

Op weg naar minimum energie woningen met EPC ≤ 0 :

2012-09



Foto voorblad

CO2-neutrale vrijstaande praktijkwoning te Almere december 2010

Architect: Han van Zwieten BNA te Amersfoort

Het Columbuskwartier in Almere moet een voorbeeldwijk worden van “Duurzaam Wonen”. Symbool van de wijk is de CO2-neutrale demonstratie-woning, die volledig selfsupporting is wat betreft energie, die volledig duurzaam wordt opgewekt.

In de CO2-neutrale woning wordt niet alleen de energie die nodig is voor verwarming, warm water, ventilatie, koeling en verlichting maar ook de benodigde energie voor huishoudelijk gebruik duurzaam opgewekt.

De woning is uitgerust met een elektrische warmtepomp die warmte haalt uit ventilatie- en buitenlucht. Duurzame energie wordt opgewekt door zonnestroom panelen op dak en in de gevel (rode panelen).

Tevens zijn 2 windturbines geplaatst.

Informatie: www.hanvanzwieten.nl/assets/Projectbladen/969-passiefhuis-almere-WEB.pdf



Agentschap NL
Ministerie van Binnenlandse Zaken
en Koninkrijksrelaties

Op weg naar minimum energie woningen met EPC ≤ 0

Piode - ontwerp- en adviesbureau BNA
in opdracht van Agentschap NL

*>> Als het gaat om duurzaamheid,
innovatie en internationaal*

Colofon

Projectnaam Op weg naar minimum energie woningen met EPC ≤ 0
Projectnummers DENB211006 / MKI1200007
Versienummer P207-120915 – september 2012
Contactpersoon Klaas W. de Vries
Agentschap NL

Aantal bijlagen 3
Auteur ir. F.W. den Dulk

Dit rapport is tot stand gekomen in samenwerking met:
Piode - ontwerp- en adviesbureau BNA
Soesterweg 314A
3812 BH Amersfoort
Postbus 12
3800 AA Amersfoort
Tel: (033) 4 63 11 76
info@piode.nl
www.piode.nl

Hoewel dit rapport met de grootst mogelijke zorg is samengesteld kan Agentschap NL geen enkele aansprakelijkheid aanvaarden voor eventuele fouten.

Inhoudsopgave

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Samenvatting | 7 |
| 2 | Inleiding..... | 9 |
| 3 | Minimum energie woningen met $EPC \leq 0$ en energieneutraal bouwen..... | 11 |
| 4 | Strategie tot energieneutraal bouwen | 15 |
| 5 | Basistechnieken voor energieconcepten..... | 17 |
| 5.1 | Bouwkundige uitgangspunten en kenmerken | 17 |
| 5.2 | Distributie van warm tapwater | 17 |
| 5.3 | Ventilatievoorzieningen..... | 19 |
| 5.4 | Zonnedak ten behoeve van zonnepanelen | 22 |
| 6 | Markttrends en ontwikkelingen | 25 |
| 6.1 | Energiezuinig bouwen is grote trend | 25 |
| 6.2 | Wijken zonder gasnet | 25 |
| 6.3 | Warmtepompen op grotere schaal toegepast..... | 25 |
| 6.4 | Samenwerking tussen bouwpartners | 25 |
| 6.5 | Integrale aanpak - ontwerpen vanuit een totaal concept (gebouw/installatie) | 26 |
| 6.6 | IFD..... | 26 |
| 6.7 | Passiefhuizen | 26 |
| 6.8 | Alles-in-1: Integrale toestellen voor verwarmen, ventileren, warmtapwater en zonne-energie | 27 |
| 6.9 | Intelligente netten | 27 |
| 7 | Energieconcepten..... | 29 |
| 7.1 | Zonneboilercombi in combinatie met een groot opslagvat..... | 30 |
| 7.2 | Hybride - lucht/water warmtepomp en Cv-ketel..... | 33 |
| 7.3 | Combiwarmtepomp op bodemwarmte geïntegreerde thermische zonne-energie | 36 |
| 7.4 | Combiwarmtepomp..... | 41 |
| 7.5 | Luchtwater warmtepomp op ventilatie- of buitenlucht | 44 |
| 7.6 | Collectieve warmtepomp..... | 46 |
| 8 | Bijlagen..... | 49 |
| 8.1 | Relatie energieneutraal bouwen en de Energieprestatienorm EPG | 49 |
| 8.2 | Effectieve maatregelen in de EPG..... | 50 |
| 8.3 | Informatie over de energieprestatie en de energieprestatienorm..... | 52 |

1 Samenvatting

Deze publicatie bevat informatie over vergaand energiezuinige seriematige woningbouw en is gericht op de combinatie van technieken die in de woning hiervoor moeten worden ingezet. Op basis van de beschikbare installatietechnische concepten wordt duidelijk hoe energieneutrale woningbouw gerealiseerd kan worden.

Doel van de publicatie is om opdrachtgevers, architecten, adviseurs en bouwers te informeren over de huidige stand van de techniek m.b.t. energieneutraal bouwen in de seriematige woningbouw en inzicht geven in de mogelijkheden.

In 2020 moet er conform de Europese wetgeving energieneutraal gebouwd worden (EPC=0)¹. Deze publicatie behandelt vooral de maatregelen die op woningniveau kunnen worden genomen. Collectieve energievoorzieningen zoals grootschalige collectieve warmtepompen, warmtekrachtkoppelingen, biomassa centrales, diepe aardwarmte en het gebruik van restwarmte worden niet behandeld.

In het hoofdstuk markttrends wordt omschreven welke oplossingen in de markt ontwikkeld worden om de doelstellingen voor 2020 te realiseren. Een voorbeeld hiervan is dat verschillende fabrikanten toestellen op de markt brengen waarin verschillende functies zijn samengebracht voor verwarmen, ventileren met warmteterugwinning, warmtapwater en zonne-energie. Dit vereenvoudigt de bouw, de installatie en het onderhoud en beheer. Bovendien is het ruimte- en kostenbesparend.

Op basis van een marktanalyse van de huidige toegepaste concepten worden de 6 belangrijkste installatietechnische concepten gepresenteerd inclusief gerealiseerde voorbeeldprojecten:

- Zonneboilercombi in combinatie met een groot opslagvat
- Warmtepomp met individuele grondbron, geïntegreerd met zonthermische energie.
- Warmtepomp met individuele grondbron en balansventilatie
- Warmtepomp met collectieve open grondbron in gestapelde bouw
- Lucht-water warmtepomp met opslagvat
- Collectieve warmtepomp met de bodem als bron in combinatie met warmte/koude opslag
- Warmtepomp in combinatie met cv-ketel (hybride)

Uit het onderzoek blijkt dat zonder toepassing van duurzaam opgewekte elektriciteit (zonnestroom, windenergie) het niet mogelijk is om energieneutraal te bouwen; De getoonde voorbeeldprojecten zijn vrijwel geen van allen energieneutraal. Bij ieder project staat daarom een indicatie aangegeven hoeveel m² extra zonnepanelen nodig zijn om het project gebouwgebonden energieneutraal te maken.

In de bijlagen wordt informatie gegeven over achtergronden van de energieprestatienorm, de energieprestatie op gebiedsniveau en afzonderlijke maatregelen.

¹ In deze publicatie is energieneutraal een woning met een $epc \leq 0$. Meer over de definitie van energieneutraal vindt u in het infoblad 'Energie neutraal; definitie & ambitie' van Agentschap NL op www.bouwenenergieneutraal.nl

2 Inleiding

Het doel van de publicatie is om opdrachtgevers architecten adviseurs en bouwers te informeren over de huidige stand van zaken m.b.t. vergaand energiezuinig bouwen. Tevens wordt een handreiking geboden over de te volgen stappen en zijn een aantal voorbeelden opgenomen over de praktijk. Deze stappen zijn nodig om in de toekomst energieneutraal te bouwen.

De publicatie is beperkt tot seriematige woningbouw. De energieconcepten zijn op het niveau van de individuele woning of een woongebouw. Grootschalige collectieve energievoorzieningsystemen zijn vooral geschikt voor locaties waar binnen korte termijn honderden woningen worden gerealiseerd. In de huidige markt zijn grootschalige woningbouwprojecten echter weinig aan de orde.

De weergegeven energieconcepten zijn gebaseerd op bekende- en marktrijpe technieken. Een energieconcept is een afgewogen en op elkaar afgestemd samenstel van ontwerpmaatregelen, bouwkundige maatregelen en voorzieningen, de installatie en de (duurzame) energievoorziening. Optimalisatie vindt plaats op basis van energiebesparing en kosten/baten terwijl tevens moet worden voldaan aan eisen voor veiligheid, gezondheid, comfort en bedieningsgemak.

Deze publicatie geeft geen antwoord op de vraag welk concept voorkeur heeft. Dat is afhankelijk van de situatie, de investeringsruimte en de voor- en nadelen. Zo is de keuze voor wel/geen gas in een woonwijk sterk afhankelijk van de toekomstvisie over onze energievoorziening en de keuze voor een specifiek ventilatiesysteem vaak meer afhankelijk van de marktacceptatie dan van de kwaliteiten van het ventilatiesysteem.

Ieder concept kan in principe zo worden uitgewerkt, dat ruimschoots aan de minimale eisen kan worden voldaan. De voor- en nadelen en aandachtspunten worden wel genoemd.

Overheidsbeleid

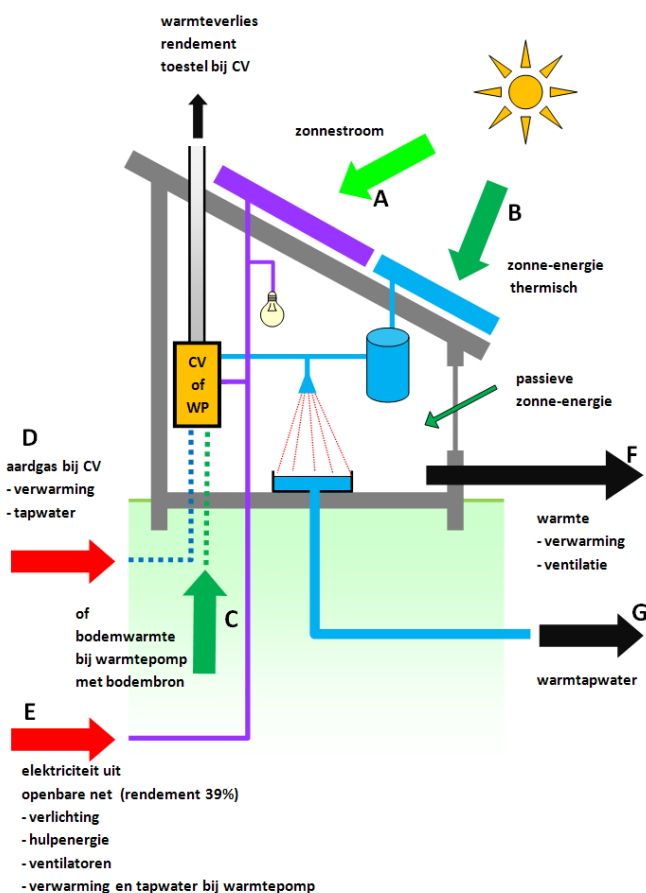
Het overheidsbeleid is er op gericht om bestaande- en nieuwe woningen steeds energiezuiniger te maken. Voor nieuwbouw geldt hiervoor de energieprestatie. De energieprestatie wordt stapsgewijs aangescherpt. Nu is de eis EPC-eis $\leq 0,6$. In 2015 wordt deze aangescherpt naar EPC-eis $\leq 0,4$ en in 2020 naar EPC-eis ≤ 0 . Daarom is de EPC als uitgangspunt genomen voor vergaand energiezuinige woningbouw. Aanscherping (verlaging) van de energieprestatie-eis leidt tot minder CO₂ uitstoot. Een negatieve energieprestatie betekent dat er, over een jaar gerekend, meer energie wordt opgewekt dan dat aan gebouwgebonden primaire energie wordt verbruikt.

Informatiebehoefte

Verschillende partijen hebben verschillende informatiebehoeften en vragen. Een deel van de informatie kan in de publicatie worden gevonden.

| | | |
|----------------|--|---|
| Politiek | <ul style="list-style-type: none">- Welk beleidsambitie is mogelijk?- Wat is realistisch? - Welke CO₂ reductie? | Deze publicatie laat zien wat technisch mogelijk en realistisch is. Er is geen informatie over de benodigde investeringen en financiële opbrengsten. Investerings zijn momenteel sterk afhankelijk van de marktontwikkelingen. Zo zijn zonnepanelen afgelopen jaren in prijs bijna gehalveerd onder andere vanwege de toestroom van goedkope panelen uit China. Energie-neutraal bouwen met EPC=0 moet volgens de huidige inzichten gerekend worden op investeringen van €15.000-20.000. De CO ₂ reductie per project is sterk wisselend. Uitgaande van een EPC=0,6 (volgens de huidige eis) en een ambitie van EPC=0 zal per woning een reductie behaald worden per m ² vloeroppervlak per jaar van ca. 10 kg (tussenwoning) tot 20 kg bij een vrijstaande woning. |
| Overheid | <ul style="list-style-type: none">- Bestemmingsplanontwikkeling: waarmee rekening te houden? | In bestemmingsplannen moet rekening gehouden worden met zongericht bouwen en daken die volledig worden voorzien van zonnepanelen. (Zie hoofdstuk 5.4). Ook moet rekening worden gehouden met eventuele collectieve voorzieningen. |
| Opdrachtgevers | <ul style="list-style-type: none">- Kosten/baten - Eisen waaraan moet worden voldaan- Aanpak bouwproces | Investerings zijn momenteel sterk afhankelijk van de marktontwikkelingen. Zo zijn zonnepanelen afgelopen jaren in prijs bijna gehalveerd o.a. vanwege de toestroom van goedkope panelen uit China. Energie-neutraal bouwen met EPC=0 moet volgens de huidige inzichten gerekend worden op investeringen van €15.000-20.000. Voor de eisen wordt verwezen naar de verschillende hoofdstukken en de conceptbeschrijvingen. Het bouwproces staat beschreven in hoofdstuk 4 |

3 Minimum energie woningen met EPC ≤ 0 en energieneutraal bouwen



Figuur Energiebalans met belangrijkste energiestromen.

Energietoevoer door aardgas of elektriciteit uit het net (D+E)
Energiepost voor verwarming en tapwater (F+G)

Thermische zonne-energie (B) en bodemwarmte (C) worden, evenals de installatierendementen, verdisconteerd in de posten voor verwarming en tapwater (F en G)

Om te bepalen of de woning energieneutraal is mag de per jaar opgewekte zonnestroom (A) worden afgetrokken van het jaarlijks energiegebruik (D+E). Als er meer duurzame stroom (energie)(A) wordt opgewekt dan er aan fossiele brandstof (via netstroom of aardgas) wordt verbruikt (C+D) dan is de woning energieneutraal.

Zonnestroom-panels hebben geen invloed op het functioneren van het energieconcept en kunnen in principe in iedere situatie worden toegepast

Een woning met EPC = 0 is een woning waarvoor, over een jaar gerekend, geen fossiele brandstof aan de woning wordt toegevoerd ten behoeve van het gebouwegebonden energiegebruik.

De energieprestatie is een instrument dat door de overheid wordt ingezet in de Bouwregelgeving om de energetische kwaliteit van bestaande bouw en nieuwbouw (woningen en utiliteitsbouw) te kunnen kwantificeren en sturen en in de toekomst energieneutraal of energieleverend te bouwen.

De energieprestatie is beperkt tot gebouwegebonden energie dat over een jaar gerekend aan een woning wordt toegevoerd. Het openbare net mag daarbij als een rekenkundige buffer worden gebruikt voor teveel opgewekte energie ten opzichte van het momentane gebruik. Teruggeleverde elektrische energie komt ten gunste van een verminderde inzet van fossiele brandstof in elektriciteitscentrales. In principe kan dus teruggekeerde energie ook aardgasgebruik compenseren. Daarom wordt EPC=0 ook veelal als definitie gehanteerd voor energieneutraal bouwen.

De definitie van het begrip “energie neutraal” is nog in ontwikkeling. Daarom wordt voor het begrip “energieneutraal” verwezen naar het informatieblad ‘Energie neutraal bouwen; definitie & ambitie’ dat door Agentschap wordt verspreid.

Zie <http://www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/energieneutraal-bouwen>

Om aan EPC=0 te voldoen betekent het in de praktijk dat gebruik gemaakt moet worden van duurzame energie. Deze hoeveelheid is, gemeten over een jaar, méér dan de hoeveelheid energie die uit het openbare elektriciteitsnet, gasnet of eventuele warmtenet net wordt betrokken. De hoeveelheid gebruikte en opgewekte energie wordt daarbij berekend in Megajoules zodat ook rekening kan worden gehouden met de rendementen van de elektriciteitscentrale of de warmte opwekkers.

Gebouwegebonden energiegebruik

Bij gebouwegebonden energiegebruik gaat het om energiegebruik voor de volgende energieposten:

- verwarmen
- hulpenergie (zoals pompen en elektronica in de ketels)
- warmtapwaterbereiding
- ventilatoren (ventilatiesysteem)
- verlichting (forfaitaire waarde gekoppeld aan de gebruiksoppervlakte)
- koeling
- bevochtiging

Er wordt dus geen rekening gehouden met:

- niet gebouwegebonden elektriciteit (zoals nodig voor koken, wassen, computers en andere huishoudelijke apparatuur)
- materiaalgebonden energiegebruik (energiegebruik voor winning, productie, transport en afvalverwerking van de bouwmaterialen).

Duurzame energie

Duurzame energie die specifiek voor bepaalde woningen wordt opgewekt, bijvoorbeeld door zonnepanelen of windturbines, wordt in mindering gebracht van het gebouwegebonden gebruik.

Dat geldt in principe ook voor zonnewarmte; maar dit wordt verdisconteerd in de genoemde energieposten.

Als er, over een jaar gerekend, meer duurzame energie wordt opgewekt dan dat er aan gebouwegebonden energie wordt verbruikt, dan wordt de energieprestatie negatief. Een negatieve energieprestatie betekent dus dat er energie (meestal in de vorm van elektriciteit) beschikbaar is voor huishoudelijk gebruik of andere doeleinden. Daarbij wordt uitgegaan van een energiebalans over een jaar.

Als er op een bepaald moment meer duurzame elektriciteit wordt opgewekt dan dat de gebouwegebonden elektriciteitsbehoefte is, dan wordt deze teruggeleverd aan het elektriciteitsnet. Als er op een later moment elektriciteit aan het net wordt onttrokken, dan wordt dit in eerste instantie verrekend met de aan het net teruggekeerde elektriciteit.

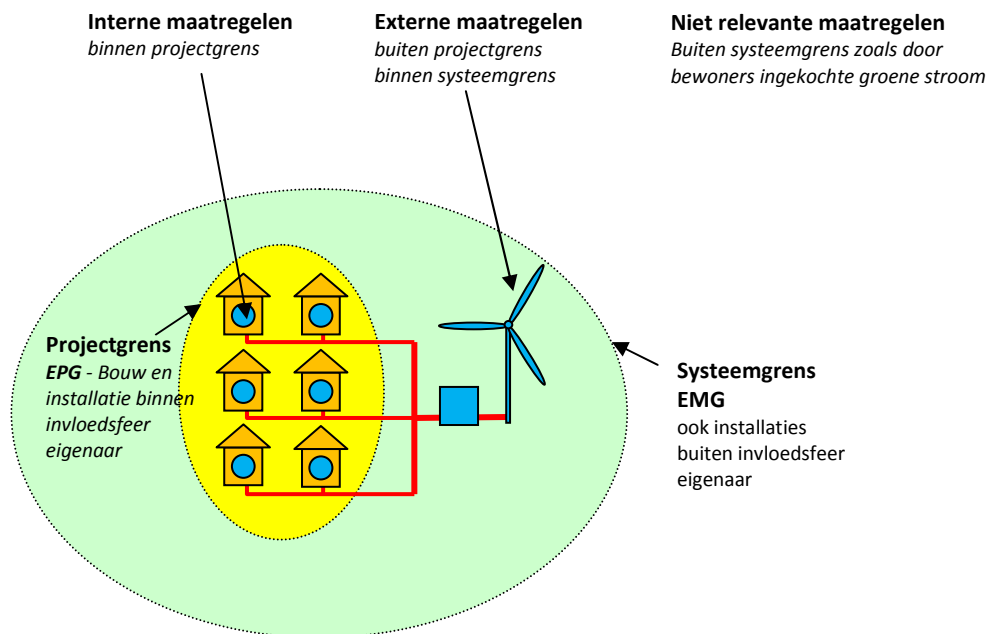
Energieprestatie

De energieprestatie wordt berekend met behulp van de norm NEN 7120 - Energieprestatie Gebouwen (EPG). Deze norm bevat bepalingsmethoden voor woningen en utiliteitsbouw voor zowel nieuwbouw als bestaande bouw. Tevens is een norm voor Maatregelen op Gebiedsniveau (EMG) - NEN7125 gepubliceerd waardoor duurzame energie die buiten de woning wordt opgewekt (c.q. een duurzame energievoorziening buiten de woning) onder voorwaarden mag worden meegerekend bij de bepaling van de energieprestatie.

De EPG is beperkt tot alle energieposten en installaties die binnen de perceelgrens liggen. Installaties buiten de woning en duurzame energiesystemen die buiten de perceelgrens liggen kunnen worden meegeteld bij de bepaling van de EPC met behulp van de EMG. Voorbeelden duurzame energieopwekking buiten de woning zijn: een collectieve zonnestroominstallatie, een windmolen specifiek voor een woonwijk of een biomassacentrale die warmte en elektriciteit levert.

Met de EMG wordt bepaald welke hoeveelheid opgewekte energie of stroom wel/niet aan de woning mag worden toegekend. Zo mag opgewekte groene stroom alleen in de EMG/EPG worden meegerekend als de installatie specifiek bedoeld is voor bepaalde woningen of gebouwen.

Door bewoners ingekochte groene stroom heeft dus geen invloed op de energieprestatie en het valt ook niet onder de definitie van energieneutraal bouwen.



Systeemgrens voor de bepaling van de EPC met behulp van de normen NEN 7120 (EPG) en NEN 7125 (EMG)

Hoe zuinig zijn woningen met EPC ≤ 0 in de praktijk?

In de praktijk blijkt dat het verschil in energiegebruik tussen verschillende huishoudens groot kan zijn (tot soms wel een factor 4!). Wat we energiezuinig vinden is gebaseerd op de hoogte van de EPC. De methode om de energieprestatie te bepalen (EPG) gaat uit van een gemiddeld bewonersgedrag, een referentie klimaatjaar en er wordt vanuit gegaan dat de opgegeven waarden voor isolatie, kierdichting, en rendementen in de praktijk worden gerealiseerd.

Deze gegevens liggen meestal ook ten grondslag aan de berekeningen voor de dimensionering en prestaties van de installaties. Een gemiddelde bewoner bestaat echter niet. Daarom kan de werkelijkheid behoorlijk afwijken van deze uitgangspunten. Veel bewoners stellen hogere temperaturen in (met name senioren) of gebruiken veel meer warm water dan waarop de dimensionering heeft plaats gevonden. Ook wordt in de praktijk vaak anders of meer geventileerd dan waar bij de berekeningen is uitgegaan. Uitgaan van een gemiddelde bewoner bij de dimensionering van installaties zal daarom ook in veel gevallen er toe leiden dat bewoners klachten hebben over het comfort of dat ze een relatief veel meer betalen aan energie dan dat hun is voorspeld.

Minimum energiewoningen zijn kritisch voor “onzuiniger” bewonersgedrag. Dit is gedrag waarbij de binnentemperatuur hoger wordt ingesteld, ramen worden opengezet voor extra ventilatie of waar meer wordt gedoucht dan het gemiddelde. Allemaal zaken die te maken hebben met comfort en erg persoonlijk zijn. Ze hebben vaak te maken met gezinssamenstelling, leeftijd van de bewoners, gezondheid, levensstijl, sociale of etnische achtergronden etc.

Het is daarom van belang dat bij het ontwerp van de woning en de installaties verschillende levensstijlen van mensen worden betrokken om daarmee te garanderen dat de woning onder uiteenlopende omstandigheden toch energiezuinig presteert. Een robuuste installatie is nodig.

Ook de kwaliteit van de uitvoering van energiezuinige installaties is kritisch. Zo blijken de bodembron(neen) ten behoeve van warmtepompen in veel projecten krap bemeten met als gevolg dat de installatie een te lage capaciteit heeft voor veel bewoners. De leveranciers van deze krappe systemen gaan er vaak vanuit dat het niet ernstig is als er een paar dagen per jaar elektrisch wordt bijverwarmd. Wellicht is het slechts een kleine hoeveelheid bij gemiddelde bewoners, maar het geeft ook een extra belasting van het net omdat alle woningen bij piekvraag elektrisch worden bijverwarmd.

Ook ventilatiegedrag heeft veel invloed. Dit gedrag is per individuele bewoner anders. Ventilatiesystemen die teveel geluid maken worden door de bewoners uitgezet. Ramen worden geopend terwijl daar geen rekening mee is gehouden in de berekening. En onvoldoende presterende ventilatiesystemen leiden er toe dat de bewoner juist naar de hoogste ventilatiestand schakelt. Ook hier is belangrijk dat de werking van installaties zorgvuldig wordt gecontroleerd.

Voorlichting aan bewoners over het gebruik van hun verwarming- en warmtapwaterinstallatie en wat zij aan energiekosten kunnen verwachten onder verschillend gebruiksgedrag kan veel bijdragen aan het behalen van de doelstellingen.

Bewoners maken over het algemeen gebruik van elektrische bijverwarming als de woninginstallatie onvoldoende presteert. Elektrische verwarming is in het gebruik behoorlijk prijzig.

Informatie over energieneutraal bouwen en CO₂ neutraal bouwen:

- 1. Infoblad definitie Energieneutraal**
<http://www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/energieneutraal-bouwen>
- 2. Uitgerekend Nul: Taal, Rekenmethode en Waarde voor CO₂ cq. energieneutrale utiliteitsgebouwen**
<http://www.lente-akkoord.nl/wp-content/uploads/2010/10/Uitgerekend-nul-Eindrapportage.pdf>
- 3. Uitleg EPG**
Bijlage - Relatie energieneutraal bouwen en de Energieprestatienorm EPG
- 4. Kop-staart aanpak: checklist voor het bouwproces van energiezuinige woningen**
<http://www.lente-akkoord.nl/2010/07/kopstaart-aanpak-checklist-bouwproces-van-energiezuinige-woningen/>

4 Strategie tot energieneutraal bouwen

Deze publicatie gaat over seriematige woningbouw. Daarom wordt er vanuit gegaan dat bewezen technieken worden toegepast. De mogelijkheden voor energieneutraal bouwen zijn daarmee beperkt tot een aantal hoofdconcepten voor verwarming (en koeling), ventilatie en warmtapwaterbereiding. Een strategie voor het ontwerp van een energieneutrale woning of minimum energiewoning is:

A. Stel ambities vast voor energieneutraal bouwen

Welke energieneutraliteit wordt nagestreefd?

1. alleen gebouwgebonden energie ($EPC \leq 0$)?
2. $EPC \leq 0$ inclusief huishoudelijke energie? (huishoudens gebruiken ca 2000-3000 kWh per jaar voor apparaten)?
3. moet eventuele elektriciteit op locatie worden gewonnen of mag ook voor huishoudelijk gebruik groene stroom via het openbare net worden ingezet?

Deze keuzes zijn belangrijk voor de hoeveelheid aan te brengen zonnepanelen. Bij keuze 2 in combinatie met elektriciteit opwekken op locatie zal een dak van een eengezinswoning volledig moet worden vol gelegd met zonnepanelen!

B. Inventariseer bewoners kenmerken

Bewoners verschillen in gebruikersgedrag. Niet alle installaties zijn geschikt voor iedere levensstijl. Bij de bepaling of een energieconcept energieneutraal is wordt uitgegaan van normaal bewonersgedrag. Dat betekent dat niet ingeleverd wordt op comfort. Veel bewoners gedragen zich anders, stoken op een hogere temperatuur of gebruiken meer warm water dan gemiddeld. Vanzelfsprekend kost dit meer energie. Maar dat mag niet tot onevenredige kostenverhoging leiden.

- verwarmen de bewoners hun huis op een gemiddeld hogere temperatuur?
 - vloerverwarming en koeling (warmtekoude opslag) is minder geschikt voor bewoners die verschillende ruimtes willen verwarmen en koelen tegelijkertijd; of voor bewoners waarvoor het vloersysteem te traag is. (als bijvoorbeeld in dezelfde ruimte wordt gewoond maar ook geslapen);
 - gebruiken bewoners meer tapwater dan gemiddeld (leeftijd, gezinssamenstelling of etnische achtergrond is hiervoor vaak medebepalend)
 - willen bewoners temperatuur differentiatie? (koude- en warme plekken in de woning)
 - willen bewoners natuurlijke ventilatie of gebalanceerde ventilatie?
 - wat zijn de wenselijke binnentemperaturen? Veel mensen stellen hun kamertemperatuur veel hoger dan 20 °C. De prestatie van warmtepompen gaan daardoor achteruit;
 - wat is het gewenste tapwaterpatroon? Vaak is de warmtapwaterbehoefte een factor twee hoger dan waarop de installaties worden berekend. Dit wordt mede bepaald door etnische afkomst. Met name in huizen in de sociale huursector wonen mensen die relatief veel tapwater gebruiken. De wijze van warmtapwater bereiding is sterk medebepalend voor de keuzes van het energieconcept. Omdat voor tapwater een hoge temperatuur gevraagd wordt is het rendement van de opwekker vaak lager. En de momentane afname is veel groter dan dat opwekkers kunnen leveren. Daarom is altijd een opslagvat nodig.
 - welke voorkeur is er voor het ventilatiesysteem (natuurlijke toevoer of gebalanceerde ventilatie en ventilatie op de slaapkamers)?
- Als bewoners een installatie hebben die niet past bij hun levensstijl, dan kan dat tot grote energetische- en financiële consequenties leiden. Voorlichting, om tot energiebesparing aan te zetten, heeft dan weinig succes.

C. Inventariseer locatie kenmerken

Locatie kenmerken kunnen de keuze mede bepalen van het energieconcept.

- Grootte perceel en bebouwingmogelijkheden en kan er een dak worden gemaakt dat op het zuiden is gericht t.b.v. zonnepanelen?
- Beschaduw door omgeving (schaduw van gebouwen of bomen maken een zonnepaneleninstallatie ineffectief; let er op dat kleine bomen ook groot worden)
- mogelijkheden individuele/collectieve energievoorzieningen
- Is het een geluidbelaste locatie? Bij geluidbelasting op de gevel kan een gebalanceerde ventilatie voorkeur hebben.
- Is er relatief veel luchtverontreiniging in de buurt zoals bij verkeersknooppunten, snelwegen of industrieterreinen? Dan is gebalanceerde ventilatie met een adequate filtering van de toevoerlucht een keuze. Ook voor mensen met hooikoorts of allergie kan gefilterde toevoerlucht de klachten verminderen

D. Inventariseer welke energievoorziening wordt gerealiseerd

Bij een gasaansluiting heeft men meer mogelijkheden voor de keuze van een energieconcept. Bij alleen elektriciteit in de wijk is men in de praktijk aangewezen op een warmtepomp of een stad- of wijkverwarming.

E. Inventariseer duurzame energiebronnen voor de betreffende locatie.

Zijn er mogelijkheden voor;

- zonnewarmte?
- zonnepanelen (let op schaduw van andere gebouwen en bomen)?
- bodemwarmte en warmte- en koudeopslag?
- buitenlucht en/of ventilatielucht als bron voor een warmtepomp?
- andere bronnen (restwarmte, geothermie, diepe aardwarmte, biomassa etc. – deze worden hier verder niet besproken)

F. Inventariseer wijze van toekomstig beheer en onderhoud van de installaties

De wijze van beheer en onderhoud heeft een gevolg voor de exploitatiekosten door de bewoners.

- Gaan de bewoners zelf het beheer doen van hun installatie of wordt dit door een professionele organisatie gedaan?
- Gaat de bewoners zelf klein onderhoud doen zoals vervangen filters, schoonmaken roosters, controleren/aflezen gegevens over werking installatie?

G. Kies een energieconcept voor verwarmen, ventileren en warmtapwaterbereiding.

In principe zijn er twee hoofdprincipes voor energieconcepten:

1. bij gebruikmaking van een gasaansluiting wordt een (zonnegas) combiketel toegepast of eventueel een hybride systeem (warmtepomp met gasketeltje)
2. bij alleen een elektrische aansluiting wordt in principe een warmtepomp toegepast

Zie hoofdstuk 5

H. Zorg voor een gezond binnenmilieu.

Iedere woninginstallatie is geschikt voor het realiseren van een gezond binnenklimaat. Aandachtspunten zijn:

- voldoende frisse lucht en ventilatie doorstroming
- regeling van het ventilatiesysteem zodat geventileerd wordt naar behoefte
- comfort; vermijden tocht
- energiebesparing; ongewenste ventilatieverliezen vermijden
- geluidshinder
- vervuiling (roosters, overloop bij deuren etc.)
- onderhoud

www.rivm.nl/Thema_s/Milieu_Leefomgeving/Binnenmilieu (publicatie: Inspiratie voor een gezond binnenmilieu op scholen, woningen en kindercentra)

www.toetslijstgezondenveiligwonen.nl/toetskeuze.html (inzicht in gezondheidsrisico's in een woning)

www.gezondegebouwen.nl (gezond ontwerp en beheer van woningen)

I. Werk het energieconcept bouwkundig en installatie technisch zorgvuldig uit.

- Besteed aandacht aan detaillering. (www.sbr.nl)
- Zorg ook voor bereikbaarheid van de installaties voor onderhoud en eventueel vervanging.
- Detailleer de installaties zodanig dat hun werking niet wordt belemmerd. Let met name op de positie van aan- en afvoer van ventilatielucht om tocht te vermijden, vervuiling te voorkomen en een voldoende doorstroming wordt gegarandeerd.
- Voorkom geluidshinder door installaties. Zorg voor een geluiddichte installatieruimte, voldoende geluiddempers waar nodig, lage luchtsnelheden in de kanalen en geluiddempende roosters.

www.platform-woninginstallaties.nl (informatie over optimaal ontwerp en uitvoering van ventilatiesystemen)

J. Bepaal de investeringskosten, de onderhoudskosten, exploitatiekosten

Voor bewoners is het belangrijk dat zij inzicht krijgen in de kosten die zij moeten maken voor hun woning. De kosten bestaan niet alleen uit de energielasten maar ook uit investeringen, onderhoudskosten, eventuele abonnementskosten, huur- of leasekosten. Onderzoek de effecten van de investeringen en beheerstructuur op de hypotheeklasten.

Bedenk dat collectieve systemen of lease meestal extra kosten hebben vanwege een beheersorganisatie die belast is met de exploitatie. Vaak vallen de investeringen niet onder de hypotheekaftek.

Investerings versus besparingen: systemen met een warmtepomp en bodembron vergen vaak grote investeringen.

K. Bouw wat is bedacht.

Controleer of conform het programma van eisen en het bestek wordt gerealiseerd en regel de installaties zorgvuldig in.

www.lente-akkoord.nl/wp-content/uploads/2010/02/LA_KopStaart.pdf (procedure kwaliteitsbeheersing)

L. Geef voorlichting over de werking en het onderhoud van de installaties.

Zorg dat in de meterkast een duidelijk leesbare eenvoudige handleiding is die is toegesneden op de totale woning en installaties. De handleiding omvat minimaal

- beschrijving van de installaties voor verwarming, ventilatie en tapwater
- bedieningshandleiding en
- onderhoudsadvies en handleiding (wat kan de bewoner zelf en wat door specialist?)
- contactadres voor garantie, onderhoud en advies

mijnhuisinstallatie.nl (handleiding voor verschillende installaties in de woning)

M. Evalueer de resultaten

Vraag naar ervaringen van de bewoners over het functioneren van het energieconcept en het energiegebruik. Trek conclusies voor aanpassing en inregeling of onderhoud van de installaties en verzorg zo nodig extra voorlichting.

Gebruik de ervaringen bij het ontwerp en realisatie van vervolgprojecten!

5 Basistechnieken voor energieconcepten

Iedere energieneutrale woning is, volgens de huidige inzichten meestal voorzien van individueel of collectief verwarmingstoestel voor verwarming en warmtapwaterbereiding. Ook zijn warmtenetten mogelijk met bijvoorbeeld een biomassa centrale, maar dit wordt in deze publicatie niet behandeld. De toestellen worden toegelicht in hoofdstuk 6 aan de hand van de energie concepten.

Iedere woning moet voldoen aan een aantal basiskenmerken. Deze zijn meestal onafhankelijk van het toestel voor verwarming en warmtapwaterbereiding. Technieken betreffen:

- bouwkundige uitgangspunten en kenmerken
- ventilatievoorzieningen
- distributiesysteem voor warmtapwater bereiding (exclusief het toestel)
- zonnedak ten behoeve van zonnepanelen

5.1 Bouwkundige uitgangspunten en kenmerken

De basis voor ieder energieconcept is een goed geïsoleerde woning met weinig warmteverlies of kleine kans voor temperatuur overschrijding.

Aandachtspunten voor het ontwerp zijn:

- maak een compact ontwerp zonder moeilijke aansluitdetails met als doel om luchtlekkages of koudebruggen te vermijden;
- houdt bij de vorm en oriëntatie van het ontwerp rekening met toepassing van zonnecollectoren. Bij alle energieconcepten moet men rekening houden met uitgebreid zonnestroomdak voor energieneutraal bouwen. Zonnepanelen kunnen later ook nog worden toegepast dus zorg voor een geschikt dak en leg dan alvast bekabeling aan;
- houdt rekening met voldoende installatieruimte van 1,5-3 m² op een goed bereikbare locatie in de woning voor: een buffervat voor warmwater, installatie voor verwarming (warmtepomp of centrale verwarming), inverters (zetten gelijkstroom om in wisselstroom) voor zonnestroom, warmterugwinning op ventilatie lucht of buitenlucht. Voorkom- of isoleer- installatiegeluid;
- maak een woningindeling die leidt tot korte leidinglengtes voor warmtapwater;

Aandachtspunten voor de bouwkundig uitwerking zijn:

- goede isolatie van de schil (minimaal $R_c \geq 5 \text{ m}^2\text{K/W}$) en ramen ($U_{\text{raam}} \leq 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$) en voorkom koudebruggen. Uit de EPG-berekeningen blijkt dat het niveau van de isolatie weinig uitmaakt als wordt geïsoleerd met een waarde $R_c > 5 \text{ m}^2\text{K/W}$. Bij passiehuizen wordt een betere isolatie toegepast; meestal beter dan $R_c > 7 \text{ m}^2\text{K/W}$ in combinatie met drievoudig glas en uitstekende kierdichting
- vermijdt temperatuuroverschrijding in de zomer door voldoende thermische massa (constructie), buitenzonwering en eventueel nachtventilatie.

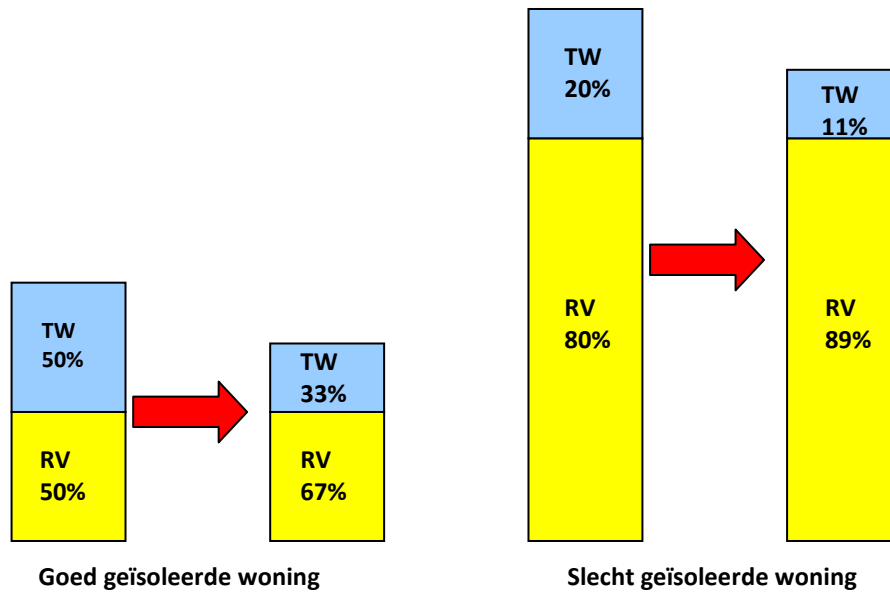
Warmteafgifte voor ruimteverwarming

Bedenk dat een zwaar geïsoleerde woning maar gedurende een korte tijd hoeft te worden opgewarmd. De warmteafgifte van apparatuur en mensen is gedurende een groot deel van het jaar al voldoende om de woning op temperatuur te houden. Voor ruimteverwarming in een energieneutrale woning heeft men de keuze uit:

- vloer-, wand-, of plafond verwarming. Dit vergt extra ruimte; de vloeren, wanden of plafond worden dikker omdat de leidingen moeten worden opgenomen. Denk er aan dat de temperatuur per ruimte geregeld kan worden. Door de zware isolatie is dit in de praktijk echter maar beperkt mogelijk omdat de woning binnen de thermische schil één stabiele temperatuur heeft. Veel mensen slapen het liefst in een koelere kamer dan de woonkamer;
- laag temperatuurradiatoren. Zorg voor ruimte voor de plaatsing van radiatoren.
- luchtverwarming. Bij gebalanceerde ventilatie kan men de voorverwarmde lucht naverwarmen tot de gewenste temperatuur via een warmtewisselaar in het toevoerkanaal die is aangesloten op het verwarmingstoestel.
- elektrische bijverwarming van bijvoorbeeld de badkamer. Dit kan het meest effectief via een stralingsverwarming. Maar ook extra vloerverwarming wordt toegepast. Omdat de badkamer maar gedurende korte tijd per dag wordt gebruikt is het te overwegen om elektrisch bij te warmen. Bij een warmtepomp kan men dan de gehele woning op één temperatuur houden en incidenteel de badkamer temperatuur verhogen zonder dat dit ten koste van het rendement van de warmtepomp komt. Het is belangrijk om een energiebalansberekening te maken om te bepalen of elektrische bijverwarming loont.
- in de praktijk blijkt dat veel mensen in de woonkamer elektrisch bij verwarmen als de warmteafgifte in de vloer onvoldoende is. Het is dus belangrijk dat de verwarmingscapaciteit is afgestemd op mensen die een hogere temperatuur comfortabel vinden.

5.2 Distributie van warm tapwater

Het relatieve tapwater aandeel op het totale energiegebruik wordt steeds groter en daarmee ook de invloed op het totale rendement van de installatie voor verwarming en tapwater. De toestelrendementen worden sterk beïnvloed door de verhouding tussen het benodigde vermogen voor ruimte verwarming (1 – 4kW) en het benodigde vermogen voor warmtapwaterbereiding (die oploopt met hoger comfortklassen tot 26 – 32kW). Daarbij spelen ook de vereiste temperatuurniveaus en de leidinglengten tussen tappunt en opwekker een grote rol.



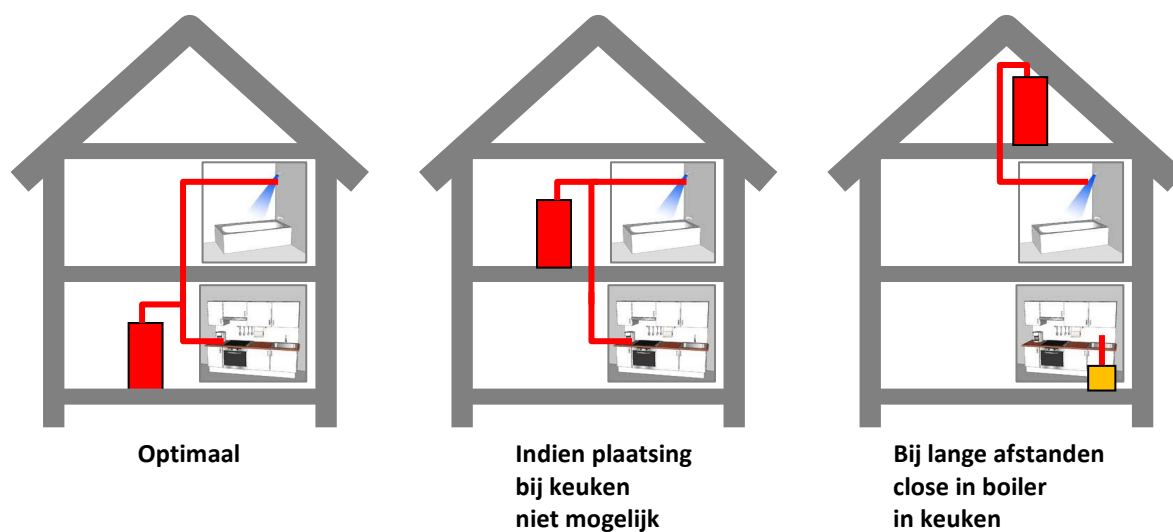
Figuur: De invloed van het rendement van warmtapwaterbereiding op de totale energiebehoefte is bij goed geïsoleerde woningen procentueel een stuk hoger dan bij slecht geïsoleerde woningen. In het voorbeeld: als de primaire warmtebehoefte van tapwaterbereiding met 50% afneemt dan daalt het aandeel tapwater van 50% naar 33% in een goed geïsoleerde woningen en van 20% naar 11% in een slecht geïsoleerde woning. Het totaal energiegebruik neemt in een goed geïsoleerde woning af met 25% en in een slecht geïsoleerde woning met 10%. De slecht geïsoleerde woning gebruikt in dit voorbeeld twee maal zoveel energie als de goed geïsoleerde woning. In passiehuizen is de warmtebehoefte zo gering, dat het aandeel warmtapwater soms veel groter is dan de vraag naar ruimteverwarming.

De behoefte aan warmte voor tapwater en ruimteverwarming komt bij steeds verder aangescherpte energieprestatie-eisen steeds dichterbij elkaar (jaarlijks gasverbruik), echter als het gaat om vermogen (momentane behoefte) dan zien we dat dit steeds verder uit elkaar komt te liggen. Dit komt door de hogere isolatiegraad van nieuwbouw en naderhand (extra) geïsoleerde bestaande woningen waardoor de energiebehoefte voor verwarming afneemt terwijl tegelijkertijd de toenemende toepassing van luxe douche en badsystemen het benodigde vermogen voor warmtapwaterbereiding wordt opgevoerd (liters per minuut). De eens zo voortreffelijk, bij onze slecht of minder goed geïsoleerde woningen en eenvoudige douches, passende combiketel is niet meer efficiënt.

De volgende generieke bouwkundige voorwaarden zijn vereist om tot een efficiënte warm tapwatervoorziening te komen:

- Zorg voor korte afstanden tussen de tappunten; bij nieuwbouw dient dit in het woningontwerp meegenomen te worden;
- Indien toch lange afstanden aanwezig: gescheiden opwekkers van warm tapwater voor keuken en badkamer toepassen
- Plaats de opwekker zo dicht mogelijk bij het tappunt met de meeste korte tappings (keuken). Als dat niet mogelijk is: zo dicht mogelijk bij de badkamer;
- Vanwege het verder groeiende verschil tussen het benodigde vermogen voor ruimteverwarming en voor tapwater: houdt rekening met voldoende opstelruimte voor voorraadtoestellen voor tapwater (en of ruimteverwarming) al dan niet gevoed door een warmtepomp of een zonthermische collector
(De goed scorende concepten zijn allemaal gebaseerd op een voorraadvat voor tapwater omdat het vermogen van de opwekker kleiner is dan de momentane vraag.)

Voor nieuwbouwconcepten in laag energiewoningen met $EPC < 0,4$ betekent dit dat er vanaf het eerste concept rekening dient te worden gehouden met de plaatsing van de warmteopwkker voor tapwater.



Figuur : Voorkeursvolgorde plaatsingsopties voor warmtapwatertoestellen in de nieuwbouw [3]

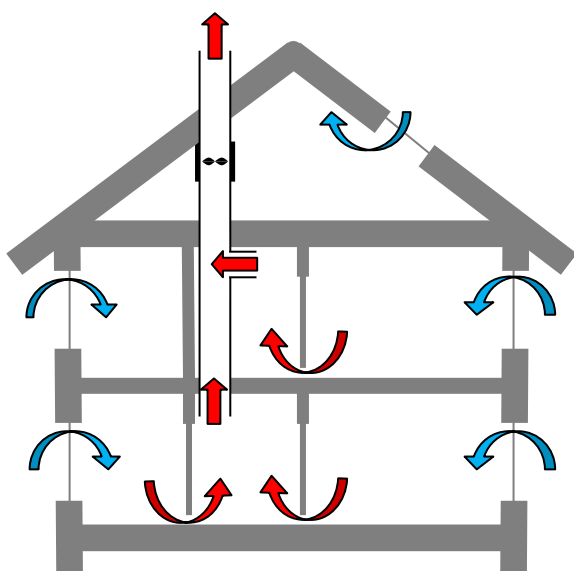
5.3 Ventilatievoorzieningen

Ieder ventilatiesysteem kan zorgen voor een gezonde comfortabele woning. Bij ieder systeem moeten spuivoorzieningen aanwezig zijn en ieder systeem moet toegankelijk zijn voor onderhoud.

Voor de keuze van het ventilatiesysteem tussen gebalanceerde ventilatie of voor natuurlijke toevoer, is men over het algemeen niet afhankelijk van de keuze van de warmteopwkker. (Uitzonderingen zijn: als men de afgevoerde ventilatielucht wordt toegepast als bron voor een warmtepomp: dan is gebalanceerde ventilatie of vraaggestuurde ventilatie niet zinvol.)

De twee meest toegepaste systemen zijn:

A. Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer (systeem C volgens de norm)



Figuur: Ventilatie systeem C: toevoer via de ramen, afvoer mechanische ventilator

Per raamrooster wordt buitenlucht binnengevoerd. Door spleten onder binnendeuren wordt de lucht via hal en trap in de natte ruimten zoals toilet en badkamer centraal afgevoerd. Om tochtklachten te voorkomen worden zelfregelende toevoer roosters toegepast. De centrale afzuigventilator brengt de woning op onderdruk waardoor de doorstroming van ventilatie plaats vindt. Een

geheel natuurlijke ventilatiesysteem zonder gebruikmaking van een afzuigventilator is in een eigentijdse woning praktisch haast niet mogelijk; de afvoeropeningen moeten dan te groot zijn waardoor het energieverlies te hoog wordt.

CO₂ sturing

Veel toegepast wordt CO₂ sturing van de ventilatie. Hierbij wordt de hoeveelheid CO₂ in de lucht gemeten. Als deze een bepaalde grenswaarde overschrijdt, dan gaat de afzuigventilator in een hogere stand en gaat in de betreffende ruimte de ventilatieroosters verder open. Dit geschiedt alleen als er langere tijd mensen in een bepaald vertrek zijn. Over de gehele woning wordt minder geventileerd dan bij een niet geregeld systeem waardoor een aanzienlijke besparing kan worden bereikt op de ventilatieverliezen. Er zijn verschillende systemen op de markt uiteenlopend van centrale meting tot vertrekmeting. Ook zijn er systemen waar de lucht per vertrek naar behoefte wordt afgezogen (demand flow van Itho). Een voordeel van het systeem is, dat als de bewoners de ramen openzetten, dat het mechanische ventilatiesysteem automatisch in de laagste stand gaat vanwege de extra toegevoerde buitenlucht.

Let op tocht

Bij natuurlijke ventilatieroosters is er een redelijke kans op tocht. Vooral op koude dagen omdat de buitenlucht dan onverwarmd de vertrekken binnen komt. In een zwaar geïsoleerde woning wordt over het algemeen een laagtemperatuur verwarmingssysteem toegepast. Daardoor wervelt de binnenlucht weinig en mengt de binnenlucht slecht met de binnenlucht. Een oplossing hiervoor is er voor te zorgen dat de toevoerroosters niet boven de zithoek of werkplek worden gesitueerd.

Let op onderhoud

Een mechanisch ventilatiesysteem behoeft onderhoud. De toevoerroosters kunnen vervuilen en moeten goed bereikbaar zijn voor onderhoud. De keukenafvoer op de mechanische ventilatie moet voorzien zijn van goede filters die geregeld moeten worden vervangen of gereinigd om een goede werking van het systeem te garanderen.

Warmteterugwinning

Soms wordt warmteterugwinning toegepast op de afgevoerde lucht ten behoeve van een warmtepomp. In dit systeem is CO₂ gestuurde ventilatie niet zinvol omdat men dan onvoldoende warmte terug wint.

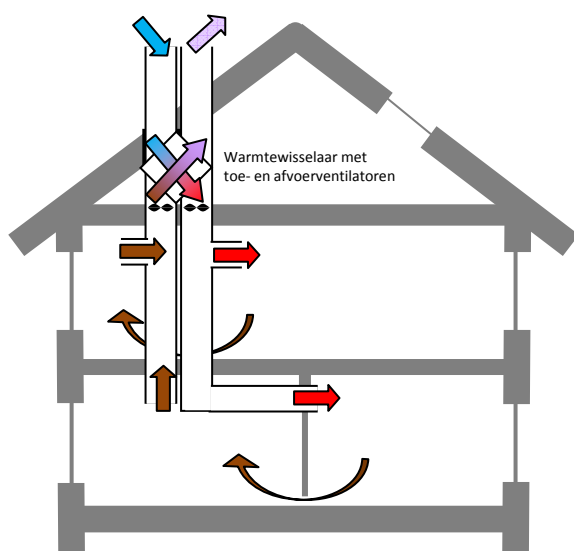
Bouwkundige eisen

Bij woningen voorzien van natuurlijke toevoer en mechanische afvoer is een vergaande luchtdichtheid van de schil niet noodzakelijk omdat de capaciteit van de afvoerventilator bepalend is voor het ventilatievoud. Bij CO₂ gestuurde ventilatie is een luchtdichte schil gewenst omdat het systeem anders onvoldoende geregeld wordt.

De luchtdichtheid is meestal uitgevoerd met een verlies van 1 dm³/sec/m² gebruiksoppervlak.

Ruimtebeslag betreft alleen de afvoerkanalen vanaf de keuken, toiletten en badkamer en een ventilatorunit. Bij vraagsturing worden meestal per vertrek een CO₂ sensor geplaatst.

B. Gebalanceerde ventilatie (systeem D volgens de norm)



Figuur: Gebalanceerde ventilatie (systeem D) toe- en afvoer met mechanische ventilatie en warmteterugwinning

Bij gebalanceerde ventilatiesystemen wordt mechanisch lucht per vertrek toegevoerd en, per vertrek of centraal (zoals bij natuurlijke ventilatie en mechanische afvoer) afgevoerd. Er wordt een warmteterugwin-unit toegepast die de warmte uit de afvoerlucht toevoert naar de toevoerlucht. Daardoor is het energieverlies door ventilatie beperkt.

Kwaliteit binnenlucht

Omdat de lucht centraal wordt aangevoerd kan de lucht goed worden gefilterd op stof en agentia. (de chemische, fysische en biologische agentia in de lucht die de gezondheid kunnen schaden). Daardoor is dit systeem uitermate geschikt voor cara patiënten mits er voor wordt gezorgd dat het systeem voor voldoende frisse lucht kan zorgen.

CO₂ sturing

Bij gebalanceerde ventilatie is CO₂ sturing mogelijk. Het beperkt verliezen voor de hulpenergie voor ventilatoren en warmteverliezen. Maar het effect op warmteverliezen is minder groot vanwege de warmteterugwinning.

Let op tocht en geluidsoverlast

Toevoerroosters per vertrek staan in directe verbinding met de toevoerventilator. Dat kan leiden tot geluidshinder. Geluidshinder kan worden vermeden door geluiddempers in de kanalen, en door de toevoersnelheid te beperken. Dat is ook belangrijk om tocht te vermijden. Dat betekent dat er grotere of meerdere toevoer kanalen moeten worden aangelegd. De installatieruimte waarin de WTW-unit wordt opgesteld moet geluidgeïsoleerd worden.

Let op onderhoud

Een gebalanceerd ventilatiesysteem heeft onderhoud. De filters bij de WTW-unit moeten goed bereikbaar zijn voor onderhoud en vervanging. De keukenafvoer op de mechanische ventilatie moet voorzien zijn van goede filters die geregeld moeten worden vervangen of gereinigd om een goede werking van het systeem te garanderen. Voor keukens wordt ook vaak een afvoer toegepast die rechtstreeks naar buiten gaat. Daardoor vervuult het systeem minder snel. De inblaasroosters en vaak ook het plafond of de wand er omheen vervuilen en moeten bereikbaar zijn voor schoonmaken. De invoerroosters moeten niet eenvoudig te ontregelen zijn.

Warmteterugwinning

Het grootste voordeel van gebalanceerde ventilatie is de warmteterugwinning. Ook bij hogere ventilatievoud zal tussen de 80 en 95% worden teruggewonnen van de warmte uit de afvoerlucht. Belangrijk is dat het systeem goed wordt ingeregeld zodat het in balans is en er overal voldoende wordt geventileerd.

Bouwkundige eisen

Bij woningen voorzien van gebalanceerde ventilatie is een vergaande luchtdichtheid van de schil noodzakelijk om de juiste werking te garanderen en ongewenste ventilatieverliezen te vermijden. De luchtdichtheid is meestal uitgevoerd met een verlies van 0,625 dm³/sec/m² gebruiksoppervlak of beter. Dit vergt extra aandacht voor de detaillering van de bouwkundige aansluitingen. Ruimtebeslag betreft de toevoerkanalen per vertrek en de afvoerkanalen vanaf de keuken, toiletten en badkamer en ruimte voor een ventilatorunit. Bij vraagsturing worden meestal per vertrek een CO₂ sensor geplaatst waarmee de ventilatie van de gehele woning wordt geregeld. De WTW-unit vergt enige ruimte; 1 m² met ruimte voor de aansluiting van toe- en afvoerkanalen. Bij gebalanceerde ventilatie is in het Bouwbesluit het openen van ramen nog steeds verplicht en het zal de werking van het systeem in principe niet verstoren. Wel zal er enig extra energieverlies plaats vinden. Aandacht moet er zijn voor de positie van de inblaas- en afvoerroosters. Plaats de afvoerroosters niet in de buurt van een (zolder) raam.

5.4 Zonnedak ten behoeve van zonnestroompanelen

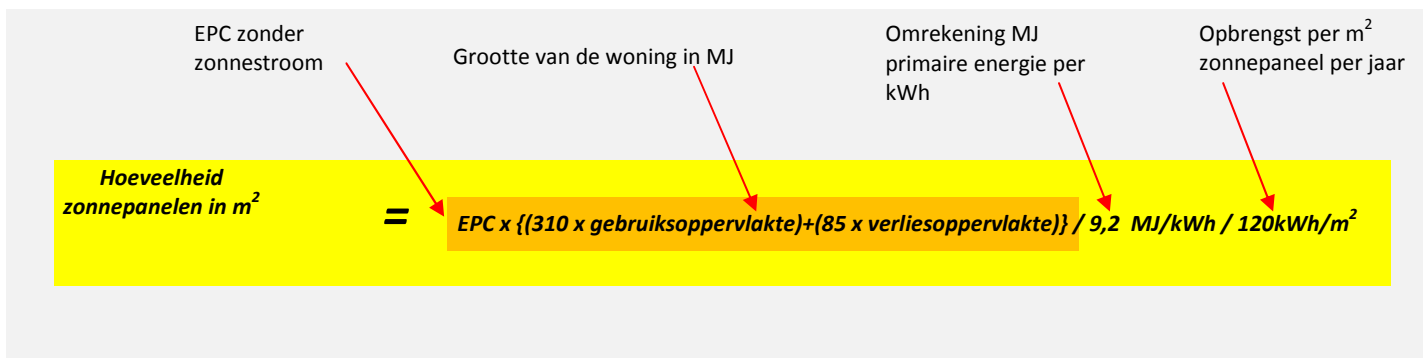
Hoe zuinig de woning ook is uitgevoerd en onafhankelijk van de toegepaste installatie: er is altijd een behoefte aan extra elektriciteit. **Het is in de praktijk niet mogelijk om een woning zo energiezuinig te maken dat er geen elektriciteit meer nodig is.** Een woning die niet is aangesloten of gebruik maakt van stroom uit een duurzame bron, kan nauwelijks een betere (= lagere) energieprestatie behalen dan $EPC \approx 0,4$. (Komt er een veel lagere waarde uit, dan is er waarschijnlijk niet goed gerekend.)

Het is daarom noodzakelijk dat er duurzame stroom wordt opgewekt en aan de woning wordt toegeleverd. Deze hoeveelheid stroom moet, over een jaar gerekend, het gebouwgebonden energiegebruik en het huishoudelijke energiegebruik dekken. In principe kan duurzame stroom worden opgewekt bij de woning door zonnestroompanelen, gebouwgebonden windenergie of door biogas warmtekrachtkoppeling. Voor de meeste projecten is op locatie onvoldoende mogelijkheid voor opwekking van windenergie. Het meest gebruikt is zonnestroom. In deze publicatie wordt dit nader uitgewerkt.

Stroomopwekking en energiebehoefte lopen in de tijd niet synchroon. Overdag en met name in de zomer wordt er meer stroom opgewekt dan nodig is. Deze stroom wordt aan het elektriciteitsnet teruggeleverd: de meter loopt terug, 's nachts of in de winter is er vaak meer stroom nodig dan duurzaam wordt opgewekt. Deze stroom wordt uit het openbare net betrokken.

In deze publicatie gaan we er vanuit dat, om het resterende energiegebruik bij een woning met een $EPC \approx 0,4$ woning te compenseren, zonnestroom wordt ingezet. De hoeveelheid benodigde m^2 zonnestroompanelen kan men globaal met onderstaande formule bepalen. (Deze formule is afgeleid uit de energieprestatienorm).

Formule bepaling extra m^2 zonnepanelen



- grootte van de woning ($310 \times \text{gebruiksoppervlakte} + 85 \times \text{verliesoppervlakte}$ in MJ)
- $1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$ aan de meter; bij een rendement van 39% van het openbare net is $9,2 \text{ MJ}$ primaire energie nodig.
- Opbrengst zonnepaneel per jaar ca 120 kWh per jaar per m^2

Dit komt voor een woning met $EPC = 0,4$ ongeveer overeen met 20% van de gebruiksoppervlakte aan zonnepanelen voor eengezinswoningen en 15% voor woongebouwen.

Men zou ook kunnen kiezen voor woningen die minder energiezuinig zijn en uitgerust worden met meer zonnestroompanelen. Maar vaak is dat economisch minder aantrekkelijk.

Zonnestroompanelen worden qua investering steeds beter betaalbaar. Bij een huidige prijs (anno 2012) van circa € 3,50 - € 4,00 incl. BTW per Wattpiek en een opbrengst van circa $0,8 \text{ kWh/Wp/ jaar}$ en een consumentenprijs voor elektriciteit van € 0,25 incl. BTW is de terugverdientijd circa 20-25 jaar (exclusief subsidies). Het blijkt dat het economisch optimum voor de combinatie zonnestroom/EPC ongeveer ligt bij de laagst mogelijke EPC namelijk $EPC \approx 0,4$. De investering zakt vanwege de ontwikkeling van goedkope panelen uit China. De verwachting is dat de prijs over 10 jaar ongeveer de helft is van de huidige investering. Daarom is het aan te raden ook nu al rekening te houden met zonnestroom in de toekomst.

*Woningen met zonedak te Langedijk: toekomstbeeld voor alle woningen?
Architect Tjerk Reijenga BEAR*



In voorgaande berekening is niet het huishoudelijke energiegebruik opgenomen. Dat is voor een gemiddeld gezin ongeveer 3000 kWh exclusief de energieposten uit de energieprestatienorm. Hiervoor is 25 m² zonnepanelen extra nodig. Voor starters is ongeveer 2500 kWh op jaar basis nodig en voor senioren zou als vuistregel 2000 kWh kunnen worden aangehouden. Dit zijn zeer globale vuistregels. Specifieke genormaliseerde gebruikscijfers voor huishoudelijke apparatuur zijn nog niet beschikbaar. Om een energiezuinige woning voor een gemiddeld gezin met een gebruiksoppervlakte van 100 m² dus geheel energieneutraal te maken zou 35-45 m² panelen nodig zijn. Dat is de grootte van vrijwel het gehele dak. Voor een energieneutrale toekomst zouden stedenbouwers en architecten hiermee rekening moeten houden.

Gestapelde bouw en energieneutraliteit

Voor appartementsgebouwen hoger dan 5-6 verdiepingen is het bij een EPC $\approx 0,4$ (laagst mogelijk) in de praktijk niet meer mogelijk om via het dak voldoende zonnestroom op te wekken om gebouwgebonden energieneutraal te worden.

Als men het huishoudelijk gebruik ook nog wil compenseren, dan is het bij meer dan 3 gestapelde appartementen (maisonnettes) al niet meer mogelijk om via zonnestroom op het dak energieneutraal te worden. Men zal in deze situaties extra zonnepanelen elders in de wijk of een wijkgebonden windmolen de benodigde duurzame stroom moeten opwekken. Voor extra zonnepanelen kan bijvoorbeeld denken aan het gebruik van daken van bergingen, taluds, of met zonnepanelen overdekte voetpaden of daken van parkeergarages. Ook zou men eventueel zonwering met behulp van zonnepanelen kunnen toepassen aan de gevels.

Bestemmingsplannen

Bestemmingsplannen hebben een geldigheidsduur van 10 jaar. Volgens de huidige regeringsplannen zullen nieuwe woningen al in 2018 als energieneutraal moeten worden uitgevoerd. Dat betekent dat de daken van alle woningen benut moeten worden voor zonnestroom. Dat wil zeggen: alle daken horizontaal of op het zuiden georiënteerd en geen belemmeringen door omliggende bouwwerken of bomen. En voor gestapelde woningen moet ruimte gereserveerd worden voor extra zonnestroomcentrales in de wijk.

Beleidsmakers, stedenbouwkundigen en bestemmingsplanmakers moeten er rekening mee houden dat het bestemmingsplan niet belemmerend werkt maar integendeel de realisatie van energieneutrale woningbouw stimuleert.



Solar Siedlung Freiburg (D) Architect: Rolf Disch

Huishoudelijk energiegebruik en gebouwgebonden energiegebruik worden door zonnestroom gedekt.

6 Markttrends en ontwikkelingen

6.1 Energiezuinig bouwen is grote trend

Conform nationale en Europese wetgeving worden woningen steeds energiezuiniger. Vaak vooruitlopend op de landelijke eisen wordt op lokaal niveau steeds energiezuiniger woningen gevraagd. Energieneutraal is een vaak gehoorde eis. Hierop spelen projectontwikkelaars en bouwers in door energieconcepten in de markt te zetten die zeer scherpe energieprestaties hebben. Ook veel bewoners vragen naar energiezuinige woningen. Een energiezuinige woning lijkt voor de meeste mensen een eenduidig begrip en eenvoudig bereikbaar, want er zijn veel projecten gerealiseerd. De praktijk is anders: er moet veel aandacht worden geschonken aan de keuze van de maatregelen en de uitwerking en detaillering. Deze vragen leiden in de praktijk vaak tot nieuwe combinaties van maatregelen en nieuwe technieken. Vaak zonder dat voldoende praktijkervaring is opgedaan. Daardoor ontstaat er risico van ontevreden bewoners, veel hoger energiegebruik dan is berekend, of discomfort. Daarom wordt uitdrukkelijk aanbevolen om gebruik te maken van bekende combinaties (energieconcepten) en de ervaringen die ermee zijn opgedaan. Dat is kosteneffectiever en voorkomt faalkosten.

6.2 Wijken zonder gasnet

Één van de belangrijkste trends is de ontwikkeling van woonwijken zonder een gasnet. De veronderstelling is dat op termijn alle stroom duurzaam kan worden opgewekt, terwijl aardgas een fossiele brandstof is. Op termijn is dus een "All Electric" energievoorziening de meest duurzame en het geeft de mogelijkheid voor energieneutraal bouwen. Als nu al duurzame stroom wordt ingekocht, dan is de wijk ook vanaf het begin CO₂ neutraal.

Uitgaande van de huidige energievoorziening in Nederland gelden voor deze aanpak een aantal aandachtspunten:

- de huidige opwekking van stroom gebeurt in elektriciteitscentrales die voor een belangrijk deel fossiele brandstof stoken. het gemiddelde rendement van het openbare elektriciteitsnet bedraagt 39%. Nieuwe centrales behalen hogere rendementen (50%), maar deze zijn nog beperkt aanwezig. Het is afhankelijk van de bewoner of die groene stroom inkoopt;
- de kosten (investeringen, beheer, onderhoud) van collectieve energiesystemen worden vaak doorberekend in de prijs die de bewoners moeten betalen. Let op dat deze kosten niet veel hoger zijn dan de besparingen ten opzichte van een gasgestookte woning. Bewoners krijgen geen hypotheekvoordeel voor het eventuele abonnement op collectieve systemen;
- bedenk dat in de toekomst gas deels of geheel duurzaam opgewekt kan worden. Bijvoorbeeld via zogenaamde gashubs waarop boerderijen en rioolgas kan worden bijgemengd of gaswinning uit rioolcentrales die aan het net kunnen worden toegevoerd. (In principe zou 20% van het gas d.m.v. biomassa kunnen worden opgewekt.)

Zie:

<http://www.energieoverheid.nl/?s=gas+hub>

<http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/rapporten/2011/01/10/position-paper-gas-hub-consultative-platform.html>

6.3 Warmtepompen op grotere schaal toegepast

Warmtepompen worden in steeds meer projecten toegepast in allerlei varianten. Een trend hierbij is dat veel energieconcepten met warmtepompen (en wellicht ook andere energieconcepten) minimaal worden gedimensioneerd. Bij de berekeningen gaat men ervan uit dat een aantal malen per jaar de pieken in energievraag worden afgedekt met verwarming door elektriciteit via een warmtespiraal. De redernatie is dat dit slechts een paar maal per jaar zal gebeuren en weinig invloed heeft op de jaarlijkse energievraag. Een hogere capaciteit van de warmtepompinstallatie is relatief duur vanwege de kosten van de bodembron. Het risico van deze benadering is, dat als bewoners meer gebruiken dan het landelijke gemiddelde, zij hiervoor exponentieel extra gaan betalen. En ook als de bouwkwaliteit niet aan de verwachtingen voldoet, dan wordt veel extra energie gebruikt. Dat is niet goed voor het milieu en slecht voor de portemonnee van de bewoners. Voor bouwers en ontwikkelaars is het daarom van belang dat robuuste oplossingen worden gekozen en dat kwalitatief goed werk wordt geleverd. Daarmee kan planschade en faalkosten worden vermeden. En nog belangrijker; de bewoners zijn tevreden, en het is beter voor het milieu!

6.4 Samenwerking tussen bouwpartners

De samenwerking tussen de verschillende partijen in het bouw(voorbereiding)proces (architect, adviseur, bouwer, installateur) wijzigt naar een nauwere samenwerking tussen de partners en het nemen van een gezamenlijke verantwoordelijkheid voor het eindproduct en om een totale aanpak en service te garanderen naar de opdrachtgever. Hierdoor ontstaat een beter afgewogen keuze van het energieconcept, omdat kennis van de verschillende disciplines al bij aanvang van het ontwerpproces is betrokken.

De lenteakkoord partners hebben hiervoor de zogenaamde Kop-Staart aanpak opgesteld. Dit is een richtlijn voor een betere samenwerking, kwaliteitbeheersing en garantiestelling.

Zie: www.lente-akkoord.nl/

<http://www.lente-akkoord.nl/2010/07/kopstaart-aanpak-checklist-bouwproces-van-energiezuinige-woningen/>

De aanpak leidt ook tot andere aanbestedingsvormen zoals "Design and Construct". Het belangrijkste kenmerk hiervan is dat de traditionele scheiding tussen ontwerp en uitvoering wordt opgeheven.

Zie: Kwaliteitsborging bij Design & Construct contracten - www.bouwendnederland.nl

6.5 Integrale aanpak - ontwerpen vanuit een totaal concept (gebouw/installatie)

Verskillende bouwers bieden complete woningconcepten aan waarbij het energieconcept is geoptimaliseerd en uitgewerkt voor het betreffende bouwsysteem. Daarbij heeft men vaak ook bouwkundige details ontwikkeld waarmee uiteenlopende ontwerpen zijn te realiseren. Men maakt gebruik van de ervaringen uit voorgaande projecten waardoor risico's worden vermeden en faalkosten worden gedrukt.

Voor de ontwikkeling van energieconcepten zie: <http://www.toolkitduurzamewoningbouw.nl/>

Zie ook: <http://www.conceptueelbouwen.nl/>

Zoek op internet bijvoorbeeld ook naar "woningbouw concept", "energie concept" of "woningbouwsysteem".

Zie ook:

<http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzaam-bouwen-en-verbouwen/documenten-en-publicaties/brochures/2009/07/17/duurzaam-integraal-ontwerpen.html>

6.6 IFD

IFD staat voor 'Industrieel, Flexibel en Demontabel'. IFD bouwen is een manier van ontwerpen, ontwikkelen en bouwen, waarin via een geïntegreerde benadering industriële, flexibele en demontabele aspecten gezamenlijk een rol spelen. Dit richt zich niet enkel op het fysieke gebouw, maar ook op het geheel van het bouwproces en de organisatie hieromheen. Het belang van IFD bouwen voor energieneutraal bouwen is dat er vanwege de flexibiliteit en demontage beter ingespeeld kan worden met nieuwe technieken en oplossingen in de toekomst. De industriële aanpak leidt tot hoogwaardiger detailleringen en aansluitingen van het gebouw en in principe tot beter geïntegreerde installaties. Een specifiek kenmerk is dat de installaties voor een belangrijk deel al in de fabriek worden gemonteerd op het betreffende bouwdeel.

| | Karakteristiek | Toelichting |
|-------------|---------------------------------------|---|
| Industrieel | Monteren | Zoveel mogelijk productievoorbereiding in de fabriek, op de bouwplaats alleen monteren, geen improvisatie. |
| | Projectongebonden productontwikkeling | Herhaalde toepassing van ontwikkelde bouwproducten, hergebruik van kennis en ervaring. |
| | Weersonafhankelijk | De productie gebeurt in ateliers die afgeschermd zijn van weer en wind. Op de werf worden de werken minder gehinderd door het weer. |
| Flexibel | Keuzevrijheid | Er is in het bouwproces voldoende aandacht voor de keuzevrijheid van de eerste gebruiker. |
| | Aanpasbaar | Volgende gebruikers kunnen eenvoudig wijzigingen doorvoeren of nieuwe functies herbergen. |
| | Ontkoppeld | Onderdelen van een gebouw met een onderling sterk afwijkende gebruikscyclus zijn ontkoppeld. |
| Demontabel | Herbestemming | Gebouwen kunnen (gedeeltelijk) gedemonteerd worden om ze geschikt te maken voor nieuwe functies. |
| | Recyclage | Bouwdelen zijn geschikt voor volwaardig hergebruik of bouwonderdelen/ materialen zijn recycleerbaar. |
| | Minder afval | Afval in het bouwproces wordt teruggedrongen, zowel tijdens productieproces, bouwfase als einde levensduur fase. |

De ontwikkeling van IFD neemt een steeds grotere vlucht. Veel bouwsystemen worden volgens dit principe al gerealiseerd omdat daarmee het proces vanwege de gecontroleerde omstandigheden wordt gestroomlijnd en de faalkosten worden voorkomen. Voor gebruikers ontstaat er een ruimere mogelijkheid om te kiezen uit verschillende varianten van woningplattegronden, afwerkingniveaus en installaties binnen één woningsysteem. Vaak zijn de varianten zo volledig uitgewerkt dat de mogelijkheden vooraf nauwkeurig kunnen worden geprijsd en er voor de koper geen verrassingen ontstaan van meerkosten.

Meer informatie: Publicatie Leren door demonstreren De oogst van zeven jaar IFD-bouwen: Zie www.sev.nl

6.7 Passiehuizen

Een passiehuus is een voorbeeld van een integrale aanpak. Het onderscheidt zich door een goed uitgekiend compact ontwerp, georiënteerd op de zon, uitgevoerd met zeer goede schilisolatie en een effectieve kierdichting. Hierdoor kan warmte nauwelijks weg uit het passiehuus. Hierdoor is er nog maar heel weinig energie nodig om de woning in de winter op temperatuur te houden. Passieve warmtebronnen zoals de zon en interne warmtebronnen zoals bewoners en huishoudelijke apparaten zorgen voor bijna alle benodigde warmte. Door de kleine hoeveelheid verwarming die dan nog nodig is op een slimme manier over de lucht van het gebalanceerde ventilatiesysteem aan te voeren, is een conventioneel verwarmingssysteem overbodig. In de zomer wordt een comfortabel binnenklimaat gerealiseerd door in het ontwerp hierop af te stemmen onder andere door, zware schilisolatie, de

aanwezigheid van thermische massa, zonwering en nachtventilatie. Een passiefhuis heeft per jaar een energiebehoefte voor ruimteverwarming van 15 kWh/m², dit komt ongeveer overeen met een gasverbruik van 1,5 m³ gas/m² vloeroppervlak. Dit betekent dat twee gloeilampen van 100 Watt genoeg zouden zijn om een kamer van 20 m² te verwarmen of dat een haarföhn zou volstaan om een passiefhuis van 100 m² te verwarmen.

Verschil met energiezuinige woningen die voldoen aan de Energieprestatie

Of aan de eisen van een Passiefhuis wordt voldaan moet worden aangetoond met behulp van een rekenprogramma. "Passief Huis Projectenreken Pakket (PHPP)". Het PHPP rekenprogramma wijkt af van de energieprestatie norm en heeft geen officiële status. Van een Passiefhuis zal voor de bouwvraag dus ook een EPG berekening moeten worden gemaakt. Kenmerkend voor de meeste Passiefhuizen is de extreem hoge isolatie van de schil in combinatie met de toepassing van gebalanceerde ventilatie en warmteterugwinning omdat anders niet aan de eis van 15 kWh/m² kan worden voldaan. In de energieprestatienorm wordt niet de eis gesteld aan de energiebehoefte. Met de energieprestatie heeft men de keuze hoe men aan de energieprestatie-eis gaat voldoen; welk aandeel in de prestatie wordt geleverd door de bouwkundige schil, de ventilatie, de installaties en de inzet van duurzame energie. Meer informatie: www.passiefhuis.nl en www.passiefbouwen.nl

6.8 Alles-in-1: Integrale toestellen voor verwarmen, ventileren, warmtapwater en zonne-energie

Door de steeds verdergaande eisen en wensen voor energiezuinige woningbouw worden in woningen steeds meer geavanceerde installatiecomponenten bij elkaar gebracht. Vaak zijn het onafhankelijk van elkaar geregelde componenten van verschillende fabricaten. Daardoor is de samenstelling van de totale installatie vaak ingewikkeld en het geheel is door installateurs moeilijk in te regelen. Voor bewoners is de werking en bediening vaak onbegrijpelijk. Verschillende fabrikanten hebben daarom toestellen op de markt gebracht waarin verschillende functies zijn samengebracht voor verwarmen, ventileren met warmteterugwinning, warmtapwater en zonne-energie. Dit vereenvoudigt de bouw, de installatie en het onderhoud en beheer. Bovendien is het is ruimte- en kostenbesparend.

Meer informatie:

- Passiefhuistoestel:

www.brinkclimatesystems.nl

- Warmtepomp voor verwarming, koeling, ventilatie en warmwater:

<http://www.zehnder-jestorkair.nl/producten-systemen/duurzame-oplossingen/comfobox/>

- Warmtepomp in combinatie met gasketel voor tapwater en pieklasten in de warmtevraag:

www.ithodaalderop.nl/producten/warmtepompen/luchtwater

6.9 Intelligente netten

Het openbare elektriciteitsnet is meer, dan alleen een infrastructuur voor het leveren van stroom vanaf elektriciteitscentrales naar eindgebruikers. Door inzet van (vaak niet constante) duurzame energiebronnen, besparingsbeleid, elektrische voertuigen etcetera gaat het openbare net een steeds belangrijker rol spelen bij de optimalisatie van de energievoorziening waardoor niet alleen besparingen ontstaan in elektriciteitsgebruik maar ook nieuwe investeringen kunnen worden beperkt door bijvoorbeeld het vermijden van elektriciteitscentrales die alleen tijdens piekbelasting hun werk moeten gaan doen.

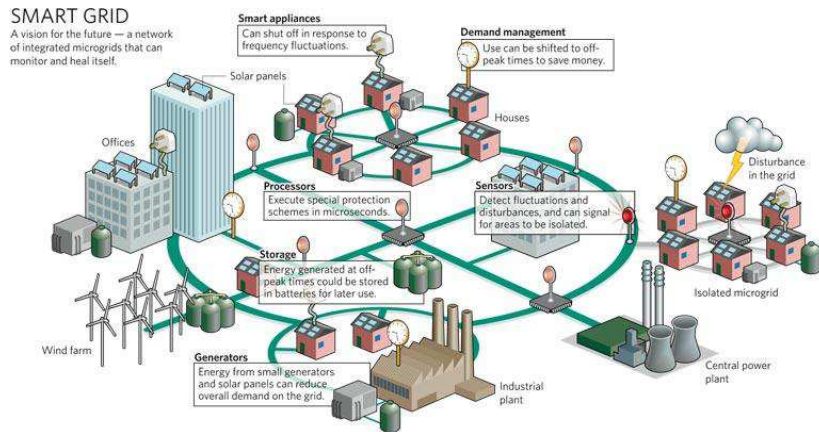
Door o.a. de inzet van warmtepompen (die soms maar een deel van de energiebehoefte dekken met aanvullend elektrische bijverwarming van tapwater en ruimteverwarming) wordt de belasting van het net steeds dynamischer met grote pieken in de vraag vooral op koude dagen. Echter ook andere apparatuur leidt tot pieklasten die relatief kostbaar zijn, omdat daarvoor extra vermogen dus elektriciteitscentrales moeten worden geïnstalleerd en het elektriciteitsnet moet worden uitgelegd op het hoogst te leveren vermogen.

Het openbare net wordt ook gebruikt voor teruglevering van duurzame energie zoals zonnestroom of windenergie en miniwarmtekracht. Door terug te leveren kan deze elektriciteit elders direct worden ingezet, en behoeven de elektriciteitscentrales minder energie te leveren. Maar ook duurzame energie kan bijdragen aan een grotere dynamiek op het net omdat de energiebron niet constant is. Daarom wordt er gezocht naar oplossingen die deze pieken vermijden. Één van de belangrijkste is het ontwikkelen van smartnetten waarbij apparatuur zoals huishoudelijke apparaten en warmtepompen worden ingeschakeld op daluren en tijdens piekuren worden uitgeschakeld. Dit kan ook voordeel hebben voor besparing vanwege een efficiënte regeling.

Wat betreft warmtepompen; vaak wordt de capaciteit warmtepompen afgestemd zo beperkt mogelijk gehouden om investeringen te vermijden. Dat leidt vaak tot extra elektrische bijverwarming. Bijvoorbeeld tijdens extreem koude perioden bij bewoners die een wat hogere temperatuur instellen of meer warmwater gebruiken dan waar bij de capaciteitsberekening is uitgegaan.

Om pieken in de warmtevraag te vermijden moet extra warmteopslag worden geïnstalleerd zodat tijdens piekuren de warmtepomp kan worden uitgeschakeld. Ook is het vermijden van bijverwarming belangrijk om pieken op het net te voorkomen. Bijverwarming zal namelijk vooral nodig zijn op momenten van extreme koude en daardoor in veel woningen tegelijkertijd plaats vinden.

Voor de resterende periode is een iets groter vermogen nodig. Om dit geheel te sturen en optimaliseren is een intelligente aansturing nodig waarbij levering en vraag met elkaar worden afgestemd en geoptimaliseerd. Dit heet ook wel een Smart Grid. Smart Grids zijn infrastructuren waaraan ICT-systemen zijn toegevoegd voor het meten van energiestromen met toepassingen voor het aansturen en regelen van consumptie en productie van energie. Ze verzamelen informatie die wordt gebracht naar plaatsen waar deze verder verwerkt kan worden zodat ook communicatie mogelijk is met allerlei randapparatuur en toepassingen bij energiepartijen. (Annelies Huygen - NO 2009 - zie http://www.tno.nl/images/shared/overtno/magazine/tno_mag_8_december_2009_18.pdf)



Figuur: Schema Smart grids.

Bron: <http://www.engineersonline.nl/nieuws/id16488-eerste-doorbraakproject-voor-smart-grids-in-vlaanderen-steekt-van-wal.html>

Zie: www.ecn.nl/nl/nieuws/newsletter-nl/2010/november-2010/met-smart-grid-minder-transformatoren

www.tno.nl/images/shared/overtno/magazine/tnotime_4_sep_2011_22_23.pdf

7 Energieconcepten

Een energieconcept is een ontwerp dat is samengesteld uit goed op elkaar afgestemde en geoptimaliseerde bouwkundige- en installatie technische producten en technieken met als doel het realiseren van een door bewoners gewaardeerde, gezonde, comfortabele en energiezuinige woning.

Zie ook: <http://www.agentschapnl.nl/content/factsheets-warmtevoorziening-voor-een-bouwlocatie>

De keuze van een energieconcept wordt meestal bepaald vanuit economische overwegingen. Daarbij is de belangrijkste gegeven of er gasaansluitingen in de woningen zijn of dat All Electric moet worden gebouwd. Zie verdere de volgende hoofdstukken per concept.

De meest voorkomende concepten zijn:

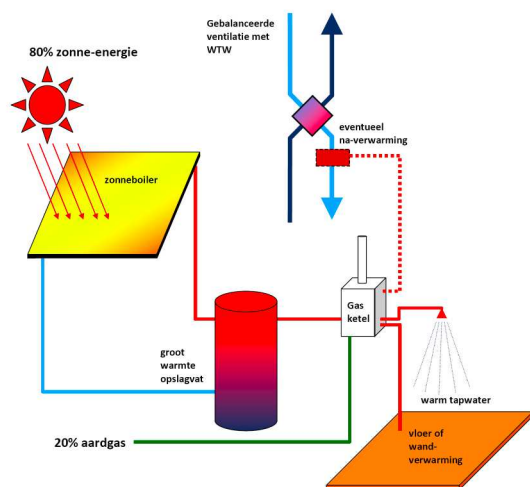
| Energie drager | Zie | Warmte opwekker voor verwarming en tapwater | Ventilatie | Duurzame energiebron | Passieve koeling | Zonnestroom t.b.v. energieneutraal |
|--------------------------------|---|---|---|---|---|------------------------------------|
| Aardgas* + Elektriciteit | 7.1 Zonneboilercombi in combinatie met een groot opslagvat | HR-combi + zon thermisch | Vraaggestuurde mechanische ventilatie <u>of</u> gebalanceerde ventilatie | Zonneboiler | Nee Eventueel nachtventilatie | Ja |
| | 7.2 Hybride lucht/water warmtepomp en Cv-ketel | Hybride lucht/water warmtepomp + Cv-combi | Mechanische ventilatie + WTW t.b.v. warmtepomp | Eventueel zonneboiler + Warmte uit retourlucht | Nee Eventueel nachtventilatie | Ja |
| Alleen Elektriciteit** | 7.3 Combi warmtepomp op bodemwarmte geïntegreerde thermische zonne-energie | Combiwarmtepomp + Geïntegreerd met zon thermisch | Vraaggestuurde mechanische ventilatie <u>of</u> gebalanceerde ventilatie | individuele grondbron + zonneboiler | Vrije koeling met behulp van bodemtemp | Ja |
| | 7.4 Combiwarmtepomp bodemwarmte | Combi warmtepomp | Vraaggestuurde mechanische ventilatie <u>of</u> gebalanceerde ventilatie | Individuele gesloten grondbron <u>of</u> collectieve bron | Vrije koeling met behulp van bodemtemp. | Ja |
| | 7.5 Luchtwater warmtepomp op (ventilatie- of buiten-) lucht | Lucht/water warmtepomp | Vraaggestuurde mechanische ventilatie <u>of</u> gebalanceerde ventilatie (Bij ventilatielucht als bron alleen mechanische ventilatie mogelijk.) | Buitenlucht en/of retourlucht (alleen mechanische ventilatie) | Nee | Ja |
| | 7.6 Collectieve warmtepomp | Collectieve warmtepomp | Vraaggestuurde mechanische ventilatie <u>of</u> gebalanceerde ventilatie | Collectieve open bron | Warmte-koude opslag | Ja |

* Aardgas kan t.z.t.deels worden vervangen door biogas

** Elektriciteit kan duurzaam worden opgewekt; uitgangspunt deze publicatie is elektriciteit uit energiecentrales op kolen, olie, aardgas (rendement 39%)

*** Ook mogelijk Hybride ventilatie of lokale gebalanceerde ventilatie. Bij gebalanceerde ventilatie CO₂ sturing mogelijk

7.1 Zonneboilercombi in combinatie met een groot opslagvat



Schema Zonneboilercombi in combinatie met een groot opslagvat en gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning op ventilatielucht

Beschrijving

De belangrijkste duurzame energiebron in dit concept is thermische zonne-energie. Via een grote zonnecollector (soms tot 10m²) wordt water in een groot opslagvat (200-600 liter) opgewarmd. Met behulp hiervan wordt de woning verwarmd en wordt warmtapwater bereid. De naverwarming wordt verzorgd door een kleine gasketel om het tapwater op de minimale temperatuur van 60 °C te brengen. Bij extreem geïsoleerde woningen (zoals passiefhuizen) wordt hiermee soms ook de ventilatielucht naverwarmd in plaats van de vloer of wand. Dan dient de ventilatielucht voor verwarming van de woning en is geen stralingsverwarming nodig.

Er zijn toestellen op de markt waarin de verschillende installatiecomponenten zijn geïntegreerd tot één toestel (passiefhuistoestel). In plaats van gebalanceerde ventilatie kan men ook vraaggestuurde ventilatie toepassen.

Energiebehoefte

Door deze combinatie kan de zon tot wel 80% van de energiebehoefte voor verwarming en tapwater dekken. De resterende warmtebehoefte wordt gedekt door de kleine gasketel. Deze levert dus ca. 20% van de energiebehoefte met behulp van fossiele brandstof. De woning maakt ook gebruik van elektriciteit voor hulpenergie, verlichting en huishoudelijk energiegebruik nodig.

Voordelen

- Een voordeel van dit systeem is dat er altijd een gasnet in de woning aanwezig is naast een elektriciteitsaansluiting.
- Bewoners koken graag op gas.
- De installatie is ten opzichte van warmtepomp qua investeringen vaak veel gunstiger.

Aandachtspunten

- Hoewel in de toekomst het aardgas zou kunnen worden vervangen door biogas is dat vooralsnog voor de meeste locaties niet aan de orde.
- Men kan geen gebruik maken van warmte/koude opslag in de bodem tenzij er een aparte bodemwarmtewisselaar voor dit doel wordt gemaakt.
- Men moet voorzieningen treffen tegen temperatuuroverschrijding zoals zonwerend glas, buitenzonwering en nachtventilatie.
- Het opslagvat vergt ruimte.

Marktontwikkelingen

Inmiddels worden op grotere schaal passiefhuizen ontwikkeld. Deze hebben over het algemeen een energieprestatie (EPC) circa 0,4. Passiefhuizen zijn voorzien van extreme isolatie en kierdichting. Vanuit de markt wordt gewerkt aan woningen die een vergelijkbaar laag energiegebruik laten zien met een lagere isolatiegraad en minder geavanceerde installaties. Hiermee kan worden bespaard op de investeringen waardoor de implementatiekans groter is. De basis van de installatie wordt gevormd door een grote zonneboiler (collector en opslagvat) met als naverwarming een kleine Hr-ketel.

Voorbeeldprojecten

7.1.1 W&R Groenwoning (grote zonneboiler met kleine Hr-ketel en natuurlijke ventilatie)

Bouw op verschillende locaties

EPC: circa 0,32



| | |
|-------------------------------|---|
| Ontwikkelaar – opdrachtgever: | BAM |
| Adviseur: | Cauberg Huygen |
| Beschrijving: | Toegepast is een redelijk zwaar isolatieniveau isolatie (lager dan passiefhuisniveau) met een extra groter zonneboiler die voor 80% de energiebehoefte dekt. Daarmee zijn de bouwkosten beperkt en wordt toch een laag energiegebruik bereikt. |
| Bouwkundige kenmerken: | Isolatie schil: $R_c=5 \text{ m}^2\text{k/W}$ en drievoudig glas |
| Verwarming en tapwater: | Primair zonneboiler van 10 m^2 en 600 liter voorraadvat (dekt 80% energiebehoefte). Naverwarming door kleine Hr-ketel. |
| Ventilatie: | Natuurlijk ventilatie toevoersysteem via de ramen met zelfregelende roosters en een door bewoners in te stellen klokgestuurde mechanische afzuiging. Tijdens de zomer wordt nachtventilatie toegepast om temperatuuroverschrijding te beperken. |
| Informatie: | www.bamwoningbouw.nl/nl-nl/1/88/groenwoning.aspx#/88/groenwoning |

7.1.2 Passiefhuizen Ten Renske en Potstal te Beek

13 woningen voor de sociale huur gerealiseerd volgens de principes van Passief Bouwen, bestaande uit 5 eengezinswoningen en 8 levensloopbestendige woningen

EPC: onbekend



| | |
|-------------------------------|--|
| Ontwikkelaar – opdrachtgever: | Woningstichting Bergh |
| Beschrijving: | De woningen worden voorzien van een energiedisplay zodat bewoner kunnen zien hoeveel energie het huis verbruikt |
| Bouwkundige kenmerken: | Passiefhuis (isolatie $R_c>8 \text{ m}^2\text{k/W}$ en drievoudig glas) |
| Verwarming: | Hr-combiketel met vloerverwarming |
| Tapwater: | Zonneboiler en Hr-combiketel |
| Ventilatie: | Gebalanceerd met CO_2 sturing en warmteterugwinning en nachtventilatie (bypass) |
| Informatie: | www.wsbergh.nl/bouwen_aan_wonen/bouwen_aan_wonen/22/64 |

7.1.3 Passiefhuisrenovatie Sleepellingstraat

Renovatie van een monumentaal gebouw met beschermd stadsgezicht

EPC: 0,4

Energielabel: A⁺⁺



| | |
|-------------------------------|---|
| Ontwikkelaar – opdrachtgever: | Ferrolli Nederland en partners BAM Woningbouw, RockWool en Villa Nova architecten |
| Beschrijving: | 14-tal historische stadswoningen gerenoveerd volgens het passiefhuisprincipe. |
| Bouwkundige kenmerken: | $R_c \text{ gevel} = 10 \text{ m}^2\text{k/W}$ en drievoudige beglazing (ook voor geluidisolatie) Maximale Luchtdichtheid |
| Verwarming: | Individuele Hr-ketels (rookgas en ventilatielucht via gecombineerde afvoer) en LTV verwarming |
| Tapwater: | Zonneboiler (met terugloopsysteem) dekt 80% waterbehoefte. Aanvullend Hr-combiketel |
| Ventilatie: | Gebalanceerde ventilatie met WTW via Hybalans systeem. Dit systeem werkt met luchtverdeelkasten van waar af naar ieder inblaasrooster flexibele kanalen lopen. Dit voorkomt overspraak tussen ruimtes en geluidoverlast. Het systeem is eenvoudiger beter in te regelen dan een traditionele installatie. |
| Informatie: | http://www.ferrolli.nl/referentieprojecten/renovatie-passiefhuis/ |

7.1.4 20 appartementen te Wijhe (bouw per januari 2012)

EPC: 0,5 Bouw per januari 2012



| | |
|-------------------------------|--|
| Ontwikkelaar – opdrachtgever: | SallandWonen |
| Architect: | Palazzo Oost uit Holten |
| Beschrijving: | Appartementencomplex met 20 wooneenheden. Het complex bestaat uit twee gebouwen die met elkaar verbonden zijn door een trappenhuis. De galerij grenst aan een gezamenlijke binnentuin |
| Bouwkundige kenmerken: | Extreem goede isolatie, een noordgevel met weinig ramen en een open zuidgevel, tocht- en luchtdicht en optimaal gebruik van zon- en bodemwarmte. prefab HSB Rc 6,5 vloer Rc 7,0 gevel en dak Uraam: dubbelglas Uraam=1,1 |
| Verwarming: | Brink passiefhuistoestel 10 kWh in combinatie met collectoren |
| Tapwater: | Brink passiefhuistoestel 10 kWh in combinatie met collectoren |
| Ventilatie: | Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning 95% |
| Informatie: | palazzogroep.nl/index1.php?menu=nl,HOME,Architectuur_-en-_Stedenbouw,Woningbouw,Appartementen_Wijhe |

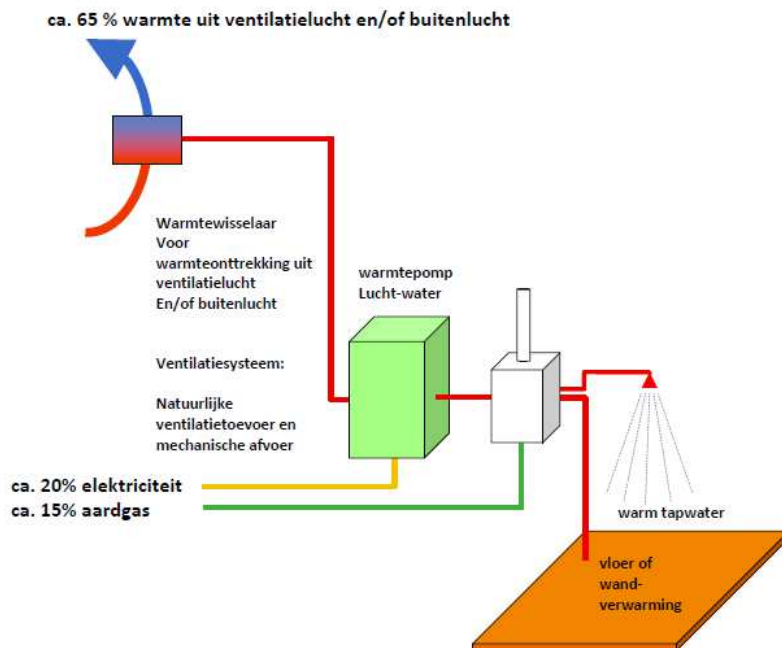
7.1.5 80 Passiefhuizen in Velve-Lindenhof te Enschede

EPC=0,35



| | |
|-------------------------------|---|
| Ontwikkelaar – opdrachtgever: | De Woonplaats Enschede |
| Architect: | Beltman Architecten Enschede |
| Beschrijving: | De woningen zullen aangesloten worden op een zonnecollector voor de winning van warm tapwater, daarbij worden de woningen ook voorzien van een Hr-ketel. Verwarming gebeurt met een eenvoudige verwarmingsinstallatie; ventilatie met warmteterugwinning. Er wordt gebouwd volgens het passiefbouwen concept. Om de energievraag te beperken wordt voor de isolatie van de woningen, gekozen voor casco-isolatie op passiefhuisniveau (Rc 8 tot 10). Ook worden de woningen voorzien van driedubbel glas. Verder wordt gebruik gemaakt van zonne-energie. |
| Bouwkundige kenmerken: | Rc schil 8,0 – 10,0 Driedubbel glas |
| Verwarming: | Passiefhuistoestel 3,5 kWh |
| Tapwater: | Passiefhuistoestel 3,5 kWh |
| Ventilatie: | Gebalanceerde ventilatie met WTW |
| Informatie: | www.energiesprong.nl/blog/enschede-passiehuizen-in-velve-lindenhof |

7.2 Hybride - lucht/water warmtepomp en Cv-ketel



Schema hybride lucht/water warmtepomp en Cv-ketel

Door de combinatie van warmtepomp en gasketel wordt onder alle omstandigheden het hoogste rendement geboekt. Op momenten dat de warmtelevering van de hybride warmtepomp niet toereikend is, genereert de gasketel extra capaciteit. Bij lage temperaturen (wanneer het buiten vriest) is het rendement van de warmtepomp minder goed dan dat van de gasketel. De warmtepomp schakelt dan uit en de gasketel neemt de verwarmingsfunctie geheel over.

Voordelen

- Als de warmtevraag groter is dan de warmtepomp kan leveren of gedurende het winterseizoen als het rendement van de warmtepomp laag is, dan wordt de hoog rendement Cv-ketel ingeschakeld. De combinatie heeft daardoor altijd een gunstig rendement ongeacht het seizoen of de warmtevraag. Dat is voor de gebruikers goedkoper in de energielasten dan toepassing van een elektrische naverwarming.
- Er hoeven geen grote investeringen te worden gedaan voor een warmtebron.
- Er is altijd een gasnet in de woning aanwezig naast een elektriciteitsaansluiting. Bewoners koken graag op gas.

Aandachtspunten

- Hoewel in de toekomst het aardgas zou kunnen worden vervangen door biogas is dat vooralsnog voor de meeste locaties niet aan de orde.
- Men kan geen gebruik maken van warmte/koude opslag in de bodem tenzij er een aparte bodemwarmtewisselaar voor dit doel wordt gemaakt.
- Men moet voorzieningen treffen tegen temperatuuroverschrijding zoals zonwerend glas, buitenzonwering en nachtventilatie.
- Als voor warmteonttrekking uit ventilatielucht een buitenunit wordt geplaatst, dan kan dit oorzaak zijn voor geluidsoverlast.
- Als de woning natuurlijk wordt geventileerd, dan is er kans op tocht voor de bewoners.

Marktontwikkelingen

Het systeem wordt nu in verschillende projecten toegepast. De eerste ervaringen zijn gunstig, maar grootschalige introductie moet nog plaats vinden.

Voorbeeldprojecten

7.2.1 CO₂ neutraal proefproject Hunzedal



EPC 1^e fase 21 woningen: EPC= 0,7 met Combin Air (voldoet niet aan de huidige eisen)
EPC 2^e fase 33 woningen: EPC=0,25 met warmtepomp All Electric

| | |
|------------------------------|--|
| Ontwikkelaar – opdrachtgever | Corporatie Wooncom |
| Beschrijving: | De eerste fase van 21 huur- en koopwoningen is 2008 opgeleverd. Ventilatie door luchtdrukgestuurde ventilatieroosters boven de ramen in combinatie met een centrale mechanische afzuiging van de ventilatielucht. De warmte uit de lucht wordt in een nieuw soort combiketel (type Combinair) door een warmtepomp opgewerkt en in een LTV-vloerverwarmingssysteem gebracht. Een combiketel zorgt voor naverwarming en warm tapwater. De huurwoningen in de eerste fase hebben zo een EPC van 0,7 en een jaarlijkse CO ₂ -besparing van samen ongeveer 19 ton gerealiseerd. Dit kost per woning circa € 10.000 meer. |
| Bouwkundige kenmerken: | Onbekend |
| Verwarming: | Combinatie van een lucht/water warmtepomp en een Hoog Rendement cv-ketel in één toestel – Combinair van Daalderop Itho. |
| Tapwater: | Via integraal toestel |
| Ventilatie: | Natuurlijke toevoer - mechanische afvoer met WTW via combinair t.b.v. warmtepomp |
| Informatie: | http://www.kennishuisgo.nl/voorbeeldprojecten/ProjectPage.aspx?id=256 Vergelijkbare energiesystemen bij ITHO Daalderop (Combi Air) en bij Techneco (Elga) |

7.2.2 719+9 woningen Rijtse Vennen Deurne



EPC=0,50-0,55 (afhankelijk van woningtype)

| | |
|------------------------------|--|
| Ontwikkelaar – opdrachtgever | Coopmans Lutters Bouw BV Woningbouwvereniging Bergopwaarts |
| Beschrijving: | De woningen zijn ontwikkeld toen de regelgeving een EPC ≤ 0,8 voorschreef. De huur woningen zijn voorzien van een hybride verwarmingssysteem. Dat is een combinatie van een lucht/water warmtepomp en een Hoog Rendement Cv-ketel in één toestel. De Cv-ketel zorgt in eerste instantie voor de warmwatervoorziening en assisteert als de warmtevraag te groot wordt voor de warmtepomp. |
| Bouwkundige kenmerken: | Geen kruipruimte Schilisolatie 4,5 – 5,0 m ² K/W Ramen zijn voorzien van HR++ glas Luchtdichtheid: Q _{v10} = 0,625 m ³ /sec/m ² Ag |
| Verwarming en tapwater | 19 woningen met Daalderop Combinair 9 woningen met Daalderop HP Cube. Voor tapwater is tevens een zonneboiler geïnstalleerd van 200 liter en 4,2 m ² collector oppervlak. |
| Ventilatie: | Mechanische ventilatie met zelfregelende roosters. De tussenwoningen zijn voorzien van DUCO zelfregelende luchttoevoerroosters. De eindwoningen van het DUCO comfortstelsel (vraaggestuurd). De warmtepomp zorgt voor een |

| | |
|------------------|--|
| | basisverwarming. Er kan vraaggestuurde ventilatie worden toegepast omdat bij onvoldoende afvoerlucht (= bron voor de warmtepomp) of bij grote warmtevraag de Hr-ketel kan bijspringen. |
| Duurzame energie | Retour ventilatielucht en buitenlucht Thermische zonne-energie |
| Informatie: | www.energiesprong.nl/blog/deurne-de-rijtse-vennen/ |

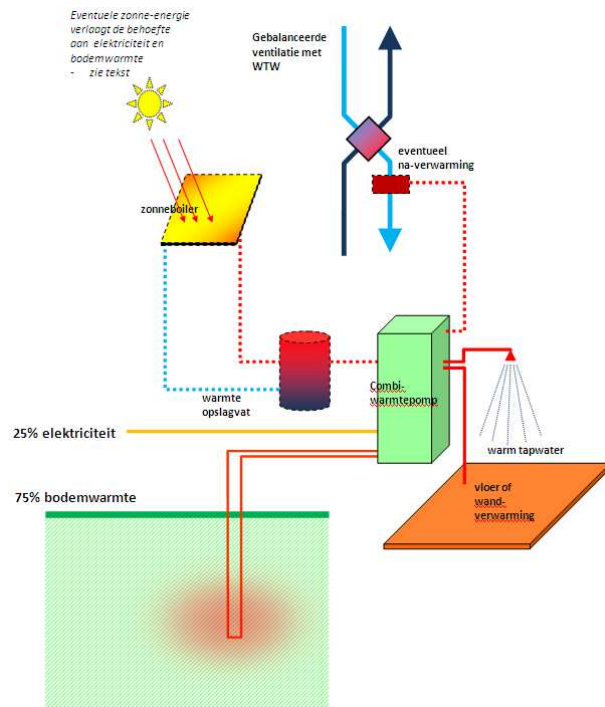
7.2.3 16 starterswoningen, De Rijtse Vennen Deurne



EPC≈ 0,40 - 0,50 (afhankelijk van woningtype)

| | |
|-------------------------------|--|
| Ontwikkelaar – opdrachtgever: | Coopmans Lutters Bouw, Deurne |
| Beschrijving: | De woningen zijn voorzien van ventilatielucht/water warmtepompen in combinatie met HR-CV-combiketel voor LT-CV en warm tapwater. |
| Bouwkundige kenmerken: | Schilisolatie 5,0 m ² K/W Ramen zijn voorzien van HR++ glas Luchtdichtheid: Q _{v10} = 0,625 m ³ /sec/m ² Ag Geen kruipruimte |
| Verwarming en tapwater | Alle woningen uitgerust met individuele ventilatielucht/water warmtepompboilers in combinatie met HR-CV-combiketel. ZEN zonneboiler 200l met ZEN collectoren 4,2 m ² c.q. 5,6 m ² . Climarad intelligent ventilerende WTW-radiator in woonkamer. |
| Ventilatie: | Mechanische ventilatie met DUCO zelfregelende roosters in de slaapkamers. In de woonkamer een decentrale CO ₂ -vraaggestuurde WTW ventilatie via een Climarad. |
| Duurzame energie | Warmteterugwinning uit ventilatielucht Thermische zonne-energie WTW decentrale vraaggestuurde ventilatie begane grond |
| Informatie: | www.energiesprong.nl/blog/deurne-de-rijtse-vennen/ |

7.3 Combiwarmtepomp op bodemwarmte geïntegreerde thermische zonne-energie



Schema combi- warmtepomp op bodemwarmte geïntegreerde thermische zonne-energie

Beschrijving

Centrale warmteleverancier is de combiwarmtepomp. Deze onttrekt warmte aan de bodem van circa 10 °C. Met behulp van een elektrische compressor wordt de warmte opgewaardeerd naar 60-65 °C (voor tapwater) en 35-45 °C voor verwarming. De verhouding tussen de hoeveelheid elektriciteit en de geleverde warmte heet de COP (Coëfficiënt Of Performance). De COP is in het voorbeeld COP=4. Dat betekent dat er één deel elektriciteit nodig is om 4 delen te produceren. De COP wordt ongunstiger als het verschil tussen de aangeleverde bodemwarmte en de benodigde warmte groter wordt. Het is dus zaak om de bodem niet te veel af te koelen. In het warmtepompstelsel wordt een opslagvat geplaatst. Dit is nodig om de warmtecapaciteit van de warmtepomp te beperken waardoor het rendement verbetert. Daardoor heeft de warmtepomp vaak flinke afmetingen (ca. (bxdxh =0,8 x 0,8 x 2 m³)). Men kan met behulp van de combiwarmtepomp de woning verwarmen via vloer, wand of via ventilatielucht.

Energiebehoefte

De belangrijkste duurzame energiebron voor verwarming en tapwater is de bodem. Deze levert ca. 75% van de warmte voor verwarming en tapwater. De warmtepomp werkt op elektriciteit. Deze levert de resterende 25%. Als een thermische zonnecollector wordt toegepast, dan wordt zowel de bijdrage van de bodem als de behoefte aan elektriciteit verlaagd. Daardoor is het vaak economisch minder interessant om een zonnecollector in combinatie met een warmtepomp toe te passen. (Stel dat de zonnecollector 20% van de benodigde energie voor verwarming en tapwater levert, dan is de elektriciteitsbehoefte van de warmtepomp nog steeds 20% en de bodem levert 60% van de warmte.) In een zwaar geïsoleerde woning is de warmtapwatervraag vaak veel groter dan de vraag naar ruimteverwarming. In dat geval kan een zonnecollector er toe bijdragen dat de capaciteit van de warmtepomp lager kan zijn. De bodem is ongeveer 10 °C en koelt bij warmtevraag van de woning af. In de zomer kan de bodem opgewarmd worden door de vloer af te koelen. Dit heet warmte/koude opslag. Dat is comfortabel en kan ook een gunstig effect hebben op het energiegebruik omdat zo wordt vermeden dat bewoners vanwege zomercomfort een energieverslindend airconditioningsapparaat aanschaffen.

Voordelen

- Een voordeel van dit systeem is dat een warmtepomp weinig bewegende delen kent en het onderhoud beperkt is. Men maakt ook alleen maar gebruik van elektriciteit. Daardoor is het mogelijk om met behulp van groene stroom de gehele woning te verwarmen. Dit kan belangrijk zijn in de toekomst als grote delen van het Nederlandse elektriciteitsvoorziening overgaan op groene stroom. Zelfs nu is er al een keuze voor de consument om groene stroom in te kopen.
- Er is geen gasaansluiting nodig.

Aandachtspunten

Er zijn ook een paar aandachtspunten;

- Soms moet men zonwering achterwege laten als men de bodem wil regenereren (opwarmen). De zonneboilers kunnen hiervoor ook worden gebruikt. Bewoners passen meestal zonwering toe, niet alleen vanwege temperatuuroverschrijding, maar ook om verschieten van hun interieur tegen te gaan.
- Een punt van aandacht is dat men, ingeval een hele wijk is voorzien van warmtepompen in het openbare net rekening mee houden met een sterke stroompuls, als na een storing alle warmtepompen tegelijkertijd in bedrijf komen.

- Vaak worden warmtepompsystemen (bron) krap gedimensioneerd op een warmtevraag zoals die berekend is onder gemiddelde omstandigheden voor bewonersgedrag en buitenklimaat. Als de warmtepomp te weinig kan leveren wordt elektrisch naverwarmd. Dat kost relatief veel geld voor de bewoners. Bovendien wordt het openbare net belast met grote pieken omdat deze extra elektriciteitsvraag juist tijdens de koudste periodes plaats vindt. Om deze effecten te beperken is het aan te bevelen om de installaties ruimer te dimensioneren en om grote warmtebuffering toe te passen zodat e warmtepomp tijdens piekuren op het net kan worden uitgeschakeld terwijl de bewoners dan toch over voldoende warmte beschikken.

Markontwikkeling

De toepassing van warmtepompen maakt een steeds grotere vlucht door. In 2009 en 2010 zijn respectievelijk circa 2350 en 2650 warmtepomp systemen (open bron) en respectievelijk 2200 en 1400 (gesloten bron) geplaatst in de woningbouw (bron CBS). Naar verwachting neemt dit aantal een steeds grotere vlucht. Dit is een toename van het aandeel in 2010 t.o.v. 2009 met ca 30% (5,5% naar 7,2%). Zie www.cobouw.nl/nieuws/w-installatie/2012/05/29/warmtepompen . De belangrijkste marktontwikkeling is de verbetering van het rendement van warmtepompen met name bij grotere temperatuursprongen. Nog steeds is het rendement bij warmtapwaterbereiding laag.

Voorbeeldprojecten

7.3.1 CO2 neutrale straat te Grijskerke Walcheren



EPC=0,01

| | |
|-------------------------------|--|
| Ontwikkelaar – opdrachtgever: | Marsaki projectontwikkeling en, Woningcorporatie .Woonburg |
| Architect: | Architecten Alliantie uit Goes |
| Beschrijving: | Betreft 12 koopwoningen t.b.v. starters, 2 levensloopbestendige koopwoningen,5 levensloopbestendige huurwoningen |
| Bouwkundige kenmerken: | Gevel $R_c > 8,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ Dak $R_c \geq 8,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ Vloer $R_c \geq 5,0 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ Drievoudig glas Uraam = $1,2 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ |
| Verwarming: en tapwater | Individuele warmtepomp met directe verdamping en vloerverwarming $Q_v;10 = 0,625 \text{ dm}^3/\text{sec}/\text{m}^2 \text{ Ag}$ |
| Tapwater: | Indirect gestookte boiler met $2,5 \text{ m}^2$ zonneboiler |
| Ventilatie: | Gebalanceerde ventilatie +WTW (95%), |
| Duurzame energie: | Zonneboiler $2,5 \text{ m}^2$ en $20\text{-}27 \text{ m}^2$ zonnestroom panelen |
| Informatie: | www.kennishuisgo.nl/voorbeeldprojecten/ProjectPage.aspx?id=411 |

7.3.2 PCS-Hybride woning in “De Caaien” te Ypenburg 250 grondgebonden woningen Dura Vermeer



EPC = 0,40-0,45

| | |
|-------------------------------|---|
| Ontwikkelaar – opdrachtgever: | Dura Vermeer |
| Beschrijving: | PSC staat voor Pre Choice System. Het PCS concept is een flexibel bouwsysteem waarmee allerlei soorten woningen kunnen worden gerealiseerd vanuit één basislijn. De woningen worden opgebouwd uit geprefabriceerde elementen die een ruime flexibiliteit bieden in variatie, architectonische vrijheid en duurzaamheid. Hybride staat voor de combinatie van enerzijds het toepassen van energiebesparende maatregelen (o.a. materiaalkeuze, isolatie en luchtdicht bouwen) en anderzijds duurzaam energiegebruik van duurzame energie. |
| Bouwkundige kenmerken: | Gevel $R_c > 3,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ |

| | |
|-----------------------------|--|
| | Dak Rc $\geq 5,0$ m ² K/W Vloer Rc ≥ 3 m ² K/W Ramen HR++ glas = 1,2m ² K/W Gebouwmassa: Zwaar |
| Verwarming en warmtapwater: | Warmtepomp (3 kWh) met gebruikmaking van directe verdamping via de bodemwarmtewisselaar en vloerverwarming ook voor passieve koeling. Er wordt warmte/koudeopslag toegepast in de bodem. |
| Ventilatie: | Vraaggestuurde (CO ₂) mechanische ventilatie (DemandFlow systeem van Itho) |
| Duurzame energie: | Zonneboiler voor tapwaterbereiding via indirect gestookte boiler |
| Informatie: | http://www.kennishuisgo.nl/voorbeeldprojecten/ProjectPage.aspx?id=389 |

7.3.3 80 Passiefhuiswoningen Velve Lindenhof te Enschede



EPC=0,4

| | |
|------------------------------|---|
| Ontwikkelaar – opdrachtgever | Woningbouwcorporatie de Woonplaats |
| Beschrijving: | Passiefhuisprincipe, die zijn voorzien van technieken zoals: Houtskeletbouw Geïsoleerde kozijnen Driebladig glas Zomernachtventilatie Duurzame energie |
| Bouwkundige kenmerken: | Extra isolatie vloer, wand glas, gebalanceerde ventilatie + WTW douche + zon + individuele WP (W/K opslag) + PV |
| Verwarming: | |
| Tapwater: | |
| Ventilatie: | |
| Informatie: | http://www.kennishuisgo.nl/voorbeeldprojecten/ProjectPage.aspx?id=818 |

7.3.4 43 Vrijstaande woningen, Etten-Leur 'De Keen'



EPC=0,21

| | |
|-------------------------------|--|
| Ontwikkelaar – opdrachtgever: | Assink Vastgoed |
| Beschrijving: | Het project De Keen (Rijdsijk) te Etten-Leur bestaat uit 43 woningen, onderverdeeld in éénmaal 22 woningen met 2 bouwlagen en éénmaal 21 woningen met 3 bouwlagen. Beide typen zijn voorzien van hetzelfde installatieconcept, maar de energieopwekking varieert. De woningen zijn verschillend georiënteerd en hebben nagenoeg eenzelfde bouwkundige schil. Toen men in 1998 aan dit project begon was er nog geen eenduidige definitie aangaande energieneutraal bouwen. Men is gewoon de uitdaging aangegaan en heeft destijds een EPC weten te realiseren van circa 0,45. In deze berekening zijn de PV-cellen nog niet meegenomen. Volgens huidige berekeningen nadert de EPC een waarde van 0. Hiernaast is dit project bijzonder vanwege zijn omvang en de onderlinge |

| | |
|------------------------|---|
| | verschillen in installatietechnische toepassingen in de aanwezige woningen. |
| Bouwkundige kenmerken: | De isolatiewaarde van alle woningen is zeer hoog en is, een uitzondering daargelaten, overal hetzelfde. Bij alle woningtypen is HR++-beglazing toegepast. Enkele woningen hebben geïsoleerde deuren. Alle woningen zijn voorzien van een verbeterde kierdichting. |
| Verwarming en tapwater | Individuele warmtepomp met warmte/koudeopslag in combinatie met gebalanceerde ventilatie +WTW (95%) In de woningen is een LT-verwarmingssysteem (35°C<T<45°C) toegepast. Als verwarmingslichamen worden naast vloer- en wandverwarming ook lage temperatuur ventilatie convectoren toegepast. Alle woningen zijn voorzien van een individuele elektrische warmtepomp. In de 22 woningen wordt een omkeerbaar elektrisch individueel warmtepompsysteem toegepast in combinatie met zonnecollectoren en in de 21 woningen komt een individuele elektrische warmtepomp met grondwater als bron. Het systeem dient voor de energieopwekking van zowel verwarming als warmwater. |
| Ventilatie: | Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning. |
| Duurzame energie | Zonnestroompanelen + zon thermisch en warmte koude opslag in de bodem. |
| Informatie: | http://www.kennishuisgo.nl/voorbeeldprojecten/ProjectPage.aspx?id=616 |

7.3.5 57 woningen vrijstaande, 2/1 kap en tussen woningen in Meulenspie in Teteringen bij Breda



EPC=0,52

| | |
|------------------------------|--|
| Ontwikkelaar – opdrachtgever | HEJA projectontwikkeling |
| Beschrijving: | Het is een van de eerste wijken in Nederland die zijn eigen milieuvriendelijke energie opwekt. |
| Bouwkundige kenmerken: | Schilisolatie $R_c > 5,0$ Drielaags isolerende beglazing (HR+++) |
| Verwarming en tapwater | De woning wordt voorzien van een warmtepomp. De begane grond, eerste en tweede verdieping worden voorzien van (lage temperatuur) loerverwarming c.q. vloerkoeling. |
| Ventilatie: | |
| Duurzame energie | Bodem, lucht, zonnewarmte en zonthermisch en warmte terugwinning douchewater. Extra opwekken van elektriciteit kan door middel van zonnepanelen in het schuine dakvlak of eventueel op een extra plat dak van uw veranda achter in de tuin. In combinatie met het aansluitpunt voor een elektrisch voertuig in de garage. |
| Informatie: | www.nieuwbouwwijzer.nl/Teteringen/16395/Meulenspie-Energieneutraal/ www.duurzaamthuis.nl/wasmachine-start-als-de-zon-schijnt |

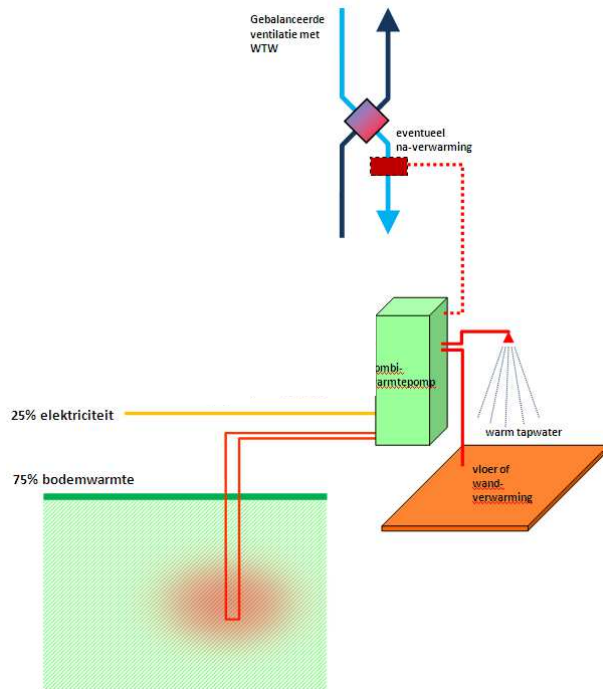
7.3.6 22 Energie evenwicht woningen gebouwd met een EPC-waarde van nul



EPC=0,0

| | |
|-------------------------------|---|
| Ontwikkelaar – opdrachtgever: | Garand b.v |
| Architect: | Bureau Van Rooden b.v. Rotterdam |
| Beschrijving: | De EPC van nul is bereikt door toepassing van onder andere een bodemwarmtepomp, warmteterugwinning uit ventilatielucht, zonnecollectoren, zonnepanelen en door een optimale zongerichte oriëntatie van de woningen. In de Ecogras-daken zijn zonnepanelen ingebed voor elektriciteitsopwekking en zonnecollectoren voor tapwaterverwarming en ruimteverwarming. De warmtepompen kunnen ook worden gebruikt voor koeling. De zonnestroomsystemen hebben een gezamenlijk vermogen van bijna 150 kWp. De woningen zijn energetisch in balans en stroomvoorziening van buitenaf is in principe niet noodzakelijk. |
| Bouwkundige kenmerken: | Rc schil ongeveer 4 m ² K/W |
| Verwarming en tapwater | Warmtepomp, zonneboiler |
| Ventilatie: | Warmteterugwinning |
| Duurzame energie | Zonnestroom panelen en zonthermische panelen, warmtekoude opslag in de bodem |
| Informatie: | http://kennishuisgo.nl/voorbeeldprojecten/ProjectPage.aspx?id=153 |

7.4 Combiwarmtepomp

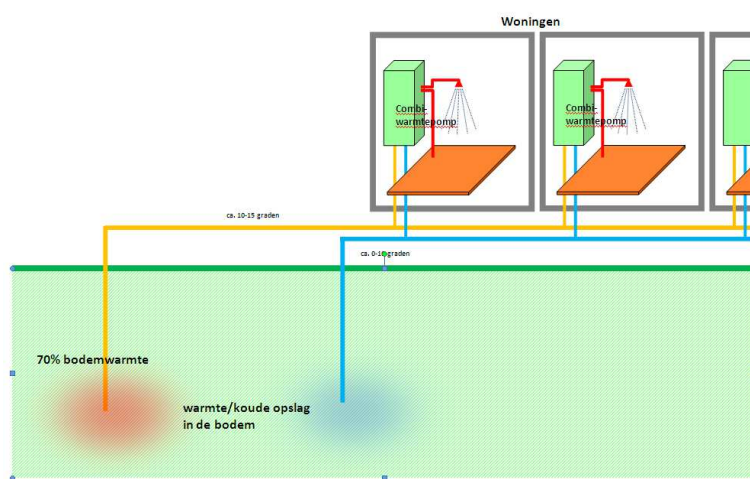


Schema combi- warmtepomp met gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning

Beschrijving

Ten opzichte van het concept 8.3 wordt geen geïntegreerde zonneboiler toegepast. Dat betekent dat de warmtepomp gedurende een langere tijd warmtapwater moet leveren van een hogere temperatuur. Daardoor wordt in principe het jaarrendement van de warmtepomp lager.

Om op de kosten van een bodembron te besparen kunnen meerder woningen worden aangesloten op een collectief warmtenet dat (via een warmtewisselaar) rechtstreeks is aangesloten op de bodem. Dit warmtenet bestaat uit een toe- en afvoer net waarop de individuele warmtepompen van de woningen zijn aangesloten.



Schema collectieve bron voor individuele warmtepompen

Voordelen

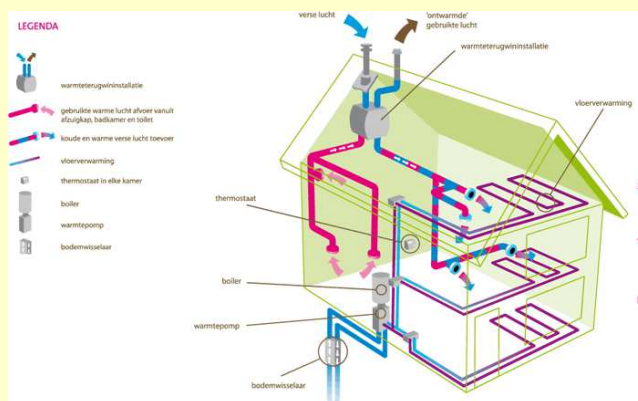
- Een voordeel van dit systeem is dat een warmtepomp weinig bewegende delen kent en het onderhoud beperkt is. Men maakt ook alleen maar gebruik van elektriciteit. Daardoor is het mogelijk om met behulp van groene stroom de gehele woning te verwarmen. Dit kan belangrijk zijn in de toekomst als grote delen van het Nederlandse elektriciteitsvoorziening overgaan op groene stroom. Zelfs nu is er al een keuze voor de consument om groene stroom in te kopen.
- Er is geen gasaansluiting nodig.

Aandachtspunten

- Soms moet men zonwering achterwege laten als men de bodem wil regenereren (opwarmen). De zonneboilers kunnen hiervoor ook worden gebruikt. Bewoners passen meestal zonwering toe ook als het voor het functioneren van de installatie niet gewenst is. Dit doen ze niet alleen vanwege temperatuuroverschrijding, maar ook om verschieten van hun interieur tegen te gaan.
- Een punt van aandacht is dat men, ingeval een hele wijk is voorzien van warmtepompen in het openbare net rekening mee houden met een sterke stroompuls, als na een storing alle warmtepompen tegelijkertijd in bedrijf komen.
- Vaak worden warmtepompsystemen (bron) krap gedimensioneerd op een warmtevraag zoals die berekend is onder gemiddelde omstandigheden voor bewonersgedrag en buitenklimaat. Als de warmtepomp te weinig kan leveren wordt elektrisch naverwarmd. Dat kost relatief veel geld voor de bewoners. Bovendien wordt het openbare net belast met grote pieken omdat deze extra elektriciteitsvraag juist tijdens de koudste periodes plaats vindt. Om deze effecten te beperken is het aan te bevelen om de installaties ruimer te dimensioneren en om grote warmtebuffering toe te passen zodat de warmtepomp tijdens piekuren kan worden uitgeschakeld terwijl de bewoners dan toch over voldoende warmte beschikken.

Voorbeeldprojecten

7.4.1 IQ woning



EPC <0,40

| | |
|-------------------------------|--|
| Ontwikkelaar – opdrachtgever: | Ballast Nedam |
| Architect: | Diverse architecten |
| Beschrijving: | Fabrieksmatig vervaardigde woningen (IFD) |
| Bouwkundige kenmerken: | Gevel $R_c > 3,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ Dak $R_c \geq 4 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ Vloer $R_c \geq 3,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ Ramen Dubbelglas Uraam = $1,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ Gebouwmassa Zwaar |
| Verwarming en warmtapwater: | Combiwarmtepomp op bodemwarmte en vloerverwarming + boiler van 150 liter Douche warmteterugwinning |
| Ventilatie: | Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning of vraaggestuurde ventilatie (CO ₂ sturing via DemandFlow systeem (Itho)) |
| Duurzame energie: | Warmte en koudeopslag |
| Informatie: | www.iq-woning.nl |

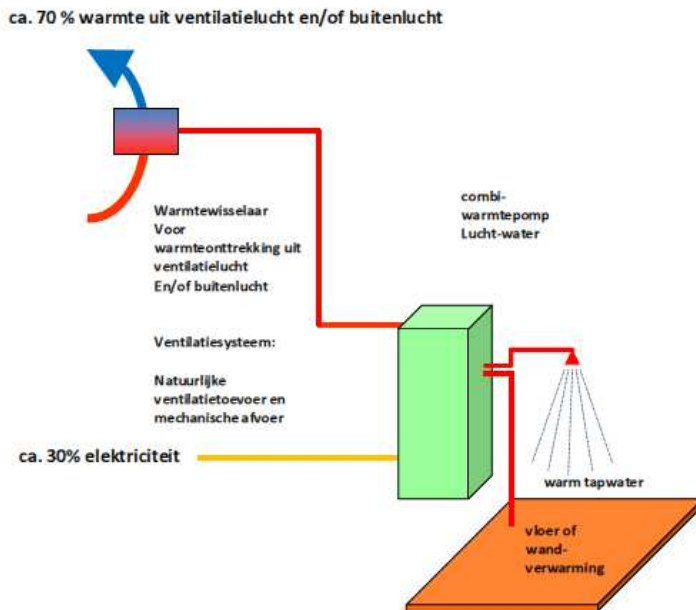
7.4.2 Climate Ready te Haarlemmerliede en Spaarnwoude



EPC=0,49

| | |
|-------------------------------|---|
| Ontwikkelaar – opdrachtgever: | Volker Wessels Vastgoed |
| Beschrijving: | Climate Ready is een keuzemodel waarbij de consumenten naast het standaard pakket duurzame maatregelen, een aantal optionele verduurzamingsmogelijkheden krijgt aangeboden. Bewoners worden begeleid door een energieconsulent. |
| Bouwkundige kenmerken: | Extra hoogwaardige isolatieschil en HR++ glas |
| Verwarming en tapwater | De woning is in de basis voorzien van laagtemperatuurverwarming, en een warmtepomp met bodemwarmtewisselaar en een douchewarmtewisselaar. |
| Ventilatie: | Mechanische afzuiging met zelfregulerende roosters. |
| Duurzame energie | De woning is bouwkundig voorbereid op een zonneboiler, PV-cellen en CO ₂ -gestuurde ventilatie. |
| Informatie: | www.climateready.nl www.kennishuisgo.nl/voorbeeldprojecten/ProjectPage.aspx?id=415 |

7.5 Luchtwater warmtepomp op ventilatie- of buitenlucht



Schema warmtepomp op ventilatie- of buitenlucht

Beschrijving

Centrale warmteleverancier is de combiwarmtepomp. Deze onttrekt warmte aan de afgevoerde ventilatielucht en/of de buitenlucht. Met behulp van een elektrische compressor wordt de warmte opgewaardeerd naar 60-65 °C (voor tapwater) en 35-45 °C voor verwarming. De verhouding tussen de hoeveelheid elektriciteit en de geleverde warmte heet de COP (Coëfficiënt Of Performance). De COP is in het voorbeeld COP=3,2. Dat betekent dat er één deel elektriciteit nodig is om 3,2 delen te produceren. De COP wordt ongunstiger als het verschil tussen de aangeleverde luchttemperatuur en de benodigde warmte groter wordt. Er zijn 3 opties voor onttrekking van de warmte aan de lucht.

- 1) Uit afgevoerde ventilatielucht bij een ventilatiesysteem met natuurlijk toevoer en mechanische afvoer. Het is belangrijk dat er voldoende luchtafvoer is omdat lucht slechts weinig warmtecapaciteit heeft. Daarom kan de woning niet worden uitgerust met een vraaggestuurd ventilatiesysteem of een gebalanceerd ventilatiesysteem met warmterugwinning.
- 2) Uit buitenlucht. Het rendement (COP) is afhankelijk van de buitentemperatuur en kan bij lage buitentemperaturen sterk teruglopen. In de winter moet er daarom soms elektrisch bijverwarmd worden als de buitentemperaturen laag zijn. Er wordt een ventilatie-unit aan de buitenkant van de woning opgesteld of beschut onder het dak (buiten de thermische schil). Deze unit is uitgerust met een ventilator. Daarom moet extra aandacht worden besteed aan mogelijk geluidsoverlast. Het ventilatiesysteem werkt onafhankelijk van het warmtepompsysteem. Men heeft hierin dus een vrije keuze.
- 3) Combinatie van afgevoerde ventilatielucht en onttrekking warmte aan de buitenlucht. Bij deze variant is het rendement iets minder afhankelijk van de buitenlucht en daardoor gemiddeld over het jaar gerekend hoger. De opmerkingen die geplaatst zijn onder 1) en 2) gelden hier ook.

In het warmtepomptoestel wordt een opslagvat geplaatst. Dit is nodig om de warmtecapaciteit van de warmtepomp te beperken waardoor het rendement verbetert. Daardoor heeft de warmtepomp vaak flinke afmetingen (ca. $b \times d \times h = 0,8 \times 0,8 \times 2 \text{ m}^3$). Men kan met behulp van de combiwarmtepomp de woning verwarmen via vloer en/of wand.

Energiebehoefte

De belangrijkste duurzame energiebron voor verwarming en tapwater is ventilatie- en/of buitenlucht. Deze levert circa 70% van de warmte voor verwarming en tapwater. Maar dat is ook afhankelijk van het seizoen. De warmtepomp werkt op elektriciteit. Deze levert de resterende 30%.

Als een thermische zonnecollector wordt toegepast, dan wordt zowel de bijdrage van de lucht als de behoefte aan elektriciteit verlaagd. Een zonnecollector heeft als voordeel dat de warmtepompcapaciteit voor warmtapwater levering afneemt waardoor kan worden volstaan met een kleiner systeem. Er is dan wel een kans, als er te weinig zon is, dat er elektrisch wordt bijverwarmd waardoor het jaarlijks rendement voor verwarmen en warm tapwater sterk kan dalen.

Bij te weinig lucht of een te lage buitentemperatuur kan het gemiddeld rendement ook sterk dalen.

Het is daarom belangrijk om de specificaties van dit systeem bij alle omstandigheden (buitenklimaat in de verschillende seizoenen, ventilatie en bewonersgedrag) voor handen te hebben, waarbij niet alleen naar de COP van de warmtepomp wordt gekeken maar ook naar de elektrische bijverwarming, zodat een juiste beoordeling kan worden gemaakt van het gemiddelde rendement over een jaar gerekend.

Voordelen

- Een voordeel van dit systeem is dat een warmtepomp weinig bewegende delen kent en het onderhoud beperkt is. Er is ook geen dure bodembron nodig.
- Men maakt ook alleen maar gebruik van elektriciteit. Daardoor is het mogelijk om met behulp van groene stroom de gehele woning te verwarmen. Dit kan belangrijk zijn in de toekomst als grote delen van het Nederlandse elektriciteitsvoorziening overgaan op groene stroom. Zelfs nu is er al een keuze voor de consument om groene stroom in te kopen.

Aandachtspunten

- Het rendement van de warmtepomp is sterk afhankelijk van de omstandigheden zoals buitenklimaat, bewonersgedrag, de hoeveelheid ventilatielucht etc. Als er te weinig warmte kan worden geleverd wordt meestal elektrisch bijverwarmd. Dat kost relatief veel voor de bewoners.
- Bij onttrekking van warmte aan de buitenlucht moet extra aandacht worden gegeven aan het voorkomen van eventuele geluidsoverlast van de buitenunit (ventilator).
- Een ander punt van aandacht is dat men, ingeval een hele wijk is voorzien van warmtepompen, in het openbare net rekening moet houden met een sterke stroompuls, als na een storing alle warmtepompen tegelijkertijd in bedrijf komen en tijdens piekdagen dat alle woningen elektrisch bijverwarmen.

Voorbeeldproject

7.5.1 Zuiderplantsoen Driebergen 5 woningen

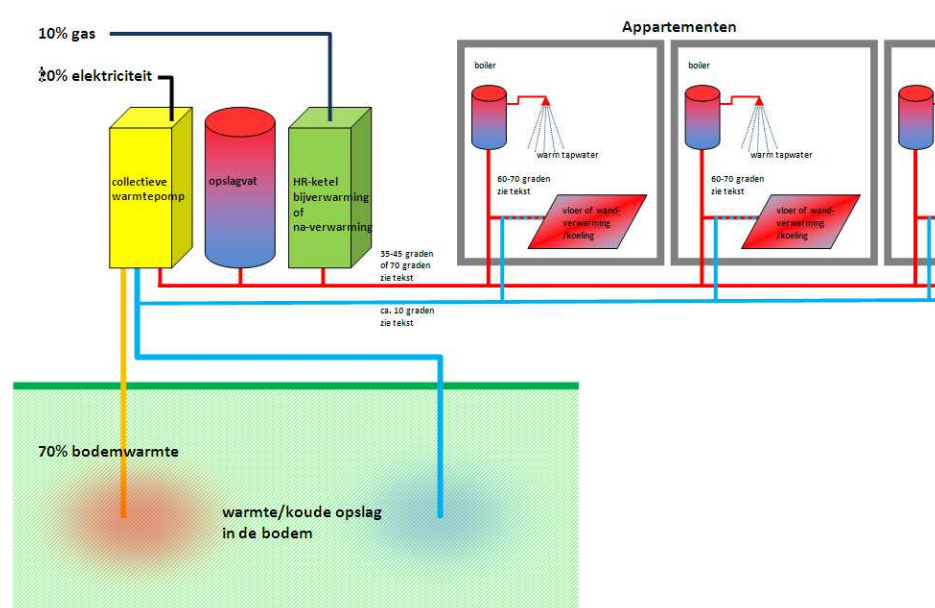


EPC=0,60 (zonder zonnestroom)

EPC=0,40 (met 10,8 m² zonnestroompanelen)

| | |
|-------------------------------|---|
| Ontwikkelaar – opdrachtgever: | Heuvelrug Wonen |
| Architect: | Han van Zwieten Architecten te Amersfoort |
| Beschrijving: | Compacte goed geïsoleerde woningen zonder uitsteeksels met een uitgekiend ontwerp zoals korte leidingen voor tapwater. De installatie is een lucht/water warmtepomp waarbij de buitenunit is geplaatst achter in de berging. Eventueel geluidsproductie is daardoor afgekeerd van de woningen. De zonnestroompanelen zijn volledig in het dak geïntegreerd. |
| Bouwkundige kenmerken: | Wanden en vloeren met een Rc van 3,5 m ² K/W Dak met een Rc van 5,0 m ² K/W |
| Verwarming en tapwater | Lucht-water warmtepomp + boiler van 300 liter + buitenlucht |
| Ventilatie: | Natuurlijke toevoer met zelfregelende roosters en klokgestuurde mechanische afvoer |
| Duurzame energie | 10,8 m ² in dak geïntegreerde zonnestroompanelen |
| Informatie: | www.wbsleersum.nl/index.php?option=com_content&view=article&id=278:vijf-duurzame-huizen-aan-het-zuiderplantsoen&catid=39:nieuwbouw&Itemid=64 |

7.6 Collectieve warmtepomp



Schema voorbeeld van collectieve warmtepomp met warmte/koudeopslag

Beschrijving

De basis van de installatie is een grote warmtepomp die warmte onttrekt aan de bodem. Deze warmte wordt via een warmtenet doorgegeven aan de individuele woningen. De temperatuur is dan 35-45 °C. Er worden verschillende varianten uitgevoerd met een dergelijk systeem. Voor tapwater is een hogere temperatuur nodig om te zorgen voor voldoende temperatuur en om legionella te voorkomen. Een ringleiding met een hoge temperatuur zal veel energieverlies hebben omdat constant het water in een ringleiding op de hoge temperatuur moet worden gehouden. In bovenstaand voorbeeld worden alle appartementen voorzien van een indirect gestookte boiler. Op gezette tijden (bijvoorbeeld 's nachts) wordt water met een hoge temperatuur van 65-70 °C naar de boilers gedistribueerd. Omdat dit maar 1x per etmaal plaats vindt, blijven de warmtapwaterdistributieverliezen beperkt.

Als de warmtepomp onvoldoende warmte kan bij een grote warmtevraag, dan springt een Hr-ketel bij. Tijdens de warmtapwatervraag dient de ketel voor naverwarming. De bodem kan in de zomer worden geregenereerd door de huizen af te koelen met de temperatuur van de bodem. De bodem warmt dan weer op (warmte/koude opslag). Het systeem werkt onafhankelijk van het ventilatiesysteem. Het systeem kan worden uitgebreid met een warmte/krachtkoppeling (zie hoofdstuk over wijkverwarming)

Energiebehoefte

De bodem levert 60-70% van de warmtebehoefte. Het openbare net levert ca 20%. De bijstook is op aardgas. Deze levert ca. 10% van de totale warmtebehoefte.

Voor- en nadelen

Voordelen;

- De hoeveelheid installatieruimte in de woning beperkt is tot een boiler.
- Het energieverlies voor de distributie van warmtapwater is beperkt. Men maakt gebruik van één collectieve warmte en koude bron.

Nadelen;

- Een nadeel is dat de hoeveelheid warmtapwater beperkt is tot de inhoud van de boiler. Bij een hogere vraag wordt er eventueel elektrisch naverwarmd.
- In bovenstaand voorbeeld maakt men gebruik van zowel elektriciteit als van een HR ketel voor bijstook met aardgas.

Voorbeeldprojecten

7.6.1 22 appartementen te Geert Grote Straat te Zwolle



EPC = 0,6

| | |
|-------------------------------|--|
| Ontwikkelaar – opdrachtgever: | SWZ Zwolle Adviesbureau Cauberg Huygen Zwolle |
| Beschrijving: | De bestaande fundering vormt de basis voor het ontwerp. Hierop wordt het nieuwe appartementengebouw gerealiseerd met een lichte constructie. Binnen een stalen draagstructuur zijn 'HSB-dozen' geplaatst. Deze bestaan uit houtskeletbouwelementen voor gevels, vloeren en woningscheidingen. Er bestaat de mogelijkheid om het complex in de toekomst aan te sluiten op een wijkstelsel voor verwarming en koeling, waardoor de EPC fors lager uitvalt. |
| Bouwkundige kenmerken: | Rc-waarde vloer en gevel 7,0 – 8,0 m ² K/W Rc-waarde dak Rc = 10 m ² K/W Drievoudige beglazing |
| Verwarming en tapwater | Collectieve elektrische warmtepomp met een collectieve Hr-ketel t.b.v. pieken |
| Ventilatie: | De woningen worden geclimatiseerd door balansventilatie met warmteterugwinning en luchtverwarming en -koeling, collectief gevoed door een Hr-ketel en de warmtepomp. |
| Duurzame energie | Bodem |
| Informatie: | www.swz.nl/userfiles/pdf/verhuurfolder_Geert_Grootestraat_maart_2011.pdf www.bouwwereld.nl/project/appartementencomplex-uitgevoerd-in-staal-en-hsb/ |

7.6.2 Passiehuizen Meerdendonk



EPC=0,4

| | |
|-------------------------------|--|
| Ontwikkelaar – opdrachtgever: | Woningbouwcorporatie Brabant Wonen |
| Beschrijving: | De basis van het energieconcept van de woningen in Meerendonk zijn hoge en drievoudige beglazing. Verder krijgen de woningen vloer- en wandverwarming, warmteterugwinning uit ventilatielucht, zonwering bij zuidelijk georiënteerde ramen en optimale daglichtbenutting. Voor de energievoorziening komt er een systeem voor warmte- en koudeopslag met collectieve warmtepompen. |
| Bouwkundige kenmerken: | Rc schil= 7,0 – 8,0 m ² K/W Drievoudig glas |
| Verwarming en tapwater | Collectieve warmtepomp met warmtekoude opslag |
| Ventilatie: | Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning |
| Duurzame energie | Bodem |
| Informatie: | www.naarenergieneutraal.nl/project/15/Passiehuizen-in-Meerendonk-Den-Bosch.html |

8 Bijlagen

8.1 Relatie energieneutraal bouwen en de Energieprestatienorm EPG

De nieuwe energieprestatienorm NEN 7120 bevat bepalingmethoden voor woningen en utiliteitsbouw voor zowel nieuwbouw als bestaande bouw. NEN 7120 is per 1 juli 2012 in het Bouwbesluit aangewezen als bepalingmethode voor de energetische kwaliteit van woningen en gebouwen. Zie: www.nen.nl/web/NEN-7120.htm

Voor de Energieprestatie geldt per 1 januari 2011 dat $EPC \leq 0,6$. Deze eis wordt in 2015 naar verwachting aangescherpt naar $EPC \leq 0,4$. In 2020 zal de energieprestatie $EPC \leq 0$ moeten zijn.

Wat betekent de EPC?

Het principe van de energieprestatie bepalingmethode is dat de EPC wordt bepaald door het werkelijk energiegebruik in Mega Joules (MJ) te delen door een referentiegebruik. Dit referentiegebruik wordt berekend uit de grootte en de afmetingen van het oppervlak van een woning namelijk: $85 \times$ de verliesoppervlakte (b.g.vloer + gevel + dak) + $310 \times$ de gebruiksoppervlak (nuttige vloeroppervlak binnen een woning). Deze waarde wordt uitgedrukt in MJ.

In formule:

$$EPC_{\text{woon}} = \frac{E_{p\text{Tot}}}{310 \times A_g + 85 \times A_v + 9000}$$

waarin:

| | |
|------------------------|---|
| EPC_{woon} : | energieprestatie coëfficiënt voor woningen |
| $E_{p\text{Tot}}$: | totale energiegebruik bepaald NEN 7120 [MJ] |
| A_g : | gebruiksoppervlakte in m^2 |
| A_{verlies} : | verliesoppervlakte in m^2 |

In deze formule zijn correctiefactoren, die ingevoerd zijn om verschillende versies van de norm op elkaar af te stemmen, buiten beschouwing gelaten

Het totale energiegebruik wordt bepaald voor

- verwarming;
- hulpenergie
- koeling;
- ventilatoren;
- verlichting;
- bevochtiging;
- pompen;
- warmtapwater.

Daarbij mag het energiegebruik worden gecompenseerd met eigen opgewekte zonnestroom tot een maximum wat aan gebouwgebonden elektriciteit wordt gebruikt. Ook zonnewarmte wordt in de energiebalans meegenomen. En elektriciteit die is opgewekt met een warmtekrachtinstallatie mag meetellen.

In het energiegebruik zit niet het huishoudelijk energiegebruik voor apparaten. Daardoor heeft de energieprestatie geen directe relatie met wat er op de gas- of elektriciteitsmeter is af te lezen aan energiegebruik.

De energieprestatie-eis zegt alleen iets over de minimale energetische kwaliteit waaraan een woning moet voldoen. De indiener van een bouwaanvraag voor een woning mag zelf bepalen met welke maatregelen aan de eis wordt voldaan: extra isoleren, betere installaties of de toepassing van duurzame energie. Daarbij worden in principe alleen installaties in rekening gebracht die op het perceel van de betreffende woning staan. De opbrengst van een windmolen voor een woonwijk of een collectieve zonnestroominstallatie worden dus in de energieprestatienorm niet in de energiebalans in rekening gebracht.

Een belangrijk principe van de prestatienorm is, dat ongeacht het type, de vorm, of de grootte van de woning, dat gelijksoortige maatregelen tot min of meer de zelfde energieprestatie leiden. Anders uitgelegd: grote woningen of woningen met veel dak- of geveloppervlak mogen dus meer energie gebruiken om aan de energieprestatie-eis te voldoen dan kleine compacte woningen.

De energieprestatie is een dimensieloos getal. Voor ieder gebouw wordt een referentie energiebudget vastgesteld. Dit budget wordt berekend op basis van de grootte van het gebouw (gebruiksoppervlakte en schiloppervlakte). (zie kadertekst)
De EPC wordt berekend door het werkelijke gebruik te delen door het referentiegebruik.

Een EPC van 0,6 (huidige eis) betekent een eis van 60% van het referentiegebruik. Een EPC van 0,4 (verwachte eis in 2015) betekent een eis van 40% van het referentie gebruik en een besparing van 33% op de huidige eis.

Het energiegebruik wordt uitgedrukt in primaire energie. Dit is de hoeveelheid fossiele brandstof die nodig is om energie op te wekken of rechtstreeks te verwarmen. Het gemiddelde opwekkingsrendement van het landelijke elektriciteitsnet wordt in de omrekening van elektriciteit naar primaire energie verwerkt. Dit bedraagt 39%.

8.2 Effectieve maatregelen in de EPG

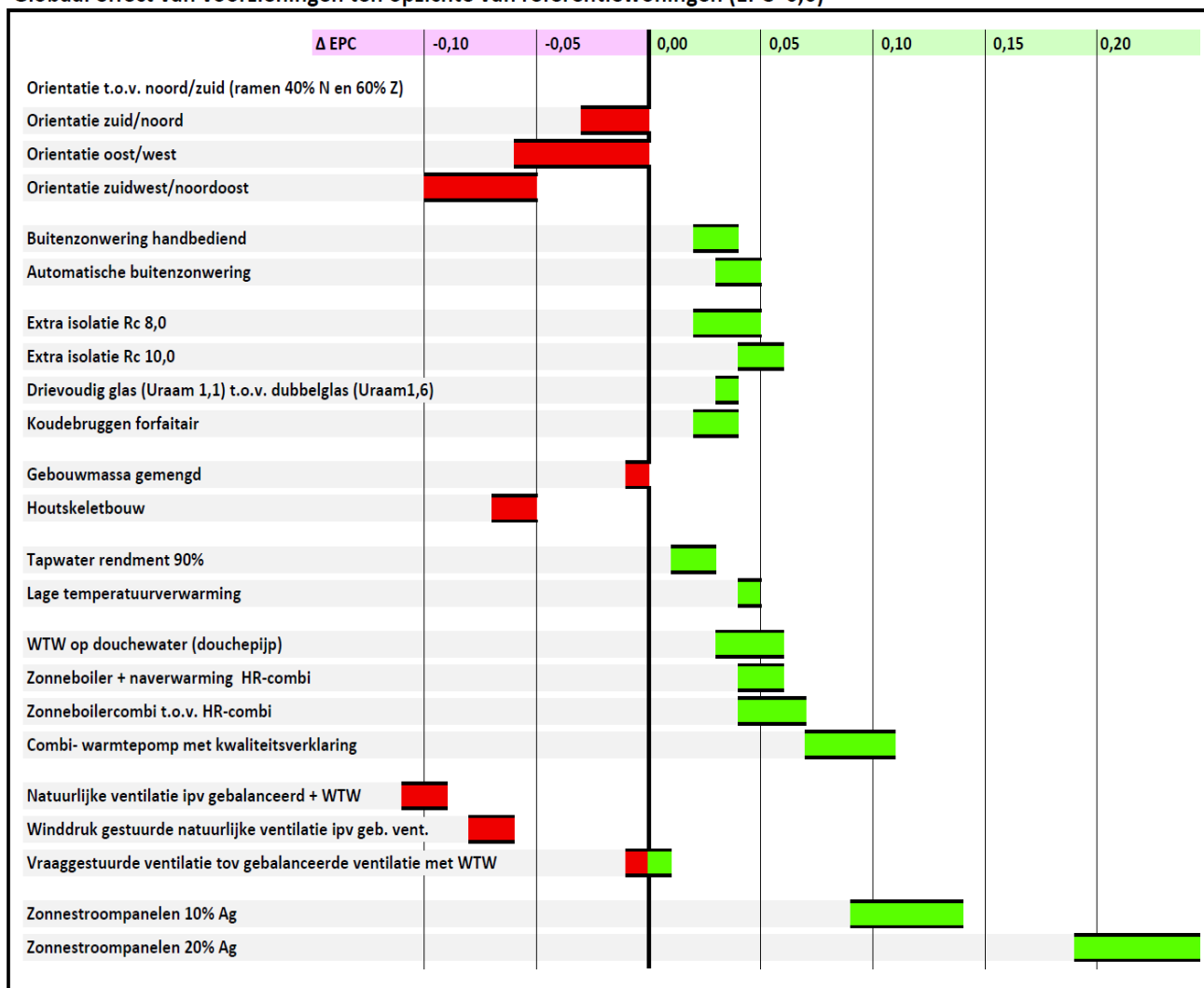
De EPG geeft een bepalingsmethode over hoe het gebouwgebonden energiegebruik moet worden berekend. De EPG gaat echter niet uit van energieconcepten: de woning wordt ontleed in afzonderlijke producten, maatregelen en technieken.

Op basis van de energetische specificaties moet een berekening worden gemaakt waarmee de werkelijke energieprestatie wordt bepaald. De berekening is gecompliceerd. Daarom moet gebruik worden gemaakt van een door de overheid goedgekeurd (gecertificeerd) rekenprogramma.

In de berekening worden de onderlinge beïnvloeding van maatregelen wel meegenomen en vindt een beperkte controle plaats op de volledigheid van de invoer van maatregelen en mogelijke tegenstrijdigheden.

In onderstaande tabel is een globale indicatie gegeven over de invloed van afzonderlijke maatregelen op de energieprestatie. Daarmee kan worden beoordeeld welke maatregelen het meest effectief zijn.

Globaal effect van voorzieningen ten opzichte van referentiewoningen (EPC=0,6)



Tabel: Indicatie van het effect van afzonderlijke maatregelen op de Energieprestatie van woningen

De effecten op de energieprestatie mogen niet bij elkaar worden opgeteld omdat meerdere maatregelen die tegelijkertijd worden genomen, elkaar beïnvloeden. Een voorbeeld is dat het verschil in energieprestatie en energiegebruik tussen eind- en tussenwoningen bij passiefhuizen minimaal is omdat het energieverlies door de kopgevel erg laag is. Soms kunnen maatregelen elkaar zelfs tegenwerken. Zo is een warmtepomp boiler niet effectief bij toepassing van vraaggestuurde ventilatie omdat dan onvoldoende afgevoerde ventilatielucht wordt aangeboden waaruit de warmte voor de warmtepomp kan worden onttrokken.

Een ander voorbeeld is het risico van temperatuuroverschrijding in geïsoleerde woningen. Dit wordt groter bij gebruikmaking van passieve zonne-energie.

Het is nodig om meerdere elkaar versterkende maatregelen te nemen. Zo heeft een warmtepomp een beter rendement bij een laag temperatuur verwarmingssysteem. Ook voor een zonneboilercombi is een laag temperatuursysteem noodzakelijk om de opgevangen zonnewarmte effectief te kunnen benutten.

Uit de tabel blijkt dat het vanuit besparingsperspectief het meest gunstig is om warmtepompen of een zonneboilercombi in te zetten. Wat betreft ventilatie is de toepassing van een gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning gunstig. Een dergelijk systeem kan een prima bijdrage leveren aan een gezond en comfortabel binnenklimaat mits wordt voldaan aan de eisen m.b.t. ontwerp, uitvoering en onderhoud. (Zie hoofdstuk 5.3 over ventilatie).

Ook vraaggestuurde ventilatie blijkt rekenkundig bij de ventilatiesystemen gunstig uit te werken. Dat heeft echter te maken met het feit dat er (op het moment van schrijven) geen eenduidige beoordeling is voor CO₂ gestuurde ventilatiesystemen in relatie tot bewonersgedrag en het maximum ingestelde CO₂ niveau.

In de praktijk is de energiebesparing bij CO₂-sturing sterk afhankelijk van hoeveel die de bewoner wenst te ventileren. Omdat er geen warmteterugwinning plaats vindt loopt het energieverlies snel op bij een grotere ventilatievoud. Bij gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning zal het ventilatieverlies van de woning minder afhankelijk zijn van het ventilatievoud en het bewonersgedrag

Andere maatregelen die vanuit de rekensystematiek relatief veel effect lijken hebben op de energieprestatie zijn warmteterugwinning op douchewater en een zonneboiler. Douche-WTW werkt, in tegenstelling tot een zonneboiler, onafhankelijk van de zoninstraling, behoeft ook geen hulpenergie. Het heeft voor de bewoner het meeste effect als er veel gedoucht wordt. De besparing kan oplopen tot meer dan 50% van het warmteverlies via doucheafvalwater naar de riolering. Qua besparing is de besparing min of meer vergelijkbaar met de opbrengst van een kleine zonneboiler.

In een aantal woningconcepten kiest men voor een gasgestookte woning. Het gasgebruik wordt gecompenseerd door duurzaam opgewekte stroom terug te leveren aan het openbare net waardoor er minder fossiele brandstof in de centrale wordt ingezet.

In principe is omzetting van gas in warmte via een hoogrendementsketel voor het milieu gunstiger dan dat dezelfde hoeveelheid warmte wordt opgewekt via stroom uit het openbare elektriciteitsnet. Dat heeft te maken met de brandstofmix die in centrales wordt gestookt en het lege rendement van de elektriciteitscentrale. Een warmtepomp heeft een hoog rendement waardoor stroom uit het openbare net toch gunstiger kan zijn. Vergelijk een Hr-ketel en een warmtepomp.

8.3 Informatie over de energieprestatie en de energieprestatienorm

- Wat is de energieprestatienorm?
www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/vragen-en-antwoorden/wat-is-de-energieprestatienorm-van-gebouwen-epg.html
- Energieprestatienorm NEN 7120 bevat bepalingmethoden voor woningen en utiliteitsbouw voor zowel nieuwbouw als bestaande bouw.
www.nen.nl/web/NEN-7120.htm
- Energieprestatienorm voor maatregelen op gebiedsniveau (EMG) - Bepalingmethode
www.nen.nl/web/Normshop/Norm/NVN-71252011-nl.htm
- Nieuwe energieprestatie norm voor gebouwen EPG
www.agentschapnl.nl/nieuws/nieuwe-epg-doet-meer-recht-aan-de-bouwfysische-werkelijkheid
www.rijksoverheid.nl/ministeries/bzk/nieuws/2011/04/19/nieuwe-energieprestatienorm-voor-gebouwen.html
- Checklist EPC-berekening
www.agentschapnl.nl/content/checklisten-epc-berekening-voor-woningbouw
- Concepten woningen met EPC $\leq 0,6$
www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/concepten-epc-06-energieprestatie-nieuwbouw-epn
- Handboek gemeenten Energie prestatie gebouwen
www.agentschapnl.nl/content/handboek-gemeenten-energie-prestatie-gebouwen
- Computerprogramma EPcheck
www.agentschapnl.nl/content/computerprogramma-epcheck-30
- Leveranciers die op dit moment EPG software leveren:
 - Bink www.binksoftware.nl
 - Vabi www.vabi.nl
 - Earth energieadvies www.bureau-earth.nl
 - De Twee Snoeken www.tweesnoeken.nl
 - DGMR www.dgmr.nl
 - W/E adviseurs www.w-e.nl
