

Resultaten uit monitoring over:

CONCEPTEN NUL OP DE METER EN 80% BESPARING

Energie
Sprong
PLATFORM3L

TNO innovation
for life



RT&O

Bouwers die kiezen voor energiezuinig en Nul op de Meter staan voor een aantal uitdagingen. Zowel op sociaal, economisch en technisch gebied is er werk aan de winkel. Er wordt al gepioneerd en daar kunnen we van leren. Daarom delen wij, TNO, RIGO, Van Beek, Energiesprong | Platform 31, met plezier de lessen die we hebben getrokken uit het monitoren van een aantal energiezuinige renovatie- en nieuwbouwprojecten. In dit document gaan we in op de resultaten uit het monitoren van Nul op de Meter en 80% energiereductie-concepten.

We laten eerst de belangrijkste resultaten en lessen zien. Verderop in het document zoeken we de verdieping op. Behalve het inzichtelijk maken van onderzoeksresultaten, geven we ook tips.

Dit document maakt deel uit van een serie van drie, de andere documenten zijn gericht op prestatiegarantie en bewonerstevredenheid.

De gemonitorde projecten zijn:

Locatie	Naam	Renovatie / nieuwbouw	Concept	Aantal woningen	Monitoring periode	
					van	tot
Kerkrade	Heemwonen	Renovatie	10 dagen, plug and play, prefab	153	18-7-'13	12-11'14
Uft, Vogelbuurt	Zorgeloos wonen	Renovatie	16 dagen, LEAN, 50% besparen op energie	115	6-2-'14	heden
Haarlem	Amsterdamse buurt	Renovatie	Binnenzijde isolatie, HR CV, PV, huishoudelijke energie	108	28-3-'14	heden
Montferland	Energiesprong Montferland	Vervangende nieuwbouw	Huishoudelijke energie, lagetemperatuur verwarming	61	18-11-'13	14-11'14
Rijswijk	Rijswijk-Buiten	Nieuwbouw	NOM, Huishoudelijke energie, bodemwarmtepomp	5	4-7-'14	heden

BELANGRIJKSTE LESSEN

Meten is weten. Wat zijn op basis van technische monitoring, interviews en enquêtes de opvallendste constatering en lessen?

Nul op de Meter kán!

De eerste resultaten laten zien dat de beloofde Nul op de Meter ambities zijn waargemaakt én dat de bewoners tevreden zijn. Uit de monitoringsresultaten blijkt dat de woningen in het eerste jaar gemiddeld Nul op de Meter zijn. Hierbij is gecorrigeerd voor de relatief warme winter en hogere zoninstraling van dat jaar. Nul op de Meter is dus zeker geen mythe maar een nieuwe werkelijkheid.

Tips: Waar moet in het algemeen op gelet worden bij het behalen van Nul op de Meter?

- *Bouwkwaliteit is essentieel.*
Bij een slechte bouwkwaliteit gaat onnodig energie verloren. Verricht daarom tussentijdse metingen (Bouwtransparant).
- *Beperk het huishoudelijk energiegebruik.*
Dit kan door het gebruik van energiezuinige apparaten, verlichting en stand-by killers en het geven van vouchers voor A++ apparatuur aan bewoners. Een aandachtspunt hierbij is de informatievoorziening aan de bewoners, deze moet laagdrempelig zijn.
- *Wees helder over wie verantwoordelijk is bij storingen.*
Men moet weten waar men terecht kan bij problemen, zodat zo snel mogelijk kan worden ingegrepen.

Lees in [Verdieping 1](#) over de eerste gemeten succesvolle Nul op de Meter woningen in RijswijkBuiten.

Lees in [Verdieping 2](#) meer over installatieconcepten voor 80% energiereductie en Nul op de Meter.

Oververhitting: een belangrijk maar soms ondergeschoven aandachtspunt

Bij de gemonitorde projecten vindt een behoorlijk percentage bewoners (variërend van 23% tot 44%) het te warm in de zomer. Dit is een relatief groot aantal ontevreden bewoners. Bij de 80% energiereductie-concepten zijn in veel gevallen geen maatregelen genomen om oververhitting te voorkomen. Zelfs als passieve koelmaatregelen zoals een overstek en spuivoorzieningen worden toegepast, kan een relatief groot aantal mensen het te warm ervaren in de zomer en kunnen vertrekken te vaak te warm worden.

Tips: Hoe voorkom je oververhitting?

- *Houd al bij de conceptontwikkeling rekening met oververhitting.*
Het is niet voor niets dat in prestatiecontracten de mogelijkheid bestaat om temperatuuroverschrijding mee te nemen.
- *Zorg voor koeling door een warmtepomp.*
In de praktijk zien we dat de warmtepomp er daadwerkelijk voor kan zorgen dat bewoners minder last hebben van oververhitting. Bijkomend voordeel kan zijn dat koeling in de zomer gebruikt kan worden om de bron te regenereren.

Lees meer over oververhitting in [Verdieping 3](#).

Kwaliteit bij oplevering bepalend voor energieprestaties

Er zijn ook voorbeelden van projecten waar wel maatregelen zijn toegepast om oververhitting te voorkomen. Zo is in het project in Kerkrade, waar de woning zeer goed geïsoleerd is, nachtventilatie en een overstek toegepast. Dit vertaalt zich in meer tevreden bewoners ten opzichte van de uitgangssituatie, maar 34% vindt het toch nog te warm in de zomer. In de zomer zijn de temperatuuroverschrijdingen in de slaapkamer feitelijk ook hoog. Bij Montferland is topkoeling door een luchtwarmtepomp toegepast op de begane grond. Dit vertaalt zich in een redelijk laag percentage van bewoners (25%) dat het te warm vindt in de zomer. Bij RijswijkBuiten is koeling toegepast door een grondgebonden warmtepomp. Uit metingen blijkt dat het temperatuurniveau in de zomer goed instelbaar is.

De aanbeveling is dat oververhitting een belangrijk aandachtspunt is. Zelfs als passieve koelmaatregelen worden toegepast, zoals een overstek en spuivoorzieningen, kan een relatief groot aantal mensen het te warm ervaren in de zomer en kunnen vertrekken te vaak, te warm worden. Een andere mogelijkheid om oververhitting te voorkomen is de toepassing van actieve maatregelen, zoals een warmtepomp. In de zomer kan deze laatste maatregel tevens gebruikt worden om de bron te regenereren.

Kwaliteit oplevering: Luchtdichtheid, geluidsoverlast en tocht ten gevolge van het ventilatiesysteem, zijn kritische factoren voor het behalen van de beloofde energetische en comfortprestaties.

Door luchtlekken en ongebalanceerde WTW-systemen gebruiken de woningen meer energie dan contractueel is beloofd. Vanwege geluidshinder zetten bewoners de WTW soms zelfs uit. Dit verklaart mogelijk ook het extra raamgebruik voor ventilatie wat weer tot extra energieverlies leidt. Dit kan er zelfs toe leiden dat in het geval van een warmtepomp de woning niet op temperatuur komt omdat er onvoldoende capaciteit is.

Tips: Hoe voorkom je luchtlekken, geluidsoverlast en tocht?

- *Verricht tijdens de bouw (Bouwtransparant) controlemetingen op luchtdichtheid en bouwkwaliteit.*
Op die manier kunnen extra kosten bij oplevering en hoger energiegebruik in de gebruiksfase worden voorkomen.
- *Luchtlekken zitten vaak op dezelfde plekken, besteed hier extra aandacht aan.*
Maak hiervoor gebruik van producten die aansluitingen luchtdicht maken en zorg voor zorgvuldige uitvoering. Voer luchtdichtheidstesten uit voor de oplevering om luchtlekken op te sporen. Dit is een eenvoudige manier om luchtlekken te minimaliseren en zo de contractuele energiereductie te behalen. De meest voorkomende luchtlekken zijn de schoorsteen en dakdoorvoer, ramen, raamkozijnen en deuren.
- *Vraag vooraf aan de fabrikant hoe het ventilatiesysteem geïnstalleerd dient te worden.*
Zo kan geluidshinder worden voorkomen door bijvoorbeeld het hanteren van voldoende ruimte voor geluidsdempers en het beperken van het aantal bochten.
- *Voorkom tocht.*
Bij de combinatie van lagetemperatuurverwarming en natuurlijke toevoer door de gevel, dient extra aandacht te worden besteed aan het voorkomen van tocht. Enkele producten die hiervoor zijn ontwikkeld, zijn zelfregelende roosters en combinaties van luchttoevoer en verwarming.
- *Besteed bij recirculatiekappen extra aandacht aan reukoverlast.*
Bewoners met recirculatie-afzuigkappen klagen nogal eens dat geurtjes blijven hangen.

- *Besteed aandacht aan de inregeling en in het geval van WTW, aan de balans van het ventilatiesysteem.*

Slecht uitgevoerde ventilatiesystemen vergroten het energiegebruik. Denk aan onvoldoende luchtzijdige inregeling, waardoor de balans tussen toe- en afvoerdebiet wordt verstoord. De effectiviteit van de warmte-terugwinning neemt hierdoor sterk af.

Lees in [Verdieping 4](#) meer over hoe de kwaliteit van oplevering kan bijdragen aan de energieprestaties.

Warmtepompen en PV-panelen hebben een snelle prijsdaling doorgemaakt.

Gelijktijdig wordt er door diverse aanbieders gewerkt om door middel van prefabricage de isolatie goedkoper te kunnen aanbrenge. Dit is van belang omdat het hierdoor mogelijk wordt, ambitieuze energiebesparing sneller daadwerkelijk toe te passen.

Tips: Hoe houd ik de kosten zo laag mogelijk?

Vraag actuele prijzen op bij de afweging van diverse maatregelen. Dit soort prijzen zijn onderhevig aan grote veranderingen.



VERDIEPING 1

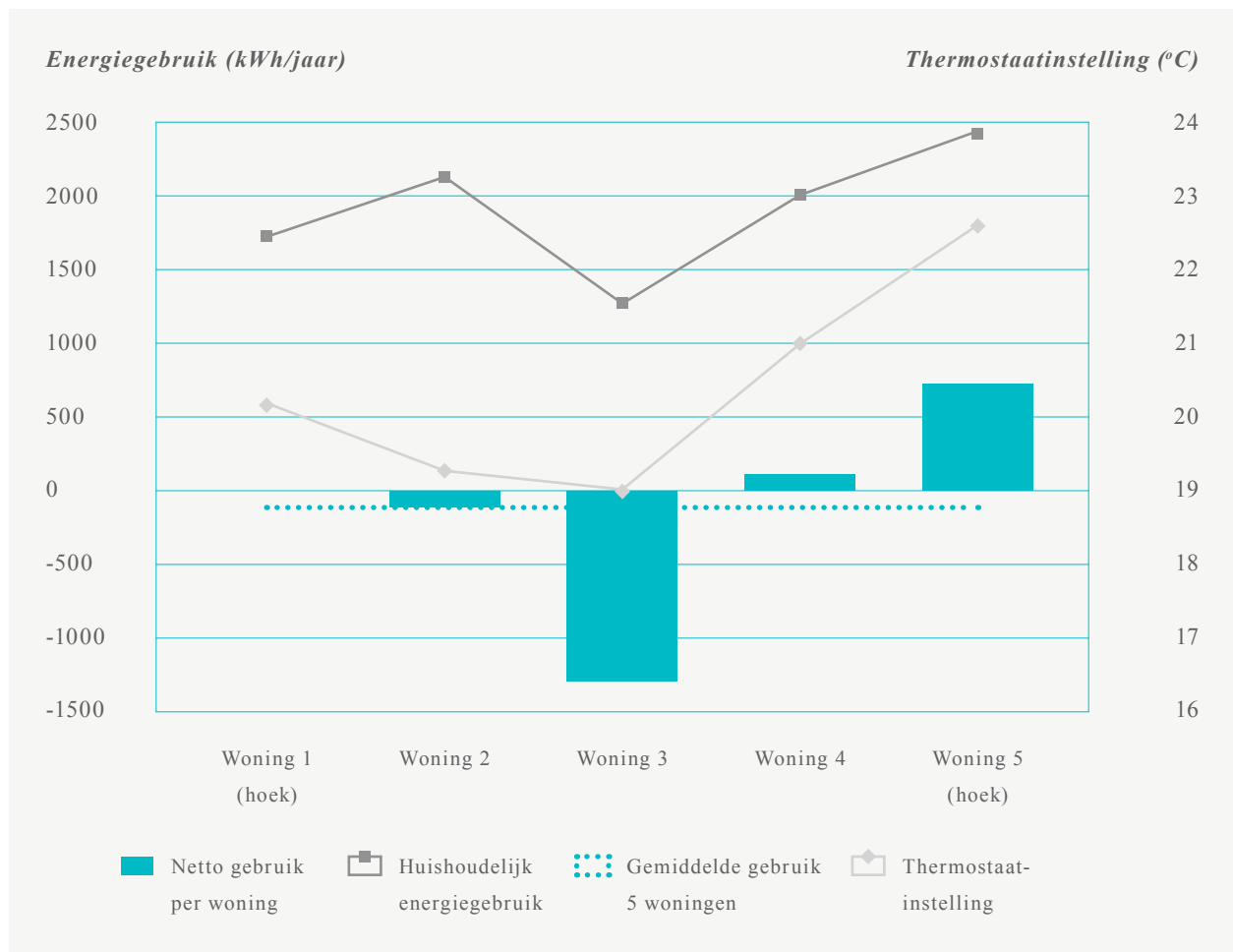
EERSTE RESULTATEN SUCCESVOL NUL OP DE METER

RIJSWIJKBUITEN

We hebben de eerste resultaten van de monitoring in RijswijkBuiten binnen en kunnen concluderen dat Nul op de Meter kán. In de Nul op de Meter nieuwbouwwoningen van RijswijkBuiten zijn zonnepanelen (PV) en HR-ventilatie toegepast in combinatie met een goed geïsoleerde en kierdichte schil (RC = 4,1 m²K/W). Er is in dit project veel aandacht besteed aan bewonersvoorlichting, monitoring/meten en bouwkwaliteit. De resultaten na een jaar zijn positief. Uit de monitoringresultaten van de woningen blijkt dat de woningen het eerste jaar gemiddeld als Nul op de Meter kunnen worden bestempeld. Om verschillen in het buitenklimaat te vereffenen, wordt vijf jaar na oplevering definitief bepaald of de energieprestatie voldoet aan de afgegeven garantie voor het energiegebruik.

Figuur 1: RijswijkBuiten, energiegebruik en thermostaatinstelling per woning.

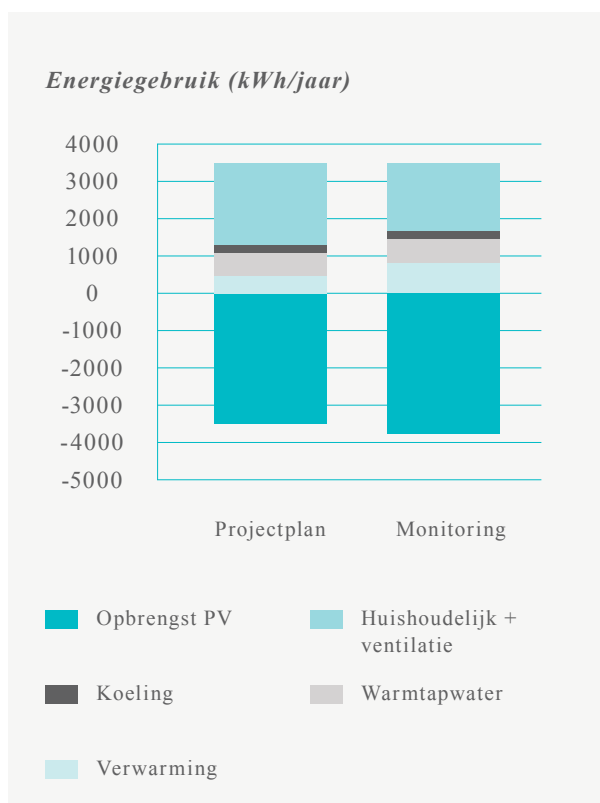
Toelichting: Het blauwe staafdiagram geeft het netto jaarlijks energiegebruik (gebruik - opwekking) per woning weer zoals aangegeven op de linker as. De blauwe stippellijn is het gemiddelde netto gebruik van de 5 woningen. De grijze lijn geeft het huishoudelijk energiegebruik per woning weer op de linker as. De oranje lijn is de thermostaatinstelling van de woningen zoals aangegeven op de rechter as. Hogere waarden voor de thermostaatinstelling en het huishoudelijk gebruik laten bij deze woningen ook een hoger netto energiegebruik zien.



De verschillen in het netto energiegebruik tussen de woningen zijn voor een deel te verklaren door de thermostaatinstelling, zoals te zien is in figuur 1. Daarnaast blijkt uit de monitoring dat er behoorlijke verschillen zijn in het huishoudelijk elektragebruik. Voor een deel zullen deze verschillen behalve met bewonersgedrag, ook te maken hebben met de samenstelling van de huishoudens en de mate van aanwezigheid van de bewoners.

Bewuste bewoners

Uit andere monitoringprojecten is gebleken dat de bewoner grote invloed heeft op het daadwerkelijke energiegebruik. In RijswijkBuiten is hier succesvol op ingespeeld door de bewoner te stimuleren energiezuinige huishoudelijke apparatuur aan te schaffen. Aan de kopers van de huizen werden vouchers beschikbaar gesteld voor de aanschaf van energiezuinige LED-verlichting, een warmtepompdroger en tenminste twee huishoudelijke A+++ apparaten uit de volgende categorieën: wasmachine, koelkast/vriezer en vaatwasser. Daarnaast stelde het consortium 10 stand-by killers en een energiezuinige deurbel ter beschikking. Dit soort maatregelen vertaalt zich ook in een daadwerkelijk gemeten laag huishoudelijk elektriciteitsgebruik, zie figuur 2.



Figuur 2: Rijswijk - gemiddeld energiegebruik 5 NOM-woningen.

Bewonerstevredenheid RijswijkBuiten

De bewoners in RijswijkBuiten zijn erg tevreden over het comfort van de woningen en de vergoedingen voor energiezuinige apparatuur. Over de informatievoorziening m.b.t. de installaties en het prestatiecontract geven de bewoners in een bewonersgesprek aan dat ze in korte tijd erg veel informatie hebben ontvangen, waardoor ze niet alles onthouden hebben (zie ook het document Bewonerstevredenheid).

Daarnaast geven ze aan dat niet altijd duidelijk is welke partij verantwoordelijk is bij storingen, waardoor het soms lang duurt voordat een storing is

opgelost. Als de installaties goed functioneren, zijn de bewoners er wel tevreden over. Als aandachtspunt noemen ze het geluid van de installaties en dan met name dat van de warmtepomp.

Interessant is dat de bewoners de woningen gekocht hebben om andere redenen dan energiezuinigheid. Niettemin zijn zij tevreden over het energiegebruik tijdens het eerste jaar en hebben ze er vertrouwen in dat de komende jaren vergelijkbare resultaten behaald kunnen worden.

Ongelijktijdigheid opwekking en gebruik

Opvallend in de meetresultaten is de hoge teruglevering van elektriciteit: een groot deel van de PV-opbrengst wordt direct aan het elektriciteitsnet teruggeleverd. Dit laat duidelijk de ongelijktijdigheid zien van de opwekking en het gebruik van elektriciteit. De opwekking vindt vooral overdag in de zomer plaats, het gebruik met name in de vroege ochtend, de avonden en in de winter (voor verwarming). Een mogelijkheid om dit te ondervangen is om deze zonneenergie slim te bufferen. Hierdoor wordt het aanbod van zonnestroom losgekoppeld van de vraag van de ruimteverwarming en warmtapwater over de 24 uur van de dag. Praktijkvoorbeelden in Duitsland van dit principe laten een hogere benutting van de opgewekte elektriciteit zien.

Uitlezen installaties

Een ingenieus aspect in dit project is het uitlezen van slimme installatiesystemen op afstand. Hierdoor kan men snel anticiperen op mogelijke problemen in de installatie. Een bijkomend voordeel is dat de inzet van extra monitoringsapparatuur hiermee kan worden beperkt.

Bouwkwaliteit

Om te voorkomen dat de warmtepomp onvoldoende capaciteit heeft, is een steekproef gedaan naar de luchtdichtheid van de woning. Geconstateerde fouten zijn in alle woningen met fotobewijs hersteld. Dit is een te volgen voorbeeld want bij het monitoren van andere energiezuinige renovatie- en nieuwbouwwoningen zien we vaak dezelfde luchtlekken (zie Tabel 5). De meest voorkomende zijn de afdichtingen bij de schoorsteen en dakdoorvoeren, gevolgd door het (dak)raam en het raamkozijn.

Tip:

Door daar extra aandacht aan te besteden bij de uitvoering en het ontwerp van de bouwdetails, kan de luchtdichtheid van de woning aanzienlijk verbeterd worden. Eventueel resterende luchtlekken kunnen worden weggenomen door een opleverinspectie, gevolgd door een herstel met fotobewijs.

VERDIEPING 2

INSTALLATIECONCEPTEN 80% ENERGIEREDUCTIE EN NUL OP DE METER

De gemonitorde renovatieprojecten in het Energiesprongprogramma laten verschillende concepten zien voor de renovatie van huurwoningen met 80% energiereductie (zie Tabel 1). Kenmerkend voor de renovatieprojecten is de toepassing van HR 107 ketels. Bij het project waar sloop/nieuwbouw is toegepast, zijn deze ketels aanvullend gecombineerd met luchtwarmtepompen. De verschillende installatieconcepten brengen andere keuzes met

zich mee wat betreft de maatregelen. Dit heeft weer tot gevolg dat de uiteindelijke energieposten, zoals verwarming, warmtapwater en huishoudelijk elektriciteitsgebruik, per project verschillend zijn. In dit hoofdstuk beschrijven we eerst kort de 80% energiereductie installatieconcepten waar we de monitoringsgegevens van hebben. Daarna vergelijken we deze met Nul op de Meter concepten en delen we de belangrijkste lessen.

Corporatie	Bouwer	Locatie	Maatregelen	Kosten (euro)
HeemWonen	BAM	Kerkrade	Renovatie: HR 107 ketel, WTW, Rc= 5 - 10, triple glas, zonnecollector, PV 3150 Wp, passieve koeling door overstek en nachtventilatie	55.000*
Woningstichting Bergh	Goldewijk	Montferland	Sloop/nieuwbouw: Luchtwarmtepomp met HR107 ketel voor warmtapwater, zelfregelende roosters, Rc = 6, triple glas, douche WTW, PV 3600 Wp	24.000**
Wonion	WBC aannemings- bedrijf	Uift	Renovatie: HR107 ketel, WTW, Rc = 4,2 – 5,6, HR++ glas, PV 4650 Wp, luifel en zonwerend glas	52.000*
Elan Wonen	Van Wijnen Heerhugowaard	Haarlem	Renovatie: HR107 ketel, LT convectoren met mechanische luchttoevoer, Rc= 7,5, HR++ glas, PV 1730 Wp	41.000*

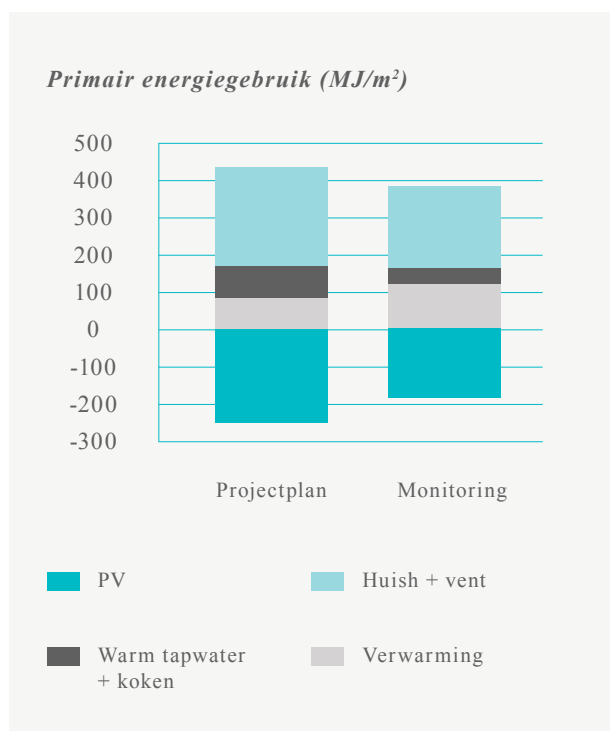
*Energie gerelateerde kosten (Renovatie projecten)

** Meerkosten nieuwbouw ten opzichte van EPC = 0,6

Tabel 1: Overzicht van de 80 procent reductie concepten in het Energiesprong programma.

Kerkrade – passief huis renovatie

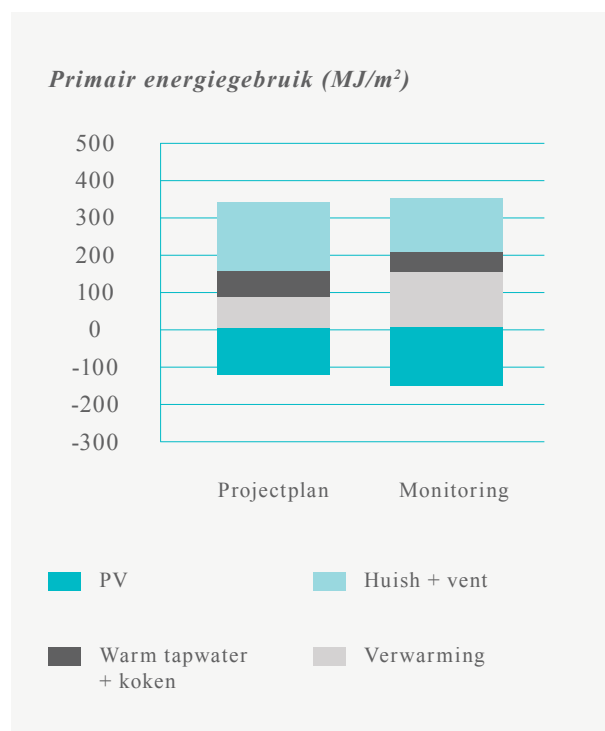
In Kerkrade zijn in tien dagen tijd, 153 huurwoningen in bewoonde toestand gerenoveerd volgens de Passiefhuis-methode. Er zijn compleet nieuwe prefab gevels geplaatst, waarbij de ventilatiekanalen prefab in de houtskeletbouw (HSB) zijn opgenomen. Verder zijn prefab dakelementen met geïntegreerde PV-panelen toegepast. De toilet, douche en keuken zijn niet vernieuwd. Bij een deel van de woningen is door de bewoners toestemming gegeven om de gas en elektragegevens op te halen. Deze gegevens zijn vervolgens geanalyseerd. Het energiegebruik is lager dan in het projectplan, evenals de opbrengst uit de PV-panelen. De deelpost verwarming pakte hoger uit dan in het projectplan. Een mogelijke reden kan zijn dat de berekeningsmethode voor ruimteverwarming in de EPC te positief is voor warmtepompen of dat de efficiency van de warmtepomp anders is dan men verwachtte. Op basis van het deel van de woningen waarover gegevens beschikbaar zijn, blijkt dat het totale gasverbruik (warmtapwater, koken en verwarming) lager is dan in het projectplan beschreven staat, zie figuur 3.



Figuur 3: Kerkrade - primair energiegebruik versus projectplan.

Montferland

In Montferland gaat het om sloop en vervangende nieuwbouw van 61 woningen. Hier wordt een luchtwarmtepomp ondersteund door de cv-ketel die tapwater verzorgt en bij lage temperaturen bijspringt. Op de begane grond is vloerverwarming toegepast waarmee in de winter wordt verwarmd en in de zomer koeling mogelijk is. Op de verdiepingen zijn convectoren geplaatst. Uit de monitoring blijkt dat in vergelijking met het projectplan meer energie wordt gebruikt voor verwarming maar minder voor warm tapwater. Het huishoudelijk energiegebruik is lager dan in het projectplan beschreven staat en de opbrengst van de PV-panelen juist hoger. Deze laatste compenseert voor een deel de hogere verwarmingsenergie. Mogelijk is de berekening voor de warmtepomp (EPC) te gunstig of is de efficiency van het warmtepomp systeem anders. De lagere luchtdichtheid (meer infiltratieverlies) zal tot een hoger energiegebruik leiden. Al met al is het totale energiegebruik hoger dan in het projectplan, zie figuur 4.

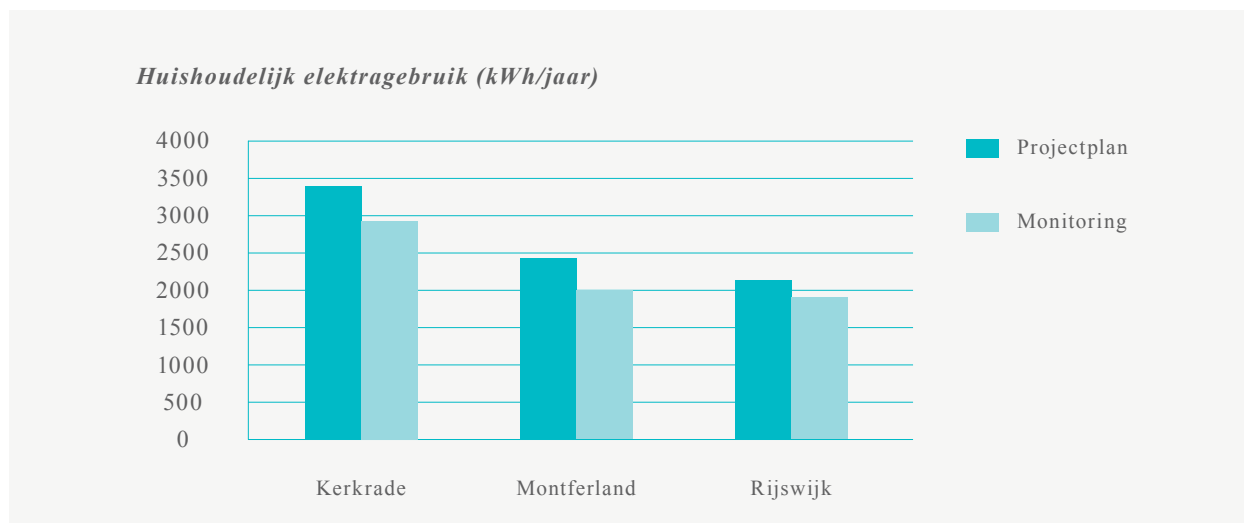


Figuur 4: Montferland - primair energiegebruik versus projectplan.

De tevredenheid van de bewoners in Montferland is behoorlijk groot. Gemiddeld geven zij een 7,8 voor het wonen in hun nieuwe energiezuinige woning. Daarbij is het laagste cijfer een 7 en het hoogste een 9. Opvallend is dat volgens de bewoners veel energie bespaard wordt met de toegepaste ketel. De werkelijke resultaten vallen na metingen echter tegen.

Vergelijking: 80% energiereductie versus Nul op de Meter

We hebben een vergelijking gemaakt van de 80% reductieprojecten in Kerkrade en Montferland met het Nul op de Meter project in RijswijkBuiten. In de vergelijking is gekeken naar het huishoudelijk gerelateerde elektragebruik (zie figuur 5) en het energiegebruik voor ruimteverwarming (zie figuur 6).



Figuur 5: Gemiddeld huishoudelijk elektragebruik van drie projecten volgens monitoring en projectplan.

De invloed van bewoners

RijswijkBuiten scoort het beste op het huishoudelijk elektragebruik. Dit scheelt bijna een factor twee met Kerkrade. Ook Montferland scoort niet slecht. In Montferland en RijswijkBuiten is actief geprobeerd het huishoudelijk energiegebruik terug te dringen. De meetresultaten bewijzen nog maar eens dat dit niet voor niks is geweest!

Bewuste bewoners, hoe werkt dat?

In Montferland was er sprake van een expliciet doel: bewoners bewust maken van hun eigen positieve invloed op de daling van het huishoudelijk energiegebruik. Dit deed men onder meer door:

- de uitgifte van kortingsbonnen waarmee bewoners nieuwe, energiezuinige apparatuur (A++ label) konden aanschaffen;

- het gebruik van standby-killers (deze voorkomen het sluipverbruik van apparaten door het toestel helemaal uit te schakelen wanneer het in de standby-stand staat);
- bewoners te stimuleren het gebruik van de wasdroger te vermijden.

Bewoners in Montferland zeggen vrij energiebewust te zijn (geworden). Het merendeel van de respondenten geeft aan bewust om te gaan met water en energie en het belangrijk te vinden dat andere mensen en bedrijven dat ook doen. Ook bij de aanschaf van nieuwe apparaten zegt de meerderheid dat zij energiezuinigheid van het apparaat belangrijker vindt dan de (lage) prijs. Iets meer dan 40% geeft aan bewuster met energie om te gaan sinds men in de huidige (energiezuinige) woning woont.

In het geval van RijswijkBuiten lazen we al dat voor de kopers vouchers beschikbaar gesteld zijn voor de aanschaf van energiezuinige LED-verlichting, een warmtepompdroger en tenminste twee huishoudelijke

A+++ apparaten. Ook werden hier 10 stand-by killers en een energiezuinige deurbel ter beschikking gesteld. De effecten van de verschillende maatregelen zie je in Tabel 2. De bewoners vonden het een prima initiatief. Zij laten weten zich niet anders te gedragen in hun nieuwe woning dan dat zij dat deden in hun vorige woning. De bewoners in Rijswijk geven ook aan het comfort in hun woning (behaaglijke temperatuur en voldoende warm water) belangrijker te vinden dan het al dan niet halen van Nul op de Meter.

Les: Energiebewuste bewoners dragen significant bij aan een laag energiegebruik, maar energiezuinige apparaten zeker ook!

<i>Apparaat</i>	<i>Besparing kWh</i>
Warmtepomp droger	225
A+++ wasmachine	76
Vaatwasser A++ of koelkast A++	98
Stand-by killers	75
Solar deurbel	22
<i>Totaal</i>	496

Tabel 2: Voorbeelden van energiebesparing met besparingspotentieel voor een gemiddeld gezin.

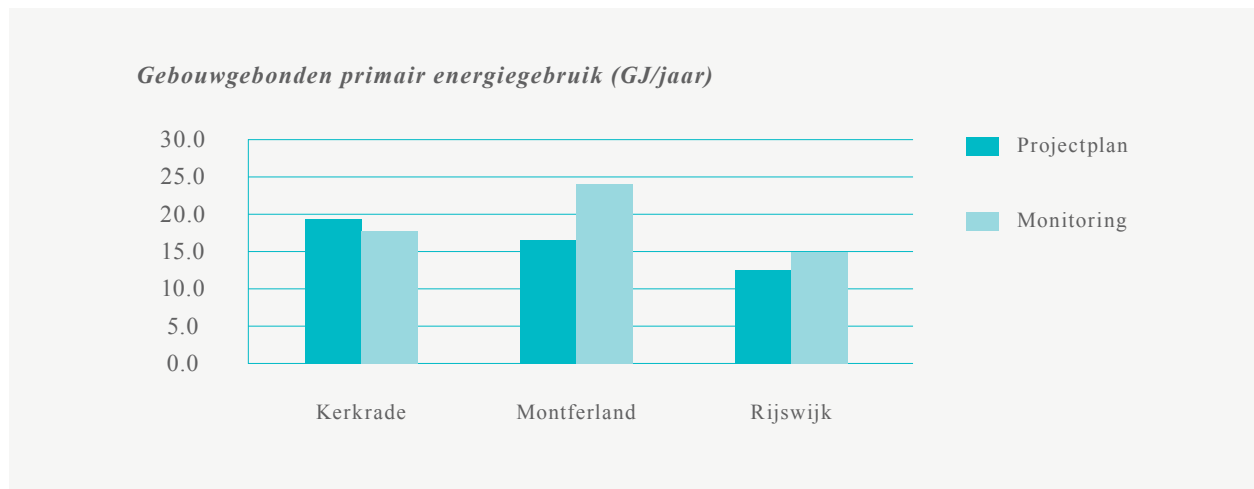


Ruimteverwarming in Kerkrade, Montferland en RijswijkBuiten

De gebouwgebonden warmtevraag van Kerkrade, RijswijkBuiten en Montferland, laat zien dat RijswijkBuiten het laagste gemeten energiegebruik voor ruimteverwarming heeft, zie figuur 6. In RijswijkBuiten verwarmt men met een warmtepomp en bodembron. Na RijswijkBuiten volgt Kerkrade. Hier is sprake van een hoge isolatie en een HR CV ketel. Montferland heeft het hoogst gemeten energiegebruik voor ruimteverwarming. Hier is een combinatie van gas HR ketel met een luchtwarmtepomp toegepast. Bij Montferland en RijswijkBuiten is het gemeten energiegebruik hoger dan de berekening in het projectplan; bij Kerkrade is deze iets lager. Opgemerkt wordt dat bij alle drie de projecten de verhouding warmtapwater/ruimteverwarming is ingeschat op basis van de warmtevraag in de zomer. Hier is verondersteld dat er in de zomer alleen warmtapwatervraag is en dat daarom het gebruik in de zomer een indicator is voor de warmtapwatervraag gedurende het hele jaar.

Lessen:

- Ook met een gasketel kan men een concept maken met een relatief lage ruimteverwarmingsvraag.
- Rij de projecten met CV en luchtwarmtepomp en warmtepomp met bodembron zijn er redelijk grote verschillen tussen ontwerp en daadwerkelijk gebruik. Dit kan aan de berekeningsmethode liggen (EPC) maar wellicht ook aan de uitvoering. Dit is in ieder geval iets om rekening mee te houden bij het prestatiecontract.



Figuur 6: Gemiddeld gebouwgebonden primair energiegebruik (verwarming, warm tapwater en koeling) van drie projecten volgens monitoring en projectplan.

VERDIEPING 3

DE KANS OP OVERVERHITTING IN GOED GEÏSOLEERDE WONINGEN

In woningen met een zeer goede isolatie bestaat het risico dat het te warm wordt. Bewoners geven nog eens aan dat zij in de zomer de temperatuur in huis niet als prettig ervaren. In dit hoofdstuk verdiepen we ons daarom in het hoe en waarom van oververhitting. Dit doen we met praktijkvoorbeelden uit drie projecten: Kerkrade, Montferland en RijswijkBuiten.

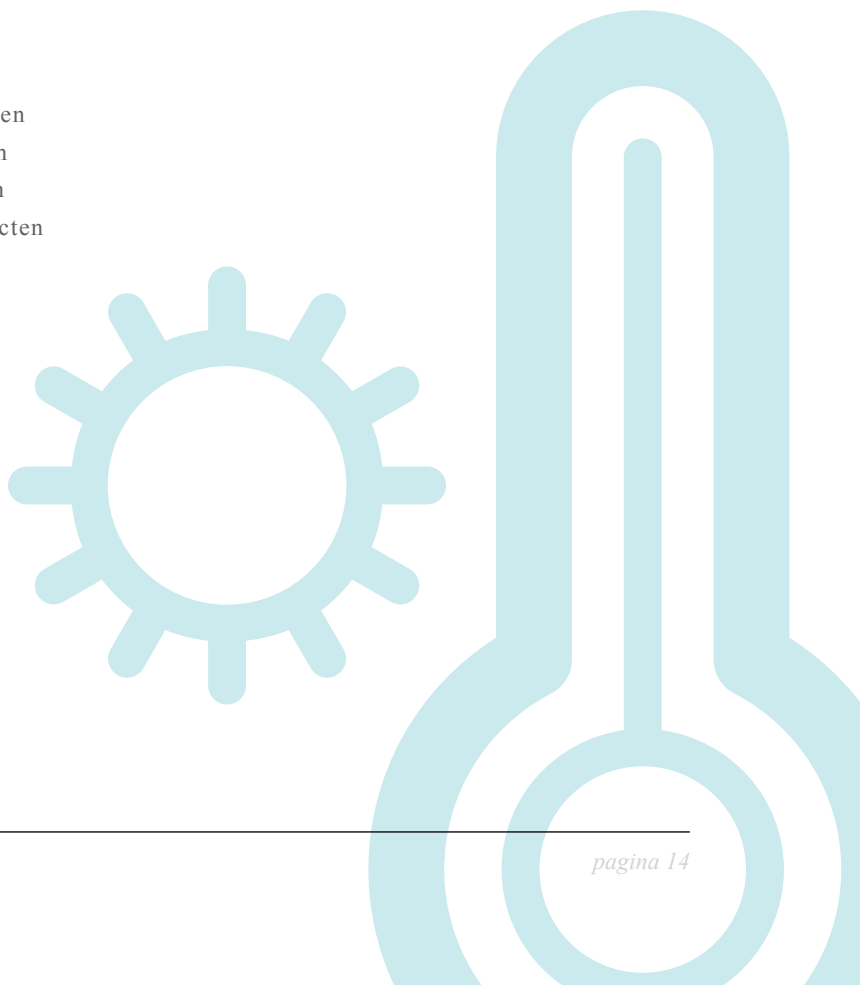
Passieve koeling versus actieve koeling

In een goed geïsoleerde woning neemt de warmtebehoefte af maar de koelbehoefte niet. Indien zonwering en spuivoorzieningen ontbreken in een woning moet daarom volgens de [NEN 7120](#) een fictieve hoeveelheid energie in rekening gebracht worden die een airco zou gebruiken om de woning te koelen tot 24 °C, de zogenaamde koelpenalty. Betere isolatie leidt dus wel tot een lagere energiebehoefte voor verwarming, maar tegelijk ook tot een hogere koelpenalty.

Het [voorbeeld prestatiecontract Nul op de Meter](#) laat zien hoe thermische behaaglijkheid in de zomer kan worden gekwantificeerd en kan worden opgenomen als eis waaraan een woning moet voldoen bij de garantie Nul op de Meter. Hierbij gaat het om overschrijdingsuren boven de 26 graden. Het is dan ook goed om te weten dat in de verschillende projecten een relatief hoog percentage bewoners het te warm vindt in de zomer.

Projectnaam	'te warm in de zomer'
Kerkrade	34%
Uift	23%
Amsterdamse buurt	44%
Montferland	25%

Tabel 3: Percentage bewoners per project dat hun woning als te warm ervaart in de zomer.



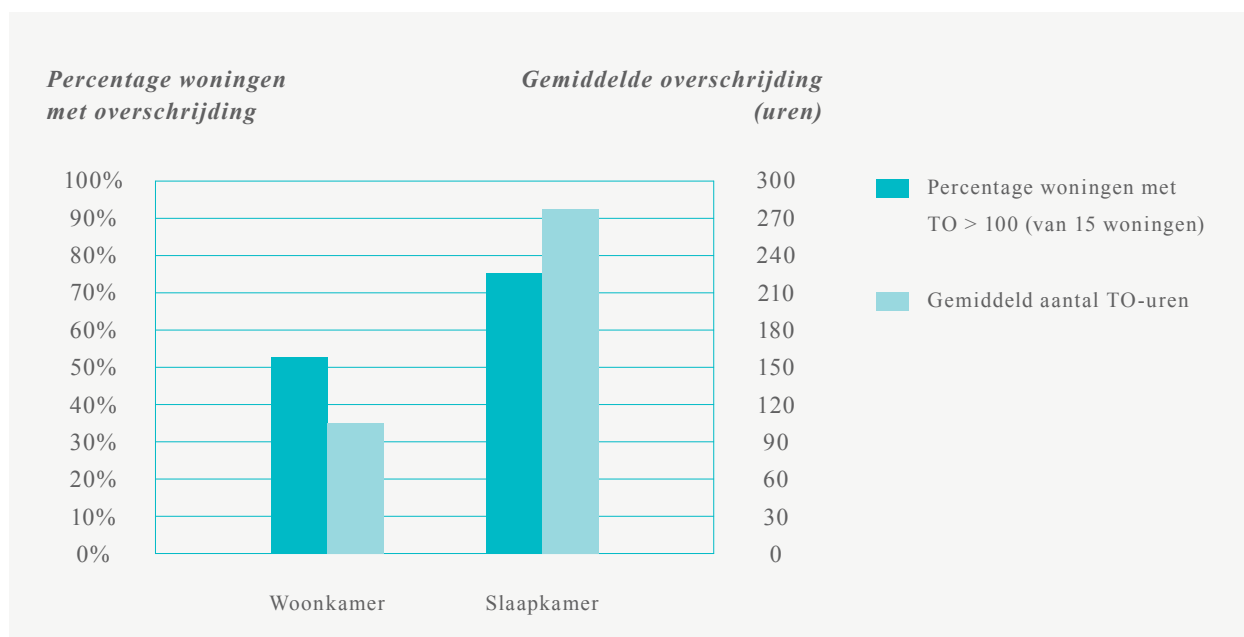


Kerkrade, waar passieve koelmaatregelen zijn toegepast in de vorm van een dakoverstek en nachtventilatierooster (=inbraakvrije spuivoorziening) op de begane grond.

Oververhitting in de praktijk: Kerkrade

In de woningen in Kerkrade is nachtventilatie en een overstek toegepast; 95% van de bewoners vindt de temperatuur na de renovatie verbeterd. Aangetekend dient te worden dat dit wel ten opzichte van een sterk verouderde woning is. Bovendien vindt 34% van de bewoners de woning na renovatie te warm in de zomer.

In de zomer zijn de temperatuuroverschrijdingen in de slaapkamer ook feitelijk hoog. Figuur 7 toont het percentage woningen met meer dan 100 uren temperatuuroverschrijding en het gemiddelde aantal uren temperatuuroverschrijding in Kerkrade. Op basis van de GIW/ISSO is hier een temperatuur van 26,5°C als overschrijdingsgrens gebruikt.



Figuur 7: Kerkrade, thermisch comfort uitgedrukt in temperatuuroverschrijdingsuren (TO, donker) en gemiddeld aantal TO uren (licht).



Montferland, geen passieve koelmaatregelen maar wel actieve koeling door middel van een warmtepomp.

Oververhitting in de praktijk: Montferland

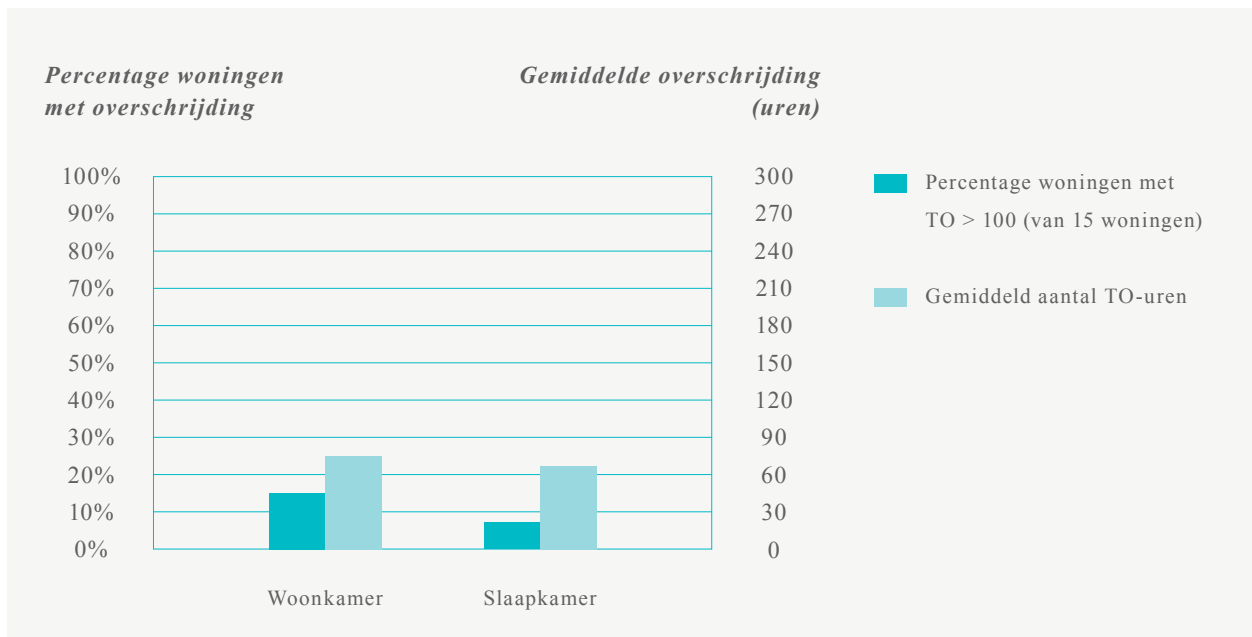
Het project in Montferland is een voorbeeld waarbij actieve koeling met een luchtwarmtepomp is ingezet om de begane grondvloer te koelen. In vergelijking met andere projecten zijn de bewoners het meest tevreden (zie Tabel 3). “Slechts” 25% ervaart het hier als te warm in de zomer. Daarnaast is de isolatiegraad lager dan in Kerkrade.

Figuur 8 toont het thermische comfort uit de monitoring op een zelfde wijze als figuur 7. In Montferland blijkt in vergelijking tot Kerkrade, in een geringer percentage woningen temperatuuroverschrijding op te treden op de begane grond. Opvallend is dat ook in de slaapkamers, waar geen koeling is gemonteerd, het aantal uren met oververhitting lager is dan in Kerkrade. Uit metingen blijkt dat het temperatuurniveau in de zomer goed instelbaar is.

Les: Veel bewoners vinden het te warm in de zomer.

Tip: Hoe voorkom ik oververhitting?

Door het toepassen van koelmaatregelen. Deze kunnen zowel passief zijn, zoals een dakoverstek en spuivoorzieningen of actief, in het geval van koeling door middel van de vloerverwarming en een bodembron of een warmtepomp.

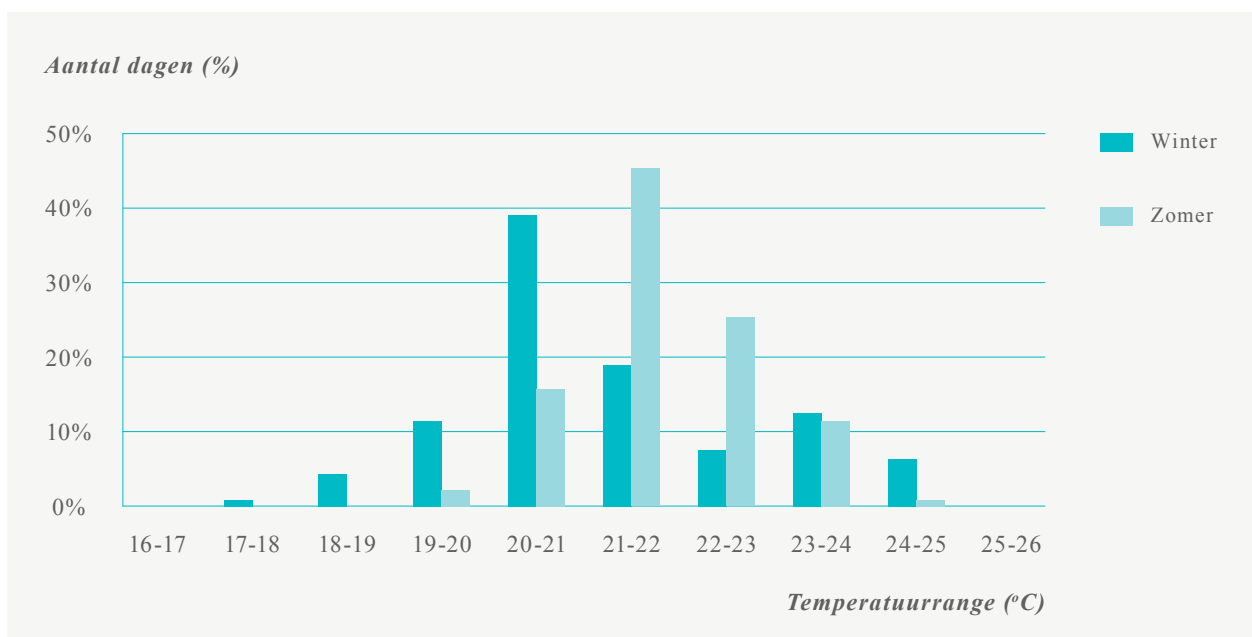


Figuur 8: Montferland, thermisch comfort uitgedrukt in temperatuuroverschrijdingsuren (TO, donker) en gemiddeld aantal TO uren (licht).

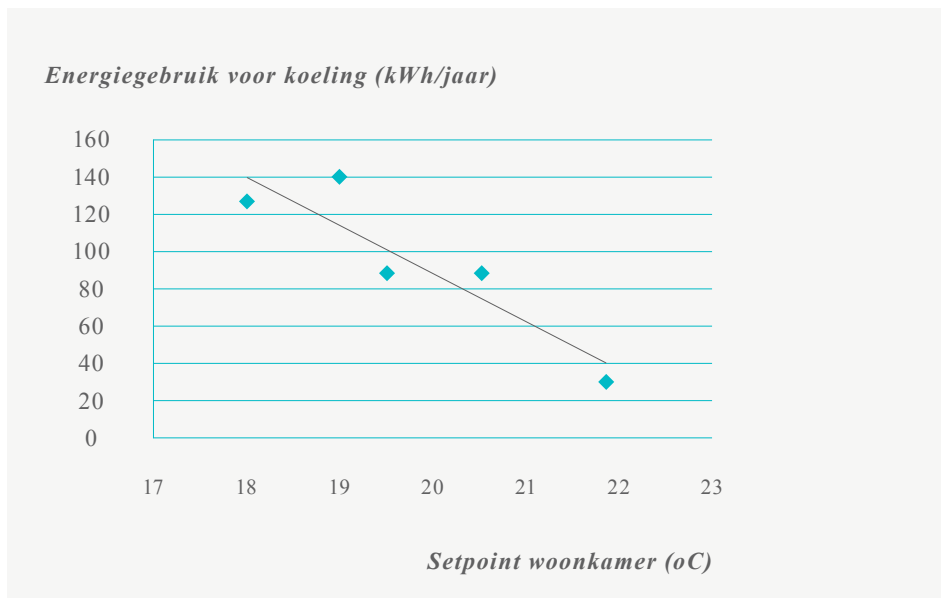
Minder oververhitting in de praktijk: RijswijkBuiten

In het project RijswijkBuiten is voor vrije koeling gekozen met een bodembron via de vloerverwarming. Dit resulteert in een gemiddelde dagtemperatuur van onder de 25 graden (zie Figuur 9). Bijkomend voordeel

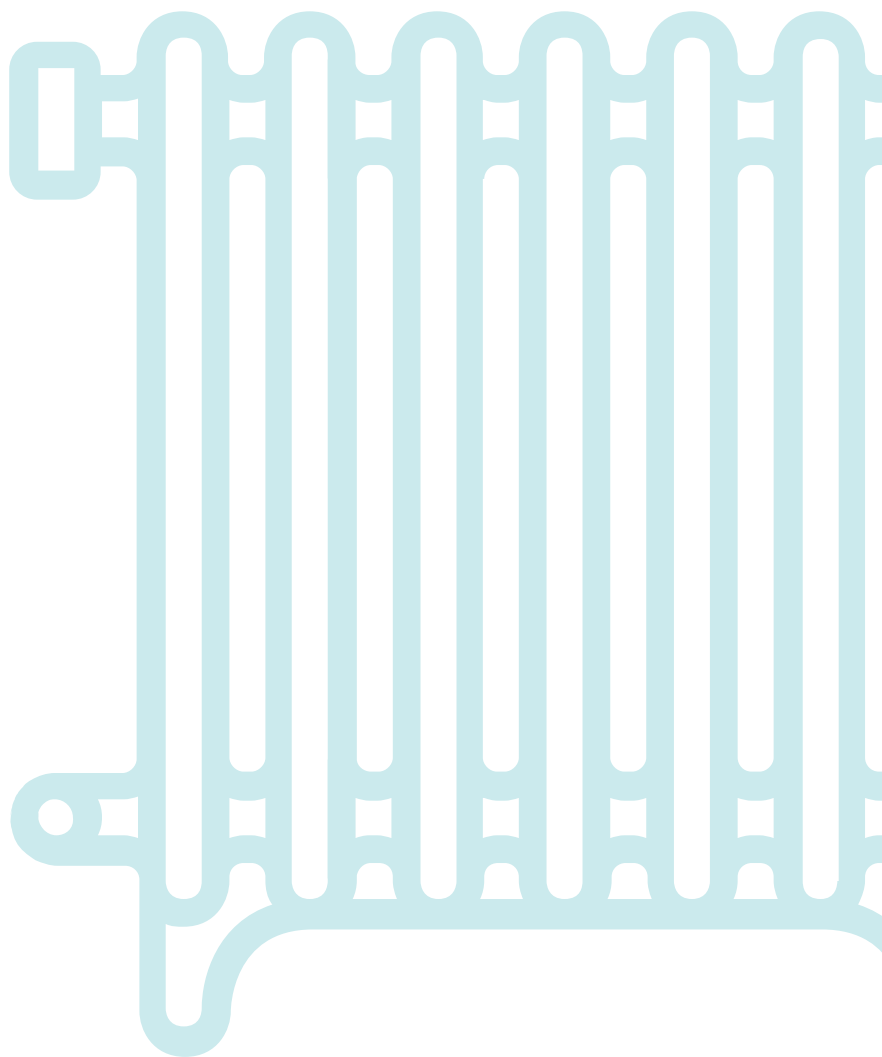
is dat de temperatuur van de bodembron wordt verhoogd, zodat deze in de winter gebruikt kan worden voor verwarming. Wat we wel zien is dat een lagere temperatuurinstelling van de thermostaat kan leiden tot meer energiegebruik voor koeling (Figuur 10). Dit is te ondervangen door afspraken te maken over de temperatuurinstelling in de zomer.



Figuur 9: Percentage van het aantal dagen dat de temperatuur binnen een bepaalde temperatuurrange ligt bij Nul op de Meter woningen RijswijkBuiten.



Figuur 10: RijswijkBuiten, energiegebruik voor vrije koeling als functie van de thermostaatinstelling in de zomer.



VERDIEPING 4

KWALITEIT BIJ OPLEVERING

Luchtdichtheid, geluidsoverlast en tocht ten gevolge van het ventilatiesysteem zijn kritische factoren voor het behalen van de beloofde energetische en comfortprestaties. Door hogere luchtlekken en ongebalanceerde WTW-systemen gebruiken de woningen meer energie dan contractueel is beloofd. In dit hoofdstuk gaan we hier dieper op in en zien we hoe de meest voorkomende luchtlekken voorkomen kunnen worden.

Luchtdichtheid als aandachtspunt

Momenteel wordt er met passief huizen een luchtdichtheid bereikt met een q_{v10} van $0,15 \text{ dm}^3/\text{m}^2$. Dit gaat echter niet vanzelf. Naast toepassing van aangepaste detaillering zijn in sommige gevallen ook aanvullende metingen en herstelwerkzaamheden nodig om deze luchtdichtheid te bereiken. In de gemonitorde energiezuinige woningprojecten blijkt de luchtdichtheid een aandachtspunt te zijn.

In de meeste Energiesprongprojecten is een Bouwtransparant-meting verricht aan een woning. Onderdeel van de Bouwtransparant-meting zijn een luchtdoorlaatbaarheidsmeting en infrarood foto's. Veel woningen hebben een slechtere luchtdichtheid dan beoogd, zie tabel 4. In het geval van Amsterdamse Buurt in Haarlem is dat zelfs een verschil tot factor 5. Bij het enige nieuwbouwproject, Montferland, is het verschil minder groot. De meeste luchtlekken zitten overal op dezelfde plaats, zoals blijkt uit de top 9 in tabel 5.

Les: Veel woningen hebben een slechtere luchtdichtheid dan beoogd.

Projectnaam	Ontwerp luchtdichtheid $Q_{v,10}$ ($\text{dm}^3/(\text{s m}^2)$)	Gerealiseerde luchtdichtheid $Q_{v,10}$ ($\text{dm}^3/(\text{s m}^2)$)
Kerkrade	0,15	0,41 – 0,51
Uift	0,20	0,34 – 0,42
Amsterdamse buurt	0,625	5,2
Montferland	0,40	0,43 – 0,58

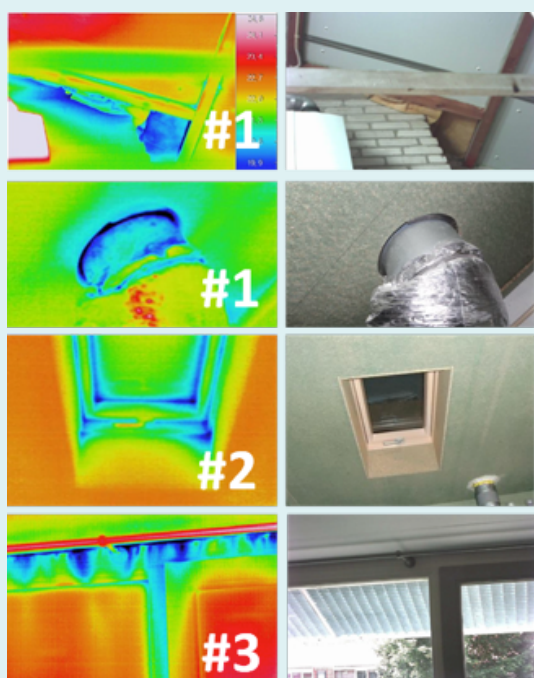
Tabel 4: Verschil tussen ontwerpuitgangspunt luchtdichtheid en gerealiseerde luchtdichtheid.

Oorzaak-lek-top 9	Aantal keren in project
Schoorsteen	13
Raam	9
Raamkozijn	9
Deur	9
Dak-gevel	5
Ventilatioerooster	5
Kruipluik	3
Deurkozijn	3

Tabel 5: Top 9 van luchtlekken uit een totaal van 13 projecten met zeer energiezuinige woningen.

Tip: Het voorkomen van luchtlekken is relatief makkelijk

De geconstateerde fouten zijn eenvoudig te voorkomen omdat veel luchtlekken op dezelfde plek zitten. Hierdoor weten we waar extra op gelet dient te worden bij de uitvoering. Figuur 11 toont afbeeldingen van de meest voorkomende luchtlekken, zowel door middel van een gewone als een infraroodfoto. De belangrijkste locaties van luchtlekken zijn de schoorsteen en dakdoorvoer, gevolgd door het (dak)raam en het raamkozijn.



Figuur 11: Top 3 van meest voorkomende oorzaken van luchtlekken in 13 zeer energiezuinige woningen (bron: KoppenVastgoed).

Aangezien Nul op de Meter woningen vaak gebruik maken van warmtepompen, is er in de meeste gevallen een beperkte verwarmingscapaciteit aanwezig; van 4 tot 10 kW. Bij CV ketels is er vaak 15 kW beschikbaar. Een slechtere luchtdichtheid kan al snel leiden tot een vraag van 2 kW extra verwarmingsvermogen.

Tip: Bouwtransparant is een goede aanpak om gebreken in luchtdichtheid bloot te leggen.

Belangrijke ventilatielessen

Ook bij ventilatiesystemen is zeker nog wat te verbeteren. Wij kwamen bij de monitoring de volgende dingen tegen:

- *Slecht uitgevoerde ventilatiesystemen vergroten het energiegebruik*

Hierbij kan worden gedacht aan onvoldoende luchtzijdige inregeling, waardoor de balans tussen toe- en afvoerdebiet wordt verstoord zoals bij Kerkrade. De effectiviteit van de warmte-terugwinning neemt hierdoor sterk af.

- *Tocht en geluid van ventilatiesystemen zorgen voor sabotage van die systemen door bewoners*

Daardoor zal men waarschijnlijk vaker het raam openzetten om te luchten, hetgeen weer extra energiegebruik in het stookseizoen tot gevolg heeft.

- *Vraaggestuurde ventilatie in combinatie met ventilatieroosters leidde tot tochtklachten*

In Montferland is vraaggestuurde ventilatie in combinatie met ventilatieroosters toegepast in woningen met lage temperatuurverwarming. Dit leidde ertoe dat 67% van de bewoners tochtklachten ervaren, 20% het soms en 25% het vaak te koud heeft in de woonkamer.

- *Vieze luchtjes bij recirculatie-afzuigkappen*

In twee projecten zijn recirculatie-afzuigkappen gemonteerd. Hiermee wordt mogelijk onvoldoende geurreductie bereikt. Bij deze projecten klaagt ook een relatief groter aantal bewoners dat geurtjes blijven hangen (zie tabel 6). In Montferland klagen bewoners ook over de bediening van de afzuigkap. Dit kan leiden tot meer raamgebruik en een hogere vraag naar ruimteverwarming.

<i>Projectnaam</i>	<i>Klachten dat geuren blijven hangen</i>
Montferland	13%
Kerkrade	7%
Ulft	5%
Amsterdamse buurt	0%

Tabel 6: Percentage bewoners per project dat klaagt over geuren die blijven hangen.

<i>Projectnaam</i>	<i>Geluidshinder door ventilatiesysteem</i>	<i>Geluidsniveau [dB(A)]</i>
Kerkrade	16%	Niet gemeten
Ulft	21%	34,1 – 40,4
Amsterdamse buurt	22%	36,1
Montferland	13%	33,5 - 38,7

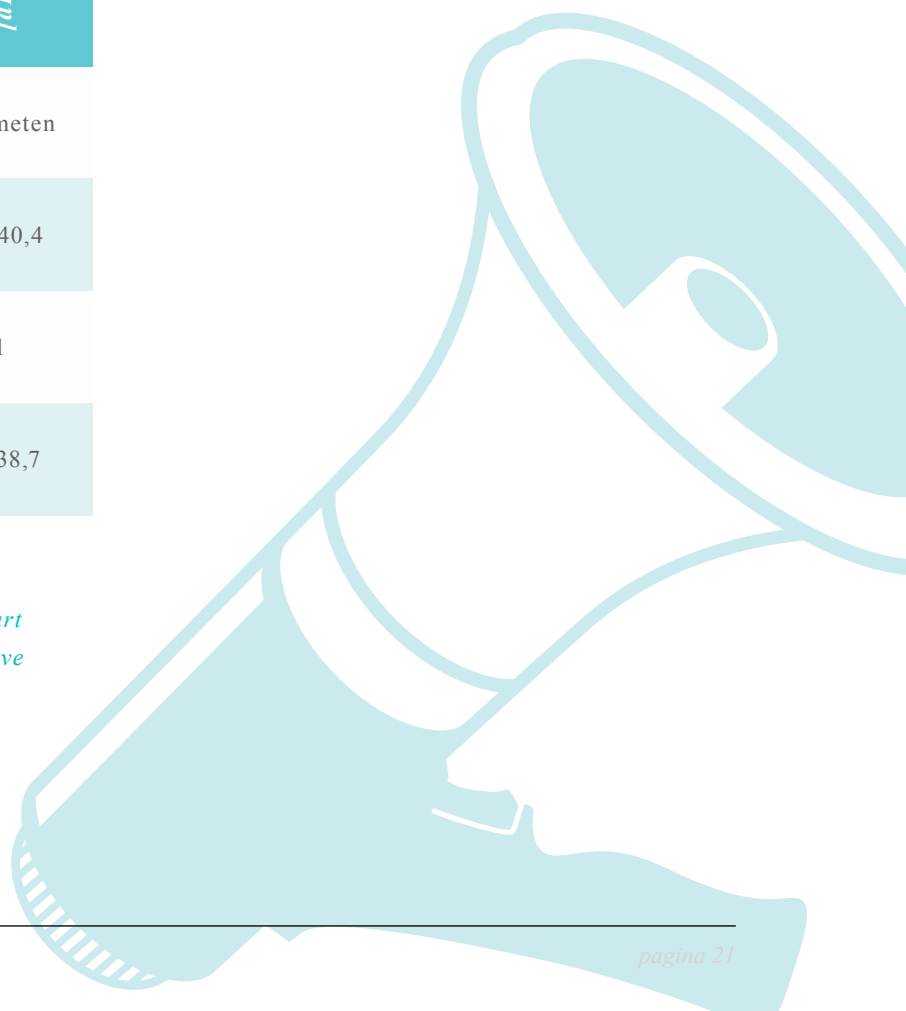
Tabel 7: Percentage bewoners per project dat geluidshinder door het ventilatiesysteem ervaart in combinatie met de waarden van de indicatieve geluidsmetingen van Bouwtransparant2.0.

Geluidsoverlast

Indicatieve geluidsmetingen geven te hoge geluidsniveaus aan in de gemonitorde projecten. Maar het oordeel van de bewoners over te veel lawaai van ventilatiesystemen valt nog mee (zie tabel 7). Het aandeel dat geluidshinder rapporteert varieert tussen de 16 en 22 procent. Een mogelijke verklaring kan zijn dat de ventilatiesystemen vaak op de laagste stand staan.

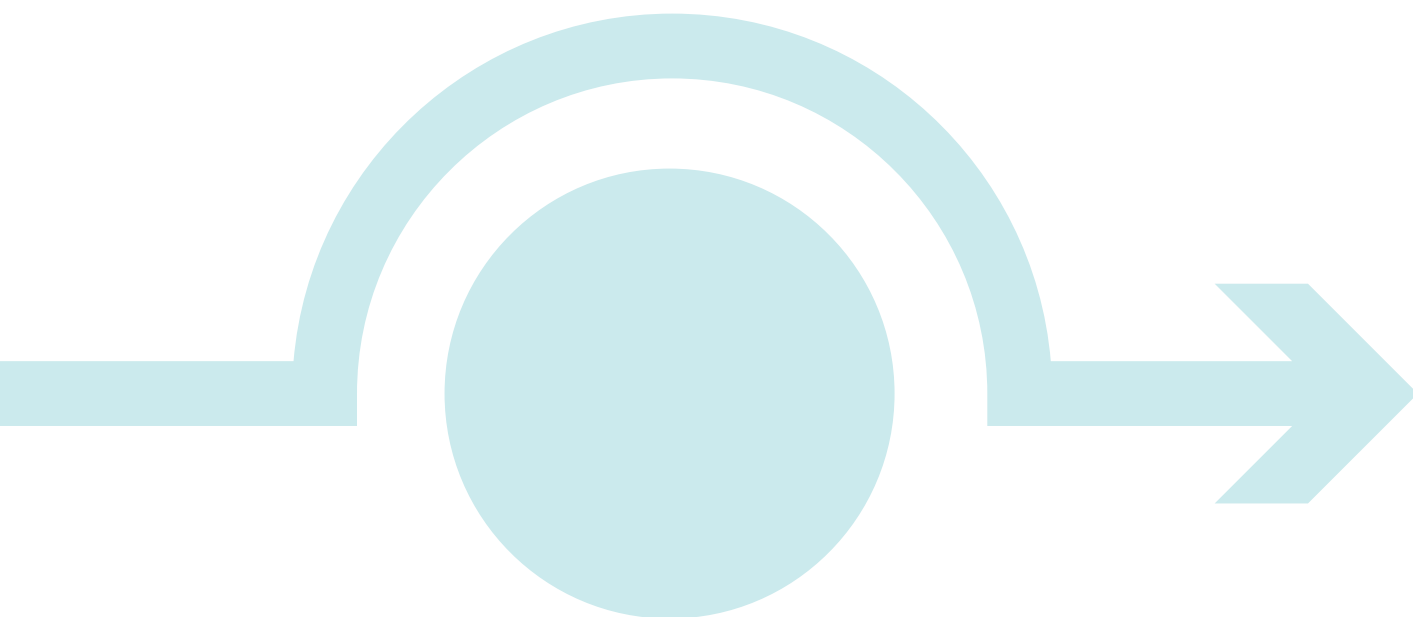
Les: Door geluidshinder wordt nogal eens het ventilatiesysteem gesaboteerd!

Enquête-resultaten tonen aan dat door geluidshinder, sabotage van het ventilatiesysteem plaatsvindt. Mensen trekken de stekker eruit of gebruiken uitsluitend de laagste stand om te ventileren. Een ander deel zet 's avonds de ventilatie in de laagste stand, juist wanneer deze een hogere stand nodig heeft om de slaapkamers te ventileren.



Tips: Hoe voorkom je sabotage van het ventilatiesysteem?

- *Voldoende grootte kanaaldoorsneden van de ventilatiekanalen*
Soms worden er te nauwe instortkanalen (ingestorte ventilatiekanalen) in de verdiepingvloeren gebruikt, wat tot meer geluidshinder leidt en wat naderhand bijna niet meer te herstellen is.
- *Zorg voor een minimaal aantal bochten in het leidingverloop*
Hiermee moet al bij het ontwerp van de installatie en de doorvoeren rekening gehouden worden. In de praktijk leiden veel bochten in het leidingwerk tot hogere drukval en daardoor meer installatiegeluid.
- *Het afhangen van het ventilatiesysteem op een wand met voldoende massa*
Een lichte wand kan namelijk als een klankkast fungeren.
- *Plaats het ventilatiesysteem in een afgesloten ruimte met een geluidswerend overstroomrooster en een valdeur.*



VERDIEPING 5

PRIJSONTWIKKELING

Gezien het unieke karakter van elk (renovatie) project was het niet mogelijk om een trend af te leiden voor de prijsontwikkeling van de ventilatie en isolatiemaatregelen. Op basis van de navraag bij de consortia bedragen de kosten voor ventilatie- en isolatiemaatregelen circa € 19.000 per woning in 2015.

Het is wel mogelijk om het effect van de prijsdaling van PV-panelen en luchtwarmtepompen inzichtelijk te maken. De prijsontwikkeling van PV-panelen is weergegeven in figuur 12. Na een grote daling in kosten per wattpiek (Wp) lijkt er nu stabilisatie op te treden.

Opvallend zijn de behoorlijke verschillen tussen de kosten van PV-panelen voor de verschillende projecten. Dit is het gevolg van het verschillende aantal panelen dat per woning in de verschillende projecten is toegepast.

Voor de prijsontwikkeling van luchtwarmtepompen zijn geen generieke gegevens beschikbaar. Op basis van de gegevens van drie projecten en gegevens uit andere projecten, zien we een prijsdaling van 25% tussen 2011 en 2014.

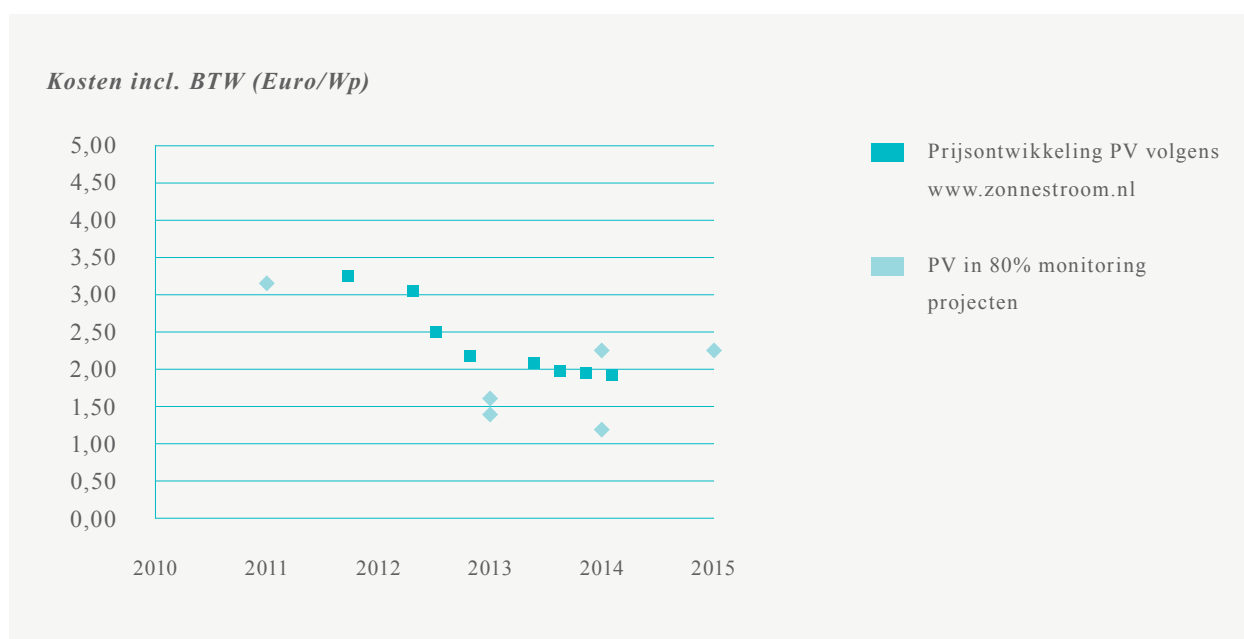
Les: De prijsdaling van PV-panelen en luchtwarmtepompen heeft een groot effect op concepten

Inclusief ventilatie en isolatie maatregelen daalden de totale kosten voor concepten met een combinatie van PV-panelen en luchtwarmtepompen, in drie jaar tijd van € 45.500 naar € 34.000, zie Tabel 8. Het merendeel van deze kostenreductie zit in de prijsdaling van de PV-panelen.

	4000 Wp PV	Lucht Wp
2011	12.500	14.000
2014	6.000	9.000

Tabel 8: Kosten in Euro van verschillende maatregelen in de tijd (gegevens Energiesprong projecten).

Figuur 12: Kostprijsontwikkeling PV systemen (panelen, omvormer en installatiekosten).



Uitgave in opdracht van Energiesprong | Platform31 in samenwerking met TNO, RIGO en Van Beek

Deze uitgave kwam tot stand onder regie van Niels Sijpheer (Energiesprong)

Auteurs: Piet Jacobs (TNO), Kees Leidelmeijer (RIGO), Wouter Borsboom (TNO),
Marcel van Vliet (TNO), Peter de Jong (TNO)

Eindredactie: Marieke Buijs

Vormgeving: Meneer Laan Ontwerpburo

© Mei 2015

De informatie in deze publicatie is uitsluitend bedoeld als algemene informatie. Er kunnen geen rechten aan de informatie worden ontleend. Hoewel Energiesprong, RIGO, TNO en Van Beek zorgvuldigheid in acht genomen hebben bij het samenstellen deze publicatie kunnen zij niet instaan voor de juistheid, volledigheid en actualiteit van de geboden informatie. Energiesprong, RIGO, TNO en Van Beek wijzen iedere aansprakelijkheid ten aanzien van de juistheid, volledigheid, actualiteit van de geboden informatie uitdrukkelijk van de hand.