



**energie  
paleis**

Energieadvies met plan van aanpak  
*Camera Obscuradreef 117-124, Utrecht*

Kees Stap

22 november 2017

In opdracht van Woongemeenschap Overhoop

## Inhoudsopgave

1. Samenvatting en leeswijzer.....	3
1.1. Samenvatting.....	3
1.2. Leeswijzer .....	3
2. Beschrijving huidige situatie.....	4
2.1. Achtergrond.....	4
2.2. Beschrijving gebouw.....	4
2.3. Analyse huidig energieverbruik.....	4
3. Oplossingsrichtingen .....	5
3.1. Programma van wensen.....	5
3.2. Pakketten.....	5
3.3. Alternatieven en aanvullingen .....	10
3.4. Energieverbruik per pakket .....	11
3.5. Investeringskosten per pakket .....	13
3.6. Beoordeling investeringskosten, energiebesparing .....	14
3.7. Analyse van de drie pakketten .....	15
4. Plan van aanpak.....	16
Bijlage 1: Gereserveerde opstelplaatsen en schachten in woningplattegronden en doorsneden .....	17
Bijlage 2: Kostenoverzicht van maatregelen per pakket.....	19
Bijlage 3: Richtlijnen voor renovatie energiesysteem in bestaande woningen .....	20

# 1. Samenvatting en leeswijzer

## 1.1. Samenvatting

Voor de opdrachtgever is in kaart gebracht welke energieconcepten mogelijk zijn bij de voorgenomen duurzame renovatie van het appartementengebouw aan de Camera Obscuradreef te Utrecht. Er zijn drie pakketten van maatregelen uitgewerkt.

Pakket 1 Aardgas: De woningen hebben een goed comfort terwijl de energiekosten met 55% verlaagd worden ten opzichte van huidig verbruik. Kenmerkend is de focus op eenvoudige isolatie van de gebouwschil en gebruik van standaard installaties. Dit pakket komt overeen met de minimale renovatie-eisen van Mitros.

Pakket 2 Duurzaam HT: Het gebouw is volledig aardgasvrij en de CO<sub>2</sub>-emissie is verder verlaagd met gebruik van standaard radiatoren en ventilatievoorziening in de woningen. Alle acht woningen worden gezamenlijk aangesloten op een centrale verwarmingsinstallatie die gevoed wordt met een pelletketel.

Pakket 3 All-electric LT: Het gebouw is aardgasvrij en tevens volledig CO<sub>2</sub>-neutraal. In de woningen zijn installaties opgenomen voor laagtemperatuurverwarming en energiezuinige ventilatie. Per blok van vier woningen is een warmtepomp met opslagvat geplaatst voor collectieve verwarming- en warmwatervoorziening.

De meerkosten voor de investering in duurzame maatregelen bij de renovatie van het gehele gebouw bedragen voor de pakketten respectievelijk €120.000,=, €150.000,= en €235.000,=.

Bij de pakketten 1 en 2 zijn de meerkosten terug te verdienen uit de verlaagde energierekening. Pakket 3 blijft een onrendabele top houden van €75.000,=.

## 1.2. Leeswijzer

In het volgende hoofdstuk 2 is de huidige situatie beschreven, waaronder het huidige gebouw, de wijze van gebruik en het huidige energieverbruik.

De beschrijving van de voorgestelde pakketten, inclusief de prestaties, een indicatie van de investeringskosten en de energiekostenbesparing is gegeven in hoofdstuk 3.

Het rapport eindigt met een voorstel voor een plan van Aanpak voor de vervolgactiviteiten in Hoofdstuk 4

Met bijlagen:

- In bijlage 1 zijn plattegronden en gebouwoorsneden gegeven met reserveringsruimte voor installaties en leidingen.
- Bijlage 2 geeft een overzicht van de maatregelen en investeringen per pakket.
- Tenslotte wordt in bijlage 3 voor de geïnteresseerde lezer algemene informatie gegeven over de werkwijze en strategie om te komen tot een energiezuinig ontwerp bij bestaande gebouwen.

## 2. Beschrijving huidige situatie

### 2.1. Achtergrond

Het doel van dit energieadvies is opdrachtgevers inzicht te geven in de mogelijk te nemen energie- en comfortmaatregelen die passend zijn voor de gebruikers van het gebouw aan de Camera Obscuradreef 117-124 te Utrecht.

De woongemeenschap Overhoop huurt een groot deel van het gebouw van de eigenaar Mitros. De leden van de woongemeenschap wonen hier samen met gasten die tijdelijke woonruimte nodig hebben. Het voornemen is het volledige gebouw te kopen van Mitros. Momenteel wordt de haalbaarheid daarvan onderzocht.

De woongemeenschap zal na aankoop de appartementen gaan renoveren. Uitgangspunt wordt een gebouw met 8 eenheden voor de vaste bewoners (4 gezinnen), tijdelijke kamerbewoners (in 2 appartementen) en publieke functies (buurthuiskamer en weggeefwinkel). Het streven is de renovatie duurzaam uit te voeren, indien mogelijk energieneutraal en gasloos.

### 2.2. Beschrijving gebouw

Het gebouw uit de 60-er jaren van de vorige eeuw is een karakteristiek gebouw op een plein in de wijk Overvecht en omringd door flats van 4 lagen. Enkele flats worden momenteel gerenoveerd.

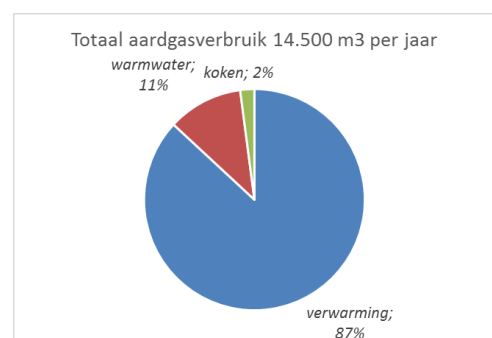
Van oorsprong heeft het gebouw een buurtfunctie met 4 winkels en daarboven de woningen voor de winkeliers. In de loop der jaren zijn de winkels verdwenen en zijn er bouwkundige aanpassingen geweest, waaronder afsluitingen van de portieken, verwijderen van inpandige trappen (van winkel naar bovengelegen woning) en openbreken van enkele tussenmuren.

Het gebouw heeft een geheel betonnen draagconstructie. De hoofdafmetingen bedragen 37 X 10 meter over twee lagen. Totale gebruiksoppervlakte is circa 600 m<sup>2</sup>, gemiddeld 75m<sup>2</sup> per appartement. De schil is niet geïsoleerd en heeft nog enkelglas ruiten. Ventilatie vindt plaats met te openen ramen. De eenheden worden verwarmd met individuele CV-ketels en radiatoren.

### 2.3. Analyse huidig energieverbruik

#### Aardgasverbruik

Aardgas wordt gebruikt voor verwarmen, warmwater en koken. Op basis van de gebouwkenmerken, het aantal wooneenheden en het aantal bewoners wordt een 'normaal' aardgasverbruik per jaar verwacht van 17.000 m<sup>3</sup> per jaar. In werkelijkheid blijken de huidige bewoners zuiniger met energie om te gaan en wordt het totaalverbruik 15% lager ingeschat (14.500 m<sup>3</sup> = 1800m<sup>3</sup> per appartement). Het verbruik en de ingeschatte verdeling staat in Figuur 1. Dit wordt het referentieverbruik dat als basis zal dienen voor de berekeningen in volgende hoofdstukken.



Figuur 1 verdeling aardgasverbruik

#### Elektriciteitsverbruik

Elektriciteit wordt met name gebruikt voor de normale huishoudelijke toepassingen. Per wooneenheid is het verbruik relatief laag, waarschijnlijk door combinatie van (gemiddeld) kleine huishoudens en een energiezuinig gedrag. Op basis van deze gegevens is een inschatting gemaakt voor het toekomstig huishoudelijk elektriciteitsverbruik van 12.200 kWh in het gehele gebouw (gemiddeld 1550 kWh per appartement).

## 3. Oplossingsrichtingen

### 3.1. Programma van wensen

#### Gebouw en installaties

De woongemeenschap is op zoek naar een energieconcept voor het gebouw dat voldoet aan de volgende wensen:

- Zeer lage energievraag voor verwarmen en warmwater
- Een gezond binnenklimaat met redelijk comfortniveau. De wens is om zonder technologische hulpmiddelen een acceptabel comfort te hebben gedurende normale weersomstandigheden. Nadrukkelijk hoeft er niet op alle momenten in alle gebouwdelen een hoog comfortniveau nagestreefd te worden. Men accepteert minder comfort bij perioden van extreme koude (<-5 graden buitentemperatuur) of warmte (>25 graden).
- Maximaal gebruik van duurzame energie op de locatie. Indien mogelijk energieneutraal. Het dak is beschikbaar voor zonne-energie, maar niet in het geheel. Wenselijk is ook het deelgebruik voor andere toepassingen zoals mogelijk een extra verdieping met een kas, dakterras voor bewoners en/of inrichten van een groen dak met beplanting.
- Aardgasvrij
- Lage maandlasten voor energie

Men realiseert zich dat bovenstaande wensen mogelijk een hoger dan gebruikelijk investeringsniveau kennen. Er is behoefte aan financiering met aantrekkelijke voorwaarden of subsidie om de woonlasten voor de bewoners beperkt te houden.

#### Proces en financiering

De woongemeenschap heeft de komende periode als opgave om een haalbaar plan te maken voor een eventuele aankoop en duurzame renovatie van het gebouw.

Tegelijkertijd wordt ook de rol van de woongemeenschap in de buurt verder uitgewerkt. Door de sterk maatschappelijke context waarbinnen dit zich afspeelt zal er worden samengewerkt met anderen (gemeente, woningbouwcorporatie, rijk, etc) die kansen zien om de buurt te versterken.

Het is te verwachten dat het aankoop- en renovatieproces gedurende de rit beïnvloed zal worden door deze dynamiek. Bijvoorbeeld kan het wel of niet verkrijgen van financiering van invloed zijn op de keuze voor het ambitieniveau duurzaamheid.

De wens is om diverse energieconcepten op te stellen die in ambitieniveau verschillen. Gestreefd wordt naar het realiseren van het hoogste ambitieniveau (gasloos, energieneutraal en lage maandlasten), maar bij gebrek aan financiering kan besloten worden niet alle wensen in te vullen. De energieconcepten dienen zo opgesteld te worden dat altijd teruggevallen kan worden naar een lager ambitieniveau, zonder het gehele ontwikkelproces te verstoren. De weg naar realisatie van het hoogste ambitieniveau blijft dan open voor de toekomst.

### 3.2. Pakketten

Er zijn drie pakketten van maatregelen gemaakt die verschillen op hoofdlijnen:

- Type energiedrager voor warmtelevering: aardgas, pellets, bodemwarmte
- Locatie van warmteproductie: in appartement, centraal bij trapportaal of een combinatie

#### Reservering van locaties en leidinglopen

In overleg met de architect zijn gebouwplattegronden gemaakt met daarin vastgestelde locaties in het gebouw voor:

- opstelplaatsen van warmteopwekking of levering in appartementen

- centrale technische ruimte bij trappenhuis
- schachten voor verticale en horizontale leidingen en kanalen.

Het in een vroege fase van het ontwikkelproces reserveren van deze locaties heeft als voordeel dat op elk moment in het ontwerpproces overgestapt kan worden naar een ander energieconcept zonder dat daardoor andere deelplannen moeten wijzigen. Deze flexibiliteit zal het proces versterken en versnellen.

Bijlage 1 geeft een schematische weergave van de reserveringsruimte op de plattegronden en in de doorsneden.

#### Beschrijving van de pakketten

In onderstaande tekstblokken worden de drie voorgestelde en uitgewerkte pakketten op hoofdlijnen beschreven.

## Pakket 1: Aardgas

Het pakket Aardgas heeft als doel het energieverbruik substantieel te verlagen bij een goed comfort in de woningen. Kenmerkend is de focus op eenvoudige isolatie van de gebouwschil en gebruik van standaard installaties. Dit pakket komt overeen met de minimale renovatie-eisen van Mitros.

### Gebouwschil

De gebouwschil is geïsoleerd:

- Alle puien (kozijnen) aan voor- en achterzijde vernieuwen. Balans vinden in verhouding oppervlakte glas/panelen. Glas van HR++ kwaliteit, panelen isolatiewaarde minimaal  $R_c=2,5$ .
- Spouwmuren naisoleren naar isolatiewaarde  $R_c=1,7$ .
- Dak isoleren onder waterkerende laag naar isolatiewaarde minimaal  $R_c=3,5$ .
- Beganegrondvloer naisoleren naar minimaal  $R_c=3,5$ .
- Dichten van naden, kieren en doorvoeren.

### Ventilatie

In pakket 1 is gekozen voor eenvoudige mechanische ventilatie (MV) met gebruik van ventilatieroosters in de ramen. Elke woning heeft eigen MV box in de technische kast aangesloten op de natte ruimtes (badkamer, toilet) en keuken. Handbediende meerstandenschakelaar in keuken.

### Warmteafgifte

De woningen worden verwarmd met standaard radiatoren. Plaatsing aan de voor- en achterzijde bij de puien.

### Warmteproductie

De woningen hebben een eigen CV-combiketel (ECO-kwaliteit) geplaatst in de technische kast.

### Warmwater

Directe aansluiting op de CV-combiketel.

### Koken

Elke woning kan eigen keuze maken: aardgas of elektriciteit.

### Duurzame Energie

Elke woning heeft 7 zonnepanelen voor compensatie elektriciteitsverbruik. De panelen zijn op het dak geplaatst (30% benutting dakoppervlakte)

### Energieverbruik

- Het gasverbruik daalt met 70% ten opzichte van de huidige (referentie)situatie.
- Het elektriciteitsgebruik gaat naar netto nul als gevolg van gebruik zonnepanelen.
- Totaal CO<sub>2</sub>- emissiereductie bedraagt 75% tov referentiesituatie.

## Pakket 2: Duurzaam (HT)

Het pakket Duurzaam HT heeft als doel om het gebouw aardgasloos te maken en de CO<sub>2</sub>-emissie verder te verlagen met gebruik van standaard hogetemperatuurinstallaties in de woningen. Alle acht woningen zijn gezamenlijk aangesloten op een centrale verwarmingsinstallatie die gevoed wordt met pelletketel.

### Gebouwschil

Geen veranderingen ten opzichte van pakket 1

### Ventilatie

Geen veranderingen

### Warmteafgifte

Geen veranderingen

### Warmteproductie

In pakket 2 is gekozen voor een centrale pelletketel in de Technische Ruimte bij één van de trapportalen. De ketel verzorgt de verwarming. Centrale toevoer- en retourleidingen gaan naar de woningen. Per woning zijn deze middels warmtedistributie-units aangesloten.

### Warmwater

Elke woning heeft een eigen indirect gevoede warmwaterboiler. Deze is aangesloten op de CV-installatie en wordt gevoed met de centrale pelletketel. De vaten worden 1 maal per etmaal gevoed.

### Koken

Alle woningen hebben een elektrisch inductie fornuis

### Duurzame Energie

Het aantal panelen ten opzichte van pakket 1 is iets verhoogd met 1 a 2 panelen per woning (ivm elektrisch koken).

### Energieverbruik

- Het aardgasverbruik gaat naar nul.
- Het elektriciteitsgebruik gaat naar netto nul als gevolg van gebruik zonnepanelen.
- Jaarlijks zal 13 ton pellets gebruikt worden. Bij een opslagcapaciteit van 7 m<sup>3</sup> in de Technische ruimte komt dit overeen met jaarlijks 3 maal een levering.
- Totaal CO<sub>2</sub>- emissiereductie bedraagt ruim 90% tov referentiesituatie.

### Opmerking

Een pelletketel zal een zekere mate van fijnstofuitstoot hebben. Deze uitstoot blijft beperkt omdat er in deze variant gekozen zal worden voor een hoge kwaliteit brander en inkoop van pellets met de juiste samenstelling.



### Pakket 3: All-electric (LT)

Het pakket All-electric LT heeft als doel om het gebouw aardgasloos en CO<sub>2</sub>-neutraal te maken. In de woningen zullen installaties geplaatst worden voor laagtemperatuurverwarming en energiezuinige ventilatie. Per blok van vier woningen is een warmtepomp met opslagvat geplaatst voor collectieve verwarming- en warmwatervoorziening.

#### Gebouwschil

Aanvulling op pakket 1:

- Extra isolatie tegen buitenzijde zijmuren
- Extra isolatiedikte in panelen van puien

#### Ventilatie

- Combinatie van vraaggestuurde ventilatie met in de comfortzones (bijv. woonkamer) warmteterugwinning.

#### Warmteafgifte

- Lage temperatuur convectoren

#### Warmteproductie

In pakket 3 is gekozen voor twee collectieve warmtepompen met warmwateropslagvaten in de Technische Ruimtes bij de trapportalen. De warmtepompen worden gevoed vanuit meerdere bodembronnen. Centrale toevoer- en retourleidingen voor verwarming gaan naar de woningen. Per woning zijn deze middels warmtedistributie-units aangesloten.

#### Warmwater

De twee centrale warmwaterboilers verzorgen het warmtapwater naar de woningen. De boilers worden gevoed met de warmtepompen.

#### Koken

Alle woningen hebben een elektrisch inductie fornuis

#### Duurzame Energie

Het aantal panelen ten opzichte van pakket 2 wordt verdubbeld naar 17 per woning (2/3 benutting dakoppervlakte).

#### Energieverbruik

- Het aardgasverbruik gaat naar nul.
- Het elektriciteitsgebruik gaat naar netto nul. Ten opzichte van pakket 1 is er een verdubbeling van de elektriciteitsvraag én het aantal zonnepanelen.
- Totaal CO<sub>2</sub>- emissiereductie is 100% tov referentiesituatie.

### 3.3. Alternatieven en aanvullingen

De drie pakketten uit de vorige paragraaf kunnen naar behoefte aangevuld worden met extra maatregelen.

Enkele mogelijkheden worden in onderstaande Tabel 1 genoemd. Tijdens het uitwerken van de plannen kunnen deze als alternatief of optie meegenomen worden.

Maatregel	pakketten	toelichting
HT warmtepomp	Alternatieve warmteproductie pakket 2	Warmtepomp met CO2 als koelmiddel en PCM opslag. Sinds dit jaar verkrijgbaar op de NL markt. Toepassing zou pilotkarakter hebben in woningbouw.
Warmtedistributie HT	Alternatieve warmteproductie pakket 1 en 2	Het stadsverwarmingsnet ligt 'om de hoek'. Aanvullend onderzoek naar haalbaarheid nodig.
Warmtedistributie LT	Alternatieve warmteproductie pakket 3	Idem als vorige item. Aanvullend onderzoek naar haalbaarheid LT nodig.
Hybride WP	Aanvulling op pakket 2	Ter vermindering van gebruik pellets met bijbehorende uitstoot van rookgassen
Zonneboiler voor warmwater	Aanvulling op pakket 2 en 3	Als additionele verwarming van warmwater. Beperkt de inzet van WP en pelletketel in de zomer.

Tabel 1 Alternatieven en opties voor de drie pakketten

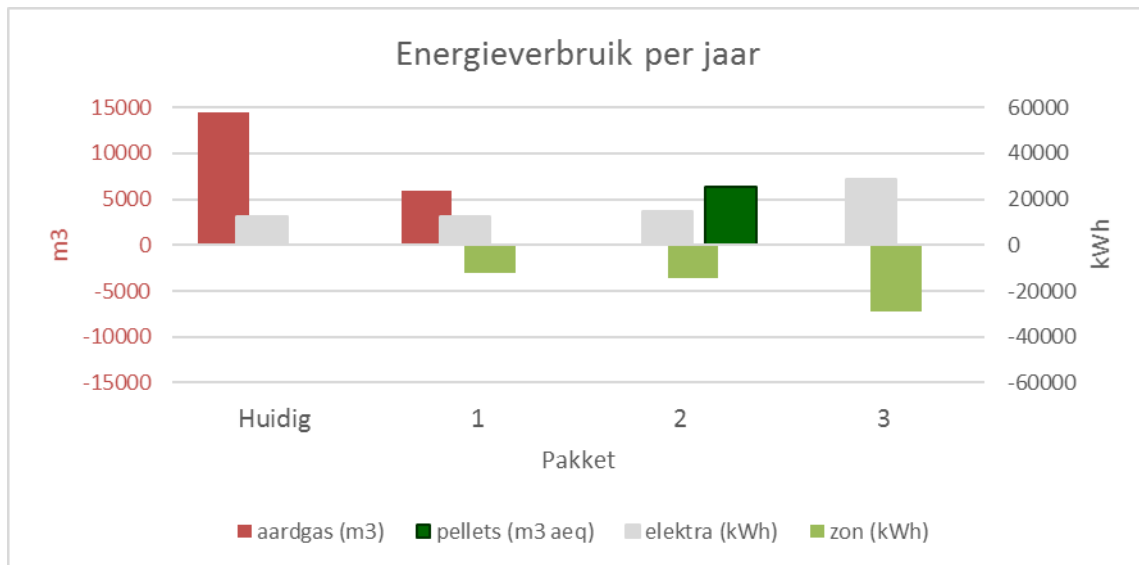
### 3.4. Energieverbruik per pakket

De pakketten met de maatregelen zijn geanalyseerd op energieverbruik. Daarbij is het energieverbruik voor verwarming berekend op grond van de genoemde maatregelen. Het overige energieverbruik zoals bijvoorbeeld voor warmtapwater, koken, verlichting, etc. is ingeschat. Zie onderstaande Tabel 2.

Onderwerp			Resultaten			
Onderwerp	betreft	Eenheid	Bestaand	Pakket 1	Pakket 2	Pakket 3
<b>Gebouwkenmerken</b>						
Rc-gemiddeld	schil excl beglazing	m2K/W	0,6	3,2	3,2	3,8
U-waarde gemiddeld	beglazing	W/m2K	5,2	1,7	1,7	1,7
Ventilatieverlies	per m2 NVO	W/m2K	0,9	0,8	0,8	0,6
Ontwerpvermogen	incl 30% opwarm	kW	114	42	42	35
<b>Energievraag per jaar</b>						
Aardgas	verwarmen	m3	12565	4040	0	0
	warmwater	m3	1600	1600	0	0
	koken	m3	300	300	0	0
	totaal	m3	14465	5940	0	0
Pellets	verwarmen	kg	0	0	9847	0
	warmwater	kg	0	0	3200	0
	koken	kg	0	0	0	0
	totaal	kg	0	0	13047	0
Elektriciteit	verwarmen	kWh	0	0	0	8394
	warmwater	kWh	0	0	0	5210
	koken	kWh	0	0	2345	2345
	ventilatie	kWh	240	240	240	640
	overig	kWh	12200	12200	12200	12200
	totaal	kWh	12440	12440	14785	28789
<b>Energieproductie per jaar</b>						
Elektriciteit	zon	kWh	0	12312	14688	28728
<b>Energiekosten per jaar</b>						
Verbruikskosten	Aardgas	€	€ 10.126	€ 4.158	€ -	€ -
	Pellets	€	€ -	€ -	€ 3.262	€ -
	Elektriciteit (€ 0,21)	€	€ 2.612	€ 2.612	€ 3.105	€ 6.046
Vastrecht	Aardgas/elektriciteit	€	€ 1.400	€ 1.400	€ -	€ 1.800
Leveringsopbrengst	Zon Elektr (€ 0,15)	€	€ -	€ -1.847	€ -2.203	€ -4.309
Kosten per jaar	totaal	€	€ 14.138	€ 6.324	€ 4.163	€ 3.537

Tabel 2 resultaten energieverbruik en -kosten per besparingspakket

De jaarverbruiken van aardgas (m3), pellets (m3 aardgasequivalenten), elektriciteitsvraag en productie zonne-energie (kWh) staan ook gepresenteerd in de volgende Figuur 2.



Figuur 2 Energieverbruik per jaar per pakket

De resultaten laten zien dat bij pakket 1 de warmtevraag (aardgas; rode balk) daalt met bijna 60%. Dit is met name een gevolg van de aangebrachte schilisolatie in dak, gevels en vloer en de nieuwe beglazing. De elektriciteitsvraag (grijze balk) blijft gelijk en zal bij pakket 1 geheel gecompenseerd worden door gebruik van 57 zonnepanelen (lichtgroene balk) die in totaal circa 100 m2 dakoppervlakte nodig hebben. De combinatie van gas- en elektriciteitsbesparing leidt tot 70% CO2 emissiereductie ten opzichte van de bestaande situatie.

Bij pakket 2 blijft de isolatiegraad van het gebouw gelijk, maar zullen de aardgasketels vervangen worden door een pelletketel. De warmtevraag (donkergroene balk) stijgt licht ten opzichte van pakket 1 (rode balk) vanwege extra leidingverliezen als gevolg van centrale opstelling. Ook de elektriciteitsvraag stijgt een beetje omdat er overgegaan is naar elektrisch koken. Daarmee stijgt ook het aantal benodigde zonnepanelen naar 68 stuks en is er in totaal circa 120 m2 dakoppervlakte nodig. Pakket 2 zal bijna CO2-neutraal zijn (90% reductie).

Tenslotte zal in pakket 3 alleen nog elektriciteit als energiedrager gebruikt worden. De totale energievraag daalt verder, met name omdat de gebruikte warmtepomp efficiënter is dan aardgas- of pelletketel. Deze gehele elektriciteitsvraag kan gecompenseerd worden met 133 zonnepanelen die in totaal 235 m2 dakoppervlakte innemen. Pakket 3 is zowel energieneutraal als CO2-neutraal.

De drie pakketten besparen in totaal per jaar respectievelijk 55%, 70% en 75% van de oorspronkelijke energiekosten per jaar.

### 3.5. Investeringskosten per pakket

Alle in dit rapport genoemde prijzen zijn inschattingen gebaseerd op kentallen uit de literatuur, aangevuld met eigen ervaringen. Deze dienen om richting te geven aan de keuzes. Uiteindelijke prijzen worden gegeven door de marktpartijen en aangevraagd middels offertes.

Een inschatting van de investeringskosten per maatregel staat gegeven in bijlage 2. Per pakket worden in de volgende Tabel 3 alle kosten samengevat gepresenteerd. De bedragen zijn afgerond naar euro's en incl. BTW. Let op, dit is een schijnnaauwkeurigheid die als gevolg van het gebruik van rekenmodellen wordt gegeven. Een realistischer inschatting geeft een nauwkeurigheid van bedragen met een marge van 20% per maatregel en 10% op de totaalbedragen.

Onderwerp		Investing		
Thema	Onderwerp	Pakket 1	Pakket 2	Pakket 3
<b>Energie en Comfortmaatregelen</b>				
Gebouwschil	<i>Daken</i>	€ 62.990	€ 62.990	€ 62.990
	<i>Zijgevels</i>	€ 9.129	€ 9.129	€ 23.018
	<i>Voor- en achtergevels</i>	€ 179.208	€ 179.208	€ 188.640
	<i>Vloeren</i>	€ 14.920	€ 14.920	€ 14.920
	<b>Gebouwschil totaal</b>	<b>€ 266.247</b>	<b>€ 266.247</b>	<b>€ 289.568</b>
Ventilatiesysteem	Ventilatie	€ 23.872	€ 23.872	€ 37.872
Warmteafgifte	<i>Verwarmingslichamen</i>	€ 25.662	€ 32.823	€ 42.155
	<i>Warmwater</i>	€ 2.984	€ 10.984	€ 8.968
	<i>Regelingen</i>	€ 1.600	€ 1.600	€ 1.600
	<b>Warmteafgifte totaal</b>	<b>€ 30.246</b>	<b>€ 45.407</b>	<b>€ 52.723</b>
Warmteproductie	Warmteproductie	€ 36.800	€ 48.000	€ 67.918
Duurzame bronnen	Duurzame energie	€ 22.800	€ 27.200	€ 53.200
Maatregelen	<b>Energie &amp; Comfort totaal</b>	<b>€ 379.964</b>	<b>€ 410.726</b>	<b>€ 501.280</b>
Installatieadvies	1%	€ 3.800	€ 4.107	€ 5.013
<b>Energie &amp; Comfort maatregelen</b>	<b>Totaal</b>	<b>€ 383.764</b>	<b>€ 414.833</b>	<b>€ 506.293</b>

Tabel 3 Overzicht investeringskosten (incl. BTW) per besparingspakket

In pakket 1 zit in totaal ruim 380.000 euro aan investeringen. Bijna 70% daarvan zijn bouwkundige kosten in de schil en ruim 30% is bestemd voor nieuwe installaties en leidingen. De nieuwe puien aan voor- en achterzijde van de appartementen nemen de helft van alle kosten in.

Pakket 2 heeft ruim 30.000 euro extra kosten vergeleken met pakket 1. Het grootste deel hiervan (60%) is een gevolg van de hogere kosten voor pelletketel en aanleg leidingen vanuit centrale opstelplaats naar de appartementen. De overige kosten zijn voor de extra warmwaterboilers (25%) en extra zonnepanelen (15%).

Tenslotte vraagt pakket 3 ruim 90.000 euro meer investering. Hiervan is 40% bestemd voor extra isolatie en ventilatie, 30% voor de twee warmtepompen en de lagetemperatuurverwarming in de appartementen en de rest (30%) voor extra zonnepanelen.

### 3.6. Beoordeling investeringskosten, energiebesparing

Een overzicht van investeringskosten in relatie tot energierekening staat gegeven in onderstaande Tabel 4.

Opbrengsten en kosten				
Onderwerp	Bestaand	Pakket 1	Pakket 2	Pakket 3
<b>Investeringskosten</b>				
Investeringskosten energie- en comfortmaatregelen		€ 383.764	€ 414.833	€ 506.293
Waarvan regulier onderhoud		€ -265.000	€ -265.000	€ -265.000
Waarvan subsidie		€ -	€ -1.500	€ -7.000
<b>Totaal investeringskosten</b>		<b>€ 118.764</b>	<b>€ 148.333</b>	<b>€ 234.293</b>
<b>Kostenbesparing energie per jaar</b>				
Totaal energiekosten	€ 14.138	€ 6.324	€ 4.163	€ 3.537
Besparing tov bestaand		€ 7.815	€ 9.975	€ 10.602
<b>Totaal besparingen na x jaren</b> x= 15		<b>€ 117.219</b>	<b>€ 149.621</b>	<b>€ 159.024</b>
<b>Investering in comfortverbetering en duurzaamheid</b>				
<b>Investeringskosten minus besparingen en waardevermindering</b>		<b>€ 1.546</b>	<b>€ -1.287</b>	<b>€ 75.269</b>

Tabel 4 Kosten van investeringen en opbrengsten door waardevermeerdering en energiekostenbesparing

Samengevat vragen de 3 pakketten € 384.000-506.000 kosten voor de energiemaatregelen. Dit is € 48.000 tot € 63.000 per appartement. De vraag is op welke wijze deze kosten te financieren zijn of terug te verdienen.

Een deel van de kosten is een gevolg van regulier (achterstallig, groot) onderhoud. In totaal betreft dit € 265.000. Deze kosten zullen ook opgenomen zijn in de reguliere renovatiebegroting en kunnen daarom uit de begroting voor de energiemaatregelen gehaald worden.

Regulier onderhoud	Kosten
dakbedekking vernieuwen excl isolatie	€ 46.000,00
Pui vernieuwen excl koudebruggen	€ 160.000,00
Mechanische ventilatie	€ 14.000,00
CV-renovatieketel met radiatoren	€ 45.000,00
<b>Totaal</b>	<b>€ 265.000,00</b>

Tabel 5 overzicht regulier onderhoud

In pakket 2 en 3 is het mogelijk gebruik te maken van de subsidieregeling voor duurzame warmte. Het is een relatief klein subsidiebedrag van € 1.500 en respectievelijk € 7.000.

Let op: mogelijk zullen er nog ander subsidieregelingen komen vanaf 2018. In dit rapport wordt daar geen rekening mee gehouden omdat voorwaarden nog niet bekend zijn en het onzeker is of deze gebruikt kan worden.

Na aftrek van reguliere onderhoudskosten en subsidies bedragen de extra verduurzamingskosten voor de drie pakketten respectievelijk € 119.000, € 148.000 en € 234.000 (€ 15.000, € 19.000 en € 30.000 per appartement).

Deze kosten kunnen deels terugverdiend worden uit de besparingen op de energierekening. Bij een eenvoudige berekening van 15 jaar besparingen betreft dit respectievelijk € 117.000, € 150.000 en € 159.000 per jaar. Hierbij is rekening gehouden met het besparen op vastrechtkosten voor aardgas (in pakket 2 en 3) en toename van vastrecht voor de extra grote elektriciteitsaansluiting in pakket 3.

Het restant van de kosten kan gezien worden als een onrendabele top die geïnvesteerd wordt in een hogere duurzaamheidsambitie van de woningen. Voor de eerste twee pakketten is dit een verwaarloosbaar bedrag. Voor het derde pakket bedraagt het € 75.000 (ruim € 9.000 per appartement).

### 3.7. Analyse van de drie pakketten

In de voorgaande paragrafen zijn drie pakketten gepresenteerd. De pakketten verschillen in mate van duurzaamheid en kosten en hebben elk bijkomende voordelen en nadelen.

Pakket 2 (Duurzaam HT) voldoet het beste aan het totaal van uitgangspunten van de opdrachtgever. Het beschreven pakket is gasloos en bijna CO<sub>2</sub>-neutraal. De investeringskosten zijn nagenoeg terug te verdienen met de opbrengst van de energiebesparing. Bovendien is deze variant 'low-tech' en de hoeveelheid benodigde zonnepanelen beperkt, zodat er ook ruimte op het dak blijft voor andere functies. Nadeel van dit pakket is de toename van de uitstoot van rookgassen en fijnstof als gevolg van de pelletketel.

Pakket 3 (All-electric LT) gebruikt een warmtepomp voor de verwarming, is daarmee ook gasloos en bovendien energieneutraal. Dit pakket heeft een onrendabele top van in totaal € 75.000 als gevolg van gebruik van extra installaties voor ventilatie, laagtemperatuurverwarming en het gebruik van de warmtepompen. Een pluspunt is de volledig rookgasvrije all-electric voorziening. Daartegenover staan de minpunten van een meer complexe installatie, een volledig ingenomen dak met zonnepanelen en de piekbelasting van het elektriciteitsnet in de winter.

Pakket 1 (Aardgas) gebruikt een traditioneel verwarmingssysteem met radiatoren en HR CV-ketels en heeft de laagste investeringskosten. Dit leidt echter niet direct tot veel lagere maandlasten omdat de energiekostenbesparing minder groot is. Ook is dit pakket niet gasloos en niet CO<sub>2</sub>- en energieneutraal. Daarmee voldoet dit pakket wel aan de eisen van een comfortabele en energiezuinige woning, maar niet aan de uitgangspunten voor een vergaand duurzaam energiesysteem.

In onderstaande Tabel 6 staan de resultaten samengevat.

Criterium	Pakket 1	Pakket 2	Pakket 3
Gasloos	nee	Ja	ja
CO <sub>2</sub> -emissiereductie tov referentie	70%	90%	100%
Energiekostenbesparing	55%	70%	75%
Meerkosten investering duurzaam totaal (en per appartement)	€ 119.000 (€ 15.000)	€ 148.000 (€ 19.000)	€ 234.000 (€ 30.000)
Onrendabele top (per appartement)	€ 0	€ 0	€ 9.000
Eenvoud van huisinstallaties	+	+	-
Afname uitstoot rookgassen	+	-	++

Tabel 6 vergelijking pakketten

## 4. Plan van aanpak

Voorgesteld wordt om de volgende activiteiten in gang te zetten:

### 1. Voorkeurslijst opstellen.

De drie pakketten uit dit rapport beschrijven alle mogelijke hoofdlijnen voor de toekomstige energievoorziening van dit gebouw. Opdrachtgevers wordt gevraagd een prioriteit aan te brengen in de gewenste oplossingsrichtingen.

Bijvoorbeeld kan een volgorde zijn:

- a. Pakket 2 Duurzaam HT
- b. Pakket 3 All-electric LT
- c. Pakket 1 Aardgas.

Aangeven welke alternatieven en extra opties uit tabel 1 wenselijk zijn. Geef aan welke argumenten doorslaggevend zijn voor de gekozen volgorde van voorkeur en welke criteria hiervoor van toepassing zijn. De gekozen voorkeurslijst met criteria zal richting geven aan het vervolgproces.

### 2. Nader technisch onderzoek.

Bepaal welke onderdelen nader onderzocht moeten gaan worden in de volgende fase voordat definitieve keuzes gemaakt kunnen worden. Voorbeelden van nader onderzoek zijn:

- a. Aansluitmogelijkheden op bestaand warmtedistributienet in de omgeving. Indien mogelijk, hoge of lage temperatuur uitvoering?
- b. Gebruik van alternatieve hoge temperatuur warmtepomp in pakket Duurzaam HT
- c. Indeling van glasvlakken in nieuwe puien.
- d. Isolatiemogelijkheden spouwmuren zijgevels.
- e. Maximaal ruimtebeslag zonnepanelen.

### 3. Nader financieel onderzoek.

Onderzoek mogelijke financiering en subsidies samen met stakeholders en vraag deze aan.

Bestaande/toekomstige regelingen zijn in ieder geval:

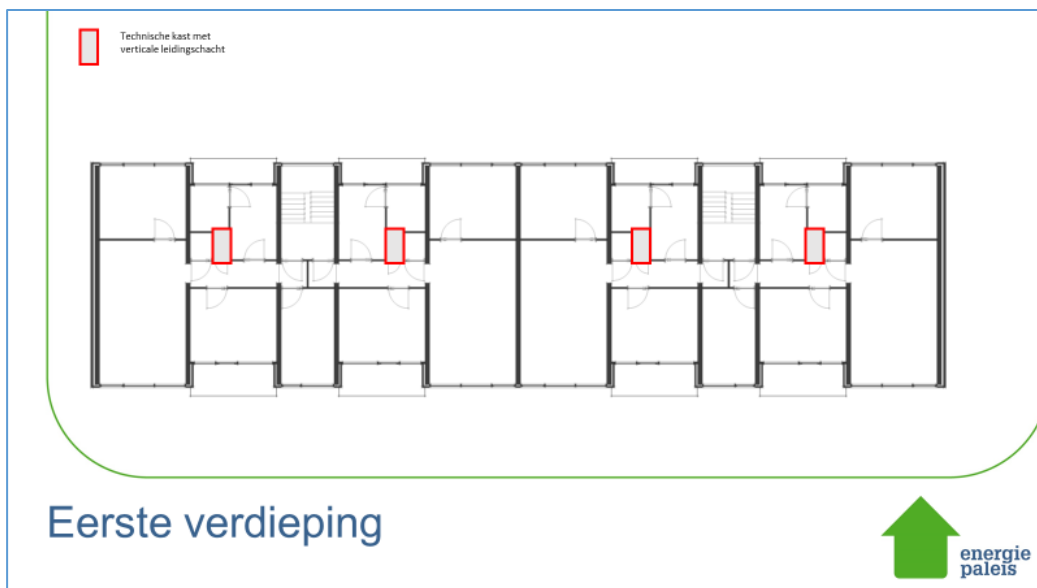
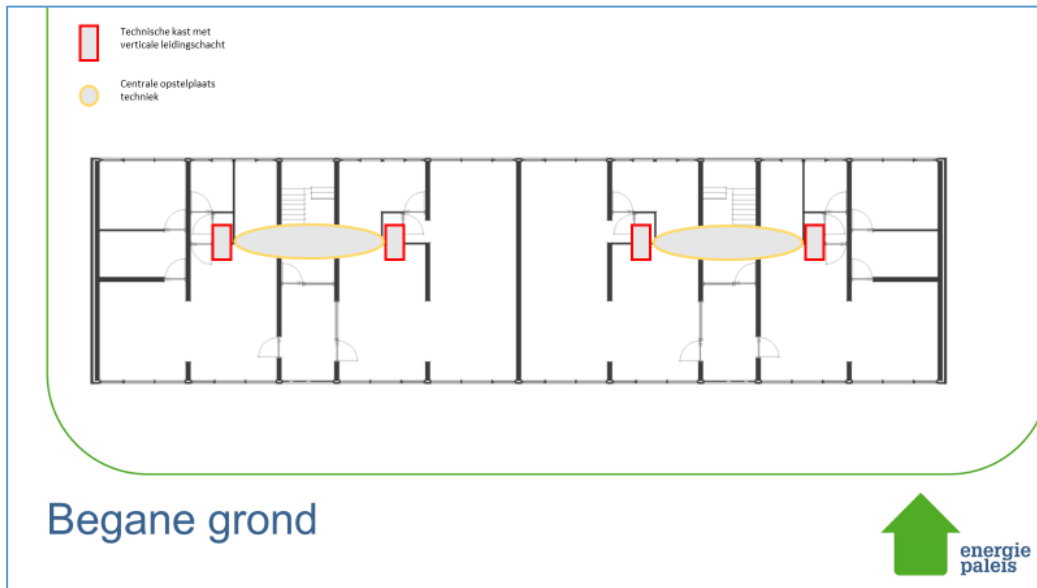
- a. Duurzaamheidslening (gemeente Utrecht)
- b. Subsidie duurzame warmte (Landelijke overheid)
- c. Subsidie energiebesparing eigen huis (Landelijke overheid)
- d. Private fondsen (in relatie met de buurtgerichte doelen/aanpak van de woongemeenschap).

### 4. Opnemen in bouwproces.

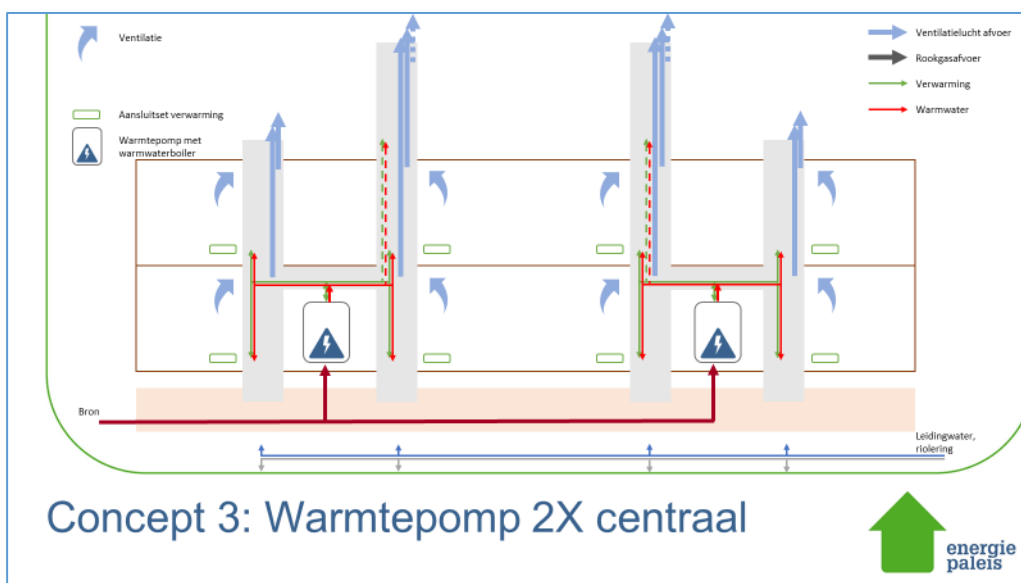
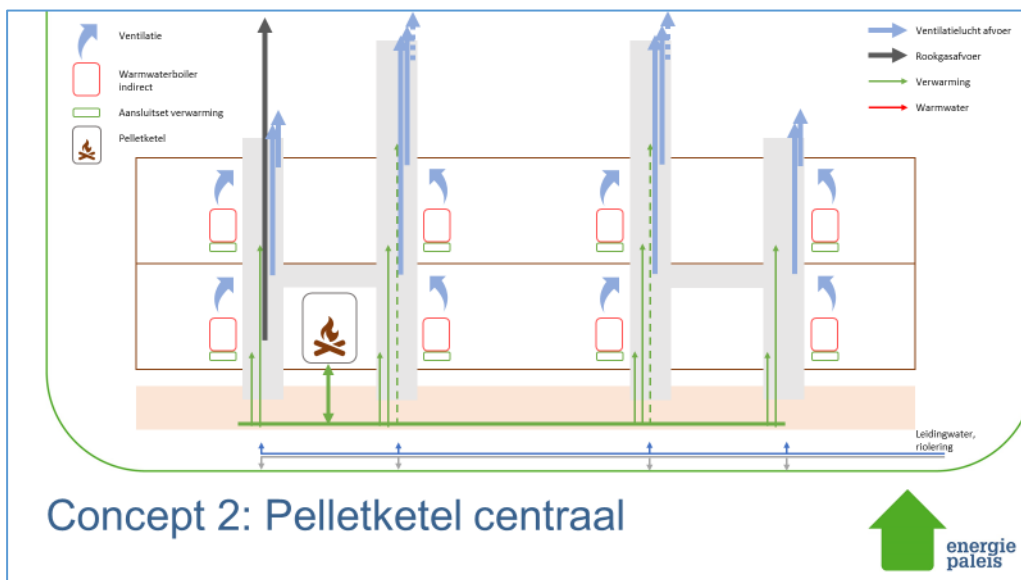
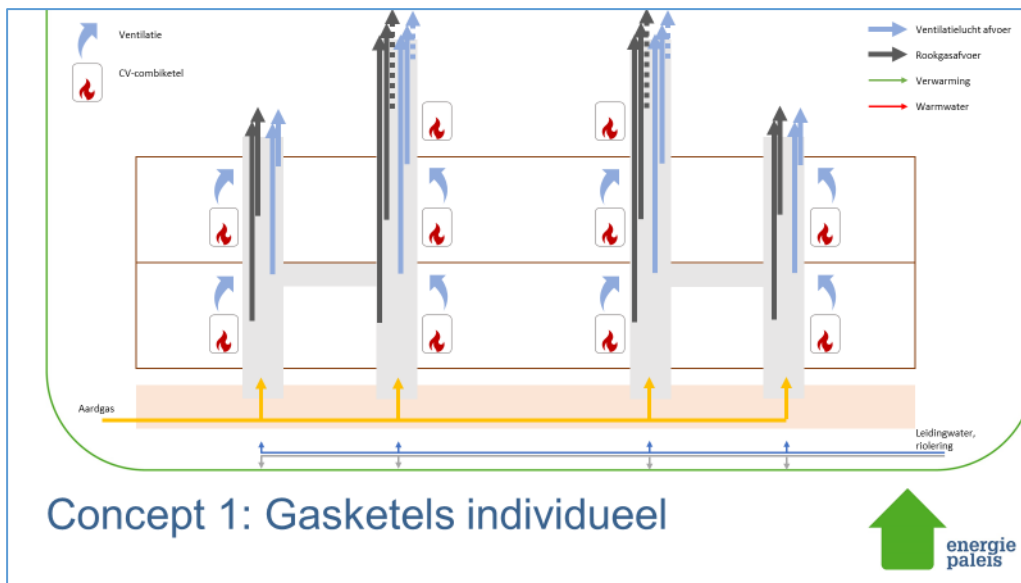
- a. Neem het gekozen energieconcept op in het Definitief Ontwerp van het ontwerpteam.
- b. Neem tevens de uitgangspunten en gewenste prestaties van het energieconcept op in de aansturing van het bouwproces. Daarmee wordt voorkomen dat bij eventuele tegenvallers gedurende het ontwerp- en bouwproces de duurzaamheidsdoelen onbewust buiten beeld raken.



## Bijlage 1: Gereserveerde opstelplaatsen en schachten in woningplattegronden en doorsneden



*Ingetekende opstelplaatsen in plattegrond (van bestaande situatie)*



Voorstel voor leidingen/kanalen door kruipruimte en verticale/horizontale kanalen (nieuwe situatie).

## Bijlage 2: Kostenoverzicht van maatregelen per pakket

- Inclusief BTW
- Exclusief installatieadvieskosten en exclusief post onvoorzien
- De bedragen zijn afgerond naar euro's. Let op, dit is een schijnnauwkeurigheid die als gevolg van het gebruik van rekenmodellen wordt gegeven. Een realistischer inschatting geeft een nauwkeurigheid van bedragen met een marge van 20% per maatregel en 10% op de totaalbedragen.

Maatregel		Investering		
Maatregel	Onderwerp	Pakket 1	Pakket 2	Pakket 3
plattendakisolatie buitenzijde	Daken	€ 62.990	€ 62.990	€ 62.990
Kierdichting dak	Daken	€ -	€ -	€ -
Gevelisolatie buitenzijde	Gevels	€ -	€ -	€ 15.611
Spouwmuurisolatie	Gevels	€ 1.723	€ 1.723	€ -
Koudebruggen	Gevels	€ 6.613	€ 6.613	€ 6.613
Kierdichting gevels	Gevels	€ 794	€ 794	€ 794
Gevelkozijn nieuw, incl ramen, deuren, panelen	Gevelopeningen	€ 179.208	€ 179.208	€ 188.640
Vloerisolatie onderzijde	Vloeren	€ 13.262	€ 13.262	€ 13.262
Kierdichting vloeren	Vloeren	€ 1.658	€ 1.658	€ 1.658
MV natte ruimtes	Ventilatie	€ 17.904	€ 17.904	€ -
MV vraaggestuurd	Ventilatie	€ -	€ -	€ 20.888
Ventilatie roosters	Ventilatie	€ 5.968	€ 5.968	€ 2.984
Balansventilatie WTW decentraal	Ventilatie	€ -	€ -	€ 14.000
Nieuwe CV-leidingen	Verwarmingslichamen	€ 7.758	€ 14.920	€ 14.920
radiatoren, convectoren	Verwarmingslichamen	€ 17.904	€ 17.904	€ -
convectoren LT	Verwarmingslichamen	€ -	€ -	€ 27.235
Nieuwe warmwaterleidingen	Warmwater	€ 2.984	€ 2.984	€ 5.968
voorraadvat	Warmwater	€ -	€ 8.000	€ 3.000
kamerthermostaat	Regelingen	€ 1.600	€ 1.600	€ 1.600
Gas HR 107	Warmteproductie	€ 36.800	€ -	€ -
WP L/W	Warmteproductie	€ -	€ -	€ -
Pelletketel	Warmteproductie	€ -	€ 40.000	€ -
Warmtedistributie aansluiting	Warmteproductie	€ -	€ 8.000	€ 8.000
Zonnepanelen	Duurzame energie	€ 22.800	€ 27.200	€ 53.200
	<b>Totaal</b>	<b>€ 379.964</b>	<b>€ 410.726</b>	<b>€ 501.280</b>

## Bijlage 3: Richtlijnen voor renovatie energiesysteem in bestaande woningen

*Algemene informatie bestemd voor de geïnteresseerde leek met achtergronden over de strategie om te komen tot energiebesparing in bestaande woningen.*

De strategie om te komen tot een weloverwogen nieuw energiesysteem in een bestaande woning begint bij de aanpak van de gebouwschil. De kwaliteit daarvan bepaalt de hoeveelheid warmte die verloren gaat naar buiten. Het de meest bepalende factor in het ontwerp van het energiesysteem.

Met de twee volgende stappen wordt het ventilatiesysteem en het warmteafgiftesysteem gekozen. Deze twee bepalen de mate van behaaglijkheid in de woning en geven de uitgangspunten voor het selecteren van een efficiënte warmteproductie.

Daarna komt het apparaat voor warmteproductie aan bod. Er wordt gestreefd naar een installatie die gebruik kan maken van duurzame bronnen. Indien (ook) gebruik gemaakt moet worden van fossiele brandstoffen (zoals bijvoorbeeld aardgas) of energiedragers (zoals bijvoorbeeld elektriciteit) dan is het wenselijk een zo hoog mogelijke efficiëntie te hebben.

Tot slot zal een duurzame energiebron gekozen moeten worden die de benodigde energie kan produceren of de CO<sub>2</sub> emissie kan compenseren.

### De vijf elementen van het energiesysteem

#### 1. Gebouwschil

De vorm en de ligging van een bestaande woning zijn van grote invloed op de totale jaarlijkse energievraag. Meestal zijn hier geen keuzevrijheden meer aanwezig. Alleen bij zeer grote renovaties zal dit een ontwerpkeuze geven doordat oppervlaktes van schilonderdelen substantieel kunnen veranderen. De drie overgebleven vrijheidsgraden die het energieverlies van de gebouwschil bepalen zijn in volgorde van invloed:

1. Mate van isolatie van de dichte schildelen bij dak, gevel en vloer
2. Mate van kierdichting
3. Mate van glasoppervlakte en keuze van glastype

Ad 1) Isolatie beperkt het energieverlies. Bij toenemende isolatiedikte neemt de meeropbrengst van de besparing steeds verder af en kunnen andere zaken, zoals kosten of ruimtegebruik, in belang toenemen. Vaak treedt dit op bij een isolatiewaarde van de dichte geveldelen van  $R_c=3m^2K/W$ .

Ad 2) Ongecontroleerde infiltratie van koude lucht is niet wenselijk voor een goed comfort en energiebesparing. In oude woningen zijn vaak kieren en naden aanwezig, bijvoorbeeld rondom ramen of bij de aansluiting van dak op de gevels. Dichtmaken van deze kieren en naden is tegen redelijke kosten te realiseren. Een vaak gehanteerde luchtdichtheidseis bij de aanpak van kieren in bestaande woningen is  $q_{v10}=0,625$  l/s.

Ad 3) De keuze van het glastype is een belangrijke parameter voor de comfortbeleving. In feite komt het neer op het kiezen van een zo goed mogelijke kwaliteit glas, zoals HR++ glas of triple glas. Aangezien de isolatiewaarde van glas veel lager is dan die van dichte geveldelen, zal het energieverlies door transmissie toenemen bij grotere glasoppervlakken. Daartegenover staat dat extra warmte via het glas binnenkomt door zonnestraling. Als netto resultaat heeft glas weinig invloed op het energieverlies in de winter. In de zomer kan echter oververhitting optreden als gevolg van een te groot glasvlak.

## 2. Ventilatiesysteem

Een ventilatiesysteem is nodig voor een gezond binnenklimaat dat comfortabel is en energiezuinig. Bij de keuze spelen twee aspecten een rol:

- 1) De mate van schone lucht toevoer
- 2) De mate van energieverlies door afvoer van gebruikte lucht

Ad 1) Bij een goed geïsoleerde woning met weinig naden en kieren zal een ventilatiesysteem noodzakelijk zijn. Een ventilatiesysteem zorgt voor voldoende schone lucht in de woning. Te weinig schone lucht geeft een ongezond binnenklimaat met vocht en andere verontreinigingen. Te veel ventilatie kan onbehaaglijk zijn (tocht) en energieverpillend. Er zijn twee mogelijkheden om de mate van schone luchttoevoer te regelen: handbediend of vraaggestuurd. De vraaggestuurde regelingen optimaliseren de ventilatievoud en zijn daarmee energiezuiniger dan de handbediende systemen.

Ad 2) Bij elk ventilatiesysteem zal gebruikte warme lucht de woning moeten verlaten en daarmee is het een potentieel energieverlies. Dit verlies kan verminderd worden door gebruik te maken van een warmteterugwinningunit. Hiervoor zijn verschillende systemen beschikbaar, zowel losse units als centrale systemen.

## 3. Warmteafgiftesystemen

Warmteafgiftesystemen zijn er in vele soorten en maten. Aspecten die een rol spelen:

- 1) Het maximaal te leveren vermogen per verwarmingslichaam.
- 2) De 'soort' warmteafgifte: via warmtestraling en/of luchtstromen.
- 3) De temperatuur van het systeem: hoge temperatuur (HT=>65 graden C), midden temperatuur (MT= 45-65), of lage temperatuur (LT= 20-45).
- 4) De regelbaarheid zoals opwarmingssnelheid of temperatuurregeling.
- 5) De energiebron: warmteproductie en -afgifte in één apparaat (zoals bij gas-, hout-, of elektrische kachels) of een centrale voorziening (zoals bij een CV-ketel).

Ad 1) Vanzelfsprekend dienen de verwarmingslichamen voldoende vermogen te hebben om de woning bij alle weersomstandigheden warm te krijgen. In sommige gevallen kan gekozen worden de hoofdverwarming klein te houden en aan te vullen met een lokale bijverwarming.

Ad 2) Een comfortabel binnenklimaat is gebaat bij een systeem dat zowel een stralingsaandeel als een convectieaandeel heeft.

Ad 3) De temperatuur van het systeem is een belangrijke factor voor de behaaglijkheid van een ruimte. Een te groot temperatuurverschil tussen het verwarmingslichaam en de omgeving wordt als onbehaaglijk ervaren. Te lage temperatuur kan de stralingscomponent missen. LT verwarmingslichamen zijn een goed uitgangspunt voor de energie-efficiëntie van warmteproductie. Daarom wordt gestreefd naar een LT of MT systeem dat voldoende stralingswarmte levert. LT systemen hebben wel vaak een groot oppervlakte nodig voor voldoende vermogen. Gebouwen met een goede thermische gebouwschil hebben weinig vermogen nodig en zijn geschikt voor LT systemen.

Ad 4) Met de juiste temperatuurregeling wordt voorkomen dat energie verspild wordt. Ongebruikte kamers kunnen bijvoorbeeld op lage temperatuur blijven. Daarnaast is temperatuurregeling comfortabel als er meerdere mensen in de woning zijn met een verschillende 'beleving' van comfort, immers de temperatuur kan snel aangepast worden aan individuele wensen.

In de regel geldt dat LT verwarmingsystemen trager zijn dan MT (of HT) systemen. Ter voorkoming van te lange opwarmingstijden zal men woningen met LT systemen niet ver af laten koelen. Bij een LT systeem in een geïsoleerde woning zal dit weinig energieverlies geven.

Ad 5) De meest efficiënte verwarmingssystemen in woningen kunnen geleverd worden door een centrale verwarmingsinstallatie. Daarbij is water als transportmiddel veel energiezuiniger dan lucht. De centrale warmte wordt meestal geproduceerd door een HR gasketel, een warmtepomp, een pelletketel of warmtedistributie (stadsverwarming).

Directe warmteafgifte door gaskachels, houtkachels, elektrische kachels of stralingspanelen wordt bij normale bewoning zelden geschikt bevonden als hoofdverwarming. Meestal als gevolg van inefficiëntie van energieomzetting en/of onbehaaglijkheid. Wel kan het als bijverwarming dienen.

#### 4. Warmteproductie

De keuzevrijheid voor warmteproductie (ruimteverwarming en warmtapwater) wordt bepaald door de bouwkundige kwaliteit van de woning en de aanwezige installatietechniek. Mogelijkheden zijn:

- 1) HR combi gasketel
- 2) Warmtepomp
- 3) Pelletketel
- 4) Warmtedistributie (bijvoorbeeld stadsverwarming)
- 5) Overige (stralingspanelen, HR-e ketel, thermische zonne-energie. Hout- of pelletkachels)

Ad 1) Met de HR combi gasketel kan de ruimteverwarming en de warmtapwatervoorziening voor alle woningen met een gasaansluiting goed ingevuld worden. Het is een volledig uitontwikkeld systeem dat in een zeer grote meerderheid van de Nederlandse woningen gebruikt wordt. Echter er zijn ontwikkelingen die de gasketel niet meer als meest aantrekkelijke optie geven. De lastig te compenseren CO<sub>2</sub>-emissie, de Nederlandse aardgassituatie in Groningen en de geopolitieke ontwikkelingen leiden ertoe dat er vaak gezocht wordt naar energiezuiniger alternatieven, mogelijk in volledig gasloze woningen.

Ad 2) Met een elektrische warmtepomp kan de ruimteverwarming en het warmtapwater gevoed worden. Dat kan alleen in een energiezuinige woning die is uitgerust met LT- of MT-verwarmingslichamen. De energiebesparing van een warmtepomp ten opzichte van de gasketel is enkele tientallen procenten. Een warmtepomp kan twee typen bronnen gebruiken: lucht of bodem.

Een *hybride* warmtepomp werkt in combinatie met een gasketel. De warmtepomp is in werking als de vraag naar warmtevermogen laag is, bijvoorbeeld in voor- en najaar. De gasketel komt in werking bij hogere vermogensvraag. Voor deze combinatie hoeven de aanwezige radiatoren niet vervangen te worden. Hybride warmtepompen zijn met name kosten- en energiebesparend in woningen die intensief gebruik maken van mechanische ventilatie en bovendien matig geïsoleerd zijn, bijvoorbeeld woningen die in de jaren 80 zijn gebouwd.

Ad 3) Met een pelletketel kan de ruimteverwarming en warmtapwatervoorziening goed ingevuld worden. Deze ketel maakt gebruik van houtkorrels (pellets), een duurzame energiebron, mits de pellets van een gecertificeerd leverancier komen. Pelletketels zijn meer geschikt voor vrijstaande woningen in het landelijk gebied dan voor tussenwoningen in de stad. De verwarmingslichamen mogen van HT-niveau zijn.

Een alternatief is de *pelletkachel* die meestal in de woonkamer of keuken wordt geplaatst. Deze is geschikt als lokale warmtebron. De pelletkachel kan alleen in bijzondere gevallen als hoofdverwarming voor een gehele woning dienen.

Ad 4) Sommige woningen liggen in een regio waar warmtedistributie aangeboden wordt. Een warmtedistributiesysteem kan zeer energie-efficiënt zijn en duurzaam. Bijvoorbeeld indien de warmte afkomstig is van pure restwarmte uit de industrie of specifiek geproduceerd wordt met een duurzame warmtebron. Nadeel is dat er geen concurrentie plaatsvindt op de warmtenetten zodat er

een monopoliepositie ontstaat voor de leverancier. Vaak leidt dat tot ontevreden consumenten (hoge tarieven, geen keuzevrijheid, teveel fossiele energie).

Ad 5) Naast de bovenstaande vier opties zijn er nog enkele andere mogelijkheden voor een energiezuinige en/of duurzame energievoorziening. Voorbeelden zijn de HR-e ketel (voor gelijktijdige productie van warmte en elektriciteit), de zonne-verwarmingsinstallatie met seizoensopslag, of elektrische stralingspanelen. Al deze systemen hebben specifieke eigenschappen waardoor ze zelden toegepast kunnen worden in een comfortabel en energiezuinig huishouden. Vaak heeft dat te maken met hoge kosten, complexe installaties, niet passende vermogensklassen of kinderziektes.

## 5. Duurzame bronnen

Soms zijn duurzame bronnen direct in te zetten voor de verwarmingsinstallatie. Reeds genoemd zijn bioenergie voor pelletketels of stadsverwarming.

Het is vaak mogelijk een bestaande woning te transformeren naar een all-electric woning zonder aardgasaansluiting. De benodigde elektriciteit kan opgewekt worden met duurzame bronnen. Daarbij kan gekozen worden voor inkoop van elders opgewekte duurzame energie of voor eigen productie op/bij de woning. Voor die laatste categorie zijn de mogelijkheden:

- 1) Zonnepanelen
- 2) Zonneboiler
- 3) Windenergie

Ad 1) Zonnepanelen zijn een goede optie om in een deel van de elektriciteitsvraag van de woning te voorzien. Meestal leveren de panelen ruim 220 kWh elektriciteit per stuk, afhankelijk van het type en de plaatsingsmogelijkheden. Als gevolg van de acceptabele investeringskosten en de landelijke terugleververgoeding komen er steeds meer zonnepanelen op de daken. Bij zeer energiezuinige woningen zonder gasaansluiting en met voldoende dakvlak is het vaak mogelijk om jaarlijks alle benodigde elektriciteit duurzaam op te wekken. Daarmee is de woning energieneutraal.

Ad 2) Met een zonneboiler kan zonnewarmte benut worden voor warmtapwater. Een zonneboiler is vooral een duurzaam en haalbaar alternatief bij gebruik van gasketel of pelletketel. Bij een warmtepomp is het gebruik minder efficiënt omdat de WP al relatief zuinig is. Bovendien is het financieel meer haalbaar om het beschikbare dakvlak te gebruiken voor zonnepanelen in plaats van een zonneboiler.

Ad 3) Er zijn vele merken en type kleine windmolens die geschikt zijn voor gebruik in de gebouwde omgeving. Momenteel zijn alle systemen nog te weinig efficiënt en hebben te hoge aanschafkosten om te kunnen concurreren met zonnepanelen. Bovendien is de levensduur korter, de onderhoudskosten hoger, de geluidsproductie hoger en is er meer kans op bezwaar uit de omgeving.