel.

Voor de tapwater- en ruimteverwarming kunnen verschillende systemen gebruikt worden. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen traditionele, vernieuwende en duurzame opwekkingssystemen. Installaties die momenteel worden toegepast in passiefhuizen kunnen ook worden toegepast in een zeer energiezuinige woning uit het nieuwe concept.



Naar aanleiding van deze systemen zijn in overleg met de opdrachtgever de volgende systemen nader onderzocht:

- Zonne-energie verwarmingssystemen (fotovoltaïsche en thermische);
- Windenergie verwarmingssystemen;
- Biomassa verwarmingssystemen;
- Warmtepomp systemen;
- Passiefhuistoestellen.

De systeemkeuze voor het ontwerp van de warmtebron wordt voornamelijk bepaald door de benodigde warmtevraag voor het bereiden van warm tapwater. De bron moet ook voldoende warmte kunnen leveren voor ruimteverwarming. Bij het ontwerp wordt gestreefd naar een zo laag mogelijk vermogen. Het vermogen kan gereduceerd worden door het toepassen van een voorraadvat en het benutten van zonnewarmte.

Installatietechnische aandachtspunten

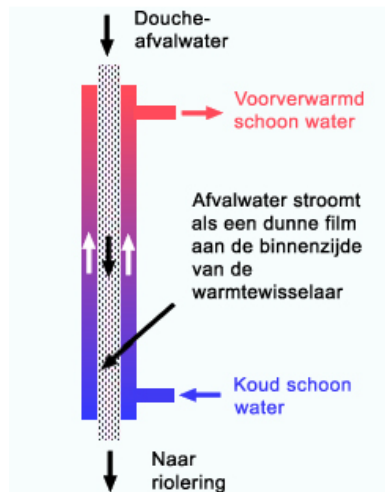
De temperatuur van warm tapwater moet volgens de eis uit het Bouwbesluit minimaal 55 à 60°C bedragen. Het mag maximaal 120 seconden duren voordat de vereiste warm tapwatertemperatuur bereikt is. Door GIW wordt geëist dat binnen 30 seconden na het opendraaien van de kraan de temperatuur van het warm tapwater 70% moet zijn van de maximale temperatuurstijging, met een minimum van 45°C. Dit vereist korte leidinglengten en zijn dus bepalend voor de plaatsing van opwekkings- en afgiftesystemen. Volgens het Bouwbesluit mag de maximale temperatuur van koud tapwater 15°C bedragen.

Leidinglengten

Het is belangrijk dat het opwekkingssysteem dicht bij het afgiftesysteem is opgesteld, zodat de warmteverliezen voor tapwaterverwarming beperkt blijven. De leidinglengten blijven hierdoor kort, waardoor transportverliezen minimaal zijn.

Warmteterugwinning uit tapwater

Het is mogelijk de warmte terug te winnen uit vervuild warm tapwater. Door bijvoorbeeld douchewarmteterugwinning (douche-WTW) toe te passen, kan direct tapwater opgewarmd worden met de warmte van het afgevoerde warme douchewater. Het rendement van een douche-WTW bedraagt ruim 50%. Warmte kan ook teruggewonnen worden van badwater. Omdat vraag en aanbod van warmte niet gelijktijdig plaatsvinden, wordt de warmte uit het afvalwater opgeslagen in een voorraadvat.



Afbeelding 5-41: Schematische voorstelling douche WTW
Bron: www.olino.org

Afgiftesystemen ruimteverwarming

De warmtevraag in een zeer energiezuinige woning is zeer laag. Alleen tijdens extreem koude buitentemperaturen is in de woning behoefte aan ruimteverwarming. De maximale stationaire warmtevraag voor ruimteverwarming bedraagt 10W/m^2 . Dit wil zeggen dat een woning kan worden verwarmd met het vermogen van een strijkijzer (1000W à 2000W). In Nederland moet het vermogen van een verwarmingssysteem verhoogd worden met een opstarttoeslag, waardoor de installatie niet met een stationaire vermogen ontworpen mag worden. Door de goede thermische schil is deze toeslag (gedeeltelijk) overbodig. Na een langdurige afwezigheid in een koude periode kan er tijdelijk behoefte zijn aan extra verwarmingscapaciteit. In Zweden wordt aanbevolen de oven in de keuken te gebruiken na terugkomst van vakantie, om de woning snel te verwarmen.

Als regulier afgiftesysteem kan gebruikgemaakt worden van een watergevoed lagetemperatuurverwarmingssysteem (LTV) of een naverwarmer in de ventilatielucht. Bij een watergevoed LTV-systeem kunnen radiatoren en/of vloerverwarming worden toegepast. Bij toepassing van vloerverwarming in een zeer energiezuinige woning moet ervoor gezorgd worden dat het systeem snel genoeg kan reageren op een interne warmtebron of zoninstraling. Door de traagheid van het systeem kunnen temperatuuroverschrijdingen optreden in de woning.



Afbeelding 5-42: Vloerverwarming
Bron: www.redenko.com

Door een naverwarmer in de ventilatielucht toe te passen kan de warmteoverdracht centraal plaatsvinden, waardoor de hele woning op één temperatuur wordt geregeld. Om eventueel per

vertrek de temperatuur te kunnen regelen moet de warmteoverdracht bij de inlaat in een vertrek plaatsvinden. Wanneer de temperatuur per vertrek geregeld kan worden, kan er beter rekening gehouden worden met wisselende warmtewinsten in verschillende ruimten.

In een zeer energiezuinige woning kan elektrische weerstandsverwarming worden toegepast. Het is eenvoudig te plaatsen, goed aan te passen aan de warmtevraag en reageert snel. Echter, door het lage rendement van de Nederlandse energiecentrales en het elektriciteitsdistributienet zal dit systeem meer energie verbruiken dan andere systemen.

Wanneer een lagetemperatuur-verwarmingssysteem wordt toegepast, kan het temperatuurverschil tussen het verwarmingselement en de streeftemperatuur in de ruimte extreem klein zijn. Dit kleine temperatuurverschil maakt het mogelijk energie van een zonnecollector of restwarmte effectiever te gebruiken.

Vloerverwarming reageert zeer langzaam op wisselingen. Indien de vloerverwarming aanstaat en de zon gaat schijnen, waardoor de woning passief wordt verwarmd, duurt het enige tijd voordat de vloerverwarming geen warmte meer aangeeft. Het risico op oververhitting wordt hierdoor groter. De beperkte warmtevraag maakt het ook mogelijk om met traditionele radiatoren met een laag temperatuur de woning te verwarmen. Het systeem reageert sneller op wisselingen in het binnenklimaat dan vloerverwarming, waardoor risico's op oververhitting beperkt blijven. Ook convectors kunnen goed worden toegepast in zeer energiezuinige woningen. Door een strategische positionering van de afgiftesystemen kunnen temperatuurverschillen in de woning tot een minimum beperkt worden.



Afbeelding 5-43: Convectoren
Bron: www.renoveren-restaureren.be

De radiatoren worden geregeld via een thermostaat in de woonkamer. Deze thermostaat moet zodanig geplaatst worden dat er geen beïnvloeding plaatsvindt door het ventilatiesysteem, een open deel in de gevel of door de nabijheid van een radiator. In de overige vertrekken wordt de verwarming geregeld door middel van thermostatische radiatorcranken. Dit betekent dat er geen verwarming plaatsvindt op het moment dat er in de woonkamer geen warmtevraag is. Vloerverwarming wordt eveneens geregeld via een thermostaat in de woonkamer, waarbij de vloerverwarming in de overige vertrekken geregeld worden via dezelfde thermostaat. Er vindt geen verwarming plaats op het moment dat er in de woonkamer geen warmtevraag is. De temperatuur is bij voorkeur individueel per vertrek regelbaar. Bij toepassing van vloerverwarming kan de lage temperatuur van de bodem gebruikt worden om de vloerverwarming te koelen. De vloer mag niet verder dan tot ca. 19°C afgekoeld worden, dit

om oppervlaktecondensatie te voorkomen. Het is in principe niet mogelijk om binnen een woning op hetzelfde moment te verwarmen en te koelen.

5.2.2.1. *Duurzame energiebronnen: Zonne-energie*

De zon is een ster die zich gemiddeld op 150 miljoen kilometer afstand van de aarde bevindt en is een onuitputtelijke bron van energie. Dit wordt ook wel duurzame energie genoemd. Zonne-energie is energie van de zon in de vorm van warmte en licht. Deze energie, samen met secundaire vormen zoals windenergie, getijdenenergie, waterkracht en biomassa, vormt meer dan 99,9% van alle hernieuwbare energie op aarde. Zonne-energie is niet vervuילend. Het is geluidloos en zonne-energie kan gebruikt worden zolang de zon bestaat. Dankzij de gewonnen zonne-energie kunnen we de bronnen van fossiele energie langer gebruiken en is er tevens minder afval. Zonne-energie kan gebruikt worden zonder dat er verspilling is.

Zonnepanelen en zonnecollectoren

Om energie van de zon te benutten, kunnen zonnepanelen en zonnecollectoren worden toegepast. Zonnepanelen zijn niet hetzelfde als zonnecollectoren. Bij zonnepanelen wordt elektriciteit opgewekt in tegenstelling tot zonnecollectoren, waarbij een vloeistof door de zon wordt opgewarmd.

Zonnepanelen en –collectoren worden de laatste jaren steeds vaker geïntegreerd in het ontwerp van een bouwwerk. De toepassingsmogelijkheden zijn zeer divers.



Zonnepanelen als zonwering

Flexibele zonnepanelen



Transparante zonnepanelen

Geïntegreerd in dakpan

Afbeelding 5-44: Zonnepanelen als onderdeel van een ontwerp

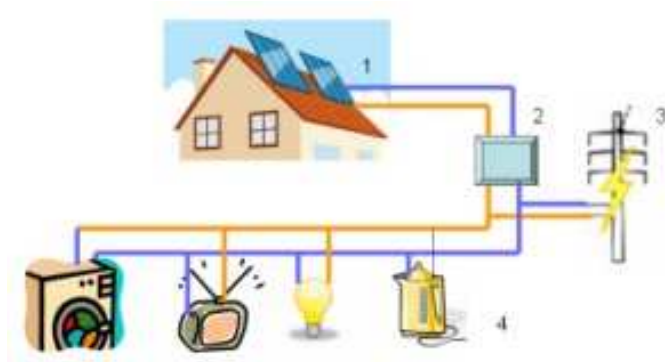
Bron: www.solar-constructions.com

5.2.2.1.1. *Fotovoltaïsche zonnepanelen*

Fotovoltaïsche zonnepanelen, ook wel PV-cellen genoemd, zetten (zon)licht om in elektriciteit. Dit is schematisch weergegeven in afbeelding 5-45 Zonnepanelen (1) bestaan uit meerdere zonnecellen die met elkaar verbonden zijn. Elke zonnecel is gemaakt van silicium, waarin onder invloed van licht een spanningsverschil ontstaat. Er zijn ook zonnepanelen die gemaakt zijn met ‘dunnelaagtechnologie’. Hierbij wordt gebruik gemaakt van amorf silicium. Deze elementen hebben een lager rendement, maar zijn ook beduidend goedkoper. Het rendement van gangbare zonnepanelen ligt tussen ca. 5% en 10%. De meeste apparaten in een huishouden werken alleen op wisselspanning van 230 Volt. Via een inverter (2) kan de opgewekte stroom uit de zonnepanelen worden omgezet in wisselstroom van het juiste

voltage. Deze stroom kan gebruikt worden voor bijvoorbeeld de gebruikersenergie (4). PV-systemen kunnen aan het elektriciteitsnet worden gekoppeld. Hierdoor is het mogelijk om bij een overproductie de elektriciteit aan het elektriciteitsnet (3) 'terug' te leveren.

Een zonnecel die met zijn esthetische kwaliteit bijzonder geschikt is voor zichtbare architecturale toepassingen, is de achtercontactcel. Die wordt zo genoemd omdat alle elektrische contacten op de achterzijde plaatsvinden en de voorkant een nauwelijks zichtbaar metalen raster heeft, zonder storende dubbele metaalstroken. Dat resulteert ook in een grotere bruikbare oppervlakte van de cellen en hoeveelheid geleverde stroom.



Afbeelding 5-45: Schematische weergave van de werking van fotovoltatische zonnepanelen
Bron: www.duurzame-energiebronnen.nl

Autonome en netgekoppelde systemen

Sommige zonnepanelen worden via een inverter aan het elektriciteitsnet gekoppeld (netgekoppeld systeem), andere slaan overtollige energie op in een accu (autonoom systeem). Voor de tweede mogelijkheid wordt vooral gekozen op plekken waar het elektriciteitsnet ontbreekt of een aansluiting te duur is. Het is belangrijk dat de accu's voldoende capaciteit hebben om een paar donkere dagen te overbruggen. Systemen die aan het elektriciteitsnet zijn gekoppeld leveren de energie die niet wordt gebruikt aan het energiebedrijf. Deze systemen worden decentrale opwekkers genoemd.

Opslag van zonne-energie

Opslag van zonne-energie is bij niet-netgekoppelde systemen erg belangrijk. Een zonnepaneel levert immers 's nachts geen energie, terwijl de behoefte aan energie juist 's avonds het grootst is. Het opslaan van energie gebeurt door middel van accu's.

Accu's (batterijen) zijn de meest gebruikte vorm van energieopslag voor zonne-energie. Er zijn twee type accu's beschikbaar. Nikkel-Cadmium (NiCad) en loodzuur. Loodzuur-accu's zijn goedkoop, maar vergen veel onderhoud en moeten vanwege explosiegevaar altijd goed geventileerd opgeslagen worden. De NiCad-accu heeft een hogere capaciteit en een langere levensduur, maar is duurder. Het grote nadeel van accu's, is dat er veel zware metalen in verwerkt zitten. Deze zware metalen hebben een negatieve invloed op het milieu, waardoor het van groot belang is de accu's regelmatig te controleren op lekken. Accu's leveren daarnaast gelijkstroom, terwijl de meeste huishoudelijke apparaten op wisselstroom werken. Een DC → AC converter is daardoor benodigd.



Financieel

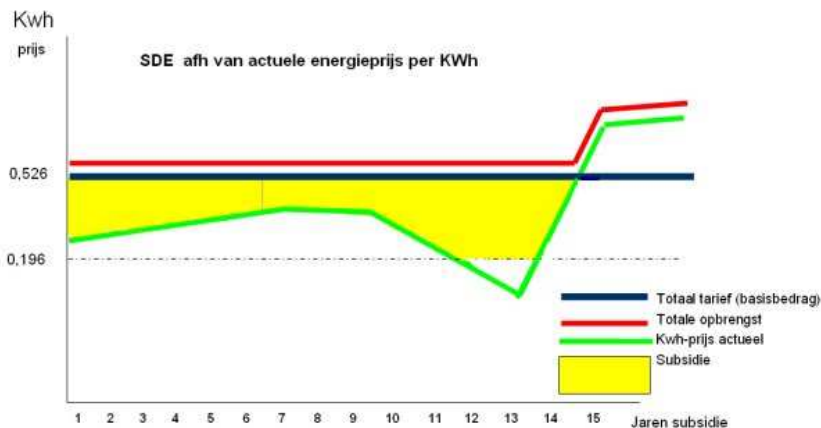
Het nominaal output vermogen van een zonnecel of zonnepaneel wordt uitgedrukt in Wattpiek (Wp). Gemiddeld kost een Wattpiek van een kristallijne zonnepaneel ongeveer € 2,75 (excl. Montage). 100 Wp levert in Nederland circa 70 tot 90 kWh per jaar aan energie op, afhankelijk van de locatie in Nederland en het type zonnepaneel. Met een gemiddelde prijs van 23 cent per kWh (mei 2010) levert een Wp gemiddeld 18,4 cent per jaar op en daarmee wordt de terugverdientijd vijftien jaar. Bij een elektriciteitsprijsstijging van 10% per jaar wordt de terugverdientijd circa acht jaar. Als de elektriciteitsprijs nog sneller stijgt zal deze tijd korter worden.

De levensduur van zonnepanelen met kristallijne cellen wordt gegarandeerd op vijftwintig jaar, maar ligt, afhankelijk van de kwaliteit, in praktijk tussen de dertig en vijfenveertig jaar. De levensduur van zonnepanelen op basis van amorf silicium ligt tussen de vijf en vijftien jaar. Tot 2004 werd in Nederland veel geïnvesteerd in zonne-energie, maar het abrupt stopzetten van subsidie heeft hier een eind aan gemaakt. In andere Europese landen wordt nog wel veel geïnvesteerd in zonnepanelen, omdat deze op lange termijn zinvol zijn. Niet alleen vanuit milieuoogpunt, maar ook vanwege de stijgende energieprijzen (tussen 2000 en 2004 met 8% per jaar en in 2005 met 12%) vanuit economisch oogpunt.

Vanaf 2008 kent Nederland de regeling Stimulering Duurzame Energietechnieken (SDE), waardoor er per geproduceerde kWh subsidie wordt uitgekeerd. Deze regeling valt onder de verantwoordelijkheid van het ministerie van Economische Zaken. Particulieren, bedrijven en instellingen die duurzame energie willen produceren kunnen gebruik maken van de stimuleringsregeling. De subsidie wordt verstrekt voor:

- fotovoltaïsche zonnepanelen (licht wordt rechtstreeks omgezet in elektriciteit);
- windmolens op land of op zee;
- afvalverbrandingsinstallaties;
- waterkracht, riool- en afvalwaterzuiveringsinstallaties;
- winning van stortgas;
- verbranding, vergisting en vergassing van vaste biomassa.

De kostprijs van duurzame energie is in de meeste gevallen hoger dan die van grijze energie. De productie van duurzame energie is dan ook niet altijd rendabel. De subsidieregeling bestaat uit een geldende garantie van een totale opbrengstprijzen van € 0,474 per kWh gedurende vijftien jaar voor kleinschalige PV-installaties (tot 15000 Wp). De maximale subsidiebijdrage is € 0,249 per kWh voor kleine installaties en € 0,377 voor grote installaties. De hoeveelheid energie die wordt opgenomen en teruggeleverd aan het elektriciteitsnet wordt door de netbeheerder verrekend (gesaldeerd) tot 3000 kWh. Dat gebeurt op basis van de Elektriciteitswet. Deze bedragen zijn inclusief de eventuele inkoop van de zelf opgewerkte energie. Het is een subsidie op de productie van elektriciteit, niet op de aanschaf van panelen.



Afbeelding 5-46: Stimulering Duurzame Energietechnieken (SDE)

Bron: www.duurzame-energiebronnen.nl

In 2010 kon subsidie worden aangevraagd in de categorieën:

- Biomassa;
- Warmtekrachtkoppeling (WKK);
- Waterkracht;
- Wind op land;
- Wind op zee;
- Zonnepanelen (PV) groot en klein.

De subsidieronde voor het jaartal 2010 is gesloten vanaf 1 november 2010, 17.00 uur.

Het budget van de stimuleringsregeling in 2010 bedroeg € 2,126 miljard, exclusief het budget voor Wind op zee. Het totale budget inclusief Wind op zee is € 7,426 miljard.

Het nieuwe kabinet (Rutte I) schaft in 2011 de SDE-subsidie voor zonnepanelen af, aangezien zij vinden dat de energiebesparing in Nederland weinig oplevert ten opzichte van het werk dat het ministerie eraan moet besteden.

Belastingaftrek

Er zijn twee mogelijkheden om gebruik te maken van belastingaftrek voor zonnepanelen. De zonnepanelen ineens aanschaffen en onderbrengen in de hypotheekruimte of door te kiezen voor gespreid betalen.

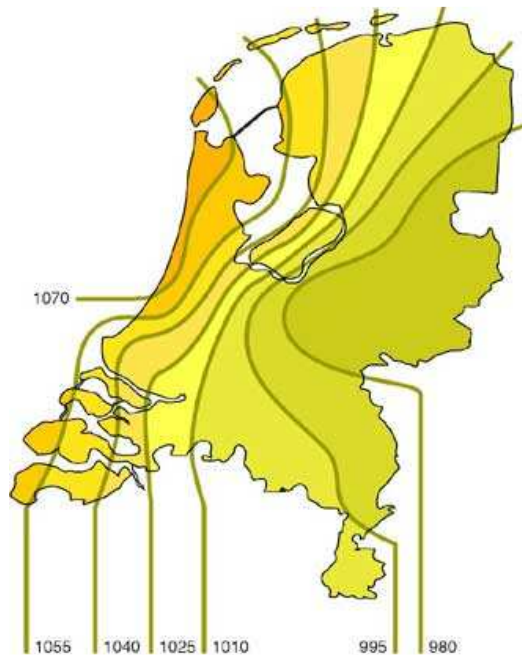
Het is mogelijk gebruik te maken van de aanwezige ruimte in de hypotheek, als de zonnepanelen in één keer worden aangeschaft. Dit is alleen mogelijk als de hypotheek hoger is dan de waarde van de woning. In overleg met een geldverstrekker is het mogelijk de panelen te financieren waardoor geprofiteerd kan worden van de hypotheekrenteaftrek.

Bij aankoop van een woning is het mogelijk de zonnepanelen direct mee te financieren in de hypotheek.

Ook is het mogelijk om deel te nemen aan een zonne-energieproject van een energiebedrijf, waarbij een leasecontract wordt afgesloten voor de zonnepanelen. Er wordt een maandelijks bedrag voor de panelen betaald, waarbij de rente van het leasebedrag aftrekbaar is.

Zonne-uren

Een zonn uur kan qua vermogen sterk variëren als functie van het seizoen; een zonn uur in de winter levert immers minder energie dan een zonn uur in de zomer. Eén uur volle zon is vastgesteld als een uur waarin het aardoppervlak een zonninstraling van 1000 W/m^2 ontvangt en staat dus gelijk aan 1 kWh/m^2 . Aangezien het Nederlandse aardoppervlak in de gemiddeld 1500 zonuren per jaar ongeveer 1000 kWh/m^2 energie ontvangt, kunnen we dus zeggen dat Nederland gemiddeld 1000 uren volle zon per jaar ontvangt. Voor het uitvoeren van een nauwkeurige berekening voor lokaal zonn aanbod kan gebruik worden gemaakt van onderstaande kaart.



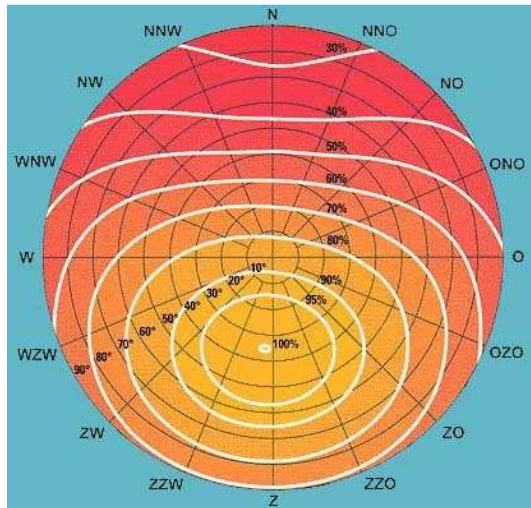
Afbeelding 5-47: Kaart zonne-uren in Nederland

Bron: AgentschapNL

Gezien de klimaatveranderingen de afgelopen jaren, is de zonne-urenkaart niet altijd meer geschikt om nauwkeurig te kunnen berekenen. Tegenwoordig wordt het rekenen met klimaatjaren vaker toegepast (1964, 1994 en 1995).

Instralingfactor

De zogenaamde instralingfactor geeft als percentage weer hoe de opbrengst van de zonnepanelen afhangt van hun positie. Het getal is afhankelijk van zowel de hellingsrichting als de hellingshoek van uw zonnepanelen. Voor Nederland is de ideale situatie (100%) een zuidwaarts gericht zonnepaneel dat een hoek van 35° met de grond maakt. Dit is echter niet altijd mogelijk. Middels onderstaand diagram is te bepalen welke opbrengstfactor van toepassing is. De witte lijnen geven aan met welke opbrengstfactor gerekend dient te worden.



Afbeelding 5-48: Diagram instralingfactor
Bron: www.duurzame-energiebronnen.nl

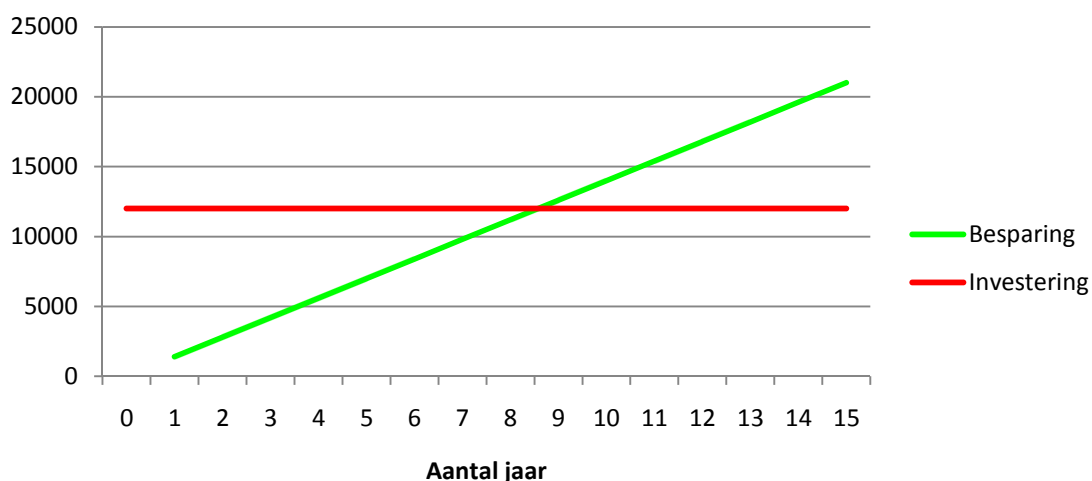
Energieopbrengst en terugverdientijd

De energieopbrengst en terugverdientijd is afhankelijk van:

- De kostprijs van het paneel
- Elektriciteitsprijs en subsidie (SDE)
- Wattpiekvermogen bij ideale omstandigheden
- Efficiëntiefactor (afhankelijk van zonneshij, paneelsoort en inverter)
- Instralingfactor (afhankelijk van de stand t.o.v. de zon en hellingshoek)

Afhankelijk van bovenstaande factoren zal de terugverdientijd ongeveer negen à tien jaar bedragen. Indien de daling van de prijs per Wattpiek (Wp) evenals voorgaande jaren blijft doorzetten, dan zal over twee jaar de terugverdientijd mogelijk nog maar zes jaar bedragen.

Huidige terugverdientijd zonnepanelen



Afbeelding 5-49: Huidige terugverdientijd zonnepanelen
Bron: www.duurzame-energiebronnen.nl

Monokristallijne panelen

Zonnecellen zijn gemaakt van de natuurlijke grondstof silicium die in grote hoeveelheden op de aarde aanwezig is. Silicium wordt immers gewonnen uit zand. De structuur van het verwerkte silicium bestaat bij deze panelen uit één groot kristal. Het ontwikkelen van deze stof tot een bruikbare zonnecel is kostbaar, maar het celrendement (14%-17%) per oppervlakte (125mm x 125mm) is zeer hoog. Monokristallijne panelen hebben een vermogen van maximaal 300Wp. De meeste bedrijven geven een garantie van 20 jaar op minimaal 80% van het vermogen.

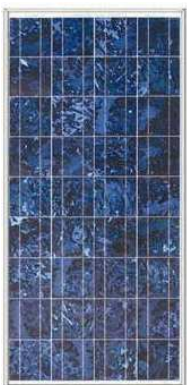


Afbeelding 5-50: Monokristallijne panelen
Bron: www.solar-constructions.com

Polykristallijne panelen

De structuur van het verwerkte silicium bestaat bij deze panelen uit kristallen van verschillende grootten. Door deze structuur zijn de zonnecellen van polykristallijn materiaal minder efficiënt in het omzetten van zonnewarmte in energie dan monokristallijne zonnecellen (rendement van 14%). Echter, anders dan bij monokristallijn materiaal kunnen van polykristallijn materiaal rechthoekige zonnecellen gemaakt worden. Dit resulteert in een betere benutting van het paneeloppervlak met polykristallijne cellen dan bij vierkante monokristallijn cellen het geval is. Polykristallijne panelen hebben een rendement van maximaal 280Wp. Er wordt gemiddeld 22 jaar garantie geven op minimaal 80% van het vermogen.

De levensduur en de terugloop van vermogen van beide typen gaat gelijk op. Uiteindelijk is het rendement per paneeltype gelijk en zijn de twee type zonnepanelen qua kwaliteit uitwisselbaar



Afbeelding 5-51: Polykristallijne panelen
Bron: www.solar-constructions.com

Amorfe panelen (dunne film)

De cellen van deze panelen bestaan ook uit siliciumkristallen en zijn relatief goedkoop te produceren. Deze zonnecellen hebben de vorm van een dunne, flexibele laag die vanwege het gebrek aan orde in de kristalstructuur niet breekbaar is (er is geen splijtingsvlak). Nadeel van de ongeordende kristalstructuur, is dat de dunne film onder invloed van zonlicht zijn efficiëntie verliest. Het rendement van dunne film ligt hierdoor lager dan bij kristallijne celtypen (8,5%). Dit kan deels gecompenseerd worden door de lagen nog dunner te maken, maar het probleem is dat hierdoor het absorptievermogen drastisch afneemt.

Moderne technieken richten zich er dan ook op, om het licht als het ware in de cel 'te vangen'. Als een lichtstraal een aantal malen heen-en-weer kaatst in een zonnecel, wordt hij voor een groter deel geabsorbeerd. Het rendement stijgt hierdoor naar ongeveer 10% tot 17%. Deze 'nieuwe technologie' amorfe panelen hebben een vermogen tussen de 40W en 80W. Er wordt gemiddeld 22 jaar garantie gegeven op minimaal 80% van het vermogen.



Afbeelding 5-52: Amorfe panelen
Bron: www.noorderlichtsolar.nl

CIGS-cellen

CIGS-cellen zijn een compositie van meerdere dunne metaallagen (thin film) die op elkaar zijn aangebracht en samen een halfgeleider vormen. Er bestaan twee typen CIGS-cellen: CIGS op glas of CIGS op folie. CIGS-cellen staan bekend om hun hoge energierendement (20%). Er wordt een garantie gegeven van 18 jaar op 80% van het vermogen.



Afbeelding 5-53: CIGS op folie
Bron: www.solar-constructions.com



Afbeelding 5-54: CIGS op glas
Bron: www.solar-constructions.com

Transparante zonnepanelen

Het is mogelijk om transparante, flexibele zonnepanelen toe te passen, die geïntegreerd zijn in dubbel glas. Deze zonnepanelen worden BIVP (building-integrated photovoltaics) genoemd. Behalve het toepassen in ramen kunnen deze panelen ook gebruikt worden als zonwering bij gebouwen.



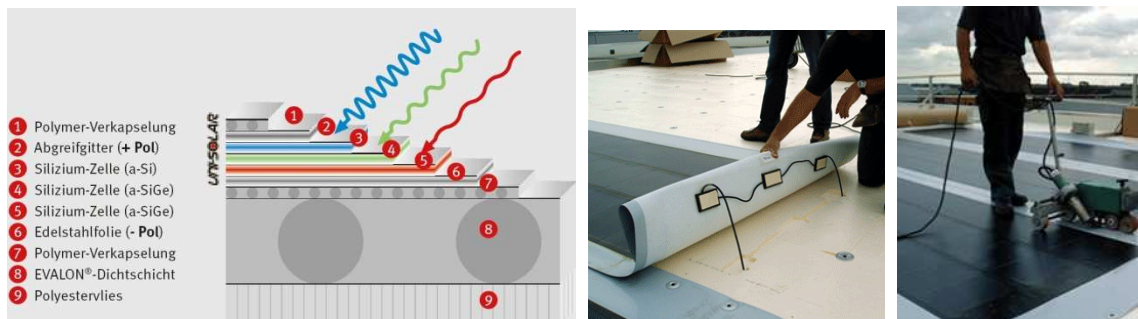
Afbeelding 5-55: Transparante panelen
Bron: www.solar-constructions.com

Dakbedekking met PV-cellen

Het is mogelijk om zonnecollectoren toe te passen die geïntegreerd zijn in kunststof dakbedekking. De kunststof dakbanen zijn geïntegreerd met flexibele en zeer lichte PV-modules. De modules bestaan uit Photo Voltaïsche siliciumcellen die door elektrodepositie op een rvs-folie zijn opgedampt. Het dak heeft geen bouwkundige voorziening nodig en blijft beloopbaar. De draden worden direct door het dak met speciale geleiders naar de omvormers gevoerd. Het systeem ligt onder de dakbedekking, waardoor er geen losse onderdelen of doorvoeren voor kabels zichtbaar zijn. Het dakafschot moet minimaal 4% zijn, zodat achterblijvend water geen belemmering vormt voor de opbrengst.

De aanschaffkosten inclusief het aanbrengen bedragen ongeveer € 280 per m². De dakbedekking gaat gemiddeld dertig tot veertig jaar mee, waar bitumineuze dakbedekking een levensduur van 12 tot 15 jaar heeft. De energieopbrengst van de PV-panelen na twintig jaar is ongeveer 80%. Hierover wordt, mede als de dakbedekking en het aanbrengen ervan, twintig jaar garantie gegeven.

De energieopbrengst van de dakbedekking is 50 kWh/m² en weegt ongeveer 4 kg/m².



Afbeelding 5-56: Schematische weergave van Evalon dakbedekking
Bron: www.esolva.nl

Dakleien met PV-cellen

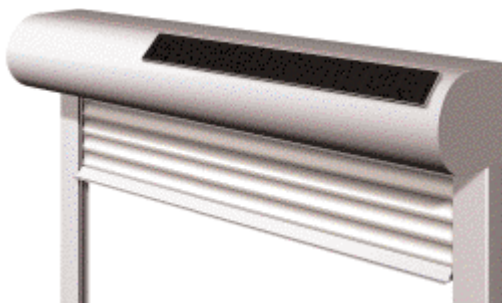
Er zijn dakleien op de markt die voorzien zijn van dunne-film zonnepanelen. Hierdoor is het mogelijk om het dak als energieopwekkend systeem te gebruiken, zonder dat dit grote gevolgen heeft voor de uitstraling van het gebouw. Het vermogen bedraagt maximaal 40Wp. Per vierkante meter is het vermogen 146 Wp. Er wordt gemiddeld een garantie geven van 25 jaar op minimaal 80% van het vermogen. De aanschafkosten zijn gemiddeld € 75 tot € 100 euro per m². Het rendement van deze leien is ongeveer 13%.



Afbeelding 5-57: Zonnepanelen geïntegreerd in dakleien
Bron: Dow Chemical

Rolluiken (zonwering) op zonne-energie

Voor het toepassen van bijvoorbeeld rolluiken als zonwering moet meestal een opening in de gevel gecreëerd worden voor bediening en een eventuele stroomvoorziening. Dit kan problemen geven voor de luchtdichtheid en een eventuele koudebrug. Het is mogelijk om rolluiken toe te passen die voorzien zijn van PV-cellen. Hierdoor kan het systeem worden aangedreven door zonne-energie en zijn doorvoeringen naar de woning overbodig. Er kan een afstandsbediening worden gebruikt om het systeem te besturen, maar het systeem kan ook automatisch worden ingeschakeld door middel van een sensor.



Afbeelding 5-58: Zonwering op zonne-energie
Bron: www.schokkaert.com

Dakramen met PV-cellen

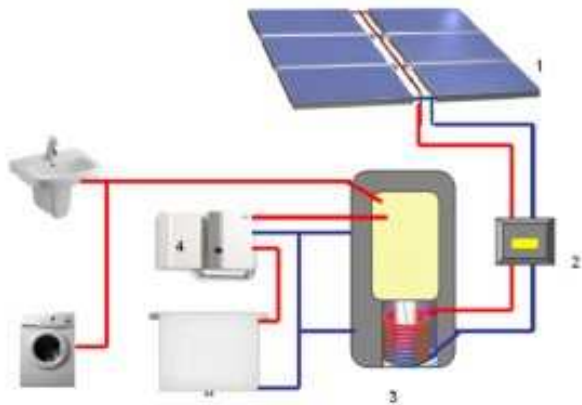
Dakramen worden toegepast om daglicht in de woning te verkrijgen en eventueel om te ventileren. In een zeer energiezuinige woning is het mogelijk dat er dakramen worden toegepast ten behoeve van de zomernachtventilatie. Deze dakramen worden in dat geval vaak automatisch aangedreven. Er zijn dakramen op de markt waarbij zonnepanelen voor de opwekking van de benodigde energie voor deze aandrijving verwerkt zit in het dakraam. Door middel van een afstandsbediening is het tevens mogelijk om het dakraam te openen.



Afbeelding 5-59: Dakraam met zonnecellen
Bron: www.velux.nl

5.2.2.1.2. Thermische zonnepanelen

Thermische zonnepanelen werken volgens het principe dat de zon door instraling een vloeistof opwarmt die door het zonnepaneel stroomt. De vloeistof, meestal een soort koelvloeistof, wordt gebruikt voor de warmwatervoorziening in de woning. Deze systemen worden ook wel zonneboilers genoemd. In afbeelding 5-60 is dit schematisch weergegeven. Een zonneboiler bestaat uit een collector (1) (zonnepaneel), pomp (2) en een voorraadvat (3). In het voorraadvat geeft de opgewarmde vloeistof warmte af aan het leidingwater. Dit voorverwarmde leidingwater wordt door een geiser, warmtepomp of een cv-ketel (4) naverwarmd en stroomt vervolgens naar de kraan of douche.



Afbeelding 5-60: Schematische weergave van de werking van thermische zonnepanelen
Bron: www.duurzame-energiebronnen.nl

Er zijn verschillende typen zonnecollectoren, zoals de vlakkeplaatcollector, vacuümbuizen met reflectors, ondiepe zonnevijver, diepe zonnevijver, buizenregisters verwerkt in grote oppervlakken, CPC-collector, cilindrische reflector, parabolische trog, fresnelreflector met brandlijn, parabolische kom, en centrale ontvangers in een veld met spiegels. Van deze typen worden vooral de vlakkeplaatcollector en de vacuümbuizen met reflector gebruikt voor decentrale opwekking en de parabolische trog voor centrale opwekking. Ook kunnen buizen gelegd worden in asfalt of in de op het zuiden liggende muren van gebouwen. Het rendement per vierkante meter is dan lager, maar het rendement per euro veel hoger.

Decentrale energieopwekking

Decentrale opwekking is het verspreid opwekken van energie. Het is een nieuwe trend in de opwekking van warmte en elektriciteit. Het Distributed Energy Resources (DER) concept zorgt ervoor dat consumenten, die zelf warmte- of elektrische energie opwekken in een waterstof home station of door microgeneratie, het overschot aan elektriciteit terug naar het lichtnet kunnen sturen. Decentrale opwekkingssystemen met microwarmtekrachtkoppeling (HRe-ketels) kunnen erg efficiënt zijn aangezien het rendement 14% hoger is dan de hr-107 ketel.

Er bestaan ook andere vormen van decentrale opwekking, te weten zonneboilers, zonnepanelen en windturbines. Maar ook warmtekrachtkoppeling bij kantoren en in de vergistingsinstallaties bij boerenbedrijven en de tuinbouw.

Decentrale opwekking wordt economisch interessant wanneer het moment bereikt wordt, dat de kostprijs voor decentrale opwekking even hoog is als bij energieafname uit het energienet.

Terugverdientijd

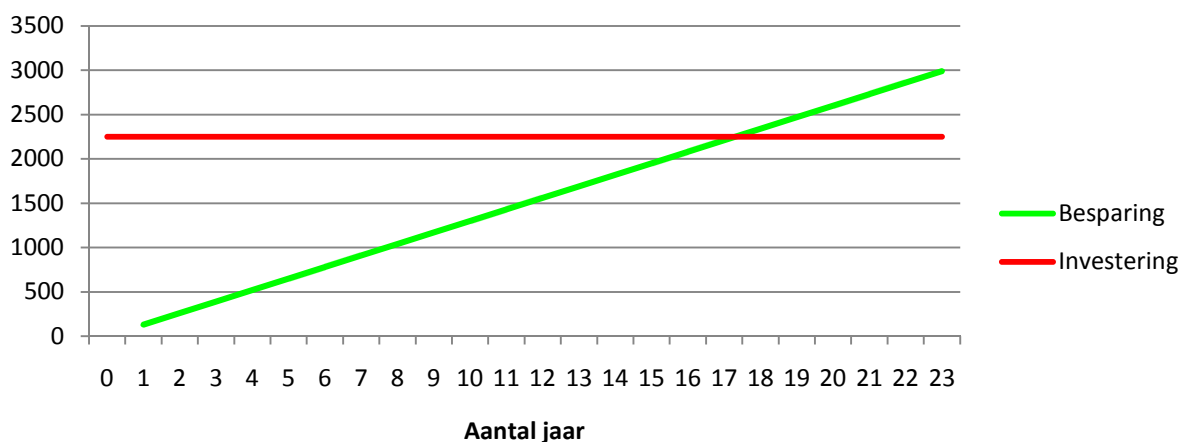
Of een zonneboiler voor een huishouden rendabel is, hangt af van het aantal personen dat het huishouden telt, hoeveel warm tapwater er dagelijks verbruikt wordt en de beschikbare ruimte voor het buffervat. Omdat de energieprijzen naar verwachting blijven stijgen, zal steeds rendabeler zijn om een zonneboiler toe te passen.

De terugverdientijd van zonnecollectoren zonder subsidie is ongeveer 25 jaar. Met subsidie is het mogelijk een terugverdientijd van 15 jaar te halen. Deze subsidie is op dit moment echter alleen bestemd voor bestaande woningen. Als de energieprijzen sterk stijgen dan wordt de terugverdientijd snel korter.

De terugverdientijd is afhankelijk van een aantal factoren:

- Beschikbare capaciteit (om water te verwarmen);
- Grootte van het buffervat;
- Soort boiler (zonneboiler of combiboiler);
- Eventuele subsidie;
- Warm tapwaterverbruik;
- Investeringskosten.

Huidige terugverdientijd zonnecollectoren



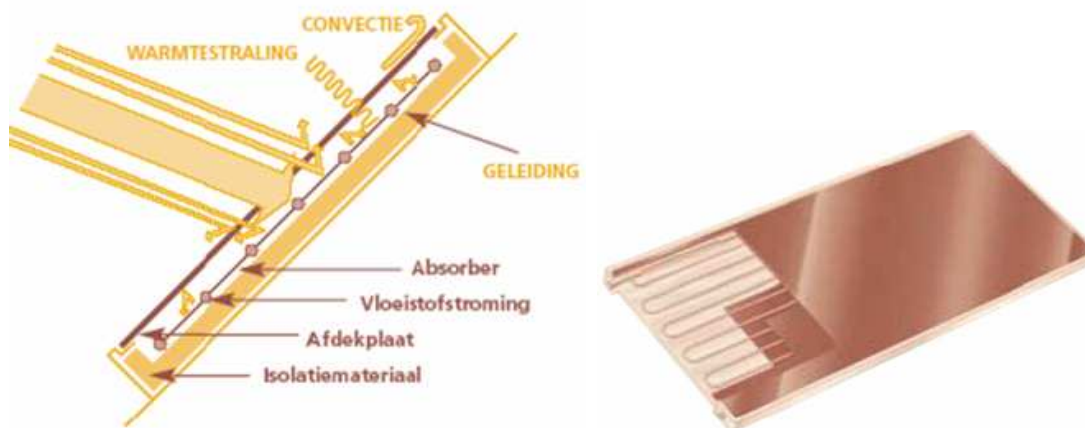
Afbeelding 5-61: Huidige terugverdientijd zonnecollectoren

Bron: www.duurzame-energiebronnen.nl

Vlakkeplaatcollector

Het hart van een vlakkeplaatcollector is een zwarte plaat, de absorber. Door de absorber in een isolerende bak te plaatsen, neemt hij meer warmte op dan hij afgeeft aan de omgeving. Het gevolg hiervan is dat de temperatuur van de absorber stijgt. Wanneer de temperatuur van de absorber hoger is dan de omgevingstemperatuur, zal naarmate dit verschil toeneemt de warmtestroom van de absorber naar de omgeving groter worden. Wanneer de warmtestroom van de absorber naar de omgeving zo groot is geworden dat die gelijk is aan de opgenomen warmte, zal de temperatuur van de absorber niet verder stijgen. Wordt er naast de isolatie aan de achter- en zijkant een transparante afdekplaat aan de bovenkant van de absorber geplaatst, dan neemt de warmtestroom van de absorber naar de omgeving af en stijgt de absorbertemperatuur.

Om de gewonnen warmte ook te kunnen gebruiken, worden aan de achterkant van de absorber leidingen gemonteerd waardoor water stroomt. Dit water circuleert tussen de collector en de boiler. Doordat de temperatuur van de absorber hoger is dan die van het water, zal de watertemperatuur toenemen. Dit gebeurt net zo lang totdat het water dezelfde temperatuur heeft als de absorber. Het water in de boiler is vervolgens te gebruiken voor verschillende doeleinden.

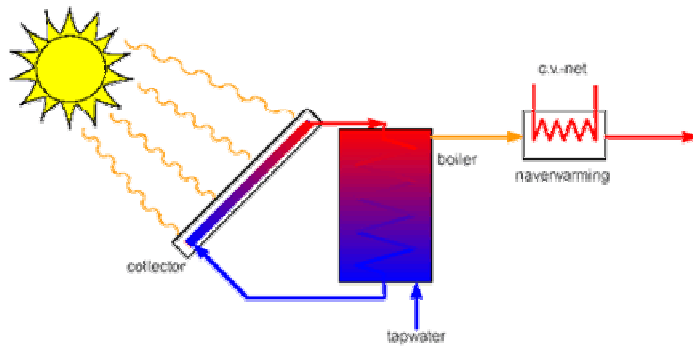


Afbeelding 5-62: Schematische voorstelling van de absorber
Bron: www.zonstraal.be

Zonneboiler

Er zijn verschillende typen zonneboilers verkrijgbaar. In dit onderzoek behandelen we een standaard zonneboiler met terugloopsysteem en een opslagvat in de nabijheid van de collector.

Het zonneboilersysteem bestaat uit een collector, het voorraadvat en een naverwarmer. De collector vormt de basis van de installatie. Water wordt door zonnewarmte in de collector opgewarmd tot circa 80°C. In de boiler (of voorraadvat) wordt de warmte uit de collector gebruikt om warm tapwater voor te verwarmen. Het voorraadvat is eveneens nodig om de faseverschuiving tussen zonaanbod en afname van warm tapwater op te vangen. In de naverwarmer wordt het voorverwarmde warm tapwater tot het gewenste temperatuurniveau verder opgewarmd (bijvoorbeeld door een Hr-ketel of combiwarmtepomp).



Afbeelding 5-63: Schematische weergave van de zonneboiler
Bron: AgentschapNL

De zonnecollector voor een zonneboiler is ca. 2,7 m² - 5,4 m² groot. De exacte afmetingen moeten worden bepaald aan de hand van de energieprestatieberekening. Een thermische zonnecollector ontvangt zowel directe als indirecte (diffuse) straling van de zon. Daardoor wordt de collector ook opgewarmd als het bewolkt is. Er is daardoor een marge bij de plaatsing van de zonneboiler. Het is belangrijk dat zonnecollector georiënteerd wordt op de zuidkant met een helling tussen de 15° - 70°. Ook moet er rekening gehouden worden met mogelijke belemmeringen, bijvoorbeeld door dakkapellen, bomen of andere gebouwen. In de ideale situatie wordt de collector op het zuiden georiënteerd onder een hoek van 36°. Eventueel kan een hogere opbrengst van de collector worden toegepast dan de forfaitaire waarde uit de EPC-berekening. Daardoor is een kwaliteitsverklaring noodzakelijk.

De standaard collector wordt geplaatst op een hellend dak en gemonteerd tussen de pannen en panlatten. Hierbij moet rekening gehouden worden met de afwatering. Vooral de aansluiting tussen dakpannen en loodslabben (voldoende van afmeting). De detaillering moet zo worden uitgevoerd dat eventuele bladeren en vuil tussen de collector en de pannen niet tot lekkages leiden. Ter voorkoming van ongedierte mogen openingen in uitwendige scheidingsconstructies niet groter zijn dan 10mm. Vooral bij de aansluiting op het dakbeschoot moet op deze opening worden gelet. Ook is het belangrijk dat er aandacht wordt besteed aan de detaillering van isolatie en aansluiting van dakdoorvoeren ten aanzien van waterdichtheid en luchtdichtheid van de schil.

De aanschafprijs van een zonneboiler bedraagt gemiddeld € 2000,- tot € 4000,- en bespaart ongeveer 200m³ gas per jaar. Het systeem is, afhankelijk van de benodigde hoeveelheid warm tapwater en energieprijzen, hierdoor in twintig jaar terugverdiend.

Geïntegreerde zonnecollectoren in de nok (Eco-Nok zonneboiler)

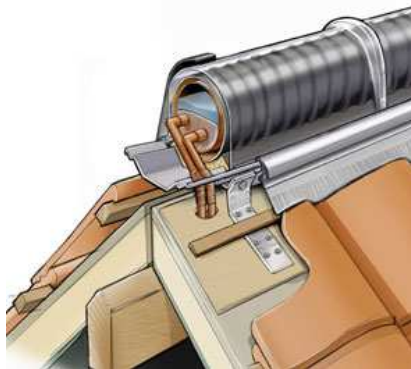
Uit esthetische en/of architectonische redenen kan het voorkomen dat bewoners geen zonnecollectoren op het dak van de woning willen toepassen. Zonnecollectoren veranderen immers de uitstraling van de woning. Ook is de oriëntatie van zonnecollectoren belangrijk, zodat de warmte van de zon optimaal kan worden benut.

Een alternatief voor de traditionele zonnecollector is de zogenaamde Eco-Nok. Bij dit systeem is de zonnecollector geïntegreerd in de nok van de woning en onafhankelijk van de oriëntatierichting ten opzichte van de zon. Doordat de 'Eco-Nok' verwerkt is in de nok, verandert de uitstraling van de woning minimaal.

De Eco-Nok zonneboiler is verkrijgbaar in modules van 1,52 meter lang. Onder een transparante kap zit een koperen mantel met een zwarte spectrale laag die de feitelijke

roestvrijstalen boiler omhult. Tussen mantel en boiler is in de vacuüm getrokken ruimte gedemineraliseerd water opgesloten. Dit water verdampt en condenseert. Bij dit proces komt warmte vrij die samen met de directe zonnewarmte het water in de buisvormige boiler verwarmt. Iedere module heeft een waterinhoud van 26 liter. Voor een vierpersoons-huishouden zijn 5 modules (130 liter) voldoende. Een voorraadvat hoeft niet toegepast te worden. Het voorverwarmde water moet wel worden naverwarmd door middel van een Hr-ketel of warmtepomp. Het systeem bevat geen bewegende delen (zoals een pomp) waardoor het onderhoud minimaal is. Bedrijfszekerheid en optimaal rendement zijn door de duurzame kwaliteit gedurende de hele levensduur gegarandeerd.

De elektronische vorstbeveiliging zorgt ervoor dat in de strengste winters bevriezing van het systeem voorkomen wordt. Deze elektronische vorstbescherming verbruikt nauwelijks elektriciteit. De Eco-Nok zonneboiler is onder alle weersomstandigheden uitvoerig getest. Het systeem is beschermd tegen bevriezing (tot -30°C) en oververhitting (100°C).

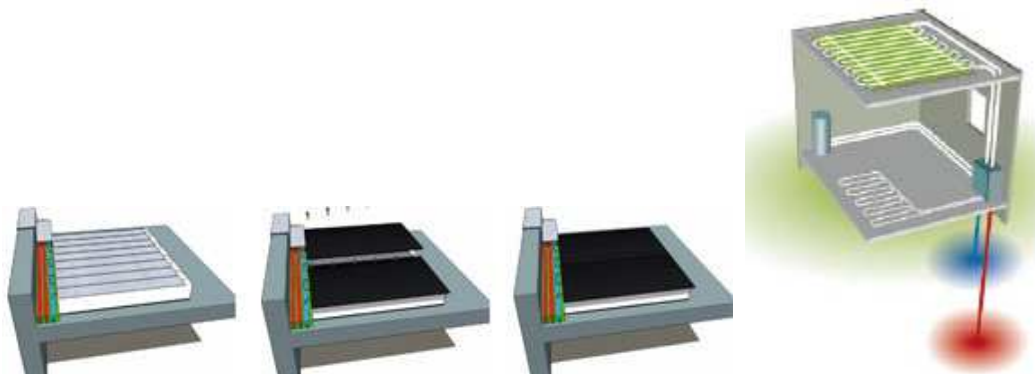


Afbeelding 5-64: Schematische weergave van de Eco-Nok
Bron: Inventum

Dakbedekking plat dak met zonnecellen (dakcollector)

De temperaturen op het dak verschillen over het jaar gezien enorm. In de winter wordt dakbedekking ijskoud, in de zomer juist zeer warm. Deze warmte en koude is om te zetten naar duurzame energie door middel van de dakcollector.

De dakcollector werkt door middel van een aangebrachte energiestrip (leidingen) onder de dakbedekking die warmte en kou opvangen. Via een vloeistof in de strip wordt warmte en koude getransporteerd naar een energiesysteem (bijvoorbeeld een warmtepomp) of naar een energieopslag onder de grond. Hierdoor kan de opgewekte temperatuur worden aangewend om een woning te verwarmen of juist te koelen. Uit onderzoek van TNO blijkt dat dit systeem een rendement van meer dan vijftig procent ten opzichte van huidige systemen heeft.



Afbeelding 5-65: Schematische opbouw van de dakcollector
Bron: www.consolidated.nl

Het systeem wordt verwerkt onder de dakbedekking en is daardoor niet zichtbaar. Vanuit esthetisch oogpunt is dit een pre, maar ook met betrekking tot (dak)onderhoud en vandalisme een voordeel. Ook is het systeem snel te plaatsen omdat het bestaat uit prefabelementen.

Dakpannen met zonnecollectoren

Er zijn zonnecollectoren verkrijgbaar die op de dakpan kan worden geschroefd. Deze collectoren kunnen in de juiste kleur en vorm van de dakpan worden geproduceerd. Zo is nauwelijks zichtbaar dat het dak in staat is tot het winnen van zonne-energie voor het verwarmen van warm tapwater. Met dit systeem is het niet langer noodzakelijk om voor grote collectoren te kiezen. Het systeem wordt gekoppeld op een ringleiding per verticale rij die vervolgens het opgewarmde water transporteert naar een zonneboiler.



Afbeelding 5-66: Zonnecollectoren geïntegreerd in dakpannen
Bron: Nelskamp dakpannen

Dakraamsysteem met zonnecollector

Het toepassen van zonnecollectoren verandert de uitstraling van de woning en wordt door de consument vaak beschouwd als 'lelijk'. Dit in tegenstelling tot het toepassen van dakramen, wat consumenten vaak een mindere aantasting van het ontwerp vinden. Door zonnecollectoren te combineren met dakramen op het dakvlak verandert de uitstraling van de woning minimaal. Dakraamfabrikanten hebben hiervoor speciale systemen ontwikkeld.



Afbeelding 5-67: Dakraam in combinatie met zonnecollectoren
Bron: www.velux.nl

5.2.2.1.3. Conclusie Zonne-energie

Het is aantrekkelijk om de benodigde energie door middel van de zon duurzaam op te wekken. Dit is mogelijk door fotonvoltaïsche (PV) zonnepanelen of thermische zonnepanelen. Bij PV panelen kan elektriciteit worden opgewekt en met thermische zonnepanelen warm tapwater. Er bestaan een aantal systemen en paneeltypen om energie op te wekken. De keuze voor het systeem hangt af van de hoeveelheid energie die duurzaam opgewekt dient te worden, de esthetische uitgangspunten van het ontwerp, de investeringsbereidheid en het rendement van een paneel.

PV-systemen kosten gemiddeld € 800,- per m² en levert 80kWh aan energie per jaar. De terugverdientijd bedraagt in dit geval 40 jaar. Met het verkrijgen van SDE-subsidie kan de terugverdientijd worden teruggebracht naar 10 à 15 jaar. Het nieuwe kabinet (Rutte I) schaft



echter de SDE subsidie op zonnepanelen af waardoor deze korte terugverdientijd niet meer haalbaar lijkt.

Voor netgekoppelde dakgeïntegreerde PV-systemen in Nederland kan de terugverdientijd worden geschat op negen à tien jaar. Gezien de ontwikkelingen in deze systemen zal de terugverdientijd de komende jaren nog meer afnemen.

Bij zonneboilers voor huishoudelijke toepassingen wordt de terugverdientijd geschat op circa twintig jaar. Doordat een zonneboiler te combineren is met een ander verwarmingssysteem zal de terugverdientijd van de totale investering worden beïnvloed.

De terugverdientijd voor een woning uit het nieuwe concept zal lager zijn dan genoemd in bovenstaande gevallen, aangezien er bij een nieuw concept gerekend wordt met een meerinvestering ten opzichte van het huidige concept.

5.2.2.2. Duurzame energiebronnen: Windenergie

Windenergie is een belangrijke bron van duurzame energie. Een vijfde van de Nederlandse duurzame energie komt uit windturbines. Wind ontstaat in eerste instantie door de kracht van de zon. Zonnestraling zorgt ervoor dat de lucht aan de evenaar zeer sterk wordt opgewarmd. Aan de Noord- en Zuidpool wordt nauwelijks verwarmd omdat hier de zonnestraling erg vlak is. Warme lucht stijgt naar boven en stroomt richting de polen. Als de lucht koud wordt dan zakt deze lucht weer naar beneden. Vervolgens wordt de lucht (die door de warme lucht van de evenaar omhoog stijgt) als een stofzuiger aangezogen. Bovendien zorgt de aardrotatie er ook voor dat de de warme lucht niet naar de polen stroomt, want door aardrotatie wordt de luchtmassa op het noordelijk halfrond naar rechts en op het zuidelijk halfrond naar links afgeleid. Door dit fenomeen ontstaan hoge en lage drukgebieden. De luchtverplaatsing van een hoog naar een laag drukgebied wordt wind genoemd. Een windturbine gebruikt de kracht van de wind om een elektrische generator aan te drijven en zo elektriciteit op te wekken.

Het rendement van een windmolen hangt onder andere af van obstakels in de buurt van de molen. Bergen, bomen of hoge gebouwen houden veel wind tegen en zorgen zo voor een lager windaanbod. Zelfs tot op honderd meter afstand van een obstakel kan een windmolen een verminderd rendement en dus een lagere opbrengst hebben. Dit komt omdat de wind om het obstakel heen waait zodat achter het obstakel minder wind is en er turbulentie ontstaat. Dit betekent dat de wind hier niet in één richting waait. Als een windmolen op grote hoogte wordt gebouwd heeft hij minder last van hoge gebouwen in de omgeving. Een windturbine die in de zee staat heeft vanzelfsprekend geen last van obstakels. Windmolens worden op een vrij grote afstand van elkaar gebouwd om te voorkomen dat zij hinder ondervinden van elkaars turbulentie.

Een windmolen wordt zo ontworpen dat hij bij een laag windaanbod al zo veel mogelijk opbrengt. Hierdoor komt er bij een grotere windsnelheid heel veel kracht op de rotorbladen. Om te voorkomen dat de windmolen hierdoor kapot gaat kunnen de rotorbladen onder een ander hoek ten opzichte van de gondel ingesteld worden. Bij hoge windsnelheden worden de rotorbladen onder een minder effectieve hoek ingesteld zodat er minder kracht ontwikkeld wordt.

Kleine windturbines, ook wel Urban windturbines of stedelijke windturbines genoemd, zijn windturbines die speciaal zijn ontwikkeld voor de toepassing in woonwijken zowel op als naast gebouwen. Dit betekent dat zij optimaal functioneren onder het windregime in bebouwde omgeving en plotselinge windvlagen en turbulenties goed kunnen weerstaan. Daarnaast zijn de windturbines veilig, stil en vormen zij een visueel en constructief geheel



met de objecten waarop of waarnaast deze geplaatst zijn. Het vermogen van deze windturbines ligt tussen 0,5 en 20 kW.

De opbrengst van een kleine windturbine is afhankelijk van diverse factoren, namelijk:

- Het type windturbine;
- De locatie waar de windturbine wordt geplaatst (kust of binnenland);
- De hoogte van de rotor ten opzichte van het maaiveld;

Bij gebouwen is het moeilijk de opbrengst van de kleine windturbine te voorspellen. Dit heeft met name te maken met de hoeveelheid wind die er waait op het gebouw en de locatie. Factoren die met deze hoeveelheid te maken heeft zijn vooral windregime, gebouwworm, gebouwhoogte en de ruwheid van de omgeving. De opbrengst van een systeem moet per locatie berekend en gemeten worden. De verschillende producenten geven echter wel algemene inschattingen van de jaaropbrengst. Gezien de grote variatie aan factoren zal de werkelijke opbrengst tussen verschillende locaties verschillend zijn.

Windenergie vraagt een behoorlijke investering. Op dit moment is investeren zonder subsidies meestal niet rendabel. Een kleine verticale as windturbine met een productie van 3400kW per jaar kost al snel € 20.000,-. Deze windturbine heeft een rotordiameter van ongeveer twee meter en een vermogen van 2 kW.

De Skystream is de best presterende kleine windturbine. De aanschafkosten van de Skystream zijn € 11.000 en levert 2200 kWh per jaar aan energie. Aangezien deze windturbine vrij groot is (diameter van 3,7 meter) kan deze niet op een woning worden geplaatst. Voor kleine windmolens is een gemiddelde windsterkte nodig van meer dan 5,5 m/s. Deze gemiddelde windsterkte wordt met name in de kustprovincies gehaald. Door het aanmerkelijke lage rendement uit investering en opbrengsten zijn windturbines daarom meestal niet terug te verdienen binnen de technische levensduur.

Subsidies voor kleine windturbines

Er zijn verschillende mogelijkheden voor subsidies en stimuleringsregelingen beschikbaar, al zijn deze in meerdere mate voor bedrijven. De aanvragen voor subsidies zijn vaak gekoppeld aan strikte indieningstermijnen. Voordat een particulier of bedrijf gaat investeren in kleine windturbines is het verstandig om goed na te gaan wat de eisen en voorwaarden zijn voor de subsidieverstreking. Voor particulieren en bedrijven zijn er verschillende mogelijkheden. Er is geen nationaal beleid ten aanzien van kleine windturbines. Op dit moment zijn er voor particulieren nauwelijks subsidies voor de aanschaf van een kleine windmolen. Enkele provincies en gemeenten verstrekken subsidies voor kleine windmolens. Meestal gaat het om subsidies in het kader van lokale klimaatafspraken. Een voorbeeld is de subsidie van € 2575,- die het Nieuw Amsterdams Klimaat programma geeft op een kleine windturbine. De rijksoverheid ziet stedelijke windturbines niet als een middel voor het halen van de nationale doelstellingen voor windenergie. Zij stimuleert de technologische ontwikkelingen daarom niet met financiële middelen en geeft geen subsidies om het concurrentievermogen met fossiele energie te verhogen. Energiebedrijven hebben op dit moment een groeiende belangstelling voor kleine windturbines. Als nadeel zien zij vooral de hoge kosten, als voordeel de zichtbaarheid en het groene imago.

SDE subsidie op kleine windturbines

Binnen het SDE-programma (SDE = Stimulering Duurzame Energietechnieken) is het ook mogelijk om subsidie aan te vragen voor het leveren van elektriciteit door kleine windturbines. Het subsidiebedrag is € 0,04 per kWh (€ 40,- per MWh). Binnen het SDE-programma worden geen criteria gesteld aan omvang, locatie, opgesteld vermogen etc. Wel moeten de voor de windmolen benodigde vergunningen verkregen zijn.

Er zijn verschillende soorten kleine windturbines op de markt. Deze windturbines zijn onder te verdelen in drie soorten, namelijk: horizontale as windturbines, verticale as windturbines en de energyball/windwall windturbines.

5.2.2.2.1. Horizontale as windturbines

Horizontale as windturbines zijn ‘traditionele’ windturbines met twee, drie of meer wieken bevestigd aan een horizontale as. Met de wieken naar de wind toe is de optimale stand. De meest gunstige locatie voor deze turbines is het plaatsen in een open veld. Zij presteren slechter in een turbulente omgeving omdat er dan telkens opnieuw naar de optimale stand gezocht moet worden.



Hawt turbine



Swift turbine



Eclectic turbine

Afbeelding 5-68: Horizontale as windturbines

Bron: www.duurzame-energiebronnen.nl

5.2.2.2.2. Verticale as windturbines

Verticale as windturbines zijn speciaal ontwikkeld voor de toepassing in bebouwde omgeving. Door hun bouw staan deze windturbines altijd in de juiste positie ten opzichte van de wind. In het verleden werd de verticale as van de windturbines verdeeld in twee categorieën, namelijk Savonius en Darrieus. Bij het Savoniustype duwt de wind de wieken weg. Hierdoor kan de windturbine nooit sneller bewegen dan de wind zelf: de wieken bewegen met de wind mee. Dit wordt het weerstandprincipe genoemd. Bij het Darrieustype wordt er door het bladprofiel voor gezorgd dat de bladen sneller draaien dan de wind. Dit wordt het liftprincipe genoemd. Bij moderne windturbines is de vorm van de rotor vaak geoptimaliseerd voor bepaalde toepassingen. Hierdoor zijn nieuwe vormen ontstaan die niet meer passen binnen de definities van Savonius en Darrieus windturbines.



Winside turbine



Ropatec turbine



Turby turbine

Afbeelding 5-69: Verticale as windturbines
Bron: www.duurzame-energiebronnen.nl

5.2.2.2.3. Energyball/windwall windturbines

Energyball en Windwall turbines zijn de nieuwste types onder de ‘urban windturbines’. De energyball windturbine, ook Venturi genoemd, heeft een horizontale as waaraan de boogvormige bladen zijn bevestigd. Alle bladen samen vormen een opengewerkte bal die zich met behulp van een staart naar de wind toe draait. De windwall windturbine is ook een windturbine met boogvormige wieken en een horizontale as, die in dit geval in een vaste positie staat ten opzichte van het dak. Hierdoor kan deze windturbine enkel de wind uit één constante richting vangen. Dit beperkt de toepasbaarheid van het systeem.



Energyball turbine



Windwall turbine

Afbeelding 5-70: Energyball/windwall windturbines
Bron: www.duurzame-energiebronnen.nl

5.2.2.2.4. Conclusie Windenergie

Er zijn diverse windturbines mogelijk voor het opwekken van energie. De turbines vergen echter een grote investering (€ 10.000,- tot € 30.000,-) en is daardoor voor potentiële klanten voor een betaalbare zeer energiezuinige woning niet relevant. Wanneer een woongebouw of kantoor gebouwd wordt is het investeren in windenergie wel interessant. Er kan gemiddeld 2.000 tot 3.000 kWh per jaar aan energie worden bespaard. De terugverdientijd wordt geschat tussen vijftien à twintig jaar. Er is voor een windturbine een vergunning van de gemeente benodigd.

5.2.2.3. Duurzame energiebronnen: Biomassa

Als duurzame energiebron met behulp van Biomassa zijn er vele systemen op de markt. In dit onderzoek worden alleen de pelletkachel en de palletkegel onderzocht. Dit omdat de andere systemen nog onbekend zijn en (bijna) niet worden toegepast in Nederland.

5.2.2.3.1. Verwarmen met houtpellets

Verwarmen van een woning door middel van hout is een methode die al lang wordt toegepast. De nieuwste methode van houtverbranding is echter minder bekend, het verbranden van houtpellets. 'Houtpellets' zijn droog geperste houtkorrels van zuiver afvalhout zoals zaagsel en spaanders (houtsnippers) die zijn samengeperst en alleen op een mechanische wijze aaneenklitten, zonder bindmiddel of lijm. Dit maakt het product dus bijzonder milieuvriendelijk. Hout is een CO₂ neutrale brandstof aangezien de gebruikte bomen tijdens hun levenscyclus eerst CO₂ hebben opgenomen, waarna er na verbranding weer evenveel CO₂ vrijkomt. Het is dus een milieuvriendelijker alternatief voor fossiele brandstoffen als stookolie of gas, aangezien er geen extra CO₂ aan de atmosfeer toegevoegd wordt. De pellets hebben een dikte van 6 à 8 millimeter en een lengte van 1 à 3 centimeter. Houtpellets worden speciaal gemaakt met het doel deze op een gemakkelijke manier te kunnen verbranden. Dit gebeurt in daarvoor speciaal ontworpen verbrandingsinstallaties die zorgen voor een groot gebruikersgemak. Belangrijk is dat de pellets droog opgeslagen moeten worden.

De houtpellets worden echter niet in Nederland geproduceerd. Deze pellets worden vanuit onder andere Polen naar Nederland getransporteerd. Dit transport is een kritiekpunt voor milieubewust investeren. Toch is dit systeem in het onderzoek behandeld aangezien houtpellets in de toekomst wellicht wel in Nederland geproduceerd kunnen worden.

Economisch voordeel t.o.v. de verwarmingsketel

De hoeveelheid energie per volume is 5 kWh/kg, wat lager dan bijvoorbeeld stookolie (11,9 kWh/kg) of aardgas (11,7 kWh/kg). 1,7 kg houtpellets heeft dezelfde energetische waarde als 1m³ aardgas. Aangezien de prijs per eenheid van houtpellets goedkoper is dan van aardgas kan de consument besparen op de energiekosten.

Een gemiddelde twee-onder-één-kap woning verbruikte in 2009 1733m³ aardgas (Nibud). Een kubieke meter aardgas kostte in dat jaar gemiddeld € 0,615 (zie afbeelding 2-2) en een kilogram houtpettels € 0,25. Als deze woning verwarmd werd met behulp van aardgas, waren de energiekosten in dat jaar € 1065,80. Als dezelfde woning verwarmd werd met behulp van houtpellets, dan was er totaal 2946 kg aan houtpellets benodigd en zouden de kosten voor energie in dat jaar € 736,53 bedragen. Door te verwarmen met houtpellets zouden de bewoners in dat jaar € 329,27 besparen aan energiekosten (een besparing van 30,9%).



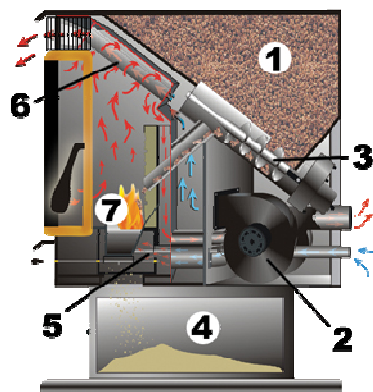
Afbeelding 5-71: Houtpellets in een opslagvat
Bron: www.energieconcepten.be

Er is een speciale installatie nodig om de pellets om te zetten in bruikbare warmte. Voor het verbranden van houtpellets kan de consument kiezen tussen pelletketels en pelletkachels. Pelletkachels worden gebruikt voor ruimteverwarming en worden in de te verwarmen ruimte geplaatst. Bij de pelletkachel is een intern reservoir voorzien waar de pellets ingegoten kunnen worden. Een pelletketel is een installatie waarbij niet alleen één ruimte verwarmd kan worden, maar hiermee kan tevens warm water voor de centrale verwarming worden opgewarmd. Eventueel kan de pelletketel worden gebruikt voor het warm tapwater in de woning.

Pelletkachel

Alle kachels hebben nagenoeg hetzelfde principe, maar het model van de pelletkachel is niet hetzelfde. Een schematische weergave over de werking van een pelletkachel is in afbeelding 5-72 weergegeven. De pellets worden in een speciaal reservoir (1) gedaan, een welschroef die de pellets elektrisch transporteert naar de verbrandingskamer (7) met een snelheid die naar persoonlijke wens kan worden ingeregeld en een automatisch ontbrander (5) verbrandt de pellets. Het vuur verwarmt vervolgens de lucht via de warmteregulator (buizen) (6) en een ventilator (2) blaast de warme schone lucht in de woonkamer. Onder de verbrandingskamer wordt de as in een aslade opgevangen.

Onderstaande afbeelding illustreert de werking van de HSV15 pellet warmte-installatie die is gemonteerd met een lineaire actuator. De installatie heeft een warmte-uitstoot van 15kW en een efficiëntie van meer dan 95%.



Afbeelding 5-72: Schematische weergave van de werking van een pelletkachel
Bron: www.elzhor.com

Afhankelijk van het type pelletkachel, verwarmingssysteem, warmtevraag en grootte van de woning kan het pelletsreservoir een zekere hoeveelheid pellets bevatten (meestal tussen 5 kg en 50 kg voor woningen). De kachels kunnen afhankelijk van het type met de hand of zelfs automatisch worden bijgevuld. Fabrikanten van pelletssystemen verbeteren en optimaliseren hun producten voortdurend. Met name het gebruikersgemak van het systeem is hierbij belangrijk. Zo is er speciaal voor deze kachels en ketels een 'peel grate' ontworpen. Dit systeem transporteert de as van verbrande pellets automatisch naar de aslade en perst dit vervolgens samen. Deze beweging wordt gedaan door een elektrische lineaire actuator, die met 750N duw- en trekbewegingen maakt. Door as te persen blijft afval compact en hoeft slechts enkele malen per jaar de aslade geleegd te worden. De lineaire actuator informeert de gebruiker door middel van een display wanneer de aslade leeggemaakt dient te worden.

Pelletketel

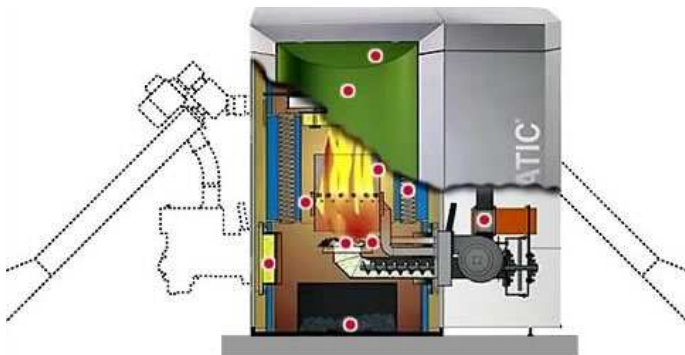
De pelletketel voor centrale verwarming is te vergelijken met een traditionele stookolieketel. De pelletketel moet gevuld worden met pellets en via de aansturing van een thermostaat in de woonkamer wordt het systeem geactiveerd.

Aanvoer van pellets kan volledig automatisch geregeld worden. Voorbeelden van voorraadsystemen zijn een grondtank, een ophangzak, een voorraadvat naast de ketel, een aparte opslagkamer etc. Er moet voor de hoeveelheid opslag rekening gehouden worden met het gewicht van de pellets. Een kubieke meter pellets weegt ongeveer 650 kg.



Afbeelding 5-73: Pelletketel met ophangzak in een opslagkamer
Bron: www.lowenergyproducts.be

De werking van een pelletketel komt voor het grootste gedeelte overeen met die van een pelletkachel. Pellets worden automatisch vanuit de voorraad aangevoerd. Als er warmte wordt gevraagd zullen de pellets die op de vuurhaard aanwezig zijn automatisch worden aangestoken. Hierdoor begint de verbranding van de pellets. De warmte wordt afgegeven aan de ketel die water van de verwarmingsinstallatie bevat. Vervolgens gaat de circulatiepomp draaien en wordt warmte in de betreffende ruimtes afgegeven door vloerverwarming of radiatoren. De verbrande pellets vallen in de aslade die op regelmatige tijdstippen gereinigd kan worden.



Afbeelding 5-74: Schematische weergave van een pelletketel
Bron: www.lowenergyproducts.be

Voor een zeer energiezuinige woning volstaat een pelletketel van 2 kW tot 8kW. Het koppelen van een systeem met zonnepanelen is tevens mogelijk. Er zijn leveranciers van pelletketels die een condensor voor het systeem aanbieden. Deze condensor geeft een extra rendement van 15%, maar is alleen toepasbaar bij een laagtemperatuursysteem.

5.2.2.3.2. Conclusie Biomassa

Het verwarmen van een zeer energiezuinige woning door middel van houtpellets is een mogelijkheid. Ten opzichte van een Hr-ketel zijn de energiekosten lager. Bij de verbranding van deze houtpellets komt echter CO₂ vrij. Doordat houtpellets vanuit het buitenland naar Nederland getransporteerd worden blijft de bijdrage aan een schoner milieu beperkt.

5.2.2.4. *Duurzame energiebronnen: Overige verwarmingssystemen*

5.2.2.4.1. Naverwarmer in de ventilatielucht

Door een naverwarmer in het ventilatiesysteem op te nemen kan de temperatuur van de ventilatielucht verhoogd worden. Hierdoor kan aan de warmtevraag voldaan worden. Dit systeem heeft als voordeel dat er geen aanvullende warmtedistributiesystemen nodig zijn. De naverwarmer kan worden gevoed met water uit de boiler waarbij gebruikgemaakt kan worden van warm water van een zonnecollector. De verwarmingscapaciteit voor een luchtverwarmer is beperkt doordat de luchttemperatuur maximaal 52°C mag bedragen. Bij een woning van 400m³ inhoud en een ventilatievoud van 1,0 keer per uur bedraagt het maximaal vermogen ongeveer 3,25 kW (zie onderstaand tabel).

Tabel 5.16: Berekening maximaal vermogen luchtverwarming

Temperatuur (°C)		Soortelijke warmte (J/(kg/K))	Dichtheid (kg/m ³)	Volume (m ³)	Vermogen (W)
Binnen	Aanvoer				
20	52	710	1,29	400	3257

Bron: Uitwerkingsinstructie Toolkitconcepten Passiefhuis

Het vermogen van luchtverwarming kan verhoogd worden door het vergroten van het debiet. Hierbij moet gelet worden op de geluidproductie door luchtsnelheden in de kanalen en bij de toevoervoorzieningen en de geluidproductie door de installatie zelf. Ook kan door de grotere luchtsnelheden het comfort negatief worden beïnvloed.



Afbeelding 5-75: Luchtverwarmer voor gebalanceerde ventilatie

Bron: www.jongluchtverwarming.nl

5.2.2.4.2. Warmtepomp

Het gebruiken van koude en warmte uit de natuur is een onuitputtelijke vorm van duurzame energie, maar zonder een installatie is het temperatuurniveau te laag om dit direct te gebruiken voor ruimteverwarming of warm tapwater. De warmtepomp is een apparaat die via mechanische arbeid warmte onttrekt aan een koude omgeving en deze toevoert aan een warmere omgeving. Een warmtepomp kan een woning verwarmen, koelen en gebruikers voorzien van warm tapwater.

Werking van een warmtepomp

De werking van een warmtepomp is grotendeels gebaseerd op het volgende natuurkundige effect:

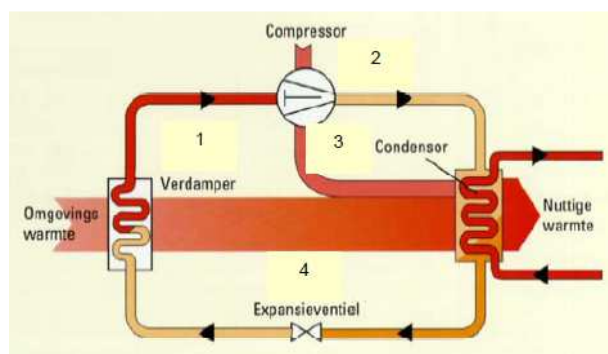
Indien een gas gecomprimeerd wordt tot een hogere druk, stijgt tevens de temperatuur.

Een warmtepomp maakt hiervan gebruik door in een gesloten systeem het aanwezige gas met een compressor zodanig in druk te verhogen, totdat de daarbij behorende temperatuur hoog genoeg geworden is om te gebruiken voor bijvoorbeeld ruimteverwarming. Nadat de warmte is afgegeven wordt de druk verlaagd en hierdoor kan er weer nieuwe (duurzame) warmte opgenomen worden.

Om dit tot een continu werkend geheel te maken zijn de volgende hoofdcomponenten in de warmtekringloop nodig:

1. Een warmtewisselaar om de warmte uit de omgeving (de duurzame bron) te onttrekken: de verdamper
2. Een compressor om de druk tot het gewenste niveau te verhogen
3. Een warmtewisselaar om de warmte over te dragen aan het te verwarmen object of medium (boiler of verwarmingssysteem): de condensor
4. Een expansieventiel; dit is een vernauwing in het leidingwerk waardoor de compressor druk kan opbouwen. Het koelmiddel achter het expansieventiel heeft een grotere volume tot zijn beschikking waardoor het koelmiddel kan verdampen. Zo kan er een hogere druk opgebouwd worden

Onderstaande afbeelding geeft het principe van een warmtepomp weer.



Afbeelding 5-76: Schematische weergave van een warmtepomp
Bron: Senter Novem

Het benodigde gas wordt gekozen aan de hand van de proceseisen en wordt in de praktijk aangeduid als het koudemiddel.



Rendement van een warmtepomp

Een compressor is noodzakelijk om de druk en daarmee de temperatuur te verhogen. Het energieverbruik van de compressor bepaalt het uiteindelijke warmtepomprendement. Het rendement van een warmtepomp wordt berekend door de hoeveelheid energie die nuttig gebruikt kan worden te delen door de energie die door de compressor gebruikt wordt. Dit wordt meestal aangeduid als COP (Coëfficiënt Of Performance).

Aangezien het energieverbruik van een compressor rechtstreeks afhangt van de gerealiseerde drukverhouding, kan het warmtepomprendement met de geselecteerde temperatuurssprong positief of negatief beïnvloed worden.

Voor elke warmtepomp geldt dat het beste rendement gehaald wordt als de brontemperatuur zo hoog mogelijk is en het warmte-afgiftesysteem met een zo laag mogelijke temperatuur kan werken. Om een warmtepomp rendabel te laten werken is een lage temperatuurverwarmingssysteem (LTV) zoals vloerverwarming, wandverwarming, vergrote radiatoren, convectoren etc. noodzakelijk.

Toepassing van warmtepompen

Aangezien een warmtepomp een aantal andere eigenschappen heeft dan een gebruikelijke CV-ketel is een grondige voorbereiding essentieel. Tevens is een goede afstemming van de afzonderlijke systeemcomponenten nodig om een goed werkend geheel met een hoog systeemrendement te verkrijgen. De meeste warmtepomptoepassingen maken het tevens mogelijk dat het gebouw energiezuinig gekoeld kan worden. Hierdoor wordt zomers het comfort van de bewoner fors verhoogd tegen minimale meerkosten (terwijl het rendement toeneemt). Wanneer een warmtepomp wordt toegepast om een woning te koelen is het van groot belang het juiste afgiftesysteem te kiezen. Vloer- en wandverwarmingssystemen zijn voor woningbouw aantrekkelijk omdat zowel bij het verwarmen als koelen hoge rendementen behaald kunnen worden.

Warmtebronnen voor warmtepompen

Om een warmtepomp goed te kunnen toepassen zal op voorhand gekeken moeten worden naar een geschikte bron om de benodigde warmte te leveren. De keuze zal afhangen van de plaatselijke omstandigheden en de warmtepomptoepassing. Warmtepompen kunnen door middel van een warmtewisselaar warmte onttrekken uit de ventilatielucht van de woning, uit de omgevingslucht, uit de bodem onder/naast het gebouw of uit het grondwater.

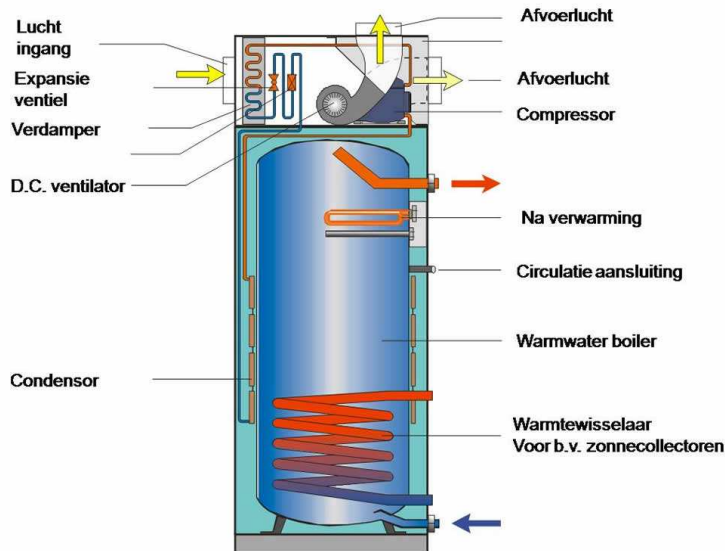
Voor de juiste keuze zijn de volgende factoren van groot belang:

- Warmtebehoefte
- Koudebehoefte
- Beschikbaarheid
- Gemiddelde brontemperatuur
- Minimale brontemperatuur in de winter
- Brontemperatuur na één of meerdere seizoenen.

Ventilatielucht als bron

In een zeer energiezuinige woning moet vanwege het comfort en eisen voor luchtdichtheid altijd gebalanceerde ventilatie (het liefst met warmteterugwinning) worden toegepast. De afgezogen lucht uit de woning is gemiddeld 20°C en kan behalve voor het verwarmen van verse lucht, ook dienen als bron voor bijvoorbeeld een warmtepompboiler om tapwater te verwarmen. Door de universele toepassing zijn deze warmtepompboilers zeer populair in Europa.

Hoewel de hoeveelheid lucht vrij beperkt is, zit er meer warmte in dan via het verwarmen van tapwater benut kan worden. Vooral vanuit Duitsland, Oostenrijk en Scandinavië komen ook grotere toestellen, welke ook deze extra warmte terugwinnen en ter beschikking van de centrale verwarming stellen.



Afbeelding 5-77: Schematische weergave van een warmtepompboiler met lucht als warmtebron
Bron: www.warmtepompinstallateur.nl

Omgevingslucht als bron

De omgevingslucht heeft als groot voordeel dat deze overal in onbeperkte mate voorhanden is. De aanschaf- en installatiekosten voor het benutten van omgevingslucht als warmtebron voor een warmtepomp zijn dan ook relatief laag in vergelijking met de andere systemen. Het nadeel ervan is dat de buitentemperatuur laag is als er veel warmte nodig is en hoog als er geen of nauwelijks warmte nodig is. Dit betekent dat het gemiddelde jaarrendement niet al te hoog is. Behalve voor specifieke toepassingen zoals bijvoorbeeld zwembadverwarming in de zomer. Er zijn echter toestellen op de markt die ook bij lage temperaturen een hoog rendement kunnen halen. Hierdoor wordt de toepassing van luchtwarmtepompen, mede door de gunstige prijs, steeds interessanter.



Afbeelding 5-78: Warmtepomp met omgevingslucht als warmtebron
Bron: Senter Novem

Bodemwarmte als bron

Om de bodemwarmte als bron te benutten wordt meestal een gesloten bodemwarmtewisselaar gebruikt. Hierdoor is het mogelijk om de warmte die in de bodem opgeslagen is te benutten als bron voor de warmtepomp. De aardbodem slaat namelijk de door de zon ingestraalde warmte op. Hierdoor heerst er al vanaf een geringe diepte een vrij constante temperatuur van 10°C à 12°C. Er zijn twee soorten bodemwarmtewisselaars te onderscheiden, namelijk de horizontale en verticale bodemwarmtewisselaars.

De horizontale bodemwarmtewisselaars is gemakkelijk aan te leggen en levert (mits goed aangelegd) een basis voor een goed jaarrendement. De bodemwarmtewisselaar dient gedimensioneerd te worden aan de hand van de plaatselijke bodemgesteldheid. Deze zal meestal liggen tussen de 20 W/m en 40W/m. Het nadeel van dit systeem is dat er een relatief groot oppervlakte nodig is. Dit is bij de meeste woningen in Nederland niet het geval.



Afbeelding 5-79: Horizontale bodemwarmtewisselaar
Bron: Senter Novem

Indien de benodigde grondoppervlakte niet aanwezig is, kan de bodemwarmtewisselaar verticaal ingebracht worden. Deze werkwijze vergt een zeer gedegen analyse vooraf en een nauwe samenwerking met een grondboorbedrijf dat ervaring heeft met deze systemen.



Afbeelding 5-80: Verticale bodemwarmtewisselaar
Bron: Senter Novem

Gebruikelijk worden er in Nederland bodemwarmtewisselaars toegepast tot 20 à 80 meter diep. De juiste diepte, het aantal en de afstand tussen de bodemwarmtewisselaars worden bepaald door de bodemgesteldheid, de beschikbare ruimte en de uiteindelijke warmteonttrekking.

Grondwater als bron

Een alternatief voor de gesloten bodemwarmtewisselaar is het direct benutten van het grondwater als warmtebron. De temperatuur van het Nederlandse bodemwater ligt tussen de 10°C en 12°C op 30 m tot 70 meter.

Het voordeel om bodemwarmte toe te passen als bron voor warmtepompen is enerzijds de hogere temperatuur welke na langere periode beschikbaar is. Anderzijds de kosten per woning welke iets lager kunnen uitvallen bij combinatie van meerdere woningen. Als nadelen kunnen de bodemwaterkwaliteit en de benodigde vergunningen genoemd worden.



Afbeelding 5-81: Warmtepomp met grondwater als warmtebron
Bron: Senter Novem

Combiwarmtepomp

De combiwarmtepomp zorgt (in één apparaat) voor warm tapwater en voor de verwarming van de woning. Als warmtebron dient de bodem. Deze heeft een temperatuur van gemiddeld ca. 10°C à 12°C. In de winter wordt deze warmte overgedragen via een warmtewisselaar naar de warmtepomp.

Door een extra omloopwisselaar op te nemen kan het warmtepompsysteem met een bodemwarmtewisselaar zogenaamde passieve (of vrije) koeling leveren. De combiwarmtepomp heeft ten behoeve van de warm tapwater levering een groot ingebouwd boiler vat van 200 liter.

De warmte- en koudeafgifte vinden plaats via vloerverwarming. Het is ook mogelijk een combinatie met radiatoren of alleen radiatoren toe te passen. Echter, bij de toepassing van alleen radiatoren is er geen vrije koeling mogelijk. Door het kleine oppervlak moeten de radiatoren sterk gekoeld worden waardoor condensatie kan optreden.

Het rendement van het systeem wordt bepaald door de verhouding tussen de hoeveelheid aan de bodem onttrokken warmte en de hoeveelheid elektriciteit die nodig is om in de compressor de temperatuur van de bodemwarmte (ca. 10°C) te verhogen tot ca. 55°C (de COP, zie de begrippenlijst voor de definitie). Om warmte te leveren behoeft slechts 25% elektriciteit te worden toegevoerd, de COP is dan 4. Elektriciteit uit het lichtnet heeft een opwekkingsrendement van 39%. Het rendement van de warmtepomp op basis van primaire energie is daardoor ca. 150%. Ter vergelijking: een Hr-ketel heeft een rendement van 95%. De COP wordt door de fabrikant opgegeven.

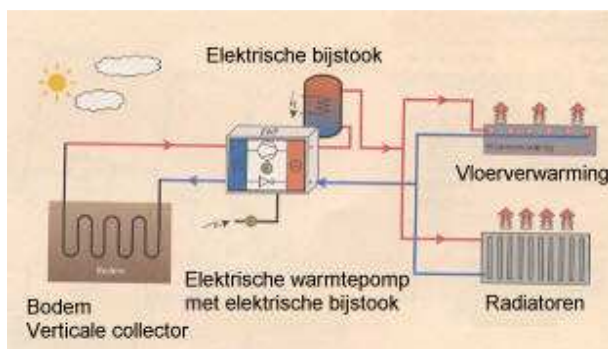
Vanwege stilstandverliezen en elektrische bijverwarming is het rendement voor tapwater bereiding lager. Bij onvoldoende warmtelevering door de warmtepomp wordt tapwater elektrisch naverwarmd. Er zijn combiwarmtepompen verkrijgbaar met een beter rendement dan de waarde uit de energieprestatienorm. Hierdoor is een gelijkwaardigheidsverklaring nodig.

De opstelplaats moet voldoen aan de volgende eisen:

- De combiwarmtepomp heeft een groot ingebouwd boilervat van 200 liter. De afmetingen zijn ca. 60cm x 60cm x 190cm (l x b x h).
- De opstelruimte moet bereikbaar zijn voor onderhoud en vervanging. Daarom is het raadzaam om de opstelplaats te kiezen op de begane grond met een rechtstreekse toegang van buiten.
- Houd rekening met een geluidsniveau en trillingen van de warmtepomp. Het maximale geluidsniveau mag niet meer dan 25 dB(A) bedragen voor verblijfsgebieden/-ruimten.
- Positioneer de opstelplaats zo dicht mogelijk bij de keuken en badkamer, dit in verband met warmteverliezen in leidingen.
- De combiwarmtepomp kan onder de trap of in de garage worden geplaatst.
- Maak vanwege mogelijke geluidsoverlast geen ventilatieopeningen richting woning.

De volgende aansluitpunten ten behoeve van de warmtepomp dienen te worden gerealiseerd:

- Riolering (ten behoeve van expansie tapwater)
- Aansluiting CV-leidingen
- Koud water toevoer
- Warm tapwater distributie
- Bronwateraanvoer en –retour
- Elektriciteit (ten behoeve van hulpenergie)
- Aansluiting thermostaat in woonkamer.



Afbeelding 5-82: Schematische weergave van een combiwarmtepomp systeem

Bron: nos.cybercomm.nl

5.2.2.4.3. Passiefhuistoestel

Een passiefhuistoestel is een toestel waarin verschillende disciplines als verwarmen, ventileren en het bereiden van warm tapwater in één compact toestel zijn samengebracht. De unieke regeling en de in één mantel ondergebrachte componenten verkleinen de kans op de installatiefouten.



Afbeelding 5-83: Passiefhuistoestel
Bron: www.brinkclimatesystems.nl

Zorg dat de warmtevraag van een woning zo gering is dat het ventilatiesysteem volstaat om de warmte af te geven. Daarmee wordt een conventioneel afgiftesysteem voor warmte (bijvoorbeeld radiatoren) uitgespaard.

Bron: www.mijnhuisinstallatie.nl

Met bovenstaande gedachte is het passiefhuistoestel ontwikkeld.

De passiefhuistoestellen zijn vaak uitgerust met een (mogelijke) aansluiting voor zonnecollectoren. In veel buitenlandse toestellen bestaat de warmteopwekking uit zonnecollectoren en een elektrische warmtepomp dat als warmtebron de buitenlucht of de afvoerlucht van de ventilatie gebruikt.

In Nederland zijn de passiefhuistoestellen op dit moment alleen nog te verkrijgen met een aardgasaansluiting. In het nieuwe concept komt echter geen aardgas aansluiting. Ook is het niet mogelijk om de woning extra te verwarmen op een extreem koude winterdag (mocht dit nodig zijn). Hierdoor wordt dit toestel niet verder in dit onderzoek opgenomen.



5.2.2.4.4. Conclusie overige verwarmingssystemen

De keuze van het verwarmingssysteem is afhankelijk van de benodigde warmtevraag voor ruimteverwarming en warm tapwater. Ook de combinatie met andere systemen zijn afhankelijk voor het maken van deze keuze. Wanneer een decentraal gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning wordt toegepast, is een naverwarmer van ventilatielucht een goede oplossing. Een warmtepomp in combinatie met een laagtemperatuursysteem (LTS) behoren ook tot de mogelijke oplossingen. De keuze van een warmtebron bij de warmtepomp (bijvoorbeeld lucht, bodem of grondwater) is afhankelijk van de omgeving en de investeringsbereidheid. Een luchtwarmtepomp is in verhouding met de andere systemen goedkoper, maar heeft als nadeel dat de buitentemperatuur laag is als er veel warmte nodig is en hoog als er geen of nauwelijks warme nodig is. De aanschafkosten van een luchtwarmtepomp zijn gemiddeld € 3500,-. Er wordt bespaard op het energieverbruik voor ruimteverwarming, de warmtepomp verbruikt echter wel meer elektriciteit van bijvoorbeeld een Hr-ketel. Voor een gemiddelde woning in Nederland zal de terugverdientijd van een luchtwarmtepomp hierdoor op zestien jaar worden geschat.

Voor een warmtepomp met bodemwarmtewisselaar zullen de aanschafkosten minstens € 15.000,- bedragen. Door de besparing op het energieverbruik zal de terugverdientijd bij een gemiddelde woning dertien jaar bedragen. Bij een nieuwbouwwoning uit het huidige concept zou dit eenendertig jaar bedragen, aangezien deze minder energie voor ruimteverwarming gebruikt dan een gemiddelde woning in Nederland. Doordat er echter niet geïnvesteerd hoeft te worden in een gasaansluiting en aanschafkosten van een ketel zal de terugverdientijd van een warmtepomp met bodemwarmtewisselaar bij een woning uit het nieuwe concept minder zijn. Dit is mede afhankelijk van de bouwkundige maatregelen en de combinatie met andere installaties in het nieuwe concept.



5.3. Welke energieconcepten zijn er mogelijk?

Om een zeer energiezuinige woning te verkrijgen zijn er verschillende energie concepten mogelijk. In deze paragraaf is dit verder onderzocht.

Energieconcepten worden opgesteld om bouwkundige en installatietechnische uitgangspunten vanuit de eisen van de opdrachtgever (PVE) optimaal op elkaar af te stemmen. Een zeer energiezuinige woning gebruikt in het nieuwe concept maximaal 15 kWh per vierkante meter gebruiksoppervlakte per jaar aan ruimteverwarming. Dit is te realiseren door een woning te ontwikkelen met een goed geïsoleerde en luchtdichte thermische schil en een optimale oriëntatie op het kavel. Tevens moet in het ontwerp rekening worden gehouden met de benodigde installatie om in de behoefte aan energie en comfort te kunnen voorzien.

Uit paragraaf 5.1 blijkt dat als bouwmethodiek voor een zeer energiezuinige woning het beste kan worden gekozen voor traditioneel of prefab bouwen. In beide methodieken dient een vloer op zand, een ribcassette vloer of een geïsoleerde kanaalplaatvloer als begane grondvloer en een geprefabriceerde kap als kapconstructie te worden toegepast. Om aan de eisen voor warmtevraag en luchtdichtheid te kunnen voldoen, blijkt in paragraaf 5.2 dat het noodzakelijk is om gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning toe te passen. Er zijn meerdere installaties mogelijk om de woning te verwarmen, te koelen of te voorzien van warm tapwater.

Aan de hand van de resultaten van de onderzoeken uit paragraaf 5.1 en 5.2 zijn een aantal energieconcepten ten behoeve van een zeer energiezuinige woning uit het nieuwe concept mogelijk.

5.3.1. Energieconcept

Te Kiefte bouwbedrijf b.v. verkoopt de woningen uit het concept op emotie (zie paragraaf 3.1). Daarom is het belangrijk dat bij het samenstellen van mogelijke energieconcepten voor de woningen van een nieuw concept, deze:

- goed verkoopbaar blijven voor Te Kiefte bouwbedrijf b.v.;
- betaalbaar blijven voor de klant;
- over een comfortabel en gezond leefklimaat beschikken;
- minder energie verbruiken als een woning met de minimale eisen uit het huidige Bouwbesluit.

5.3.1.1. *Bouwkundige concepten*

In een zeer energiezuinige woning dient de luchtdichtheid en isolatiewaarde optimaal te zijn. In dient gerekend te worden met een luchtdichtheid van q_{v10} waarde: $\leq 0,15 \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2_{AG})$.

De Rc-waarde van de begane grondvloer is $6,5 \text{ m}^2\text{K/W}$, van de buitengevel $8,4 \text{ m}^2\text{K/W}$ en van het dak $8,26 \text{ m}^2\text{K/W}$. Als isolatiemateriaal wordt gezien de prijs-kwaliteitverhouding PIR isolatie toegepast.

De dakconstructie dient prefab te worden uitgevoerd om de kwaliteit en de luchtdichtheid van het dak te waarborgen. Afhankelijk van de wensen van de klant kan gekozen worden voor houten of kunststof kozijnen, zolang deze maar aan de eisen van een 'passiefkozijn' voldoen.



Er zijn voor een nieuw concept meerdere mogelijkheden qua bouwmethodiek en begane grondvloer.

Tabel 5.17: Bouwtechnische concepten voor een zeer energiezuinige woning

Bouwtechnisch concept 1	
Bouwmethodiek	Traditioneel
Begane grondvloer	Ribcassettevloer
Dakconstructie	Geprefabriceerde kapconstructie
Bouwtechnisch concept 2	
Bouwmethodiek	Traditioneel
Begane grondvloer	Geïsoleerde kanaalplaatvloer
Dakconstructie	Geprefabriceerde kapconstructie
Bouwtechnisch concept 3	
Bouwmethodiek	Traditioneel
Begane grondvloer	Vloer op zand
Dakconstructie	Geprefabriceerde kapconstructie
Bouwtechnisch concept 4	
Bouwmethodiek	Prefab
Begane grondvloer	Ribcassettevloer
Dakconstructie	Geprefabriceerde kapconstructie
Bouwtechnisch concept 5	
Bouwmethodiek	Prefab
Begane grondvloer	Geïsoleerde kanaalplaatvloer
Dakconstructie	Geprefabriceerde kapconstructie
Bouwtechnisch concept 6	
Bouwmethodiek	Prefab
Begane grondvloer	Vloer op zand
Dakconstructie	Geprefabriceerde kapconstructie
Bouwtechnisch concept 7	
Bouwmethodiek	Houtskeletbouw
Begane grondvloer	Ribcassettevloer
Dakconstructie	Geprefabriceerde kapconstructie
Bouwtechnisch concept 8	
Bouwmethodiek	Houtskeletbouw
Begane grondvloer	Geïsoleerde kanaalplaatvloer
Dakconstructie	Geprefabriceerde kapconstructie
Bouwtechnisch concept 9	
Bouwmethodiek	Houtskeletbouw
Begane grondvloer	Vloer op zand
Dakconstructie	Geprefabriceerde kapconstructie



5.3.1.2. *Installatieconcepten*

Bij de vastgestelde bouwkundige uitgangspunten voor zeer energiezuinige woningen kunnen de betaalbare installatieconcepten worden toegepast, welke zijn opgesomd in tabel 5.18. Alle in tabel 5.17 genoemde betaalbare bouwtechnische concepten kunnen worden gecombineerd met de betaalbare installatieconcepten.

Tabel 5.18: Installatietechnische concepten voor een zeer energiezuinige woning

Installatieconcept 1	
Ventilatie	
Type	Gebalanceerde ventilatie
Methode	Centraal, handbediend
Warmteterugwinning	Ja, 95% rendement
Bypass	Ja, 100% zomerbypass
Zomernachtventilatie	Ja
Verwarming en warm tapwater	
Opwekking verwarming	Bodemwarmtepomp
Verwarmingslichaam	LTV, grote radiatoren
Warm tapwater	Zonneboiler
Opwekking PV	nee
Opwekking thermisch	Ja, voor zonneboiler

Installatieconcept 2	
Ventilatie	
Type	Gebalanceerde ventilatie
Methode	Decentraal, vraaggestuurd
Warmteterugwinning	Ja, 95% rendement
Bypass	Ja, 100% zomerbypass
Zomernachtventilatie	Ja
Verwarming en warm tapwater	
Opwekking verwarming	Bodemwarmtepomp
Verwarmingslichaam	LTV, vloer- en/of wandverwarming
Warm tapwater	Zonneboiler
Opwekking PV	nee
Opwekking thermisch	Ja, voor zonneboiler

Installatieconcept 3	
Ventilatie	
Type	Gebalanceerde ventilatie
Methode	Centraal, handbediend
Warmteterugwinning	Ja, 95% rendement
Bypass	Ja, 100% zomerbypass
Zomernachtventilatie	Ja
Verwarming en warm tapwater	
Opwekking verwarming	Lucht-water warmtepomp
Verwarmingslichaam	LTV, grote radiatoren
Warm tapwater	Zonneboiler
Opwekking PV	nee
Opwekking thermisch	Ja, voor zonneboiler



Installatieconcept 4	
Ventilatie	
Type	Gebalanceerde ventilatie
Methode	Decentraal, vraaggestuurd
Warmteterugwinning	Ja, 95% rendement
Bypass	Ja, 100% zomerbypass
Zomernachtventilatie	Ja
Verwarming en warm tapwater	
Opwekking verwarming	Lucht-water warmtepomp
Verwarmingslichaam	LTV, vloer- en/of wandverwarming
Warm tapwater	Zonneboiler
Opwekking PV	nee
Opwekking thermisch	Ja, voor zonneboiler

Installatieconcept 5	
Ventilatie	
Type	Gebalanceerde ventilatie
Methode	Centraal, handbediend
Warmteterugwinning	Ja, 95% rendement
Bypass	Ja, 100% zomerbypass
Zomernachtventilatie	Ja
Verwarming en warm tapwater	
Opwekking verwarming	Bodemwarmtepomp (grondwater)
Verwarmingslichaam	LTV, grote radiatoren
Warm tapwater	Zonneboiler
Opwekking PV	nee
Opwekking thermisch	Ja, voor zonneboiler

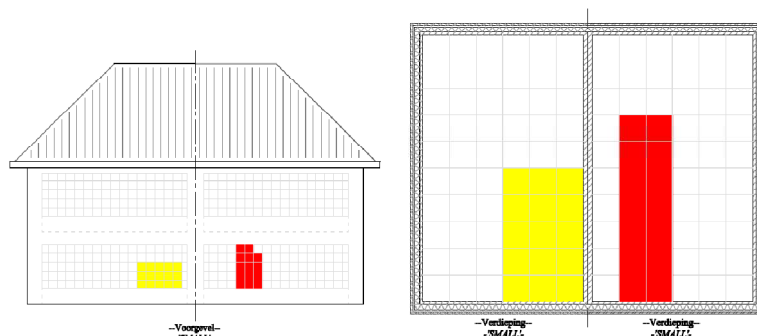
Installatieconcept 6	
Ventilatie	
Type	Gebalanceerde ventilatie
Methode	Decentraal, vraaggestuurd
Warmteterugwinning	Ja, 95% rendement
Bypass	Ja, 100% zomerbypass
Zomernachtventilatie	Ja
Verwarming en warm tapwater	
Opwekking verwarming	Bodemwarmtepomp (grondwater)
Verwarmingslichaam	LTV, vloer- en/of wandverwarming
Warm tapwater	Zonneboiler
Opwekking PV	nee
Opwekking thermisch	Ja, voor zonneboiler

5.4. Hoe kan de vrije indeelbaarheid worden gehandhaafd in een zeer energiezuinig concept?

Te Kiefte bouwbedrijf b.v. vindt het belangrijk dat het concept voor dubbele woonhuizen vrij indeelbaar blijft. Dit kan door voor ieder woonhuis een nieuw ontwerp te maken, maar dit kan ook door het nieuwe concept 'vrij indeelbaar' te ontwerpen.

In overleg met Te Kiefte bouwbedrijf b.v. worden de vier plattegronden, welke in het huidige concept worden toegepast, teruggebracht naar twee plattegronden met een voorbeeldindeling welke ideaal is voor het bouwen van zeer energiezuinige en energieneutrale woningen.

Voor de vrije indeelbaarheid zijn er ook plattegronden zonder indeling. De plattegronden zijn evenals de gevelaanzichten voorzien van een raster. Een vakje op de plattegrond is dan gelijk aan één vakje is het gevelaanzicht, om aan de eisen uit het Bouwbesluit te voldoen. Dit is een minimale eis. Hierbij is rekening gehouden met het niet meerekenen tot 60cm vanaf de grond. Dit is aangegeven met een stippellijn en kan (indien gewenst) worden ingevuld als kozijn. Het is bij deze methode wel belangrijk dat potentiële klanten worden ingelicht over de oriëntatie van de woning (gesloten of juist open gevel).



Afbeelding 5-84: Voorbeeld vrije indeelbaarheid

Tabel 5.19: Type en afmetingen plattegronden

Type plattegrond:	Binnenwerkse afmetingen (l x b):
'Small'	10 x 6 m ¹
'Royal'	12 x 6 m ¹

Te Kiefte bouwbedrijf b.v. heeft voor bovenstaande afmetingen gekozen omdat dubbele woonhuizen met bovenstaande afmetingen de afgelopen jaren het meest werden verkocht.

Om een klant nog meer vrije indeelbaarheid te kunnen geven kunnen er opties worden aangeboden. Denk bijvoorbeeld aan een garage of een uitbouw aan de woning. Door gebruik te maken van de Wet Algemene Bepalingen Omgevingsrecht (WABO-regelgeving) kunnen er 'vergunningsvrije' opties worden ontworpen.

WABO

Op 1 oktober 2010 is de WABO regelgeving ingevoerd. Volgens deze regelgeving mag de indeling van de woning tijdens de bouw worden veranderd zonder dat hiervoor opnieuw een aanvraag gedaan dient te worden gedaan. Ook mogen de gevelaanzichten die grenzen aan het achtererfgebied worden veranderd zonder dit opnieuw aan te vragen. Een voorwaarde van deze regeling is dat het gebouw aan het bouwbesluit blijft voldoen.

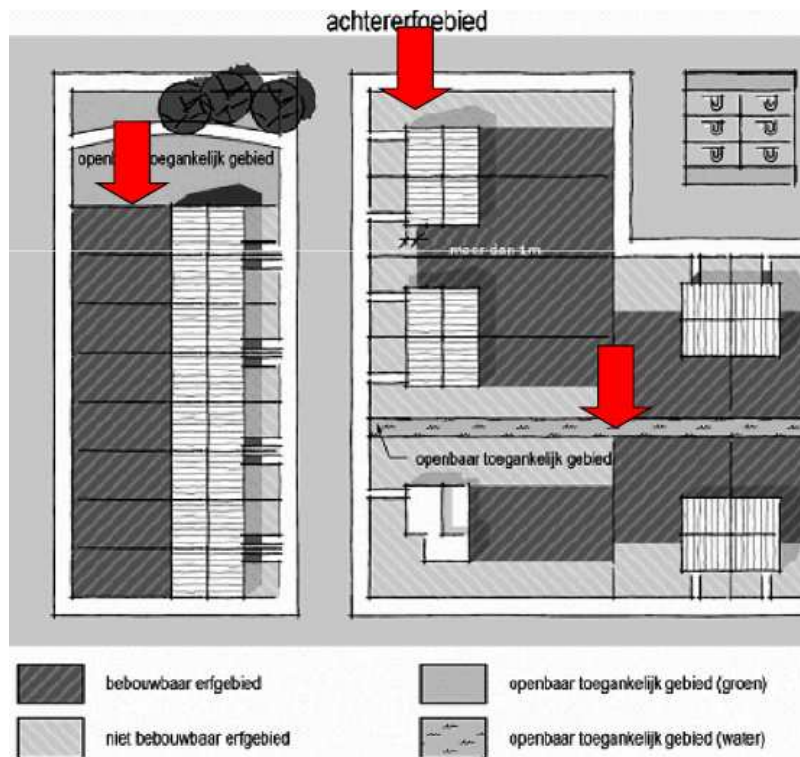
In de WABO regelgeving zijn vergunningsvrije bouwwerken opgenomen. Deze mogen zonder vergunning worden aangebouwd aan de woning. Dit in tegenstelling tot de wetgeving voor 1 oktober 2010.

Er kan geconcludeerd worden dat het aanvragen van een bouwvergunning gemakkelijk is. Er kan een standaard tekening naar de gemeente worden gestuurd. Er kunnen verschillende vergunningsvrije opties worden aangeboden in het nieuwe concept. Hierdoor worden de kosten van het aanvragen van een bouwvergunning tot het minimum beperkt.

Vergunningsvrij bouwen

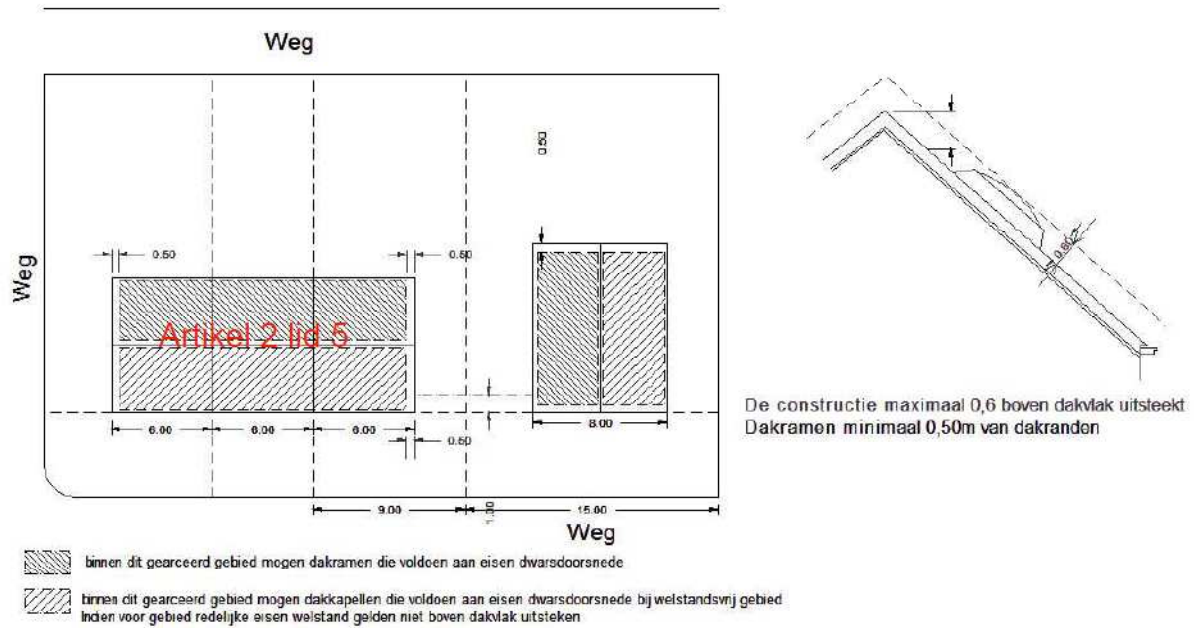
In de WABO zijn een aantal mogelijk heden opgenomen om vergunningsvrij te kunnen bouwen. Voordat deze worden behandeld worden er eerst een paar definities uitgelegd:

- Achtererfgebied:
Het erf aan de achterkant en aan de niet naar openbaar toegankelijk gebied gekeerde zijkant, op meer dan 1 m¹ van de voorkant vanaf het hoofdgebouw.



Afbeelding 5-85: Visualisering achtererfgebied
Bron: VIA adviseurs

- Hoofdgebouw:
Gebouw of gedeelte daarvan dat noodzakelijk is voor de verwezenlijking van de geldende of toekomstige bestemming van een perceel en indien meer gebouwen op het perceel aanwezig zijn, gelet op die bestemming het belangrijkste is.
- Bijbehorend bouwwerk:
Een uitbreiding van een hoofdgebouw dan wel functioneel met een zich op hetzelfde perceel bevindend hoofdgebouw verbonden, daar al dan niet tegen aangebouwd op de grond staand gebouw of ander bouwwerk met een dak.



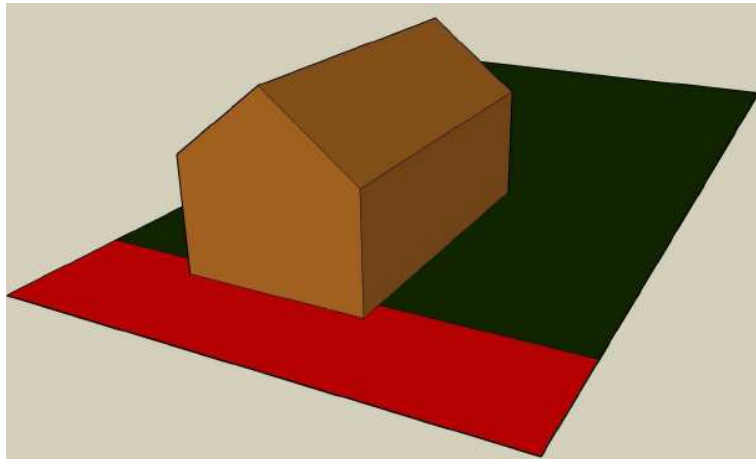
Dakramen vergunningsvrij

Afbeelding 5-87: Criteria voor vergunningsvrije dakramen

Bron: VIA adviseurs

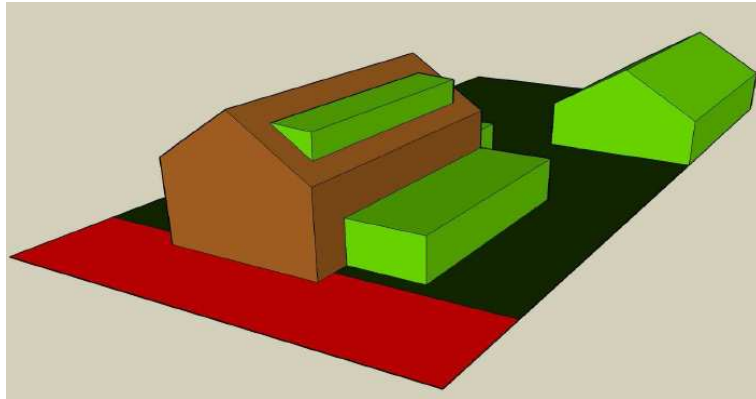
Algemene vergunningsvrije onderdelen

Een kozijn, kozijnvulling of een gevelpaneel mogen worden vervangen, wanneer deze zijn geplaatst in de achtergevel of in een niet naar een openbaar toegankelijk gebied gekeerde zijgevel van een hoofdgebouw. Deze onderdelen mogen in een bijbehorend bouwwerk ten alle tijden worden vervangen.



Afbeelding 5-88: Vergunningsplichtig

Bron: VIA adviseurs



Afbeelding 5-89: Vergunningsvrije opties
Bron: VIA adviseurs

Een voordeel van het vergunningsvrij bouwen is dat de aanvrager geen leges kosten hoeft te betalen over de opties die niet worden aangevraagd.

Ook kan er flink bespaard worden op het tekenwerk voor de aanvraag. Het vergunningsplichtige deel kan één keer worden getekend. In veel gevallen hoeft alleen de voorgevel te worden aangepast wanneer deze afwijkt van het standaard. De rest van de gevels kunnen immers vrij worden aangepast zolang zij blijven voldoen aan het bouwbesluit en niet grenzen aan het openbaar groen. Ook hoeven de plattegronden niet opnieuw te worden getekend. De binnenwanden mogen vrij worden geplaatst zolang de woning maar aan het bouwbesluit blijft voldoen.

Meerwerkopties

Naar aanleiding van bovenstaande bevindingen worden in overleg met de opdrachtgever de in tabel 5.20 weergegeven meerwerkopties onderzocht in dit onderzoek.

Tabel 5.20: Meerwerkopties in het nieuwe concept

Meerwerkoptie:		Afmetingen:	Vergunningsvrij:
Voorgevel:	Een erker	1 x 4 m ¹	Nee
Zijgevel:	Een uitbouw	2,5 m ¹ x lengte van de plattegrond (1 m ¹ vanuit voorgevel)	Ja*
	Een carport	Afhankelijk van garage (1 m ¹ vanuit voorgevel)	Ja*
Achtergevel	Een uitbouw	2,5 m ¹ x breedte van de plattegrond	Ja*
	Een dakkapel	2,2 x 1,6 m ¹	Ja*
Combinatie zij- en achtergevel	Een garage	4,5 x 6,5 m ¹	Ja*
	Een garage met kap	3,5 x 8,5 x 5 m ¹ (l x b x h)	Ja*
	Een garage met kap	3,5 x 8,5 x 2 keer verdiepingshoogte (l x b x h)	Nee
Algemeen	Een kelder	2,24 x 2,44 x 2,24 m ¹ (l x b x h)	Nee

Installaties

De installaties van een zeer energiezuinige of een energieneutrale woning zijn, zoals in de vorige paragraaf besproken, belangrijk. De installaties mogen de luchtdichte laag niet doorboren. Ook is het belangrijk dat men gemakkelijk bij de installatie kan in verband met het onderhoud van de installaties. Ook kan men een installatie dan relatief eenvoudig vervangen wanneer deze versleten is.

Wanneer men gemakkelijk bij de installatie en leidingen daarvan kan komen is het over een aantal jaar mogelijk om de energiezuinige installatie te vervangen voor een energieneutrale installatie zonder de woning aan te hoeven passen.

Wanneer men een installatieschacht toepast, kan dit worden gerealiseerd. Doordat de natte ruimtes allemaal aan de dichte gevel moeten worden gerealiseerd, kan er één centrale schacht worden toegepast. Deze dient dan zo dicht mogelijk bij alle vertrekken te komen waar warm tapwater benodigd is.



5.5. Hoe zou een energieconcept voor zeer energiezuinige woningen uitgewerkt kunnen worden?

In paragraaf 5.1 tot en met 5.4 zijn de mogelijkheden voor zeer energiezuinige dubbele woonhuizen beschreven. Met deze bevindingen zijn vijf van de zeven woningtypen uit de brochure herontwikkeld. Elk woningtype heeft de mogelijkheid om gebouwd te worden met een woningdiepte van 10 meter (“Small”) of 12 meter (“Royal”). In de uitgewerkte woningtypen is rekening gehouden met de vrije indeelbaarheid, verkoopbaarheid, betaalbaarheid en de bouwtechnische eisen van het bouwbesluit zoals daglicht en ventilatie.

De herontwikkelde woningtypen uit de brochure zijn:

- “Huize de Colckhof” (bijlage F);
- “Huize de Palthetoren” (bijlage G);
- “Huize ’t Rozendaal” (bijlage H);
- “Huize de Sprengenberg” (bijlage I);
- “Huize Nieuw Rande” (bijlage J).

De tekeningen zijn getekend met een schaal 1:100.

De berekeningen voor daglicht, ventilatie, zomernachtventilatie en spuiventilatie zijn achter de bijlagen van de woningtypen toegevoegd.

5.5.1 Bouwkundige uitgangspunten

In paragraaf 5.3.1.1. zijn de mogelijke bouwtechnische concepten behandeld. In overleg met de opdrachtgever is gekozen om bouwtechnisch concept 4 verder uit te werken. Redenen hiervoor zijn:

- Te Kiefte bouwbedrijf b.v. staat bekend als een traditionele bouwer, waardoor zij een goede naamsbekendheid hebben verkregen. Hierdoor is de bouwmethode houtskeletbouw niet geschikt voor het concept binnen Te Kiefte bouwbedrijf b.v. (verkoopbaarheid).
- Prefab bouwen waarborgt de kwaliteit en luchtdichtheid van de woning.
- Prefab bouwen blijkt volgens een intern onderzoek van Te Kiefte bouwbedrijf b.v. even duur als traditioneel bouwen (betaalbaarheid).
- Het bedrijf heeft ervaring met ribcassettevloeren, deze worden in het huidige concept ook toegepast.

5.5.1.1. Indeling plattegronden

De plattegronden zijn verdeeld in drie zones, omdat de drie verwarmde ruimten op verschillende verdiepingen liggen. De plattegronden zijn achter elk geveltype in de bijlage toegevoegd.



5.5.1.2. Thermische schil

Tabel 5.21 laat de uitgangspunten voor de verschillende delen van de thermische schil zien. Deze uitgangspunten gelden voor alle woningen uit het nieuwe concept. Bij de opmerkingen is voor de ramen aangegeven of er zonwering aanwezig is.

Tabel 5.21: Eigenschappen thermische schil van de alle woningen uit het nieuwe concept

Constructiedeel	R_c (m^2 K/W)	U (W/m^2K)	ZTA (%)	Opmerking
Dichte delen langsgevel	8,4	0,12		
Dichte delen kopgevel	8,4	0,12		
Ramen noordzijde		0,80	60*	Voorzien van zonwering
Ramen zuidzijde		0,80	60*	Voorzien van zonwering
Ramen oostzijde		0,80	60*	Voorzien van zonwering
Dichte delen deuren		0,80		Geïsoleerde voordeur
Ramen in deuren		0,80	60*	
Dakconstructie	8,26	0,12		
Platte dakconstructie	8,02	0,12		
Zijwangen dakkapel	8,05	0,12		
Begane grondvloer	6,5	0,15		

* ZTA afhankelijk van toegepast glas; ZTA meestal <60%

De berekeningen voor de R_c -waarde en de U -waarde zijn toegevoegd in bijlage K van deze rapportage.

5.5.1.3. Lineaire warmteverliezen

De lineaire warmteverliezen zijn in de EPN-rekenmethode ingevoerd volgens de gedetailleerde methode (forfaitair). De aansluitdetails voor de bepaling van de lineaire warmteverliezen zijn weergegeven in tabel 5.22.



Tabel 5.22: Overzicht van de aansluitdetails voor de bepaling van de lineaire warmteverliezen

Aansluiting	Psi (W/mK)	Psi;gr (W/mK)
Fundering – begane grondvloer – langsgevel		-0,115
Fundering – begane grondvloer – kopgevel		-0,073
Bouwmuur – langsgevel	0,041	
Verdiepingsvloer – langsgevel	0,041	
Dak – zoldervloer – langsgevel	0,028	
Dak – bouwmuur	0,035	
Nok	0,025	
Langsgevel – kopgevel	0,041	
Kozijn - onderzijde	0,044	
Kozijn - bovenzijde	0,048	
Kozijn - langs zijde	0,048	
Deur - onderzijde		-0,108
Deur - bovenzijde	0,048	
Deur - langs zijde	0,048	

Aangezien niet alle psi-waarden uit de ‘Uitwerkingsinstructie Toolkitconcepten Passiefhuis’ gebruikt konden worden, is in overleg met de opdrachtgever gekozen voor psi-waarden van een soortgelijke constructie. Voor de aansluiting dakkapel – hellend dak wordt de psi-waarde van een Velux dakraam (geschikt voor een passiefhuis) aangehouden (0,068 W/mK). Voor de aansluiting gevel – platdak wordt de psi-waarde van de aansluiting langsgevel – verdiepingsvloer aangehouden (0,022 W/mK). Voor de hoeken van de kelder wordt dezelfde psi;gr-waarde als de aansluiting van de begane grondvloer op de fundering aangehouden (-0,073).

Infiltratie

De infiltratie is gesteld op $q_{v;10;kar} = \leq 0,15 \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2_{AG})$

5.5.1.4. Bouwkundige aandachtspunten installatietechniek

- Plaatsing van de ketel en het voorraadvat ten opzichte van de tappunten (korte leidingen);
- Plaatsing en afmetingen van de ventilatiekanalen;
- Opstelruimte van de warmteterugwinunit;
- Uitvoering van de luchtdichtheid van de schil;
- Oriëntatie van de woning in verband met de zonneboiler/-collector.

5.5.2 Installatietechnische uitgangspunten

In paragraaf 5.3.1.2. zijn een aantal installatieconcepten voorgeschreven. In overleg met de opdrachtgever is gekozen om “installatieconcept 3” verder uit te werken als nieuw concept voor Te Kieftte bouwbedrijf b.v. Bij de keuze voor installatieconcept 3 ligt de nadruk op de installatiekosten, aangezien bij dit installatieconcept de aanschafkosten lager zijn dan bij de overige installatieconcepten.

Installatieconcept 3 bestaat uit een elektrische lucht-water warmtepomp met voorraadvat en eventueel één collector (afhankelijk van het woningtype). De warmtepomp verwarmt direct water in de boiler. Uit de boiler worden warm tapwater en warm water voor ruimteverwarming gehaald. Het afgiftesysteem bestaat uit laagtemperatuurradiatoren. De toepassing van de warmtepomp maakt het mogelijk de woning uit te voeren als een volledig elektrisch systeem, waarbij de woning geen aansluiting voor gas nodig heeft. De woning kan gekoeld worden door de warmtepomp in zomerbedrijf. Alle voorgeschreven bouw- en installatietechnische concepten kunnen met elkaar gecombineerd worden. In dit onderzoek zal installatieconcept 3 worden uitgewerkt met bouwtechnisch concept 4. In tabel 5.23 is installatieconcept 3 globaal gedetailleerd.

Tabel 5.23: Globale detaillering installatieconcept voor zeer energiezuinige woningen

Installatie	Lucht-water warmtepomp
Ventilatiesysteem	Gebalanceerd, HR-WTW (>95%) in samenwerking met zomernachtventilatie
Warmtebron	Elektrische warmtepomp lucht-water
• Eventuele zonnecollector	± 2,3 m ²
• wateropslag	± 270 liter
• temperatuurniveau	LTV
• warmteafgifte	Radiatoren

5.5.2.1. *verwarming en tapwater*

Elektrische warmtepomp

De woningtypen zijn in dit uitgewerkte concept uitgerust met een individuele elektrische warmtepomp voor verwarming en warm tapwater bereiding. De warmtepomp onttrekt de warmte aan de buitenlucht via een buitenunit. De woning kan gekoeld worden door de warmtepomp in zomerbedrijf.

De warmtepomp dient geplaatst te worden in een akoestisch goed geïsoleerde ruimte om overlast ten gevolge van geluid en trillingen te beperken. De opstelruimte moet toegankelijk zijn voor onderhoud en vervanging van de warmtepomp. In dit onderzoek is de installatieruimte gesitueerd op de zolder.

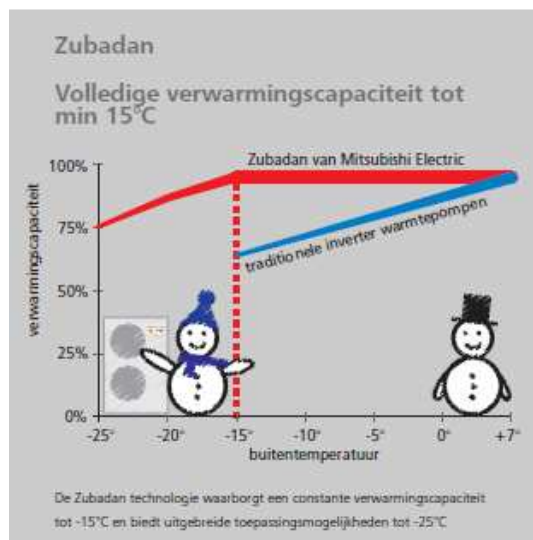
De buitenunit onttrekt warmte aan de buitenlucht. Deze wordt vervolgens afgegeven aan een vloeistof die deze warmte via een warmtewisselaar aan het verwarmingssysteem afgeeft. De buitenunit kan maximaal 80 meter van de woning geplaatst worden. Het is verstandig om bij het plaatsen van de buitenunit rekening te houden met de afstand van de unit tot de woning (hoe korter hoe beter) en de opstelplaats van de unit. De unit produceert geluid en kan de uitstraling van de tuin verstoren. De binneninstallatie beschikt over een voorraadvat. Hiermee is rekening gehouden in de installatieruimte.



Afbeelding 5-90: Mogelijke opstelling warmtepomp en buitenunit
Bron: www.mitsubishielectric.nl

Ontwikkelingen in warmtepompen

Er zijn op dit moment veel ontwikkelingen in warmtepompen. Fabrikanten ontwikkelen hun systemen met bijvoorbeeld een hoger rendement, een andere werking van het systeem of zijn juist goedkoper geworden in aanschaf. In dit onderzoek is gekozen om een lucht-water warmtepomp toe te passen. Voor de energieprestatieberekening is een gelijkwaardigheidsverklaring van de Mitsubishi HM 270V toegevoegd. Er zijn echter nieuwere en betere systemen op de markt, bijvoorbeeld de Mitsubishi Zubadan of Mitsubishi Ecodan. Deze lucht-water warmtepomp kan ook bij lagere temperaturen een goed rendement behalen, waardoor bijverwarming of een zonnecollector voor de woningtypen niet nodig zijn. Van deze systemen zijn echter nog geen gelijkwaardigheidsverklaringen opgesteld, waardoor deze niet in de EPC-berekening ingevoerd kunnen worden.



Afbeelding 5-91: Rendement Zubadan bij lage temperaturen
Bron: www.mitsubishielectric.nl

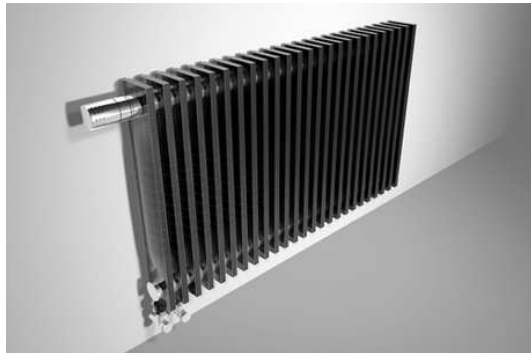
Een brochure van de Mitsubishi HM 270V en de Mitsubishi Zubadan is toegevoegd in bijlage L van deze rapportage.

Laagtemperatuur verwarmingssysteem (LTV)

Ten behoeve van de verwarming wordt een laagtemperatuur verwarmingssysteem (LTV) toegepast. Een laagtemperatuur systeem verbetert het rendement van de warmtepomp en zorgt voor meer comfort bij een grotere warmtevraag (tijdens koude dagen).

Warmteafgifte

De warmteafgifte geschiedt op de begane grond en de verdiepingen via laagtemperatuur radiatoren.



Afbeelding 5-92: Laagtemperatuurradiator

Bron: www.wonenwonen.nl

Temperatuurregeling

De verwarmingsinstallatie wordt aangestuurd door een ruimtemodule (kamerthermostaat) in de woonkamer. Deze thermostaat moet minstens één meter van het raam en niet in een ventilatiestroom worden geplaatst. De radiatoren in de overige vertrekken moeten worden voorzien van thermostatische kranen, zodat de temperatuur per vertrek te regelen is.

Tapwater

Het tapwater wordt verwarmd in de warmtepomp. Bij een aantal woningtypen zal een zonnecollector aan het buffervat van de warmtepomp worden gekoppeld. Het rendement van de opwekking in de warmtepomp en de zonnecollector is hoger dan de forfaitaire waarde uit de norm. Daardoor zijn kwaliteitsverklaringen benodigd. Het rendement van de warmtepomp wordt aangehouden volgens de kwaliteitsverklaring van de Mitsubishi HM 270V. Het rendement van de zonnecollector wordt aangehouden volgens de kwaliteitsverklaring van de HR-Solar HRS 120/2,5AR. Aangezien bij dit type gerekend is met een boilervat van 120 liter en het voorraadvat van de warmtepomp 270 liter bedraagt, zal het rendement waarschijnlijk hoger zijn dan de ingevoerde waarde.

Vanwege het warmteverlies en de wachttijden bij de tappunten wordt de installatie zo gesitueerd dat de afstanden naar de tappunten zo kort mogelijk zijn. Dat bespaart energie, is comfortabeler en heeft een positief effect op de EPC uitkomst.

In tabel 5.24 en 5.25 is aangegeven hoe de warmtepomp in het rekenprogramma is ingevoerd. Aangezien de NEN 7120 (de nieuwe energieprestatienorm) en het bijbehorende EPG rekenprogramma nog niet beschikbaar is, is gerekend met de NEN 5128.

Tabel 5.24: Detaillering verwarming en hulpenergie voor energieprestatieberekening

Verwarmingstoestel	Type verwarmingstoestel	Kwaliteitsverklaring
	Bron	Lucht
	Temperatuurniveau	$T \leq 35^{\circ}\text{C}$
Installatiekenmerken	Type verwarmingslichaam	Overig (bijv. radiatoren)
	Opwekkingsrendement ($n_{\text{opw};\text{verw}}$)	4,15
	Systeemrendement ($n_{\text{opw};\text{verw}}$)	0,920
	Kenmerken	Afleverzet voor warm tapwaterbereiding
		Individuele bemetering
		Alle leidingen binnen
		Installatie voorzien van buffervat
	Aanwezige zones	Begane grond, 1 ^e verdieping en zolder
Hulpenergie	Aantal cv-ketels met waakvlam	0
	Warmtepomp	Circulatiepomp aanwezig
		Circulatiepomp voorzien van pompregeling

Tabel 5.25: Detaillering warm tapwater voor energieprestatieberekening

Opwekkingstoestel	Kwaliteitsverklaring (als gedefinieerd verwarming)	
Tappunten	Badruimte: aantal 1	2,6 meter
	Aanrecht: aantal 1	4 meter
	Inwendige diameter	$\leq 8 \text{ mm}$
Rendementen	Opwekkingrendement	2,740
	Systeemrendement	0,767



Afbeelding 5-93: Voorbeeld van een zonneboiler
Bron: www.hrsolar.nl



5.5.2.2. *Uitgangspunten ventilatiesysteem*

De woning wordt voorzien van een gebalanceerd ventilatiesysteem met mechanische ventilatieto- en afvoer. Tussen de toevoer en afvoer van deze ventilatielucht is een hoogrendement warmtewisselaar geplaatst (95%) waarmee de warmte uit de afgevoerde lucht wordt afgegeven aan de toegevoerde buitenlucht. De toevoerlucht wordt vanuit het dak of de gevel via een kanaal naar de warmtewisselaar aangezogen door middel van een gelijkstroomventilator en vervolgens per vertrek (woonkamer, slaapkamers) ingeblazen. In het toevoersysteem kunnen filters worden aangebracht die de buitenlucht zuiveren van pollen en eventueel aanwezig fijnstof.

In dit onderzoek is de gelijkwaardigheidsverklaring van de StorkAir WHR 950 gebruikt, maar andere systemen met een vergelijkbaar rendement zijn ook mogelijk. Het afzuigsysteem bestaat uit afvoerroosters in de keuken, het toilet en de badkamer. Deze roosters zijn aangesloten op de afvoerkanalen. Voor de afvoer zorgt een gelijkstroomventilator. De ventilator blaast de lucht via de warmtewisselaar naar buiten via het dak. Om ventilatie mogelijk te maken dienen er onder de binnendeuren spleten aangebracht te worden.

Regeling ventilatie

De regeling van de ventilatie is als volgt:

- In de keuken is een driestandenschakelaar aangebracht die verschillende instellingen mogelijk maakt en het ventilatiesysteem is niet uitschakelbaar.
- Bij hoge buitentemperaturen vindt er geen warmteterugwinning plaats middels een in het systeem geplaatste bypass waarmee de lucht om de warmtewisselaar heen wordt geleid.
- Zonder verstoring van het ventilatiesysteem is het mogelijk ramen te openen. Wel zal in de winter extra energieverlies optreden, omdat er zonder warmteterugwinning wordt geventileerd.

Tabel 5.26: Detaillering ventilatie voor energieprestatieberekening

Ventilatievoorziening	Mechanische luchttoe- en afvoer
Type warmteterugwinning	Kwaliteitsverklaring / overig (vanwege hoog rendement nodig)
	Rendement WTW η_{wtw} 0,95
	Type voorverwarming Voorverwarming door warmteterugwinning
	Regelbaar door bewoners Nee
	Toevoer in zomer Toevoer niet uitschakelbaar
	Bypass aanwezig 100% bypass
Aanwezige zones	Begane grond, 1 ^e verdieping en zolder
Ventilatiesysteem zone 1,2,3	Gebalanceerde ventilatie, gelijkstroom



Afbeelding 5-94: Ventilatiesysteem met warmteterugwinning
Bron: www.jestorkair.nl

5.5.2.3. **Uitgangspunten overige installatiesystemen**

Zonneboiler

Bij een aantal woningtypen is een zonnecollector op het dak benodigd. Deze collector heeft een oppervlakte van $\pm 2,3 \text{ m}^2$). De collector warmt water op t.b.v. het voorraadvat van 270 liter in de installatieruimte.

Tabel 5.27a: Detaillering zonnecollector voor energieprestatieberekening

Zonnecollectoren	Toegewezen aan	Warm tapwatersysteem / verwarmingssysteem
	Onderdeel	
	Bijdrage	Opwekking
	Oriëntatie	Zie tabel 27b
	Helling	Zie tabel 27b
	Collectoroppervlak (A_{ze})	$2,3 \text{ m}^2$
	Beschaduwing	Minimale belemmering
Rendementen	Opwekkingsrendementen tapwater ($N_{ze;tap}$)	Zie tabel 27b
	Opwekkingsrendementen verwarming ($N_{ze;verw}$)	n.v.t.

Tabel 5.27b: Detaillering zonnecollector voor energieprestatieberekening

	“Huize de Colckhof” “Small” linker en rechter helft	“Huize de Colckhof” “Royal” linker en rechter helft	“Huize de Paltjhetoren” “Royal” linker en rechter helft	“Huize de Sprengenberg” “Small” linker helft	“Huize de Sprengenberg” “Small” rechter helft	“Huize de Sprengenberg” “Royal” linker helft	“Huize Nieuw Rande” “Small” linker en rechter helft	“Huize Nieuw Rande” “Royal” linker en rechter helft
Oriëntatie	Z	Z	Z	Z	O	Z	Z	Z
Helling	33	29	35	33	48	28	53	48
$N_{ze;tap}$	0,6	0,65	0,65	0,6	0,65	0,65	0,6	0,6



Koeling

De woning kan gekoeld worden door de warmtepomp in zomerbedrijf. Het verwarmingssysteem wordt gevoed met water uit de warmtepomp wanneer deze in zomerbedrijf is.

Verlichting

Het energieverbruik voor verlichting wordt wel meegerekend in de bepaling van de EPC, maar dit energieverbruik is niet te beïnvloeden door ontwerpaanpassingen of door het invoeren van energiezuinige armaturen in de berekening. De hoeveelheid energie voor verlichting wordt in de norm gerelateerd aan het gebruiksoppervlak.

5.5.3. Resultaten energieprestatieberekening

CO₂-emissie

In de energieprestatieberekening wordt ter informatie de hoeveelheid CO₂-emissie berekend. In de berekening daarvan is de berekende energie voor comfort niet verwerkt. Voor de berekening van de primaire energie voor elektriciteit wordt uitgegaan van een opwekking- en distributierendement van het openbare elektriciteitsnet van 39%.

Risico hoge temperaturen

Door de energieprestatieberekening wordt de kans op temperatuuroverschrijding berekend. Via 'risico te hoge temperaturen' wordt per verwarmde zone een informatieve waarschuwing gegeven bij groot risico van temperatuuroverschrijdingen. Bij alle berekeningen wordt een "laag-matig risico" aangegeven, wat een gunstige uitkomst betekent.

Primair energieverbruik

De energieprestatieberekening bepaalt voor een aantal posten het primaire energieverbruik. De berekening gaat hierbij uit van een gestandaardiseerd gebruikersgedrag. In bijlage O is een totaaloverzicht van de zeer energiezuinige woning toegevoegd. Hierin is per woningtype het primaire energieverbruik (gebouwgebonden) in MJ aangegeven.

Resultaat energieprestatieberekening

De uiteindelijke energieprestatie van de woningen wordt bepaald door de totaal berekende energiebehoefte te delen door het totaal toelaatbare energieverbruik. Tabel 5.28 geeft de berekening van de energieprestatiecoëfficiënt (EPC) weer.



Tabel 5.28: Bepaling van het resultaat van de energieprestatieberekening

$Q_{\text{pres;totaal}} / ((330 \times A_{\text{gverw}} + 65 \times A_{\text{verlies}}) \times \text{CEPC}) = \text{EPC}$
EPC "Huize de Colckhof" "Small" linker- en rechterhelft = 0,28
EPC "Huize de Colckhof" "Royal" linker- en rechterhelft = 0,28
EPC "Huize de Palthetoren" "Small" linker- en rechterhelft = 0,30
EPC "Huize de Palthetoren" "Royal" linker- en rechterhelft = 0,28
EPC "Huize 't Rozendaal" "Small" linker- en rechterhelft = 0,30
EPC "Huize 't Rozendaal" "Royal" linker- en rechterhelft = 0,30
EPC "Huize de Sprengenberg" "Small" linkerhelft = 0,28
EPC "Huize de Sprengenberg" "Small" rechterhelft = 0,29
EPC "Huize de Sprengenberg" "Royal" linkerhelft = 0,28
EPC "Huize de Sprengenberg" "Royal" rechterhelft = 0,30
EPC "Huize Nieuw Rande" "Small" linker- en rechterhelft = 0,29
EPC "Huize Nieuw Rande" "Royal" linker- en rechterhelft = 0,28

De energieprestatieberekeningen zijn in de bijlagen van de verschillende geveltypen toegevoegd.

Benodigde gelijkwaardigheidsverklaringen

Voor de energieprestatie moet gerekend worden op de volgende punten:

- Het rendement van de toegepaste warmtepomp en zonnecollector is hoger dan de forfaitaire waarde die wordt gehanteerd in de energieprestatieberekening. Hiervoor moet een gelijkwaardigheidsverklaring worden overlegd.
- Voor het rendement van $\geq 95\%$ van de warmteterugwinunit is een gelijkwaardigheidsverklaring vereist.

De gelijkwaardigheidsverklaringen zijn toegevoegd in bijlage M van deze rapportage.



5.5.4. Meerwerkopties

De diverse meerwerkopties, zoals beschreven in tabel 5.20, zijn in overleg met de opdrachtgever in dit onderzoek uitgewerkt voor “Huize de Colckhof” met een “Small” plattegrond. Voor de verschillende meerwerkopties zijn tekeningen en een energieprestatieberekening gemaakt. Deze zijn toegevoegd in bijlage N van deze rapportage.

De meerwerkopties zijn:

- Voorgevel
 - Een erker (meerwerkoptie 4)
- Zijgevel
 - Een uitbouw (meerwerkoptie 9)
 - Een carport (meerwerkoptie 2)
- Achtergevel
 - Een uitbouw (meerwerkoptie 1)
 - Een dakkapel (meerwerkoptie 3)
- Combinatie zij- en achtergevel
 - Een garage (groot) (meerwerkoptie 6)
 - Een garage met kap (meerwerkoptie 5)
 - Een garage met kap (2 keer de verdiepingshoogte) (meerwerkoptie 7)
- Algemeen
 - Een kelder (meerwerkoptie 8)

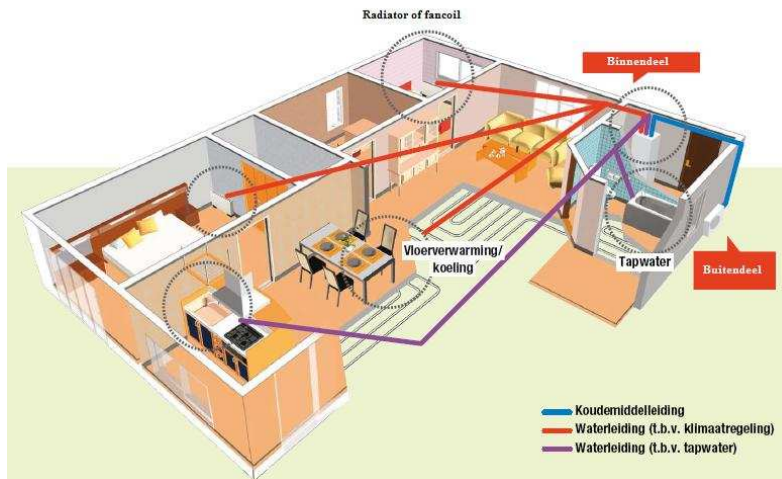
Het is belangrijk dat er bij het kiezen van bijvoorbeeld een aan- en/of uitbouw door de klant, rekening gehouden wordt met de capaciteit van de installaties. De installaties in de uitgewerkte woningen uit dit onderzoek zijn voldoende om bij een uit- of aanbouw in de benodigde vraag te kunnen voorzien. Bij de keuze van “meerwerkoptie 5” (garage met kap) is voor een $EPC \leq 0,3$ het zelfs niet nodig om een zonnecollector toe te passen. Er is niet onderzocht wat de consequenties zijn voor de EPC wanneer er meerdere meerwerkopties met elkaar gecombineerd worden. De meerwerkopties zijn uitgewerkt voor een woning met een “Small” plattegrond, aangezien bij dit type plattegrond in de meeste gevallen voor een meerwerkoptie gekozen wordt.

5.5.5. Persoonlijke wensen van een klant

Potentiële kopers van nieuwbouwwoningen hechten, zoals vermeld in paragraaf 4.5, veel waarde aan luxe en grootte. Toch vinden kopers een comfortabele en behaaglijke woning belangrijk, hetzij in mindere mate. Kopers van een nieuwbouwwoning verwachten dat deze woning standaard comfortabel en behaaglijk zijn, maar dit kan altijd verbeterd worden. Bouwtechnisch gezien zijn de herontwikkelde woningen optimaal. Deze zijn immers goed geïsoleerd, zeer luchtdicht en goed georiënteerd ten opzichte van de zon. Installatietechnisch zijn er tal van mogelijkheden. In de herontwikkelde woningen uit dit onderzoek is gekozen voor een installatieconcept waarbij de kosten voor installaties lager zijn dan bij de andere installatieconcepten. Om het comfortniveau in de woning nog groter te maken, kan afhankelijk van de wensen van de klant gekozen worden voor een andere installatie. Ook het opwekken van energie kan een belangrijke wens van de klant zijn, waar Te Kieftte bouwbedrijf b.v. op in moet spelen.

Mogelijke wijzigingen van de installaties kunnen zijn:

- Het toepassen van vloerverwarming, in plaats van de laagtemperatuurradiatoren die in dit onderzoek zijn uitgewerkt. Motivatie van deze wijziging kan zijn dat de klant radiatoren niet mooi vindt. Laagtemperatuurradiatoren zijn immers vrij groot en kunnen een belemmering zijn voor de woninginrichting. Aangezien er verwarmd wordt door middel van laagtemperatuur, is het ook mogelijk om slechts een deel van de woning uit te voeren met vloerverwarming (bijvoorbeeld alleen de woonkamer en keuken). Radiatoren zijn goedkoper dan vloerverwarming, hierdoor kunnen meerkosten worden beperkt.



Afbeelding 5-95: Mogelijkheden voor vloerverwarming of radiatoren

Bron: www.mhi-airco.nl

- Het toepassen van een decentraal vraaggestuurd balansventilatiesysteem. Hierdoor kunnen alle vertrekken in de woning apart worden geventileerd. Door de CO₂- en RV-sturing beschikken alle vertrekken over een comfortabel binnenklimaat.
- Het toepassen van bijvoorbeeld een bodemwarmtepomp, in plaats van de lucht-water warmtepomp. De bodemwarmtepomp heeft immers geen zichtbare buitenunit en heeft een hoger rendement. De installatie is echter duurder.
- Het toepassen van fotovoltaïsche zonnepanelen, waardoor elektriciteit opgewekt kan worden. De herontwikkelde woningen uit dit onderzoek hebben geen gasaansluiting meer nodig, waardoor bewoners alleen nog energiekosten moeten betalen voor de verbruikte elektriciteit. Deze verbruikskosten zijn te reduceren, of zelfs te vermijden door elektriciteit op te wekken met zonnepanelen.
- Het toepassen van een hotfill systeem voor wasmachine en vaatwasser, waardoor de gebruikersenergie zal afnemen. Het verwarmen van water in een wasmachine of vaatwasser gebeurt normaal gesproken elektrisch en kost veel energie. Het is ook mogelijk om warm tapwater te gebruiken dat bijvoorbeeld verwarmd is met een zonneboiler. Hierdoor kan voor een wasmachine of vaatwasser één à twee kWh per keer bespaard worden, aangezien het water door de zon wordt verwarmd. Afhankelijk van het gebruik van de wasmachine en vaatwasser door de bewoners zal dit veel energie gaan besparen.



Afbeelding 5-96: Hotfill bij een wasmachine
Bron: www.dugoshop.nl

- Het toepassen van bijvoorbeeld een Eco-Nok systeem, dakcollector of geïntegreerde collectoren in dakpannen. Reden hiervoor kan zijn dat de klant een zonnepaneel of –collector niet mooi vindt staan op de woning. Door de ontwikkelingen van zonnepanelen en –collectoren de afgelopen jaren zijn er tal van mogelijkheden om een paneel het ontwerp zo min mogelijk te laten verstoren.

5.5.6. Vrije indeelbaarheid

Om de vrije indeelbaarheid in een nieuw concept te kunnen handhaven zijn er twee typen plattegronden ontwikkeld. Eén van 10 meter diep en één van 12 meter diep.

Er is van beide opties een indeling ontworpen, welke het meest gunstigst is voor het realiseren van zeer energiezuinige en energieneutrale dubbele woonhuizen.

Ook zijn er plattegronden en woningtypen ontworpen waarin een raster is getekend. Eén vakje in de plattegrond staat dan gelijk aan minimaal één vakje in de gevelaanzichten. Hierdoor kan een potentiële klant zelf een indeling tekenen met de daarbij behorende kozijnen. Het is wel belangrijk dat een klant goed wordt voorgelicht over de oriëntatie van de woning, in verband met dichte en open gevels.

Ook worden er verschillende meerwerkopties ontwikkeld (zie tabel 5.20) om een klant voldoende impressie op te laten doen.

5.5.7. Geschatte kosten en terugverdientijd

5.5.7.1. Investeringskosten

Om een zeer energiezuinige woning te realiseren zijn een aantal wijzigingen in het bestaande ontwerp gemaakt. De meerkosten van deze wijzigingen zijn in elementen berekend. Om een eerlijke vergelijking te kunnen maken, is ervoor gekozen om “Huize de Colckhof” met een “small” plattegrond te berekenen. Deze woning beschikt over een zonnecollector in combinatie met een lucht-water warmtepomp.



Tabel 5.29: Bepaling meerkosten investering van een zeer energiezuinige woning

Totaal bouwkundig	€ 30.079,37	€ 41.830,24
Onderdeel	Huidig concept	Zeer energiezuinige woning
Funderingskosten	€ 3.557,20	€ 6.430,27
Begane grondvloer	€ 2.848,53	€ 3.148,53
Verdiepingsvloer	€ 3.596,41	€ 4.869,21
Spouwisolatie	€ 1.367,07	€ 3.630,80
Dakconstructie	€ 7.207,66	€ 9.085,74
Kozijnen	€ 11.502,50	€ 14.665,69
Totaal installaties	€ 7.390,-	€ 12.950,-
Onderdeel	Huidig concept	Zeer energiezuinige woning
Ventilatie + roosters	€ 1.500,-	€ 3.000,-
Verwarming en warm tapwater	€ 4.390,-	€ 9.740,-
Aansluitkosten gas*	€ 1.500,-	€ 0,-
Aansluitkosten 380v aansluiting	€ 0,-	€ 210,-
PV panelen	€ 0,-	€ 0,-
Totaal overig	€ 0,-	€ 700,-
Onderdeel	Huidig concept	Zeer energiezuinige woning
Controle luchtdichtheid	€ 0,-	€ 700,-
Totaal kosten	€ 37.469,37	€ 55.480,24
Kostenonderdeel	Huidig concept	Zeer energiezuinige woning
Totaal bouwkundig	€ 30.079,37	€ 41.830,24
Totaal installaties	€ 7.390,-	€ 12.950,-
Totaal overig	€ 0,-	€ 700,-
Meerinvestering t.o.v. woning uit huidig concept	€ 0,-	€ 18.010,87

* Is nu niet in de begroting meegenomen, maar moet wel door de klant worden betaald

Bron: Begroting woning huidig concept Te Kieft bouwbedrijf b.v.

Bron: www.bouwkostenonline.nl

Bron: www.hrsolar.nl

Bron: www.passiefhuis.nl

Bron: www.mhi-airco.nl

5.5.7.2. Energiekosten

Van “Huize de Colckhof” type “Small” zijn de energiekosten berekend aan de hand van het EPC rekenprogramma. De waarden uit dit rekenprogramma zijn omgerekend naar kWh en m³ aardgas. Opvallend hierbij is dat de energiekosten van het huidige concept relatief hoog zijn. Dit heeft onder andere te maken met de hoge EPC waarde van de woning (1,03 in plaats van 0,8).

Tabel 5.30: Bepaling energiekosten van een woning uit het huidige concept

Waardes uit EPC-berekening			Elektriciteit	Gas	Prijs per eenheid	Energiekosten
Verwarming	Q _{prim;verw}	50821 MJ	0 kWh	1411,694 m ³	€ 0,615	€ 868,19
Hulpenergie	Q _{prim;hulp;verw}	0 MJ	0 kWh	0 m ³	€ 0,615	€ 0,-
Warm tapwater	Q _{prim;tap}	16321 MJ	0 kWh	453,361 m ³	€ 0,615	€ 278,82
Ventilatoren	Q _{prim;vent}	3747 MJ	1040,833 kWh	0 m ³	€ 0,188	€ 195,68
Verlichting	Q _{prim;vl}	9545 MJ	2651,389 kWh	0 m ³	€ 0,188	€ 498,46
Zomercomfort	Q _{prim;comf}	2566 MJ	712,778 kWh	0 m ³	€ 0,188	€ 134,-
Koeling	Q _{prim;koel}	0 MJ	0 kWh	0 m ³	€ 0,188	€ 0,-
Bevochtiging	Q _{prim;bev}	0 MJ	0 kWh	0 m ³	€ 0,188	€ 0,-
Compensatie PV-cellen	Q _{prim;pv}	0 MJ	0 kWh	0 m ³	€ 0,188	€ 0,-
Compensatie warmtekracht	Q _{prim;comp;WK}	0 MJ	0 kWh	0 m ³	€ 0,188	€ 0,-
Totaal	Q_{pres;tot}	83000 MJ	4405 kWh	1865,055 m³	-	€ 1.975,15

Tabel 5.31: Bepaling energiekosten van een zeer energiezuinige woning

Waardes uit EPC-berekening			Elektriciteit	Prijs per eenheid	Energiekosten
Verwarming	Q _{prim;verw}	808 MJ	223,056 kWh	€ 0,188	€ 41,93
Hulpenergie	Q _{prim;hulp;verw}	1477 MJ	410,278 kWh	€ 0,188	€ 77,13
Warm tapwater	Q _{prim;tap}	2776 MJ	771,111 kWh	€ 0,188	€ 144,97
Ventilatoren	Q _{prim;vent}	5647 MJ	1568,611 kWh	€ 0,188	€ 294,90
Verlichting	Q _{prim;vl}	8217 MJ	2282,500 kWh	€ 0,188	€ 429,11
Zomercomfort	Q _{prim;comf}	0 MJ	0 kWh	€ 0,188	€ 0,-
Koeling	Q _{prim;koel}	507 MJ	130,000 kWh	€ 0,188	€ 24,44
Bevochtiging	Q _{prim;bev}	0 MJ	0 kWh	€ 0,188	€ 0,-
Compensatie PV-cellen	Q _{prim;pv}	0 MJ	0 kWh	€ 0,188	€ 0,-
Compensatie warmtekracht	Q _{prim;comp;WK}	0 MJ	0 kWh	€ 0,188	€ 0,-
Totaal	Q_{pres;tot}	19388 MJ	5385,556 kWh	-	€ 1.012,48



	<i>Huidig concept</i>	<i>Zeer energiezuinige woning</i>
<i>Energiekosten</i>	€ 1.975,15	€ 1.012,48
<i>Besparing energiekosten t.o.v. zeer energiezuinige woning</i>	€ 962,66	

5.5.7.3. Betaalbaarheid

In paragraaf 2.3 is een betaalbare woning voor een nieuw concept gedefinieerd als een woning waarbij de jaarlijkse energielasten voor een woning uit het huidige concept gelijk of hoger zijn ten opzichte van de jaarlijkse lasten voor energie en hogere hypotheek van een nieuw concept.

$$\text{Betaalbaar} = \frac{\text{Jaarlijkse energielasten (van het huidige concept)}}{\text{Extra jaarlijkse hypotheeklasten} + \text{jaarlijkse energielasten (van een nieuw concept)}} \geq 1$$

Ervan uitgaande dat er alleen rente (4%) over het hogere hypotheekbedrag jaarlijks wordt betaald, zullen de jaarlijkse hypotheeklasten met ongeveer € 720,- stijgen.

$$\frac{€ 1.975,15}{€ 720,43 (4\% \text{ van } € 18.010,87) + € 1.012,48} = 1,14$$

$$1,14 > 1 \rightarrow \text{Zeer energiezuinige woning is betaalbaar}$$

De uitkomst 1,14 is hoger dan 1 en hiermee kan gesteld worden dat de zeer energiezuinige woning betaalbaar blijft voor de klant.

Jaarlijks zal er ongeveer 63000 MJ bespaard worden ten opzichte van een woning uit het huidige concept. Dit betekent een besparing van 67% op het primaire energieverbruik. Een zeer energiezuinige woning verbruikt ruim vier keer minder energie dan een woning uit het huidige concept. Met aftrek van de verschuldigde rente voor de hogere hypotheek, zal de eigenaar van een zeer energiezuinige woning het eerste jaar € 242,24 besparen ten opzichte van een eigenaar van een woning uit het huidige concept. Wanneer gekozen wordt voor het aflossen van de hogere lening zal de besparing jaarlijks verder toenemen, aangezien er rente over een lager bedrag betaald hoeft te worden. Hierbij is nog geen rekening gehouden met de prijsstijging van gas ten opzichte van elektriciteit, de eventuele meerwaarde van een zeer energiezuinige woning en mogelijke subsidies (landelijk of regionaal). Zoals beschreven in paragraaf 4.3 zijn er een aantal mogelijkheden om een zeer energiezuinige woning te financieren. Door middel van bovenstaande berekening kan bij een leningverstrekker worden aangetoond dat een zeer energiezuinige woning aanzienlijk minder energie verbruikt en hierdoor meer geld overblijft voor het aflossen van de hypotheek.

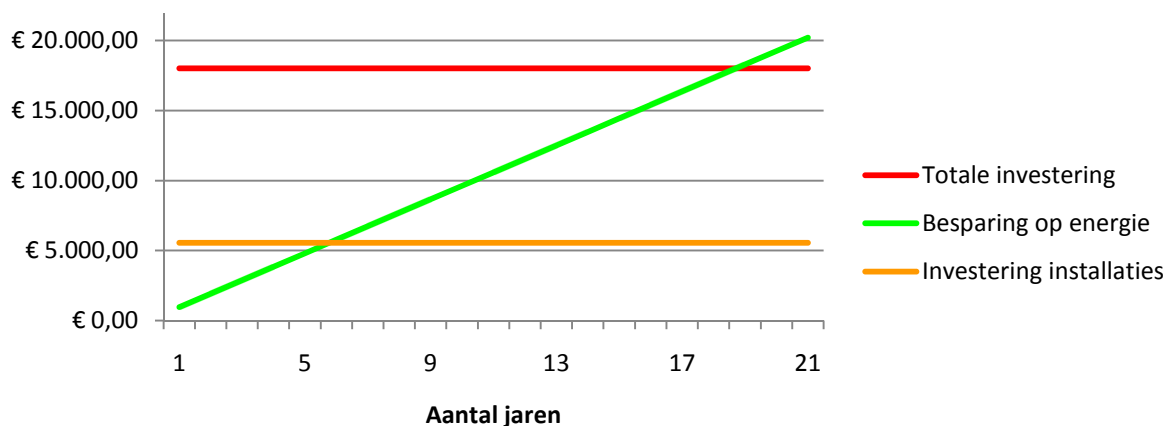
Daarbij kan er vanuit worden gegaan dat de installaties in de woning over een langere levensduur beschikken. De CV-ketels die worden geplaatst in woningen uit het huidige concept hebben gemiddeld een levensduur van 15 jaar. Een warmtepomp heeft daarentegen een levensduur van 25 tot 30 jaar en heeft tevens minder onderhoud nodig dan een CV-ketel.

5.5.7.4. Terugverdientijd

De terugverdientijd van een zeer energiezuinige woning kan op twee manieren worden berekend. De eerste methode is het berekenen van de terugverdientijd aan de hand van de energiebesparing en de investering. De tweede methode is het berekenen van de terugverdientijd waarbij de jaarlijkse winst (extra hypotheeklasten – besparing op energierekening) gebruikt wordt om de lening af te lossen.

De jaarlijkse rente voor de hogere hypotheekbedrag zal bij een rente van 4% ongeveer € 720,- bedragen. De jaarlijkse energiebesparing van een zeer energiezuinige woning ten opzichte van een woning uit het huidige concept zijn ongeveer € 963,-. Hierbij is geen rekening gehouden met de eventuele prijsstijging van energie. In paragraaf 2.3 is immers geconcludeerd dat de kosten voor aardgas elke negen jaar en voor elektriciteit elke zeven jaar verdubbelen. De totale investering zal na ongeveer negentien jaar zijn terugverdiend. Omdat bouwtechnische aanpassingen normaliter geen terugverdientijd hebben, kunnen de meerkosten van de installaties ook als maatstaf worden beschouwd. Deze investering is binnen zes jaar terugverdiend.

Terugverdientijd meerkosten zeer energiezuinige woning

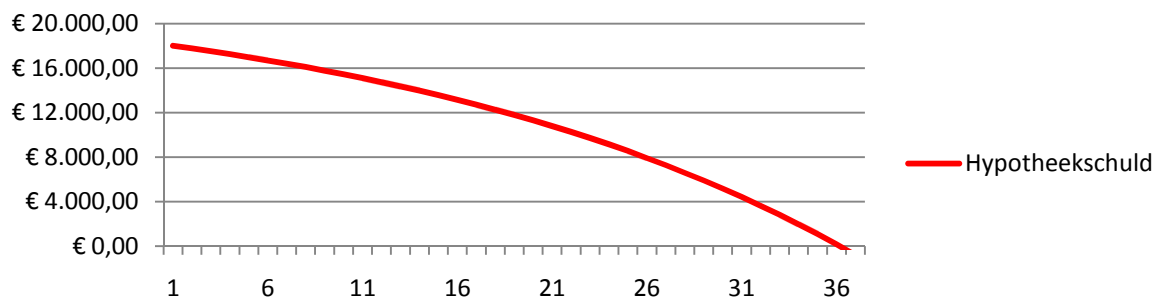


Afbeelding 5-97: Terugverdientijd meerkosten zeer energiezuinige woning

Aangezien er bij aantal woningtypen geen zonnecollectoren benodigd zijn, zullen de meerkosten van deze woningen gemiddeld € 1.500,- minder zijn. In dit geval zal de investering na ongeveer zeventien jaar terugverdiend zijn en de investering voor de installaties na iets meer dan vier jaar.

Wanneer de winst van de jaarlijkse energiebesparing minus de extra hypotheeklasten wordt gebruikt om de hogere lening af te lossen, zal de totale investering na ongeveer zesendertig jaar terugverdiend zijn. Deze terugverdientijd lijkt lang, maar hiervoor hoeft de gebruiker zelf geen geld te reserveren voor het aflossen van de extra lening.

Aflossingstermijn hogere hypotheekschuld zeer energiezuinige woning



Afbeelding 5-98: Aflossingstermijn hogere hypotheekschuld zeer energiezuinige woning

5.5.8. Verkoopbaarheid

Te Kieftte bouwbedrijf b.v. verkoopt de woningen op emotie. In de vorige paragraaf is geconcludeerd dat een koper van een zeer energiezuinige woning die in dit onderzoek is uitgewerkt na zeventien of negentien jaar goedkoper uit is. Hierbij zijn echter een aantal belangrijke factoren niet meegerekend, zoals de meerwaarde van een zeer energiezuinige woning, de prijsstijging van gas ten opzichte van elektriciteit, langere levensduur van een warmtepomp, eventuele landelijke of regionale subsidies etc. Daarbij zal er ook rekening gehouden moeten worden dat een woning uit het huidige concept niets zal terugverdienen op de toegepaste installaties.

Een zeer energiezuinige woning kan in het nieuwe concept worden aangeprezen als goedkoper wonen. Door rekening te houden met de aandachtspunten uit de SWOT-analyse van het huidige concept, zoals beschreven in paragraaf 3.4.1. (bijvoorbeeld het actueel zijn met de energiebesparende mogelijkheden), zal het nieuwe concept goed verkoopbaar zijn. De maandlasten worden immers lager, al zal er wel een grote investering gedaan moeten worden. Uit paragraaf 4.2 is gebleken dat woonconsumenten gemotiveerd moeten zijn om te investeren in energiezuinige woningen. Gemotiveerde woonconsumenten zijn bereid om € 15.000,- voorwaardelijk te investeren, dus met een terugverdientijd. De terugverdientijd van tien jaar is, wanneer gekeken wordt naar de totale investering, in dit geval niet haalbaar. Toch zijn er meer voordelen dan nadelen te benoemen voor een zeer energiezuinige woning. De belangrijkste voor- en nadelen zijn in tabel 5.32 weergegeven.

Tabel 5.32: Voor- en nadelen van de herontwikkelde woningen uit dit onderzoek

Voordeel	Nadeel
Comfortabel leefklimaat	Grote investering
Energiezuinig	Lange terugverdientijd
Geen CO₂ uitstoot	Niet alle wensen van de klant zijn altijd mogelijk in het ontwerp
Koelmogelijkheid in de zomer	Initiatief en motivatie bewoner belangrijk
Laag temperatuuroverschrijdingsniveau in de zomer	Bereidheid van leningverstrekker voor hogere lening
Langere levensduur warmtepomp	
Minder geluidsoverlast door betere isolatie	
Gemakkelijk van zeer energiezuinige naar energieneutrale woning door PV-panelen	



5.6. Conclusie

Aan de hand van de Trias Energetica zijn de bouwkundige en installatietechnische mogelijkheden voor energiebesparing onderzocht. De bouwmethodieken traditionele stapelbouw, houtskeletbouw en prefab bouw zijn onderzocht en blijken alle drie geschikt om zeer energiezuinige woningen te realiseren. Te Kieftte bouwbedrijf b.v. staat echter bekend als een traditionele bouwer, waardoor zij een goede naamsbekendheid hebben verkregen. Hierdoor is de bouwmethode houtskeletbouw niet geschikt voor het concept binnen Te Kieftte bouwbedrijf b.v. Een intern onderzoek van het bedrijf heeft aangetoond dat er geen prijsverschil voor het bedrijf bestaat tussen traditionele stapelbouw en prefab elementenbouw. Doordat prefab elementen in een fabriek worden vervaardigd en de elementen in de fabriek al ontdaan zijn van bouwvocht, kan een kwaliteit van de woning worden verbeterd. Dit is belangrijk bij zeer energiezuinige en energieneutrale woningen.

Van de onderzochte begane grondvloeren zijn alleen de vloer op zand, ribcassettevloer en de geïsoleerde kanaalplaatvoer geschikt. De overige vloeren worden niet in hoge Rc-waarden geleverd en zijn te arbeidsintensief om bij te isoleren.

Van de onderzochte dakconstructies zijn de in het werk getimmerde kap en de prefab kapconstructie geschikt voor het bepalen van een hoge Rc-waarde. Standaard dakplaten hebben een beperkte Rc-waarde, waardoor de kap zou moeten worden bijgeïsoleerd. Dit is arbeidsintensief en het risico op isolatielekken is groot.

Als isolatiemateriaal kan het beste PIR isolatie worden toegepast. PIR heeft de beste prijs-kwaliteitverhouding en er kan door middel van het afplakken van de naden een damp- en luchtdichte thermische schil verkregen worden. Resol-schuim heeft een iets hogere isolatiewaarde dan PIR isolatie, waardoor twee centimeter dunner kan worden geïsoleerd. Resol-schuim is echter € 0,50 per vierkante meter duurder, waardoor prijstechnisch gezien beter PIR isolatie kan worden toegepast.

Het realiseren van een zeer energiezuinige woning begint bij de oriëntatie op de kavel. De gevel die op het zuiden gericht is dient het meeste glasoppervlakte te bezitten, zodat er zoveel mogelijk gebruik gemaakt kan worden van de warmte van de zon. De gevel die op het noorden is gericht dient zoveel mogelijk gesloten te zijn. Hierdoor wordt warmteverlies door gevelopeningen zoveel mogelijk beperkt.

Een gebalanceerd ventilatiesysteem is noodzakelijk voor een zeer energiezuinige woning om aan de eisen voor luchtdichtheid te voldoen. Door het ventilatiesysteem te voorzien van een warmterterugwinunit, wordt het warmteverlies uit afgevoerde lucht beperkt. Er kan gekozen worden voor een centraal of decentraal systeem. Decentraal ventileren zorgt voor een hoger comfort, doordat de relatieve luchtvochtigheid en CO₂-gehalte in iedere ruimte geregeld wordt. Dit systeem is echter duurder dan een centraal ventilatiesysteem.

De duurzame energiebronnen zonne-energie, windenergie en biomassa zijn onderzocht. Het is aantrekkelijk om de benodigde energie door middel van de zon duurzaam op te wekken. Fotovoltaïsche zonnepanelen wekken energie op en thermische zonnepanelen zorgen voor het opwarmen van water. Er zijn zeer veel verschillende mogelijkheden. Behalve panelen is er bijvoorbeeld de mogelijkheid om de zonnecellen te integreren in dakbedekking, dakpannen of in de nok. Afhankelijk van de wensen van de klant kunnen keuzes worden gemaakt. Er was enige tijd subsidie verkrijgbaar voor het leveren van elektriciteit aan het elektriciteitsnet, dit is echter door het nieuwe kabinet ' Rutte I' afgeschaft. Hierdoor kunnen zonnepanelen minder snel worden terugverdiend.



Windenergie is niet aantrekkelijk voor een woning in een nieuw concept, aangezien er veel geïnvesteerd moet worden. Een pelletkachel / -ketel kan worden toegepast, maar door de verbranding van houtpellets zal CO₂ vrijkomen. Daarbij worden houtpellets vanuit het buitenland naar Nederland getransporteerd, waardoor de bijdrage aan een schoner milieu beperkt zal blijven.

Behalve duurzame energiebronnen, zijn ook energiezuinige verwarmingsinstallaties onderzocht. De keuze van een verwarmingssysteem is afhankelijk van de benodigde warmtevraag voor ruimteverwarming en warm tapwater. Door een warmtepomp met laagtemperatuurverwarming (LTV) toe te passen kan een goed rendement worden verkregen. Deze warmtepomp is voldoende om een zeer energiezuinige woning met een maximale warmtevraag voor ruimteverwarming van 15 kWh/m² gebruikersoppervlakte per jaar te verwarmen. Een luchtwarmtepomp is in verhouding met andere warmtepompsystemen veel goedkoper, maar de meeste fabrikanten halen een lager rendement bij lage temperaturen.

Vijf van de zeven woningtypen zijn herontwikkeld tot zeer energiezuinige woningen. Elk woningtype heeft de mogelijkheden om te worden gebouwd met een woningdiepte van tien of twaalf meter. Voor het herontwikkelen van de woningen is rekening gehouden met de vrije indeelbaarheid, verkoopbaarheid en betaalbaarheid. Ook zijn van elk woningtype berekeningen gemaakt voor daglicht, ventilatie, zomernachtventilatie en spui ventilatie. De Rc-waarde van de woningen is voor het dak 8,26 m² K/W, voor de gevel 8,4 m² K/W en voor de begane grondvloer 6,5 m² K/W. De begane grondvloer wordt uitgevoerd als ribcassettevloer en de kapconstructie wordt als prefab element geplaatst.

In overleg met de opdrachtgever is gekozen om van de samengestelde installatieconcepten, installatieconcept 3 in dit onderzoek verder uit te werken. Dit installatieconcept bestaat uit een elektrische lucht-water warmtepomp met een grote zonnecollector en een voorraadvat. De toepassing van de warmtepomp maakt het mogelijk de woning uit te voeren als een volledig elektrisch systeem, waarbij de woning geen aansluiting voor gas nodig heeft. De woning wordt gekoeld door de warmtepomp in zomerbedrijf. De warmtepomp beschikt over een buitenunit die maximaal tachtig meter van de woning kan worden geplaatst. Het is verstandig de unit zo te situeren dat deze zo min mogelijk overlast veroorzaakt, bijvoorbeeld achter een schuur. De unit maakt immers geluid en kan tevens de uitstraling van de kavel beïnvloeden. De markt voor warmtepompen is continue in verandering. Er komen telkens producten op de markt die goedkoper zijn of beschikken over een hoger rendement. Het is belangrijk dat Te Kieftte bouwbedrijf b.v. de ontwikkelingen op de markt goed in de gaten houdt, om de klant te kunnen informeren over de mogelijkheden.

Om het rendement van de warmtepomp te verbeteren wordt een laagtemperatuur verwarmingssysteem (LTV) toegepast. De warmteafgifte geschiedt op de begane grond en de verdiepingen via laagtemperatuur radiatoren. De installatie wordt aangestuurd door een kamerthermostaat in de woonkamer. Tapwater wordt verwarmd door een combinatie van de warmtepomp en zonnecollector. De woning wordt voorzien van een gebalanceerd ventilatiesysteem met mechanische ventilatietoe- en afvoer. Tussen de ventilatietoe- en afvoer is een hoogrendement warmtewisselaar geplaatst (95%) waarmee de warmte uit de afgevoerde lucht wordt afgegeven aan de toegevoerde buitenlucht. Het systeem is regelbaar door middel van een driestandenschakelaar in de keuken. Bij hoge temperaturen schakelt het systeem de warmteterugwinning uit door middel van een bypass.



Om de vrije indeelbaarheid in een nieuw concept te kunnen handhaven zijn er twee typen plattegronden ontwikkeld. Eén van 10 meter diep en één van 12 meter diep.

Er worden van beide opties een indeling ontworpen, welke het meest gunstig is voor het realiseren van zeer energiezuinige en energieneutrale dubbele woonhuizen.

Ook worden er plattegronden en gevelaanzichten ontwikkeld waarin een raster is getekend.

Eén vakje in de plattegrond staat dan gelijk aan minimaal één vakje in de gevelaanzichten.

Hierdoor kan een potentiële klant zelf een indeling tekenen met de daarbij behorende kozijnen. Het is wel belangrijk dat een klant goed wordt voorgelicht over de oriëntatie van de woning, in verband met dichte en open gevels.

Ook worden er verschillende meerwerkopties ontwikkeld om een klant voldoende impressie op te laten doen.

De totale meerkosten van een zeer energiezuinige woning uitgewerkt in dit onderzoek ten opzichte van een woning uit het huidige concept wordt geschat op € 18.010,87. Door deze aanpassingen zal jaarlijks € 962,66 aan energiekosten worden bespaard. Dit resulteert in een totale terugverdientijd van negentien jaar. Hierbij is echter met een aantal factoren geen rekening gehouden, zoals de meerwaarde van een zeer energiezuinige woning, langere levensduur van de installaties, prijsstijging van gas ten opzichte van elektriciteit en eventuele landelijke of regionale subsidies voor installaties. De aanschafkosten voor de installatietechniek zijn € 5.560,- hoger dan van een woning uit het huidige concept. Deze kosten kunnen in zes jaar worden terugverdiend.

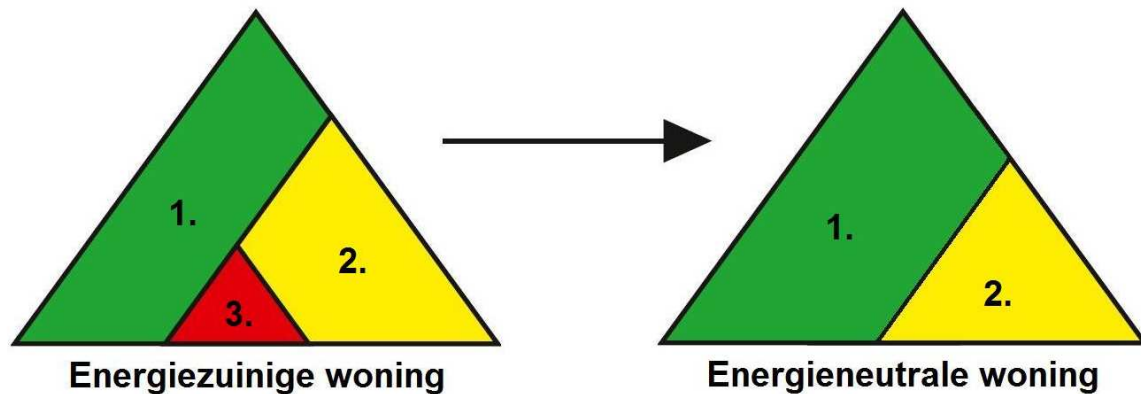
Te Kieft bouwbedrijf b.v. verkoopt de woningen uit het concept op emotie. Een zeer energiezuinige woning kan in het nieuwe concept worden aangeprezen als goedkoper wonen. De maandlasten worden immers lager, al zal er wel een grote investering gedaan moeten worden.

Uit het vooronderzoek is gebleken dat consumenten maximaal € 15.000,- willen investeren in energiezuinige woningen, mits dit bedrag wordt terugverdiend binnen tien jaar. Deze periode van terugverdientijd is op dit moment niet haalbaar.

Wanneer de winst (extra hypotheeklasten minus de energiebesparing) wordt gebruikt voor het aflossen van de hogere lening, kan er voor gezorgd worden dat rentekosten voor de hypotheek zullen dalen. Ook zijn er andere mogelijkheden om een zeer energiezuinige woning te financieren. Bijvoorbeeld een rentekorting op de hypotheek biedt gunstige voordelen.

6. Energieneutrale woningen

In dit hoofdstuk is onderzoeksvraag vier behandeld. Onderzocht is hoe zeer energiezuinige woningen van het nieuwe concept energieneutraal kunnen worden gemaakt aan de hand van de Trias Energetica.



Afbeelding 6-1: Trias Energetica
Bron: Adviesburo Nieman

De Trias Energetica werkt volgens het onderstaande drie stappenplan:

1. *Beperken van de energievraag;*
2. *Toepassen van duurzame energie;*
3. *Indien nodig, gebruik fossiele brandstoffen zo efficiënt en schoon mogelijk.*

Bij dit concept voor energieneutrale woningen, is in dit onderzoek uitgegaan van een maximaal toelaatbare energievraag aan ruimteverwarming van 15 kWh/m² per jaar (die duurzaam wordt opgewekt) en een EPC van 0. De secundaire energiebehoefte is hierbij buiten beschouwing gelaten.

6.1. Welke aanpassingen zijn nodig om een zeer energiezuinige woning uit dit onderzoek 'energieneutraal' te realiseren?

In paragraaf 5.5 zijn vijf woningtypen herontwikkeld naar zeer energiezuinige woningen. Hierbij is een maximale toelaatbare energievraag aan ruimteverwarming van 15 kWh/m² per jaar en een EPC van 0,3 het uitgangspunt. Bij energieneutrale woningen wordt de gebouwgebonden energie volledig duurzaam opgewekt. De EPC zal hierdoor worden verlaagd naar 0.

6.1.1. Bouwkundige aanpassingen

Om een zeer energiezuinige woning die is uitgewerkt in dit onderzoek te ontwerpen als een energieneutrale woning, zullen er geen bouwkundige veranderingen meer hoeven plaats te vinden. De woning voldoet aan de maximale warmtevraag voor ruimteverwarming door optimaal gebruik te maken van de kavel, goed te isoleren en luchtdicht te bouwen.



6.1.2. Installatietechnische aanpassingen

De gekozen installaties bij een uitgewerkte zeer energiezuinige woning uit het onderzoek zijn voldoende om een EPC van 0,3 te behalen. De installaties zijn echter niet voldoende om een energieneutrale woning te realiseren. De keuze van het energieconcept voor een zeer energiezuinige woning is gebaseerd op betaalbaarheid van de totale woning en het rendement van de installaties. Zo is er in een zeer energiezuinige woning een lucht-water warmtepomp toegepast. Wanneer er gekozen zou worden voor bijvoorbeeld een bodemwarmtepomp, waarbij het rendement van deze warmtepomp hoger is, zou de EPC lager zijn. Dit is echter nog niet voldoende voor een energieneutrale woning.

De keuze voor een gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning zal niet veranderen, aangezien dit noodzakelijk blijft.

Een zeer energiezuinige woning die is uitgewerkt in dit onderzoek, verbruikt alleen nog elektriciteit. Door de gebruikersenergie duurzaam op te wekken is een energieneutrale woning te verkrijgen. Het opwekken van deze energie is zoals vermeld in paragraaf 5.2.2.1.1. mogelijk door fotovoltaïsche zonnepanelen toe te passen.

6.2. Welke energieconcepten zijn er mogelijk?

6.2.1. Installatieconcepten

De energieconcepten die kunnen worden toegepast zijn gelijk aan die van de zeer energiezuinige woning. Doordat de gebouwgebonden energie duurzaam opgewekt dient te worden, zullen er fotovoltaïsche zonnepanelen worden toegepast. De energieconcepten zijn in tabel 6.1 weergegeven.



Tabel 6.1: Mogelijke installatieconcepten

Installatieconcept 1	
Ventilatie	
Type	Gebalanceerde ventilatie
Methode	Centraal, handbediend
Warmteterugwinning	Ja, 95% rendement
Bypass	Ja, 100% zomerbypass
Zomernachtventilatie	Ja
Verwarming en warm tapwater	
Opwekking verwarming	Bodemwarmtepomp
Verwarmingslichaam	LTV, grote radiatoren
Warm tapwater	Zonneboiler
Opwekking PV	Ja, voor gebouwgebonden energie
Opwekking thermisch	Ja, voor zonneboiler

Installatieconcept 2	
Ventilatie	
Type	Gebalanceerde ventilatie
Methode	Decentraal, vraaggestuurd
Warmteterugwinning	Ja, 95% rendement
Bypass	Ja, 100% zomerbypass
Zomernachtventilatie	Ja
Verwarming en warm tapwater	
Opwekking verwarming	Bodemwarmtepomp
Verwarmingslichaam	LTV, vloer- en/of wandverwarming
Warm tapwater	Zonneboiler
Opwekking PV	Ja, voor gebouwgebonden energie
Opwekking thermisch	Ja, voor zonneboiler

Installatieconcept 3	
Ventilatie	
Type	Gebalanceerde ventilatie
Methode	Centraal, handbediend
Warmteterugwinning	Ja, 95% rendement
Bypass	Ja, 100% zomerbypass
Zomernachtventilatie	Ja
Verwarming en warm tapwater	
Opwekking verwarming	Lucht-water warmtepomp
Verwarmingslichaam	LTV, grote radiatoren
Warm tapwater	Zonneboiler
Opwekking PV	Ja, voor gebouwgebonden energie
Opwekking thermisch	Ja, voor zonneboiler



Installatieconcept 4	
Ventilatie	
Type	Gebalanceerde ventilatie
Methode	Decentraal, vraaggestuurd
Warmteterugwinning	Ja, 95% rendement
Bypass	Ja, 100% zomerbypass
Zomernachtventilatie	Ja
Verwarming en warm tapwater	
Opwekking verwarming	Lucht-water warmtepomp
Verwarmingslichaam	LTV, vloer- en/of wandverwarming
Warm tapwater	Zonneboiler
Opwekking PV	Ja, voor gebouwgebonden energie
Opwekking thermisch	Ja, voor zonneboiler

Installatieconcept 5	
Ventilatie	
Type	Gebalanceerde ventilatie
Methode	Centraal, handbediend
Warmteterugwinning	Ja, 95% rendement
Bypass	Ja, 100% zomerbypass
Zomernachtventilatie	Ja
Verwarming en warm tapwater	
Opwekking verwarming	Bodemwarmtepomp (grondwater)
Verwarmingslichaam	LTV, grote radiatoren
Warm tapwater	Zonneboiler
Opwekking PV	Ja, voor gebouwgebonden energie
Opwekking thermisch	Ja, voor zonneboiler

Installatieconcept 6	
Ventilatie	
Type	Gebalanceerde ventilatie
Methode	Decentraal, vraaggestuurd
Warmteterugwinning	Ja, 95% rendement
Bypass	Ja, 100% zomerbypass
Zomernachtventilatie	Ja
Verwarming en warm tapwater	
Opwekking verwarming	Bodemwarmtepomp (grondwater)
Verwarmingslichaam	LTV, vloer- en/of wandverwarming
Warm tapwater	Zonneboiler
Opwekking PV	Ja, voor gebouwgebonden energie
Opwekking thermisch	Ja, voor zonneboiler



6.2.2. Type zonnepanelen

Er zijn zeer veel fabrikanten die zonnepanelen aanbieden. Er zit echter veel verschil in de opbrengst per vierkante meter (Wp/m²) en de aanschafprijs per paneel. In dit onderzoek zijn vijf mogelijke zonnepanelen onderzocht. Deze zijn weergegeven in onderstaand tabel.

Tabel 6.2: Onderzochte zonnepaneeltypes

Zonnepaneel type 1	
Type	Suntech 210Wp
Vermogen	210 Wp
Rendement	85% (0,85 kWh / Wp)
Lengte	1482 mm
Breedte	992 mm
Dikte	35 mm
Gewicht	16,8 Kg
Oppervlakte	1,47 m ²
WP / m ²	143 Wp/m ²
Prijs per paneel	€ 590,- (incl. BTW)
Prijs per Wp	€ 2,81 / Wp

Zonnepaneel type 2	
Type	Suntech 175Wp
Vermogen	175 Wp
Rendement	85% (0,85 kWh / Wp)
Lengte	1580 mm
Breedte	808 mm
Dikte	35 mm
Gewicht	15,5 Kg
Oppervlakte	1,28 m ²
WP / m ²	137 Wp/m ²
Prijs per paneel	€ 495,- (incl. BTW)
Prijs per Wp	€ 2,82 / Wp

Zonnepaneel type 3	
Type	Kyocera KD210GH-2PU
Vermogen	210 Wp
Rendement	85% (0,85 kWh / Wp)
Lengte	1500 mm
Breedte	990 mm
Dikte	46 mm
Gewicht	18 Kg
Oppervlakte	1,49 m ²
WP / m ²	141 Wp/m ²
Prijs per paneel	€ 710,- (incl. BTW)
Prijs per Wp	€ 3,38 / Wp



Zonnepaneel type 4	
Type	Sunpower SPR 90
Vermogen	90 Wp
Rendement	85% (0,85 kWh / Wp)
Lengte	1038 mm
Breedte	527 mm
Dikte	46 mm
Gewicht	7,4 Kg
Oppervlakte	0,55 m ²
WP / m ²	164 Wp/m ²
Prijs per paneel	€ 625,- (incl. BTW)
Prijs per Wp	€ 6,93 / Wp

Zonnepaneel type 5	
Type	Sunpower SPR 315
Vermogen	315 Wp
Rendement	85% (0,85 kWh / Wp)
Lengte	1559 mm
Breedte	1046 mm
Dikte	46 mm
Gewicht	18,6 Kg
Oppervlakte	1,63 m ²
WP / m ²	193 Wp/m ²
Prijs per paneel	€ 1.295,- (incl. BTW)
Prijs per Wp	€ 4,12 / Wp

Bron: www.maretec.nl

6.3. Hoe zou een energieconcept voor energieneutrale woningen uitgewerkt kunnen worden?

6.3.1. Bouwtechnische uitgangspunten

Zoals eerder in dit hoofdstuk is vermeld, hoeven er geen bouwkundige veranderingen plaats te vinden ten opzichte van de herontwikkelde zeer energiezuinige woningen in dit onderzoek. In bijlage O is een totaaloverzicht van de verschillende energieneutrale woningtypen toegevoegd. Hierin zijn de belangrijkste eigenschappen en componenten van elk woningtype weergegeven.

6.3.2. Installatietechnische uitgangspunten

De installaties die zijn toegepast in de uitgewerkte zeer energiezuinige woning in dit onderzoek kunnen ook worden toegepast in een energieneutrale woning. Bij een aantal zeer energiezuinige woningtypen is een zonnecollector toegepast. Bij een energieneutrale woning zal elk woningtype worden voorzien van twee zonnecollectoren. Om de gebouwgebonden energie duurzaam op te wekken zullen fotovoltaïsche zonnepanelen worden toegepast. Voor de uitgewerkte energieneutrale woning in dit onderzoek is gekozen om zonnepaneel “type 1” toe te passen. Deze heeft de laagste aanschafprijs per Wattpiek. In tabel 6.3 is per woningtype aangegeven hoeveel zonnepanelen er benodigd zijn en de daarbij behorende aanschafprijs. De invoereigenschappen van de zonnepanelen (zoals de oriëntatie, helling, rendement etc.), is terug te vinden in de EPC-berekeningen (bijlage Q) of het totaaloverzicht (bijlage O).

Tabel 6.3: Benodigd aantal PV-panelen per woningtype

Woningtype	Plattegrond	Helft	Aantal panelen per helft	Aanschafkosten
“Huize de Colckhof”	Small	Beide	11	€ 6.490,-
“Huize de Colckhof”	Royal	Beide	13	€ 7.670,-
“Huize de Palthetoren”	Small	Beide	15	€ 8.850,-
“Huize de Palthetoren”	Royal	Beide	18	€ 10.620,-
“Huize ’t Rozendael”	Small	Beide	15	€ 8.850,-
“Huize ’t Rozendael”	Royal	Beide	18	€ 10.620,-
“Huize de Sprengenberg”	Small	Linker	12	€ 7.080,-
“Huize de Sprengenberg”	Small	Rechter	15	€ 8.850,-
“Huize de Sprengenberg”	Royal	Linker	14	€ 8.260,-
“Huize de Sprengenberg”	Royal	Rechter	19	€ 11.210,-
“Huize Nieuw Rande”	Small	Beide	12	€ 7.080,-
“Huize Nieuw Rande”	Royal	Beide	13	€ 7.670,-

6.3.3. Resultaat energieprestatieberekening

Doordat in de energieprestatieberekening een kwaliteitsverklaring is ingevoerd als verwarmingssysteem, is het niet mogelijk om de EPC op 0 te krijgen. De EPC blijft staan op 0.06, 0.05 of 0.04. Dit heeft onder andere te maken met het niet kunnen invoeren van de energiebron. Doordat de gebruikersenergie in MJ hoger of gelijk is aan de opgewekte energie van fotovoltaïsche zonnepanelen, kan toch worden gesteld dat de woning energieneutraal is. Tevens wordt in het berekenprogramma aangegeven dat de EPC-eis 0,8 is. Dit is niet juist. Het programma verandert de eis automatisch in 0,8. In tabel 6.4 zijn de uitkomsten uit het EPC-rekenprogramma weergegeven.

Tabel 6.4: Bepaling van het resultaat van de energieprestatieberekening

$Q_{\text{pres; totaal}} / ((330 \times A_{\text{gverw}} + 65 \times A_{\text{verlies}}) \times \text{CEPC}) = \text{EPC}$
EPC “Huize de Colckhof” “Small” linker- en rechterhelft = 0,04
EPC “Huize de Colckhof” “Royal” linker- en rechterhelft = 0,05
EPC “Huize de Palthetoren” “Small” linker- en rechterhelft = 0,05
EPC “Huize de Palthetoren” “Royal” linker- en rechterhelft = 0,05
EPC “Huize ’t Rozendael” “Small” linker- en rechterhelft = 0,05
EPC “Huize ’t Rozendael” “Royal” linker- en rechterhelft = 0,05
EPC “Huize de Sprengenberg” “Small” linkerhelft = 0,04
EPC “Huize de Sprengenberg” “Small” rechterhelft = 0,05
EPC “Huize de Sprengenberg” “Royal” linkerhelft = 0,05
EPC “Huize de Sprengenberg” “Royal” rechterhelft = 0,06
EPC “Huize Nieuw Rande” “Small” linker- en rechterhelft = 0,04
EPC “Huize Nieuw Rande” “Royal” linker- en rechterhelft = 0,04

De energieprestatieberekeningen voor energieneutrale woningen zijn bijgevoegd in bijlage Q van deze rapportage.



Benodigde gelijkwaardigheidsverklaringen

Voor de energieprestatie moet gerekend worden op de volgende punten:

- Het rendement van de toegepaste warmtepomp en zonnecollector is hoger dan de forfaitaire waarde die wordt gehanteerd in de energieprestatieberekening. Hiervoor moet een gelijkwaardigheidsverklaring worden overlegd.
- Voor het rendement van $\geq 95\%$ van de warmteterugwinunit is een gelijkwaardigheidsverklaring vereist.
- Er is een gelijkwaardigheidsverklaring benodigd van de fotonvoltaïsche zonnepanelen.

De gelijkwaardigheidsverklaringen zijn in bijlage M toegevoegd.

6.3.4. Meerwerkopties

In bijlage N zijn de diverse meerwerkopties en de bijbehorende energieprestatieberekeningen van een zeer energiezuinige woning ("Huize de Colckhof") toegevoegd. Deze EPC-berekening van meerwerkopties is ook gemaakt voor energieneutrale woningen en is in dezelfde bijlage toegevoegd.

Bij een aantal meerwerkopties zijn meer fotonvoltaïsche zonnepanelen benodigd, aangezien de oppervlakte van de woning wordt vergroot. Hierdoor zal er een groter oppervlakte in de winter moeten worden verwarmd. Deze extra warmtevraag resulteert in een hoger energieverbruik, dat de extra fotonvoltaïsche zonnepanelen zal moeten opwekken. Het aantal extra panelen per meerwerkoptie dat benodigd is, is in tabel 6.5 weergegeven.

Tabel 6.5: Extra benodigde zonnepanelen voor meerwerkopties van energieneutrale woningen

Meerwerkoptie	Extra zonnepanelen	Kosten voor panelen
Meerwerkoptie 1: Achteruitbouw	1 paneel	€ 590,-
Meerwerkoptie 2: Carport	2 panelen	€ 1.180,-
Meerwerkoptie 3: Dakkapel	0 panelen	-
Meerwerkoptie 4: Erker	0 panelen	-
Meerwerkoptie 5: Garage + kap tot 5m1	2 panelen	€ 1.180,-
Meerwerkoptie 6: Garage	2 panelen	€ 1.180,-
Meerwerkoptie 7: Kap op garage (verdieping)	4 panelen	€ 2.360,-
Meerwerkoptie 8: Kelder	1 paneel	€ 590,-
Meerwerkoptie 9: Zijuitbouw	2 panelen	€ 1.180,-



6.3.5. Persoonlijke wensen van een klant

Bij een energieneutrale woning wordt de gebouwgebonden energie duurzaam opgewekt. Hierdoor zullen de energiekosten dalen. De klant zou ervoor kunnen kiezen om ook de gebruikersenergie duurzaam op te wekken. In dit geval zijn er geen energiekosten meer voor de klant. Aangezien deze optie een aanzienlijke investering vergt, en energieplus woningen niet tot de probleemstelling behoren, is het duurzaam opwekken van de gebruikersenergie niet verder in dit onderzoek behandeld.

Ook is het mogelijk dat de klant zo min mogelijk zonnepanelen op het dak wil toepassen. In dit geval zou ervoor gekozen kunnen worden om zonnepaneel “type 5” toe te passen. Dit type zonnepaneel heeft een hogere opbrengst per vierkante meter maar vergt een grotere investering.

6.3.6. Kosten en terugverdientijd

6.3.6.1. Investeringskosten

De meerkosten voor een energieneutrale woning zijn per gewijzigd element berekend. Om een eerlijke vergelijking te kunnen maken, is ervoor gekozen om “Huize de Colckhof” met een “small” plattegrond te berekenen. Deze woning beschikt over twee zonnecollectoren in combinatie met een de lucht-water warmtepomp en fotovoltaïsche zonnepanelen.

Tabel 6.6: Bepaling meerkosten investering van een energieneutrale woning

Totaal bouwkundig	€ 30.079,37	€ 41.830,24
Onderdeel	Huidig concept	Energie neutrale woning
Funderingskosten	€ 3.557,20	€ 6.430,27
Begane grondvloer	€ 2.848,53	€ 3.148,53
Verdiepingsvloer	€ 3.596,41	€ 4.869,21
Spouwisolatie	€ 1.367,07	€ 3.630,80
Dakconstructie	€ 7.207,66	€ 9.085,74
Kozijnen	€ 11.502,50	€ 14.665,69
Totaal installaties	€ 7.390,-	€ 20.290,-
Onderdeel	Huidig concept	Energie neutrale woning
Ventilatie + roosters	€ 1.500,-	€ 3.000,-
Verwarming en warm tapwater	€ 4.390,-	€ 10.590,-
Aansluitkosten gas*	€ 1.500,-	€ 0,-
Aansluitkosten 380v aansluiting	€ 0,-	€ 210,-
PV panelen	€ 0,-	€ 6.490,-
Totaal overig	€ 0,-	€ 700,-
Onderdeel	Huidig concept	Energie neutrale woning
Controle luchtdichtheid	€ 0,-	€ 700,-
Totaal kosten	€ 37.469,37	€ 62.820,24
Kostenonderdeel	Huidig concept	Energie neutrale woning
Totaal bouwkundig	€ 30.079,37	€ 41.830,24
Totaal installaties	€ 7.390,-	€ 20.290,-
Totaal overig	€ 0,-	€ 700,-
Meerinvestering t.o.v. woning uit huidig concept	€ 0,-	€ 25.350,87

* Is nu niet in de begroting meegenomen, maar moet wel door de klant worden betaald

Bron: Begroting woning huidig concept Te Kieft bouwbedrijf b.v.

Bron: www.bouwkostenonline.nl

Bron: www.hrsolar.nl

Bron: www.passiefhuis.nl

Bron: www.mhi-airco.nl



6.3.6.2. *Energiekosten*

Van “Huize de Colckhof” type “Small” zijn de energiekosten berekend aan de hand van het EPC rekenprogramma. De waarden uit dit rekenprogramma zijn omgerekend naar kWh en m³ aardgas (zie tabel 6.7 en 6.8). Opvallend hierbij is dat de energiekosten van het huidige concept relatief hoog zijn. Dit heeft onder andere te maken met de hoge EPC waarde van de woning (1,03 in plaats van 0,8).

Tabel 6.7: *Bepaling energiekosten van een woning uit het huidige concept*

Waardes uit EPC-berekening			Elektriciteit	Gas	Prijs per eenheid	Energiekosten
Verwarming	$Q_{\text{prim};\text{verw}}$	50821 MJ	0 kWh	1411,694 m ³	€ 0,615	€ 868,19
Hulpenergie	$Q_{\text{prim};\text{hulp};\text{verw}}$	0 MJ	0 kWh	0 m ³	€ 0,615	€ 0,-
Warm tapwater	$Q_{\text{prim};\text{tap}}$	16321 MJ	0 kWh	453,361 m ³	€ 0,615	€ 278,82
Ventilatoren	$Q_{\text{prim};\text{vent}}$	3747 MJ	1040,833 kWh	0 m ³	€ 0,188	€ 195,68
Verlichting	$Q_{\text{prim};\text{vl}}$	9545 MJ	2651,389 kWh	0 m ³	€ 0,188	€ 498,46
Zomercomfort	$Q_{\text{prim};\text{comf}}$	2566 MJ	712,778 kWh	0 m ³	€ 0,188	€ 134,-
Koeling	$Q_{\text{prim};\text{koel}}$	0 MJ	0 kWh	0 m ³	€ 0,188	€ 0,-
Bevochtiging	$Q_{\text{prim};\text{bev}}$	0 MJ	0 kWh	0 m ³	€ 0,188	€ 0,-
Compensatie PV-cellen	$Q_{\text{prim};\text{pv}}$	0 MJ	0 kWh	0 m ³	€ 0,188	€ 0,-
Compensatie warmtekracht	$Q_{\text{prim};\text{comp};\text{WK}}$	0 MJ	0 kWh	0 m ³	€ 0,188	€ 0,-
Totaal	$Q_{\text{pres};\text{tot}}$	83000 MJ	4405 kWh	1865,055 m³	-	€ 1.975,15

Tabel 6.8: *Bepaling energiekosten van een energieneutrale woning*

Energiekosten “Huize de Colckhof” “Small” energieneutrale woning					
Waardes uit EPC-berekening			Elektriciteit	Prijs per eenheid	Energiekosten
Verwarming	Q _{prim;verw}	952 MJ	223,056 kWh	€ 0,188	€ 41,93
Hulpenergie	Q _{prim;hulp;verw}	1477 MJ	410,278 kWh	€ 0,188	€ 77,13
Warm tapwater	Q _{prim;tap}	1859 MJ	516,389 kWh	€ 0,188	€ 97,08
Ventilatoren	Q _{prim;vent}	5647 MJ	1568,611 kWh	€ 0,188	€ 294,90
Verlichting	Q _{prim;vl}	8217 MJ	2282,500 kWh	€ 0,188	€ 429,11
Zomercomfort	Q _{prim;comf}	0 MJ	0 kWh	€ 0,188	€ 0,-
Koeling	Q _{prim;koel}	508 MJ	130,000 kWh	€ 0,188	€ 24,44
Bevochtiging	Q _{prim;bev}	0 MJ	0 kWh	€ 0,188	€ 0,-
Compensatie PV-cellen	Q _{prim;pv}	-19815 MJ	-5504,167 kWh	€ 0,188	- € 1.034,78
Compensatie warmtekracht	Q _{prim;comp;WK}	0 MJ	0 kWh	€ 0,188	€ 0,-
Totaal	Q_{pres;tot}	-1344 MJ	-373,333 kWh	-	- € 70,19

	<i>Huidig concept</i>	<i>Energieneutrale woning</i>
Energiekosten	€ 1.975,15	- € 70,19
Besparing energiekosten t.o.v. zeer energiezuinige woning	€ 2.045,34	

6.3.6.3. Betaalbaarheid

In paragraaf 2.3 is een betaalbare woning voor een nieuw concept gedefinieerd als een woning waarbij de jaarlijkse energielasten voor een woning uit het huidige concept gelijk of hoger zijn ten opzichte van de jaarlijkse lasten voor energie en hogere hypotheek van een nieuw concept.

$$\text{Betaalbaar} = \frac{\text{Jaarlijkse energielasten (van het huidige concept)}}{\text{Extra jaarlijkse hypotheeklasten} + \text{jaarlijkse energielasten (van een nieuw concept)}} \geq 1$$

Ervan uitgaande dat er alleen rente (4%) over het hogere hypotheekbedrag jaarlijks wordt betaald, zullen de jaarlijkse hypotheeklasten met ongeveer € 1.014,- stijgen.

$$\frac{€ 1.975,15}{€ 1.014,03 \text{ (4\% van € 25.350,87)} - € 70,19} = 2,09$$

$$2,09 > 1 \rightarrow \text{Energieneutrale is betaalbaar}$$

De uitkomst 2,09 is hoger dan 1 en hiermee kan gesteld worden dat de energieneutrale betaalbaar blijft voor de klant.

Jaarlijks zal er ongeveer 84344 MJ uitgespaard worden ten opzichte van een woning uit het huidige concept en 20732 MJ ten opzichte van een zeer energiezuinige woning. Met aftrek van de verschuldigde rente voor de hogere hypotheek, zal de eigenaar van energieneutrale woning het eerste jaar € 1.031,27 besparen ten opzichte van een eigenaar van een woning uit het huidige concept. De besparing zal evenals de zeer energiezuinige woning verder toenemen wanneer de hypotheekschuld wordt afgelost.

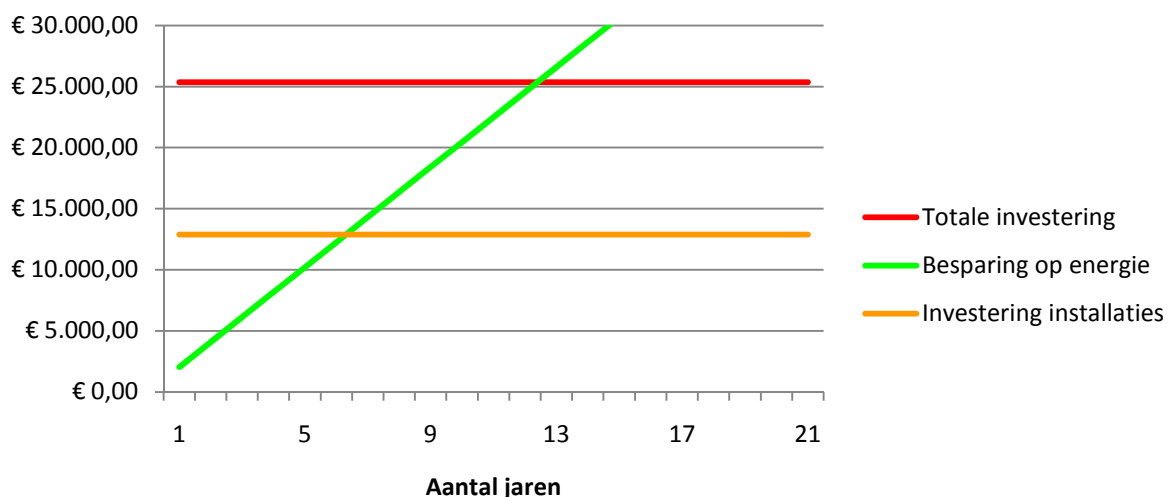
6.3.6.4. Terugverdientijd

De terugverdientijd van een energieneutrale woning kan op twee manieren worden berekend. De eerste methode is het berekenen van de terugverdientijd aan de hand van de energiebesparing en de investering. De tweede methode is het berekenen van de terugverdientijd waarbij de jaarlijkse winst (extra hypotheeklasten – besparing op energierekening) gebruikt wordt om de lening af te lossen.

De jaarlijkse rente voor het hogere hypotheekbedrag zal bij een rente van 4% ongeveer € 1.014,- bedragen. De jaarlijkse energiebesparing van een energieneutrale woning ten opzichte van een woning uit het huidige concept is ongeveer € 2.045,-. Hierbij is geen rekening gehouden met de eventuele prijsstijging van energie. In paragraaf 2.3 is immers geconcludeerd dat de kosten voor aardgas elke negen jaar en voor elektriciteit elke zeven jaar verdubbelen.

De totale investering zal na ongeveer dertien jaar zijn terugverdiend. Omdat bouwtechnische aanpassingen normaliter geen terugverdientijd hebben, kunnen de meerkosten van de installaties ook als maatstaf worden beschouwd. Deze investering is na ruim zes jaar terugverdiend.

Terugverdientijd energieneutrale woning

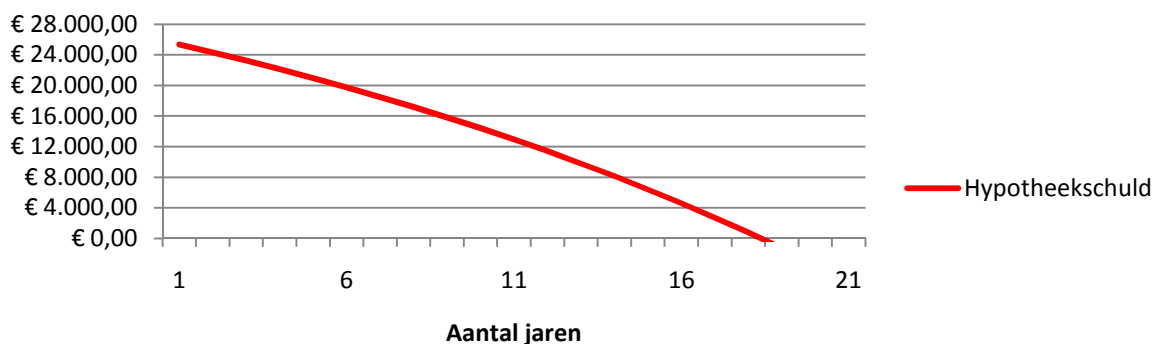


Afbeelding 6-2: Terugverdientijd meerkosten zeer energiezuinige woning

Aangezien er bij aantal woningtypen geen zonnecollectoren benodigd zijn, zullen de meerkosten van deze woningen gemiddeld € 1.500,- minder zijn. In dit geval zal de investering na ruim elf jaar terugverdiend zijn en de investering voor de installaties na ruim vijf jaar.

Wanneer de winst van de jaarlijkse energiebesparing minus de extra hypotheeklasten wordt gebruikt om de hogere lening af te lossen, zal de totale investering na ongeveer negentien jaar terugverdiend zijn. Deze terugverdientijd lijkt lang, maar hiervoor hoeft de gebruiker zelf geen geld te reserveren voor het aflossen van de extra lening. Ten opzichte van de terugverdientijd van een zeer energiezuinige woning is de terugverdientijd van een energieneutrale woning bijna de helft korter.

Aflossingstermijn hogere hypotheekschuld energieneutrale woning



Afbeelding 6-3: Aflossingstermijn hogere hypotheekschuld zeer energiezuinige woning

6.3.7. Verkoopbaarheid

Door de grotere investering voor een energieneutrale woning ten opzichte van zeer energiezuinige woningen zou het mogelijk kunnen zijn dat consumenten hier minder snel voor kiezen. Maar door de kortere terugverdientijd van een energieneutrale woning en zeer lage energiekosten zou het ook goed mogelijk kunnen zijn dat consumenten juist energieneutraal willen wonen. Door een energieneutrale woning door middel van extra zonnepanelen te bouwen als een energieplus woning, zijn er helemaal geen energiekosten meer. Deze mogelijkheden zal Te Kieft bouwbedrijf b.v. moeten bieden aan de potentiële klant om het concept te kunnen verkopen aan de klant (verkopen op emotie). In tabel 6.9 zijn de belangrijkste voor- en nadelen van een energieneutrale woning ten opzichte van een zeer energiezuinige woning weergegeven

Tabel 6.9: Voor- en nadelen van de herontwikkelde energieneutrale woningen uit dit onderzoek

Voordeel	Nadeel
Geen energiekosten voor primair energieverbruik	Grotere investering
Kortere terugverdientijd	Niet alle wensen van de klant zijn altijd mogelijk in het ontwerp
Gemakkelijk extra zonnepanelen toe te passen	
Minder last van prijsschommelingen van aardgas en elektriciteit	

6.4. Conclusie

Om een energieneutrale woning te realiseren kan voor het grootste gedeelte het energieconcept van een zeer energiezuinige woning in dit onderzoek worden gebruikt. Bouwtechnisch zijn er geen aanpassingen noodzakelijk. De installaties zijn eveneens geschikt voor een energieneutrale woning. De woning heeft namelijk een beperkte warmtevraag voor ruimteverwarming van 15 kWh/m² gebruikersoppervlakte per jaar. Er kan gekozen worden om een bodemwarmtepomp toe te passen, in plaats van de lucht-water warmtepomp. Deze warmtepomp heeft een hoger rendement, maar is fors duurder in aanschaf waardoor deze minder relevant is voor het marktsegment van Te Kiefte bouwbedrijf b.v. Om het gebouwgebonden energieverbruik duurzaam op te wekken dienen fotovoltaïsche zonnepanelen toegepast te worden. Er zijn zeer veel fabrikanten die zonnepanelen aanbieden. Er zit echter veel verschil in de opbrengst per vierkante meter en de aanschafprijs per paneel. In de uitgewerkte energieneutrale woningen van dit onderzoek is een zonnepaneel gekozen op basis van rendement en kostprijs, de Suntech Wp210. Het aantal zonnepanelen is per woningtype afhankelijk. “Huize de Colckhof” variant “Small” heeft de minste zonnepanelen nodig (elf panelen). Bij “Huize de Sprengenberg” variant “Royal” heeft de rechterhelft van de woning de meeste zonnepanelen nodig (negentien panelen).

Doordat in de energieprestatieberekening een kwaliteitsverklaring is ingevoerd als verwarmingssysteem, is het niet mogelijk om de EPC op 0 te krijgen. De EPC blijft staan op 0.06, 0.05 of 0.04. Dit heeft onder andere te maken met het niet kunnen invoeren van de energiebron. Doordat de gebruikersenergie in MJ hoger of gelijk is aan de opgewekte energie van fotovoltaïsche zonnepanelen, kan toch worden gesteld dat de woningen energieneutraal zijn.

De meerwerkopties zijn voor de zeer energiezuinige woning uitgetekend en berekend op energieprestatie. Deze energieprestatieberekening is ook gemaakt voor energieneutrale woningen. Hieruit kan worden geconcludeerd dat voor “meerwerkoptie 7” (kap op garage) de meeste extra zonnepanelen benodigd zijn (vier panelen). Voor “meerwerkoptie 3” (dakkapel) en “meerwerkoptie 4” (erker) zijn geen extra zonnepanelen benodigd voor een energieneutrale woning.

De totale meerkosten van een energieneutrale woning uitgewerkt in dit onderzoek ten opzichte van een woning uit het huidige concept wordt geschat op € 25.350,87. Door deze aanpassingen zal jaarlijks € 2.045,34 aan energiekosten worden bespaard. Dit resulteert in een totale terugverdientijd van dertien jaar. Hierbij zijn met een aantal factoren echter geen rekening gehouden, zoals de meerwaarde van een zeer energiezuinige woning, langere levensduur van de installaties, prijsstijging van gas ten opzichte van elektriciteit en eventuele landelijke of regionale subsidies voor installaties. De aanschafkosten voor de installatietechniek is € 11.400,- hoger dan van een woning uit het huidige concept. Deze kosten zijn in minder dan zes jaar terugverdiend.

Waarschijnlijk zullen energieneutrale woningen, vanwege de grote investering, op dit moment minder snel worden verkocht dan zeer energiezuinige woningen of woningen uit het huidige concept. Ondanks deze grotere investering zullen consumenten toch geïnteresseerd zijn in energieneutraal bouwen, aangezien de energiekosten aanzienlijk laag zijn en de investering sneller is terugverdiend ten opzichte van een zeer energiezuinige woning. Wanneer extra zonnepanelen wordt toegepast kan de energieneutrale woning gebouwd worden als een energieplus woning. Hierdoor heeft de gebruiker geen energiekosten meer. Deze mogelijkheid zal Te Kiefte bouwbedrijf b.v. aan de gebruiker moeten bieden om het concept te kunnen verkopen aan de klant (verkopen op emotie).



7. Conclusies en aanbevelingen

Het huidige concept van Te Kieftte bouwbedrijf b.v. voldoet niet aan de EPC-eis van 0,8, maar heeft een EPC van 1.03. Dit concept wordt verkocht op emotie. Door goede argumenten en professionele begeleiding hoopt het bedrijf dat de potentiële klanten kiezen voor kwaliteit en niet voor de prijs.

De herontwikkelde woningen voldoen aan een EPC eis van 0,3 en van 0. Om dit te realiseren dient de thermische schil te worden geoptimaliseerd en moeten energiezuinige installaties worden toegepast. Belangrijk hierbij is dat de verkoopbaarheid van het concept gehandhaafd blijft. Dit wordt gedaan door de vrije indeelbaarheid te handhaven en het verkoopproces niet te veranderen.

Om de thermische schil te optimaliseren moet onder andere de Rc-waarde worden verhoogd. Om dit te kunnen behalen dient er PIR isolatie te worden toegepast. Door de naden van het isolatiemateriaal goed af te plakken wordt een luchtdichte schil gerealiseerd, waardoor een hoge thermische behaaglijkheid kan worden behaald.

Als bouwmethodiek zijn zowel de traditionele stapelbouw als de houtskeletbouw en de prefab elementen bouw geschikt. Prefab elementenbouw is het meest geschikt, omdat een woning hiermee de hoogste kwaliteit kan behalen. Uit een intern onderzoek van Te Kieftte bouwbedrijf b.v. blijkt dat er geen prijsverschil bestaat tussen het bouwen van een enkel traditioneel gebouwde woning en een enkel prefab gebouwde woning.

Om een zeer energiezuinige of energieneutrale woning te realiseren kunnen er verschillende duurzame installatieconcepten worden toegepast. In verband met de betaalbaarheid kan het beste een lucht-water warmtepomp met een gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning worden toegepast. Indien nodig kan een zonnecollector aan de warmtepomp gekoppeld worden.

Om een energieneutrale woning te verkrijgen dienen, afhankelijk van het woningtype, gemiddeld veertien fotovoltaïsche zonnepanelen toegepast te worden. Ondanks de hogere investering van een energieneutrale woning ten opzichte van een zeer energiezuinige woning blijkt een energieneutrale woning financieel aantrekkelijker. Dit heeft te maken met een kortere terugverdientijd van de investering.

Uit een onderzoek onder woonconsumenten blijkt dat de helft van de ondervraagden, nadat zij goed zijn geïnformeerd over de mogelijkheden, maximaal € 15.000,- willen investeren in energiezuinige systemen. Dit bedrag dient binnen tien jaar te zijn terugverdiend. Bij een zeer energiezuinige woning is de totale investering na negentien jaar terugverdiend, waarvan de installaties na zes jaar. Een energieneutrale woning is na dertien jaar terugverdiend, waarvan de installaties na zes jaar. Op dit moment zijn er geen subsidies voor energiebesparende maatregelen voor nieuwbouwwoningen mogelijk. Wanneer dit zal veranderen zal dit wellicht de verkoopbaarheid van het concept bevorderen. Wel is er een mogelijkheid om een hypotheek met Nationale Hypotheek Garantie (NHG) af te sluiten. Hierdoor kan de hypotheekrente met maximaal 0,8% worden verlaagd en kan er tot € 6.500,- extra worden geleend indien er energiebesparende maatregelen worden toegepast.

Er zal volgens dit onderzoek meer moeten worden geïnvesteerd dan € 15.000,- en ook zal de terugverdientijd langer zijn dan tien jaar. Wel ligt de terugverdientijd van een neutrale woning redelijk in de buurt. Te Kieftte bouwbedrijf b.v. dient potentiële klanten goed te informeren over de mogelijkheden van een zeer energiezuinige of energieneutrale woning. Om de klant



goed te informeren zal het bedrijf de ontwikkelingen van energiebesparende systemen op de markt nauwlettend moeten volgen. De fabrikanten ontwikkelen hun systemen voortdurend, aangezien de EPC eis steeds lager wordt.

Een belangrijk nadeel van een zeer energiezuinige of energieneutrale woning is de beperkte ontwerpvrijheid. De woningen dienen zoveel mogelijk op het zuiden te worden georiënteerd, zodat er optimaal gebruik kan worden gemaakt van zonnewarmte.



Begrippenlijst

Begrip:	Betekenis:
A_{ze}	Oppervlakte van een zonnecollector in m^2 .
Balansventilatie	Mechanisch ventilatiesysteem, waarbij de verse buitenlucht mechanisch wordt aangezogen, zodanig dat er voldoende verse lucht wordt ingeblazen en er een goede balans is met de afgezogen binnenlucht.
Beaufort (Bft)	Beaufort duidt de snelheid van wind aan, onderverdeeld in dertien windsterkten.
Binnenspouwblad	Binnenmuur van een spouwmuur.
Bouwbesluit	Verzameling van bouwtechnische voorschriften uit het oogpunt van veiligheid, gezondheid, bruikbaarheid, energiezuinigheid en milieu, waaraan alle nieuwbouwwerken ten minste moeten voldoen.
Bouwcomponent	Onderdeel van het bouwwerk zoals vloer, gevel, dak, installatie etc.
Bouwmateriaal	Onderdeel van een bouwcomponent zoals bijvoorbeeld isolatie.
Bouwmethodiek	Bouwwijze voor het realiseren van een bouwwerk zoals bijvoorbeeld houtskeletbouw, gietbouw of prefab bouw.
Bouwtechnisch concept	Verzameling op elkaar afgestemde bouwtechnische uitgangspunten.
Bovenbouw	Gedeelte van het bouwwerk, vanaf de ruwe onafgewerkte begane grondvloer tot aan de nok.
Buitenspouwblad	Buitenmuur van een spouwmuur.
c-waarde	Kwaliteit per strekkende meter aansluiting in dm^3/m . Wordt gebruikt om de luchtdichting van een gebouw te bepalen.
COP	Coëfficiënt of Performance. Factor die de energieprestatie van warmtepompen aangeeft door de warmte-output te delen door de aandrijfenergie (kracht of warmte).
CO_2	Koolstofdioxide, ook wel kooldioxide of koolzuurgas, is een kleurloos en reukloos gas dat van nature in de atmosfeer voorkomt.
db(A)	Eenheid voor geluidssterkte. Heeft een direct verband met de menselijke waarneming van geluid.
Dubbel woonhuis	Twee-onder-één-kapwoning.
Energieconcept	Overzicht van de toegepaste bouwkundige en installatietechnische uitgangspunten van een bouwwerk.
Energielasten	Verzameling van kosten voor de consument op de energienota voor de verbruikte energie.
Energieneutrale woning	Een woning waarbij de gebouwgebonden energie volledig wordt opgewekt door de installatie. De gebruikersenergie valt hier buiten.
Energieplus woning	Een woning waarbij zowel de gebouwgebonden energie als de gebruikersenergie volledig wordt opgewekt door de installatie.
EPC	Energieprestatiecoëfficiënt. Een index die de energetische efficiëntie van nieuwbouw aangeeft en wordt bepaald door berekeningen vastgelegd in NEN 2916 (utiliteitsbouw) en NEN 5128 (woningbouw).
EPW	Rekenprogramma voor het berekenen van de energieprestatiecoëfficiënt in de woningbouw.



Begrip:	Betekenis:
Fotovoltaïsche zonnepanelen	Apparaat (paneel) dat door middel van zonlicht elektriciteit opwekt.
Fundering op staal	Funderingswijze zonder toepassing van funderingspalen, waarbij de muren of wanden meestal door tussenkomst van een verbrede voet op de draagkrachtige bodem rusten.
Gebouwgebonden energieverbruik	Energie voor het verwarmen, koelen, verlichten en ventileren van een gebouw.
Gebruiksgebonden energie	Energie die afhankelijk is van het gebruik. Hieronder vallen onder andere computers en printers.
Gebruiksoppervlak	Oppervlaktemaatstaf. Wordt op vloerniveau gemeten tussen de opgaande scheidingsconstructies die de ruimte of groep van ruimten omhullen. Bepaalt volgens NEN 2580.
Gietbouw	Bouwmethodiek waarbij de meeste bouwcomponenten in het werk worden gestort met behulp van beton.
Groenverklaring	Een verklaring die is afgegeven op grond van de Regeling Groenprojecten van het ministerie van VROM dat een concreet project een 'Groenproject' is. Groenverklaringen worden afgegeven wanneer het gaat om milieuvriendelijke projecten, waaronder: duurzame energie, duurzame woningbouw en renovatie, fietspadinfrastructuur of bodemsanering.
Groene hypotheek	Een financiële regeling van de overheid om duurzaam bouwen te stimuleren, zowel voor nieuwbouwwoningen, woningrenovatie als voor utiliteitsbouw. Wanneer wordt voldaan aan een aantal basiseisen en keuzemaatregelen op het gebied van duurzaam bouwen, kan tot maximaal € 34.034,- tegen een lagere rente worden geleend.
Houtskeletbouw	Afkorting: HSB. Bouwmethodiek waarbij de meeste bouwcomponenten worden vervaardigd uit hout.
HR-ketel	Hoogrendement verwarmingsketel op aardgas voor centrale verwarming en warm tapwater.
HRe-ketel	Hoogrendement verwarmingsketel op aardgas die elektriciteit produceert. De restwarmte wordt gebruikt voor centrale verwarming en warm tapwater.
Huidig concept	Huidige verkoopmethode/-product van Te Kieft bouwbedrijf b.v. samengevoegd in een brochure.
Hypotheeklasten	Verzameling terugkerende kosten van de lening voor de hypotheeknemer.
Instalingsfactor	Geeft de procentuele opbrengst van zonnepanelen weer, afhankelijk van de situering en helling van de panelen.
Installatieconcept	Verzameling op elkaar afgestemde installatietechnische uitgangspunten.
Investeringskosten	Alle kosten voor aanschaf/belegging in een product/dienst.
ISSO	Kennisinstituut voor de installatiesector.
Ketenintegratie	Ketenintegratie is een strategische, duurzame langdurige samenwerking tussen bouwpartners.



Begrip:	Betekenis:
Laagtemperatuurradiatoren	Radiatoren ten behoeve van het afgiftesysteem voor ruimteverwarming en –koeling die geschikt zijn voor laagtemperatuurverwarming
Laagtemperatuurverwarming	Van laagtemperatuurverwarming wordt gesproken als de aanvoertemperatuur van het water niet hoger is dan 55°C.
Lente-akkoord	Convenant, gesloten tussen het Rijk en brancheorganisaties uit de bouwwereld.
Lineaire warmteverliezen	Warmte die verloren gaat via de aansluiting van twee of meer constructieelementen.
Mechanische luchttoevoer/-afvoer	Ventilatiesysteem die frisse lucht aanvoert en/of verbruikte lucht afvoert door middel van mechanische hulpmiddelen.
Meerwerkoctie	
MJ	Megajoule. Maatstaf voor energie.
Natuurlijke luchttoevoer/-afvoer	Ventilatiesysteem die frisse lucht aanvoert en/of verbruikte lucht afvoert door middel van ventilatieroosters.
Nieuw concept	Nieuw te gebruiken verkoopmethode/-product van Te Kiefte bouwbedrijf b.v. beschreven in deze rapportage.
Onderbouw	Gedeelte van het bouwwerk, vanaf de onderkant fundering tot aan de ruwe onafgewerkte begane grondvloer.
Onvoorwaardelijk investeren	Investeren zonder rekening te houden met eventuele terugverdientijd van de investering.
Passiefhuis	Gecertificeerde energiezuinige woning die voldoet aan het passiefhuis-standaard.
Passiefhuis-standaard	Regelgeving voor huizen die de naam ‘passiefhuis’ willen dragen.
Passief bouwen	Bouwen volgens de richtlijnen in het passiefhuis-standaard.
Prefab bouw	Bouwmethodiek waarbij de meeste bouwcomponenten voorafgaand in een werkplaats worden geproduceerd, waarna deze op de bouw worden gemonteerd.
Qv;10-waarde	Luchtdichtheid van de schil bij 10 Pa drukverschil over de schil in dm³/s.
Rc-waarde	Warmteweerstandcoëfficiënt van de constructie m² K/W
Spouwloze muur	Een muur dat bestaand uit één gedeelte, waaraan direct isolatie en/of afwerking kan worden aangebracht. In het verleden werd dit vaak toegepast in de vorm van een ‘halfsteensmuur’ en ‘steensmuur’.
Spouwmuur	Een muur met een open ruimte (spouw) tussen het binnen- en buitenspouwblad. De spouw voorkomt vochtdoorslag van buiten naar binnen.
Spuiventilatie	Het als doel in korte tijd grote hoeveelheden vervuilde lucht in een woning naar buiten af te voeren.
SWOT-analyse	Model dat intern de sterktes en zwaktes en extern de kansen en bedreigingen analyseert van een bedrijf, omgeving of product.
Terugverdientijd	De tijd die verloopt tussen het moment van investeren en het moment waarop de door deze investering veroorzaakte kasstromen gelijk zijn aan de investering.



Begrip:	Betekenis:
Thermische schil	Thermische begrenzing of isolatieschil. De verwarmde zones/ruimten liggen binnen de thermische schil.
Traditionele stapelbouw	Bouwmethodiek waarbij de meeste bouwcomponenten door middel van het stapelen van materialen gerealiseerd worden.
Trias Energetica	Een drie stappenplan bedoeld voor bedrijven, huishoudens en overheden om stap voor stap klimaatneutraal te worden.
U-waarde	Warmtedoorgangscoefficiënt in $W/(m^2 K)$.
U_{glas}	Warmtedoorgangscoefficiënt van het glas in $W/(m^2 K)$.
U_{raam} of U_w	Warmtedoorgangscoefficiënt van een raam in $W/(m^2 K)$. $U_{\text{raam}} = U_{\text{frame}} + U_{\text{glas}}$
Verblijfsgebied	Gedeelte van een gebruiksfunctie met ten minste één verblijfsruimte, bestaande uit één of meer op dezelfde bouwlaag gelegen en aan elkaar grenzende ruimten (met uitzondering van natte-, technische- of verkeersruimten).
Vloerverwarming	Afgiftesysteem voor ruimteverwarming en –koeling waarbij elementen in de vloer aangebracht worden.
Volumieke massa	Ook wel dichtheid genoemd. De hoeveelheid massa van een stof per eenheid van volume.
Voorwaardelijk investeren	Investeren waarbij rekening gehouden wordt met de terugverdientijd van de investering.
WABO	Wet Algemene Bepalingen Omgevingsrecht.
Wattpiek (Wp)	Is het nominaal output vermogen van een zonnecel of zonnepaneel, getest onder standaard omstandigheden.
Warmtepomp	Een verwarmingsketel op elektriciteit die via mechanische arbeid warmte onttrekt aan een koude omgeving en deze toevoert aan een warmere omgeving.
Warm tapwater	Water dat door een installatie is verwarmd.
Woningscheidende wand	Scheidingswand tussen twee woningen. Komt voor bij een twee-onder-één-kapwoning en rijtjeswoning.
WTW	Warmteterugwinning. Het terugwinnen van warmte uit rookgassen, afvalwater of ventilatielucht.
Zeer energiezuinige woning	Een woning die optimaal is geïsoleerd, waardoor slechts weinig vraag voor ruimteverwarming ontstaat (maximaal 15 kWh/m^2 gebruiksoppervlak). Deze woning voldoet aan een EPC-eis ≤ 0.3
Zomernachtventilatie	Is het 's nachts ventileren van de woning met koele buitenlucht om de constructie tijdens warme dagen af te koelen en 's ochtends te starten met een lage binnentemperatuur.
Zonnecollectoren	Apparaat (paneel) dat zonnestraling opvangt en omzet in bruikbare warmte.
Zonnepanelen	Apparaat (paneel) dat door middel van zonlicht elektriciteit opwekt.
ZTA	Zon toetredingsindex in procenten.
λ_{reken}	Rekenwaarde voor de warmtegeleidingscoëfficiënt van een materiaal in $W/(mK)$.
Ψ -waarde	Lineaire warmtedoorgangscoefficiënt in $W/(mK)$.



Literatuurlijst

Literatuur

- Ir. R. Blok. *Tabellen voor Bouwkunde en Waterbouwkunde*. 9^e herzoemde druk, uitgeverij ThiemeMeulenhoff.
- Ir. C. Boonstra, ir. R. Clocquet, ir. L. Joosten. (2009) *Passiefhuizen in Nederland*. 1^e druk, uitgeverij Aeneas.
- Ir. R.J. Boot-Dijkhuis, ing. P. Smits, drs. H.M. Nieman, ir. A.C. van der Linden. (2008) *Praktijkboek bouwfysica*, 1^e druk, Deckerssnoeck, Antwerpen
- T. Bosschaert (Except). *Publicatie: Energie en kostenanalyse dubbel en driedubbelglas*.
- Bouwfonds Ontwikkeling b.v. (2008) *Onderzoek: 'Baat het niet, dan gaat het niet'*.
- Ir. R. Clocquet, ir. D. Jansen, ir. L. Joosten (2009). *Uitwerkingsinstructie Toolkitconcepten Passiefhuis*. 1^e druk, uitgeverij Aeneas.
- C. Jansen. *Professioneel Communiceren, taal en communicatiegids*. (2006) 2^e druk, uitgeverij Martinus Nijhoff.
- Mitsubishi Electric. (2009) Brochure 'Hydrolution system'.
- Mitsubishi Electric. (2009) Brochure 'Zubadan'.
- Promotie van Europese Passiefhuizen (PEP) (2006) *'Passiefhuizen in Europa'*
- Stichting Verstandig Isoleren. *Onderzoek: 'Verstandig isoleren'*
- Te Kieffe Bouwbedrijf b.v. (2008) *Brochure 'Wonen met hart en ziel'*.

Websites

- Adviesburo Nieman b.v. <http://www.nieman.nl>
Geraadpleegd, december 2010
- Basf, The Chemical Company. <http://www.basf.de>
Geraadpleegd, oktober 2010
- Bouwkostenonline.nl. <http://www.bouwkostenonline.nl>
Geraadpleegd, december 2010
- Brink Climate Systems. <http://www.brinkclimatesystems.nl>
Geraadpleegd, november 2010
- Building Solutions. <http://www.building.dow.com>
Geraadpleegd, november 2010
- C + B Advies en Expertise. <http://www.cplusb.nl>
Geraadpleegd, oktober 2010
- Centraal bureau voor de Statistiek. <http://www.cbs.nl/>
Geraadpleegd, november 2010
- Consolidated Nederland. <http://www.consolidated.nl>
Geraadpleegd, november 2010



- De Mors Rijsen. <http://demors.nl>
Geraadpleegd, oktober 2010
- Dugoshop. <http://www.dugoshop.nl>
Geraadpleegd, december 2010
- Duurzame energie en alternatieve energiebronnen.
<http://www.duurzame-energiebronnen.nl>
Geraadpleegd, november 2010
- EKbouwadvies.nl. <http://www.ekbouwadvies.nl>
Geraadpleegd, december 2010
- Energieconcepten, uw partner in voor duurzame energie.
<http://www.energieconcepten.be>
Geraadpleegd, oktober 2010
- Esolva. <http://www.esolva.nl>
Geraadpleegd, november 2010
- Frecohuis. <http://frecohuis.nl>
Geraadpleegd, november 2010
- Gemeente Heerhugowaard. <http://www.heerhugowaard.nl>
Geraadpleegd, oktober 2010
- Gemeente Raalte. <http://www.raalte.nl>
Geraadpleegd, november 2010
- Google zoekmachine. <http://www.google.nl>
Geraadpleegd, december 2010
- Hellmann Energiebewusste Bausysteme. <http://www.das-passivhaus.de>
Geraadpleegd, oktober 2010
- Hrsolar, fabrikant van zonneboilers. <http://www.hrsolar.nl>
Geraadpleegd, november 2010
- Intergas b.v. *kwaliteitsverklaring en herberekeningprogramma*
<http://www.intergas-verwarming.nl>
Geraadpleegd, oktober 2010
- Inventum, duurzaam en vertrouwd. <http://www.inventum.nl>
Geraadpleegd, december 2010
- Isobouw innovatie en isolatie. <http://www.isobouw.nl>
Geraadpleegd, november 2010



- IsoMax passiefhuis. <http://www.isomax.nl>
Geraadpleegd, oktober 2010
- Isoplan, toekomstgericht bouwen. <http://www.isoplan.nl>
Geraadpleegd, oktober 2010
- Itho, Climate for life. <http://www.itho.nl>
Geraadpleegd, december 2010
- J.E Storkair ventilatiesystemen. <http://www.jestorkair.nl>
Geraadpleegd, november 2010
- Jong Luchtverwarming c.v. <http://www.jongluchtverwarming.nl>
Geraadpleegd, november 2010
- Joost De Vree, encyclopedie voor de bouw. <http://www.joostdevree.nl>
Geraadpleegd, december 2010
- Keramisch passiefhuis. <http://www.massiefpassief.nl>
Geraadpleegd, oktober 2010
- Low Energy Products. <http://lowenergyproducts.be>
Geraadpleegd, november 2010
- Mijnhuisinstallatie.nl. <http://www.mijnhuisinstallatie.nl>
Geraadpleegd, oktober 2010
- Ministerie van economische zaken, landbouw en innovatie. <http://www.angentschapnl.nl>
Geraadpleegd, december 2010
- Mitsubishi electric Europe. <http://mitsubishielectric.nl>
Geraadpleegd, december 2010
- Nederlandse Vereniging voor Makelaars (NVM). <http://www.nvm.nl>
Geraadpleegd, november 2010
- Nelskamp dakpannen. <http://www.nelskamp.nl>
Geraadpleegd, december 2010
- Noorderlicht solar – Duurzame oplossingen. <http://www.noorderlichtsolar.nl>
Geraadpleegd, november 2010
- NOS-Noordegraaf. <http://www.nos.cybercomm.nl>
Geraadpleegd, november 2010



- Olino duurzame energie. <http://www.olino.org>
Geraadpleegd, december 2010
- Passiefhuis.info, over passiefhuizen en lage energiewoningen.
<http://www.passiefhuis.info>
Geraadpleegd, oktober 2010
- P. de Vries installatietechnieken b.v. <http://www.pdevries.nl>
Geraadpleegd, november 2010
- Redenko: Energizing your future. <http://www.redenko.com>
Geraadpleegd, december 2010
- Renoveren & Restaureren. <http://www.renoveren-restaureren.be>
Geraadpleegd, november 2010
- Renson Creating healthy spaces. <http://www.renson.be>
Geraadpleegd, november 2010
- Schokkaert. <http://www.schokkaert.com>
Geraadpleegd, oktober 2010
- Solar-Constructions. <http://www.solar-constructions.com>
Geraadpleegd, november 2010
- Stichting Passief Bouwen. <http://www.passiefbouwen.nl/>
Geraadpleegd, november 2010
- Stichting Passief Huis. <http://www.passiefhuis.nl>
Geraadpleegd, december 2010
- Te Kiefte bouwbedrijf b.v. <http://www.bouwbedrijftekiefte.nl>
Geraadpleegd, december 2010
- Technisch adviesbureau Goezingen b.v. <http://www.goezingen.eu>
Geraadpleegd, november 2010
- Timmerfabriek Overbeek. <http://www.tifaoverbeek.nl>
Geraadpleegd, november 2010
- Van Aarle bouwmaterialen b.v. <http://www.vanaarlebouwmaterialen.nl>
Geraadpleegd,
- Velux daglichtsystemen b.v. <http://www.velux.nl>
Geraadpleegd, december 2010
- Verwarming Chris Cools. <http://www.coolschris.be>
Geraadpleegd, oktober 2010



- VIA Adviseurs en Intrimdiensten. <http://www.via-adviseurs.nl>
Geraadpleegd, november 2010
- Warmtepomp Installateur, 4 Elements systeemtechniek.
<http://www.warmtepompinstallateur.nl>
Geraadpleegd, oktober 2010
- Wienerberger Building Value. <http://www.wienerberger.be>
Geraadpleegd, november 2010
- Wonenwonen.nl. <http://www.wonenwonen.nl>
Geraadpleegd, december 2010
- Wooninvest. <http://www.wooninvest.nl>
Geraadpleegd, oktober 2010
- Zonstraal Wiki. <http://www.zonstraal.be>
Geraadpleegd, november 2010